

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 444 720**

51 Int. Cl.:

**F24J 2/14** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.09.2009 E 09741184 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2013 EP 2340402**

54 Título: **Colector solar**

30 Prioridad:

**30.09.2008 CH 15592008**  
**01.10.2008 CH 15662008**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**26.02.2014**

73 Titular/es:

**AIRLIGHT ENERGY IP SA (100.0%)**  
**Via Industria 10**  
**6710 Biasca, CH**

72 Inventor/es:

**PEDRETTI, ANDREA**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 444 720 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 presente invención concierne a un colector de radiación según la reivindicación 1.

5 Los colectores de radiación o concentradores de la clase citada se utilizan, entre otras aplicaciones, en centrales eléctricas solares.

10 Hasta el día de la fecha, no se ha logrado, a causa de las desventajas aún no superadas de la fotovoltaica, generar corriente eléctrica solar aplicando esta tecnología de una manera que cubra aproximadamente los costes. Por el contrario, las centrales térmicas solares producen ya desde hace algún tiempo corriente eléctrica, a escala industrial, a unos precios que - en comparación con la fotovoltaica - están cerca de los precios comerciales hoy en día usuales para corriente eléctrica generada de manera convencional.

En las centrales térmicas solares se refleja la radiación del sol mediante colectores con ayuda del concentrador y se la enfoca deliberadamente sobre un lugar en el que se originan así altas temperaturas. El calor concentrado puede evacuarse y emplearse para el funcionamiento de máquinas motrices térmicas tales como turbinas que, a su vez, accionan los generadores que producen la corriente eléctrica.

15 Hoy en día, se utilizan tres formas básicas de centrales térmicas solares: sistemas disco-Stirling, sistemas de central eléctrica de torre solar y sistemas de artesas parabólicas.

20 Los sistemas disco-Stirling están equipados con espejos paraboloideales que concentran la luz solar sobre un punto focal en el que está dispuesto un receptor de calor. Los espejos están montados de manera giratoria sobre dos ejes para poder ser reajustados a la altura actual del sol, y poseen un diámetro de unos pocos metros hasta 10 m y más, con lo que se consiguen entonces potencias de hasta 50 kW por módulo. Un motor Stirling instalado en el receptor de calor transforma directamente la energía térmica en trabajo mecánico mediante el cual se genera a su vez corriente eléctrica.

En este punto cabe remitirse a las formas de realización representadas en la patente US-PS 4,543,945 y a las plantas instaladas Distal y Eurodish de la UE en España.

25 La patente US-PS 4,543,945 muestra en una primera forma de realización un principio de construcción de un colector con una celda de presión, consistente en dos membranas redondas consecutivas unidas por el lado del borde, estando la superior configurada como transparente y estando la inferior provista de una capa reflectante. En el estado inflado la celda de presión presenta una forma lenticular, estando ambas membranas curvadas en forma esférica, con la consecuencia de que la radiación incidente a través de la parte transparente es concentrada por la capa reflectante en una región en la que se puede extraer el calor. En una segunda forma de realización se emplea una celda de depresión en lugar de una celda de presión, con lo que la membrana con la capa reflectante es puesta en una posición de funcionamiento esférica por la presión ambiente.

35 Las plantas Distal I y Distal II (puestas en servicio en 1992 y 1997, respectivamente) poseen concentradores montados en una estructura de celosía que están tendidos como membranas extensibles sobre la estructura de celosía y que se mantienen en la posición de funcionamiento por medio de una bomba de vacío. En principio, la estructura de celosía forma una cavidad sellada que es cubierta por la membrana - tal como ocurre con la membrana del tímpano. Mediante la presión generada por la bomba de vacío se succiona hacia dentro de la estructura de celosía la membrana que forma el concentrador (o bien se la introduce a presión desde fuera en la estructura de celosía por efecto de la presión ambiente), y dicha membrana adopta entonces una forma sustancialmente esférica, pero próxima al paraboloide - la posición de funcionamiento. Distal II posee un diámetro de espejo o un diámetro de concentrador de 8,5 m.

El empleo de una membrana va acompañado de la ventaja del pequeño peso, lo que a su vez conduce a un menor gasto para la estructura de celosía sobre la cual se tiende la membrana. En comparación con un espejo convencional, pesado y costoso en su fabricación, el gasto de construcción es notablemente más reducido.

45 Los sistemas de central eléctrica de torre solar poseen un absorbedor central montado en posición elevada (sobre la "torre") para la luz solar reflejada conjuntamente hacia él por centenares a millares de espejos individuales, con lo que se concentra en el absorbedor la energía de radiación del sol a través de los muchos espejos o concentradores y se alcanzan así temperaturas de hasta 1300°C, lo que es favorable para el rendimiento de las máquinas térmicas pospuestas (en general, una central eléctrica de turbinas de vapor o de fluido para la generación de corriente eléctrica). La planta "Solar two" de California posee una potencia de varios MW.

50 Las centrales eléctricas de artesas parabólicas poseen colectores en un número elevado que presentan concentradores largos con una pequeña dimensión transversal, y, por tanto, no poseen un punto focal, sino una línea focal. Estos concentradores lineales poseen hoy en día una longitud de 20 m hasta 150 m. En la línea focal discurre un tubo absorbedor para el calor concentrado (hasta unos 500°C), que transporta este calor hacia la central

eléctrica. Como medio de transporte entra en consideración, por ejemplo, aceite térmico o vapor de agua recalentado.

5 Las centrales eléctricas de artesas parabólicas 9 SEGS de California del Sur producen conjuntamente una potencia de aproximadamente 350 MW. La central eléctrica "Nevada Solar One" incorporada a la red en 2007 posee colectores en artesa con 182.400 espejos curvados que están dispuestos sobre una superficie de 140 hectáreas, y produce 65 MW.

10 Otro ejemplo de una central eléctrica de artesas parabólicas es Andasol 1 en Andalucía, con una superficie del concentrador de 510.000 m<sup>2</sup> y 50 MW de potencia, debiendo alcanzar la temperatura en los tubos absorbedores aproximadamente 400°C. Los costes ascienden a trescientos millones de euros. Lo mismo ocurre con Andasol 2, que deberá incorporarse a la red en 2009, y con la Andasol 3 proyectada.

Haciendo un cálculo aproximado, se puede constatar que el 40% o más de los costes totales para una central eléctrica solar recaen sobre los colectores y que el rendimiento de la central eléctrica viene determinado decisivamente por la calidad de los concentradores.

15 En el documento WO 2008/037108 se proponen colectores, especialmente colectores en artesa, cuyos concentradores presentan una membrana revestida. Éstos son adecuados para su empleo industrial dentro del orden de magnitud antes citado y materializan las ventajas pretendidas tales como, por ejemplo, una construcción sencilla y costes reducidos.

20 Sin embargo, debido a los concentradores inevitablemente curvados en forma esférica se producen pérdidas de rendimiento frente a los espejos convencionalmente producidos con curvatura parabólica. En consecuencia, en una forma de realización adicional el concentrador deberá ser solicitado a tramos con una presión diferente para que su zona interior esté más fuertemente curvada en comparación con las zonas exteriores adyacentes, con lo que se obtiene una aproximación a la forma parabólica, y así la región de la línea focal se aproxima a la línea focal teórica de un colector en artesa parabólico.

25 La separación de las zonas de presión se efectúa por medio de labios de sellado o tiras de material espumado semipermeables que permitan un "sellado suficiente", sin "perjudicar mecánicamente" al concentrador. Debido al contacto de la disposición de junta con el concentrador consistente en una delgada membrana de gran superficie se produce inevitable y desventajosamente una distorsión de la curvatura esférica de la membrana, lo que tiene la consecuencia de una concentración aún más empeorada de la radiación solar. Como resultado, el rendimiento disminuye entonces en mayor medida de lo que podría ser mejorado por las zonas con curvatura diferentes.

30 El sellado suficiente revelado, que deberá evitar un perjuicio mecánico, requiere una corriente de aire de fuga constante de modo que el concentrador flote sobre la disposición de junta (y así sea solicitado por igual en toda su superficie), compensándose constantemente a su vez la corriente de aire de fuga por medio de un ventilador que funciona al mismo tiempo.

35 Sin embargo, el perjuicio mecánico puede tener lugar ya también realmente sin contacto mecánico por efecto del aire que circula intencionadamente sobre y a través de la disposición de junta, con lo que se plantean finalmente problemas para alcanzar efectivamente una región de línea focal común de las secciones curvadas de manera diferente y para sellar en grado correcto las zonas de presión yuxtapuestas.

En consecuencia, el cometido de la presente invención consiste en crear un colector mejorado con una membrana de concentrador.

40 Este problema se resuelve por medio de un colector de radiación con las características de la reivindicación 1.

Como quiera que se varía la tensión lineal operativa para la curvatura de la membrana de concentrador, se ejerce una influencia mecánica que no conduce a una distorsión no deseada, sino que lleva al resultado deseado, concretamente una concentración mejorada de la radiación solar.

En las reivindicaciones subordinadas se describen formas de realización de la presente invención.

45 La invención se explica seguidamente con más detalle ayudándose de las figuras.

Muestran:

La figura 1, una vista de un colector en artesa del estado de la técnica,

La figura 2, esquemáticamente, un corte transversal a través de la celda de presión del colector en artesa de la figura 1,

50 La figura 3, un corte transversal a través de un colector en artesa de la clase del representado en la figura 1, pero

con un concentrador dividido en dos secciones,

La figura 4, esquemáticamente, un corte transversal a través de la celda de presión de un colector en artesa con una disposición de membrana según la invención,

5 La figura 5, esquemáticamente, un corte transversal a través de otra forma de realización de la disposición de membrana según la invención,

La figura 6a y la figura 6b, sendos cortes transversales a través de otras formas de realización y

La figura 7, un ejemplo funcional de una disposición de membrana con cuatro zonas.

10 La figura 1 muestra un colector en artesa 1 de clase convencional con una celda de presión 2 que presenta la forma de una almohada y que está formada por una membrana flexible superior 3 y una membrana flexible inferior 4 oculta en la figura. La celda de presión 2 se mantiene a la presión de funcionamiento a través de un canal de fluido 5, estando previsto también un canal de fluido 6 cuya función se describirá en detalle con referencia a la figura 2.

15 La membrana 3 es permeable para los rayos de sol 7 que inciden sobre una membrana de concentrador 8 (figura 2) en el interior de la celda de presión 2 y que son reflejados por ésta como rayos 7' hacia un tubo absorbedor 9 en el que circula un medio de transporte de calor que evacua el calor concentrado por el colector. El tubo absorbedor 9 está sujeto por medio de unos apoyos 10 en la región de la línea focal de la membrana de concentrador 8 (figura 2).

La celda de presión 2 está amarrada en un bastidor 11 que a su vez está montado sobre un armazón para poder bascular de conformidad con la altura del sol.

20 La figura 2 muestra esquemáticamente un corte transversal a través de la celda de presión 2 del colector de la figura 1 junto con los canales de fluido 5 y 6. Se representan la membrana superior 3 transparente para los rayos de sol, la membrana inferior 4 y la membrana de concentrador 8 que atraviesa la celda de presión 2. Ésta posee en su lado vuelto hacia el sol un revestimiento reflectante, por ejemplo aplicado por evaporación, de modo que los rayos de sol 7 sean reflejados hacia una región de línea focal 13 en la que se encuentra el tubo absorbedor 9.

25 La membrana de concentrador 8 divide la zona de presión 2 en una cámara de concentrador 15 y una cámara de compensación 16. A través del canal de fluido 5, alimentado por una bomba de fluido configurada preferiblemente como un ventilador 17, se pone bajo presión la cámara de concentrador 15, por ejemplo con aire. Circula así aire hacia la cámara de compensación 16 a través del canal de fluido 6. Otra bomba de fluido configurada preferiblemente también como un ventilador 18 trabaja en sentido contrario a esta dirección de flujo de modo que la cámara de compensación 16 se llene ciertamente de aire, pero reine siempre un gradiente de presión con respecto a la cámara de concentrador 15. En la cámara de concentrador reina entonces la presión  $p$  y en la cámara de compensación reina la presión algo menor  $p - \Delta p$ .

30 La membrana de concentrador 8 es solicitada así con la presión de funcionamiento  $\Delta p$ , que la mantiene en posición apta para funcionar y esféricamente curvada.

35 Esta disposición posee la ventaja de que es relativamente insensible frente al ataque del viento y permite una membrana de concentrador muy delgada y, por tanto, de alta calidad (véase el documento WO 2008/037108). Sin embargo, adolece de la desventaja de que, debido a la curvatura esférica, no se genera una línea focal, sino una región de línea focal 13.

40 La figura 3 muestra un corte transversal a través de un colector en artesa 20 según la solicitud CH 00462/08 aún no publicada, con una celda de presión 21 y su membrana transparente superior 22, a través de la cual incide la radiación solar 23, 24 y ésta se refleja en forma de rayos 23', 24'. Asimismo, se representa una membrana de concentrador 27 constituida por dos secciones 25, 26, estando las secciones 25, 26 separadas una de otra, pero dispuestas simétricamente una a otra con respecto a una línea de simetría 32 de trazos y puntos. Se puede caminar sobre la franja central 28, por ejemplo para pequeños trabajos de montaje y mantenimiento de la tubería absorbidora 29 que discurre sobre ella, y esta franja separa las secciones 25, 26 una de otra hasta el punto de que la proyección de sombra del concentrador secundario 30 de dos piezas no alcanza las secciones 25, 26 de la membrana de concentrador 27.

45 La disposición permite colocar la tubería absorbidora 29 dentro de la celda de presión 21. Esto es importante, ya que una tubería absorbidora convencional 9, que discurre al aire libre (figura 1), pierde hasta 100 W/m por irradiación de calor y enfriamiento por el aire ambiente (viento), lo que corresponde a una pérdida de 10 MW en el caso de una longitud de la tubería de hasta 100 km (o más). Por este motivo, es de importancia y ha de buscarse cualquier reducción de esta pérdida, por ejemplo mediante protección contra enfriamiento por el viento. Otra ventaja de esta disposición consiste en que, debido al concentrador secundario 30, se reduce el tamaño de la región de línea focal de las secciones esféricamente curvadas 25, 26 del concentrador secundario 30, con lo que entran en acción las ventajas de la tubería absorbidora interiormente absorbente 29, tal como ésta se representa en la figura.

La figura 4 muestra esquemáticamente un corte transversal a través de la celda de presión 40 de una forma de realización del colector en artesa configurado según la invención, habiéndose representado la figura en forma algo agrandada para ilustrar las relaciones geométricas.

5 La estructura básica de la celda de presión corresponde a la de la figura 3, es decir que el concentrador del colector en artesa está configurado como parte integrante de la celda de presión 40 y presenta una disposición de membrana flexible 41 (aquí: de varias capas) que, en la forma de realización representada, está subdividida en dos secciones simétricas con respecto a la línea de simetría 43 (que corresponde a la línea de simetría 32 de la figura 3), las cuales están unidas una con otra a través de la franja central 44. La descripción siguiente hace referencia a la sección derecha representada en la figura; se sobreentiende que la sección izquierda simétrica tiene la misma configuración.

10 La disposición de membrana 41 presenta una membrana de concentrador 42 que está cubierta con una capa reflectante no representada para descargar la figura.

15 La membrana de concentrador 42 está amarrada en forma apta para funcionar, por un lado, en la franja central 44 con ayuda de un dispositivo de sujeción 45 y, por otro lado, en el bastidor 47 del colector en artesa con ayuda de un dispositivo de sujeción 46. Se puede apreciar también una membrana transparente superior 47 que está fijada igualmente al bastidor 47 por medio de un dispositivo de sujeción 48.

20 La membrana transparente 47 forma, juntamente con la disposición de membrana 41, una cámara de concentrador 50 que, a través de la bomba de fluido representada esquemáticamente como un ventilador 51, se mantiene a la presión de funcionamiento  $p$  incrementada en comparación con la presión exterior  $p_{\text{exterior}}$ . Preferiblemente,  $p$  está en el intervalo de 30 a 100 Pa, estando de manera especialmente preferida en 50 Pa. En tales condiciones de presión de funcionamiento, la disposición de membrana 41 con su membrana de concentrador 42 está curvada en forma apta para funcionar.

Asimismo, se representa un tubo absorbedor interior 52 cuya suspensión 53 en la celda de presión 40 está insinuada esquemáticamente y puede ser concebida por el experto según la ejecución concreta del colector en artesa.

25 Un rayo de sol 54 incide oblicuamente desde arriba sobre la membrana de concentrador 42 y es reflejado como rayo 54' hacia el interior del tubo absorbedor 52.

30 En la figura el sol se encuentra en el cenit y el colector en artesa está orientado en dirección vertical hacia arriba. En consecuencia, el sol se designa como situado arriba, con lo que, por ejemplo, la franja central 44 se encuentra a una altura determinada, (más) abajo o más profunda, con respecto al tubo absorbedor 52, mientras que el bastidor 47 está a mayor altura y (más) al exterior con respecto a la franja central 44, y esta franja central 44 está (más) al interior con respecto al bastidor 47.

35 La figura muestra una primera membrana adicional 60 y una segunda membrana adicional 61, en cuyo caso, debido a las condiciones de presión de funcionamiento y al amarre de la respectiva membrana 42, 60, 61, la membrana de concentrador 42 descansa en una primera región 63 sobre la primera membrana adicional 60 y, a través de ésta, descansa también en una segunda región 64 sobre la segunda membrana adicional 61.

La primera región 63 se extiende desde el extremo exterior de la membrana de concentrador 42, es decir, aquí hacia dentro desde el bastidor 47, hasta una primera línea predeterminada 65.

La segunda región 64 se extiende desde el extremo exterior de la membrana de concentrador 42, es decir, aquí hacia dentro desde el bastidor 47, hasta una segunda línea predeterminada 66.

40 Las líneas predeterminadas 65, 66, dibujadas necesariamente como puntos en la representación en corte transversal de la figura, se extienden sustancialmente por toda la longitud de la disposición de membrana 41 (y, por tanto, del colector en artesa) a una altura constante.

45 La primera membrana adicional 60 está pretensada aquí contra un primer lugar predeterminado configurado como un primer anclaje 67 que está situado por debajo del extremo interior de la membrana de concentrador 42 o por debajo del dispositivo de sujeción 45. La segunda membrana adicional 61 está pretensada contra un segundo lugar predeterminado configurado como un segundo anclaje 68 que está correspondientemente dispuesto por debajo del primer lugar predeterminado, es decir, debajo del primer anclaje 67.

50 Los anclajes primero y segundo 67, 68 están insinuados tan solo esquemáticamente en la figura y pueden ser concebidos por el experto según la ejecución concreta del colector en artesa y pueden instalarse de manera adecuada en el bastidor o armazón del colector en artesa.

Los lugares predeterminados primero y segundo, es decir, la posición de los anclajes 67, 68, se predeterminan de modo que, en condiciones de presión de funcionamiento y con las fuerzas de pretensado de funcionamiento, la membrana de concentrador 42 y las membranas adicionales primera y segunda 60, 61 descansen una sobre otra,

como se ha descrito, hasta las respectivas líneas predeterminadas primera y segunda 65, 66.

Se describe más abajo con mayor detalle un procedimiento con el cual se puede determinar la posición de las líneas predeterminadas primera y segunda 65, 66 y las fuerzas de pretensado correspondientes.

5 Mediante las líneas predeterminadas primera y segunda 65, 66 se divide la membrana de concentrador 42, partiendo de la franja central 44, en tres zonas 70, 71 y 72, estando curvada básicamente cada zona 70, 71, 72 en forma esférica y exenta de distorsión y presentando un primer radio de curvatura 73, un segundo radio de curvatura 74 y un tercer de radio de curvatura 75 asociados, cada uno con longitud creciente. La zona más interior 70 es la de mayor curvatura, la zona central siguiente 71 es de menor curvatura y la zona exterior 72 es la de menos curvatura.

10 Puede apreciarse también en la figura que en el lugar de ubicación de una línea predeterminada 65, 66, en el que se empalman una con otra dos zonas contiguas 70, 71 y 71 y 72, coinciden los radios de curvatura de las respectivas zonas contiguas 70, 71 o 71, 72 y, por tanto, coinciden también las tangentes a estas zonas en el lugar de ubicación de la línea predeterminada 65, 66. Se tiene así que la curvatura de la membrana de concentrador 42 discurre sin acodamiento, es decir, de una manera continuamente diferenciable, en toda su extensión, es decir, también en el lugar de ubicación de las líneas 65, 66. Esto constituye una condición previa para una región de línea focal lo más pequeña posible que se aproxime a la línea focal teórica de una sección de concentrador curvada en forma parabólica.

20 La curvatura de una membrana solicitada por presión viene descrita por la relación  $T_0 = p_0 R_0$  conocida para el experto.  $T_0$  es la tensión lineal (N/m, es decir, la fuerza actuante por m de longitud de la membrana, careciendo en este caso de importancia el espesor de la membrana) introducida en la membrana por efecto de la sujeción de la misma en su borde.  $p_0$  es la presión (diferencial) que carga sobre la membrana y ocasiona su curvatura esférica, y  $R_0$  es el radio de curvatura resultante de la membrana. Por tanto, a una presión  $p_0$  dada, se puede ajustar la longitud del radio de curvatura  $R_0$  variando la tensión lineal  $T_0$ , es decir, la fuerza con la cual se ha pretensado o arriostrado la membrana.

25 En la membrana de concentrador reina ahora la tensión lineal base  $T_B$ , en la primera membrana adicional 60 reina la primera tensión lineal  $T_1$  correspondiente al pretensado de la misma y en la segunda membrana adicional 61 reina la segunda tensión lineal  $T_2$  correspondiente al pretensado de la misma. Por tanto, según la invención,

- en la primera zona 70 de la disposición de membrana 41 la tensión lineal  $Z_1$  es igual a  $T_B$
- en la segunda zona 71 de la disposición de membrana 41 la tensión lineal  $Z_2$  es igual a  $T_B + T_1$  y
- en la tercera zona 72 de la disposición de membrana 41 la tensión lineal  $Z_3$  es igual a  $T_B + T_1 + T_2$

30 con la consecuencia de que los radios de curvatura 73 a 75 en cada zona inmediata siguiente 70 a 72 son mayores que en la zona anterior. De este modo, según la invención la curvatura de la membrana de concentrador 42 se aproxima a una parábola.

35 Por tanto, según la invención, la curvatura y la extensión de las zonas 70 a 72 pueden dimensionarse de manera óptima y materializarse por medio del lugar de ubicación de los anclajes primero y segundo 67, 68 con el pretensado correspondiente en la membrana afectada 60, 61, de modo que, por último, la curvatura de la membrana de concentrador 42 se aproxima en el mayor grado posible a la de una parábola con punto focal en el lugar de ubicación del tubo absorbedor 52, con la consecuencia de que se puede minimizar la extensión de la región de línea focal y maximizar el rendimiento del colector en artesía.

40 Esto puede efectuarse con ayuda de la interpolación arcspline conocida para el experto. Con la interpolación arcspline se aproxima una curva dada (aquí: la parábola a aproximar) por medio de segmentos de arco de círculo.

45 En el presente caso, para la interpolación arcspline se proporciona como posición de partida el primer punto sobre la parábola a aproximar con su tangente: este es el lugar de ubicación del dispositivo de sujeción 45, en el que la membrana de concentrador 42 ha de presentar una pendiente tal que el rayo de sol incidente allí verticalmente se refleje hacia el tubo absorbedor 51. Otro punto sobre la parábola a aproximar es el lugar de ubicación del dispositivo de sujeción 46. Por último, con el lugar de ubicación del tubo absorbedor 52 queda determinada la parábola a aproximar. Según la forma de realización de la figura, se pueden suponer sobre esta parábola dos puntos adicionales (que corresponden aquí a las líneas primera y segunda 65, 66).

50 En general, se cumple entonces que dos de los puntos consecutivos citados poseen las coordenadas conocidas  $x_i/y_i$  y  $x_{i+1}/y_{i+1}$ , respectivamente, y el centro del arco de círculo, que pasa por estos dos puntos, posee las coordenadas desconocidas  $x_z/y_z$ . El radio de curvatura  $R$  perteneciente al centro es desconocido, mientras que la pendiente  $m$  en el primer punto es a su vez conocida (inclinación de la membrana de concentrador 42 en lugar de ubicación del dispositivo de sujeción 45).

Se obtienen así las tres ecuaciones

$$(x_i - x_z)^2 + (y_i - y_z)^2 = R^2$$

$$(x_{i+1} - x_z)^2 + (y_{i+1} - y_z)^2 = R^2$$

$$m = \frac{x_i - x_z}{y_i - y_z}$$

con las incógnitas  $x_z$ ,  $y_z$  y  $R$  determinables a partir de ellas.

5 Por tanto, partiendo del primer punto en el lugar de ubicación del dispositivo de sujeción 45 se puede determinar el primer arco de círculo, del cual se deduce a su vez la pendiente de la tangente en el segundo punto  $x_{i+1}/y_{i+1}$ , de modo que con ésta se deducen el centro de curvatura y el radio de curvatura para el arco de círculo inmediato siguiente, lo que conduce al punto inmediato siguiente, incluida su tangente, y así sucesivamente, hasta que los puntos deseados sobre la parábola estén unidos uno con otro por medio de segmentos de arco de círculo y se aproximen así a la parábola.

10 Sin embargo, con esto los arcos de círculo no están colocados todavía de forma óptima, ya que los lugares de ubicación de las líneas primera y segunda 65, 66 se han supuesto de antemano arbitrariamente.

15 Por ejemplo, el algoritmo de optimización numérico de Levenberg-Marquardt permite minimizar el error que existe aquí en la desviación de los tres arcos de círculo respecto de la parábola a aproximar. El error se minimiza por este algoritmo debido a que la pendiente de la primera tangente y las coordenadas de los puntos subsiguientes se pueden mover libremente hasta que, a consecuencia de su posición mejorada, se minimice la suma de las desviaciones en altura de los arcos de círculo con respecto a la parábola por el método de mínimos cuadrados.

Como resultado, los centros de curvatura 76 a 78, los radios de curvatura correspondientes 73 a 76 y la posición de las líneas primera y segunda 65, 66 son entonces conocidos, con lo que la forma parabólica a aproximar de la disposición de membrana 41 queda materializada de forma optimizada por las tres zonas esféricamente curvadas 70 a 72 así definidas.

20 Por tanto, se presentan zonas esféricamente curvadas 70 a 72 cuya anchura es considerablemente más pequeña que la de celdas de presión convencionales, con la ventaja de que la respectiva región de línea focal resulta ser correspondientemente más pequeña. Además, coinciden sustancialmente las regiones de línea focal de las zonas 70 a 72 (por ejemplo, dado que las regiones de línea focal no son idénticas debido a la diferente geometría de las zonas 70 a 72, no es necesaria una superposición exacta). Debido a la aproximación "solamente" optimizada a una  
25 forma parabólica sigue siendo inevitable una desviación, pero ésta es tan pequeña que la disposición de membrana según la invención posibilita un incremento considerable del rendimiento del colector.

El primer anclaje 67 está situado sobre la tangente a la disposición de membrana en el lugar de ubicación de la primera línea 65 y el segundo anclaje 68 está correspondientemente situado sobre la tangente en el lugar de ubicación de la segunda línea 66.

30 Con la presión prefijada  $p$  (preferiblemente 50 Pa) la cámara de concentrador 50 y con los radios de curvatura ahora conocidos 73 a 75 y la posición también conocida de las líneas 65, 66 el experto puede calcular las fuerzas de pretensado necesarias para cada membrana 42, 60, 61 ayudándose de la relación básica  $T_0 = p_0 R_0$  (véase más arriba).

35 El pretensado necesario para la zona 70 (y, por tanto, la fuerza de pretensado proveniente del anclaje 45) es el resultado de la presión prefijada  $p$  y el primer radio de curvatura ahora conocido 73. El pretensado necesario para la zona 71 se obtiene de manera análoga; la fuerza de pretensado del primer anclaje 67 corresponde a la diferencia del pretensado para la zona 71 menos la fuerza de pretensado del anclaje 45. Se aplica el cálculo correspondiente para la zona 72.

40 Resumiendo, a través de las membranas adicionales primera y segunda 60, 61 se proporcionan medios para variar la tensión lineal reinante en la disposición de membrana 41 durante el funcionamiento de ésta y operativa para la curvatura de la membrana de concentrador 42. La tensión lineal se varía a lo largo de las dos líneas predeterminadas 65, 66, visto en toda la longitud del colector en artesana, de tal manera que las zonas 70 a 72 de la disposición de membrana 41, proporcionadas por las líneas 65, 66, están curvadas en grado diferente. La curvatura en el lugar de ubicación de las líneas 65, 66 es también aquí diferenciable continuamente y las regiones de línea

focal de las zonas diferentemente curvadas 70 a 72 coinciden sustancialmente.

Como resultado, partiendo de las condiciones locales, el experto puede determinar según la invención las dimensiones del colector en artesa, las de la celda de presión, la posición del tubo absorbedor y la configuración resultante de la disposición de membrana según la invención.

5 Asimismo, el experto puede prever según la invención, en lugar de tres zonas 70 a 72, n zonas de esta clase, concretamente solo dos o cuatro o más, y puede diseñarlas según el cálculo anteriormente expuesto, lo que depende de las circunstancias concretas, tales como la anchura del colector en artesa y la optimización deseada de la región de línea focal (por ejemplo, en función de la naturaleza del tubo absorbedor previsto). La disposición de membrana según la invención no está ligada tampoco a colectores en artesa, sino que puede emplearse también en colectores redondos para, por ejemplo, sistemas disco-Stirling con las ventajas según la invención. Cabe agregar aquí que, según la invención, se pueden materializar también conforme a la invención sistemas pequeños, por ejemplo de hasta 1 m de diámetro o aún menos. En sistemas pequeños pueden bastar dos zonas para obtener resultados muy buenos.

15 La figura 4 muestra una disposición de membrana 41 que presenta tres capas, concretamente la membrana de concentrador 42 y las membranas adicionales primera y segunda 60, 61 (como se ha mencionado, se podrían prever también sin mayores dificultades solamente dos o cuatro y más capas). En otra forma de realización según la invención estas membranas, siempre que descansen una sobre otra, están unidas al menos parcialmente una con otra o están configuradas como una sola pieza, lo que puede mejorar la estabilidad propia de la disposición de membrana. El experto puede determinar nuevamente, según la configuración concreta del colector, si la disposición de membrana deberá consistir en membranas individuales colocadas una dentro de otra, en secciones de las membranas individuales unidas una con otra o en una membrana de una sola pieza.

20 Tampoco es forzoso que las membranas adicionales primera y/o segunda 60, 61 sean llevadas más hacia dentro después de la respectiva línea predeterminada 65, 66, ya que dichas membranas soportan la membrana de concentrador 42 únicamente hasta estas líneas 65, 66. Por tanto, los anclajes 67, 68 pueden disponerse más cerca de las líneas 65, 66 o más lejos de éstas. Asimismo, las secciones de membrana (figura 4) previstas entre los anclajes 67, 68 y las líneas 65, 66 pueden sustituirse por medios de sujeción adecuados (véase, por ejemplo, la figura 6b), pero de tal manera que las membranas adicionales primera y segunda 60, 61 estén cogidas en el lugar de ubicación de su línea 56, 66 de una manera apta para funcionar (en particular uniformemente en toda la longitud) y estén pretensadas en dirección al lugar de ubicación predeterminado asociado con la fuerza de pretensado correcta.

25 En este caso, están previstos unos medios de sujeción para amarrar al menos una membrana adicional, que apresan esta membrana después de la línea predeterminada asociada a ella y la pretensan contra el lugar de ubicación predeterminado asociado a ella.

30 Asimismo, según las circunstancias concretas, el experto puede contemplar que en la disposición de membrana se prevea solamente la membrana de concentrador con su capa reflectante y se prevean medios de sujeción que estén unidos con la membrana de concentrador en el lugar de ubicación de las líneas predeterminadas 65, 66 (figura 4), es decir que modifiquen según la invención la tensión lineal reinante en ella (véase, por ejemplo, la figura 6a).

Los elementos de estas diferentes formas de realización pueden ser combinados aquí también adecuadamente por el experto de conformidad con la realización concreta del colector.

40 La figura 5 muestra esquemáticamente una forma de realización preferida de la presente invención que combina las ventajas de los colectores mostrados en las figuras 2 y 3:

Por un lado, la disposición de membrana 41 divide la celda de presión 40 en una cámara de concentrador 50 y una cámara de compensación 80, con la ventaja de que entonces, como se revela en el documento WO 2008/037108, la membrana de concentrador 42 puede configurarse, a causa de la pequeña carga de presión de funcionamiento, en forma muy delgada y con una superficie uniforme y es así más adecuada para un revestimiento reflectante con alta eficacia o sobre todo lo hace posible. Además, esta realización hace posible que la membrana de concentrador 42 permanezca en reposo incluso bajo el ataque del viento, aun cuando se deformen con el ataque del viento tanto la membrana transparente superior 47 como también la membrana flexible inferior 81. Al igual que las formas de realización de la figura 3 y la figura 4, la forma de realización según la figura 5 hace posible también que, mediante la disposición de membrana 41 según la invención, se concentren los rayos en una región de línea focal muy pequeña, lo que permite utilizar un tubo absorbedor 52 con una superficie absorbente interior y una abertura de entrada relativamente pequeña 52' para los rayos, estando dispuesto también este tubo en el interior de la celda de presión 40, con lo que se evitan pérdidas de calor. Por tanto, la disposición de membrana 41 según la invención permite también, entre otras cosas, prescindir de un concentrador secundario según la figura 3, sin que tenga que aceptarse una pérdida de rendimiento relevante.

55 En la figura se representa, como en la figura 4, una disposición de membrana 41 constituida por tres capas, a saber, una membrana de concentrador 42 que está cubierta con una capa reflectante, una primera membrana adicional 60 y una segunda membrana adicional 61. Se pueden apreciar también los radios de curvatura 73 a 75 y las líneas



5 predeterminadas 65, 66 que definen las zonas primera, segunda y tercera 70 a 72. En condiciones de presión de funcionamiento, las zonas 70 a 72 están curvadas nuevamente en grado diferente, siendo continuamente diferenciable también la curvatura de la membrana de concentrador 42, en el lugar de ubicación, en zonas mutuamente adyacentes (es decir, en el lugar de ubicación de las líneas predeterminadas 65, 66) y coincidiendo sustancialmente las regiones de línea focal de las zonas diferentemente curvadas en el lugar de ubicación del tubo absorbedor 52 (o en el lugar de ubicación de la hendidura de entrada 52').

10 La primera membrana adicional 60 se extiende más allá de la primera línea predeterminada 65 y se extiende después de ésta hacia dentro a través de una primera región adicional 82 hasta su anclaje (que no se ha representado adicionalmente para descargar la figura). El espacio encerrado entre la membrana de concentrador 42 y la primera región adicional 82 de la primera membrana adicional 60 está configurado como una primera cámara de presión 84 estanca al fluido, a cuyo fin dicho espacio está cerrado en su lado interior por una pared 85 estanca al fluido. Asimismo, están previstos unos medios configurados como un primer ventilador 86 para mantener en la primera cámara de presión 84 una primera presión de funcionamiento  $p_I$ .

15 Como quiera que la primera región adicional 82 de la primera membrana adicional 60 está bajo presión, esta región está curvada también en forma esférica. Por consiguiente, su anclaje está situado más arriba y más cerca del ventilador 50 del concentrador en comparación con el anclaje de la figura 4, con la consecuencia de que la altura de la cámara de compensación 80 resulta ser más pequeña. Para comparar las alturas se ha dibujado en el lugar de ubicación de la primera línea predeterminada 65 la primera tangente 87 a la membrana de concentrador 42, sobre la cual tiene que estar situado el anclaje de la primera membrana adicional 60 cuando no esté prevista una cámara de presión 84 (véase la figura 4).

20 Asimismo, la segunda membrana adicional 61 se extiende más allá de la segunda línea predeterminada 66 y se extiende después de ésta hacia dentro a través de una segunda zona adicional 87 hasta su anclaje (que no se representa adicionalmente para descargar la figura). El espacio encerrado entre la primera membrana adicional 60 y la segunda región adicional 87 está configurado como una segunda cámara de presión 88 estanca al fluido, a cuyo fin dicho espacio está cerrado en su lado interior por una pared 85 estanca al fluido. Asimismo, están previstos unos medios configurados como un segundo ventilador 90 para mantener en la segunda cámara de presión 88 una segunda presión de funcionamiento  $p_{II}$ .

25 Como quiera que la segunda región adicional 87 de la segunda membrana adicional 61 está bajo presión, dicha región está curvada también en forma esférica. Por consiguiente, su anclaje está situado más arriba y más cerca del ventilador base 50 en comparación con el anclaje de la figura 4, con la consecuencia de que la altura de la cámara de compensación 80 resulta ser más pequeña. Para comparar las alturas se ha dibujado en el lugar de ubicación de la segunda línea predeterminada 66 la segunda tangente 89 a la membrana de concentrador 42, sobre la cual tiene que estar situado el anclaje de la primera membrana adicional 60 cuando no esté prevista una cámara de presión 84 (véase la figura 4).

30 Por tanto, sin el perfeccionamiento descrito según la invención para la disposición de membrana 41 con las cámaras de presión primera y/o segunda 84, 88 resultaría para la cámara de compensación 80 una altura desventajosamente grande, por ejemplo para el ataque del viento.

35 En otra forma de realización la primera membrana adicional 60 está pretensada de manera apta para funcionar por unos medios de sujeción previstos entre la primera línea predeterminada 65 y la pared 85, no siendo estos medios de sujeción estancos al fluido, con la consecuencia de que se presenta solamente una única cámara de presión, concretamente entre la membrana de concentrador 61 y la segunda región adicional 87 de la segunda membrana adicional 61. Según el diseño de la disposición de membrana 41, es decir, según la posición de las líneas predeterminadas 65, 66, se preserva también o se preserva aproximadamente la ventaja de la pequeña altura de la cámara de compensación 80. El experto puede determinar medios de sujeción adecuados según las condiciones concretas (véanse a este respecto también las figuras 6a y 6b).

40 La presión de funcionamiento en la cámara de concentrador 50, en la primera cámara de presión 84, en la segunda cámara de presión 88 y en la cámara de compensación 80 se genera y se mantiene por medio del ventilador base 92 en la membrana flexible inferior 81, el segundo ventilador 90, el primer ventilador 85 y el ventilador 50 del concentrador. En lugar de los ventiladores 50, 85, 90, 92 se pueden utilizar también otras bombas de fluido adecuadas.

45 Cada ventilador 50, 85, 90, 92 transporta aire en la misma dirección: el ventilador base 92 hacia el interior de la cámara de compensación 80, el segundo ventilador 85 hacia el interior de la segunda cámara de presión 88, el primer ventilador 85 hacia el interior de la primera cámara de presión 84 y el ventilador 50 del concentrador hacia el interior de la cámara de concentrador 50.

50 Gracias a este transporte se origina una presión más alta  $p_A$  en la cámara de compensación 80 en comparación con la presión exterior  $p_{\text{exterior}}$ , una presión más alta  $p_{II}$  en la segunda cámara de presión 88 en comparación con la presión  $p_A$  de la cámara de compensación 80, una presión más alta  $p_I$  en la primera cámara de presión 84 en

comparación con la presión  $p_{II}$  de la segunda cámara de presión 88 y una presión más alta  $p_k$  en la cámara de concentrador 50 en comparación con la presión  $p_I$  de la primera cámara de presión 84.

Por consiguiente, sobre la primera zona 70 de la disposición de membrana 41 actúa la presión de funcionamiento  $p_k - p_I$ , sobre la segunda zona 71 actúa la presión de funcionamiento  $p_k - p_{II}$  y sobre la tercera zona 72 actúa la presión de funcionamiento  $p_k - p_A$ .

Con la tensión lineal reinante en cada zona 70 a 72 se obtiene así la curvatura de la disposición de membrana 41 en cada una de las zonas 70 a 72. Nuevamente, es decir, como en la disposición de la figura 4, la tensión lineal operativa para la curvatura de la zona 70 es igual al pretensado de la membrana de concentrador 42, la tensión lineal operativa para la curvatura de la zona 71 es igual a la suma de los pretensados de la membrana de concentrador 42 más la primera membrana adicional 60, y la tensión lineal operativa para la curvatura de la zona 72 es igual a la suma de los pretensados de la membrana de concentrador 42 más la primera membrana adicional 60 más la segunda membrana adicional 61.

Las tensiones lineales necesarias se obtienen nuevamente según la descripción hecha más arriba (aproximación de las zonas esféricamente curvadas 70 a 72 a la parábola, primero por la interpolación arcspline y luego por la minimización de los errores según Levenberg-Marquardt, formando el lugar de ubicación de la tubería absorbadora, es decir, el lugar de ubicación de la región de línea focal, junto con los sitios de sujeción de la membrana de concentrador 42, los puntos de partida dados.

Cabe añadir aquí que el pretensado necesario se obtiene primeramente en la zona 72 por efecto de la presión de funcionamiento  $p_k - p_A$ ; para  $p_A$  se puede suponer, por ejemplo, un valor comprendido entre 10 y 30 Pa, preferiblemente 27 Pa. Según la curvatura deseada de la segunda región adicional 87 (véase el párrafo siguiente), la fuerza de pretensado de la misma puede elegirse entonces en combinación con la segunda presión de funcionamiento. Se obtiene así la suma necesaria de las fuerzas de pretensado para la primera región adicional 82 más la membrana de concentrador 42. Por último, según la curvatura deseada de la primera región adicional 82, se puede determinar entonces análogamente la fuerza de pretensado de la misma en combinación con la primera presión de funcionamiento, lo que conduce después al valor de la fuerza de pretensado para la membrana de concentrador 42.

La elección anteriormente descrita de la fuerza de pretensado en combinación con la presión de funcionamiento será ajustada preferiblemente por el experto según la altura deseada del anclaje en el bastidor o armazón del colector. El experto elige la respectiva fuerza de pretensado junto con la presión de funcionamiento correspondiente según las circunstancias existentes a pie de obra. Cabe agregar aquí que el concepto de la disposición de membrana según la invención permite, gracias a su flexibilidad en el diseño, tener en cuenta de manera sumamente sencilla las particularidades y necesidades locales, sea, por ejemplo, respecto de dimensiones grandes o pequeñas o respecto de la variación constructiva del colector.

El método anteriormente descrito de dimensionamiento de las zonas en la disposición de membrana consiste, resumiendo, en que en un primer paso se define, partiendo de los sitios de sujeción de la membrana de concentrador en el colector y de la posición de un absorbedor de calor o de un tubo absorbedor, una forma parabólica a aproximar por una membrana de concentrador, debiendo conseguirse la aproximación por medio de  $n+1$ , preferiblemente 3 zonas esféricamente curvadas de la membrana de concentrador y suponiéndose para ello  $n$  líneas predeterminadas sobre la forma parabólica. En un segundo paso se determina por el método de interpolación arcspline una primera configuración de las  $n+1$  zonas esféricamente curvadas. En un tercer paso se minimizan preferiblemente con el método de Levenberg-Marquardt, con un desplazamiento libre de las  $n$  líneas predeterminadas, los errores - producidos por la interpolación arcspline - en la primera configuración de las  $n+1$  zonas esféricamente curvadas en cuanto a su desviación en altura con respecto a la forma parabólica a aproximar, con lo que se determina así una segunda configuración de las  $n+1$  zonas esféricamente curvadas que se aproxima de manera mejorada a la forma parabólica a aproximar.

Esto significa que las zonas conforme a la segunda configuración están minimizadas en lo que se refiere a la desviación en altura, pero con los errores de altura ahora pequeños pueden seguir existiendo grandes diferencias en la pendiente de puntos correspondientes sobre el arco de círculo de la respectiva zona con relación a la parábola a aproximar.

Una variante preferida del método de minimización de errores consiste de manera correspondiente en que se modifique el algoritmo numérico de Levenberg-Marquardt en el sentido de que la corrección de errores no se efectúe según la desviación en altura, sino según la desviación de la pendiente de puntos correspondientes. Esta modificación puede ser realizada por el experto o determinada fácilmente por el experto en matemáticas. Esto tiene como consecuencia una aproximación mejorada de la posición de las regiones de línea focal de las zonas y del punto focal o la línea focal de la parábola a aproximar, ya que el rayo de sol reflejado es desenfocado más fuertemente por una pendiente errónea que en el caso de una altura errónea.

Por consiguiente, preferiblemente en el tercer caso se minimizan los errores producidos por la interpolación arcspline

en la primera configuración de las n+1 zonas esféricamente curvadas en cuanto a su pendiente con respecto a la forma parabólica a aproximar, de modo que se determina una segunda configuración de las n+1 zonas esféricamente curvadas que se aproxima de manera mejorada a la forma parabólica a aproximar respecto de la posición de sus regiones de línea focal.

- 5 Otra variante especialmente preferida del método de minimización de errores consiste ahora en que se modifique el algoritmo numérico de Levenberg-Marquardt en el sentido de que se pondere adicionalmente la corrección de errores según la distancia del respectivo punto al foco o la línea focal de la membrana a aproximar, a cuyo fin se determina la distancia del respectivo punto y esta distancia hace su entrada como factor de ponderación en el algoritmo de tal manera que, durante la optimización, se aproxime más exactamente la posición, pero  
10 preferiblemente la pendiente (véase más arriba) de los puntos más alejados (a costa de los puntos más próximos).

En efecto, un rayo reflejado por un punto más alejado con una falsa pendiente es más fuertemente desenfocado que un rayo que sea reflejado por un punto colocado más cerca del punto focal o de la línea focal y dotado del mismo error de pendiente.

- 15 En consecuencia, en el tercer paso se minimizan entonces de manera ponderada, con un peso creciente al hacerse mayor la distancia, los errores producidos por la interpolación arcspline en la primera configuración de las n+1 zonas esféricamente curvadas en cuanto a su distancia al punto focal o a la línea focal de la forma parabólica a aproximar, de modo que se determina una segunda configuración de las n+1 zonas esféricamente curvadas que se aproxima de manera mejorada a la forma parabólica a aproximar respecto de la extensión mínima de sus regiones de línea focal.

- 20 Según la invención, se logra un enfoque óptimo por medio de la combinación de una minimización de los errores de pendiente con la ponderación creciente al crecer la distancia.

- 25 En el tercer paso se minimiza entonces de manera más fuertemente ponderada la minimización de los errores según la pendiente y con distancia creciente al punto focal o a la línea focal de la forma parabólica a aproximar, de modo que se determina una segunda configuración de n+1 zonas esféricamente curvadas que se aproxima de manera mejorada a la forma parabólica a aproximar respecto de la posición y la extensión mínima de sus regiones de línea focal.

- 30 En otras palabras, le es posible al experto calcular según la invención, con ayuda de la posición de la tubería absorbidora existente en el caso concreto y de los sitios de sujeción para la membrana de concentrador, las n líneas predeterminadas para la definición de las zonas, los radios de curvatura pertenecientes a cada zona y luego las diferentes presiones de funcionamiento.

- 35 La figura 6a muestra esquemáticamente otra forma de realización de la presente invención. Se representa una celda de presión 40 cuya disposición de membrana 100 tiene una membrana de concentrador 42 en la que se introduce directamente, por medio de una unión mecánica, una fuerza de pretensado en el lugar de ubicación de las líneas predeterminadas 65, 66, con lo que se varía su curvatura conforme a la invención. Por tanto, en contraste con las formas de realización de las figuras 4 y 5, en esta disposición de membrana 100 ya no hay varias membranas 42, 60, 61 situadas una sobre otra y combinadas en forma de zonas. La figura muestra unos primeros medios de sujeción configurados como una primera membrana de sujeción 101 que, en el lugar de ubicación de la primera línea predeterminada 65, está unida con la membrana de concentrador 42 de una manera apta para funcionar y que forma la primera cámara de presión 84 juntamente con la membrana de concentrador 42, con la ventaja de la pequeña demanda de espacio (véase la descripción correspondiente a la figura 5). La unión apta para funcionar entre la membrana de sujeción 101 y la membrana de concentrador 42 puede efectuarse, por ejemplo, por medio de soldadura.

- 45 Se representan también unos segundos medios de sujeción configurados como una segunda membrana de sujeción 102 que, en el lugar de ubicación de la segunda línea predeterminada 66, está unida con la membrana de concentrador 42 de una manera apta para funcionar y que forma la segunda cámara de presión 88 juntamente con la primera membrana de sujeción 101, con la ventaja de la pequeña demanda de espacio (véase la descripción correspondiente a la figura 5). La unión apta para funcionar entre la segunda membrana de sujeción 102 y la membrana de concentrador 42 puede efectuarse también, por ejemplo, por medio de soldadura.

- 50 Por el contrario, la figura 6b muestra esquemáticamente la disposición de membrana 110, en la que los medios de sujeción primeros y segundos están configurados como unas disposiciones de muelle 111 y 112 y modifican la tensión lineal en la membrana de concentrador 42 operativa para la curvatura de esta última, nuevamente, como en todas las formas de realización, a lo largo de las líneas predeterminadas 65, 66. A través de una tira de membrana relativamente estrecha 103, que está soldada con la membrana de concentrador 42, se puede unir con ésta un soporte rígido 104 que a su vez está arriostrado de manera adecuada por disposiciones de muelle individuales 105  
55 que atacan en el bastidor o armazón 106 del colector. A pesar de unas disposiciones de muelle 105 colocadas a distancia una de otra, se introduce así en el lugar de ubicación de las líneas 65, 66 una fuerza lineal uniforme en la

membrana de concentrador 42.

La figura 7 muestra a escala fiel, con la unidad m, un ejemplo de un colector en artesa según la invención con una disposición de membrana de cuatro zonas. La región de línea focal tiene las coordenadas  $x = 0$ ,  $y = 4$  y la franja central tiene una anchura total de 1,0 m, estando situado el eje  $y$  en la línea de simetría.

- 5 Como se ha mencionado más arriba, se sobrentiende que la disposición de membrana según la invención no se limita a su aplicación en colectores en artesa. Las formas de realización anteriormente representadas se han descrito con miras a su empleo en grandes centrales eléctricas solares. Sin embargo, colectores más pequeños pueden ser equipados exactamente igual de bien con la disposición de membrana según la invención; sean éstos unos pequeños colectores en artesa o, en lugar de la forma de artesa, unos colectores redondos que posean un punto focal o una región de punto focal. Tales colectores se emplean, por ejemplo, para sistemas disco-Stirling.
- 10 Asimismo, colectores solares redondos aún más pequeños con un diámetro de 1 m o menos pueden ser provistos de la disposición de membranas según la invención, previéndose preferiblemente tan solo una primera membrana adicional para tales dimensiones relativamente pequeñas. Las figuras 4 a 6b pueden interpretarse también como dibujos en corte transversal para colectores redondos, según los cuales el experto está en condiciones, sin mayores dificultades, de materializar disposiciones de membrana según la invención para colectores redondos.
- 15

## REIVINDICACIONES

1. Colector solar con un bastidor (47) y un concentrador tendido en el mismo de una manera apta para funcionar y configurado como parte integrante de una celda de presión, cuyo concentrador presenta una disposición de membrana flexible (41) acodada de forma apta para funcionar en condiciones de presión de funcionamiento y dotada de una membrana de concentrador (42), **caracterizado** por que están previstos unos medios para variar la tensión lineal reinante durante el funcionamiento en la disposición de membrana (41) y operativa para la curvatura de la membrana de concentrador (42), al menos a lo largo de una o n líneas predeterminadas (65, 66), de tal manera que las zonas (70, 71, 72) así producidas de la disposición de membrana (41) estén curvadas en grado diferente, la curvatura sea diferenciable también continuamente en el lugar de ubicación de estas líneas predeterminadas (65, 66) y las regiones de punto focal o de línea focal de las zonas diferentemente curvadas (70, 71, 72) coincidan sustancialmente.
2. Colector solar según la reivindicación 1, en el que el colector solar es un colector en artesa cuya disposición de membrana (41) presenta dos secciones dispuestas simétricamente una respecto de otra, en el que los medios para cada sección de la disposición de membrana (41) presentan una primera membrana adicional (60) que está tendida de tal manera que, en condiciones de presión de funcionamiento, la respectiva sección de la membrana de concentrador (42) descansa en una primera región (63), desde su extremo exterior hasta una primera línea predeterminada (65), sobre la primera membrana adicional (60), y en el que esta última está pretensada contra un primer lugar predeterminado por debajo del extremo interior de la membrana de concentrador (42).
3. Colector en artesa según la reivindicación 2, en el que los medios para cada sección de la disposición de membrana (41) comprenden una segunda membrana adicional (61) que está tendida de tal manera que, en condiciones de presión de funcionamiento, la membrana de concentrador (42) descansa en una segunda región (64), desde su extremo exterior hasta una segunda línea predeterminada (66), a través de la primera membrana adicional (60), sobre la segunda membrana adicional (61), y en el que esta última está pretensada contra un segundo lugar predeterminado por debajo del primer lugar predeterminado de ubicación de la primera membrana adicional (60).
4. Colector en artesa según la reivindicación 2 ó 3, en el que unas zonas mutuamente sobrepuestas de la membrana de concentrador (42) y/o de las membranas adicionales (60, 61) están al menos parcialmente unidas una con otra o bien están configuradas formando una sola pieza.
5. Colector en artesa según una o ambas de las reivindicaciones 2 ó 3, en el que están previstos unos medios de sujeción para amarrar al menos una de las membranas adicionales (60, 61), los cuales apresan esta membrana después de la línea predeterminada (65, 66) asociada a ella y la pretensan contra el lugar de ubicación predeterminado asociado a ella.
6. Colector en artesa según la reivindicación 2, en el que la primera membrana adicional (60) se extiende más allá de la primera línea predeterminada (65) y se extiende también hacia dentro a través de una primera región adicional (82), y el espacio encerrado entre la membrana de concentrador (42) y la primera región adicional (82) está configurado como una primera cámara de presión (84) estanca al fluido, y en el que están previstos unos medios para mantener en esta cámara una primera presión de funcionamiento  $p_i$ .
7. Colector en artesa según la reivindicación 3 ó 6, en el que la segunda membrana adicional (61) se extiende hacia dentro, a través de una segunda región adicional (87), hasta más allá de la segunda línea predeterminada (66), y el espacio formado entre la membrana de concentrador (42) o la primera región adicional (82) y la segunda regional adicional (87) está configurado como una segunda cámara de presión (88) estanca al fluido, y en el que están previstos unos medios para mantener en esta cámara una segunda presión de funcionamiento  $p_{ii}$ .
8. Colector en artesa según las reivindicaciones 5 y 6, en el que están previstos unos medios de sujeción para la primera membrana adicional (60) y la segunda membrana adicional (61) se extiende hacia dentro en una segunda región adicional (87) hasta más allá de la segunda línea envolvente de carga (66), y el espacio formado entre la membrana de concentrador (42) y la segunda región adicional (87) está configurado como una cámara de presión estanca al fluido, y en el que están previstos unos medios para mantener en esta cámara una segunda presión de funcionamiento.
9. Colector solar según la reivindicación 1, en el que el colector solar es un colector en artesa cuya membrana de concentrador (42) presenta dos secciones dispuestas simétricamente una con respecto a otra, en el que los medios para cada sección de la membrana de concentrador (42) presentan unos primeros medios de sujeción que están configurados para, en el lugar de ubicación de una primera línea predeterminada (65), introducir una primera fuera de sujeción lineal en la membrana de concentrador (42), y en el que los primeros medios de sujeción presentan preferiblemente una primera membrana de sujeción (101) que, en el lugar de ubicación de la primera línea predeterminada (65), está unida con la membrana de concentrador (42) de una manera apta para funcionar, y el espacio formado entre la membrana de concentrador (42) y la primera membrana de sujeción (101) está configurado de manera especialmente preferida como una primera cámara de presión estanca al fluido, y están previstos unos

medios para mantener en esta cámara una primera presión de funcionamiento  $p_I$ .

10. Colector en artesa según la reivindicación 9, en el que los medios para cada sección de la membrana de concentrador (42) presentan unos segundos medios de sujeción que están configurados para, en el lugar de ubicación de una segunda línea predeterminada (66), introducir una fuerza de sujeción lineal en la membrana de concentrador (42), y en el que los segundos medios de sujeción presentan preferiblemente una segunda membrana de sujeción (102) que, en el lugar de ubicación de la segunda línea predeterminada (66), está unida con la membrana de concentrador (42) de una manera apta para funcionar, y en el que el espacio formado entre la primera membrana de sujeción (191) y la segunda membrana de sujeción (102) está configurado de manera especialmente preferida como una segunda cámara de presión estanca al fluido, y están previstos unos medios para mantener en esta cámara una segunda presión de funcionamiento  $p_{II}$ .

11. Colector solar según la reivindicación 1 con una membrana de concentrador de forma circular, en el que los medios presentan una primera membrana adicional que está tendida de tal manera que, en condiciones de presión de funcionamiento, la membrana de concentrador descansa en una primera región, desde su extremo exterior hasta una primera línea predeterminada, sobre la primera membrana adicional, y en el que esta última está pretensada contra un primer lugar predeterminado por debajo del extremo interior de la membrana de concentrador.

12. Colector solar según la reivindicación 1 con una membrana de concentrador de forma circular, en el que los medios presentan unos primeros medios de sujeción que están configurados para, en el lugar de ubicación de una primera línea predeterminada, introducir una primera fuerza de sujeción lineal en la membrana de concentrador, y en el que los primeros medios de sujeción presentan preferiblemente una primera membrana de sujeción que, en el lugar de ubicación de la primera línea predeterminada, está unida con la membrana de concentrador de una manera apta para funcionar y el espacio formado entre la membrana de concentrador y la primera membrana de sujeción está configurado de manera especialmente preferida como una primera cámara estanca al fluido, y están previstos unos medios adicionales para mantener en esta cámara una primera presión de funcionamiento.

13. Colector solar según la reivindicación 12, en el que los medios para cada sección de la membrana de concentrador presentan unos segundos medios de sujeción que están configurados para, en el lugar de ubicación de una segunda línea predeterminada, introducir una fuerza de sujeción lineal en la membrana de concentrador, y en el que los segundos medios de sujeción presentan preferiblemente una segunda membrana de sujeción que, en el lugar de ubicación de la segunda línea predeterminada, está unida con la membrana de concentrador de una manera apta para funcionar, y en el que el espacio formado entre la primera membrana de sujeción y la segunda membrana de sujeción está configurado de manera especialmente preferida como una segunda cámara de presión estanca al fluido, y están previstos unos medios adicionales para mantener en esta cámara una segunda presión de funcionamiento.

14. Colector en artesa según cualquiera de las reivindicaciones 6, 7, 9 ó 10, en el que la membrana de concentrador (42) atraviesa la celda de presión (40) de una manera estanca al fluido y la divide en una cámara de concentrador superior (50) para presión de concentrador y una cámara de compensación inferior (80) para presión de compensación, y en el que la presión de concentrador  $p_K$  es mayor que la primera presión de funcionamiento  $p_I$  y ésta es mayor que la segunda presión de funcionamiento  $p_{II}$ , la cual a su vez es mayor que la presión de compensación  $p_A$ , y en el que la presión de compensación  $p_A$  es mayor que la presión exterior  $p_{\text{exterior}}$ .

15. Colector solar según la reivindicación 1, en el que el colector solar es un colector en artesa que presenta un tubo absorbedor (52) con un aislamiento exterior, un espacio absorbedor interior y una abertura tipo hendidura (52') prevista en el aislamiento exterior para el paso de radiación solar concentrada hacia el espacio absorbedor, y las regiones de punto focal o de línea focal de las zonas diferentemente curvadas (70, 71, 72) están situadas en la región de la abertura tipo hendidura (52').

16. Procedimiento para fabricar un colector solar según la reivindicación 1, **caracterizado** por que, para determinar la curvatura de la membrana de concentrador (42) en las respectivas zonas (70, 71, 72), se define en un primer paso, partiendo de los sitios de sujeción de la membrana de concentrador (42) en el colector y de la posición de un absorbedor de calor o de un tubo absorbedor (52), una forma parabólica a aproximar por medio de la membrana de concentrador (42), debiendo conseguirse la aproximación por medio de  $n+1$ , preferiblemente 3 zonas esféricamente curvadas (70, 71, 72) de la membrana de concentrador (42) y suponiéndose para ello  $n$  líneas predeterminadas (65, 66) sobre la forma parabólica, en un segundo paso se determina por el método de interpolación arcspline una primera configuración de las  $n+1$  zonas esféricamente curvadas (70, 71, 72), y en un tercer paso se minimizan preferiblemente con el método de Levenberg-Marquardt, con un desplazamiento de las  $n$  líneas predeterminadas (65, 66), los errores producidos por la interpolación arcspline en la primera configuración de las  $n+1$  zonas esféricamente curvadas (70, 71, 72) en cuanto a su desviación en altura con respecto a la forma parabólica a aproximar, de modo que se determina una segunda configuración así obtenida de las  $n+1$  zonas esféricamente curvadas (70, 71, 72) que se aproxima de manera mejorada a la forma parabólica a aproximar.

17. Procedimiento según la reivindicación 16, en el que se minimizan en el tercer paso, preferiblemente con el método de Levenberg-Marquardt, los errores producidos por la interpolación arcspline en la primera configuración de

las  $n+1$  zonas esféricamente curvadas (70, 71, 72) en cuanto a su pendiente respecto de la forma parabólica a aproximar, de modo que se determina una segunda configuración de las  $n+1$  zonas esféricamente curvadas (70, 71, 72) que se aproxima de manera mejorada a la forma parabólica a aproximar respecto de la posición de sus regiones de línea focal.

5 18. Procedimiento según la reivindicación 16 ó 17, en el que se minimizan en el tercer paso de forma ponderada, con un peso creciente al hacerse mayor la distancia, preferiblemente con el método de Levenberg-Marquardt, los errores producidos por la interpolación arcspline en la primera configuración de las  $n+1$  zonas esféricamente curvadas (70, 71, 72) en cuanto a su distancia al punto focal o a la línea focal de la forma parabólica a aproximar, de modo que se determina una segunda configuración de las  $n+1$  zonas esféricamente curvadas (70, 71, 72) que se aproxima de manera mejorada a la forma parabólica a aproximar respecto de la extensión mínima de sus regiones de línea focal.

10 19. Procedimiento según las reivindicaciones 17 y 18, en el que se minimiza en el tercer paso, de manera más fuertemente ponderada, la minimización de los errores según la pendiente y con distancia creciente al punto focal o a la línea focal de la forma parabólica a aproximar, de modo que se determina una segunda configuración de las  $n+1$  zonas esféricamente curvadas (70, 71, 72) que se aproxima de manera mejorada a la forma parabólica a aproximar respecto de la posición y la extensión mínima de sus regiones de línea focal.

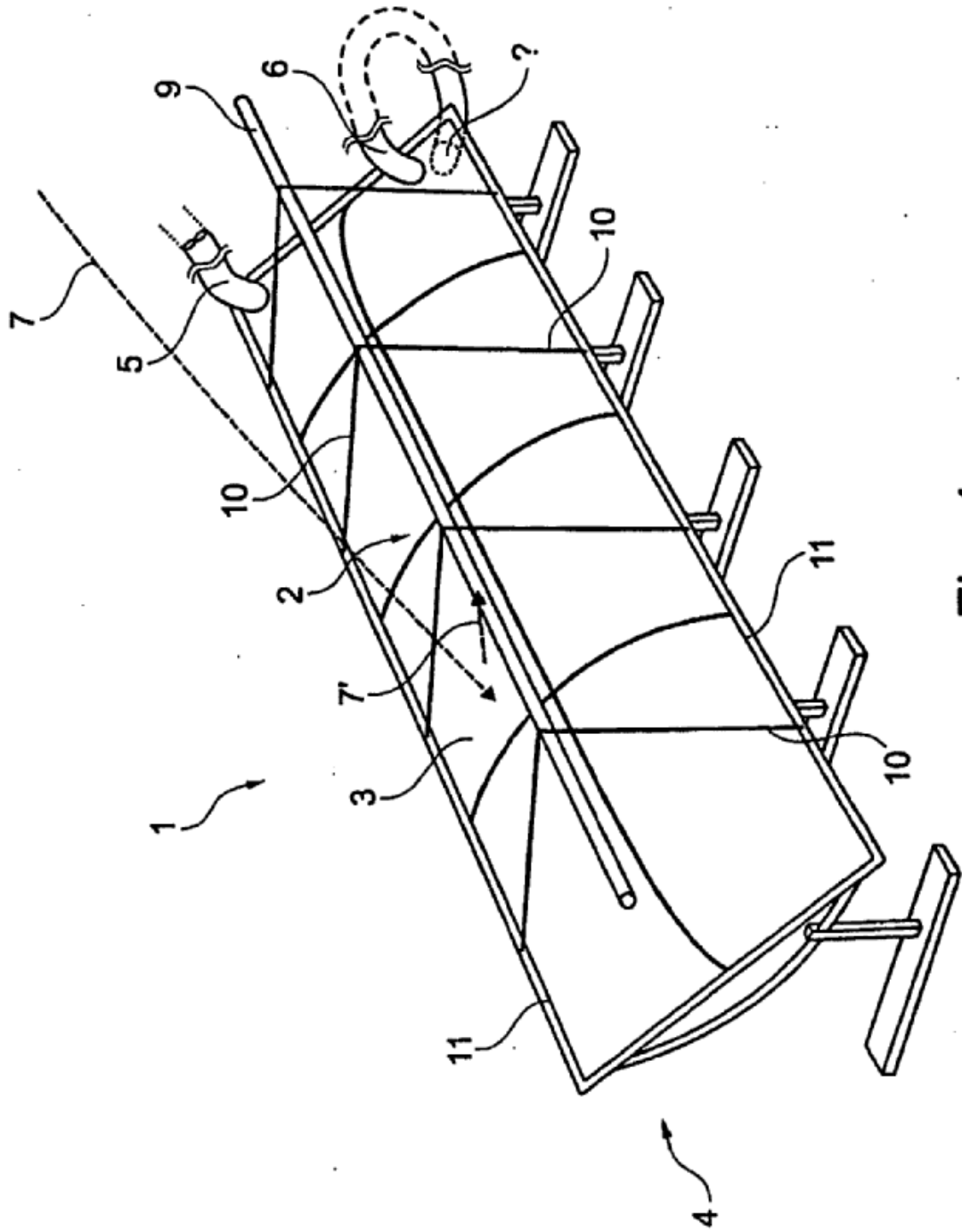


Fig. 1



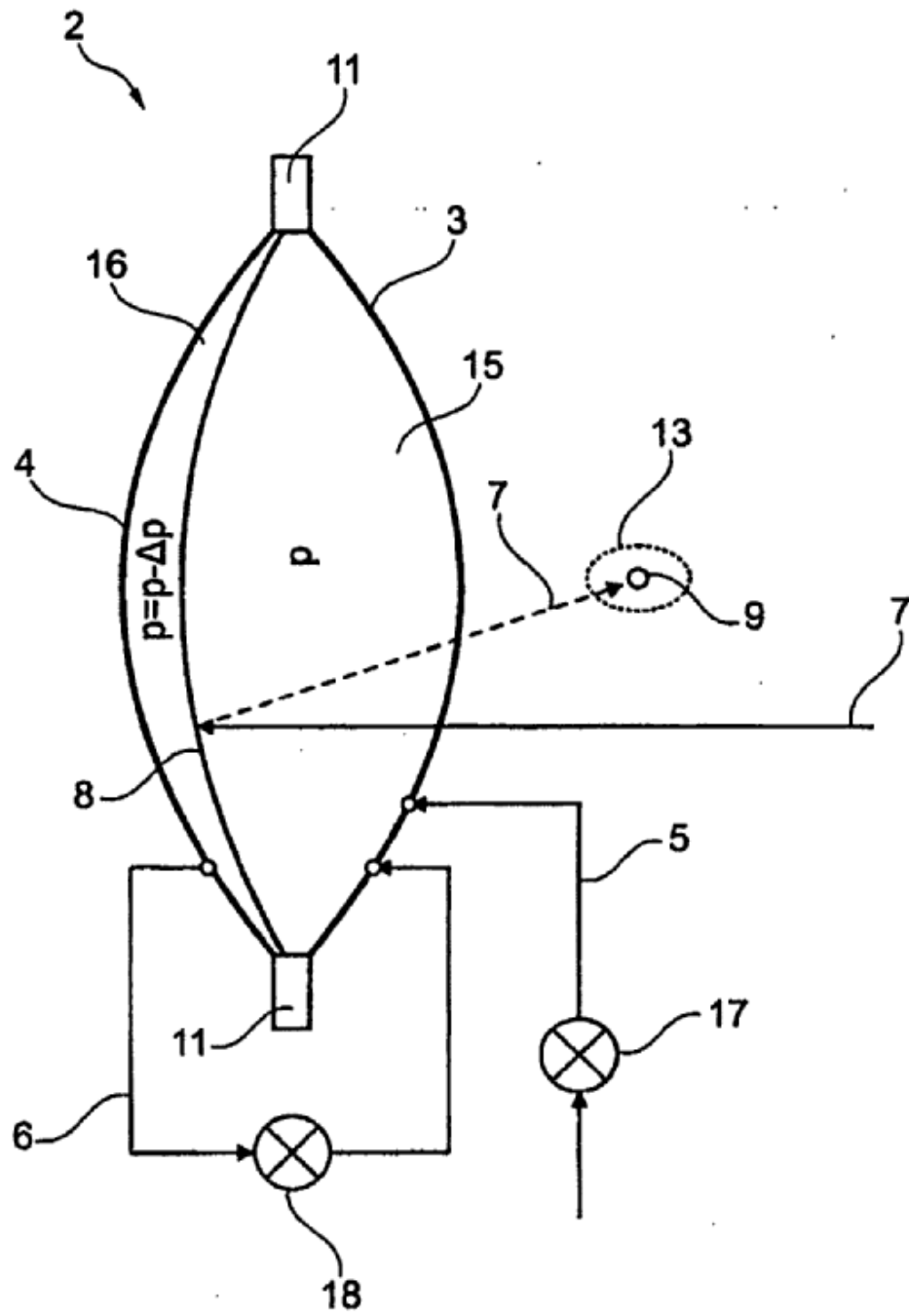


Fig. 2

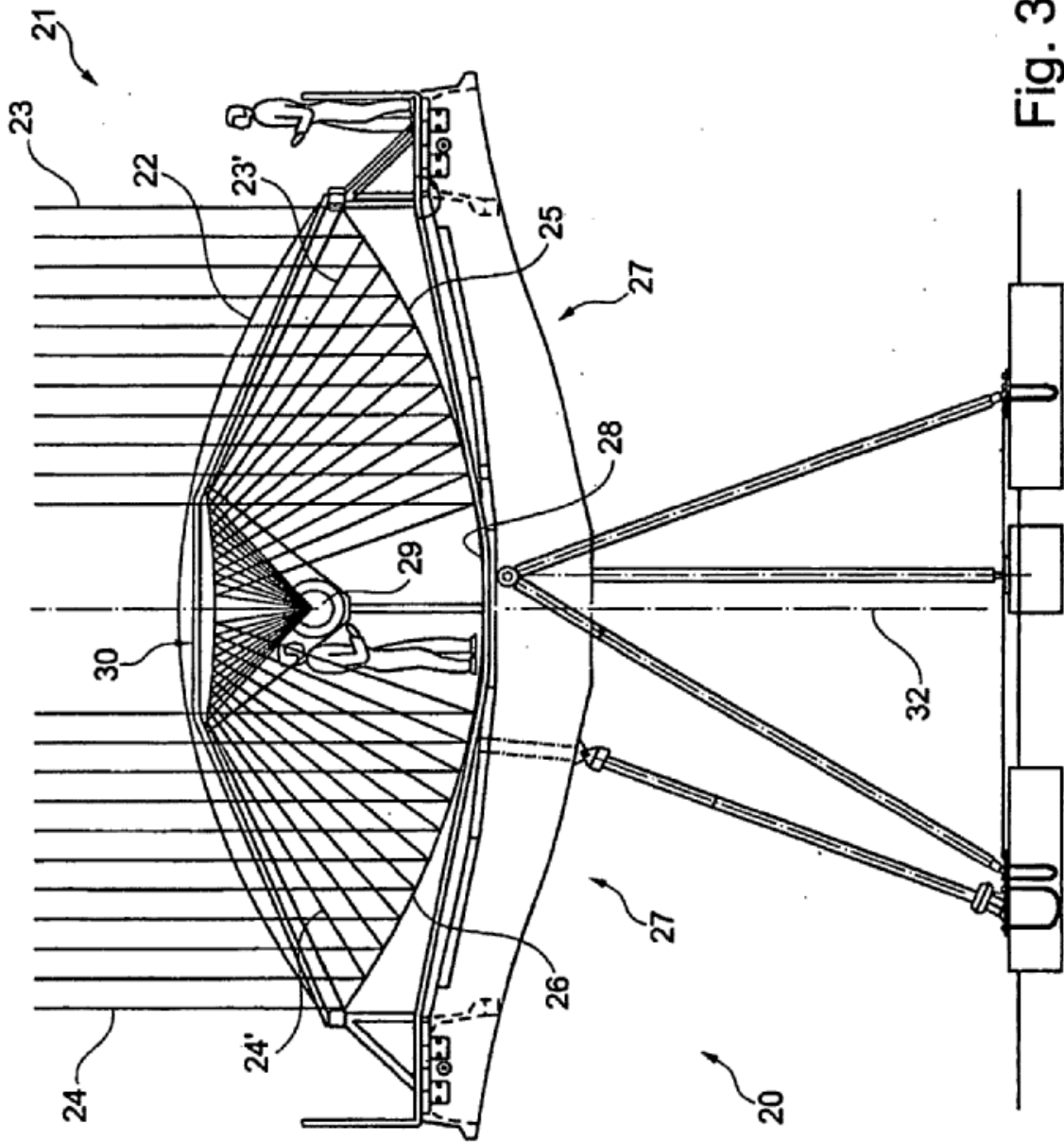


Fig. 3

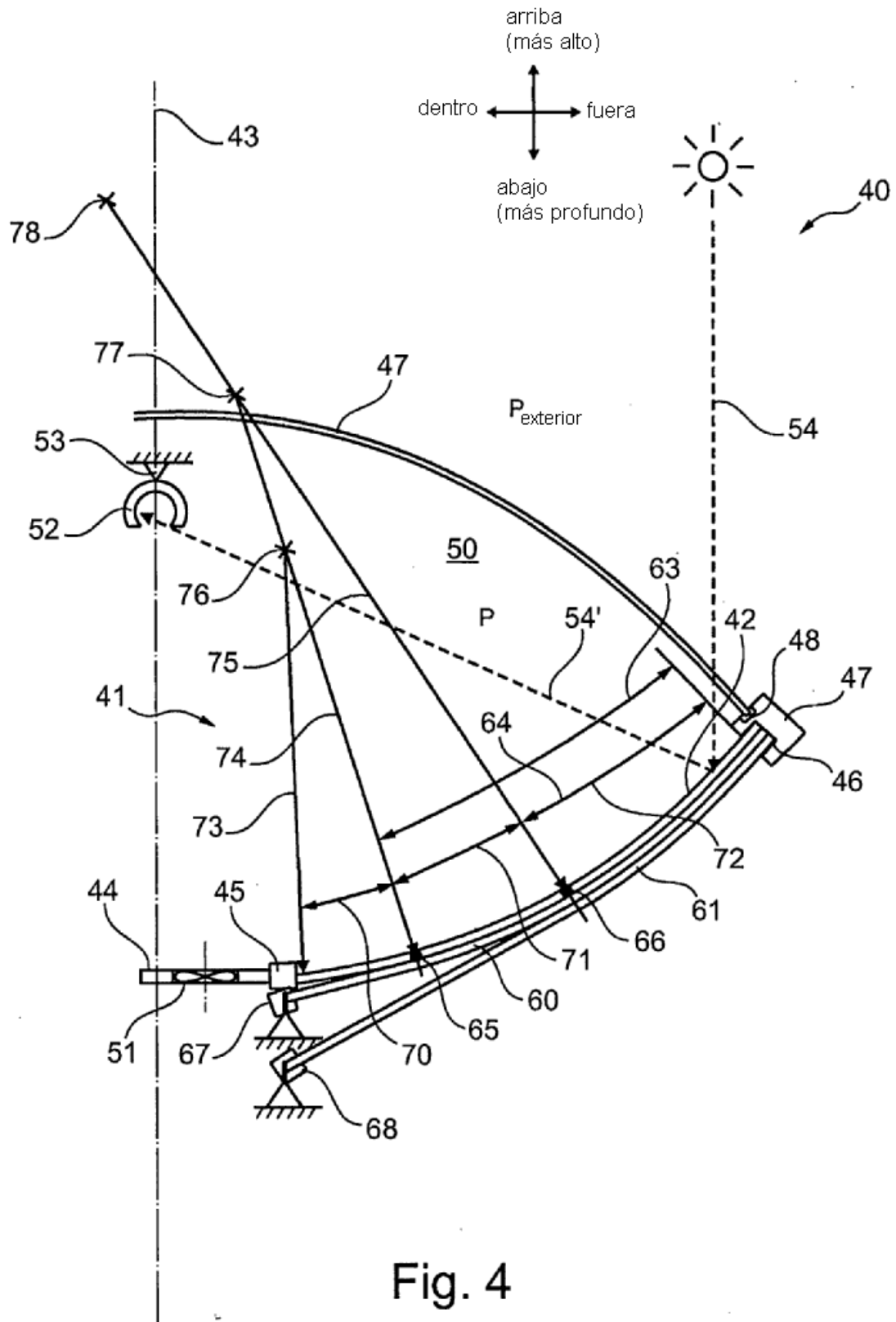


Fig. 4

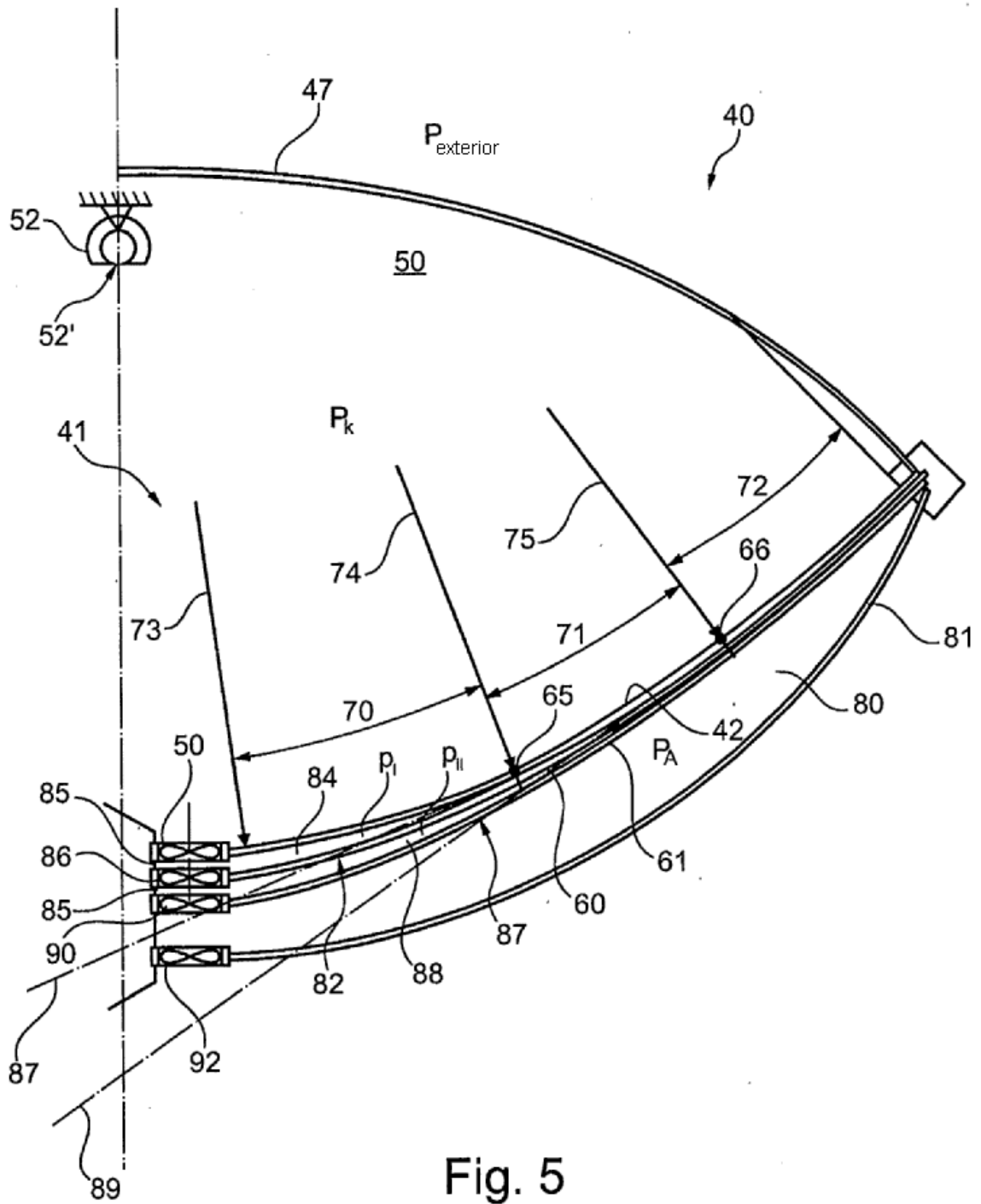


Fig. 5

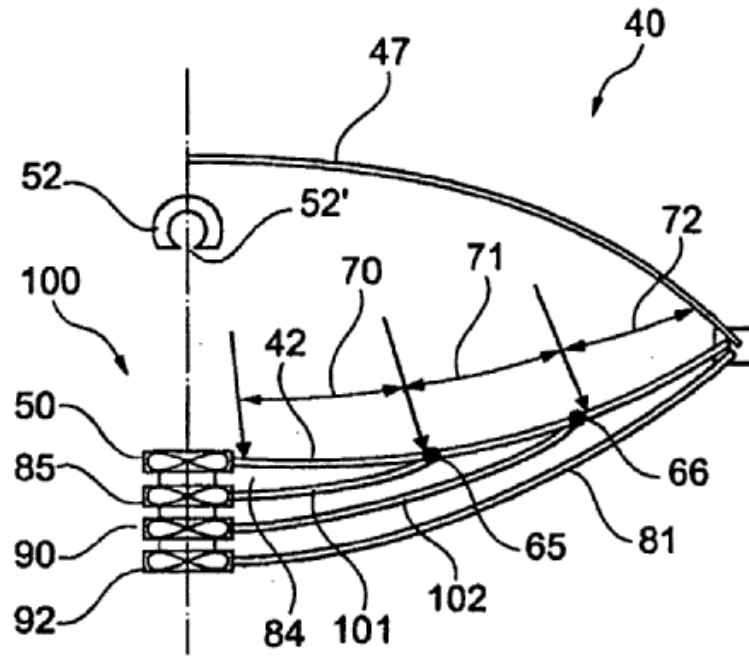


Fig. 6a

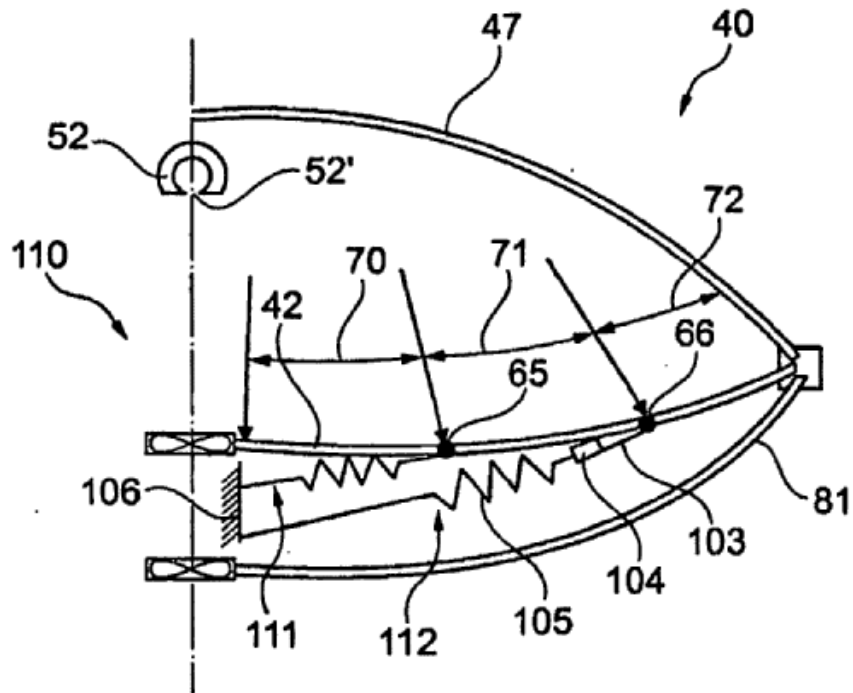


Fig. 6b

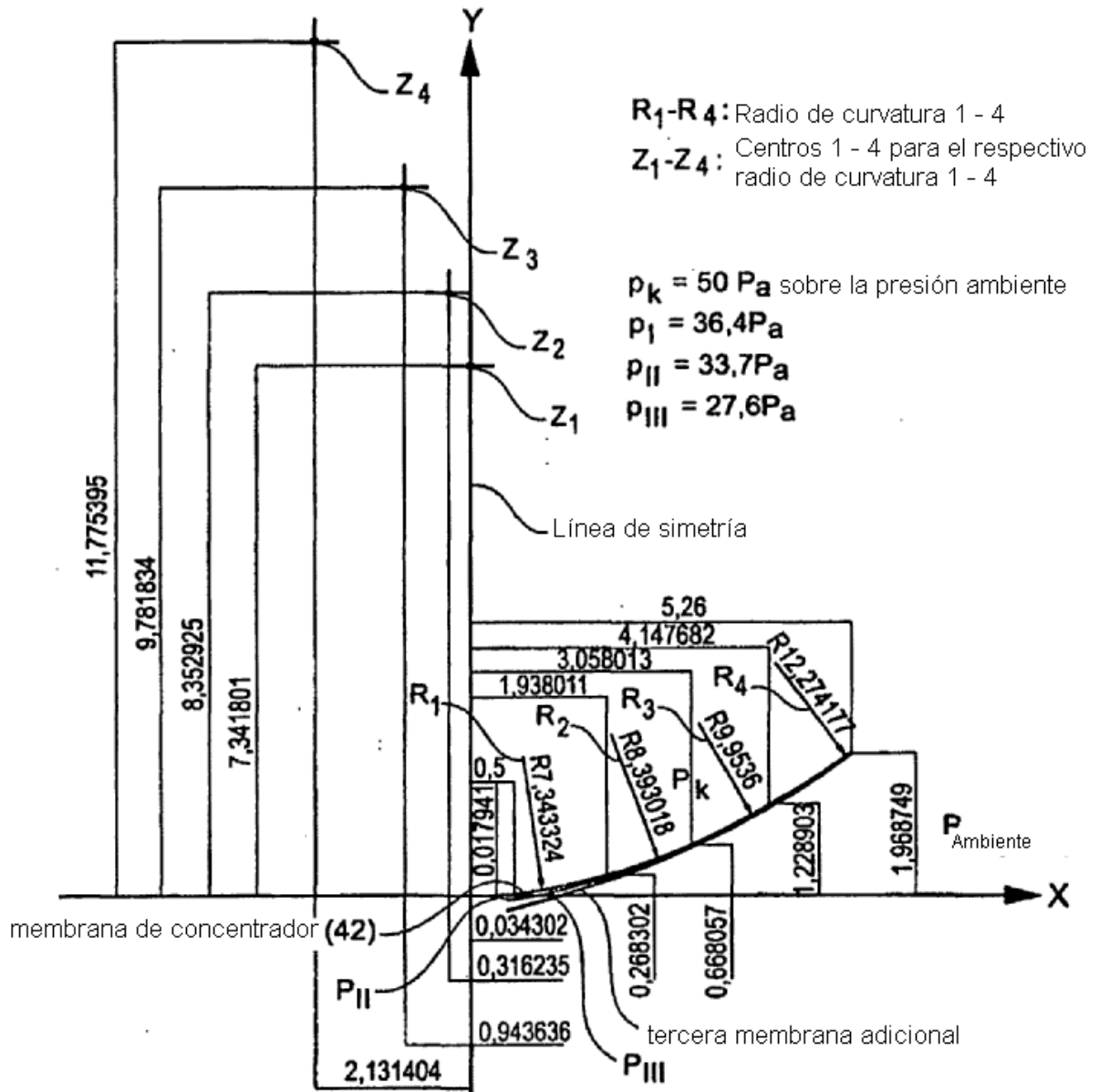


Fig. 7