

19



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 376 324**

21 Número de solicitud: 200930039

51 Int. Cl.:

**G01N 21/94** (2006.01)

**A01G 9/14** (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

**03.04.2009**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**13.03.2012**

Fecha de la concesión:

**17.01.2013**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**29.01.2013**

73 Titular/es:

**CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS (CSIC) (50%)  
SERRANO 117  
28006 MADRID (Madrid) ES y  
UNIVERSIDAD DE ALMERIA (50%)**

72 Inventor/es:

**SÁNCHEZ SOTO, Pedro José;  
GARZÓN GARZÓN, Eduardo;  
GARCÍA RODRÍGUEZ, Isabel Gador y  
MORALES HERNÁNDEZ, Laura**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

54 Título: **MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE ESTADO DE MATERIALES DE CUBIERTA DE INVERNADEROS.**

57 Resumen:

Método de determinación de estado de materiales de cubierta de invernaderos.

Se describe un método que permite realizar una estimación y predicción del estado de un film plástico utilizado como cubierta de invernadero bien para poder así evaluar la necesidad de restitución de las cubiertas o bien como herramienta de diseño previa a la construcción de invernaderos.

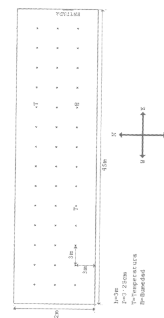


FIG. 1

ES 2 376 324 B1

## DESCRIPCIÓN

### MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE ESTADO DE MATERIALES DE CUBIERTA DE INVERNADEROS

5

#### OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a la determinación del estado de filmes  
10 utilizables como materiales de cubierta de invernaderos.

El objeto de la invención consiste en una modelización para ajuste de los  
datos obtenidos, tanto de la radiación PAR como de la global y para cada uno  
de los tipos de film.

15

#### ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Hoy en día existe una gran diversidad de materiales de cubierta de  
20 invernaderos de uso en Europa, pero los filmes plásticos han experimentado un  
altísimo crecimiento en los últimos años como alternativa a los materiales rígidos  
tales como el vidrio, presentes tradicionalmente en países del norte (Briassoulis  
*et al.*, 1997a, b).

25 Por otra parte, la radiación solar juega un importante papel en el deterioro  
de estos plásticos. Cuando el material absorbe la radiación se produce una  
desintegración química de las cadenas de polímeros y, por esta razón, se  
registra una disminución de sus propiedades mecánicas, físicas y ópticas. Una  
vez que la degradación ha comenzado, esta continuará. Por ello, parece casi  
30 imprescindible la incorporación de estabilizadores UV que minimicen en la  
medida de lo posible este deterioro (Lozano y González, 1999; Papaseit *et al.*,  
1997; Robledo y Martín, 1988; Palomar, 1982; Matallana y Montero, 1989). No

obstante han surgido nuevos problemas, como es la presencia de sulfuros y cloruros, los cuales son sustancias activas de productos químicos usados para invernaderos, ya que bloquean el efecto de los HALS (estabilizadores de luz de amidas inhibidas), reconocidos como sustancias estabilizadoras de UV para  
5 filmes de polietileno (Briassoulis *et al.*, 1997a, b).

Los ensayos de envejecimiento natural de materiales plásticos requieren un largo período de exposición, dependiendo de su formulación y de las variables meteorológicas correspondientes a la zona geográfica de estudio (Lozano y  
10 González, 1999). En función de lo anteriormente expuesto, se considera necesario tanto evaluar la transmisividad de nuevas formulaciones de materiales plásticos a lo largo del tiempo como ver el ajuste a un modelo matemático de la transmisión de la radiación solar en función de dicho parámetro, siendo objetivos planteados en la presente investigación. Dichos filmes plásticos sufren un  
15 envejecimiento inducido por las radiaciones absorbidas que hacen que su eficacia y utilidad se vean mermadas por el paso del tiempo.

## **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

20

El objeto de la siguiente invención permite la determinación de estado y el deterioro de filmes plásticos utilizados como cubiertas en invernaderos.

25

Con el método que se describe se puede realizar una predicción precisa de la radiación absorbida por un film plástico, ya sea PAR o global, en un instante de tiempo determinado. Mediante la utilización de dicho parámetro se puede estimar el grado de deterioro del material de cubierta y permite tomar en consideración diversas posibilidades a la hora de diseñar o renovar cubiertas de invernaderos.

30

La determinación del estado de un film plástico se realiza a partir de los datos obtenidos por unos sensores térmicos y de humedad situados en el interior

del invernadero, y a partir de los datos que aporta una estación meteorológica situada en el exterior del invernadero donde se dispone un sensor de radiación PAR y un sensor de radiación global.

5            Dichos datos son captados y enviados a una unidad central de proceso donde, una vez filtrados, se realiza el ajuste de la radiación PAR y la radiación global absorbidas a un modelo matemático basado en el método de aproximación por mínimos cuadrados. Dicho modelo matemático permite la estimación, predicción y determinación del estado del material que conforma la  
10 cubierta, filmes plásticos, basándose en la cantidad de radiación absorbida.

          La radiación absorbida por un film plástico afecta directamente a sus propiedades, deteriorando el material y haciendo necesaria su sustitución en un determinado momento en el que dichas propiedades no den cobertura necesaria  
15 a las condiciones preestablecidas para mantener el cultivo en las condiciones adecuadas.

          Para el cálculo de este modelo se parte de dos hipótesis fundamentales. La primera es que la absorción de cualquier film aumenta con el tiempo como  
20 resultado de su envejecimiento, y la segunda, que esta absorción depende de la época del año en la que nos encontremos, dado que la radiación esta íntimamente ligada con la posición del sol y el ángulo de incidencia de los rayos solares. En la estación de verano los días son más largos y el sol está muy elevado; sin embargo en invierno, como la duración del día es más corta, las  
25 radiaciones llegan más inclinadas a la superficie terrestre.

          El modelo que se obtiene como resultado debe ser sometido a una estimación de su validez, y dado que, a día de hoy, no se ha realizado este tipo de métodos en este campo, dicha estimación está basada en criterios  
30 estadísticos y se realiza mediante la estimación utilizando el coeficiente de determinación  $R^2$ . Por tanto, se debe determinar la adecuación del modelo con respecto a criterios estadísticos (Montgomery *et al.*, 1996), mediante la

estimación el coeficiente de determinación  $R^2$ . Dicho coeficiente oscila entre 0 y 1, siendo 1 el valor idóneo y 0 el que indica una total inadecuación, pero se establece que este valor es aceptable a partir de 0,7.

5

## **DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Muestra un esquema de la instalación y distribución de los sensores en el interior del invernadero.

Figura 2.- Muestra un esquema de la variación en la radiación absorbida por un film a lo largo del tiempo.

20

## **REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION**

A la vista de las figuras se describe a continuación un modo de realización preferente del método objeto de esta invención. El ejemplo tiene como base un ensayo que se realizó en un invernadero de cubierta plana de tres metros de altura, situado en el término municipal de Almería, con orientación de su eje longitudinal Este-Oeste y con soportes interiores y laterales de acero galvanizado de 3,25 cm de diámetro con 3 m de separación entre sí. Las dimensiones de la nave son de 45 m de largo por 12 m de ancho, lo que supone una superficie total invernada de 540 m<sup>2</sup>.

30

Se colocaron tres tipos de filmes de polietileno obtenidos por extrusión: el

film 1 es de color blanco y de 880 galgas de espesor (1galga=0,00025 mm); el film 2 es de color amarillo y de 780 galgas; y el 3 es de color blanco y un espesor de 940 galgas. Para simular la degradación del plástico en condiciones de campo se han aplicado tratamientos con sustancias químicas, seleccionándose  
5 permitrina y metansodio, cada 15 días.

En el interior del invernadero se colocaron dos sensores de temperatura y uno de humedad distribuidos de forma simétrica. Existe una estación meteorológica exterior con sensores de radiación PAR y global a diferentes  
10 alturas, de las que hemos tomado las medidas obtenidas para dos metros, que tiene aproximadamente la altura de los sensores en el interior del invernadero. Igualmente, en el interior y debajo de cada plástico se ha colocado un sensor de radiación par y un piranómetro para medir la radiación global. Los sensores se colocaron en la banda sur del invernadero debido a que es la que recibe mayor  
15 radiación directa.

Todos los datos de los sensores son conducidos hasta una unidad central de recogida y proceso de datos donde se van almacenando en ordenador. El ordenador esta dotado de una tarjeta de adquisición de datos, que toma una  
20 medida cada diez segundos, teniendo una capacidad para almacenar datos durante diez días. Estos datos se recogen periódicamente y se filtran con un programa informático para eliminar posibles distorsiones en las medidas.

Debido a la gran cantidad de suciedad acumulada en la cubierta de los  
25 plásticos, durante el ensayo se procedió a la limpieza el 1 de mayo de 1999. Los propios sensores se limpiaron el 2 de junio del mismo año.

Para analizar la pérdida de transmisividad de los filmes comparamos los datos de la estación meteorológica exterior con los datos obtenidos en el interior  
30 del invernadero, obteniéndose así curvas que reflejan en tanto por ciento la pérdida de transmisividad. El análisis estadístico de este parámetro se hizo a través de un análisis de la varianza y las medias se compararon con el test de

mínimas diferencias significativas (MDS).

A partir de las dos hipótesis de trabajo anteriormente citadas, y de entre la gran multitud de combinaciones posibles, se busca una función que sea combinación de una función de tipo lineal y otra de tipo sinusoidal. La parte lineal representa el aumento de la absorción del film con el tiempo; la parte sinusoidal representa la dependencia de la absorción respecto al ángulo de incidencia de los rayos solares, de modo que la absorción máxima se tendría en el solsticio de verano, y la mínima en el solsticio de invierno. Así, la función buscada debe ser de la siguiente forma:

$$f(t) = a \cdot t + b + c \cdot \sin\left(\frac{2\pi t}{365}\right)$$

$$t \in [0, 730]$$

15

Dónde t es el tiempo expresado en días, que varía entre t=1 y t=730 (el primer día en que se tomaron datos, en concreto en este caso es el 21 de marzo de 1998).

20

Para el cálculo tomamos el periodo de dos años exactamente, con el fin de simplificar la función sinusoidal y tomar una de periodo de 365 días, por lo que se comienza el 21 de marzo de 1998 y se acaba el mismo día del año 2000. Como empezamos en el equinoccio de primavera esto implica unas condiciones tales que para el tiempo t=1 el seno del ángulo se anula en ese punto, y para el t=365 se anula de nuevo. Lo mismo ocurre para el 21 de septiembre t=186. Sin embargo en el solsticio de verano y de invierno estos valores son máximos para el seno.

25

Si h(t) es la función que nos da los datos de la radiación absorbida en el día t, para cierto tipo de cubierta de invernadero, el método de los mínimos

30

cuadrados, nos conduce al siguiente sistema (par o global):

$$\begin{aligned} \langle h(t) - f(t)/1 \rangle &= 0 \\ \langle h(t) - f(t)/t \rangle &= 0 \\ \left\langle h(t) - f(t) / \text{sen}\left(\frac{2\pi t}{365}\right) \right\rangle &= 0 \end{aligned}$$

- 5 Donde  $\langle , \rangle$  representa el producto escalar discreto de las funciones definidas en los puntos  $t=1,2,\dots,730$ . Si realizamos los productos escalares de la ecuación 2 se llega al siguiente producto:

$$\begin{aligned} \sum_{t=1}^{731} \left[ h(t) - a \cdot t - b - c \cdot \text{sen}\left(\frac{2\pi t}{365}\right) \right] \cdot 1 &= 0 \\ \sum_{t=1}^{731} \left[ h(t) - a \cdot t - b - c \cdot \text{sen}\left(\frac{2\pi t}{365}\right) \right] \cdot t &= 0 \\ \sum_{t=1}^{731} \left[ h(t) - a \cdot t - b - c \cdot \text{sen}\left(\frac{2\pi t}{365}\right) \right] \cdot \text{sen}\left(\frac{2\pi t}{365}\right) &= 0 \end{aligned}$$

10

Este sistema lineal tiene una única solución (a, b, c) que nos proporciona la función  $f(t)$  que mejor se ajusta por mínimos cuadrados a los valores de la radiación absorbida de cada día. La  $f(t)$  podremos utilizarla para predecir el valor de la radiación según el material de cubierta de invernadero.

15

Para medir la exactitud del ajuste se utiliza el coeficiente de determinación  $R^2$  que permite la adecuación del modelo con respecto a criterios estadísticos (Montgomery et al. 1996).

20

Del resultado de la radiación PAR, y de la radiación GLOBAL, se deduce que la vida útil de los tres filmes es de dos años. A esta conclusión se llega después de observar que la radiación PAR absorbida después del segundo año de uso es del 37,92 % para el film 1, para el film 2 es de 43,83 % y para el film 3 de 44,04 %. Igualmente, se comprueba que la radiación GLOBAL absorbida,



valor medio, es de 36,71%, 41,46% y 46,46%. Si comparamos estos datos con los aportados por Papaseit *et al.* (1997), en el que la transmisión de radiación GLOBAL para un film es del 90% (obtenido este valor de forma experimental y bajo condiciones que no son reales en el campo), entonces se deduce que  
5 cuando un plástico absorbe el 45% de la radiación GLOBAL, esto es, ha perdido el 50% de sus valores iniciales, pierde entonces su utilidad como cubierta de invernadero para su uso en agricultura.

Al poseer una duración de 2 años, los podríamos tipificar como un PE de  
10 larga duración o bien un PE térmico de larga duración.

## REIVINDICACIONES

1. Método de determinación de estado de materiales de cubierta de invernaderos caracterizado porque comprende los siguientes pasos:
  - 5           – ubicar al menos dos sensores de temperatura y uno de humedad de forma simétrica en el interior de un invernadero,
  - ubicar una estación meteorológica en el exterior del invernadero,
  - enlazar los sensores y la estación a una unidad central de proceso,
  - adquirir, filtrar y procesar los datos recibidos desde los sensores y la  
10           estación meteorológica,
  - enviar dichos datos a la unidad central de proceso,
  - comparar los datos obtenidos por la estación meteorológica y los obtenidos por los sensores para analizar la pérdida de transmisividad del material de cubierta, y  
15           – ajustar las radiaciones absorbidas determinadas en el paso anterior a un modelo matemático.
  
2. Método según reivindicación 1 caracterizado porque la etapa de ubicar la estación meteorológica comprende la subetapa siguiente: disponer en  
20           dicha estación meteorológica al menos un sensor de radiación PAR y al menos un sensor de radiación global.
  
3. Método según reivindicación 2 caracterizado porque los sensores de radiación PAR y de radiación global de la estación meteorológica se  
25           disponen a diferentes alturas.
  
4. Método según reivindicación 1 caracterizado porque el ajuste de las radiaciones absorbidas se realiza mediante un modelo basado en el método de aproximación por mínimos cuadrados.

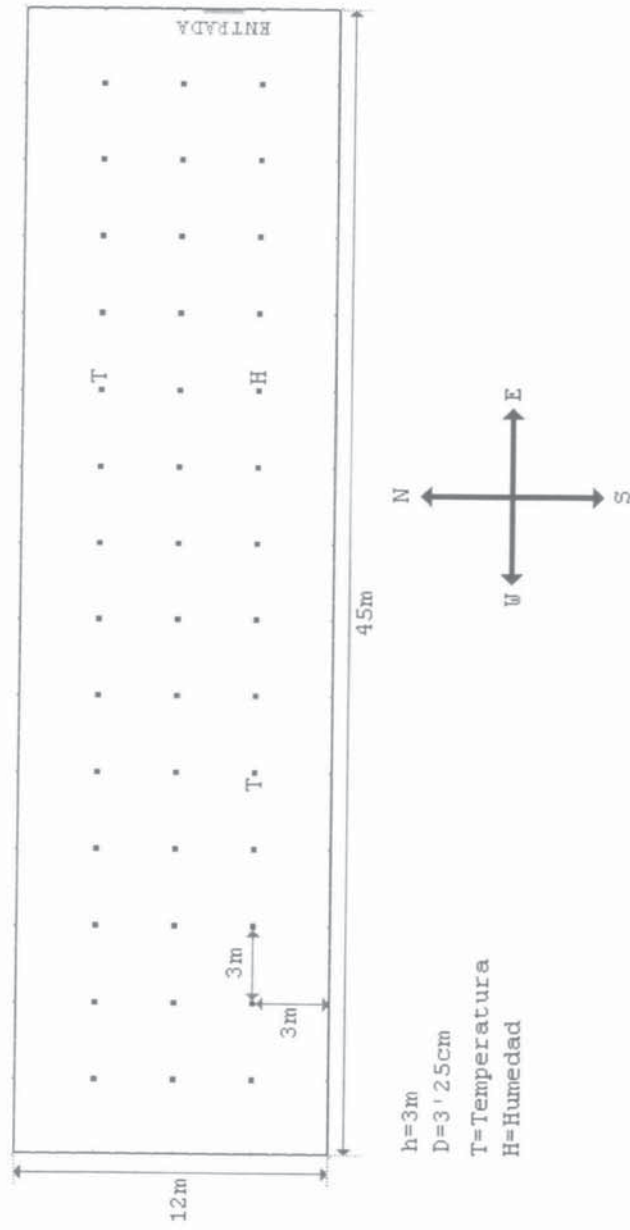
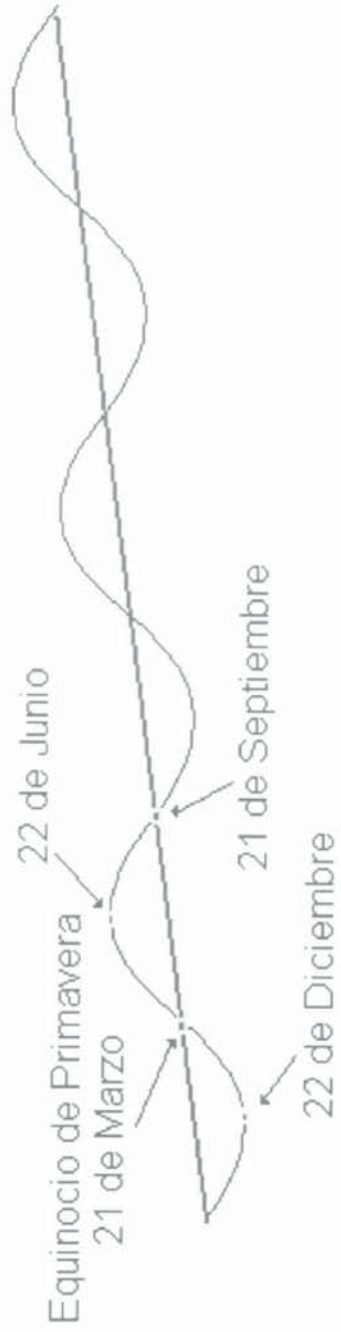


FIG. 1



**FIG. 2**



OFICINA ESPAÑOLA  
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 200930039

②② Fecha de presentación de la solicitud: 03.04.2009

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G01N21/94** (2006.01)  
**A01G9/14** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	E. GARZÓN. "Modelización del proceso de envejecimiento natural de tres filmes de polietileno utilizables como cubierta de invernaderos en Almería". Revista de plásticos modernos, volumen 83, número 548 (febrero 2002) pp. 183-192.	1-4
A	I.M. AL-HELAL, A.M. ALHAMDAN. "Effect of arid environment on radiative properties of greenhouse polyethylene cover". Solar Energy 83 (2009) 790-798. Disponible on line 16 diciembre 2008.	1-4
A	J.F. SANJUAN ESTRADA et al. "Degradación de la transparencia del plástico en cubiertas de invernadero". Vida Rural / 1 septiembre 1999, pp. 29-32.	1-4
A	I. FARKAS et al. "Modelling of radiative transfer in a tunnel greenhouse". Mathematics and Computers in Simulation 56 (2001) 357-368.	1-4
A	LINLIN QIN et al. "On-line modeling of air temperature system in a naturally ventilated greenhouse". Proceedings of the 7th World Congress on Intelligent Control and Automation. Junio 25-27, 2008, Chongqing, China.	1,4

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**  
14.02.2012

**Examinador**  
B. Tejedor Miralles

**Página**  
1/4

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

A01G, G01N

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

INVENES, EPODOC, NPL, XPESP, XPESP2, XPIEE, XPAIP, INTERNET

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 14.02.2012

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones	<b>SI</b>
	Reivindicaciones 1-4	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones	<b>SI</b>
	Reivindicaciones 1-4	<b>NO</b>

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	E. GARZÓN.	01.02.2002
D02	I.M. AL-HELAL, A.M. ALHAMDAN.	16.12.2008
D03	J.F. SANJUAN ESTRADA et al.	01.09.0199
D04	I. FARKAS et al.	2001
D05	LINLIN QIN et al.	27.06.2008

**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**

## Reivindicación 1:

Se considera como estado de la técnica más cercano el documento el documento D01. Dicho documento divulga idénticamente el objeto de la invención recogido en la reivindicación 1. Se describe un método para determinar el estado de los materiales de cubierta de invernaderos que comprende las siguientes fases: situar dos sensores de temperatura y uno de humedad; estación meteorológica en el exterior del invernadero; enlazar los sensores y la estación meteorológica con una unidad central de proceso; adquisición, filtrado y proceso de los datos recibidos; envío de los datos a la unidad central; comparación de los datos obtenidos en el interior y el exterior del invernadero para analizar la pérdida de transmisividad del material de cubierta; y ajustar las radiaciones absorbidas a un modelo matemático. Por lo tanto, dicha reivindicación carece de novedad según el artículo 6.1 de la ley de patentes 11/1986.

## Reivindicaciones dependientes 2-4:

Las características de las reivindicaciones 2-4 se encuentran divulgadas idénticamente en el documento D01. Por lo tanto, esas reivindicaciones no son nuevas a la vista del estado de la técnica conocido, según el artículo 6.1 de la ley de patentes.

## Otros documentos:

El documento D02 divulga un método para determinar el estado de los materiales de cubierta de invernaderos que comprende las siguientes fases: situar dos sensores de temperatura y uno de humedad; estación meteorológica en el exterior del invernadero; enlazar los sensores y la estación meteorológica con una unidad central de proceso; adquisición, filtrado y proceso de los datos recibidos; envío de los datos a la unidad central; comparación de los datos obtenidos en el interior y el exterior del invernadero para analizar la pérdida de transmisividad del material de cubierta. Se diferencia de la primera reivindicación en que no parece que se realice un ajuste de las radiaciones absorbidas. Por otro lado, en dicho documento se encuentran todas las características técnicas expuestas en las reivindicaciones dependientes.

El documento D03 describe un método para determinar el estado de los materiales de cubierta de invernaderos que comprende las siguientes fases: situar dos sensores de temperatura y uno de humedad; estación meteorológica en el exterior del invernadero; enlazar los sensores y la estación meteorológica con una unidad central de proceso; adquisición, filtrado y proceso de los datos recibidos; envío de los datos a la unidad central; comparación de los datos obtenidos en el interior y el exterior del invernadero para analizar la pérdida de transmisividad del material de cubierta. Se diferencia de la primera reivindicación en que no parece que se realice un ajuste de las radiaciones absorbidas a un modelo matemático, de los datos que se muestran en las figuras 6 a 8. Por otro lado, en dicho documento se encuentran todas las características técnicas expuestas en las reivindicaciones dependientes.

El documento D04 presenta un modelo para el ajuste de radiaciones absorbidas partiendo de la medida de las radiaciones dentro y fuera del invernadero de las radiaciones PAR y global.

El documento D05 divulga un método basado en el ajuste por mínimos cuadrados para tratar la temperatura del aire en un invernadero ventilado de forma natural.