



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 281 844**

51 Int. Cl.:  
**F24J 2/05** (2006.01)  
**F24J 2/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **04797618 .8**  
86 Fecha de presentación : **04.11.2004**  
87 Número de publicación de la solicitud: **1690047**  
87 Fecha de publicación de la solicitud: **16.08.2006**

54 Título: **Colector solar.**

30 Prioridad: **04.11.2003 DE 103 51 474**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.10.2007**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.10.2007**

73 Titular/es: **Schott AG.**  
**Hattenbergstrasse 10**  
**55122 Mainz, DE**

72 Inventor/es: **Kuckelkorn, Thomas;**  
**Hildebrandt, Christina y**  
**Eickhoff, Martin**

74 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

ES 2 281 844 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Colector solar.

La invención concierne a un colector solar con un tubo absorbedor, con un concentrador que enfoca una radiación solar sobre el tubo absorbedor y con al menos dos tubos de envoltura permeables a la radiación que rodean al tubo absorbedor, estando previstas unas piezas de compensación de la longitud en zonas de unión entre los tubos de envoltura.

Por concentradores se entienden dispositivos que enfocan la radiación solar sobre el tubo absorbedor. Puede tratarse aquí, por ejemplo, de dispositivos ópticos. Se prefieren espejos parabólicos que estén configurados como canales. La radiación reflejada en tales canales parabólicos es concentrada en una línea focal en la que están dispuestos el tubo absorbedor y el tubo de envoltura. Tales canales parabólicos pueden estar constituidos también por varios segmentos de canal con radios de curvatura propios y con líneas focales propias.

Los colectores solares comerciales de canal parabólico de alta temperatura presentan fuertes pérdidas ópticas en las zonas de unión de los tubos de envoltura hechos de vidrio. En las zonas de unión en las que los apoyos atacan en los tubos absorbedores están interrumpidos los tubos de envoltura, de modo que estas zonas de la longitud no están disponibles para la absorción de energía. Los colectores de canal parabólico que siguen axialmente al sol concentran la energía solar irradiada sobre una línea focal. En ésta discurre una ristra de tubos absorbedores que es recorrida por un medio de transmisión de calor, en general termoa-ceite o agua. Una gran parte de la radiación solar concentrada es transformada en energía calorífica por la ristra de tubos absorbedores y entregada al medio de transmisión de calor. Para evitar pérdidas por convección térmica en la zona de alta temperatura, el tubo absorbedor caliente selectivamente revestido está rodeado por un tubo de envoltura hecho de vidrio, y el espacio intermedio entre el tubo de envoltura y el tubo absorbedor está sometido a vacío. Por motivos de estática y de resistencia, la ristra de tubos absorbedores está constituida por un gran número de tramos de tubo que se disponen uno tras otro y se sueldan uno con otro. En las zonas de unión atacan unos apoyos metálicos para mantener el tubo absorbedor en la línea focal del colector de canal parabólico. En la zona irradiada se dilata el tubo absorbedor caliente en mayor medida que el tubo de envoltura más frío. Por este motivo, en los tubos absorbedores comerciales que son conocidos, por ejemplo, por el documento WO 03/042609 A se han previsto piezas de compensación entre los tubos de envoltura. Estas piezas de compensación están constituidas en general por fuelles metálicos que puentean la distancia entre los tubos de envoltura y compensan dilataciones de longitud diferentes. Las piezas de compensación son apantalladas respecto de la radiación solar concentrada por medio de elementos de protección contra la radiación, como, por ejemplo, por medio de chapas de aluminio, para proteger sobre todo las uniones de soldadura vidrio-metal contra gradientes de temperatura demasiado altos.

Los colectores solares comerciales de canal parabólico de alta temperatura presentan fuertes pérdidas ópticas en las zonas de unión de los tubos absorbedores. A causa de la necesidad de transiciones vidrio-

metal flexibles y de la demanda de espacio de los apoyos, las zonas de unión no pueden construirse como superficie activa de los tubos absorbedores, y la radiación solar concentrada que llega no puede ser recogida por el sistema. Debido a esta zona inactiva se pierde aproximadamente 5 a 6% de la radiación reflejada por los espejos parabólicos. Un aprovechamiento de la radiación irradiada en la zona inactiva parece ser muy complicada a causa del ángulo de incidencia continuamente variable.

La invención se basa en el problema de crear un colector solar con aprovechamiento mejorado de la energía de radiación incidente.

El colector solar según la invención presenta las características de la reivindicación 1. Según ésta, en las zonas de unión está dispuesto al menos un collar de espejo que rodea al tubo de envoltura y que presenta al menos una superficie plana.

El collar de espejo forma un reflector secundario que refleja la radiación solar concentrada desde la zona de unión hacia la zona de superficie activa del tubo absorbedor. El collar de espejo que se extiende total o parcialmente en sentido periférico tiene la capacidad de hacer que radiación solar concentrada que viene de los espejos parabólicos desde direcciones diferentes sea reflejada hacia la superficie activa del tubo absorbedor incluso bajo ángulos de incidencia del sol diferentes. Mediante el collar de espejo se puede puentear ciertamente una parte de la longitud del tubo absorbedor, pero la radiación solar que incide sobre esta parte es conducida por reflexión secundaria hacia la zona absorbente de la longitud del tubo absorbedor.

Las superficies planas tienen frente a una superficie cónica la ventaja adicional de que no se refleja la radiación en forma divergente, sino que la reflexión corresponde a una escritura de eje óptico. En este caso, se conserva el foco dentro de la línea focal, con lo que se puede conseguir un aumento adicional de la potencia.

La superficie plana está orientada de preferencia en dirección perpendicular al eje del tubo de envoltura.

Preferiblemente, la superficie plana es una superficie anular. La superficie anular puede extenderse por todo el perímetro del tubo de envoltura o bien solamente sobre un tramo como una superficie de anillo parcial.

Una forma de realización preferida prevé varias superficies planas que están dispuestas sobre un cono. Se obtienen de esta manera superficies de facetas planas cuyas envolventes forman un cono. Esta disposición es ventajosa especialmente cuando el concentrador es un canal parabólico que consta de varios segmentos parabólicos que presentan respectivos radios de curvatura propios. Preferiblemente, al menos una respectiva superficie plana está asociada a un respectivo segmento parabólico. Esto significa que la superficie plana está dispuesta sobre la superficie cónica de tal manera que la línea focal perteneciente al segmento parabólico se encuentra sobre la superficie plana correspondiente.

Preferiblemente, dos respectivas superficies planas están asociadas a un segmento parabólico. En este caso, la primera superficie del par de superficies está dispuesta sobre la mitad del cono alejada del canal parabólico y la segunda superficie está dispuesta sobre la mitad del cono vuelta hacia el canal parabólico.

Dado que preferiblemente están previstos dos a

cuatro segmentos parabólicos, el collar de espejo presenta preferiblemente de manera correspondiente cuatro a ocho superficies planas.

La relación  $h$  a  $L$  está preferiblemente entre 0,3 y 1, designando  $h$  la altura del collar de espejo en dirección perpendicular al eje del tubo de envoltura y  $L$  la longitud de la zona de unión. La relación ha de elegirse preferiblemente de modo que la longitud de sombreado  $V$  durante todo el año sea más pequeña que la longitud  $L$  de la zona de unión. Esto depende a su vez del lugar en el que esté instalado el colector solar y, por tanto, del ángulo de irradiación del sol.

El collar de espejo está constituido preferiblemente por aluminio.

En lo que sigue se explican con más detalle ejemplos de realización de la invención haciendo referencia a los dibujos. La descripción de ejemplos de realización especiales no limita el campo de protección de la invención.

Muestran:

La figura 1, una representación en perspectiva de un colector de canal parabólico,

La figura 2, una representación del detalle II de la figura 1 para ilustrar la construcción de la zona de unión con un collar de espejo periférico,

La figura 3, una representación en perspectiva de una disposición de tubos absorbedores con tubo de envoltura y collar de espejo con superficie plana,

La figura 4a, una representación en perspectiva de un colector de canal parabólico con varios segmentos parabólicos,

La figura 4b, una vista lateral esquemática de la disposición mostrada en las figuras 9 y 10a,

La figura 5, un collar de espejo con varias superficies planas,

La figura 6, la vista lateral de la disposición mostrada en la figura 11,

La figura 7, una representación esquemática de la disposición mostrada en las figuras 11 y 12, y

Las figuras 8-16, diagramas para ilustrar la ganancia solar.

En la figura 1 está representado un colector de canal parabólico 10 que presenta un reflector parabólico alargado 11 de perfil en forma de parábola. El reflector parabólico 11 está provisto de una estructura portante 12 constituida por un entramado de celosía. A lo largo de la línea focal del reflector parabólico 11 se extiende un tubo absorbedor 13 que está fijado a unos apoyos 14 que están unidos con el reflector parabólico. El reflector parabólico forma con los apoyos 14 y el tubo absorbedor 13 una unidad que se hace bascular alrededor del eje del tubo absorbedor y que se reajusta así sobre un solo eje con arreglo a la altura del sol  $S$ . La radiación solar paralela incidente desde el sol  $S$  es enfocada por el reflector parabólico 11 sobre el tubo absorbedor 13. El tubo absorbedor es recorrido por un medio de transmisión de calor, por ejemplo agua o aceite, y es calentado por la radiación solar absorbida. En el extremo de salida del tubo absorbedor puede extraerse el medio de transmisión de calor y éste puede ser alimentado a un intercambiador de calor o a otro consumidor de energía.

La figura 2 muestra el tubo absorbedor 13, el cual está constituido por varios tramos de tubo y rodeado por tubos de envoltura 15 de vidrio. Los tubos de envoltura 15 sirven para aminorar las pérdidas por convección térmica y las pérdidas por radiación de calor en la zona de alta temperatura. El espacio intermedio

entre el tubo absorbedor 13 y el tubo de envoltura 15 está sometido a vacío. Por motivos de estática y de resistencia, la ristra del tubo absorbedor está constituida por un gran número de tubos absorbedores que están unidos uno con otro. En los sitios de unión 16 atacan los respectivos apoyos 14. Por tanto, los sitios de unión 16 no están cubiertos por el tubo de envoltura 15. En la zona irradiada se dilata el tubo absorbedor caliente 13 en mayor medida que el tubo de envoltura más frío 15. Por este motivo, se han soldado en los extremos del tubo absorbedor unas piezas de compensación 17 en forma de un fuelle metálico. Las piezas de compensación 17 garantizan una transición metal-vidrio flexible para compensar así las diferentes dilataciones en longitud.

Según la invención, en la zona de unión entre dos tubos de envoltura contiguos 15 está dispuesto un collar de espejo 20 que rodea al tubo absorbedor o al tubo de envoltura 15 y que en este ejemplo de realización tiene una forma de cono que se extiende a lo largo de  $360^\circ$ . El collar de espejo 20 es de construcción especular por fuera. Presenta un extremo de cono ancho 20a de diámetro grande y enfrente del mismo un extremo de cono estrecho 20b de menor diámetro. El diámetro del extremo de cono 20b es igual que el diámetro exterior del tubo de envoltura 15. El collar de espejo 20 se une al extremo del tubo de envoltura 15 y cubre la zona de unión 50 con el tubo de envoltura contiguo 15 sobre al menos una parte de la longitud del tubo. En el presente ejemplo de realización está contenida una pieza de compensación 17 en la cavidad abrazada por el collar de espejo. Un segundo collar de espejo (no representado) puede encontrarse al otro lado del sitio de unión 16 y cubrir el otro fuelle 17. Los dos collares de espejo están entonces vueltos uno hacia otra con sus extremos grandes 20a. Entremedias se encuentra el apoyo 14.

Los collares de espejo 20 tienen el efecto de que la radiación solar incidente  $SR$  es reflejada en la superficie de espejo cónica y proyectada hacia el tubo absorbedor 13 adyacente. Se aprecia que la radiación solar  $SR$  que llega a la zona de unión entre los tubos es desviada por el collar de espejo 20 hacia la zona expuesta del tubo absorbedor 13 y, atravesando el tubo de envoltura 15, llega al tubo absorbedor. De esta manera, se mejora el rendimiento energético del colector de canal parabólico 10.

En la figura 3 se muestra esquemáticamente en una representación en perspectiva una disposición con tubos absorbedores y tubos de envoltura 15, estando cubierta la zona de unión 50 - en la que están dispuestos los elementos de compensación - por un elemento aislado de protección contra radiación. Esta zona de unión o el elemento aislado 50 de protección contra radiación posee la longitud  $L$ . En el extremo izquierdo de la zona de unión 50, que corresponde al extremo meridional de la zona de unión 50 en el caso de una instalación sobre el hemisferio Norte, está dispuesto un collar de espejo 20 que presenta una superficie plana 30 en forma de un anillo 31 aplicado perpendicularmente al eje del tubo. Con  $h$  se designa la altura del anillo 31.

En la figura 4a está representada una forma de realización con un reflector parabólico 11 que presenta cuatro segmentos parabólicos 11a-11d. Las líneas focales pertenecientes a los segmentos parabólicos no están representadas en la figura 4a, pero están situadas en la zona del tubo absorbedor o del tubo de envoltura

ra 15. La radiación solar incidente SR incide bajo el ángulo  $\alpha$ , el cual se ha dibujado también en la figura 4b.

En la figura 4b puede verse esquemáticamente en alzado lateral, para ilustrar la relación matemática  $V = h \times \text{tg}(\alpha)$ , la disposición representada en las figuras 3 y 4a.  $\alpha$  designa el ángulo de incidencia de la radiación solar, L la longitud de la zona de unión y V la longitud de sombreado. En la disposición mostrada en la figura 4b se tiene que V es menor que la longitud L, de modo que, bajo el ángulo de incidencia  $\alpha$  representado, no se deja en sombra el tubo de envoltura 15 a la derecha de la zona de unión 50.

En la figura 5 se representa otra forma de realización del collar de espejo 20 que presenta un total de seis superficies planas 30 que están dispuestas inclinadas con respecto al eje del tubo de envoltura 15. Las superficies planas 30 forman superficies de facetas sobre una superficie cónica.

En la figura 6 se representa una vez más esta disposición en alzado lateral, estando dibujada, además, la radiación solar incidente SR.

En la figura 7 se representa una vez más esta disposición en alzado lateral para ilustrar las relaciones matemáticas. La longitud de sombreado V resulta ser  $V = c + d = h (\text{sen } \beta + \cos \beta * \text{tg } \alpha)$ , designando  $\beta$  la inclinación del collar de espejo 20 o la inclinación de las superficies planas 30 del collar de espejo 20.

Instalando un collar de espejo de esta clase provisto de superficies planas en la zona de unión 50 entre dos tubos contiguos se incrementa el rendimiento óptico, ya que la radiación, que en caso contrario incidiría en la zona de unión y sería reflejada hacia el espejo parabólico, es conducida adicionalmente también al tubo de envoltura o al tubo absorbedor.

En el caso de una instalación en el hemisferio Norte, el collar de espejo 20 se monta en el lado Sur de la zona de transición. El collar de espejo puede disponerse bajo el ángulo  $\beta$  de  $90^\circ$  como un disco anular 31 hasta un ángulo  $\beta$  de  $45^\circ$  como un collar de espejo 20 con superficies planas 30.

En el caso de un ángulo  $\beta$  de  $90^\circ$ , las ganancias son máximas en invierno y estas ganancias se incrementan en verano para ángulos más pequeños, mientras que se reducen las ganancias en invierno. La magnitud de las ganancias y pérdidas depende de la situación geográfica, de la orientación del colector solar y de la distancia de la altura de los colectores solares contiguos, lo que se denomina sombreado horizontal.

El ejemplo del caso siguiente se ha calculado para el lugar de ubicación Málaga, orientación Norte-Sur del colector solar y un sombreado horizontal de  $15^\circ$ .

En la figura 8 se representa la proyección de sombra (sombreado horizontal) en función de la hora local para el 21 de Marzo/Septiembre. El valor T en el eje y de la derecha designa el sombreado total a través del colector solar o los colectores solares contiguos.

Sin tener en cuenta el sombreado horizontal, se obtiene la curva que se denomina "ganancia solar sin proyección de sombra". Si se tiene en cuenta la proyección de sombra (sombreado horizontal), se obtiene la curva de trazo continuo, que representa la ganancia

solar efectiva. En este caso, se ha elegido una relación de h a L de 0,5. La ganancia solar está referida a la energía absorbida de una disposición sin collar de espejo.

Las figuras 9 y 10 muestran las curvas correspondientes para el 21 de Junio y para el 21 de Diciembre.

Las figuras 11 a 13 muestran diagramas correspondientes para la relación h/L de 0,55.

La relación h/L = 0,55 tiene la consecuencia de que la longitud de sombreado V es más pequeña durante todo el año que la longitud L de la zona de unión, tal como se representa en la figura 4b. Por tanto, se originan solamente ganancias y pérdidas solares en el lado Sur de la zona de unión. No se originan pérdidas por sombreado del tubo absorbedor en el lado Norte. Se originan pérdidas en verano en las horas matutinas y vespertinas. En este tiempo el colector solar está parcialmente sombreado por el sombreado horizontal, con lo que se aminoran las pérdidas referidas a la potencia.

El 21 de Junio, las ganancias y pérdidas son aproximadamente iguales. Para todos los demás días se incrementan las ganancias y se reducen las pérdidas. En el semestre del invierno existen ganancias solamente en el lado Sur. Cuando la relación h a L es mayor que 0,55, aumentan entonces las ganancias en el semestre del verano. Al mismo tiempo, se originan pérdidas en el semestre del invierno debido al sombreado del tubo absorbedor en el lado Norte.

El collar de espejo puede montarse también con un ángulo  $\beta < 90^\circ$  con respecto al eje del tubo de envoltura. Se incrementan así las ganancias en el semestre del verano y se reducen las pérdidas en las horas matutinas y vespertinas. Debido a las distintas superficies planas 30 se impide un ensanchamiento óptico de la línea focal.

En las figuras 14 a 16 se representan las curvas de ganancia solar efectivas para relaciones diferentes h/L de tres valores, a saber, h/L = 0,55, h/L = 0,8 y h/L = 1. En la figura 16 se representan, además, las ganancias en el lado Sur para 0,8 y para h/L = 1.

#### Lista de símbolos de referencia

10	Colector de canal parabólico
11	Reflector parabólico
11a-d	Segmentos parabólicos
12	Estructura portante
13	Tubo absorbedor
14	Apoyo
15	Tubo de envoltura
16	Sitio de unión
17	Piezas de compensación
20	Collar de espejo
30	Superficie
31	Superficie anular
50	Zona de unión
S	Sol
SR	Radiación del sol

### REIVINDICACIONES

1. Colector solar con un tubo absorbedor (13), con un concentrador que enfoca radiación solar sobre el tubo absorbedor y con al menos dos tubos de envoltura (15) que dejan pasar la radiación y que rodean al tubo absorbedor (13), estando previstas en las zonas de unión (50) entre los tubos de envoltura unas piezas de compensación (17) destinadas a compensar la longitud, **caracterizado** porque en las zonas de unión (50) está dispuesto al menos un collar de espejo (20) que rodea al tubo de envoltura (15) y que presenta al menos una superficie plana (30).

2. Colector solar según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la superficie plana (30) está orientada en dirección perpendicular al eje del tubo de envoltura (15).

3. Colector solar según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque la superficie plana (30) es una superficie anular (31).

4. Colector solar según la reivindicación 1, **carac-**

**terizado** porque el collar de espejo (20) presenta varias superficies planas (30) que están dispuestas sobre un cono.

5. Colector solar según la reivindicación 4, **caracterizado** porque el collar de espejo presenta cuatro a ocho superficies planas (30).

6. Colector solar según la reivindicación 5 con un reflector parabólico (11) constituido por al menos dos segmentos parabólicos (11a-d), **caracterizado** porque al menos una respectiva superficie plana (30) está asociada a un respectivo segmento parabólico (11a-d).

7. Colector solar según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque la relación  $h/L$  está entre 0,3 y 1, designando  $h$  la altura del collar de espejo (20) perpendicularmente al eje del tubo de envoltura (15) y designando  $L$  la longitud de la zona de unión (50).

8. Colector solar según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque el collar de espejo (20) es de aluminio.

25

30

35

40

45

50

55

60

65



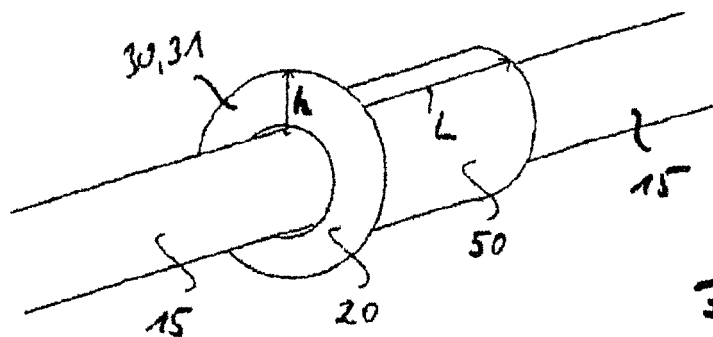


Fig. 3

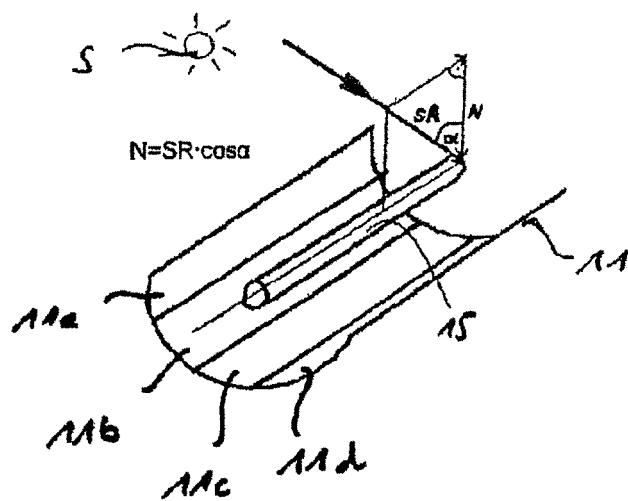


Fig. 4a

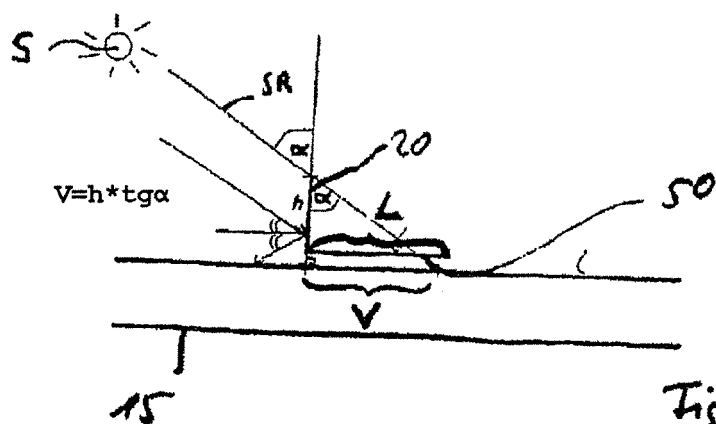


Fig. 4b

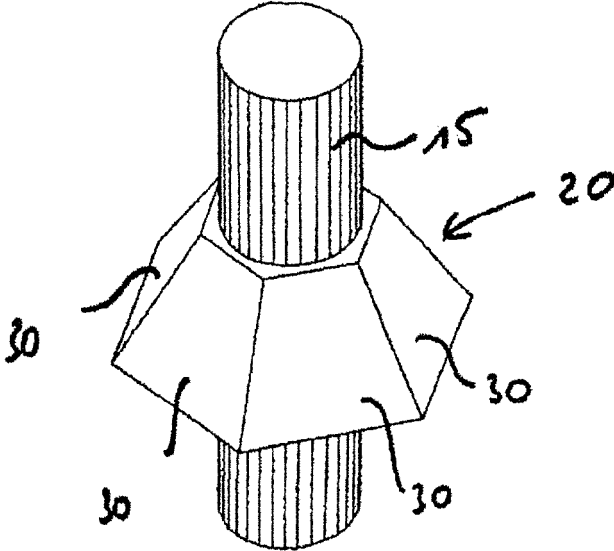


Fig. 5

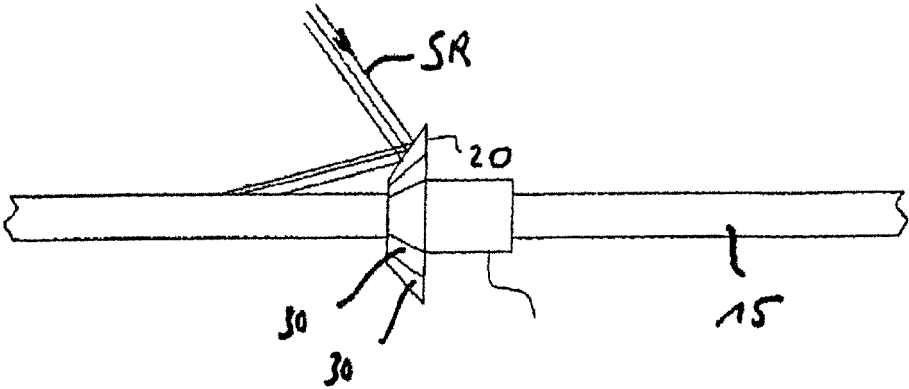


Fig. 6



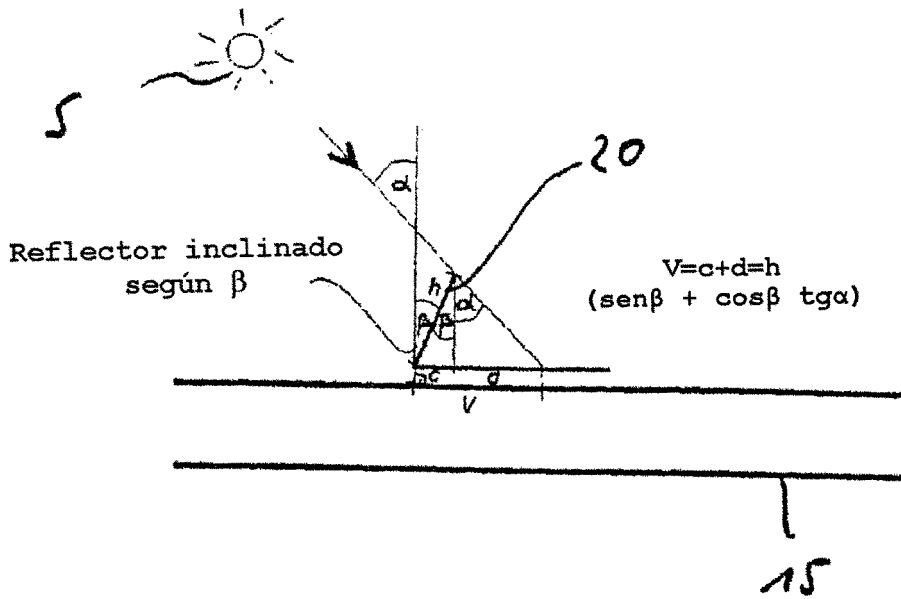


Fig. 7

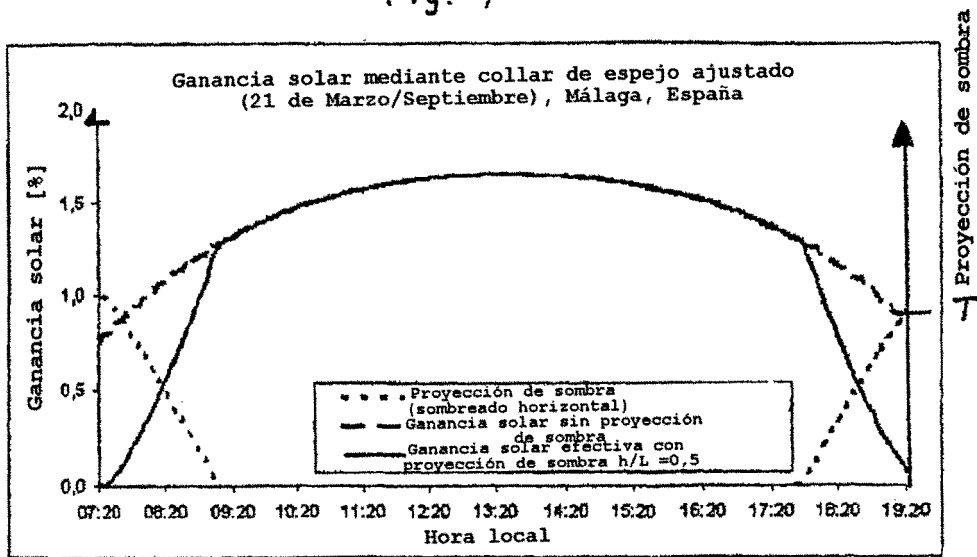


Fig. 8

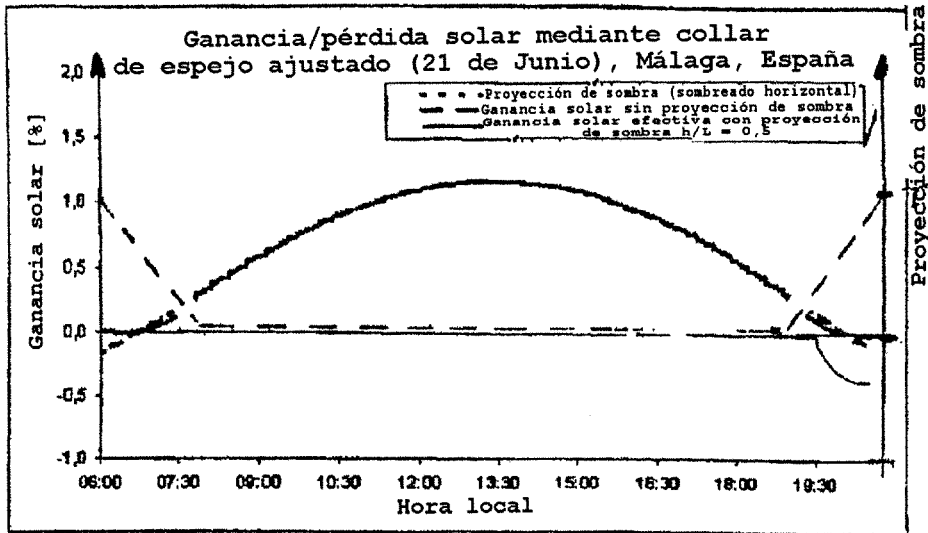


Fig. 9

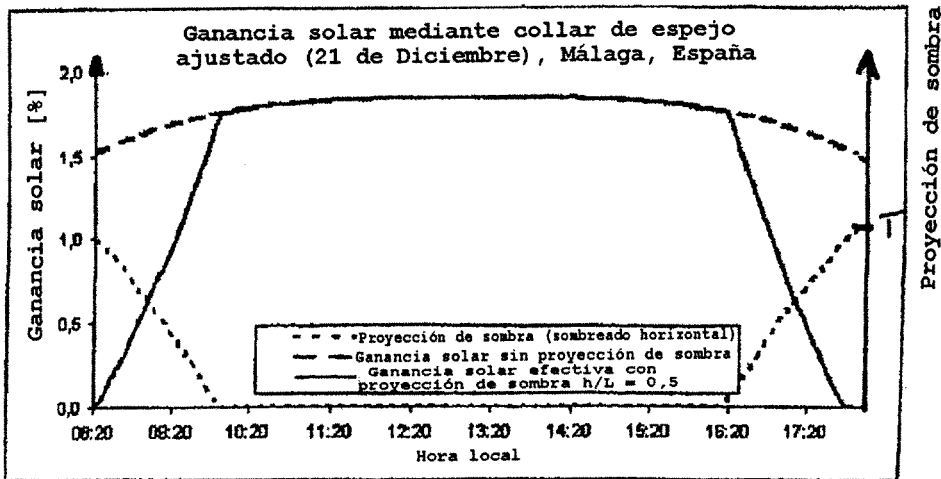


Fig. 10

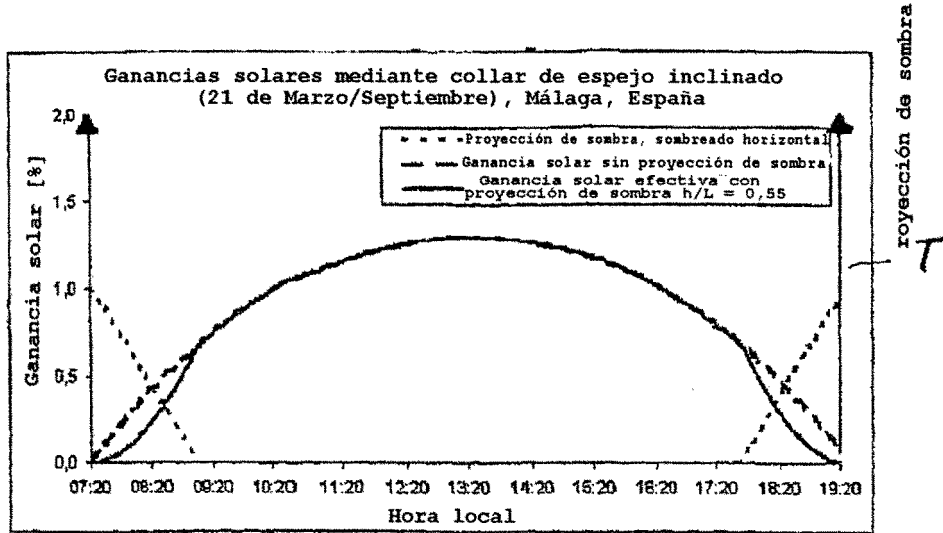


Fig. 11

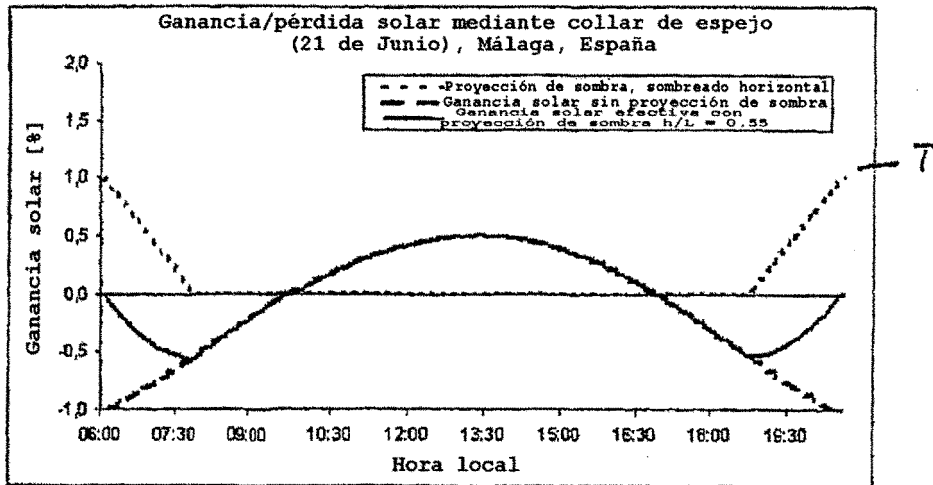


Fig. 12

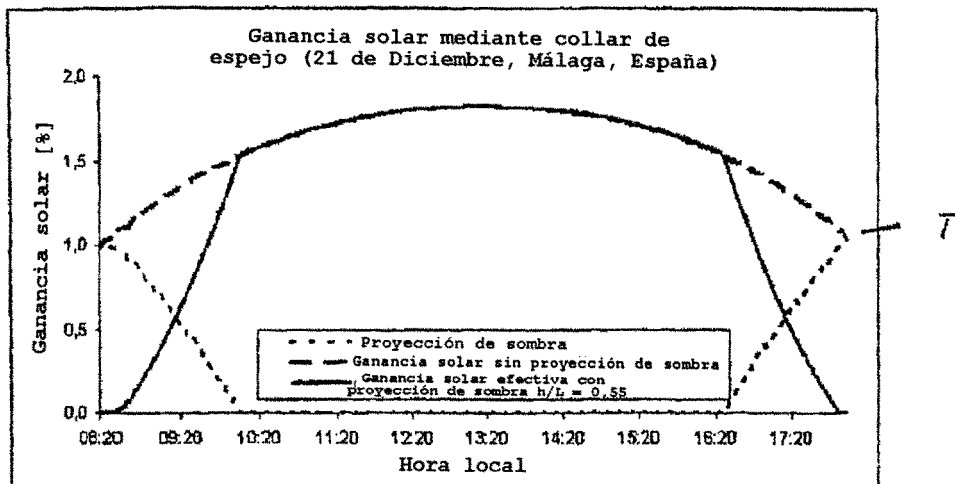


Fig. 13

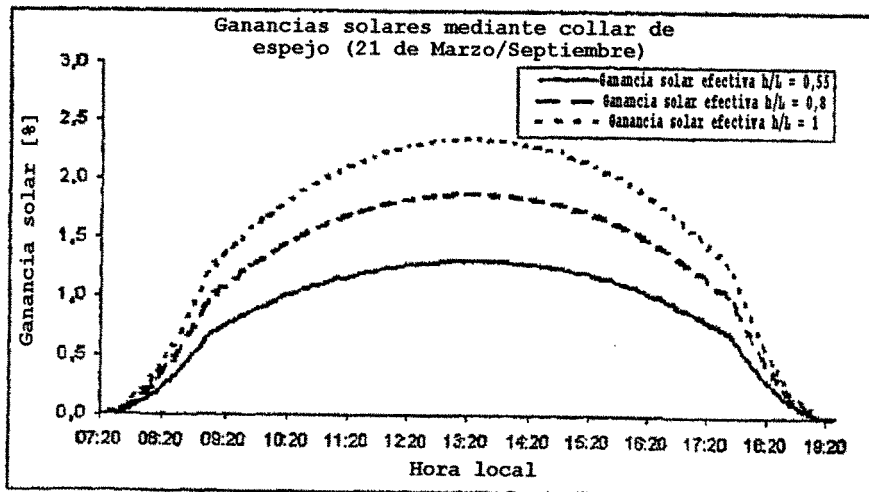


Fig. 14

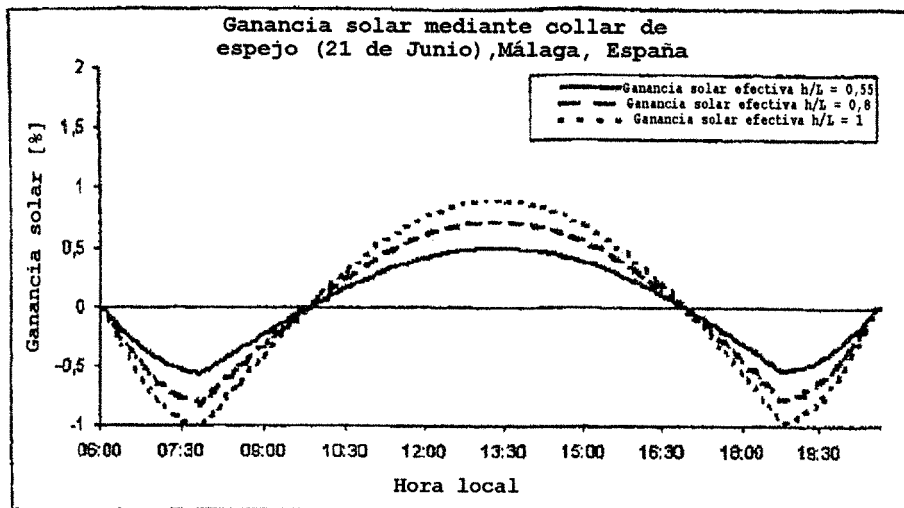


Fig. 15

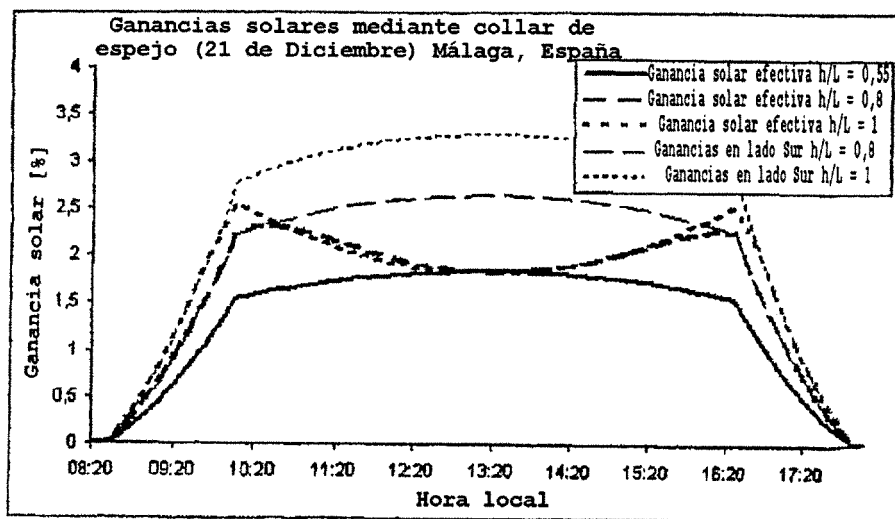


Fig. 16