

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 983 708**

(51) Int. Cl.:

**E04H 15/22** (2006.01)  
**E04H 4/10** (2006.01)  
**E04H 15/54** (2006.01)  
**E04H 15/64** (2006.01)

(12)

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.12.2016 PCT/EP2016/080594**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **15.06.2017 WO17098040**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.12.2016 E 16831706 (3)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2024 EP 3387199**

---

(54) Título: **Cúpula de aire con aislamiento térmico**

(30) Prioridad:

**10.12.2015 CH 18052015**

(73) Titular/es:

**PARANET SWISS AG (100.0%)  
Kreuzstrasse 100  
8645 Jona, CH**

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

**24.10.2024**

(72) Inventor/es:

**PARANET SWISS AG**

(74) Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PESES, Gustavo Adolfo**

**ES 2 983 708 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

## Cúpula de aire con aislamiento térmico

[0001] Las cúpulas de aire ofrecen ventajas impresionantes para diversas aplicaciones, a saber, como cubiertas para piscinas al aire libre, como pabellones de tenis, naves de almacenamiento, pabellones comerciales y pabellones temporales para eventos de todo tipo. Consisten en una cúpula de membrana de plástico reforzado con tejido, anclada al suelo por sus bordes y aislada del interior cubierto. Se utilizan sopladores de aire para generar una sobrepresión en el interior con respecto a la atmósfera, que infla la membrana y la mantiene estable en esta posición. Para ello, sólo se necesita una diferencia de presión con la atmósfera pequeña e imperceptible, ya que sólo hay que soportar el peso de la membrana y las posibles cargas de viento y nieve. Esto suele corresponder a una carga de unos 25 a 35 kg/m<sup>2</sup>.

5 Para evitar que el aire se escape al entrar o salir de la cúpula de aire, las entradas se diseñan con puertas giratorias selladas de 4 hojas (puertas giratorias) o esclusas. Se distingue entre envolturas de membrana monocapa y multicapa, en las que cada capa tiene una función específica. La envoltura exterior suele consistir en una membrana de plástico reforzado con tejido de la máxima calidad, normalmente translúcida. La cubierta exterior es la membrana estática propiamente dicha, que debe absorber las cargas de viento y nieve y está impregnada contra la radiación UV y la suciedad. Las capas intermedias, de una a varias capas, con bolsas de aire cerradas, se instalan principalmente como capas aislantes. Están destinadas a mejorar el valor de transferencia de calor de la nave en la dirección del aislamiento.

10 La membrana más interior forma el extremo de las envolventes de aire de dos a varias capas. Es de color blanco para la reflexión de la luz. Para las salas de tenis, se suele elegir un color más oscuro (por ejemplo, verde o azul) hasta una altura de al menos 3 m, para que los tenistas puedan ver más fácilmente las pelotas de tenis. Como edificios temporales o estructuras móviles, las cúpulas de aire están sujetas a una norma DIN especial. A diferencia de un edificio permanente, pueden desmontarse fácilmente y montarse en otro lugar en caso necesario.

15 [0002] Una grave desventaja de este tipo de cúpulas de aire es el aislamiento térmico generalmente deficiente y, por tanto, el elevado consumo de energía para la calefacción. Por ello, la Conferencia Suiza de Oficinas Cantonales de Energía elaboró una recomendación EN-8 sobre cúpulas de aire calefactadas (diciembre de 2007) con las siguientes afirmaciones: Las instalaciones deportivas existentes, como piscinas al aire libre o pistas de tenis, pueden cubrirse con una cúpula de aire "móvil" relativamente económica desde otoño hasta primavera, de modo que puedan utilizarse durante todo el año. Los edificios cubiertos con tejados de membrana tienen un elevado consumo energético, por lo que estas recomendaciones se han elaborado para este tipo de edificios. En la siguiente sección se analizan más detenidamente las cúpulas de aire para piscinas al aire libre, ya que la mayor demanda de calor es más significativa en estas que en las instalaciones de tenis cubiertas. En Schaffhausen (Suiza), por ejemplo, una cúpula de aire fabricada con material de lámina para la cubierta de una piscina de 58 metros de longitud y 28 metros de anchura costó aproximadamente ½ millón de CHF. Los costes de calefacción representan aproximadamente 1/6 de los costes de construcción, es decir, ascendieron a 81'000 CHF para el invierno de 2004/2005 y a 86'000 CHF para el invierno de 2005/2006. Con una membrana de 2x2 capas, debería ser posible reducir la demanda de calor y, por tanto, los costes de gas natural en aproximadamente un 30%.

20 [0003] Ya en marzo de 1993, la Oficina Federal Suiza de la Energía (OFSE) publicó el folleto "Utilización racional de la energía en piscinas cubiertas" con las siguientes cifras clave en relación con la capacidad cúbica o EBF, y dio los valores de consumo para las piscinas renovadas y de nueva construcción en 1993 con una envolvente de construcción convencional y sólida. Estos valores incluyen la suma del calor (principalmente combustibles fósiles) y la electricidad (incluido el tratamiento del agua, la ventilación, la iluminación, la ventilación de los vestuarios, etc.) necesarios para estos edificios.

Cuarto de baño	Superficie del agua (m <sup>2</sup> )	Baños renovados en 1993 (MJ/m <sup>2</sup> a)	Baños construidos en 1993 (MJ/m <sup>2</sup> a)
Pequeño	200-300	1'300	1100
Medio	Aprox. 00	1'100	900
Grande	Más de 1.000	1'000	800

[0004] En los edificios nuevos, la relación entre calor y electricidad es de aproximadamente 1:1. Por ejemplo, la piscina cubierta de Uster (Suiza), renovada en 1988, presenta los siguientes sumandos:

45  $E_{\text{térmica}}: 479 \text{ MJ/m}^2\text{a} + E_{\text{eléctrica}} 587 \text{ MJ/m}^2\text{a} = E_{\text{total}} 1'066 \text{ MJ/m}^2\text{a}$

Desde 1993, el cambio más importante ha sido la norma SIA 380/1 (edición de 2001), que introdujo una categoría separada de "piscinas cubiertas", teniendo en cuenta la elevada temperatura interior de 28 °C. Para una verificación individual de los componentes del edificio, esto dio lugar a unos requisitos de  $U_{\text{techo, pared}} = 0,18 \text{ W/m K}$  y  $U_{\text{ventana}} = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Klima Zürich, sin tener en cuenta la proporción máxima, MuKEN Módulo 2). No se dispone de cifras de consumo más recientes. Hoy en día, cabe suponer que las cifras de consumo de los baños nuevos pueden reducirse

a más de la mitad. Los ratios de calefacción y electricidad deben indicarse por separado y no - como en la tabla anterior - sumados sin ponderar.

[0005] A continuación se presenta un análisis energético de piscinas al aire libre con techo de cúpula de aire: Un componente decisivo es la membrana de la cúpula de aire. Con el estado actual de la técnica, la cubierta puede construirse con membranas de 2x2, lo que da como resultado un valor U de alrededor de 1,1 W/m<sup>2</sup>K. También existen cubiertas de membrana de 3 capas o de sólo 2 capas con un valor U significativamente inferior (3 capas aprox. 1,9 W/m<sup>2</sup>K). A la hora de cubrir una piscina, el sobrecoste de la mejor construcción merece la pena, habida cuenta de los elevados costes de seguimiento debidos al consumo de energía. Por otro lado, una cierta permeabilidad de la lámina a la radiación solar es un factor positivo. El valor g se estima en 0,1 (0,07 a 0,2). También hay que tener en cuenta que los componentes del edificio también provocan una disipación de calor hacia el suelo. En el caso de una piscina cubierta, estos componentes están bien aislados. Si una piscina exterior sólo está cubierta durante el invierno, estos componentes rara vez están aislados. Para reducir la pérdida de calor en el suelo, el aislamiento perimetral debe integrarse en los cimientos de hormigón 23 entre los dos anclajes de la membrana a una profundidad de aproximadamente 1 metro. Esto puede reducir la pérdida de calor en el suelo (para el cálculo, véase la norma EN 13370).

[0006] A continuación se muestra una comparación de la demanda de calor de diferentes estructuras de lámina para la cubierta de una piscina exterior en Schaffhausen, Suiza, con un valor g de 0,1:

Tamaño de la película	Película de 2 capas U = 2,7W/m <sup>2</sup> K	Película de 3 capas U = 2,7W/m <sup>2</sup> K	Película de 2x2 capas U = 2,7W/m <sup>2</sup> K
Cubierta de lámina que necesita calor	2'500 MJ/m <sup>2</sup> a	2'000 MJ/m <sup>2</sup> a	1'500 MJ/m <sup>2</sup> a
Necesidad de potencia calorífica pura a -8 °C en el exterior y +28 °C en el interior (sin ventilación)	200 kW	140 kW	80 kW

Esto significa que, incluso con una membrana de 3 capas (valor U de aproximadamente 1,9 W/m K), la demanda energética es de unos 2.000 MJ/m a. Este consumo es unas cuatro veces superior al de una piscina cubierta de tamaño medio construida en 1993. Por tanto, los requisitos aplicables para el aislamiento térmico según la norma SIA 38011 (edición de 2001) de aprox. 300 MJ/m<sup>2</sup>a no pueden cumplirse con una nave convencional con soporte de aire por un factor de 5 a 6. (Cálculos: Ingenieurbüro R. Mäder, CH-Schaffhausen, por encargo de EnFK.) La experiencia de funcionamiento de la piscina de Schaffhausen confirma estos elevados valores de consumo, como demuestra la evaluación de los datos de consumo de 2004 a 2006 realizada por Ingenieurbüro Mäder. En el caso de pabellones deportivos con requisitos de temperatura ambiente menos estrictos, se elaboró una comparación de los costes anuales para un pabellón típico de 35 metros x 35 metros. Esto demuestra que los costes adicionales de una membrana de 2x2 capas pueden amortizarse en general sólo con los menores costes de calefacción, incluso con temperaturas interiores más bajas, como se muestra en la tabla siguiente para un pabellón de tenis de 35 m x 35 m con 2 pistas:

Tamaño de la película	Película de 2 capas U = 2,8W/m <sup>2</sup> K	Película de 3 capas U = 1,70W/m <sup>2</sup> K	Película de 2x2 capas U = 1,10W/m <sup>2</sup> K
Cubierta de lámina que necesita calor	570 MJ/m <sup>2</sup> a	330 MJ/m <sup>2</sup> a	200 MJ/m <sup>2</sup> a
Necesidad de potencia calorífica pura a -8 °C en el exterior y +16 °C en el interior (sin ventilación)	110 kW	70 kW	50 kW

En resumen, puede afirmarse que las instalaciones deportivas cubiertas actualmente con cúpulas de aire no pueden cumplir los requisitos de aislamiento térmico de la envolvente del edificio. En concreto, cubrir una piscina exterior con una cúpula de aire conlleva un consumo energético muy elevado, que es más de cuatro o cinco veces superior al de una piscina cubierta "normal".

[0007] El documento US 4 186 530 A divulga una estructura aérea portante cuya cubierta exterior 16 está delimitada o presionada hacia el interior por mazos de cables 14 fijados externamente ("mazo de cables formado por una pluralidad de cables 14"), de modo que las secciones entre los cables tienen una curvatura hacia el exterior. Los paneles aislantes 20 se colocan dentro de estas secciones curvadas. En una realización como la mostrada en la figura

4, estos paneles 20 comprenden un soporte de plástico 22, una capa aislante 24 y una capa reflectante 26 hecha, por ejemplo, de una lámina de aluminio o de un material textil blanco. Las tiras de borde 28 forman puentes locales para conectar sin apretar los paneles aislantes 20 a la pared exterior 16. Entre ellos se forman aberturas de ventilación 32. Debido a las conexiones locales sueltas con la pared exterior 16, los paneles aislantes 20 forman vientos llenos de aire ("espacios 80"), que están curvados hacia el interior de la construcción portante de aire. Visto desde abajo, el aislamiento térmico está garantizado en la zona cubierta por los paneles aislantes 20, mientras que la zona 40 entre los paneles aislantes 20 forma un puente térmico o frío. Con el fin de aislar térmicamente también esta zona 40, debajo de los paneles aislantes 20 se disponen otros paneles aislantes 50 con una capa de soporte 52 y un material aislante térmico 54. Como puede verse en la figura 2, estos paneles 50 adicionales están conectados a los paneles 20 en la zona de mayor curvatura de los paneles 20 y forman una especie de techo debajo de los paneles 20. Los paneles 50 inferiores aíslan térmicamente las zonas 40 que cubren con sus superficies. Como resultado de esta disposición, el grado de aislamiento térmico es particularmente alto en la zona solapada por los dos paneles 20 y 50 de la presa. Las aberturas de aire 23 permiten el intercambio de aire entre los espacios 78 y 80 formados por los vientos de los paneles (columna 3, filas 29-33), mientras que las aberturas de aire 70 y 74 de los paneles inferiores 50 aseguran el intercambio de aire con el interior de la cúpula de aire. Gracias a las aberturas de aire 32, 70 y 74, la estructura soportada por aire puede bajarse o plegarse (columna 3, líneas 26-44). En el documento WO 2015/093964 A1, en una realización según la figura 2, una lámina de fachada reflectante del calor 27 está fijada al exterior de una cúpula de aire. En otra realización según la Figura 3, se divulga la estructura de una capa exterior de una tienda de campaña, en la que la propia capa de membrana 19 tiene propiedades reflectantes del calor ("capa de membrana reflectante del calor 19", cf. [0072]). DE 7826508-U1 muestra una cúpula de aire con un colchón de aire aislante del calor entre las dos pieles o membranas. Los términos reflexión térmica o reflexión térmica no se encuentran en ninguna parte, ni se utilizan materiales aislantes con capas metálicas. DE-20201005743-U1 muestra una envolvente de edificio con un elemento de aislamiento térmico. Según la sección [0009], se utiliza un material de espuma rígida y en [0010] también se mencionan capas metálicas de aluminio en el exterior del cuerpo aislante. Se forma una cavidad en la que se insufla aire, por lo que una lámina superior y una lámina inferior se estiran en consecuencia y dan a un cojín de lámina la forma deseada. En la cavidad se forma un colchón de aire como aislante, tal como se explica en [0017]. Tampoco se utilizan aquí los términos reflexión del calor o reflexión del calor. El documento JP-405141130-A muestra un tejado en forma de película con una doble capa de material de aislamiento térmico 32, 34 dentro de dos membranas 14 dispuestas una encima de la otra. Este documento se refiere principalmente a la estabilización de dicho tejado en caso de fuertes fuerzas del viento, en el sentido de que los cables 20 se desplazan sobre el tejado a través de rodillos 52, que están montados en varios puntos sobre elementos de sujeción 44 firmemente conectados a la membrana, y permiten el movimiento relativo de los cables 20 con respecto a la membrana 14 y los tensan hacia abajo. Cuando se inflan las membranas 14, la superior se encaja contra estos cables 20, lo que aumenta la estabilidad de la cubierta creada. En la parte inferior de la membrana superior 14, una primera capa aislante de fibra de vidrio o material similar, envuelta en una lámina de aluminio, está suspendida de la membrana 14 a través de unos elementos de fijación similares a láminas 34a fijados en algunos lugares. Una segunda capa aislante 34 está suspendida del mismo modo de la capa aislante superior 32 mediante elementos de fijación 34a. El documento DE-202004001154-U1 muestra una lona para cerrar un espacio, para encerrar estructuras de acero y postes de tienda. En [0016] se menciona que el material aislante puede estar laminado por uno o ambos lados, en particular con una laminación de una película de aluminio o plástico. También se menciona la reflexión de la radiación infrarroja, pero no se trata de una estructura autoportante, es decir, una cúpula de aire, y tampoco se mencionan materiales reflectantes del calor en forma de esteras insertables. Se dice que este diseño de una lona puede conseguir un gran efecto aislante, por ejemplo cuando se utilizan carpas industriales, pabellones ligeros y pabellones de acero. Por último, CN-202500227-U muestra un sistema de aislamiento térmico para una estructura de láminas que puede inflarse con aire. El sistema de aislamiento térmico comprende láminas interiores y láminas exteriores, donde las láminas interiores y las láminas exteriores están conectadas continuamente para formar un cuerpo combinado que consiste en cavidades independientes continuas. Las juntas de la lámina interior y las juntas de la lámina exterior están entrelazadas entre sí, y la distancia entrelazada en una dirección horizontal es de al menos 200 mm de longitud; y en cada cavidad independiente se rellena un material de aislamiento térmico. Los materiales de aislamiento térmico de las cavidades independientes vecinas se solapan entre sí. El objetivo general es evitar los puentes térmicos y reducir la conducción de la radiación por convección y reducir el consumo de energía de un edificio con una estructura que contiene burbujas de aire.

[0008] Basándose en este estado de la técnica, el objeto de la presente invención es proporcionar una cúpula de aire que ofrezca un aislamiento térmico significativamente mejor con el fin de cumplir los requisitos aplicables para el aislamiento térmico de la envolvente de un edificio. Para ello, se utilizan las conocidas esteras aislantes híbridas multicapa, compuestas por varias capas de láminas de aluminio metalizadas reflectantes de infrarrojos para una reflexión de infrarrojos altamente eficaz y con baja emisión intrínseca, así como de dos a ocho capas de láminas de colchón de aire reductoras de la absorción para conseguir distancias convectivas debido al aire atrapado en los montantes. Esta estructura de las esteras aislantes híbridas consigue un efecto convectivo óptimo para reducir las pérdidas de calor por transmisión, proporciona una reflexión infrarroja muy eficaz con baja emisión intrínseca y un blindaje eficaz contra la radiación, las ondas y los campos de alta frecuencia. La tarea consiste en detallar cómo se disponen y fijan estas esteras aislantes híbridas multicapa debajo de una membrana de la cúpula de aire para que sean altamente eficaces. Otra tarea de esta invención consiste en poder erigir dicha cúpula de aire más rápidamente y con mucha menos mano de obra, y poder volver a desmontarla con la misma rapidez y facilidad en caso necesario. Por último, una tercera tarea consiste en inundar dicha cúpula de aire con luz diurna (las ventanas no pueden conseguir una inundación completa hasta el centro) para crear un ambiente y una conexión atmosférica y visible con el mundo

exterior dentro de la cúpula de aire. El cuarto objetivo de esta invención es mejorar la acústica en el interior de la cúpula y crear así un ambiente más agradable.

[0009] Esta tarea se resuelve mediante una cúpula de aire con sus características según la reivindicación 1. La segunda tarea se resuelve mediante la variante B de la reivindicación 1, y la tercera y cuarta tareas se resuelven mediante un diseño especial según la reivindicación 7.

[0010] Los dibujos muestran realizaciones de tales cúpulas de aire y se describen a continuación con referencia a estos dibujos, se explica su estructura y se explica su efecto.

[0011] Se ve:

- Figura 1: Cimentación de banda aislada interiormente de hormigón con un perfil de conexión moldeado como carril de anclaje;
- Figura 2: Una franja de la membrana que se va a instalar extendida de un lado a otro de la nave;
- Figura 3: Sección a lo largo de la línea A-A de la figura 2, que muestra cómo se unen dos tiras de membrana a lo largo de su longitud con un perfil en el exterior;
- Figura 4: Sección a lo largo de la línea A-A de la figura 2, que muestra cómo se unen dos tiras de membrana a lo largo de su longitud con un perfil en el interior;
- Figura 5: Sección longitudinal de una tira de membrana que llega al suelo;
- Figura 6: Superposición de dos tiras de membrana a lo largo de sus bordes longitudinales;
- Figura 7: Estructura de una nave mediante tiras de membrana dispuestas en fila con sus bordes longitudinales conectados entre sí mediante una tubería y el perfil de conexión asociado, mostrados esquemáticamente;
- Figura 8: Perfil de conexión para dos tuberías que discurren por el borde longitudinal de una banda de película;
- Figura 9: Soldadura de una tubería en la zona del borde de una tira de membrana;
- Figura 10: Unión de una tubería, que está rodeada por una sección de lámina, soldando esta sección al borde de la tira de membrana;
- Figura 11: Conexión de dos tiras de membrana, cada una con una tubería a lo largo de su borde longitudinal, mediante un perfil de conexión según la figura 8;
- Figura 12: Unión de dos láminas de membrana a lo largo de sus bordes longitudinales, fijadas mediante un perfil de unión y una sola tubería, sólo en uno de los dos bordes de la membrana;
- Figura 13: Sección transversal de una cúpula de aire, láminas de película perpendiculares a la dirección de la vista y los perfiles de conexión de las tuberías, para conectar dos láminas de película vecinas;
- Figura 14: Dos láminas de membrana de 2 capas que deben unirse al insertar una estera reflectante del calor;
- Figura 15: Se muestra ampliada la inserción de una estera de reflexión térmica en una lámina de membrana de 2 capas, y la lámina de membrana de 2 capas vecina con un perfil de conexión que se desliza sobre las dos tuberías;
- Figura 16: Un lado frontal de un pabellón de tenis con soporte de aire, es decir, que discurre junto a las pistas de tenis, como pabellón de tenis con soporte de aire para dos pistas de tenis en un alzado;
- Figura 17: Construcción de la pared frontal con la lámina de aluminio insertada antes del inflado posterior de la cúpula de aire;
- Figura 18: Vista longitudinal de la cúpula de aire tras el inflado;
- Figura 19: Esta cúpula de aire, tal como se muestra en las figuras 16 a 18, vista en planta, con las líneas de campo de las dos pistas de tenis en su suelo;
- Figura 20: Vista frontal de una cúpula de aire para tres pistas de tenis;
- Figura 21: Planta de la cúpula de aire de la figura 20, con tres pistas de tenis dibujadas en el suelo;
- Figura 22: Alzado de la parte delantera o trasera de una cúpula de aire, es decir, que recorre el lado largo de las pistas de tenis, según el mismo principio de construcción;

- Figura 23: Vista aérea de una cúpula para tres pistas de tenis;
- Figura 24: Plano de otra versión de una cúpula de aire para dos pistas de tenis;
- Figura 25: El lado largo de esta cúpula de aire, como se muestra en las figuras 16 a 19, es decir, a lo largo de los extremos de las pistas de tenis, con un frente de ventana de 3,5 metros de altura desde el suelo, mostrado en alzado con las redes de tenis dibujadas;
- Figura 26: Esta cúpula de aire según las figuras 16 a 19 en una vista de uno de sus lados frontales, que recorren los lados largos de las pistas de tenis, con ventanas;
- Figura 27: Vista en perspectiva de esta cúpula de aire con ventanas, vista a través de las dos pistas de tenis;
- Figura 28: Vista en perspectiva desde el interior de esta cúpula de aire, mirando hacia el exterior sobre una pista de tenis en dirección a una esquina.

[0012] En las cúpulas de aire convencionales, la membrana que debe soportar la presión del aire está formada por varias tiras de membrana solapadas en los bordes y soldadas entre sí para formar una membrana de 2-3 partes hermética y sólida. Las 2-3 partes de la membrana se atornillan entre sí mediante placas de sujeción. A continuación, la membrana atornillada se une por todo su contorno a cimientos o anclajes al suelo. Esta membrana de una cúpula de aire convencional forma así una superficie continua y lisa por dentro y por fuera, y no es posible fijarle nada por dentro, salvo mediante pegado. Esto también imposibilita la aplicación de aislamiento térmico convencional.

[0013] En todas las realizaciones, las cúpulas de aire según la invención tienen un equipamiento muy especial para retener el calor dentro de la cúpula de aire. Sus láminas o membranas están provistas de un material reflectante del calor para el aislamiento térmico del edificio. Este material reflectante del calor está dispuesto en el interior de la membrana en forma de esteras, que se cortan de un rollo y se insertan, por ejemplo, en bolsas planas en forma de matriz que están soldadas a la membrana. Una vez insertadas las esteras termorreflectantes, los bolsillos se cierran, por ejemplo, con un cierre de velcro o una cremallera. De este modo, toda la membrana queda prácticamente cubierta por estas esteras termorreflectantes, que se introducen de forma invisible en los bolsillos.

[0014] Ventajosamente, las membranas también se construyen de una manera novedosa en comparación con las de las cúpulas de aire convencionales, a saber, a partir de varias tiras de membrana que se conectan entre sí a lo largo de sus lados longitudinales por medio de tuberías y perfiles de conexión de tuberías para formar una membrana completa. En primer lugar, esto es más rápido, requiere mucha menos mano de obra y también ofrece la ventaja de que la membrana se puede volver a desmontar fácilmente, lo que significa que la cúpula de aire en su conjunto se puede desmontar, trasladar y volver a montar en otro lugar con mucha más facilidad. Las láminas individuales de la membrana están equipadas con bolsillos especiales para su inserción, como se mostrará y explicará más adelante.

[0015] Para construir una cúpula de aire de este tipo, sólo se construye alrededor de la cúpula una banda de cimentación 23 de hormigón, que discurre longitudinalmente alrededor de la cúpula de aire a construir. Estos elementos de hormigón pueden empotrarse en tramos sucesivos en una zanja preparada. A esta cimentación de tiras 23 se fija un carril Halfen 26, que se suelda a un acero de anclaje 27 fundido en el hormigón, como se muestra en la figura 1. Las tiras de membrana 8, que llegan hasta el suelo, se introducen con su tubería terminal 5 por el lado frontal o extremo en la ranura receptora 30 de este perfil de anclaje 22, como muestra la flecha. De este modo, se crea una unión estanca a la tracción y al aire. Las tiras individuales de membrana 8 están conectadas entre sí a lo largo de sus bordes longitudinales, que también están equipados con tuberías, por medio de varios perfiles de conexión, de modo que una membrana completa se forma a partir de una pluralidad de tales tiras de membrana 8 que yacen unas junto a otras. Los perfiles de anclaje 22 están especialmente diseñados para que puedan insertarse en los carriles Halfen 26 abiertos con un movimiento de giro, tal como se indica mediante flechas en el interior del carril Halfen 26. Por último, el perfil de anclaje 22 cuelga con sus dos hombros inferiores 28 en la parte inferior de las dos alas 29 del carril Halfen 26. A continuación, se utilizan uno o varios ventiladores para generar una ligera sobrepresión con respecto a la atmósfera. Debido a esta sobrepresión, la membrana se eleva hacia arriba y se infla, manteniéndose estable en esta posición gracias a la baja sobrepresión. En el proceso, la membrana se tensa completamente en relación con la cimentación de banda de hormigón 23, a la que la membrana está conectada de forma tensada.

[0016] La figura 2 muestra una única tira de membrana 8 en una posición como si estuviera instalada en la membrana de un vestíbulo. Así, se extiende desde el suelo a través del centro de la sala hasta el suelo de nuevo en el otro lado. Por ejemplo, mediría 42 metros de longitud si se instalara a lo largo de una pista de tenis. Su anchura es de unos 3 a 5 metros, dependiendo del diseño. Tiene dos capas y forma una bolsa. En este bolsillo se inserta una estera reflectante del calor, como se describirá más adelante. Dichas esteras son material en rollo disponible en anchuras de 2,5 metros, por ejemplo, con un grosor de aprox. 25 mm. Se puede insertar una tira de 2,5 m x 42 m de longitud en el bolsillo de una tira de membrana, o se pueden introducir en el bolsillo dos esteras de reflexión térmica de este tipo, ligeramente solapadas a lo largo de su borde longitudinal, a lo largo de toda la tira de membrana. Para ello, la tira de membrana de doble capa se suelda por tres lados y un lado largo se deja inicialmente abierto para formar un bolsillo. Esto permite insertar una tira de lámina termorreflectante a lo largo de toda la tira de membrana. A continuación, se suelda la abertura de la cavidad en la tira de membrana para que ésta quede herméticamente sellada en todo su contorno, y después se unen varias tiras de membrana mediante perfiles de unión con la tubería a lo largo de sus bordes.

[0017] La figura 3 muestra una sección transversal en el punto A-A de la tira de membrana 8, en la que puede verse que se produce un solapamiento de las dos tiras 8 a lo largo de su borde longitudinal, de modo que una película reflectora del calor se extiende siempre de forma continua entre los lados interior y exterior sobre las tiras de membrana ensambladas. La figura 3 muestra que una tubería 5 con una sección de película 6 está soldada a la parte superior de la tira de membrana 8 de la izquierda. El borde longitudinal de la tira de membrana 8 de la derecha se encuentra sobre el borde longitudinal de la tira de membrana 8 de la izquierda. Su borde desemboca en una sección 7, que se guía por encima y alrededor de la tubería 5. A continuación, se coloca un perfil de conexión 1 sobre la tubería 5, creando una conexión de tracción transversal entre estas dos tiras de membrana 8. Las esteras de reflexión del calor 13 pueden verse en el interior de las dos tiras de membrana 8, aunque se solapan ligeramente a pesar de estar en bolsas diferentes. Sin embargo, esto crea una capa continua de reflexión del calor a través de la conexión entre las dos tiras de membrana 8 y evita la formación de un puente frío o térmico. La tira de membrana 8 forma directamente la membrana exterior, hecha de un material que se utiliza convencionalmente para los requisitos de una membrana exterior, y pesa alrededor de 1kg/m<sup>2</sup>, y la membrana interior podría en principio hacerse más delgada. Pero dado que durante la construcción de la nave descansa sobre el suelo, debe ser al menos lo suficientemente resistente al desgarro, con un peso aproximado de 500 a 600 gramos/m<sup>2</sup>. Está impregnada para evitar la formación de hongos y moho, y ambas membranas también están impregnadas para repeler la suciedad, como ya se hace convencionalmente. Entre cada una de estas dos membranas se forma un bolsillo para la estera reflectante del calor 13.

[0018] La figura 4 muestra el mismo principio, salvo que aquí las tuberías se dirigen hacia abajo, es decir, hacia el interior de la nave, y los perfiles de conexión se fijan a la parte inferior de la membrana interior. Estos perfiles pueden estar especialmente diseñados con una ranura en su parte inferior, en la que pueden colgarse, por ejemplo, dispositivos de iluminación, redes, tabiques, cortinas, etc. Ventajosamente, las membranas interiores están perforadas para lograr un aislamiento acústico eficaz. El sonido, como el que se genera en los pabellones de tenis por el impacto de las pelotas o en las piscinas, donde es regularmente fuerte, es eficazmente interrumpido por la membrana interior perforada y se consigue un clima acústico mucho más agradable.

[0019] La figura 5 muestra la sección a lo largo de la línea B-B de la figura 2. La tira de membrana de doble capa 8 se junta en la sección inferior dirigida hacia el suelo y se despliega formando una solapa plana 24. Ésta se pliega hacia el interior del vestíbulo y se apoya en el suelo. Ésta se pliega en la parte inferior de la nave y se apoya en el suelo. En la parte exterior de la membrana exterior 8 puede verse un tubo soldado 5 que sirve para unirla al suelo. Se inserta en un perfil que forma un carril de anclaje sobre una cimentación de listones.

[0020] La figura 6 muestra una superposición en vista en perspectiva. La tira de membrana 8 de la izquierda de la figura se solapa con la tira de membrana 8 de la derecha de la figura. Esta tira de membrana de la derecha se prolonga en una película de una sola capa que se guía sobre la tubería 5 y la rodea firmemente y se extiende un poco más allá de la tubería 5. Preparado de este modo, se puede deslizar un perfil de conexión sobre la tubería 5.

[0021] La figura 7 muestra una representación esquemática de varias tiras de membrana 8, dispuestas una al lado de la otra. En un centro de tenis cubierto, por ejemplo, se extienden ventajosamente a lo largo de las pistas de tenis y las abarcan así transversalmente a la dirección de las redes de tenis en las pistas.

[0022] A continuación, se explica la construcción de una membrana a partir de bandas de película unibles de forma separable en una realización alternativa. Con este fin, en la figura 8 se muestra en primer lugar un posible perfil de conexión de tuberías 1. Este perfil está formado por un perfil extruido de aluminio que forma una ranura 4 en cada uno de sus extremos. Está formado por un perfil extruido de aluminio, que forma una ranura 4 en cada uno de sus dos lados largos a modo de toma de tuberías 2. En el ejemplo mostrado, cada una de dichas tomas de keder 2 está formada por un tubo que presenta una ranura o acanaladura longitudinal 4, de modo que la circunferencia del tubo se extiende sólo unos 270°. Las dos aberturas o ranuras 4 de las dos tomas de keder 2 están orientadas hacia fuera, alejadas la una de la otra, y los dos tubos están unidos entre sí en una sola pieza mediante una banda de unión 3. Para unir dos tiras de membrana 8 se utilizan perfiles de conexión 1 de aproximadamente 30 cm a 50 cm de longitud.

[0023] Las bandas de película 8 con su bolsillo 12, que pueden conectarse a dichos perfiles de conexión 1, están equipadas con tuberías 5 a lo largo de sus bordes longitudinales. Para ello, estos tubos 5 están diseñados, por ejemplo, como se muestra en la figura 9, como perfiles redondos de plástico de una sola pieza con una prolongación 6 que sobresale radialmente. Una lámina de dos capas 8 está separada a lo largo de su borde en dos solapas 7, que encierran la prolongación 6 por ambos lados y están firmemente soldadas a ella. De este modo se crea una unión por tracción entre la tubería 5 y la lámina 8. El borde de una lámina 8 también puede soldarse a un solo lado de la prolongación 6, en cuyo caso la aplicación de la fuerza no es completamente simétrica.

[0024] Alternativamente, un perfil de caucho redondo 11 puede servir como tubería 5, que está rodeada por una película 10, por lo que la película 10 se extiende hacia fuera en dos secciones de borde 9, como se muestra en la figura 10. Estas dos secciones de borde 9 pueden alojar una banda de película 8 con su bolsillo 12 a lo largo de su borde longitudinal a ambos lados entre ellas y están firmemente soldadas a la zona del borde de la banda de película 8 a ambos lados. Esto también crea una conexión de tracción transversal a la tubería 5.

[0025] La figura 11 muestra una posibilidad de unión de dos bandas de película 8 vecinas, cuyos bordes longitudinales están equipados cada uno con un keder 5. Los perfiles de unión 1 se empujan longitudinalmente a las bandas de película 8 sobre su keder 5, uno tras otro. Las hendiduras creadas entre los distintos perfiles de conexión consecutivos 1 permiten curvar una membrana creada de este modo, incluso con un radio relativamente pequeño. Las ranuras entre los sucesivos perfiles de conexión 1 pueden sellarse utilizando un compuesto de sellado elástico. Lo ideal es que las secciones de los perfiles de conexión sean lo más largas posible. Dependiendo del grosor de la pared de los perfiles, pueden doblarse en un radio de varios metros de longitud, lo que permite crear una cúpula de membrana completa de un lado a otro con sólo unos pocos tramos de perfil. En el caso de un pabellón de tenis, la lámina de membrana 8, que se extiende a lo largo de las pistas, tiene una longitud aproximada de 42 metros. Unas pocas secciones de perfil de conexión fáciles de transportar son suficientes, por ejemplo 3 secciones de 14 m de longitud, o 4 secciones de 10,5 m o 6 secciones de 7 m de longitud.

[0026] La figura 12 muestra una opción alternativa para conectar dos bandas de película 8 vecinas. En este caso, sólo la banda de película 8 de la izquierda de la imagen está equipada con un keder 5. La sección longitudinal de la banda de lámina 8 de la derecha se enrolla alrededor de la tubería 5 de la otra banda de lámina 8 y, a continuación, se empuja un perfil de conexión 1 sobre la tubería, que se eleva 90°, tal como se muestra. De este modo se rodea el keder 5 en más de 270° aproximadamente y se consigue una unión por tracción de las dos bandas de lámina 8 transversalmente al keder 5. Los perfiles de conexión individuales 1 miden, por ejemplo, entre 30 y 50 cm aproximadamente, por lo que pueden ser colocados por un solo montador. Opcionalmente, también pueden utilizarse secciones de perfil más largas, hasta la longitud máxima transportable.

[0027] La figura 13 muestra una sala de tenis en sección transversal. Las tiras de lámina 8 corren transversalmente a la dirección de la vista y se extienden hacia arriba desde el suelo, sobre el cenit de la cresta hacia el otro lado y luego de vuelta al suelo. Los perfiles de conexión 1 se deslizan longitudinalmente a las tiras de lámina sobre su canalización 5, uno tras otro. Las ranuras creadas entre los distintos perfiles de conexión consecutivos 1 permiten curvar la membrana, incluso con un radio relativamente pequeño. Estas ranuras pueden sellarse con un compuesto de sellado elástico.

[0028] La figura 14 muestra dos bandas de película 8, que están unidas con perfiles de conexión 1. Las bandas de película 8 son películas convencionales de plástico reforzado con textiles, idealmente de 3 a 5 metros de ancho. Pueden transportarse a la obra en rollos, por ejemplo en longitudes de 42 metros, para formar una longitud de cúpula completa en una sola pieza. Si se transportan en tramos más cortos, se pueden soldar convencionalmente en la obra solapándolos ligeramente unos centímetros para conseguir la longitud requerida. Como característica especial, estas tiras de película 8 están ahora equipadas con bolsillos 12. Estos bolsillos 12 se extienden a lo ancho de las tiras de película 8. Estos bolsillos 12 se extienden a lo ancho de las tiras de película 8 entre las tuberías 5, es decir, tienen una anchura aproximada de 3 m a 5 m, y son ligeramente más profundos de 1,5 m a 2,5 m, de modo que después de insertar una estera de 1,5 m o 2,5 m de ancho, se forma un borde libre, que puede ajustarse con cierres de velcro en el lado abierto de los bolsillos en el interior. El fondo y los lados de los bolsillos están firmemente soldados a la lámina 8 o remachados o pegados a ella. En estos bolsillos se insertan esteras de reflexión térmica 13 de las mismas dimensiones, es decir, esteras de 1,5 m a 2,5 m de ancho y de 3 m a 5 m de largo. Por supuesto, los bolsillos 12 y las esteras de reflexión térmica 13 que se insertan en ellos también pueden ser más pequeños.

[0029] Estas esteras reflectantes del calor se conocen, por ejemplo, como Lu.po.Therm B2+8 y se pueden adquirir en LSP GmbH, Gewerbering 1, A-5144 Handenberg. Se suministran en rollos de 1,5 m o 2,5 m de ancho y pueden cortarse en secciones 13 a partir de estos rollos, es decir, a la anchura respectiva de las tiras de película 8, mientras que la profundidad de las bolsas 12 está diseñada para adaptarse a la anchura de los rollos. Estas esteras multicapa de reflexión térmica están disponibles en versiones de hasta 12 cm de grosor.<sup>42</sup> Mientras que los materiales de aislamiento térmico como la lana mineral, el politrol, el poliuretano, la celulosa, la lana de madera, el cáñamo u otros sólo son capaces de aislar con una  $\lambda > 0,026 \text{ W/mK}$ , tales materiales ignoran el hecho de que el calor radiante representa una proporción mucho mayor de la pérdida de calor en relación con la temperatura, más del 90%, porque  $T^4 = W/m^2$ . Cuanto mayor es la temperatura, más dramática es la proporción de calor radiante que, en última instancia, provoca la pérdida de calor. El aislamiento térmico se consigue en cascada si la estera reflectante del calor está formada por varias capas, con un gran número de interacciones acumulativas. Estos materiales reflectantes del calor consiguen reflejar casi el 100% del calor radiante entrante. Esto significa que, en invierno, la mayor parte del calor se refleja en el interior de la cúpula de aire. Por el contrario, en verano, la radiación de calor del sol se refleja y el interior de la cúpula de aire permanece agradablemente fresco, lo que se agradece especialmente cuando se juega al tenis. Las especificaciones técnicas de estas alfombrillas reflectantes del calor son las siguientes:

Características técnicas	Rendimiento	Especificaciones técnicas armonizadas
Rendimiento de aislamiento térmico	$U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ $WLZ (\Lambda) = 0,003 \text{ W/mK}$ $R=10 \text{ m}^2\text{K/W}$	Emisividad a partir de 2.2.6 ETA-12/0080, válido hasta el 25.07.2017

Barrera de vapor = 1 <sup>a</sup> capa	$S_d = 1500\text{m}$	EN 12086 + EN 13984
Abierto a la difusión desde la 2 <sup>a</sup> capa	$S_d = 10 \text{ m}$	DIN 52615
Comportamiento del fuego	Clase E	EN-13501-1 + A1
Reflejos infrarrojos	84%, 95%, 95%, 95% + 82%	CUAP 12.01/12, Apéndice B+C
Protección contra la niebla tóxica	HF 40 dB = 99,99 %.	Sonda de campo cercano calibrada

[0030] Estas alfombras de reflexión térmica se instalan preferentemente en un centro de tenis cubierto en una versión de 3 cm de espesor. Están soldadas en todo su contorno, sólo para su fijación, es decir, no están apretadas ni firmes. Una perforación de rejilla con roscas en forma de T proporciona la superficie exterior abierta a la difusión. Esto significa que la desgasificación del punto de rocío ya está incorporada. Los productos adecuados incluyen el aislamiento térmico Lu.Po Therm B2+8 o cualquier otra estera con propiedades técnicas y mecánicas similares en el ámbito de la reflexión térmica. Lu.Po Therm B2+8 es adecuada porque es fina, fácil de doblar y flexible. Como estas esteras de reflexión del calor son muy flexibles, su instalación no supone ningún problema incluso en esquinas y contornos. No son higroscópicas, por lo que ofrecen un efecto reflectante constante. Es preferible construir este tipo de edificio con

- 5 soporte de aire con una membrana de doble piel con un material reflectante del calor para el aislamiento térmico del edificio insertado en bolsillos 12 en el interior de la membrana interior. Como estera reflectante del calor se utiliza ventajosamente una estera aislante híbrida multicapa con láminas de aluminio reflectantes de infrarrojos integradas de alta eficiencia energética. Con dos a ocho capas de láminas de colchón de aire que reducen la absorción se consiguen distancias convectivas gracias al aire atrapado en los montantes y, por tanto, un efecto convectivo óptimo. 10 Esto reduce las pérdidas de calor por transmisión. Las esteras de reflexión térmica 13 contienen hasta cinco capas de láminas metalizadas para una reflexión infrarroja altamente eficaz con baja emisión intrínseca. Además, ofrecen un blindaje muy eficaz contra la radiación de alta frecuencia, las ondas y los campos. 15

[0031] El hecho de que las esteras termorreflectantes a insertar sean muy ligeras -con un peso específico de sólo 0,430 kg/m<sup>2</sup> también resulta atractivo desde el punto de vista estructural. Para una cúpula de aire para tres pistas de tenis, con una superficie de membrana de 2,324 m<sup>2</sup>, esto supone una carga adicional de 999,32 kg, es decir, aproximadamente una tonelada. En comparación con las cargas de nieve que hay que soportar y la carga muerta de las membranas, esto es casi insignificante.

[0032] **La figura 15** muestra una banda de película 8 con un único bolsillo 12, en el que se inserta una esterilla de reflexión de calor 13 en el lado abierto de modo que llene toda la superficie del bolsillo 12. La abertura de los bolsillos 12 puede estar equipada con cierres de cremallera 14 para que los bolsillos 12 puedan cerrarse casi herméticamente una vez insertada la esterilla de reflexión de calor 13. En lugar de los cierres de cremallera 14 para el cierre, los bolsillos también pueden soldarse herméticamente. Las bolsas 12 están dispuestas en una banda de película 8 en una fila adyacente o en una matriz con varias filas de bolsas. Cada uno de ellos está provisto de una estera reflectante del calor 13.

[0033] Las cúpulas de aire, que están equipadas con tales esteras especiales de reflexión del calor 13, que entonces cubren prácticamente toda la superficie de la membrana dentro o fuera en los bolsillos 12, proporcionan un valor U global mucho mejor que antes, a saber, por debajo de 1,0 W/m<sup>2</sup>K. Además de las esteras de reflexión del calor 13, también se pueden utilizar membranas acústicas especiales como membranas interiores, que también se insertan en los bolsillos 12. Esto permite adaptar la acústica de la sala a diferentes suelos y personalizarla para que se perciba como agradable. En este caso, la membrana interior perforada del pabellón rompe el ruido. En las salas de tenis, el ruido de los golpes se absorbe en gran medida. El resultado es una acústica mucho más agradable que hasta ahora en las salas de tenis cubiertas.

[0034] Las láminas individuales 8 pueden conectarse mediante los perfiles de conexión 1 y sus tuberías 5 a lo largo de sus bordes longitudinales de manera que se bloqueen por tracción hasta que toda la membrana esté montada de esta manera en la obra y se apoye en el suelo. Los perfiles de conexión, como se muestra en **la figura 8**, pueden disponerse en el interior o en el exterior de la membrana. Los bordes exteriores de la membrana construida se unen entonces firmemente al suelo o al marco de la ventana. En cualquier caso, si las láminas 8 se conectan de este modo con perfiles de conexión 1 para tuberías 5, no es necesario utilizar uniones atornilladas de placas de sujeción, cuya instalación es comparativamente mucho más compleja.

[0035] **La figura 16** muestra una cúpula de aire para dos pistas de tenis vista lateralmente, que se extiende a lo largo de los lados largos de las pistas de tenis. Como característica especial, está construida con un frente de ventana. La fila inferior está provista de láminas de plástico transparentes, las denominadas láminas de ETFE, que están provistas de un ribete en todo el perímetro y que simplemente deben insertarse en los perfiles de los marcos de las ventanas 15 a 18. La altura de la hilera inferior de ventanas es de unos 5,2 metros, y la anchura de estas ventanas es de 5 metros. Por lo tanto, tienen una forma casi cuadrada. Si se utilizan más travesaños intermedios, también es posible instalar cristales de ventana inastillables. Como muestra **la figura 17**, los dos puntales de perfil 18 se colocan

inicialmente de forma inclinada en los extremos exteriores y se dejan sueltos. La lámina más externa 8 de la membrana montada se fija a ellos desde abajo hacia arriba, de nuevo mediante una conexión de tuberías. Desde el extremo superior de estos puntales de perfil 18 más exteriores, la lámina 8 todavía discurre suelta y descansa sobre el suelo en el centro, y en el otro extremo se conecta de nuevo de la misma manera al perfil 18 más exterior suelto allí. Se extiende aquí a lo largo de aproximadamente 42 metros.

[0036] A partir de la situación mostrada en la **figura 17**, la membrana, que por lo demás está anclada al suelo por ambos lados en la dirección perpendicular al plano de la hoja de dibujo de manera convencional y ajustada, y que también está sujetada a dicho frente de ventana en el extremo posterior de la misma manera que aquí, se infla activando los sopladores y soplando aire en el interior. Comienza a inflarse y se eleva. Los puntales exteriores 18 adoptan gradualmente las posiciones mostradas en la **figura 18** y, a continuación, se conectan firmemente a las esquinas superiores de la pared perfilada ya levantada y también se anclan al suelo en la parte inferior. A continuación, se instalan los puntales superiores 19 tal como se muestra en la figura 16 y, en cuanto los bordes exteriores de las tiras de lámina más externas 8 alcanzan esta altura, estos bordes se fijan a lo largo de los bordes superiores 19 del frente del perfil mediante la inserción de perfiles de unión de tuberías. De este modo, la membrana se va sellando cada vez mejor hasta que queda completa y firmemente fijada en todo su contorno con sus bordes al suelo o a los frentes de perfil 19.

[0037] La **figura 19** muestra este centro de tenis cubierto en planta, con las dos pistas de tenis con sus marcas de pista 20 y redes 21 dibujadas. La sala tiene, por tanto, una planta cuadrada de 36 metros de lado. Los frentes de las ventanas se extienden a lo largo de los lados largos de las pistas de tenis, de modo que reciben muchos menos impactos de pelotas que, por ejemplo, los lados transversales que dan a las pistas de tenis.

[0038] La **figura 20** muestra un pabellón de tenis para tres pistas de tenis. De nuevo, el frente de ventanas de 36 metros de largo se extiende a lo largo de los lados largos de las pistas de tenis, como puede verse en el plano de planta de la **figura 21**, y los lados de la cúpula de aire en los que la membrana llega hasta el suelo miden 53,9 metros. La **figura 22** muestra la pared de perfil de este pabellón de tenis con las ventanas de 5 metros de ancho y 9 metros de alto, y la **figura 23** muestra una vista de pájaro de este pabellón de tenis. A diferencia de las cúpulas de aire convencionales, este pabellón tiene un tejado en forma de tonel en lugar de una cúpula con un cenit que se extiende continuamente hasta el suelo por todos los lados.

[0039] La **figura 24** muestra otro diseño, aquí basado inicialmente en la planta. Está diseñado para dos pistas de tenis y mide 36m x 36m. En la **figura 25**, se muestra en una vista desde el lateral que recorre los extremos de las pistas de tenis, por lo que las redes 21 de las pistas de tenis se muestran en el interior de la nave. A izquierda y derecha, esta cúpula de aire tiene superficies verticales de 3,5 m de altura con ventanas, desde cuyo borde superior la membrana se fija lateralmente con sus tuberías a los perfiles 16. Desde el perfil 16, la membrana se eleva en ángulo oblicuo hasta la cresta de 9 m de altura. La **figura 26** muestra esta cúpula de aire vista desde el frente de una ventana. Las ventanas individuales miden 5 m de largo y 3,5 m de alto, y las más exteriores son triángulos casi equiláteros, y todo el frente de ventana mide 36 m de largo.

[0040] La **figura 27** muestra este pabellón de tenis en una vista en perspectiva y da una mejor idea de las ventajas que ofrece un frente de ventana de este tipo para el ambiente. En el ejemplo mostrado, el marco de las ventanas sigue estando arrostrado contra el exterior con los puntales 25 dispuestos oblicuamente para absorber el aumento de la presión interna. El hecho de que las cúpulas de aire convencionales impidan la comunicación visual con el mundo exterior suele percibirse como una grave desventaja de este tipo de pabellones de tenis y el público sólo lo acepta a regañadientes. Un pabellón de tenis aéreo con un frente de ventanas continuo a ambos lados está inundado de luz natural y ofrece una atmósfera de juego inigualable en comparación con un pabellón de tenis aéreo convencional. Desde el exterior, la cúpula aérea parece más ligera y estilísticamente más convincente, menos voluminosa y más dinámica. Por último, la **figura 28 muestra la vista desde el interior** de una pista de tenis hacia el exterior.

[0041] En resumen, una cúpula de aire de este tipo ofrece toda una serie de ventajas técnicas impresionantes con respecto a las construcciones convencionales.

1. Enorme mejora del aislamiento térmico de la cúpula de aire gracias a la convección del calor radiante en las esteras de reflexión del calor.
2. Un aislamiento acústico muy mejorado aumenta la sensación de bienestar en el interior.
3. Los frentes de ventana continuos en uno o ambos lados inundan el vestíbulo de luz natural, lo que mejora notablemente el ambiente.
4. La sencilla manipulación con tuberías 5 que pueden insertarse en los perfiles de conexión 1 facilita enormemente el montaje de la cúpula de aire. Se necesita mucho menos personal tanto para el montaje como para el desmontaje. En lugar de 20 montadores, el trabajo puede ser realizado por 4 montadores. El tiempo de montaje se reduce considerablemente gracias a la sencilla manipulación. Esto ahorra costes.

5. Los paneles o tiras de membrana 8 de la cúpula de aire pueden desmontarse fácilmente en primavera y enrollarse sobre ruedas, lo que facilita mucho su almacenamiento en comparación con una cúpula de aire convencional.
5. 6. No se necesitan herramientas especiales para su instalación. Los perfiles de conexión pueden deslizarse sobre las tuberías con la mano. No es necesario atornillar placas de sujeción.
7. Las cimentaciones en banda 23 pueden fabricarse en fábrica como elementos prefabricados de hormigón y transportarse a la obra completas con los raíles de anclaje insertados y las conexiones de aislamiento preparadas y colocarse allí.
10. 8. Los cimientos de tiras están equipados con perfiles de unión 1 como carriles de perfil de anclaje 22, de modo que sólo es necesario insertar su tubería final 5 en los perfiles de unión 1 para fijar las tiras de lámina 8 al suelo.
9. No es necesario realizar más trabajos de hormigonado in situ.

Lista de dígitos

[0042]

- |    |    |  |
|----|----|--|
| 15 | 1  | Perfil de conexión para tuberías                                     |
| 15 | 2  | Tubos para formar ranuras  |
|    | 3  | Puente de conexión   |
|    | 4  | Ranura longitudinal en el perfil de unión 1                          |
|    | 5  | Tuberías   |
|    | 6  | Extensiones Keder  |
| 20 | 7  | Paño en el borde de la película                                      |
|    | 8  | Web de cine  |
|    | 9  | Secciones de borde de la película 10 alrededor del perfil de goma 11 |
|    | 10 | Lámina adyacente al perfil de goma 11                                |
|    | 11 | Perfil redondo de goma   |
| 25 | 12 | Bolsillo en película web 8   |
|    | 13 | Estera reflectante del calor   |
|    | 14 | Cierre de velcro para cerrar la bolsa 12                             |
|    | 15 | Perfil del marco en la parte inferior de la ventana                  |
|    | 16 | Perfil del marco en la parte superior de la ventana                  |
| 30 | 17 | Perfil de marco vertical en la ventana                               |
|    | 18 | Perfil del bastidor sesgado en el extremo exterior                   |
|    | 19 | Puntales superiores a lo largo de la membrana                        |
|    | 20 | Líneas de campo pista de tenis                                       |
|    | 21 | Red de tenis   |
| 35 | 22 | Perfil de anclaje  |
|    | 23 | Listones de cimentación de hormigón                                  |
|    | 24 | Solapas de extremo Tiras de membrana                                 |
|    | 25 | Puntales para absorber la presión interna en el frente de la ventana |
|    | 26 | Carril Halfen  |

## ES 2 983 708 T3

- 27 Anclaje de acero en bandas de cimentación de hormigón
- 28 Faja en el carril Halfen
- 29 Hombros sobre perfil de anclaje 22
- 30 Ranura de montaje perfil de anclaje 22

## REIVINDICACIONES

1. Cúpula de aire con una o varias envolturas de membrana de material de película plástica, al menos una estera reflectante del calor (13) en forma de estera aislante híbrida multicapa dispuesta en el interior de al menos una envoltura de membrana, que consta de varias capas de láminas de aluminio metalizadas reflectantes de infrarrojos para una reflexión de infrarrojos altamente eficaz y con baja emisión intrínseca y de dos a ocho capas de láminas de colchón de aire reductoras de la absorción para lograr distancias convectivas a través del aire encerrado en los montantes y, por tanto, un efecto convectivo óptimo para reducir las pérdidas de calor por transmisión, para una reflexión de infrarrojos altamente eficaz con baja emisión intrínseca y para un blindaje eficaz contra rayos, ondas y campos de alta frecuencia,
- 5 10 caracterizado porque
- A) dichas esteras aislantes híbridas multicapa se insertan en bolsillos planos dispuestos en forma de matriz en la cubierta de la membrana, en cuyo lado abierto se insertan los bolsillos de manera que se rellenen, estando los bolsillos soldados al interior de la cubierta de la membrana y cuyos lados abiertos se cierran mediante un cierre autoadherente o mediante un cierre de cremallera tras la inserción de las esteras reflectantes del calor (13),
- 15 20 25 30 35 40 45 50 55 o
- B) en que, en el caso de varias envolturas de membrana de material de película plástica, la membrana exterior e interior está construida a partir de varias tiras de membrana (8) separadas que se extienden paralelas entre sí en dirección uniforme sobre toda la cúpula de aire y que están conectadas a lo largo de sus bordes longitudinales mediante al menos una tubería (5) a un perfil de conexión de tuberías (1) con perfil de ajuste de tuberías (2) de forma traccionada en la dirección transversal a las tiras de membrana (8), formando cada una de dichas tiras de membrana (8) una cavidad hermética (12) en la que se insertan una o más esteras reflectoras del calor (13) para llenar la cavidad (12).
2. Cúpula de aire según la reivindicación 1, caracterizada porque en el caso B) las tiras de membrana (8) tienen en sus regiones extremas, a una distancia de 50 cm a 100 cm del extremo, una tubería (5) que discurre transversalmente a la tira de membrana (8), mediante la cual se anclan a un carril de anclaje (22) con perfil de unión de tuberías (1) con perfil de ajuste de tuberías, y la solapa (24) formada entre la tubería (5) y el extremo de la tira de membrana (8) se pliega hacia el interior de la cúpula sobre el suelo.
3. Cúpula de aire según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque en el caso B) las membranas exterior e interior están construidas a partir de tiras de membrana herméticas (8) que se solapan entre sí en cierta medida a lo largo de sus bordes longitudinales, de modo que las esteras de reflexión del calor (13) insertadas en ellas también se solapan en cierta medida y la cúpula queda así continuamente cerrada por esteras de reflexión del calor (13).
4. Cúpula de aire según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque en el caso B) las tiras de membrana paralelas (8) están conectadas entre sí de tal manera que en cada caso el borde longitudinal de una tira de membrana (8) está conectado a una tubería (5), y la región del borde de la tira de membrana contigua (8) encierra esta tubería (5) de manera solapada, y uno o más perfiles de conexión de tuberías (1) con montajes de tuberías se empujan sobre la tubería (5).
5. Cúpula de aire según una de las reivindicaciones anteriores, en la que en el caso B) los perfiles de unión keder (1) con perfil de ajuste keder (2), con los que las tiras de membrana (9) están unidas entre sí, tienen ranuras en el lado opuesto al perfil de ajuste keder (1) o en las dos paredes laterales, para suspender objetos en la parte inferior de la membrana interior de la cúpula de aire, tales como dispositivos de iluminación, redes, cortinas, tabiques, etc., y para suspender objetos en la parte inferior de la membrana interior de la cúpula de aire.
6. Cúpula de aire según la reivindicación 1, caracterizada porque en el caso A) la al menos una membrana está provista en su cara inferior de bolsas (12) herméticas planas, soldadas, pegadas, cosidas o remachadas, dispuestas en filas y abiertas cada una por un lado, para insertar una esterilla reflectante del calor (13) multicapa en forma de esterilla aislante híbrida con láminas metalizadas o láminas de aluminio reflectantes de la radiación infrarroja, estando dichas aberturas cerradas de forma aproximadamente hermética mediante un cierre de cremallera (14) o de forma hermética mediante soldadura.
7. Cúpula de aire según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque en el caso B) las tiras de membrana (8) para el interior de la cúpula de aire están perforadas para provocar la refracción del sonido y mejorar así la acústica acústica en el interior de la cúpula, o porque la cúpula de aire tiene una estructura de marco en al menos un lado longitudinal o transversal, que está conectado al material de membrana adyacente, en el que se inserta una lámina de ETFE transparente en al menos un perfil de marco de ventana (15-18) de la estructura del marco o, si se utilizan puentes intermedios, el perfil de marco de ventana está provisto de un cristal de ventana inastillable.

8. Cúpula de aire según una de las reivindicaciones precedentes 1 a 5, o 7, caracterizada porque las tiras de membrana (8) miden de 3 a 5 metros de ancho y corresponden en longitud a la envergadura de la cúpula de aire que se va a erigir, de modo que se crea una membrana de techo sin juntas en toda su longitud.
- 5 9. Cúpula de aire según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque se sujet a lo largo del límite de su planta sobre cimientos prefabricados de listones de hormigón prefabricado (23) que se empotran en secciones de una zanja que rodea la cúpula de aire y en cuya cara superior se fija un perfil de media caña (26) con una abertura hacia arriba, y en que los perfiles de anclaje (22) con la tubería (5) de la membrana insertada en su ranura receptora (30) pueden girar con sus hombros inferiores (29) en la abertura de este perfil Halfen (26) y pueden suspenderse en él por los bordes de abertura (28) del mismo, para la conexión por tracción de la membrana a la cimentación prefabricada de tiras de hormigón (23).
- 10 10. Método de construcción de una cúpula de aire según la reivindicación 1, en el que un material reflectante del calor en forma de esteras (13) está dispuesto en el interior de una membrana o, en el caso de una pluralidad de cáscaras de membrana, en el interior de una de las membranas.
- 15 11. Utilización de un material reflectante del calor en forma de esteras (13) para el aislamiento térmico de una cúpula de aire según la reivindicación 1.

Fig. 1

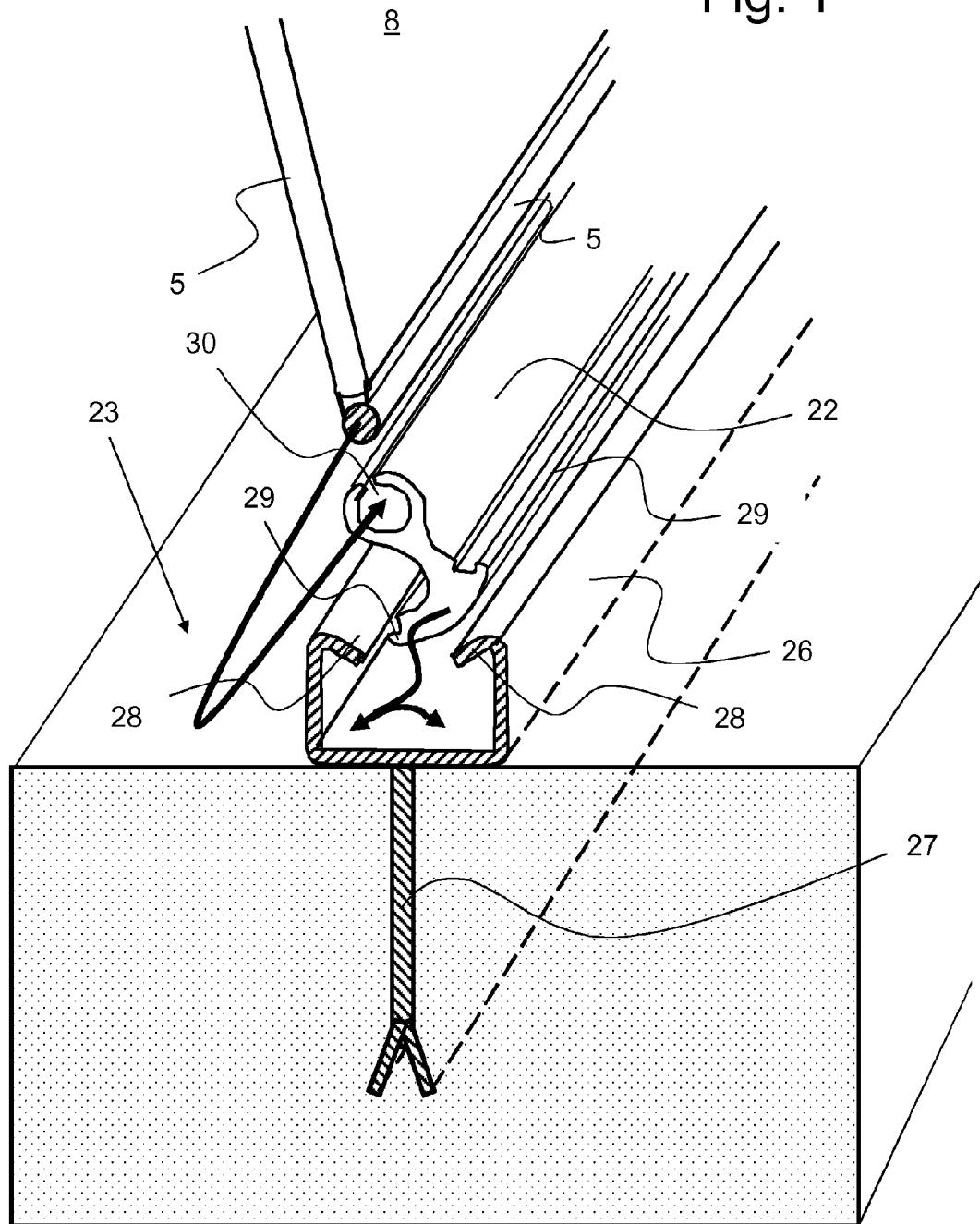


Fig. 2

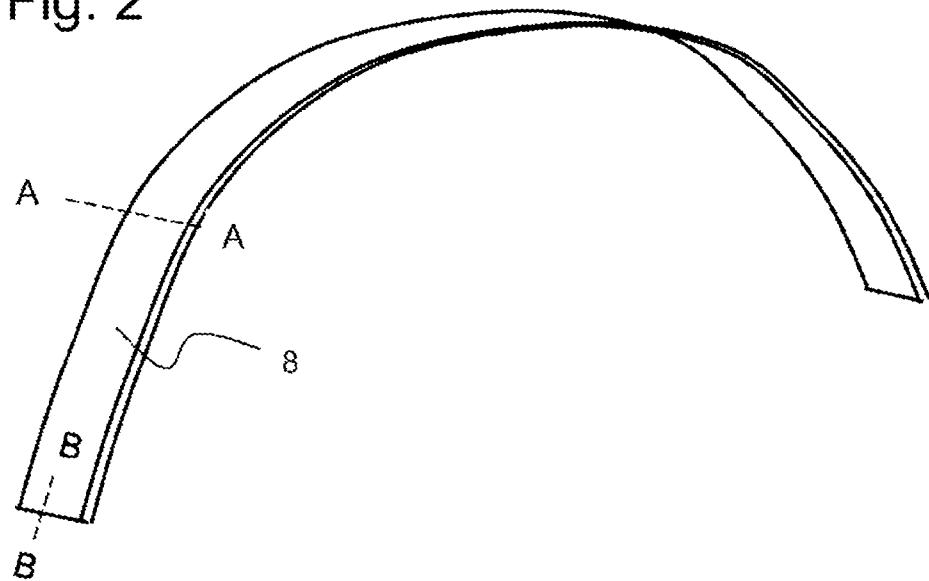


Fig. 3

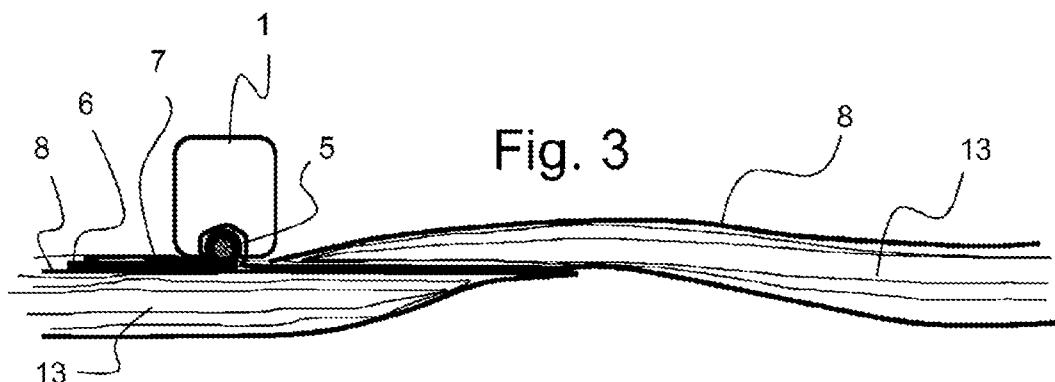


Fig. 4



Fig. 5

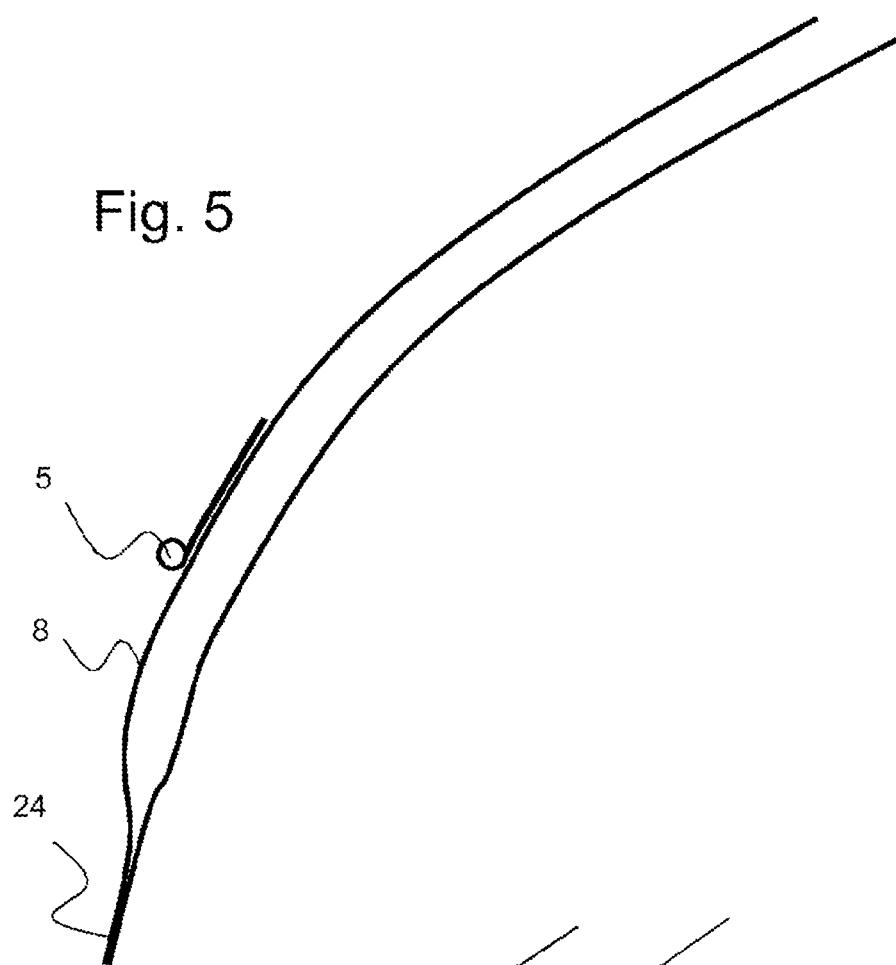


Fig. 6

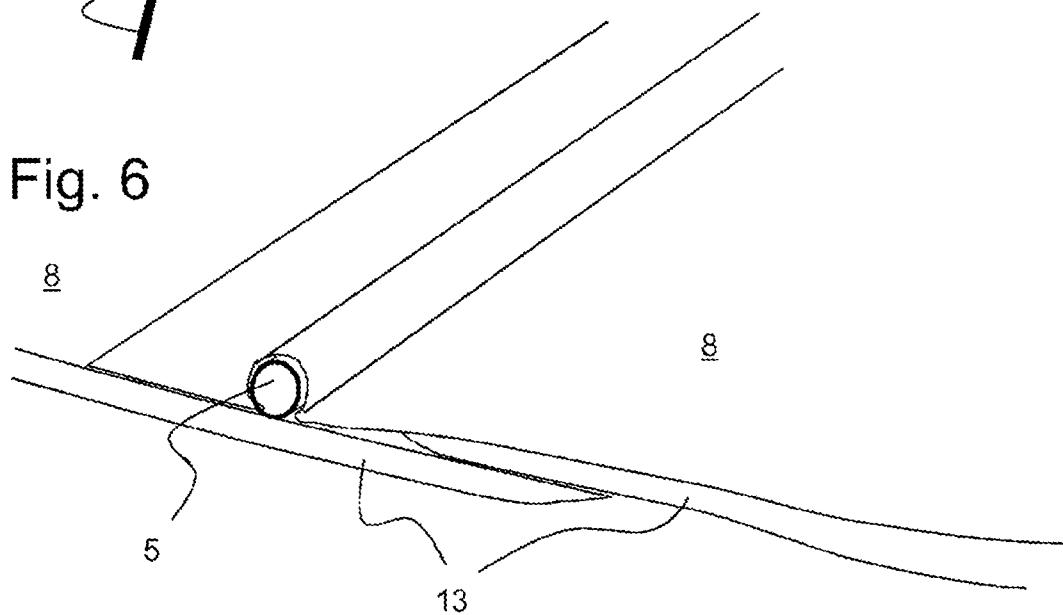


Fig. 7

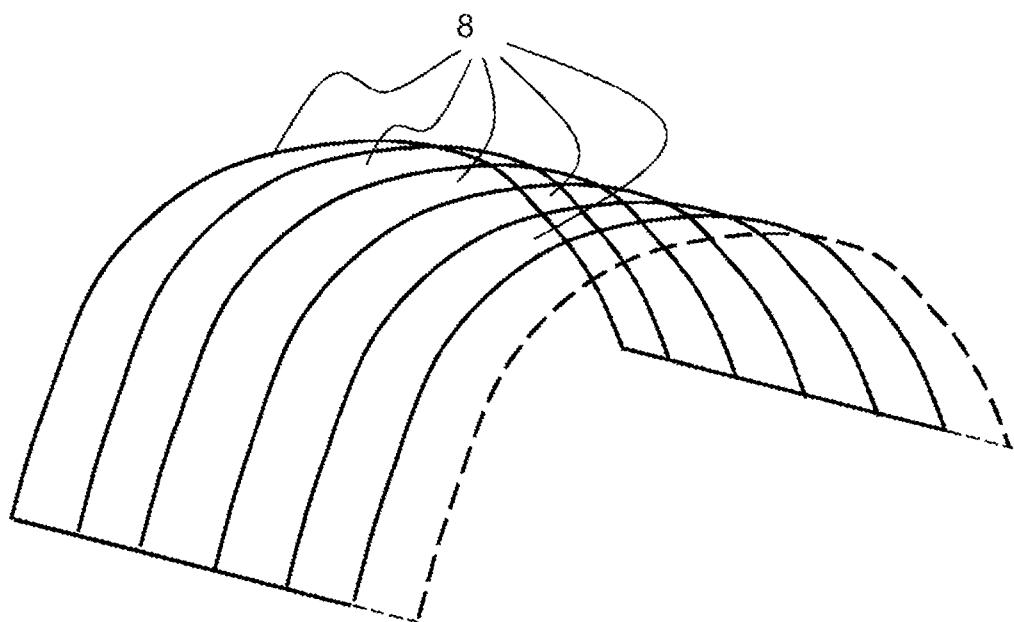


Fig. 8

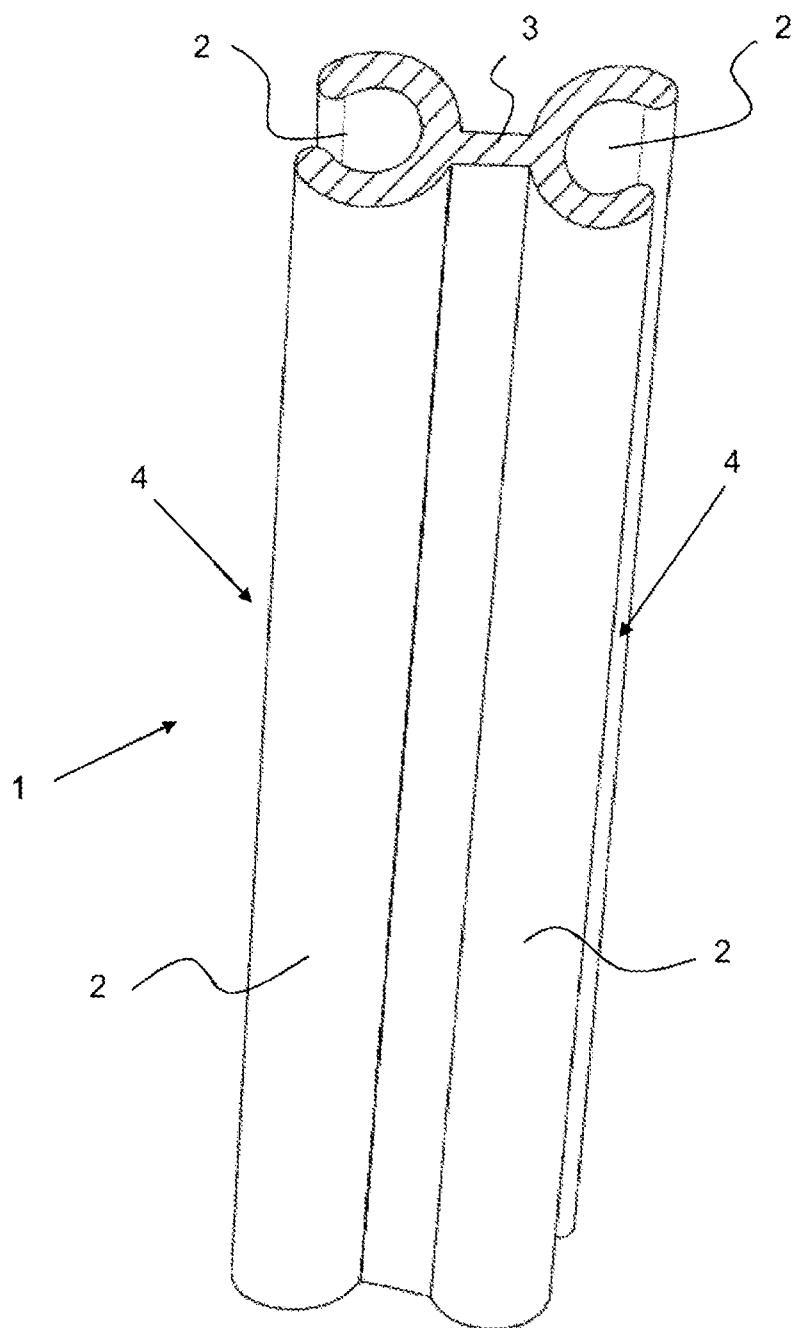


Fig. 9

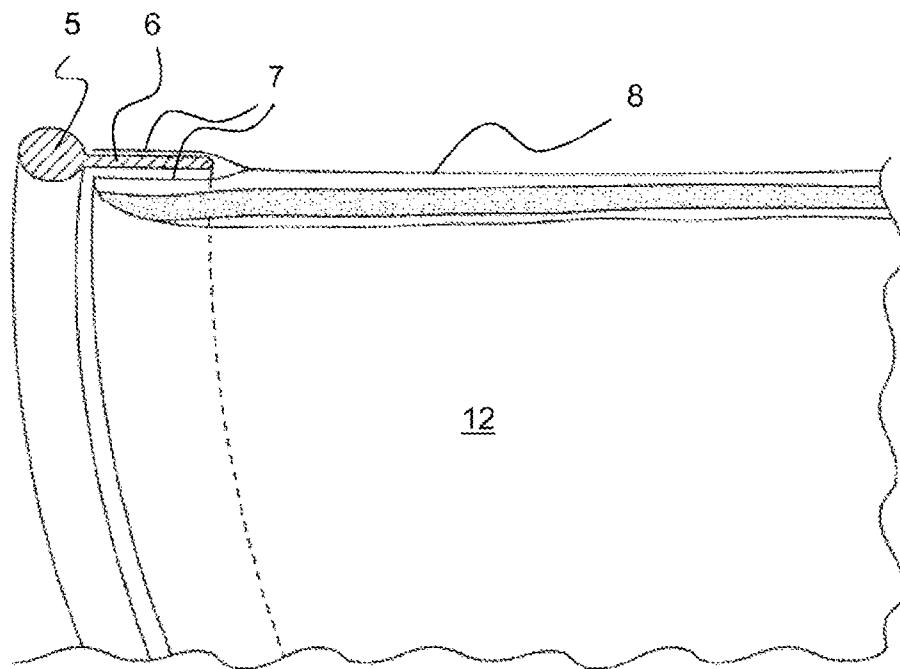


Fig. 10

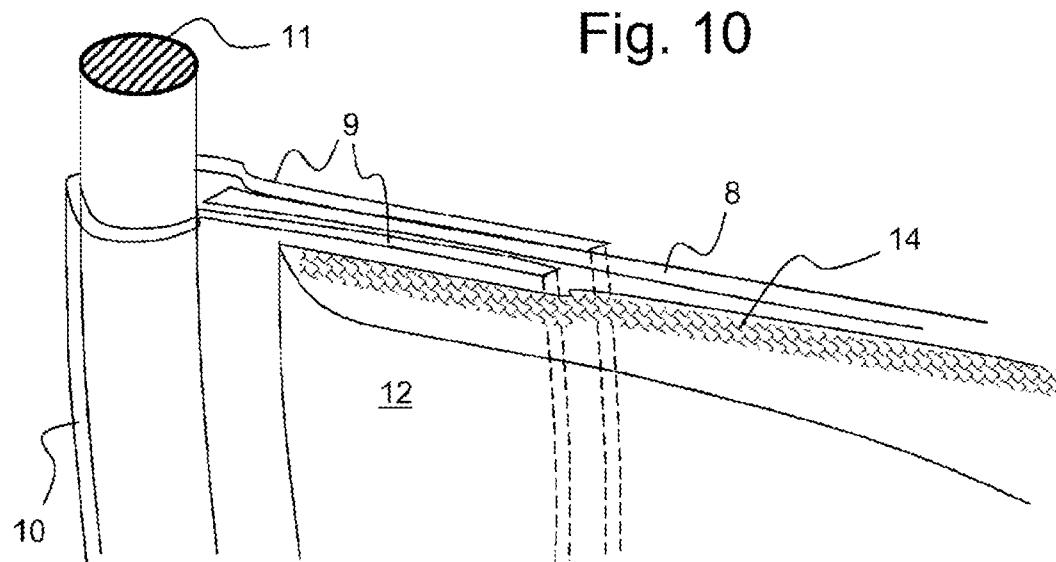
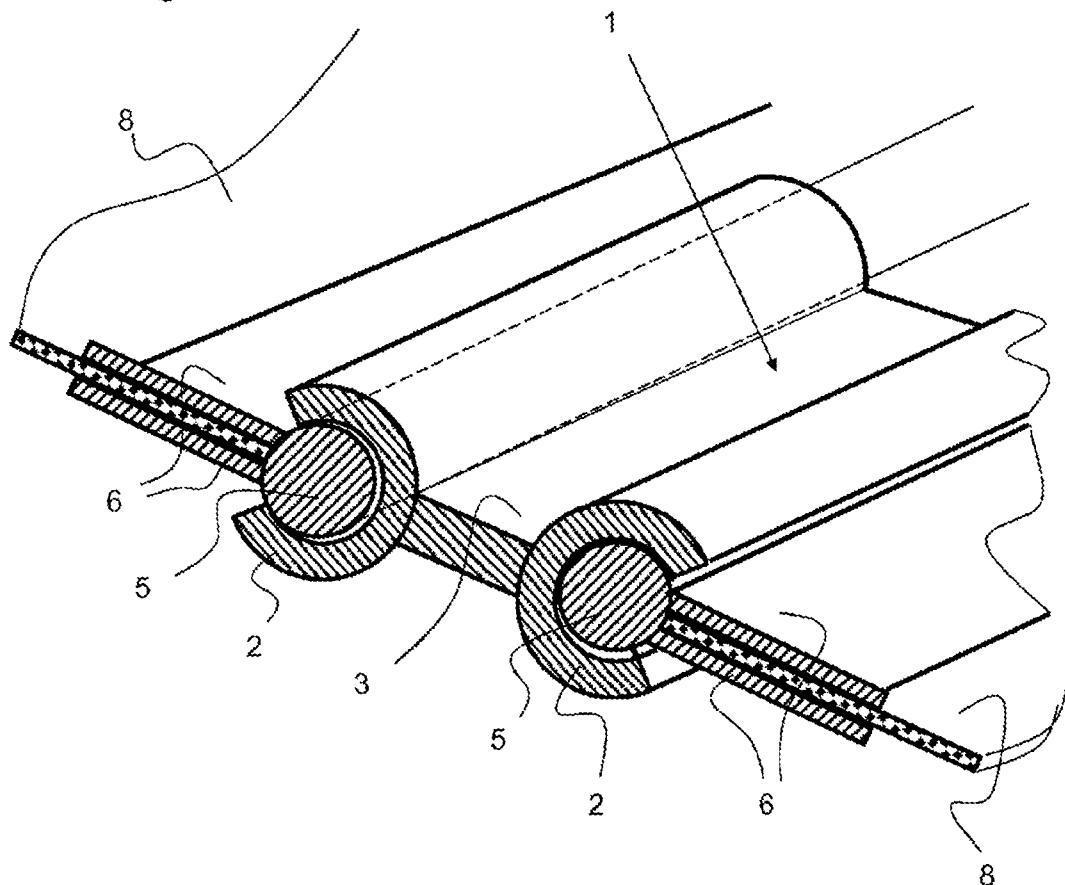


Fig. 11



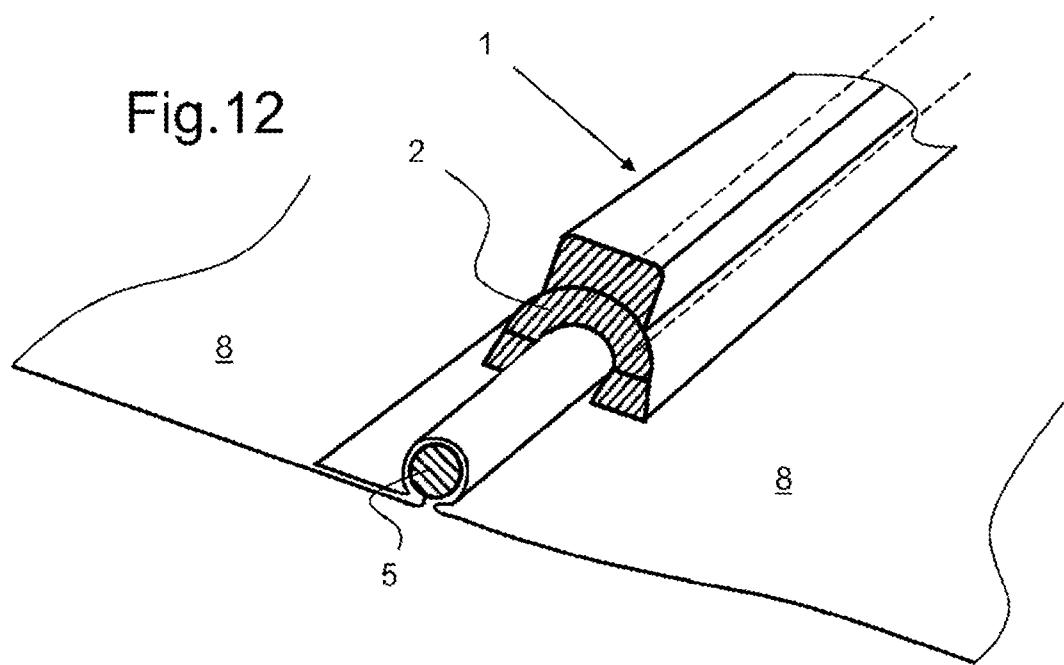


Fig. 13

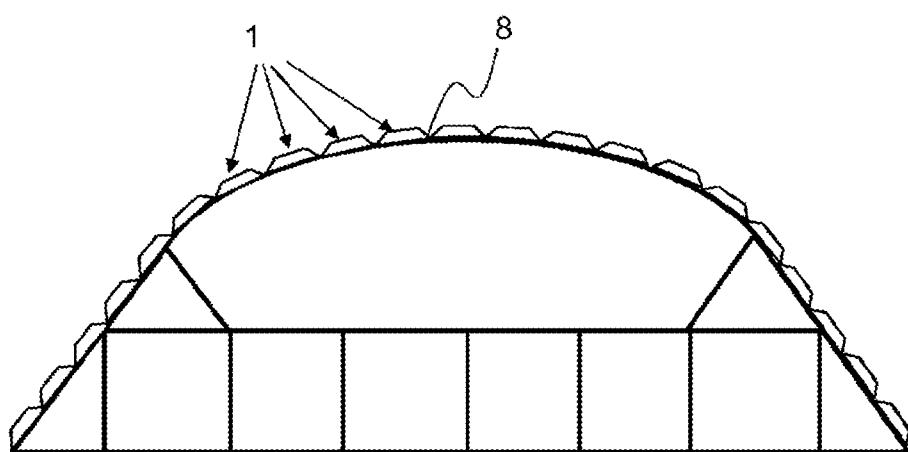


Fig. 14

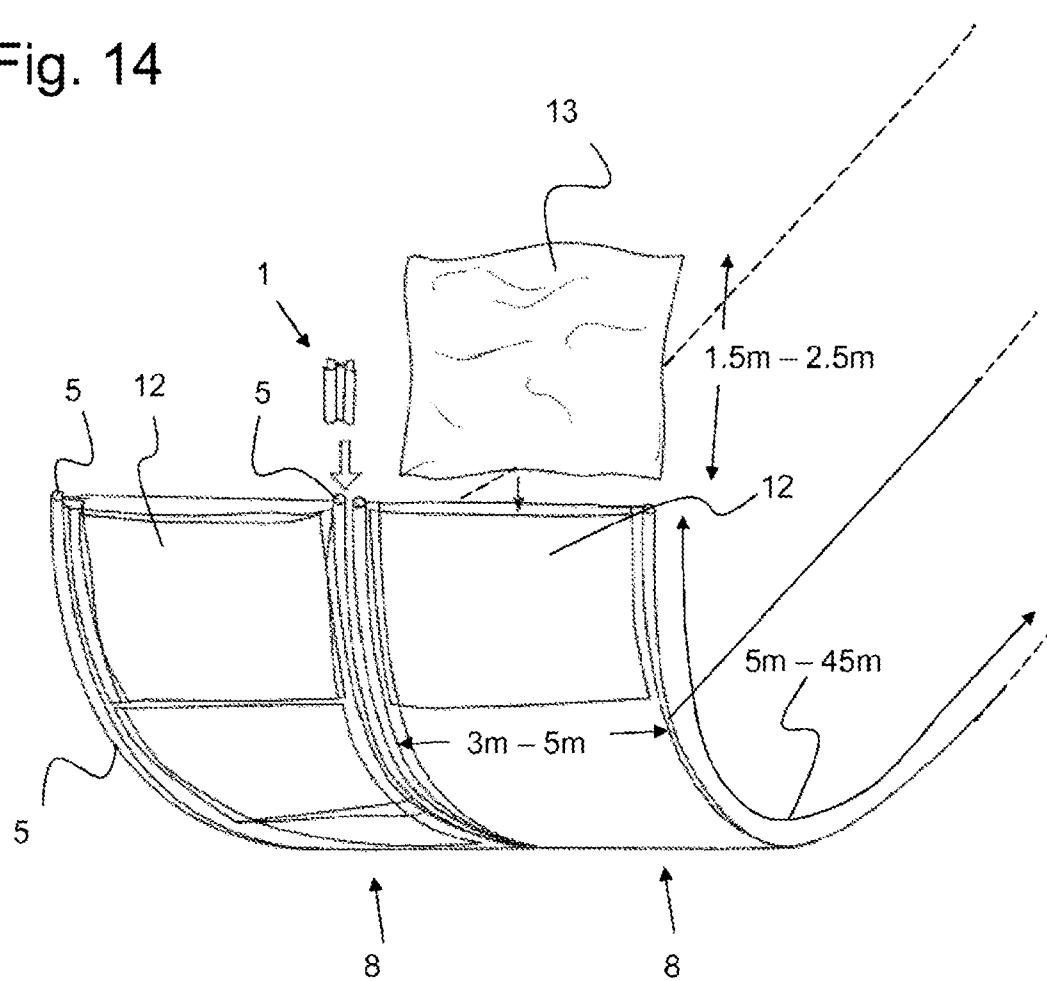
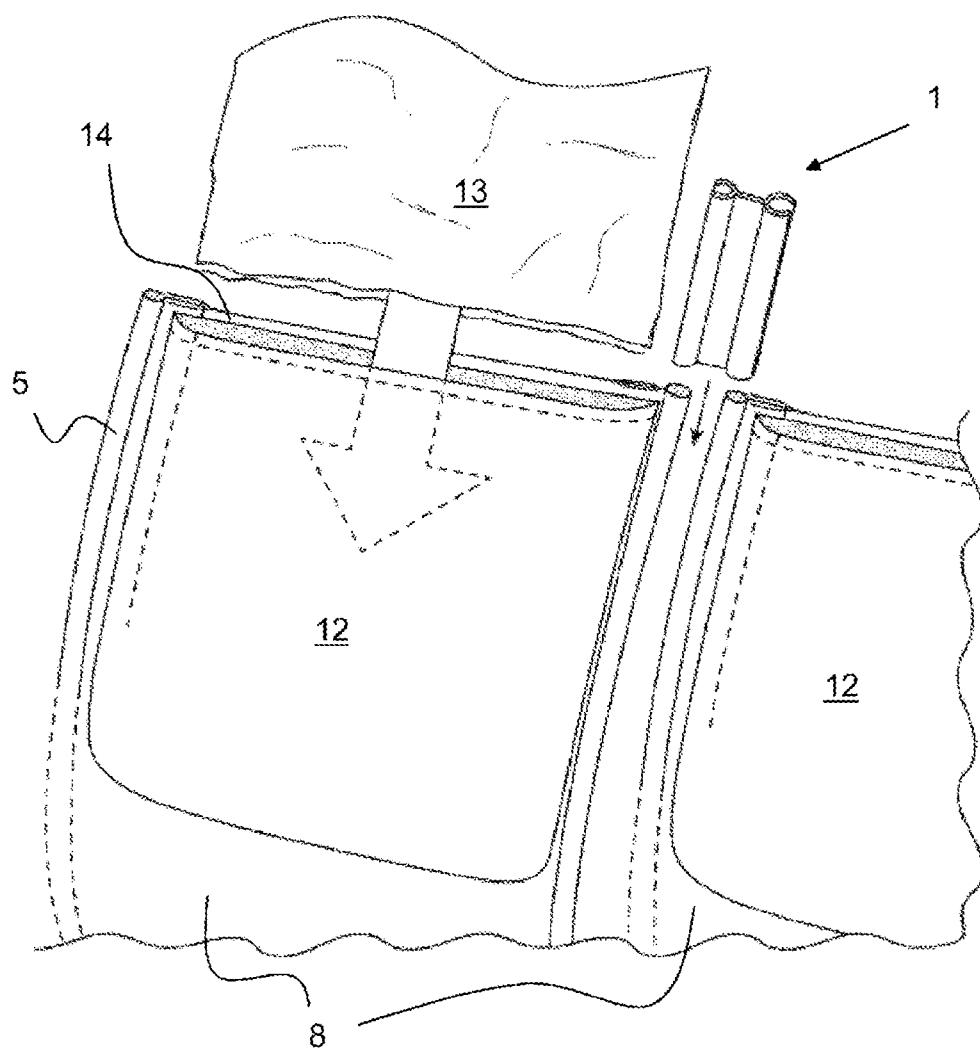
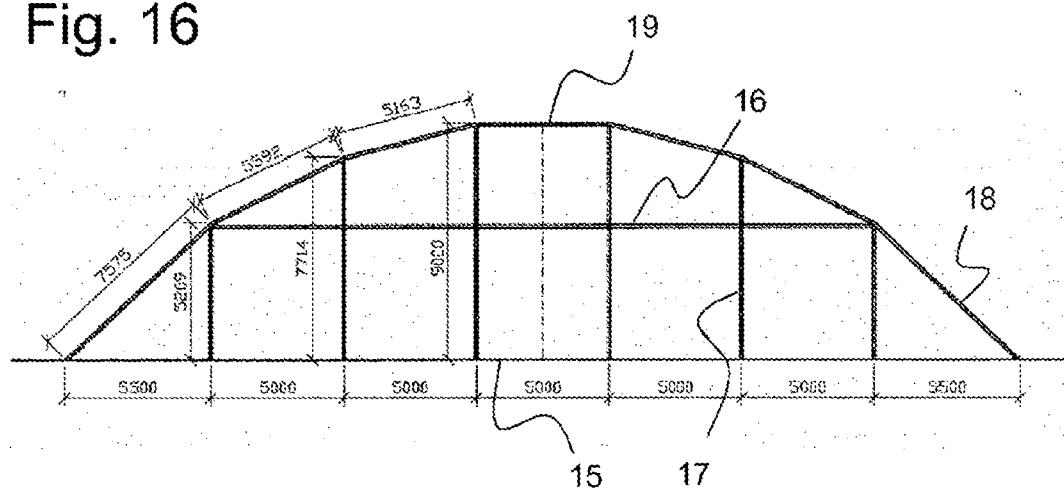


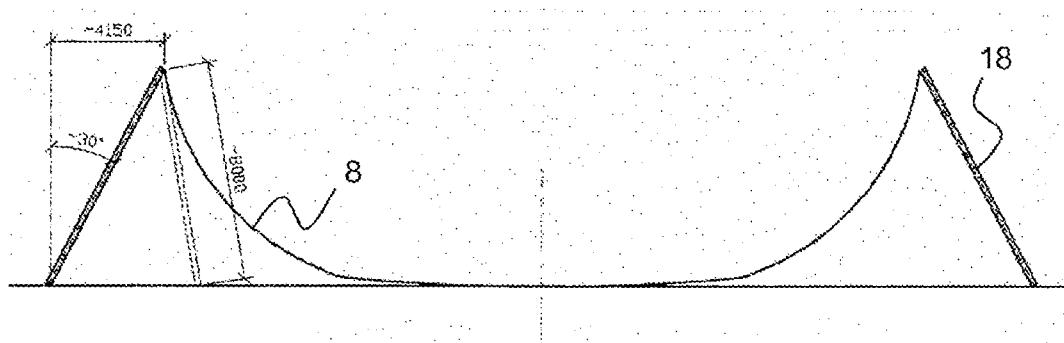
Fig. 15



**Fig. 16**



**Fig. 17**



**Fig. 18**

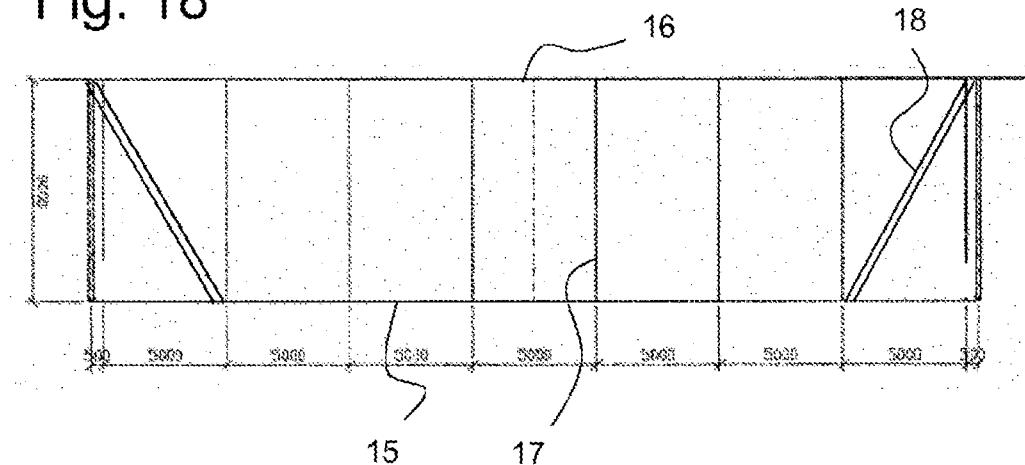


Fig. 19

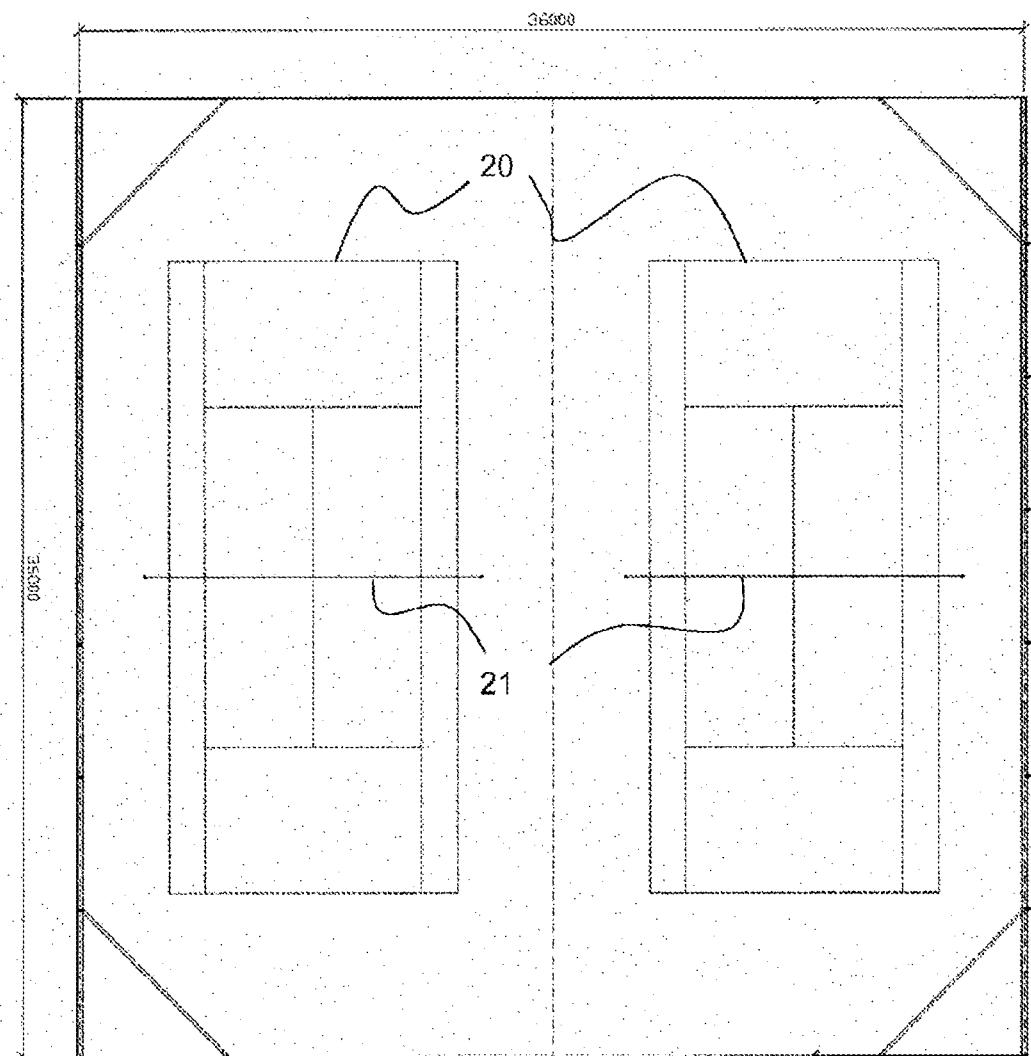


Fig. 20

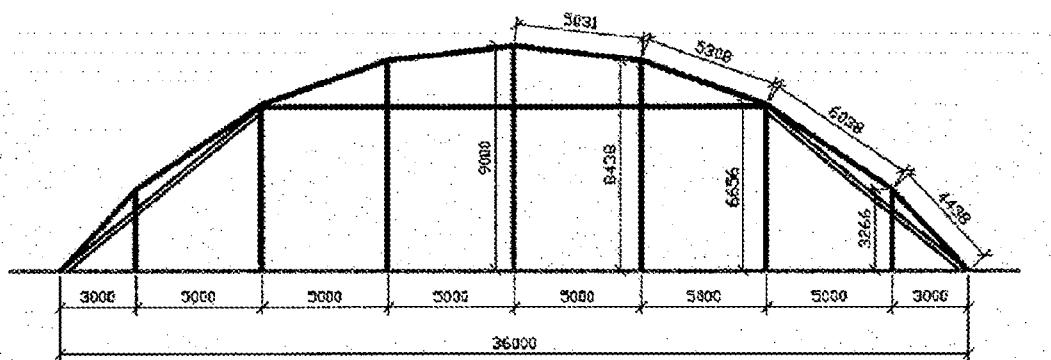


Fig. 21

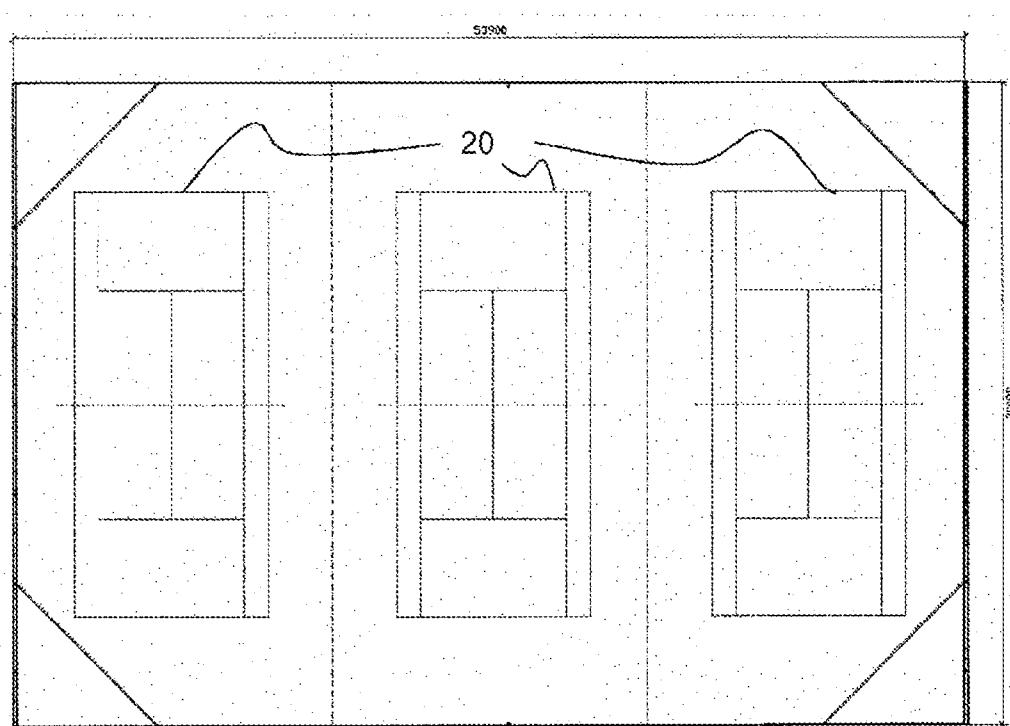


Fig. 22

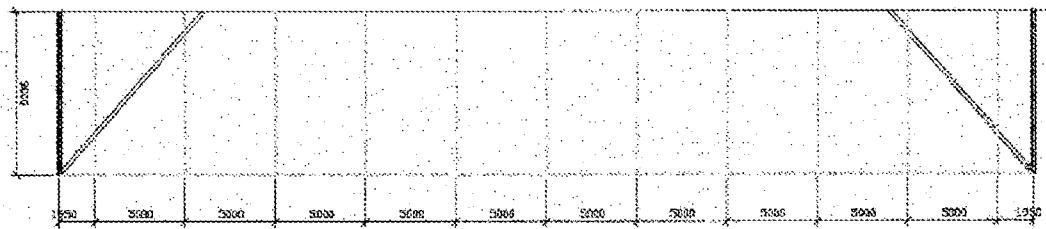


Fig. 23

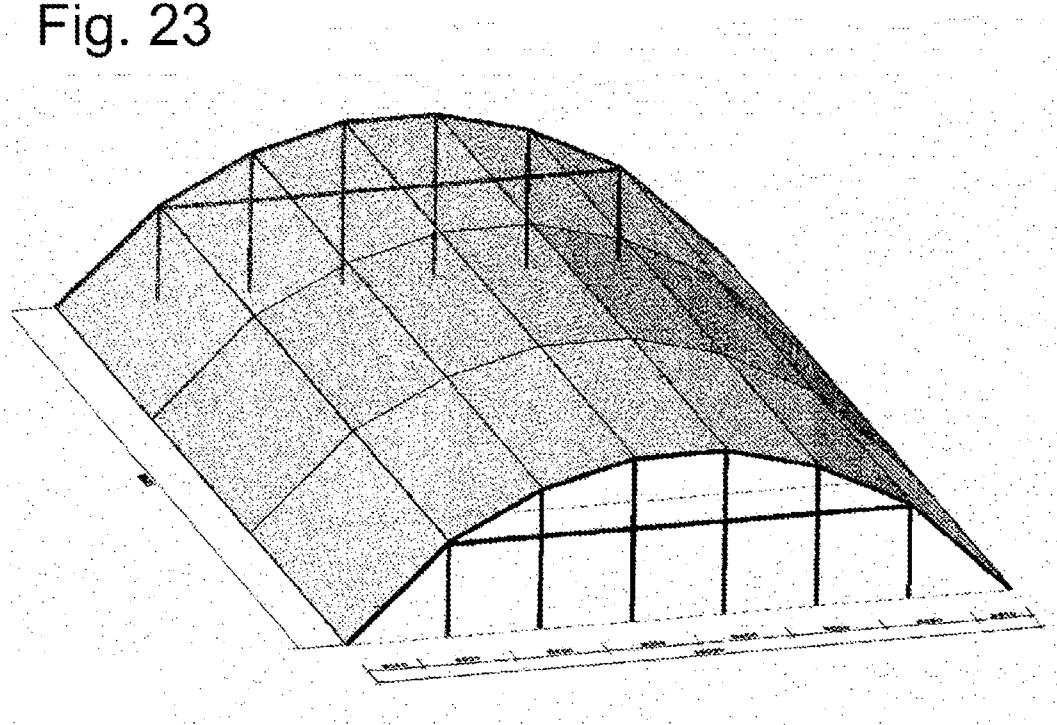


Fig. 24

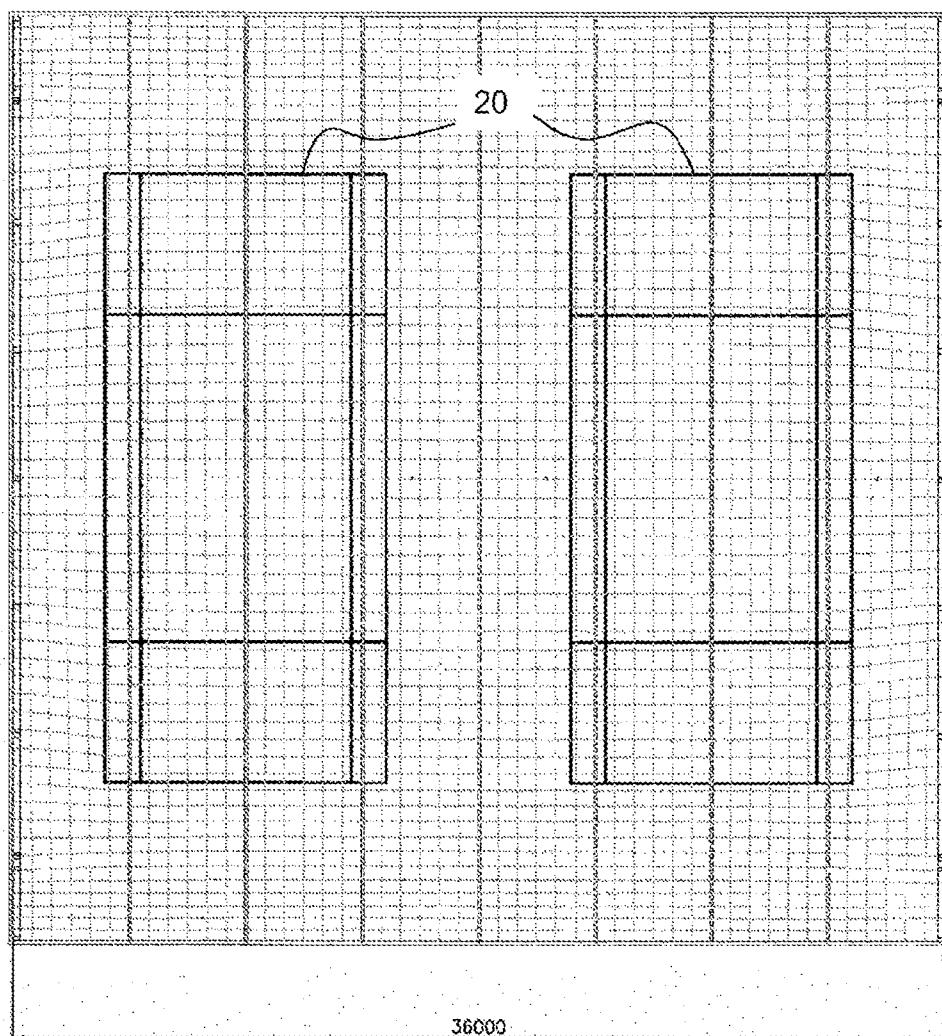


Fig. 25

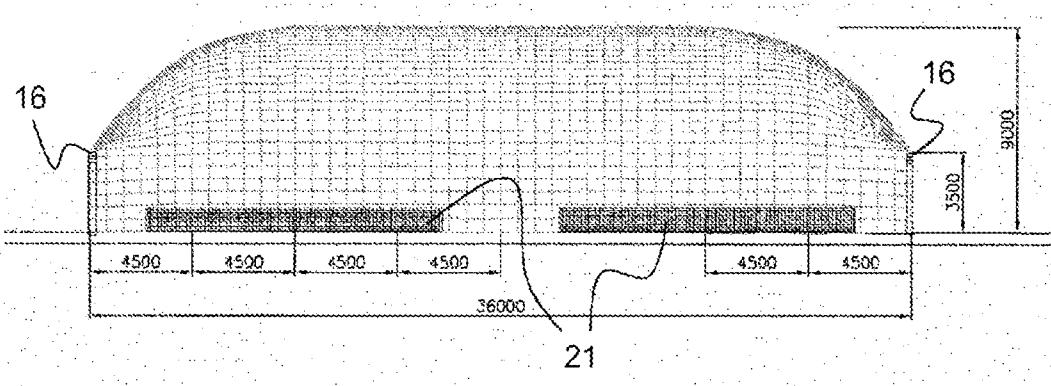


Fig. 26

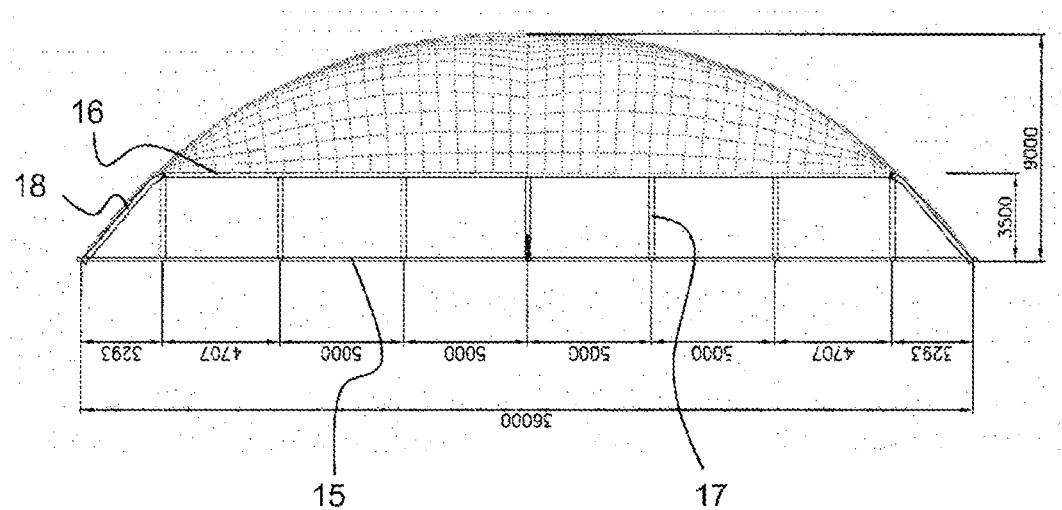


Fig. 27

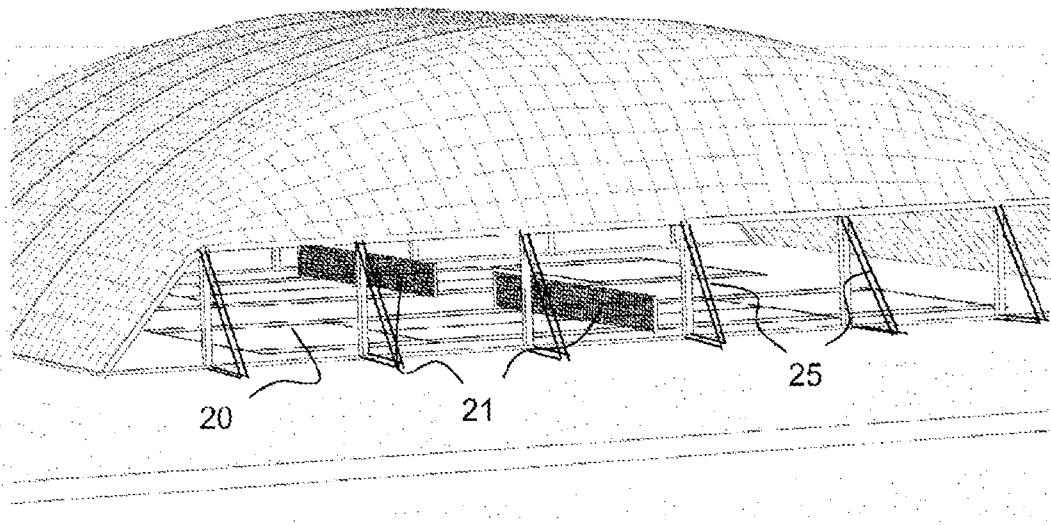


Fig. 28

