

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 565 403**

51 Int. Cl.:

F24F 12/00 (2006.01)

F24F 11/00 (2006.01)

A01G 9/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.07.2011 E 11748999 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.12.2015 EP 2734791**

54 Título: **Aparato para controlar el ambiente en un invernadero**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.04.2016

73 Titular/es:

PHAZA ENERGY LTD. (100.0%)
20 Chisin
64284 Tel Aviv, IL

72 Inventor/es:

PINCHUK, OMER

74 Agente/Representante:

SANZ-BERMELL MARTÍNEZ, Alejandro

ES 2 565 403 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).

DESCRIPCION

Aparato para controlar el ambiente en un invernadero.

SECTOR TÉCNICO

5

Las realizaciones de esta invención se relacionan con el control de la temperatura y la humedad en un invernadero.

ANTECEDENTES

10

La temperatura del aire y la humedad relativa del ambiente en el que crecen las plantas afectan al crecimiento y la salud de la planta, afectando a la fotosíntesis y la transpiración. La fotosíntesis es un proceso mediante el cual las plantas convierten dióxido de carbono y agua en componentes orgánicos necesarios para el metabolismo y el crecimiento de la planta. La transpiración es un proceso mediante el cual las plantas extraen agua y nutrientes requeridos para el metabolismo y el crecimiento de la planta del suelo hacia sus raíces y transportan el agua y los nutrientes hasta las hojas u otros órganos de la planta.

15

La fotosíntesis y la transpiración dependen de la temperatura y la humedad relativa. La humedad relativa es una proporción igual a la cantidad de agua contenida en la atmosfera por unidad de volumen de aire dividida por la cantidad máxima de agua que puede contener una unidad de volumen de aire antes de que el agua empiece a condensar fuera del aire. El agua empieza a condensar fuera del aire cuando la humedad relativa del aire es del 100%. En general, la fotosíntesis se incrementa cuando se incrementa la temperatura. La transpiración se ve afectada por la velocidad a la cual el agua extraída del suelo y transportada a las hojas y a los órganos se evapora de la superficie de las hojas y los órganos y se incrementa con el incremento de la velocidad de evaporación. La evaporación del agua de las superficies de la planta también ayuda a la planta en la disipación de calor y en la regulación de la temperatura del cuerpo de la planta. Generalmente la velocidad de evaporación, y por ello la de transpiración, y la capacidad de la planta de enfriarse a si misma, decrece con el incremento de la humedad relativa.

20

25

Las plantas adaptadas a diferentes ambientes naturales, por ejemplo, plantas del desierto tales como cactus y plantas tropicales tales como orquídeas, florecen en diferentes intervalos de temperatura y humedad relativa. Si estas son sometidas a temperaturas y humedades relativas fuera del intervalo al que están adaptadas, generalmente no florecen bien, y pueden enfermar. Una humedad relativa en un ambiente en el que la planta crece mayor que la máxima a la que la planta está adaptada puede producir una reducción en la velocidad de evaporación hasta tal punto que la reducción concomitante de la transpiración de la planta, y la capacidad de la planta de disipar el calor y regular la temperatura de su cuerpo, daña la salud y el metabolismo de la planta. Una humedad relativa alta también tiende a resultar en la condensación de las gotitas de agua en las superficies de las plantas cuando la temperatura ambiente decrece durante el ciclo diurno. La humedad condensada promueve la germinación de esporas de hongos patógenos, tales como Botritis y oidio, en las superficies de la planta que pueden dañar o matar las plantas.

30

35

Debido a la sensibilidad de las plantas a la temperatura y la humedad relativa, los ambientes artificiales, tales como los proporcionados por invernaderos, en los que las plantas se cultivan comercialmente, generalmente deben estar monitorizados y controlados para mantener la temperatura y la humedad del aire dentro de los intervalos deseados. Para muchos invernaderos en los que crecen plantas frondosas y vegetales, es ventajoso mantener la temperatura en un intervalo de 18 °C aproximadamente hasta 22 °C aproximadamente, y la humedad relativa en un intervalo del 75% a aproximadamente hasta el 82% aproximadamente.

40

45

En el ambiente cerrado de un invernadero, la humedad relativa tiende a incrementarse como resultado de la transpiración de la planta y la evaporación del agua desde el suelo y puede ser difícil de controlar. Usualmente, la humedad relativa en un invernadero se controla utilizando un procedimiento antiguo, en el que el aire húmedo caliente en el invernadero se extrae hacia el ambiente exterior periódicamente y se reemplaza con aire frío recogido desde el exterior. El aire frío recogido se calienta para proporcionarle una temperatura dentro de un intervalo deseado de temperatura del aire del invernadero. El calentamiento del aire recogido también reduce su humedad relativa. La capacidad del aire de retener el agua se incrementa y su humedad relativa se reduce incrementando la temperatura del aire. La humedad relativa del aire recogido, incluso si es del 100% (es decir, en la cual el agua empieza a condensar fuera del aire) puede reducirse sustancialmente incrementando la temperatura de ese aire. Por ejemplo, la humedad relativa del aire exterior se reduce a una humedad relativa del 50% calentándolo a una temperatura de 25 °C.

50

55

Mientras que el procedimiento antiguo de control de la humedad relativa por la evacuación periódica del aire caliente del invernadero y el reemplazo por aire más frío calentado hacia dentro del invernadero desde el exterior es generalmente efectivo, este expone a las plantas del invernadero a fluctuaciones relativamente grandes en la temperatura del aire. El procedimiento también consume cantidades relativamente grandes de energía y por lo tanto es caro.

60

A modo de ejemplo, utilizando procedimientos convencionales de control de la humedad relativa, la temperatura del aire en un invernadero puede fluctuar desde una temperatura baja igual a aproximadamente la temperatura exterior, por ejemplo 10 °C, hasta una temperatura máxima de aproximadamente 22 °C. La humedad relativa del aire interior puede experimentar un intervalo del 70% aproximadamente hasta el 100% aproximadamente. Durante el ciclo diurno para el cual la humedad relativa exterior fluctúa entre el 60% aproximadamente hasta el 70% aproximadamente, y la temperatura del aire exterior fluctúa entre 12 °C aproximadamente y 16 °C aproximadamente, un sistema convencional podría consumir más de 2000 kWh (kilovatios-hora) de energía.

10 RESUMEN

Una realización de la invención se relaciona con la provisión de un sistema de control del ambiente de un invernadero (GECO) para el control de la temperatura y la humedad relativa en un invernadero mediante la ventilación periódica de aire húmedo caliente del invernadero y el reemplazo con aire recogido desde el exterior que se calienta mediante el calor extraído del aire húmedo caliente del invernadero. Entre los periodos en el que el aire húmedo caliente se extrae, el sistema GECO genera y calienta un flujo moderado de aire exterior hacia dentro del invernadero. El proceso es relativamente eficiente energéticamente y se caracteriza por fluctuaciones relativamente moderadas en la temperatura del aire del invernadero que resultan del intercambio del aire del interior del invernadero con aire del exterior.

De acuerdo con una realización de la invención, el sistema GECO consta de un sistema de circulación del aire y de intercambio de calor, y un controlador que controla selectivamente el sistema de circulación e intercambio de calor para operar en modo "descarga" o en modo "mantenimiento". El sistema de circulación del aire y de intercambio de calor consta de un primer intercambiador de calor de "ventilación" sumado a un fluido refrigerante y un sistema de flujo de refrigerante unido a un segundo intercambiador de calor de "aspiración". El intercambiador de calor de ventilación consta de un sistema de ventiladores de evacuación controlable selectivamente para conducir aire caliente y húmedo desde dentro del invernadero hacia fuera del invernadero, o para conducir aire desde el exterior hacia el interior del invernadero, a través de un recorrido del flujo de aire relativamente largo en un radiador de "evacuación" grande y eficiente. El intercambiador de calor de aspiración consta de un sistema de ventiladores de aspiración controlable para recoger aire relativamente frío desde el exterior del invernadero hacia dentro del invernadero a través de una trayectoria del flujo de aire relativamente larga en un radiador de "aspiración" grande y eficiente.

En el modo de descarga, el controlador GECO controla el sistema de ventiladores de evacuación para conducir aire caliente y húmedo desde el invernadero a través del radiador de ventilación hacia el exterior, y el sistema de ventiladores de aspiración para recoger aire desde el exterior hacia el interior del invernadero a través del radiador de aspiración para reemplazar el aire evacuado. El radiador de evacuación extrae el calor del aire evacuado para calentar el fluido refrigerante y enfriar el aire evacuado. El sistema de flujo de refrigerante transporta el refrigerante calentado mediante el calor extraído por el radiador de evacuación desde el aire evacuado hacia el radiador de aspiración. El radiador de aspiración calienta el aire aspirado hacia dentro del invernadero mediante el sistema de ventiladores de aspiración y enfría el refrigerante. Después de que el calor se ha extraído del refrigerante para calentar el aire aspirado, el refrigerante enfriado se recicla mediante el sistema de flujo de refrigerante hacia el radiador de evacuación, donde se vuelve a calentar y se recicla de nuevo hacia el radiador de aspiración. Opcionalmente, el intercambiador de calor de evacuación enfría el aire evacuado hasta una temperatura sustancialmente igual a la temperatura ambiente del aire exterior, y el radiador de aspiración calienta el aire aspirado hasta una temperatura deseada en el invernadero. De DE 23 16 030 A1, se conoce un aparato para controlar el ambiente de un habitáculo.

DE 23 16 030 A1 divulga:

Un aparato para controlar el ambiente en un invernadero, aparato que comprende: un primer intercambiador de calor, que comprende un primer radiador y un primer sistema de ventiladores para conducir el aire a través del primer radiador y un segundo intercambiador de calor, que comprende un segundo radiador y un segundo sistema de ventiladores para conducir el aire a través del segundo radiador; un primer sistema de circulación de refrigerante que circula el fluido refrigerante entre y a través del primer y segundo radiadores; un controlador que controla el aparato para operar en el modo de descarga, donde el primer sistema de ventiladores evacúa aire desde el interior hacia el exterior del invernadero a través del primer radiador para depositar el calor en el refrigerante y el segundo sistema de ventiladores conduce el aire desde el exterior hacia el interior del invernadero a través del segundo radiador para adquirir el calor depositado en el refrigerante.

En el modo de mantenimiento el sistema GECO opera para mantener la temperatura y la humedad relativa en el invernadero dentro los intervalos deseados mediante la generación de una entrada de aire relativamente lenta y constante de aire calentado hacia dentro del invernadero. Para generar la entrada, el controlador GECO controla tanto el sistema de ventiladores de evacuación como el de aspiración, para aspirar el aire exterior hacia dentro del invernadero y calentar el aire aspirado hasta una temperatura deseada en el invernadero. La

- velocidad de entrada es determinada para crear una presión del aire en el interior del invernadero que es ligeramente mayor que la presión atmosférica, y una pérdida resultante de aire hacia fuera del invernadero igual a la velocidad de entrada. Opcionalmente, la pérdida de aire hacia fuera del invernadero que tiene un área de alrededor de 1000 m² (metros cuadrados) y una altura de alrededor de 3 m es mayor o igual que
- 5 aproximadamente 2500 m³/h (metros cúbicos por hora). Opcionalmente, la pérdida de aire es menor que aproximadamente 3500 m³/h. En una realización de la invención la pérdida de aire puede ser igual a aproximadamente 3000 m³/h (metros cúbicos por hora). Opcionalmente, la temperatura deseada en el invernadero es igual a 22 °C aproximadamente. Para proporcionar calor para calentar el aire aspirado exterior, el controlador acopla el sistema de flujo de refrigerante a una fuente de calor.
- 10 Mediante el control de las duraciones y frecuencias de cambio entre los modos de operación de descarga y mantenimiento de acuerdo con una realización de la invención, el sistema GECO proporciona ahorros sustanciales en las cantidades de energía requeridas para controlar la temperatura y la humedad relativa en un invernadero y reduce la amplitud de las fluctuaciones en la temperatura y la humedad relativa del aire en el invernadero.
- 15 Una realización de la invención se refiere a proporcionar un sistema, de aquí en adelante un agitador de agua (WAGIT), que opera para limpiar las superficies de las hojas y de las partes de la planta de la humedad que se puede haber acumulado en las superficies. El sistema consta de una fuente de energía acústica controlable para transmitir ondas de sonido que generan vibraciones en las hojas y en las partes de planta que agitan y sacuden las gotitas de agua de sus superficies. En una realización de la invención, la fuente acústica es
- 20 ajustable para transmitir ondas acústicas a la frecuencia de resonancia de las hojas de la planta. Por lo tanto, se proporciona de acuerdo con la invención, un aparato para controlar el ambiente en un invernadero de acuerdo con la primera reivindicación. Opcionalmente, el aparato comprende un tercer intercambiador de calor controlable para calentar el aire del interior del invernadero. Opcionalmente, el tercer intercambiador de calor consta de un radiador, un segundo sistema de flujo de refrigerante que transmite un refrigerante a través del radiador, un calentador que calienta el refrigerante en el segundo sistema de flujo de refrigerante y un sistema de ventiladores que conducen el aire
- 25 hacia dentro del invernadero a través del radiador para que adquiera el calor del refrigerante y permanezca en el invernadero. Opcionalmente, el aparato consta de una válvula de control de flujo de fluido controlable para conectar el primer y segundo sistemas de flujo de refrigerante de modo que el refrigerante calentado del segundo sistema de flujo de refrigerante pueda fluir hacia el primer sistema de flujo de refrigerante. Opcionalmente, en el modo de mantenimiento, el controlador controla la válvula de control de fluido para conectar el primer y segundo sistemas de flujo de refrigerante.
- 30 En una realización de la invención, en el modo de mantenimiento, el controlador controla el tercer intercambiador de calor para abstenerse sustancialmente de calentar el aire dentro del invernadero. En una realización de la invención, el controlador controla el tercer intercambiador de calor para calentar el aire de dentro del invernadero cuando la temperatura del aire de dentro del invernadero desciende por debajo de un mínimo predeterminado en la temperatura del aire.
- 35 En una realización de la invención, en el modo de mantenimiento el controlador controla el sistema de ventiladores del primer y segundo intercambiadores de calor para aspirar aire desde el exterior hacia el interior del invernadero a una velocidad media que es sustancialmente proporcional al volumen del invernadero. Opcionalmente, la velocidad del flujo es mayor que 2500 m³/h (metros cúbicos por hora) aproximadamente para un volumen del invernadero de 3000 m³. Adicional o alternativamente, la velocidad del flujo es menor que 3500 m³/h aproximadamente para un volumen del invernadero de 3000 m³. Opcionalmente, la velocidad del
- 40 flujo es igual a 3000 m³/h para un volumen del invernadero de 3000 m³. En una realización de la invención, el controlador controla el aparato para operar en el modo de descarga si la humedad relativa en el invernadero es mayor que la humedad relativa mínima predeterminada. En una realización de la invención, el controlador cambia la operación del aparato entre los modos de descarga y mantenimiento en intervalos regulares. Opcionalmente, la duración de un periodo de operación en el modo de descarga es la misma para una pluralidad de periodos consecutivos de operación en el modo de descarga. Opcionalmente, los periodos del modo de descarga se repiten a una frecuencia de repetición mayor que 0,8 por hora aproximadamente. Adicional o alternativamente, la frecuencia de repetición es menor de 1,2 por hora. En una realización de la invención, la frecuencia de repetición es igual a 1 por hora.
- 45 En una realización de la invención, los periodos de operación en el modo de descarga tienen una duración menor o igual a diez minutos aproximadamente. En una realización de la invención, los periodos de operación en el modo de descarga tienen una duración mayor o igual a 5 minutos aproximadamente. En una realización de la invención, los periodos de operación en el modo de descarga tienen una duración igual a 6 minutos aproximadamente. En una realización de la invención, el controlador inicia los periodos de operación en el modo de mantenimiento sustancialmente a la vez que acaban los periodos de operación en el modo de
- 50 descarga.
- 55 Se proporciona además, no referido a una realización de la invención, un método de control del ambiente en un invernadero, comprendiendo el método: periódicamente, durante los primeros periodos, la expulsión de aire
- 60

desde el interior hacia el exterior del invernadero mientras se aspira aire desde el exterior hacia el interior del invernadero y se calienta el aire aspirado con el calor extraído del aire expulsado; y durante los segundos periodos entre los primeros periodos, la aspiración de ayer del exterior hacia el interior del invernadero y el calentamiento del aire mientras se aspira.

5 Opcionalmente el método comprende unos primeros periodos que se inician cuando la humedad relativa se torna mayor que una humedad relativa predeterminada. Alternativa o adicionalmente el método comprende cambios entre el primer y el segundo periodos a intervalos regulares. Opcionalmente el método comprende la determinación de la misma duración para una pluralidad de primeros periodos consecutivos.

10 En una realización no de acuerdo con la invención el método comprende la iniciación de los segundos periodos sustancialmente a la vez que los primeros periodos acaban.

En una realización no de acuerdo con la invención la velocidad media que flujo a la que el aire es aspirado desde el exterior hacia el interior del invernadero durante el segundo periodo es sustancialmente proporcional al volumen del invernadero. Opcionalmente la velocidad del flujo es mayor que 2500 m³/h para 3000 m³ de volumen del invernadero. Adicional o alternativamente, la velocidad del flujo es menor que 3500 m³/h

15 aproximadamente para 3000 m³ de volumen del invernadero. Opcionalmente, la velocidad del flujo es igual a 3000 m³/h para 3000 m³ de volumen del invernadero.

En una realización no de acuerdo con la invención, los primeros periodos tienen una duración menor o igual a 10 minutos aproximadamente. En una realización no de acuerdo con la invención, los primeros en diodos tienen una duración mayor o igual a 5 minutos aproximadamente. En una realización no de acuerdo con la invención, los primeros periodos tienen una duración igual a 6 minutos aproximadamente.

25 Se proporciona además, no de acuerdo con una realización de la invención, un método de extracción de las gotitas de agua de las superficies de las plantas que crecen en un invernadero, comprendiendo el método: la provisión de un generador acústico configurado para generar ondas acústicas en el invernadero; y operando el generador acústico para transmitir ondas de sonido que inciden en, y generan vibraciones sobre, las superficies de las plantas que causan que las gotas de agua en las superficies resbalen o se sacudan fuera de las superficies. Opcionalmente las ondas de sonido están caracterizadas por una frecuencia que es sustancialmente igual a la frecuencia de resonancia de vibración de las superficies de la planta. Adicional o alternativamente, las ondas de sonido estaban caracterizadas por una frecuencia que es el sustancialmente igual a la frecuencia de resonancia de vibración de las gotas de agua.

30 En la exposición, a menos que se indique lo contrario, los adverbios tales como "sustancialmente" y "aproximadamente" modificado una condición o relación de una característica o características de una realización de la invención, se entienden para decir que la condición o la característica la está definida dentro de unas tolerancias que son aceptables para la operación de la realización para una aplicación para la que está propuesta.

35 Este resumen se proporciona para introducir una selección de conceptos en una forma simplificada que además están descritos debajo en la descripción detallada. Este resumen no está propuesto para identificar las características clave de la materia sometida a reivindicación, ni está propuesto para ser utilizado para limitar el alcance de la materia sometida a reivindicación.

40 BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Los ejemplos no limitantes de las realizaciones de la invención están descritos debajo con referencia a las figuras adjuntas que están listadas siguiendo a este párrafo. Las estructuras idénticas, elementos o partes que aparecen en más de una figura están generalmente etiquetadas con la misma numeración en todas las figuras en las que aparecen. Las dimensiones de los componentes y las características mostradas en las figuras están elegidas por conveniencia y claridad de la presentación y no se muestran necesariamente a escala.

45 La Fig. 1A muestra un sistema de control convencional del ambiente en un invernadero operando para mantener la temperatura y la humedad relativa en un invernadero;

La Fig. 1B muestra un diagrama de flujo descriptivo de la operación del sistema de control convencional del ambiente mostrado en la Fig. 1A;

50 Las Figs. 1C y 1D muestran gráficos de la humedad relativa y la temperatura respectivamente del aire en el ambiente de un invernadero controlado por el sistema de control convencional del ambiente mostrado en la Fig. 1A; y

La Fig.2A muestra un sistema de control GECO del ambiente en un invernadero operando para mantener la temperatura y la humedad relativa en un invernadero, de acuerdo con una realización de la invención;

5 La Fig. 2B muestra un diagrama de flujo descriptivo de la operación del sistema GECO mostrado en la Fig. 1A, de acuerdo con una realización de la invención;

Las Figs. 2C y 2D muestran gráficos de la humedad relativa y la temperatura respectivamente del aire en el ambiente de un invernadero controlado por el sistema GECO mostrado en la Fig. 2A, de acuerdo con una realización de la invención; y

10 La Fig. 3 muestra esquemáticamente la operación del sistema de eliminación de la humedad WAGIT operando para eliminar la humedad de una hoja de acuerdo con una realización de la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

15 En la siguiente descripción detallada, los componentes y la operación de un sistema de control convencional del ambiente de un invernadero se describen y analizan con referencia a las Figs. 1A y 1B. Las Figs. 1C y 1D muestran gráficos de la humedad relativa y la temperatura del aire en un ambiente de un invernadero controlado por un sistema de control convencional del ambiente tal y como se muestra en la Fig. 1A. Los componentes y la operación del sistema de control del ambiente GECO de acuerdo con una realización de la invención, están descritos y tratados con referencia a las Figs. 2A y 2B. Las Figs. 2C y 2D muestran gráficos de la humedad relativa y la temperatura del aire en un ambiente de un invernadero controlado por un sistema de control del ambiente GECO tal y como se muestra en la Fig. 1A. La operación del sistema WAGIT para acelerar la extracción de agua de las superficies de la planta se trata con referencia a la Fig.3.

20 La Fig. 1A muestra esquemáticamente un invernadero 20 que tiene ventanas 22 y ventiladores de evacuación 24 montados respectivamente en paredes opuestas 26 y 28 del invernadero. El invernadero comprende un sistema convencional del control del ambiente 30 para controlar la temperatura y la humedad relativa en el invernadero. El sistema de control del ambiente comprende un intercambiador de calor "interior" 40 para calentar el aire interior del invernadero 20 hasta una temperatura deseada, conductos de distribución del flujo 60 para distribuir el aire caliente a regiones diferentes en el invernadero y sensores 31 y 32 para monitorizar la temperatura y la humedad relativa respectivamente del aire interior del invernadero. Un controlador 33 controla el sistema de control del ambiente, las ventanas 22 y los ventiladores de evacuación 24 del invernadero 20 reaccionan a las medidas de temperatura y humedad relativa proporcionadas por los sensores 31 y 32.

25 El intercambiador de calor 40 comprende un radiador 42 y un sistema de flujo de refrigerante que comprende un calentador de refrigerante 41 y una bomba de refrigerante (no se muestra) que impulsa el refrigerante calentado, generalmente agua, dentro y fuera del radiador. El sistema de flujo de refrigerante está conectado al radiador 42 mediante tuberías internas y externas 43 y 44 respectivamente. Opcionalmente, el intercambiador de calor 40 comprende dos extractores 46 controlables para dirigir el aire en el invernadero a través del radiador 42, donde el aire se calienta la hasta una temperatura deseada mediante el intercambio con el refrigerante a través del radiador. El refrigerante calentado entra al radiador 42 a través de la tubería interior 43 y después de calentar el aire del invernadero se extrae a través del radiador mediante los extractores 46, el refrigerante se enfría la ley sale del radiador a través de la tubería exterior 44 para volver al sistema de flujo de refrigerante y al calentador 41, donde es recalentado y retornado para fluir otra ver a través del radiador. Es notado que en la Fig.1A y las figuras que le siguen, el calentador 41 se muestra esquemáticamente situado en el invernadero 20 y cerca del intercambiador de calor 40. El calentador 41 no tiene por qué estar situado dentro del invernadero 20, y en la práctica el calentador se sitúa a generalmente fuera del invernadero, y también lejos del invernadero.

45 El aire fluye a través y se calienta en el radiador 42 sale del intercambiador de calor 40 y, opcionalmente, dentro de los conductos de distribución de flujo 60 a través de conductos acoplados 62. Los conductos colectores las están hechas típicamente de láminas de plástico y/o fabricadas, y están infladas por el aire calentado que entra en ella desde el intercambiador de calor. Los conductos 60 se forman provistos de agujeros (no se muestran) a través de los cuales el aire calentado del intercambiador de calor 40 fluyendo en las mangas sale de las mangas para mezclarse con el aire en el invernadero para mantener una temperatura del aire y una humedad relativa deseadas en el invernadero. Las flechas 64 el representante esquemáticamente el aire fluyendo fuera de las mangas 62. Mientras que en la Fig. 1A el aire calentado que sale del intercambiador de calor 40 se dirige hacia dentro de las mangas colectoras 60 para dispersarse dentro del volumen del invernadero, en muchos invernaderos el aire calentado se dispersa de forma diferente. Por ejemplo, en muchos invernaderos el aire calentado del intercambiador de calor fluye directamente desde el intercambiador de calor hacia dentro del volumen del invernadero. A modo de otro ejemplo, en muchos invernaderos el agua calentada se impulsa a través de una red de tuberías en el suelo del invernadero para calentar el aire de dentro del invernadero.

El controlador 33 opcionalmente controla el sistema de control del ambiente 30 para controlar la temperatura y la humedad relativa en el invernadero 20 mediante el reemplazo periódico o del aire húmedo y caliente de dentro del invernadero con aire aspirado desde el exterior y calentado, de acuerdo con el algoritmo convencional representado esquemáticamente mediante un diagrama de flujo 100 mostrado en la Fig.1B. La numeración 100 se utiliza para referirse al diagrama de flujo y al algoritmo que representa.

Generalmente, un sistema de control del ambiente de un invernadero, tal como el sistema de control del ambiente 30, está apagado durante el día en climas y los cuales es suficiente con la energía solar incidente sobre el invernadero para mantener la temperatura del aire del invernadero por encima de una temperatura mínima deseada. En el diagrama de flujo 100 se asumen que inicialmente, como se muestra en el 102 del diagrama de flujo, el controlador 33 controla el intercambiador de calor xl para estar apagado y por lo tanto el sistema de control del ambiente 30 para abstenerse de calentar el aire en el invernadero 20.

En el bloque 104, el controlador 33 adquiere opcionalmente una medida "T" de la temperatura del aire del invernadero 20 desde el sensor de temperatura 31. En el bloque de decisión 106 el controlador determinar si la temperatura medida T es menor que la temperatura mínima deseable predeterminada " T_{Min} ". Mientras que T_{Min} es dependiente del tipo de plantas que crecen el invernadero 20 el, para muchas plantas T_{Min} es ventajosamente igual a 20 °C. El sí como en el bloque de decisión 106, el controlador 33 determina que T es menor que T_{Min} , como generalmente suele ocurrir hacia la caída de la noche, el controlador opcionalmente continúa hacia el bloque 108 y enciende el intercambiador de calor 40 el para calentar el aire en el invernadero 20 hasta una temperatura superior a T_{Min} . El encendido del intercambiador de calor generalmente conlleva el encendido de los extractores 46 y en el sistema de flujo de refrigerante para impulsar el refrigerante caliente a través del radiador 42 (Fig.1A). A partir de ahí, el controlador 33 opcionalmente continúa hacia el bloque 110.

Si en lugar de encontrarse en el bloque de decisión 106 siendo T menor que T_{Min} cómo se asumen en el párrafo precedente, el controlador 33 encuentra que T es mayor o igual que T_{Min} , el controlador se salta el bloque 108 y continúa hacia el bloque 110.

En el bloque 110, sin importar si el controlador 33 se salta el bloque 108, el controlador adquiere la medida "RH" de la humedad relativa del aire del invernadero 20 desde el sensor de humedad 32 y en el bloque 112, el controlador compara RH el con un valor máximo deseado " R_{Max} ". En el bloque de decisión 112 el controlador también, opcionalmente, determina si en el tiempo en el que se adquiere RH en el bloque 110, un tiempo transcurrido desde que el aire en el invernadero fue reemplazado por última vez por aire calentado desde el exterior es mayor que un intervalo de tiempo opcional predeterminado " τ ". Si en el bloque de decisión 112 RH es menor que R_{Max} , o el tiempo transcurrido es menor que τ , el controlador 33 salta el bloque 114 analizado anteriormente, y avanza hacia el bloque 116.

En el bloque 116, el controlador adquiere la medida de la temperatura T, y en el bloque de decisión 118 determina si $T > T_{Min}$. Si T es mayor que T_{Min} , el controlador vuelve al bloque 102 y apaga el intercambiador de calor 40. Por otro lado, si $T \leq T_{Min}$, el controlador 33 vuelve al bloque 110, adquiere la nueva medida RH, y determina en el bloque si la nueva RH es mayor que R_{Max} .

Si en el bloque de decisión 112 el controlador 33 determina que RH es mayor que R_{Max} y que el tiempo transcurrido es mayor que τ , el controlador 33 procede hacia el bloque 114 para reemplazar el exceso de aire húmedo en el invernadero 20 con aire exterior para reducir la humedad en el invernadero. Para conseguir el reemplazo, el controlador abre las ventanas 22 y controla los ventiladores 24 para expulsar el aire del interior del invernadero 20 y aspirar aire desde el exterior a través de las ventanas 22 para reemplazar el aire expulsado.

En el bloque 116, después del reemplazo de aire en el invernadero 20, el controlador 33 adquiere la medida de la temperatura T, y en el bloque de decisión 118, si $T > T_{Min}$ el controlador vuelve al bloque 102 y apaga el intercambiador de calor 40. Por otro lado, si $T < T_{Min}$, el controlador 33 continua calentando el aire (bloque 108) en el invernadero 20 y vuelve al bloque 110.

Generalmente el aire aspirado desde el exterior del invernadero 20 para reemplazar el aire interior del invernadero es relativamente frío, y usualmente tiene una temperatura que es sustancialmente inferior a T_{Min} . Como resultado, inmediatamente después del reemplazo del aire interior del invernadero 20 con aire exterior, la temperatura del aire en el invernadero es menor que T_{Min} . Para el periodo después de que el aire se haya reemplazado, desde el bloque de decisión 108 el controlador 33 generalmente vuelve repetidamente al bloque 110 para repetir a través de los bloques 110-108, calentando el aire en el invernadero 20 hasta que el controlador determina en el bloque de decisión 108 que la temperatura del aire en el invernadero es mayor que la temperatura mínima deseada T_{Min} .

Para muchos ambientes de invernadero, RH_{Max} es ventajosamente igual al 85% aproximadamente. El intervalo de tiempo τ es determinado para prevenir que el aire frío del exterior del invernadero 20 que está siendo aspirado para reemplazar e aire del invernadero tan frecuentemente que la velocidad a la que el aire frío se aspira hacia el invernadero 20 debe calentarse para mantener una temperatura deseada en el invernadero exceda la capacidad del intercambiador de calor para calentar el aire aspirado.

Las Figs. 1C y 1D muestran los gráficos 201 y 202 de la humedad relativa y la temperatura respectivamente del aire interior y exterior del invernadero 20 que tiene un sistema de control del ambiente 30 operando de acuerdo con un algoritmo similar al algoritmo 100. En los gráficos 201 y 202 las curvas solidas 211 y 212 muestran la humedad relativa y la temperatura respectivamente del interior del invernadero 20 en función del tiempo para un periodo de dos días. El tiempo en horas se muestra en el eje de abscisas. Las curvas punteadas 214 y 215 muestran la humedad relativa y la temperatura respectivamente del exterior del invernadero 20 en función del tiempo para el mismo periodo de dos días. Las curvas 201 y 202 fueron determinadas experimentalmente para un invernadero, de aquí en adelante también referidas a un invernadero de $3\text{ m} \times 1000\text{ m}^2$, que tiene una altura iguala 3 m aproximadamente y una superficie de suelo de 1000 m^2 aproximadamente. El intercambiador de calor 40 cuando esta encendido proporciona 290 kW de energía para calentar el intercambio de aire a $14000\text{ m}^3/\text{h}$ (metros cúbicos/hora) a través del radiador 42. En promedio, para cada ciclo diurno el intercambiador de calor opera alrededor de 7 horas. En consecuencia, el sistema de control convencional del ambiente 30 consume 2030 kWh (kilovatios hora) de energía durante cada ciclo diurno.

De los gráficos se observa que tanto la humedad relativa como la temperatura del aire en el invernadero 20 fluctúan con amplitudes relativamente grandes en cadencia con el reemplazo repetido del aire húmedo y caliente del interior del invernadero con aire exterior frío y relativamente poco húmedo. La temperatura fluctúa con una amplitud de 7°C aproximadamente entre 14°C aproximadamente hasta 21°C aproximadamente y la humedad relativa fluctúa con una amplitud del 20% aproximadamente entre el 75% y el 95% aproximadamente.

La Fig. 2A muestra esquemáticamente un invernadero 320 que comprende un sistema de control del ambiente de un invernadero 330, que es el sistema GECO 330, también referido como GECO 330, utilizado para controlar el ambiente en el invernadero, de acuerdo con una realización de la invención.

El sistema GECO 330 opcionalmente comprende componentes, tales como un intercambiador de calor interior 40 y ventiladores de expulsión 24 comprendidos en el sistema de control del ambiente 30, y además comprende un sistema de circulación de aire y de intercambio de calor 340, de aquí en adelante también referido como sistema de control de clima (CCS) 340, de acuerdo con una realización de la invención.

Opcionalmente, el CCS 340 comprende un controlador 342 y un intercambiador de calor de expulsión 350 unido mediante un sistema de flujo de fluido refrigerante 360 a un intercambiador de calor de aspiración 370. El intercambiador de calor de expulsión 350 comprende un radiador de expulsión 352 y un sistema de ventiladores de expulsión 354. El sistema de ventiladores de expulsión se controla selectivamente para conducir el aire húmedo y caliente desde el interior del invernadero hacia el exterior del invernadero o para conducir aire desde el exterior hacia el interior del invernadero, a través de un recorrido del flujo de aire relativamente largo en un radiador de "evacuación" grande y eficiente 352. Las líneas de flujo de aire 355 apuntando desde el intercambiador de calor de expulsión 350 hacia el exterior del invernadero 320 y las flechas de flujo de aire 356 apuntando desde el intercambiador de calor hacia el interior del invernadero, representan esquemáticamente las direcciones seleccionables en las que el sistema de ventiladores 354 puede conducir el aire. El intercambiador de calor de aspiración 370 comprende un sistema de ventiladores de aspiración 374

controlable para aspirar el aire relativamente frío desde el exterior del invernadero en la dirección indicada por las flechas de flujo de aire 371 hacia el interior del invernadero a través de un recorrido del flujo de aire relativamente largo en un radiador de “aspiración” grande y eficiente 372.

5 El sistema de control de flujo de fluido 360 comprende tuberías de circulación de refrigerante 362 que conectan el radiador de aspiración 372 con el radiador de expulsión 352 y una bomba de refrigerante 364 controlable para bombear refrigerante en las tuberías de circulación entre el radiador de aspiración y el radiador de expulsión. Las tuberías de circulación 362 están conectadas mediante una válvula de control de flujo de fluido 366 con la tubería de entrada 43 a través de la cual el refrigerante caliente del calentador de refrigerante 41 se introduce en el radiador 42. Opcionalmente, las tuberías de circulación están conectadas por una unión en
10 forma de T 367 a la tubería de salida 44 a través de la cual el refrigerante relativamente frío sale del radiador 42. El controlador 342 controla el intercambiador de calor 40, y controla la válvula de flujo 366, la bomba 364, los intercambiadores de calor de aspiración y expulsión 350 y 370 para operar selectivamente el CCS en el modo de descarga o en el modo de mantenimiento.

15 En el modo de descarga, el controlador 342 controla el sistema de ventiladores de expulsión 354 para conducir el aire desde el interior del invernadero 320 en la dirección indicada por las flechas de flujo de aire 350 hacia el exterior del invernadero y el sistema de ventiladores de aspiración 374 para conducir el aire desde el exterior del invernadero hacia el interior del invernadero en la dirección indicada por las flechas de flujo de aire 371. En el modo de descarga el controlador cierra la válvula de flujo 366 y opera la bomba de refrigerante 364 para circular el refrigerante desde el radiador de expulsión 352 hacia el radiador de aspiración 372.

20 El aire húmedo y caliente conducido mediante el sistema de ventiladores de expulsión 354 a través del radiador de expulsión 352 en la dirección de las flechas de flujo de aire 355 se enfría en el paso a través del radiador de expulsión y calienta el fluido refrigerante en el radiador. La bomba 364 bombea el refrigerante calentado desde el radiador de expulsión hacia el radiador de aspiración 372 donde este se enfría calentando el aire conducido por el sistema de ventiladores de aspiración 374 a través del radiador de aspiración. En el modo de descarga,
25 el CCS 340 reemplaza el aire caliente y húmedo expulsado por el intercambiador de calor de expulsión 350 desde el interior del invernadero 320 con aire frío aspirado hacia el interior del invernadero por el intercambiador de calor de aspiración 370 y calienta el aire aspirado con el calor que el intercambiador de calor de expulsión extrae del aire expulsado. En una realización de la invención, el calor extraído del aire expulsado es suficiente para calentar el aire aspirado hasta una temperatura sustancialmente iguala la temperatura
30 deseada en el aire del invernadero.

En el modo de mantenimiento, el controlador 342 controla el sistema de ventiladores de expulsión 354 para conducir el aire desde el exterior del invernadero 320 hacia el interior del invernadero en la dirección de las flechas de flujo de aire 356 y el sistema de ventiladores de aspiración para conducir el aire desde el exterior hacia el interior en la dirección de las flechas de flujo de aire 371. El controlador también abre la válvula de
35 flujo 366 para conectar las tuberías de circulación 362 desde la tubería de entrada 43 de modo que el fluido refrigerante en la tubería de entrada calentado por el calentador 41 que calienta el fluido refrigerante para el intercambiador de calor 40 pueda entrar en las tuberías de circulación 362. El controlador 342 opera la bomba para circular el fluido refrigerante calentado que entra en las tuberías desde la tubería de entrada 43 a través de los radiadores 352 y 372 para calentar el aire aspirado desde el exterior mediante los sistemas de
40 ventiladores de expulsión y aspiración 354 y 374. El controlador controla la velocidad del flujo a la que el aire el aspirado y calentado entra en el invernadero 320 de modo que la presión del aire en el invernadero es ligeramente mayor que la presión atmosférica y el aire calentado fluye desde el exterior hacia el interior del invernadero a una velocidad moderada y reemplaza el aire interior del invernadero.

45 En una realización de la invención, el controlador 342 controla el cambio entre los modos de mantenimiento y descarga del CCS 340, y las duraciones de los modos, para mantener una respuesta relativamente constante a los cambios en la temperatura y la humedad relativa del aire en el invernadero 320. El cambio de ciclo del CCS 340 entre los modos de descarga y mantenimiento obvia los reemplazos periódicos del aire del invernadero que caracterizan la operación de un sistema de control convencional del ambiente de un invernadero y proporciona un control relativamente eficiente de la temperatura y la humedad relativa del invernadero. La Fig.
50 2B muestra un diagrama de flujo 400 de un algoritmo de ejemplo, también referenciado mediante la

numeración 400, que describe la operación del GECO 330 en el control de la temperatura y la humedad en el invernadero 320, de acuerdo con una realización de la invención.

En el diagrama de flujo 400 se asume que, como en el diagrama de flujo 100 (Fig. 1B), inicialmente, el GECO 330 está en estado inactivo, en el que los radiadores 42, 352 o 372 no están operando para calentar el aire que está siendo aspirado hacia el invernadero 320. De acuerdo con esto, un bloque 402 del diagrama de flujo muestra que el calentamiento del invernadero está apagado. En un bloque 404 el controlador 342 recibe una medida "T" de la temperatura del invernadero 320 desde el sensor de temperatura 31 y una medida "RH" de la humedad relativa del aire en el invernadero desde el sensor de humedad 32. En el bloque de decisión 406, si T es mayor a una temperatura mínima deseada T_{Min} , por ejemplo 20°C, el controlador 342 vuelve al bloque 402. No obstante, si T es menor o igual a T_{Min} , en un bloque 408 el controlador enciende el intercambiador de calor 40, y en un bloque 410 enciende el CCS 340 (Fig. 2A) en el modo de descarga. Como se ha indicado arriba, en el modo de descarga el intercambiador de calor 350 se enciende para expulsar aire desde el interior del invernadero 320 y extraer calor desde el aire expulsado y el intercambiador de calor 370 se enciende para aspirar aire hacia dentro del invernadero desde el exterior y calentar el aire aspirado con el calor extraído del aire expulsado. En un bloque 412 el controlador 342 adquiere otra medida T de la temperatura y otra medida RH de la humedad relativa.

En un bloque de decisión 414 el controlador 342 determina si T es menor que o igual a T_{Min} . Si $T \leq T_{Min}$, el controlador dejan el intercambiador de calor 40 encendido y el CCS 340 en el modo de descarga, y vuelve al bloque 412, para adquirir varias medidas de T y RH y en el bloque de decisión 414 para comparar T con T_{Min} . Si por otro lado, en el bloque de decisión 414 el controlador determina que $T > T_{Min}$, el controlador continúa hacia el bloque de decisión 416 y determina si $RH \leq RH_{Max}$. Si RH es mayor o igual que RH_{Max} , el controlador opcionalmente apaga el intercambiador de calor interior 40 en el bloque 418 y vuelve al bloque 412 para volver a hacer el ciclo a través del bloque 418 dejando el intercambiador de calor interior 40 apagado, hasta que el bloque de decisión 416 el controlador 342 determina que una medida de RH es menor que RH_{Max} . En cuanto se determina que RH es menor que RH_{Max} el controlador procede hacia el bloque 420 y cambia el CCS 340 al modo de mantenimiento.

En el bloque 422 el controlador 342 adquiere las medidas de T y RH y en el bloque 424 determina si $T \leq T_{Min}$. Si T es menor o igual que T_{Min} , el controlador vuelve al bloque 408 para encender el intercambiador de calor interior 40, enciende el CCS 340 en el modo de descarga, y realiza el ciclo a través de los bloques en el diagrama de flujo 400 hasta el bloque 424. Si en el bloque de decisión 424 $T > T_{Min}$, en el bloque 426 el controlador 342 determina si la temperatura T es mayor que una temperatura máxima deseable T_{Max} . Si T es mayor que T_{Max} el controlador vuelve al bloque 402 y para el calentamiento del aire interior del invernadero 320. Opcionalmente, T_{Max} es una temperatura igual a 22°C aproximadamente. Si por otro lado, T es menor o igual que T_{Max} , el controlador procede al bloque de decisión 428 para determinar si $RH < RH_{Max}$. Si RH es menor que RH_{Max} , el controlador deja el CCS 340 en el modo de mantenimiento y vuelve al bloque 422. Si por otro lado RH es mayor o igual que RH_{Max} , el controlador vuelve al bloque 410 y cambia el CCS 340 para que opere en el modo de descarga.

La operación del sistema GECO 330 de acuerdo con un algoritmo, tal como el algoritmo 400 reduce la magnitud de las fluctuaciones en la temperatura y la humedad relativa del invernadero, y resulta en ahorros sustanciales en costes y cantidades de energía requerida para controlar la temperatura y la humedad relativa en el invernadero. Las Figs. 2C y 2D muestran los gráficos 501 y 502 de la humedad y la temperatura respectivamente del aire interior y exterior del invernadero 320 controlado por el sistema GECO similar al sistema GECO 330 que opera de acuerdo con un algoritmo similar al algoritmo 400.

En los gráficos 501 y 502 las curvas solidas 511 y 512 muestran respectivamente la humedad relativa y la temperatura del aire interior del invernadero 320 como función del tiempo para un periodo de dos días. El tiempo en horas se muestra en el eje de abscisas. Las curvas punteadas 514 y 515 muestran la humedad relativa y la temperatura respectivamente para el aire exterior del invernadero 20 como función del tiempo para el mismo periodo de dos días.

Las curvas en los gráficos 501 y 502, como las curvas en los gráficos 201 y 202 (Figs. 1C y 1D), fueron determinadas experimentalmente para un invernadero de 3m x 1000m². Los radiadores de expulsión y aspiración 352 y 372 tenían una longitud en la dirección del flujo de aire a través de los radiadores de 100 cm aproximadamente y una sección transversal perpendicular al flujo de aire igual a 60 cm x 60 cm aproximadamente. Cada radiador comprendía 100 cm x 60cm x 60 cm de volumen, y una matriz de 16 conjuntos de 16 hileras de tuberías de cobre de 5/8 pulgadas. Los sistemas de ventiladores 354 y 374 fueron capaces de impulsar 1500 m³/h (metros cúbicos por hora) a través de sus respectivos radiadores asociados. Los intercambiadores de calor 350 y 370 fueron capaces de extraer el calor del agua calentada fluyendo a través de sus tuberías de cobre, o de introducir calor en el agua enfriada fluyendo a través de sus tuberías con una potencia de 10 kW aproximadamente. Los intercambiadores de calor 350 y 370 se encendieron durante 7 horas aproximadamente durante el ciclo diurno. Mientras que, cuando está encendido, el intercambiador de calor 40 en el sistema GECO 330 opera con un consumo de energía de 290 kW aproximadamente, durante el ciclo diurno estuvo encendido durante tres horas y un tercio aproximadamente. El consumo total de energía del sistema GECO 330 por ciclo diurno fue de 1030 kW aproximadamente.

De los gráficos 501 y 502 se ve que ni la humedad relativa, curva 511, ni la temperatura del aire, curva 512, en el invernadero exhiben los grandes cambios cíclicos exhibidos en la humedad relativa y la temperatura controladas por el sistema de control convencional del ambiente 30 en el invernadero 20 (Fig. 1A). La temperatura en el invernadero 320 fluctúa con una amplitud de 2°C entre 20°C y 22°C, y la humedad relativa en el invernadero fluctúa con una amplitud del 8% aproximadamente entre 80% y 87% aproximadamente. El sistema GECO 330 no solo proporciona un control sustancialmente mejorado de la temperatura y la humedad relativa en un invernadero, sino también una reducción sustancial del consumo de energía comparado con un sistema de control convencional del ambiente en un invernadero.

Por ejemplo, como se indica arriba, para condiciones externas de la temperatura y humedad relativa del aire exterior indicadas por la curva 215 en el gráfico 202 y la curva 214 en el gráfico 201 respectivamente, el sistema convencional de control del ambiente en un invernadero 30 puede consumir 2030 kWh aproximadamente de energía por ciclo diurno para controlar el aire en el invernadero 20 con la capacidad representada por las curvas 212 y 211 en los gráficos. Por otra parte, un sistema GECO de acuerdo con una realización de la invención similar al sistema GECO 330, para condiciones de humedad relativa y temperatura del aire exterior indicadas por la curva 514 en el gráfico 501 y por la curva 515 en el gráfico 502 respectivamente, puede controlar la humedad y la temperatura para el invernadero 320 con una mejora sustancial de la capacidad exhibida en las curvas 511 y 512 en los gráficos con un coste de energía de 1030 kW por ciclo diurno. Mientras que las condiciones de la temperatura y la humedad relativa del aire exterior bajo las que opera el sistema GECO 330 para controlar la temperatura y la humedad relativa del aire en el invernadero 320 son sustancialmente más exigentes que las condiciones de la temperatura y la humedad relativa del aire exterior bajo las que opera el sistema de control convencional del ambiente 30, el sistema GECO opera con un consumo medio de energía que es la mitad aproximadamente del consumo del sistema convencional.

Está indicado que el consumo de energía y las velocidades de flujo mencionadas anteriormente para el sistema GECO 330 que controla el ambiente de un invernadero de 3 m x 1000 m² y proporciona sustancialmente un funcionamiento como el mostrado en los gráficos 501 y 502, escalado de forma sustancialmente lineal con el tamaño del invernadero. Por ejemplo, un sistema GECO de acuerdo con una realización utilizada para controlar el ambiente en un invernadero de 3 m x 2000 m² puede configurarse para consumir el doble de energía y proporcionar el doble de tasas de flujo proporcionadas por el sistema GECO que controla el ambiente en un invernadero de 3 m x 1000 m².

En algunas realizaciones de la invención, el controlador 342 controla el sistema GECO 330 para cambiar entre los modos de descarga y mantenimiento a intervalos regulares predeterminados. Por ejemplo, el sistema GECO similar al GECO 330 de acuerdo con una realización de la invención puede operar en los modos de descarga y mantenimiento sobre seis y cincuenta y cuatro minutos respectivamente cada hora y puede mantener la temperatura del invernadero entre 20°C y 22°C aproximadamente, y la humedad relativa entre 80% y 87% aproximadamente, para temperatura y humedad relativa exterior de las que se han obtenido los gráficos 501 y 502.

Para proporcionar una protección añadida a las plantas contra las dolencias fomentadas o promovidas por la condensación del agua en las hojas de las plantas o en partes del cuerpo, un invernadero puede comprender un WAGIT de acuerdo con una realización de la invención que opera para limpiar sónica las superficies de las hijas y las partes de la planta de la humedad que puede haberse acumulado en las superficies.

- 5 La Fig. 3 muestra esquemáticamente un WAGIT 600 operando para eliminar las gotas de agua 650 condensadas en una hoja de la planta 652, de acuerdo con una realización de la invención. El WAGIT 600 opcionalmente comprende un transductor acústico 602, tal como un cristal piezoeléctrico, alimentado por una fuente de energía 604 para generar ondas acústicas, representadas esquemáticamente por arcos discontinuos 610 que se propagan por la hoja 652. Cuando las ondas sónicas 610 inciden en la hoja 652 generan vibraciones de gran amplitud, representadas por las siluetas discontinuas 654 en la hoja que sacuden las gotas de agua 650 fuera de la hoja. La eliminación de las gotas de agua está indicada esquemáticamente mediante flechas 656.

- 15 En una realización de la invención, la fuente de energía 604 alimenta un transductor 602 para que genere ondas 610 a una frecuencia sustancialmente coincidente con la frecuencia de resonancia de la hoja 652. Como resultado, las ondas acústicas 610 generan vibraciones relativamente grandes en la hoja 652 que son relativamente eficientes en la sacudida de las gotas 650 fuera de la hoja. Opcionalmente, la fuente de energía 604 alimenta el transductor acústico 602 para que genere ondas a la frecuencia de resonancia de las gotas de agua 650, que generan vibraciones relativamente grandes en el cuerpo de las gotas. Las vibraciones hacen que la hoja se deslice fuera de la hoja 652.

- 20 En la descripción y las reivindicaciones de la presente solicitud, los verbos “comprende”, “incluye” y “tiene”, y todas sus conjugaciones, se utilizan para indicar que el objeto u objetos del verbo no son necesariamente una lista completa de componentes, elementos o partes del sujeto o sujetos del verbo.

- 25 Las descripciones de las realizaciones de la invención en la presente solicitud se proporcionan a modo de ejemplo y no tienen la intención de limitar el alcance de la invención. Las realizaciones descritas comprenden diferentes características, no siendo todas ellas requeridas en todas las realizaciones de la invención. Algunas realizaciones solo utilizan alguna de las características o posibles combinaciones de las características. Las personas relacionadas con el sector técnico considerarán las variaciones de las realizaciones de la invención que se describen, y las realizaciones de la invención que comprendan diferentes combinaciones de características indicadas en las realizaciones descritas. El alcance de la invención está limitado únicamente por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un aparato para controlar el ambiente en un invernadero, que comprende:
 5 un primer intercambiador de calor (350), que comprende un primer radiador (352) y un primer sistema de ventiladores (354) para que conduzcan el aire a través del primer radiador y un segundo intercambiador de calor (370) que comprende un segundo radiador (372) y un segundo sistema de ventiladores (374) para que conduzcan el aire a través del segundo radiador;
 10 un primer sistema de circulación de refrigerante (360) que circula el fluido refrigerante entre y a través del primer y segundo radiadores;
 un calentador (41) controlable para calentar el refrigerante;
 un controlador (342) que controla el aparato para que opere selectivamente en el modo de mantenimiento o en el modo de descarga, donde en el modo de mantenimiento el calentador calienta el refrigerante y el primer y segundo sistemas de ventiladores conducen el aire desde el exterior hacia el interior del invernadero a través del primer y segundo radiadores para que adquiera el calor desde el refrigerante, y en el modo de descarga el primer sistema de ventiladores expulsa el aire desde el interior hacia el exterior del invernadero a través del primer radiador para que deposite el calor en el refrigerante y el segundo sistema de ventiladores conduce el aire desde el exterior hacia el interior del invernadero y a través del segundo radiador para que adquiera el calor depositado en el refrigerante.
- 2.- Un aparato de acuerdo con la reivindicación 1 y que comprende un tercer intercambiador de calor controlable para calentar el aire interior del invernadero, donde el tercer intercambiador de calor comprende un radiador, un segundo sistema de flujo de refrigerante que impulsa el refrigerante a través del radiador, un calentador que calienta el refrigerante en un segundo sistema de flujo de refrigerante y un sistema de ventiladores que conducen el aire interior del invernadero a través del radiador para que adquiera el calor desde el refrigerante y permanezca en el invernadero.
- 3.- Un aparato de acuerdo con la reivindicación 2 y que comprende una válvula de control de flujo de fluido (366) controlable para conectar el primer y segundo sistemas de flujo de refrigerante de modo que el refrigerante calentado desde el segundo sistema de flujo de refrigerante pueda fluir hacia el primer sistema de flujo de refrigerante, donde en el modo de mantenimiento, el controlador controla la válvula de control de fluido para que conecte el primer y segundo sistemas de flujo de refrigerante.
- 4.- Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 o 3, donde en el modo de mantenimiento, el controlador controla el tercer intercambiador de calor para abstenerse de calentar el aire interior del invernadero.
- 5.- Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, el donde el controlador controla el tercer intercambiador de calor para que caliente el aire interior del invernadero cuando la temperatura del aire interior extiende por debajo de una temperatura mínima predeterminada del aire.
- 6.- Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde en el modo de mantenimiento el controlador controla los sistemas de ventiladores del primer y segundo intercambiadores de calor para aspirar el aire desde el exterior hacia el interior del invernadero a una velocidad media del flujo que es sustancialmente proporcional al volumen del invernadero.
- 7.- Un aparato de acuerdo con la reivindicación 6 donde la velocidad de flujo es de entre 2500 m³/h (metro cúbicos por hora) y 3500 m³/h para 3000 m³ de volumen del invernadero.
- 8.- Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el controlador controla el aparato para que opere en el modo de descarga si la humedad relativa en el invernadero es mayor que una humedad relativa mínima predeterminada.
- 9.- Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el controlador cambia la operación del aparato entre los modos de descarga y mantenimiento a intervalos regulares, donde la duración del período de operación en el modo de descarga es la misma para una pluralidad de periodos consecutivos de operación en el modo de descarga.

- 10.- Un aparato de acuerdo con la reivindicación 9, donde en el modo de descarga los períodos se repiten a una frecuencia de repetición mayor que 0,8 por hora aproximadamente y menor que 1,2 por hora aproximadamente.
- 5 11.- Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde los períodos de operación en el modo de descarga tienen una duración de 5 minutos aproximadamente a 10 minutos aproximadamente.
- 10 12.- Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el controlador inicia los períodos de operación en el modo de mantenimiento sustancialmente al mismo tiempo en el que los períodos de operación en el modo de descarga finalizan.

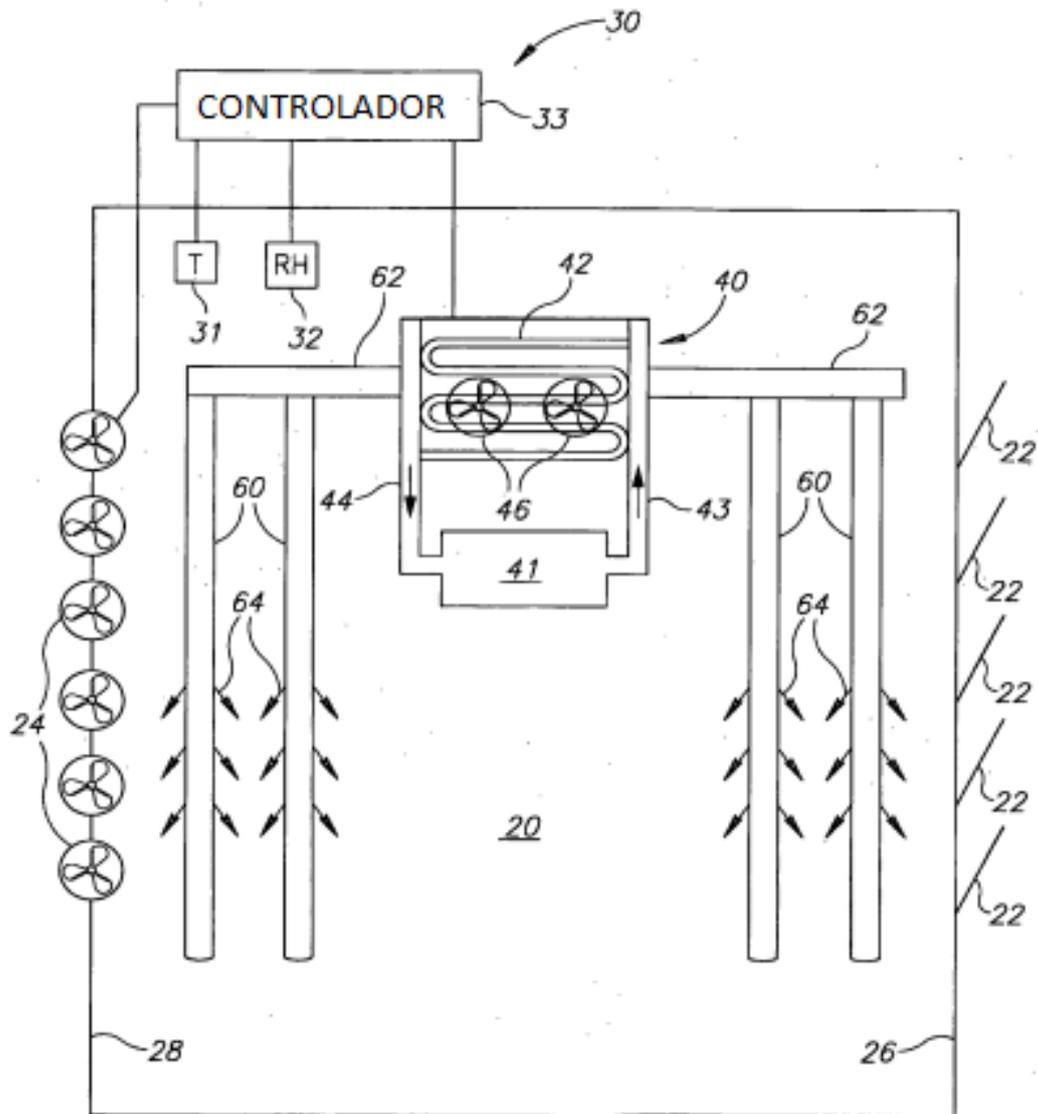


FIG.1A

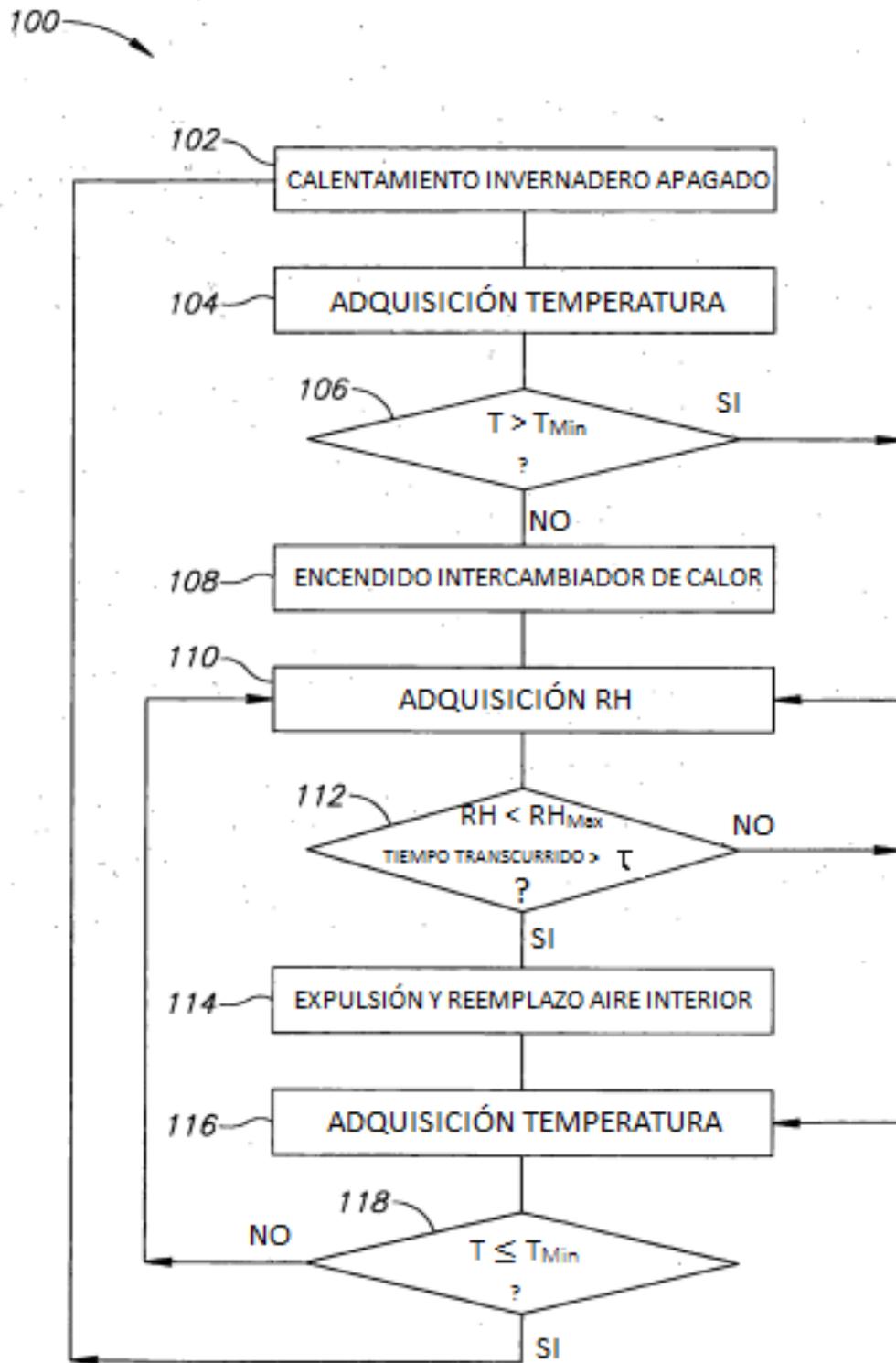


FIG.1B

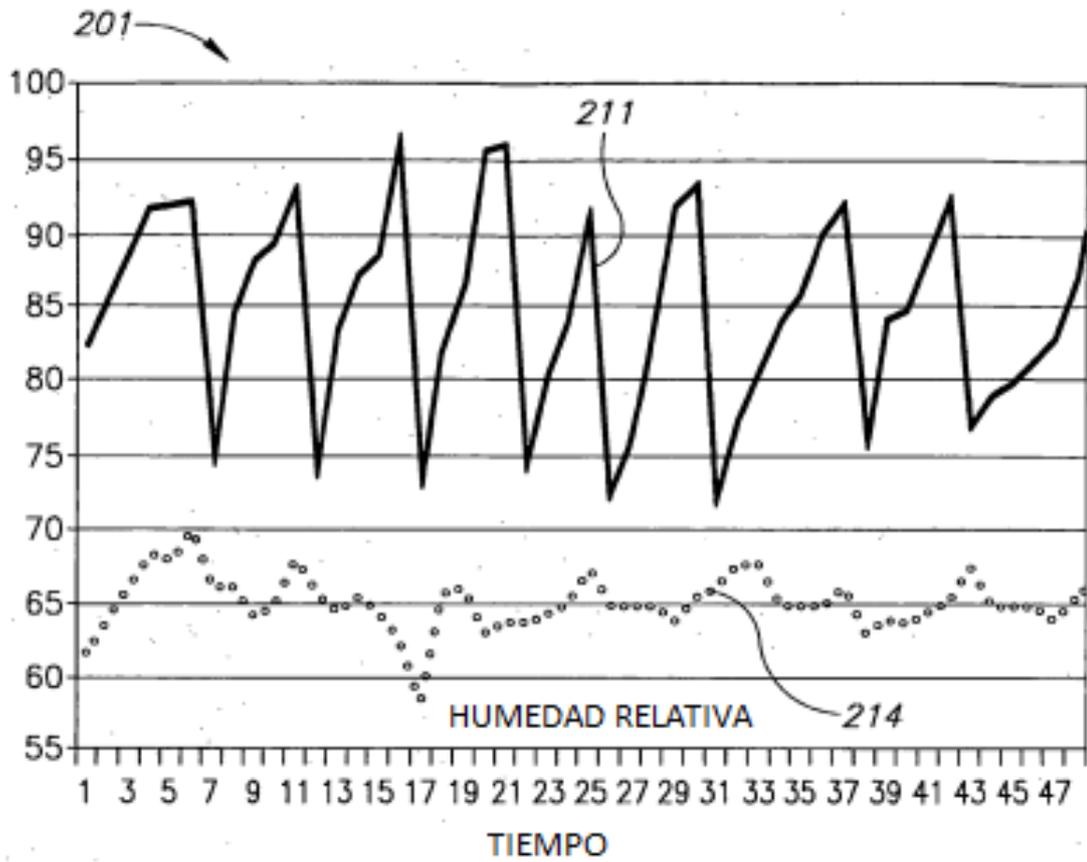


FIG.1C

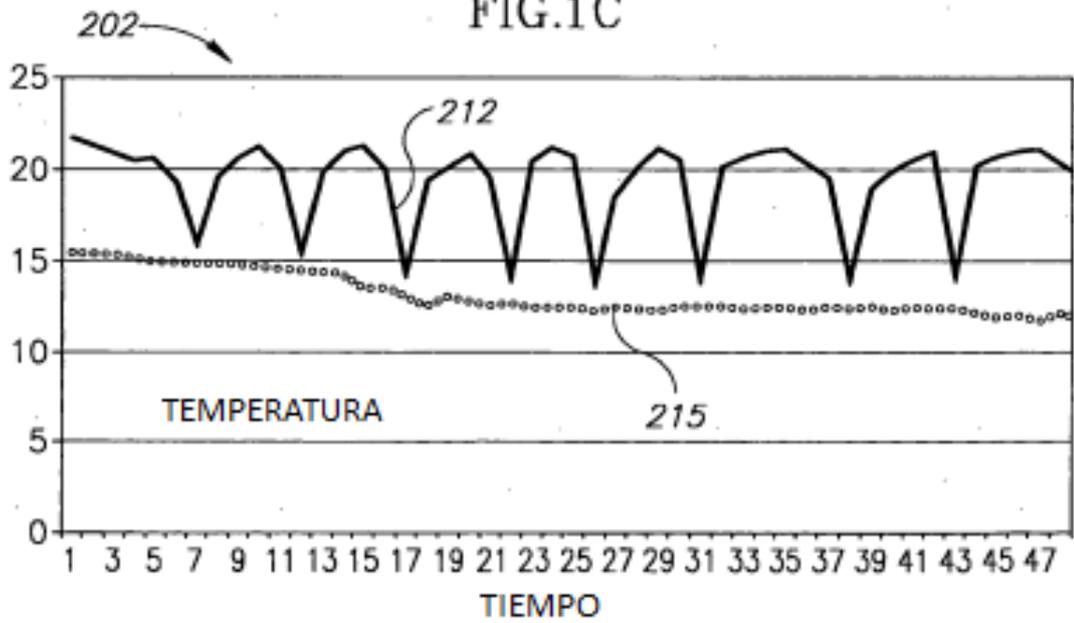


FIG.1D

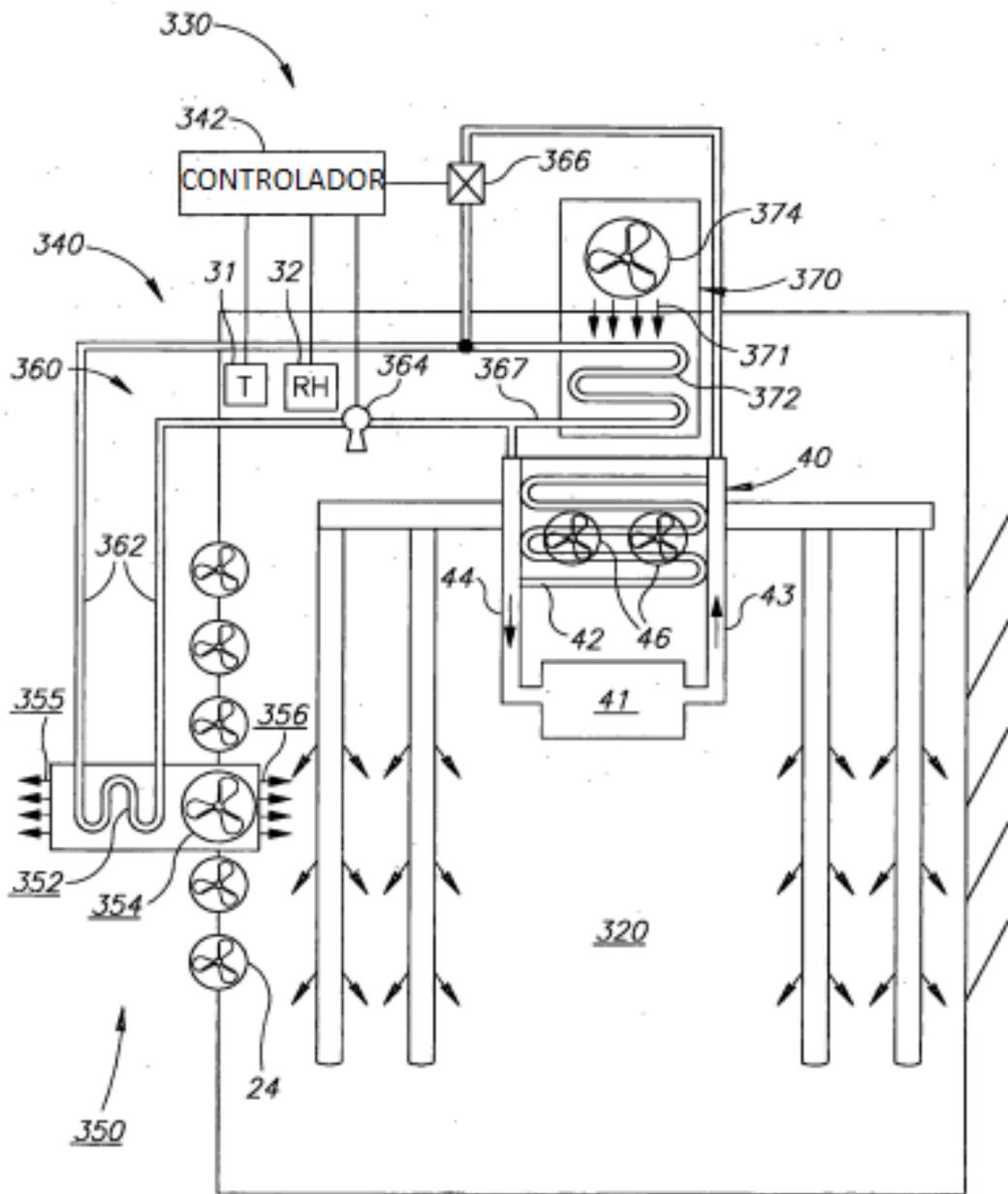


FIG.2A

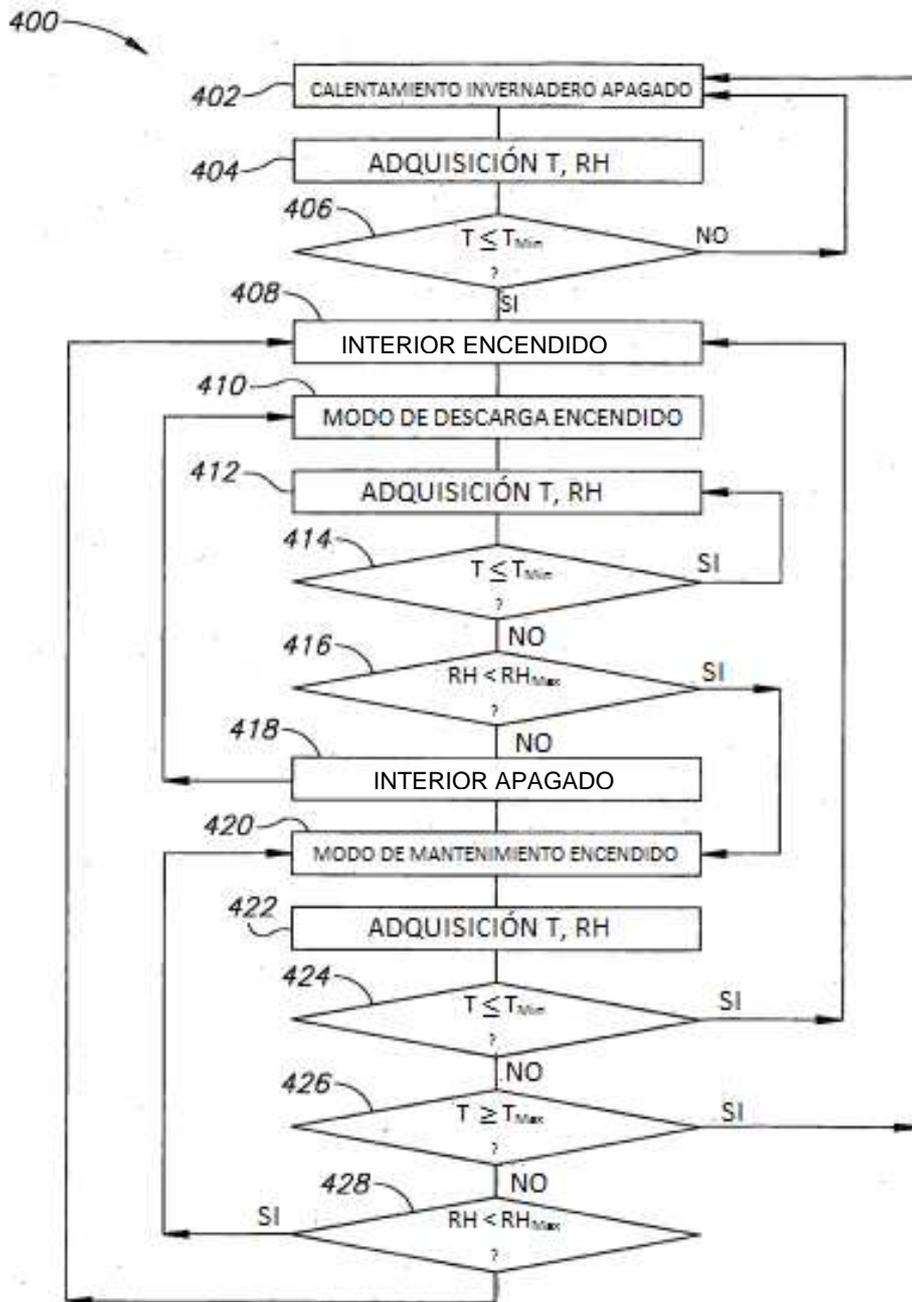


FIG.2B

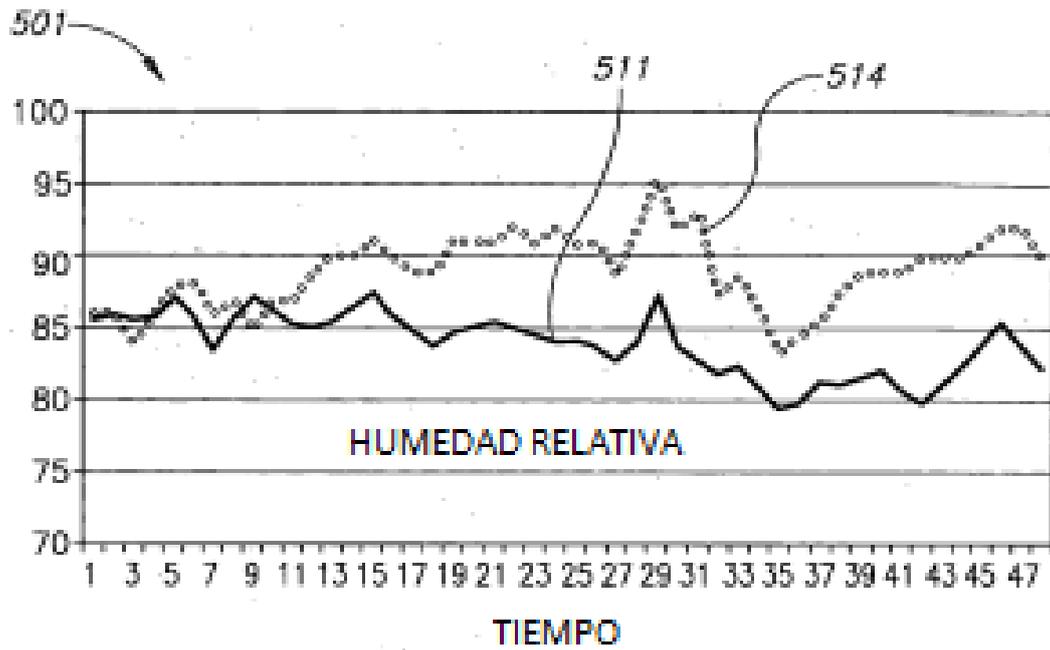


FIG. 2C

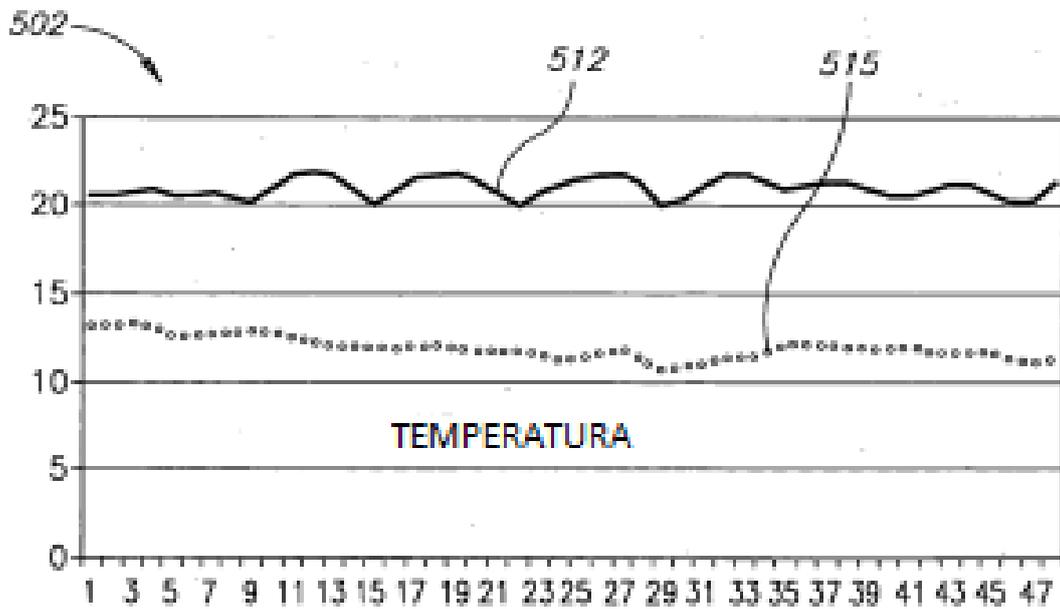


FIG. 2D

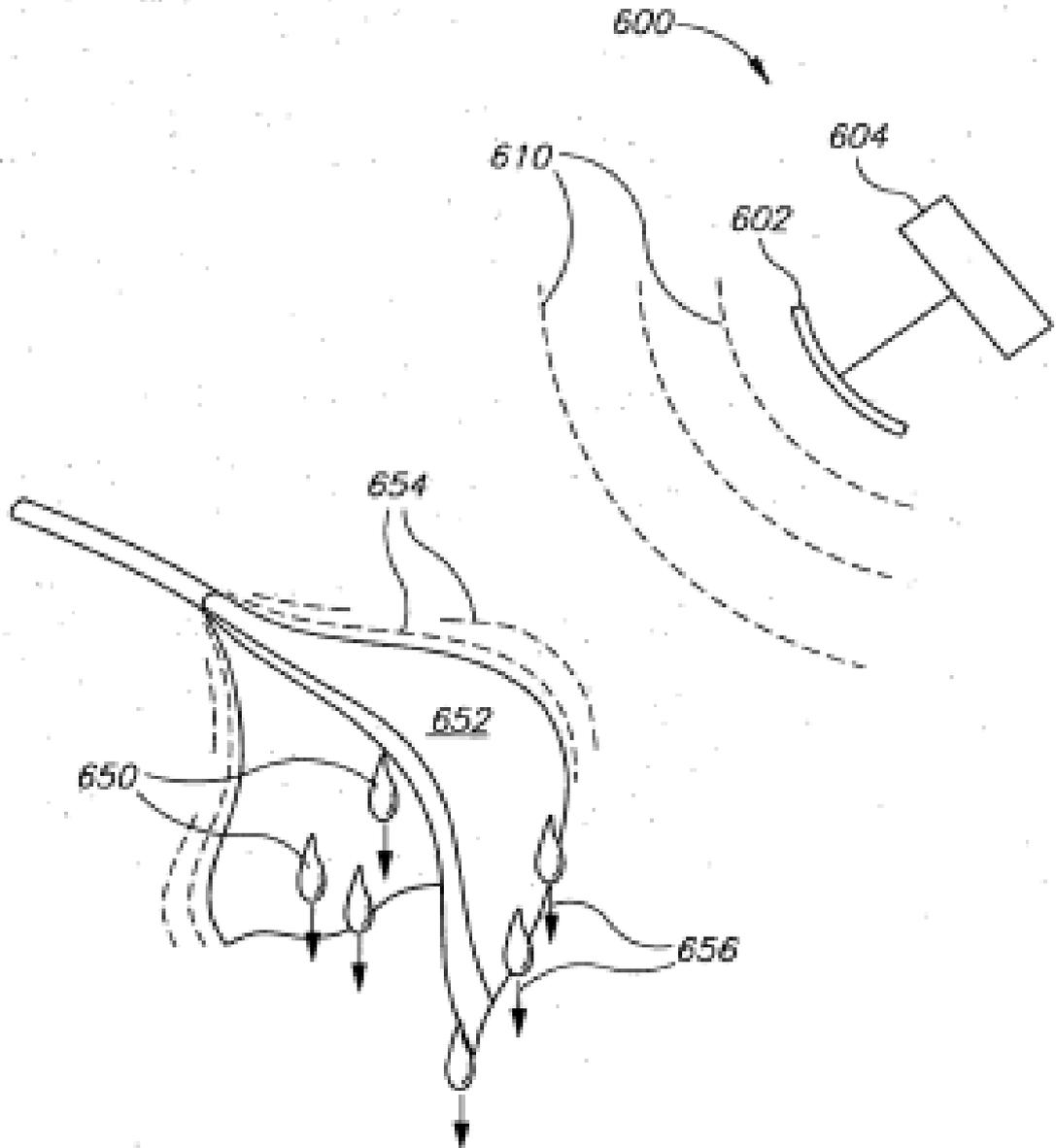


FIG.3