

19

OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11) Número de publicación: **2 724 775**

21) Número de solicitud: 201830233

51) Int. Cl.:

G01L 9/04 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22) Fecha de presentación:

08.03.2018

43) Fecha de publicación de la solicitud:

16.09.2019

71) Solicitantes:

**INNOMERICS, S.L. (100.0%)
C/ San Juan de la Cruz, 2 , Oficina 27
28223 Pozuelo de Alarcón (Madrid) ES**

72) Inventor/es:

**GALBALLY HERRERO, David y
RUIZ RIVILLA, Jaime**

74) Agente/Representante:

FERRER TORMOS, Jose Ramón54) Título: **Sistema externo no invasivo para la determinación de la presión instantánea en el interior de tuberías y recipientes, cilíndricos de sección circular**

57) Resumen:

Sistema externo no invasivo para la determinación de la presión instantánea en el interior de tuberías y recipientes cilíndricos de sección circular.

Consta de una lámina flexible rectangular (3) en forma de anillo abierto en uno de sus extremos, de forma que puede colocarse alrededor del componente cuya presión interna se desea determinar (1). Sobre la superficie exterior de la lámina se fijan una serie de galgas extensiométricas resistivas (4) orientadas circunferencialmente, de forma que su línea media queda contenida en un plano perpendicular al eje del recipiente cuya presión se desea determinar. Cada galga dispone de un cable (5) a través del cual es posible determinar la deformación a la que está sometida la galga mediante la medida de la variación de su resistencia eléctrica. Cada cable (5) está unido a la superficie exterior de la lámina flexible mediante una serie de grapas (6) que conducen todos los cables hasta un punto de salida común, en el que se ubican uno o varios conectores que permiten conectar cada una de las galgas extensiométricas a un sistema de medida de resistencia eléctrica. La lámina flexible dispone de dos mordazas (2) fijadas a cada uno de sus extremos, unidas entre sí mediante un tornillo pasante con objeto de controlar la tensión de apriete de la lámina alrededor del perímetro exterior del componente cuya presión interna se desea medir. Todo el conjunto está recubierto mediante un anillo protector externo, cuya función es evitar posibles daños al colocar el aislamiento térmico que normalmente recubre las tuberías y recipientes sobre las que se utiliza el sistema de medida de presión descrito en la presente memoria.

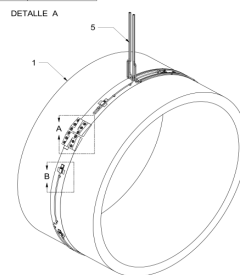
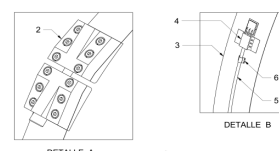


FIGURA 1

ES 2 724 775 A1

DESCRIPCIÓN

SISTEMA EXTERNO NO INVASIVO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN INSTANTÁNEA EN EL INTERIOR DE TUBERÍAS Y RECIPIENTES CILÍNDRICOS DE SECCIÓN CIRCULAR

SECTOR DE LA TÉCNICA

La presente invención se refiere a un sistema externo no invasivo para la determinación de la presión instantánea existente en el interior de una tubería o de un recipiente cilíndrico de sección circular.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La determinación de la presión instantánea existente en el interior de un conducto de sección circular, o de una vasija o recipiente cilíndrico, es un requisito imprescindible para la monitorización y control de procesos en los que intervienen fluidos sometidos a presiones de trabajo superiores a la presión atmosférica. Este tipo de procesos tienen lugar frecuentemente en instalaciones tan diversas como las centrales de generación de energía eléctrica, las plantas petroquímicas y las redes de distribución de agua y gas, así como en sistemas fluidomecánicos utilizados habitualmente en los sectores de la automoción y la industria aeroespacial.

Típicamente, la medida de la presión ejercida por un fluido sobre las superficies interiores del recipiente que lo contiene requiere la inserción de un sensor de presión en el interior de dicho recipiente, de forma que la superficie de medida del sensor esté en contacto directo con el fluido cuya presión se desea determinar. La operación de taladrar la pared del recipiente en cuyo interior se desea medir presión, con objeto de insertar un sensor invasivo en contacto con el fluido, presenta costes y riesgos que son especialmente significativos en aquellos casos en los que el fluido de trabajo es peligroso. Habitualmente la resistencia estructural de cualquier sensor de presión es inferior a la de un recipiente o tubería de acero diseñada para soportar presiones elevadas, por lo que la zona de inserción del sensor siempre constituye un punto estructuralmente más débil que el resto del componente. Por tanto, la instalación de este tipo de sensores en sistemas con fluidos potencialmente peligrosos suele requerir el uso de procedimientos de soldadura sofisticados, ejecutados por personal altamente cualificado, con objeto de evitar posibles fallos mecánicos de la zona en la que se ubica el sensor. Adicionalmente, se requiere efectuar inspecciones periódicas para asegurar la integridad estructural del componente durante toda la vida útil del sistema. Estos requisitos, asociados tanto a la instalación inicial del instrumento como a la inspección en servicio posterior, aumentan los costes de inversión y de mantenimiento asociados a la instalación y operación de este tipo de sensores invasivos convencionales.

Adicionalmente a los costes de instalación e inspección en servicio descritos anteriormente, la instalación de un sensor de presión en el interior de un componente tras la puesta en servicio del sistema al que pertenece el componente en cuestión puede

presentar riesgos significativos para el personal responsable de la instalación. Por ejemplo, en centrales nucleares de generación de energía eléctrica, las operaciones de taladrado y soldadura requeridas para insertar un sensor en el interior de una tubería suponen un tiempo de permanencia elevado en zonas con dosis de radiación potencialmente dañinas para el personal encargado de la ejecución de dichas tareas. Asimismo, en todos los casos es imprescindible despresurizar y vaciar el sistema en cuyo interior se desea instalar el sensor de presión, con objeto de evitar posibles fugas de fluido al exterior durante el proceso de instalación. Por tanto, resulta imposible instalar un sensor de presión invasivo convencional en una tubería sin interrumpir el flujo de fluido en su interior y efectuar una parada de mantenimiento del sistema, lo que suele tener costes significativos para el operador de la instalación.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, se concluye que un sensor de presión no invasivo capaz de medir la presión instantánea existente en el interior de una tubería o recipiente a presión cilíndrico presenta ventajas significativas sobre los sensores invasivos convencionales. Las ventajas más relevantes son la disminución de los costes de instalación y de inspección en servicio destinados a asegurar la integridad estructural del componente; la reducción de los tiempos de instalación, con la consiguiente disminución de potenciales riesgos para el personal encargado de su montaje, y la posibilidad de instalar el sensor mientras la planta se encuentra en operación.

Las ventajas de los sensores de presión externos no invasivos con respecto a los sensores invasivos convencionales han motivado el desarrollo de diferentes alternativas para medir presión en tuberías sin necesidad de insertar sensores en su interior. Por ejemplo, los documentos de patente US 6,278,811 B1, "*Fiber optic Bragg grating pressure sensor*" y US 6,450,037 B1, "*Non-intrusive fiber optic pressure sensor for measuring unsteady pressures within a pipe*" describen dos modelos de instrumentos de medida de presión no invasivos basados en sensores de fibra óptica. La principal limitación de este tipo de instrumentación de medida de presión es que requieren llevar a cabo un tendido de cables de fibra óptica entre la ubicación de los sensores y el punto donde se encuentra el módulo electrónico encargado de adquirir y procesar las señales ópticas enviadas por dichos sensores. El tendido de cables de fibra óptica es una tarea costosa, especialmente en plantas industriales que ya se encuentran en servicio y en las que, por tanto, la instalación de redes de cables de fibra óptica no fue prevista durante la fase de diseño. Adicionalmente a la desventaja asociada al coste del tendido de cables de fibra óptica, el módulo electrónico requerido para adquirir, procesar y almacenar las señales ópticas enviadas por cada sensor es muy sensible a radiación, lo que impide su uso en instalaciones radiactivas, tales como las centrales nucleares de generación de energía eléctrica.

Alternativamente a los sensores de presión no invasivos basados en fibra óptica descritos en los documentos de patente US 6,278,811 B1 y US 6,450,037 B1, más recientemente se han desarrollado otro tipo de sensores de presión no invasivos consistentes en una abrazadera articulada cuyos extremos están unidos por un perno o vástago tal y como se describe en el documento de patente US 7,093,496 B2, "*Non-intrusive pressure sensing device*". En este tipo de sensores, la presión existente en el interior de la tubería se considera proporcional a la elongación del perno que une los

dos extremos de la abrazadera. Este tipo de sensores presentan errores de medida muy elevados, ya que requieren que las dos mitades de la abrazadera sean perfectamente rígidas, de forma que todo el aumento de diámetro experimentado por la tubería como consecuencia de la presión existente en su interior se transmita al vástago de unión (en el caso extremo en el que la abrazadera fuese totalmente elástica, con rigidez nula, se observa claramente que el vástago no se deformaría en absoluto y, por tanto, el sensor no mediría presión alguna). En la práctica, lograr una abrazadera absolutamente rígida solamente es viable para tuberías de diámetro muy pequeño, por lo que este tipo de sensores no es utilizable en tuberías de diámetro superior a unos 10 centímetros. Adicionalmente, el uso de abrazaderas rígidas puede interferir en la propia deformación de la tubería, falseando por tanto la medida de presión inferida a partir de la deformación del vástago que une ambos extremos de la abrazadera.

A partir de la descripción del estado del arte anterior se concluye que existe una necesidad para la determinación precisa de la presión ejercida por un fluido en el interior de una tubería o recipiente cilíndrico. Existen ventajas significativas en cuanto a disminución de costes y riesgos cuando estas medidas de presión se llevan a cabo mediante sensores no invasivos, instalables en la superficie exterior del componente, que no requieren contacto físico con el fluido de trabajo. Sin embargo, se concluye también que existen limitaciones en las soluciones utilizadas actualmente para la realización de medidas de presión no invasivas. Estas limitaciones están asociadas a varios factores, como son los altos costes de instalación de redes de cables de fibra óptica requeridos por algunos de estos sensores, la incompatibilidad de sus componentes electrónicos con entornos en los que existen niveles de radiación significativos, y los errores de medida elevados o la interferencia con el propio proceso que se desea medir en el caso de sensores basados en abrazaderas articuladas con brazos rígidos.

A la vista de lo expuesto anteriormente, un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema no invasivo que permite determinar de forma precisa la presión instantánea existente en el interior de una tubería o recipiente cilíndrico, permitiendo la transmisión de las señales generadas por el sistema mediante cables convencionales de instrumentación fabricados con hilo de cobre, del tipo disponible en cualquier instalación industrial. Asimismo, la invención descrita en el presente documento asegura una precisión elevada para un amplio rango de diámetros de tubería y es utilizable en entornos con niveles de radiación elevados.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Para lograr el objeto anterior, se proporciona de acuerdo con la presente invención un sistema que consta de un número configurable de sensores de deformación de tipo resistivo, comúnmente denominados "galgas extensiométricas", distribuidos circunferencialmente a lo largo del perímetro de una estructura soporte flexible en forma de anillo abierta en uno de sus extremos, de forma que es posible tensor dicha estructura soporte anular alrededor del componente cuya presión interna se desea medir.

Una galga extensiométrica resistiva es un sensor de uso común, normalmente en forma de pequeña lámina metálica fijada a una base flexible aislante, cuya resistencia eléctrica varía en función de la deformación a la que se ve sometida la lámina metálica. Habitualmente los dos extremos de la galga extensiométrica se unen mediante cables a un medidor de resistencia eléctrica, de forma que es posible determinar la deformación a la que está sometida la galga en cada momento a partir del valor de su resistencia eléctrica instantánea.

En la presente invención, se utilizan varias galgas extensiométricas unidas sólidamente a la superficie exterior de una lámina flexible cuya rigidez es despreciable comparada con la rigidez de la tubería o recipiente cuya presión interna se desea medir. Esta lámina flexible tiene una longitud ligeramente inferior al perímetro externo del componente cuya presión interna se desea determinar y una anchura suficiente para fijar con comodidad a lo largo de su superficie externa las galgas extensiométricas y sus correspondientes cables.

La lámina flexible se coloca alrededor de la tubería, de forma que la línea media paralela a los lados más largos de la lámina queda contenida en un plano perpendicular al eje de la tubería. Las galgas extensiométricas están fijadas sobre la lámina flexible de tal forma que su eje de medida está también contenido en el mismo plano, midiendo por tanto deformaciones circunferenciales de la lámina.

En cada extremo de la lámina flexible que actúa como soporte de las galgas extensiométricas se coloca una mordaza taladrada longitudinalmente. El taladro de una de estas dos mordazas está roscado interiormente, de forma que es posible unir ambas mordazas con un tornillo pasante. Al girar el tornillo que conecta ambas mordazas, estas tienden a aproximarse entre sí, tensando de esta forma la lámina flexible en torno al perímetro exterior del componente cuya presión interna se desea determinar.

La superficie inferior de las mordazas está mecanizada con el mismo radio que la superficie externa de la tubería, con objeto de asegurar un buen asentamiento de las mordazas y evitar el posible cabeceo que se produciría si la superficie de contacto de las mordazas con la tubería fuese plana. Asimismo, la superficie de apriete de las mordazas sobre la lámina flexible forma un plano inclinado, de forma que cada extremo de la lámina flexible es tangente a la superficie exterior de la tubería, minimizando el arco de circunferencia en el que no existe contacto entre tubería y lámina como consecuencia de la presencia de la mordaza de apriete.

Una vez que la lámina ha sido tensada apretando el tornillo que une ambas mordazas, se consigue que la lámina flexible se deforme solidariamente con el componente cuya presión se desea determinar.

De acuerdo con teoría fundamental de elasticidad y resistencia de materiales, la relación entre la presión instantánea, $P(t)$, existente en el interior de un recipiente cilíndrico en el instante de tiempo t y la deformación circunferencial instantánea, $\varepsilon(t)$, de cualquier punto de su superficie externa en el mismo instante de tiempo t viene dada por la siguiente expresión:

$$P(t) = \varepsilon(t) \cdot E \cdot \frac{\left(\frac{r_o}{r_o - t}\right)^2 - 1}{2 - \nu}, \quad (\text{E. 1})$$

donde E y ν son el módulo de elasticidad y el coeficiente de Poisson respectivamente del material del que está fabricado el recipiente, r_o es el radio externo del recipiente y t es su espesor. En caso de que el espesor de la lámina flexible sea despreciable frente al espesor del componente, podemos asumir que la deformación de la lámina flexible será igual a la deformación de la superficie exterior del recipiente sobre el que se ubica. En caso contrario, el espesor de la lámina flexible debe incluirse en la ecuación (E. 1) para determinar la deformación circunferencial en todos los puntos de su superficie exterior. Por tanto, mediante la expresión matemática (E. 1) es posible determinar la presión instantánea existente en el interior de un recipiente cilíndrico en función de la deformación en cualquiera de los puntos exteriores de una lámina abrochada y tensada en torno a su superficie externa.

De acuerdo con la ecuación (E. 1), la deformación en cualquier punto de la superficie externa de un recipiente cilíndrico presurizado es idéntica, independientemente del acimut en el que se sitúe dicho punto, por lo que únicamente sería necesario medir la deformación en un único punto para determinar de forma unívoca la presión en el recipiente. En la práctica una tubería puede estar sometida a diferentes cargas adicionales a la ejercida por la presión interna, tales como vibraciones mecánicas introducidas por equipos que están conectados a la tubería, fuerzas y momentos ejercidos por los soportes estructurales del sistema, etc. Por esta razón se utilizan varias galgas extensiométricas repartidas circunferencialmente a lo largo del perímetro exterior de la lámina flexible, de forma que es posible obtener una deformación media, debida exclusivamente a la presión interna del componente, a través del promediado y filtrado en función de la fase de cada una de las deformaciones de las diferentes galgas extensiométricas situadas sobre la lámina flexible.

La deformación de cada una de las galgas del anillo se determina mediante un medidor de resistencia eléctrica conectado a cada galga mediante un par de hilos conductores de cobre o de cualquier otro material conductor eléctrico. Es posible utilizar un medidor independiente para cada galga o un único medidor con múltiples canales, capaz de medir la resistencia eléctrica de varias galgas de forma simultánea. Cada uno de los cables que conectan las galgas a su correspondiente medidor de resistencia termina en uno o varios conectores de varios pines, que facilitan la conexión y desconexión rápida del anillo de galgas.

En caso de que la temperatura de trabajo del sistema varíe, es posible que las deformaciones térmicas inducidas por dicha variación alteren la presión calculada según la ecuación (E. 1). Existen dos alternativas para evitar este error en la medida. En primer lugar, se puede optar por fabricar la lámina flexible del mismo material que el componente cuya presión interna se desea medir, de forma que las deformaciones térmicas en la lámina flexible sean idénticas a las existentes en la pared del anillo. En este caso es posible utilizar galgas extensiométricas compensadas térmicamente con configuración de medio puente con objeto de eliminar la deformación térmica de la medida, eliminando así la necesidad de corregir la deformación $\varepsilon(t)$ en la ecuación

(E.1). Como segunda alternativa, es posible fijar un sensor de temperatura a la superficie exterior de la lámina flexible, con objeto de determinar la deformación térmica de la tubería y de la lámina flexible sobre la que se ubican las galgas extensiométricas en función de su temperatura y material, de acuerdo con expresiones matemáticas disponibles en la literatura pública, tales como las desarrolladas por Mark D. Witherell en el informe ARCCB-TR-93005, "*A thermal stress solution for multilayered composite cylinders*", publicado en febrero de 1993 por el US Army Armament Research, Development and Engineering Center.

En muchos casos, las tuberías por las que circulan fluidos de proceso en instalaciones industriales se encuentran cubiertas de aislamiento térmico para evitar la transferencia de calor entre las tuberías y el entorno circundante. En estos casos, el anillo de medida de presión descrito anteriormente consta de un segundo anillo protector externo, que evita que las galgas extensiométricas fijadas a la superficie exterior de la lámina flexible sean dañadas al colocar el aislamiento térmico recubriendo la tubería.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para la mejor comprensión de cuanto queda descrito en la presente memoria, se acompañan unos dibujos en los que, tan sólo a título de ejemplo, se representa un caso práctico de realización del sistema no invasivo para la medida de presión en el interior de tuberías y recipientes cilíndricos descrito en el presente documento.

Figura 1. Muestra una vista isométrica del sistema instalado sobre un tramo de tubería. En el detalle A se presenta el sistema de tensado de la lámina flexible alrededor del componente, consistente en dos mordazas unidas por un tornillo. En el detalle B se observa una configuración típica de una galga extensiométrica fijada sobre la superficie exterior de la lámina flexible.

Figura 2. Muestra dos vistas de perfil del sistema montado sobre un tramo de tubería horizontal. En estas vistas se observa que las galgas están alineadas circunferencialmente sobre la línea media de la lámina flexible que actúa como soporte, mientras que los cables se fijan a ambos lados y se conducen a un mismo punto del anillo.

Figura 3. Muestra una vista isométrica general con un despiece de las mordazas que permiten tensar la lámina flexible sobre la tubería.

Figura 4. Muestra una vista isométrica, una vista de alzado y una vista en planta del detalle de las mordazas de tensado colocadas sobre los extremos de la lámina flexible y unidas por un tornillo pasante que permite controlar la distancia entre las caras paralelas enfrentadas de ambas mordazas, determinando así la tensión de apriete de la lámina flexible alrededor de la tubería.

Figura 5. Muestra el anillo externo de protección que evita posibles daños a las galgas extensiométricas o al cableado en tuberías cubiertas con aislamiento térmico. El detalle A de la figura muestra una posible configuración de los conectores utilizados

para facilitar la conexión y desconexión de las galgas al equipo de medida de resistencia eléctrica.

Figura 6. Muestra una vista frontal del sistema completo, incluyendo el anillo de protección que cubre la lámina flexible sobre la que se ubican las galgas extensiométricas, evitando así posibles daños causados por el aislamiento térmico que en muchos casos recubre las tuberías o componentes cuya presión interna se desea determinar.

10 DESCRIPCIÓN DE UNA REALIZACIÓN PREFERIDA

Sobre el componente cilíndrico cuya presión interna se desea monitorizar (1) se coloca una lámina flexible rectangular (3) cuyo ancho es suficiente para alojar una serie de galgas extensiométricas resistivas distribuidas circunferencialmente a lo largo de la superficie exterior de la lámina. En la realización descrita en este apartado se utilizan un total de 8 galgas extensiométricas (4) distribuidas a intervalos regulares de 45° a lo largo del perímetro exterior de la lámina, aunque el número y distribución de las galgas utilizadas puede variar en función del diámetro de la tubería cuya presión se desea determinar, por lo que la configuración concreta descrita en esta realización debe tomarse únicamente a título de ejemplo, no limitando por tanto el alcance de las reivindicaciones de la presente invención.

Las galgas extensiométricas (4) se encuentran alineadas con la línea media de la lámina que discurre paralelamente a sus bordes de mayor longitud, de forma que son capaces de medir deformaciones circunferenciales de la lámina cuando esta se encuentra posicionada alrededor de un componente de sección circular. En este caso las galgas se encuentran unidas a la superficie exterior de la lámina flexible mediante puntos de soldadura. Dependiendo de la temperatura de trabajo de las galgas es posible optar por la utilización de galgas pegadas en lugar de soldadas. Cada galga dispone de un cable (5) que permite determinar la deformación a la que está sometida la galga mediante la medida de la variación de su resistencia eléctrica. Cada cable (5) está unido a la superficie exterior de la lámina flexible mediante una serie de grapas (6) que conducen todos los cables hasta un punto de salida común. Como se muestra en el detalle A de la figura 5, los cables pueden terminar en uno o varios conectores multi-pin (7) para permitir el conexionado rápido simultáneo de todas las galgas al sistema de medida de resistencia eléctrica.

El espesor de la lámina es unas 150 veces inferior al espesor de la pared del componente cuya presión interna se desea medir, de forma que la rigidez de la lámina es despreciable frente a la rigidez del componente. En este caso, por tanto, es posible utilizar directamente la ecuación (E. 1) para determinar la presión interna del componente a partir de la deformación de cada una de las galgas. Como se describió en el apartado anterior, en caso de que el espesor de la lámina flexible (3) no sea estrictamente despreciable frente al espesor del componente (1), es necesario corregir el espesor t de la ecuación (E. 1) para incluir la suma de los espesores de lámina y componente. Esta potencial necesidad de corrección en función de los espesores relativos de lámina y componente no limita el campo de aplicación ni la funcionalidad de la presente invención.

La lámina flexible está fabricada a partir de un fleje metálico del mismo material que el componente cuya presión interna se desea determinar, por lo que la dilatación de lámina y componente ante variaciones de temperatura será idéntica, lo que asegura que se mantiene el mismo apriete de la lámina alrededor del componente de interés independientemente de la temperatura de trabajo. Asimismo, se utilizan galgas extensiométricas de tres hilos con configuración en medio puente con compensación por temperatura, lo que permite eliminar automáticamente las deformaciones de origen térmico de las medidas de deformación proporcionadas por las galgas. De esta forma es posible utilizar directamente la ecuación (E.1) para determinar la presión interna del componente, sin necesidad de llevar a cabo una corrección para eliminar la contribución de las deformaciones de origen térmico. En el caso de utilizar una lámina flexible de material diferente al de la tubería, o galgas extensiométricas de dos hilos en configuración de cuarto de puente sin compensación por temperatura, sería necesario corregir la ecuación (E.1) para incorporar el efecto de las deformaciones térmicas, utilizando para ello las ecuaciones de cálculo de la deformación de un cilindro multicapa sometido a variaciones de temperatura y presión interna. Como se observa en la referencia proporcionada en el apartado anterior de la presente memoria, este tipo de expresiones matemáticas son de dominio público, por lo que no se consideran parte del alcance de la invención descrita en el presente documento.

En cada uno de los extremos de la lámina flexible (3) se coloca una mordaza (2) que consta de dos partes unidas por una serie de tornillos pasantes (204) que atraviesan la lámina a través de una serie de taladros practicados a tal efecto (301). Estos tornillos están roscados sobre la parte inferior de la mordaza (201), de tal forma que el extremo de la lámina flexible (3) queda atrapado entre la parte superior (202, 203) y la parte inferior (201) de cada mordaza. La parte superior de una de las dos mordazas (202) dispone de un taladro pasante roscado interiormente. El eje de este taladro está contenido en el plano medio de la pieza que es paralelo a sus caras laterales en la dirección marcada por los lados más largos de la lámina flexible. La parte superior de la otra mordaza (203) dispone de un taladro con la misma geometría pero sin rosca en su superficie interna. De esta forma es posible colocar un tornillo (205) que une ambas mordazas cuando sus piezas superiores (202, 203) están enfrentadas.

Como se muestra en la figura 4, la longitud de la lámina flexible es ligeramente inferior al perímetro exterior de la tubería sobre la que se coloca dicha lámina. Esta diferencia de longitud provoca que ambas mordazas queden separadas una distancia D cuando la lámina flexible se abrocha en torno al componente. Al roscar el tornillo de apriete (205) sobre la pieza superior de la mordaza roscada (202) se produce un acercamiento de ambas mordazas, disminuyendo la distancia D y tensando la lámina flexible alrededor de la tubería o componente cuya presión interna se desea medir. De esta forma se consigue que la deformación circunferencial de la tubería debida a la presión instantánea existente en su interior se transmita íntegramente a la lámina flexible y quede registrada por las galgas extensiométricas ubicadas en la superficie exterior de esta.

De acuerdo con la vista de alzado recogida en la figura 4, la superficie inferior de la parte inferior de cada mordaza está mecanizada con radio R , idéntico al de la tubería

sobre la que se coloca el anillo, con objeto de evitar posibles cabeceos del conjunto debido a un mal asentamiento de las mordazas sobre la tubería. Los extremos de la lámina flexible quedan sujetos con un ángulo α entre la pieza superior e inferior de cada mordaza, de forma que la lámina flexible es tangente a la tubería en el extremo de
5 ambas mordazas, minimizándose así la superficie de arco de circunferencia sobre la que no existe contacto entre lámina y tubería.

La lámina flexible (3), galgas extensiométricas (4) y cables (5) están protegidos por un anillo externo formado por dos flejes metálicos paralelos (9) tensados sobre una
10 serie de puentes (8) que protegen el sistema de posibles daños causados por el aislamiento térmico que normalmente se instala sobre tuberías de proceso

REIVINDICACIONES

1. Un sistema externo no invasivo para la determinación de la presión instantánea existente en el interior de una tubería o de un recipiente cilíndrico de sección circular, **que comprende** los siguientes elementos:

- Una estructura soporte flexible, constituida por una lámina en forma de anillo, abierta en uno de sus extremos, que se coloca alrededor del componente cuya presión interna se desea medir.
- Dos mordazas fijadas a cada uno de los extremos de la estructura soporte anular, unidas entre sí mediante un tornillo pasante que permite controlar la tensión de apriete de la estructura soporte alrededor del perímetro exterior del componente cuya presión interna se desea medir.
- Un número variable de sensores de deformación resistivos, del tipo comúnmente denominado “galgas extensiométricas”, adheridos a la superficie exterior de la estructura soporte y alineadas circunferencialmente, de forma que su línea media queda contenida en un plano perpendicular al eje del recipiente cuya presión se desea determinar.
- Un sistema de soportes de fijación para la conducción de los cables de las galgas extensiométricas a lo largo de la periferia de la estructura soporte, hasta un punto en el que se ubican uno o varios conectores para la conexión de cada una de las galgas extensiométricas a un sistema de medida de resistencia eléctrica.

2. Un sistema externo no invasivo para la determinación de la presión instantánea existente en el interior de una tubería o de un recipiente cilíndrico de sección circular, según la reivindicación 1, **caracterizado** por que la superficie inferior de las mordazas de apriete de la estructura soporte está mecanizada con el mismo radio que la superficie externa de la tubería o recipiente cilíndrico, con objeto de asegurar un buen asentamiento de las mordazas y evitar posibles cabeceos o vibraciones de las mismas.

3. Un sistema externo no invasivo para la determinación de la presión instantánea existente en el interior de una tubería o de un recipiente cilíndrico de sección circular, según las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que la superficie de apriete de las mordazas sobre la lámina soporte anular forma un plano inclinado, de tal forma que cada extremo de la lámina soporte es tangente a la superficie exterior de la tubería, minimizando el arco de circunferencia en el que no existe contacto entre tubería y lámina como consecuencia de la presencia de las mordazas de apriete.

4. Un sistema externo no invasivo para la determinación de la presión instantánea existente en el interior de una tubería o de un recipiente cilíndrico de sección circular, según las reivindicaciones anteriores, **que contiene** uno o varios termopares fijados a la estructura soporte, con objeto de determinar la temperatura del sistema y corregir posibles errores de medida producidos por deformaciones debidas a la diferente

dilatación térmica de la estructura soporte y del componente cuya presión se desea medir, en caso de que ambos elementos estén fabricados de materiales con coeficientes de dilatación térmica diferentes.

5 5. Un sistema externo no invasivo para la determinación de la presión instantánea existente en el interior de una tubería o de un recipiente cilíndrico de sección circular, según las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que los sensores de deformación resistivos están compensados térmicamente mediante una conexión en configuración de medio puente, con objeto de eliminar la contribución térmica de los
10 valores de deformación utilizados en el cálculo de presión.

15 6. Un sistema externo no invasivo para la determinación de la presión instantánea existente en el interior de una tubería o de un recipiente cilíndrico de sección circular, según las reivindicaciones anteriores, **que contiene** un anillo protector externo que recubre las galgas extensiométricas y cables fijados a la superficie externa de la superficie soporte, con objeto de evitar posibles daños al colocar el aislamiento térmico que normalmente recubre las tuberías y recipientes sobre las que se utiliza el sistema de medida de presión descrito en la presente memoria.

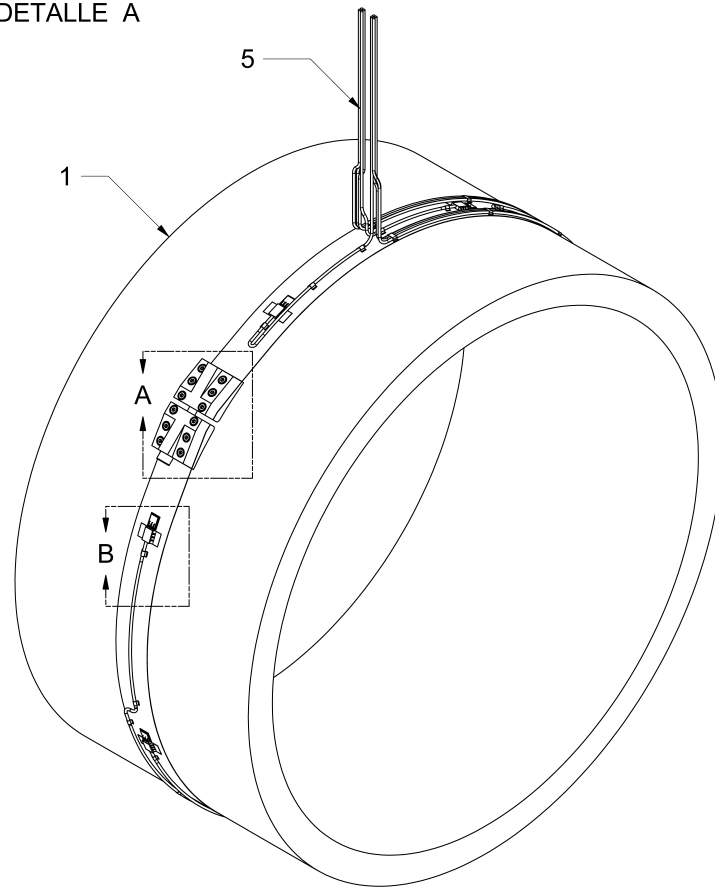
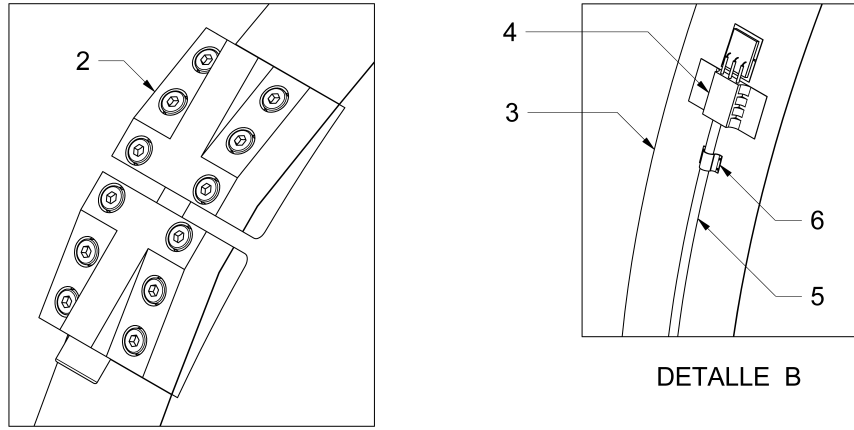


FIGURA 1

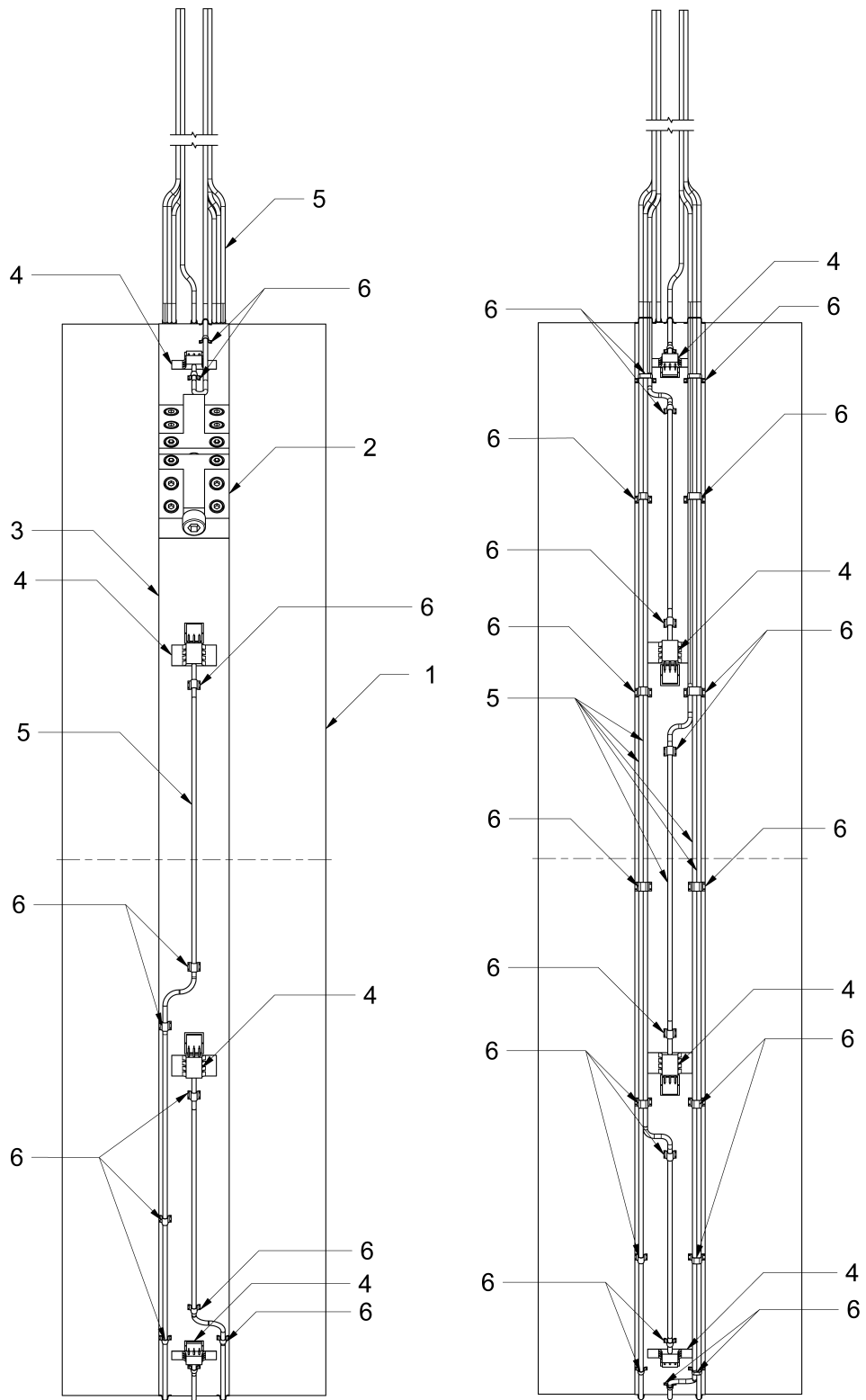


FIGURA 2

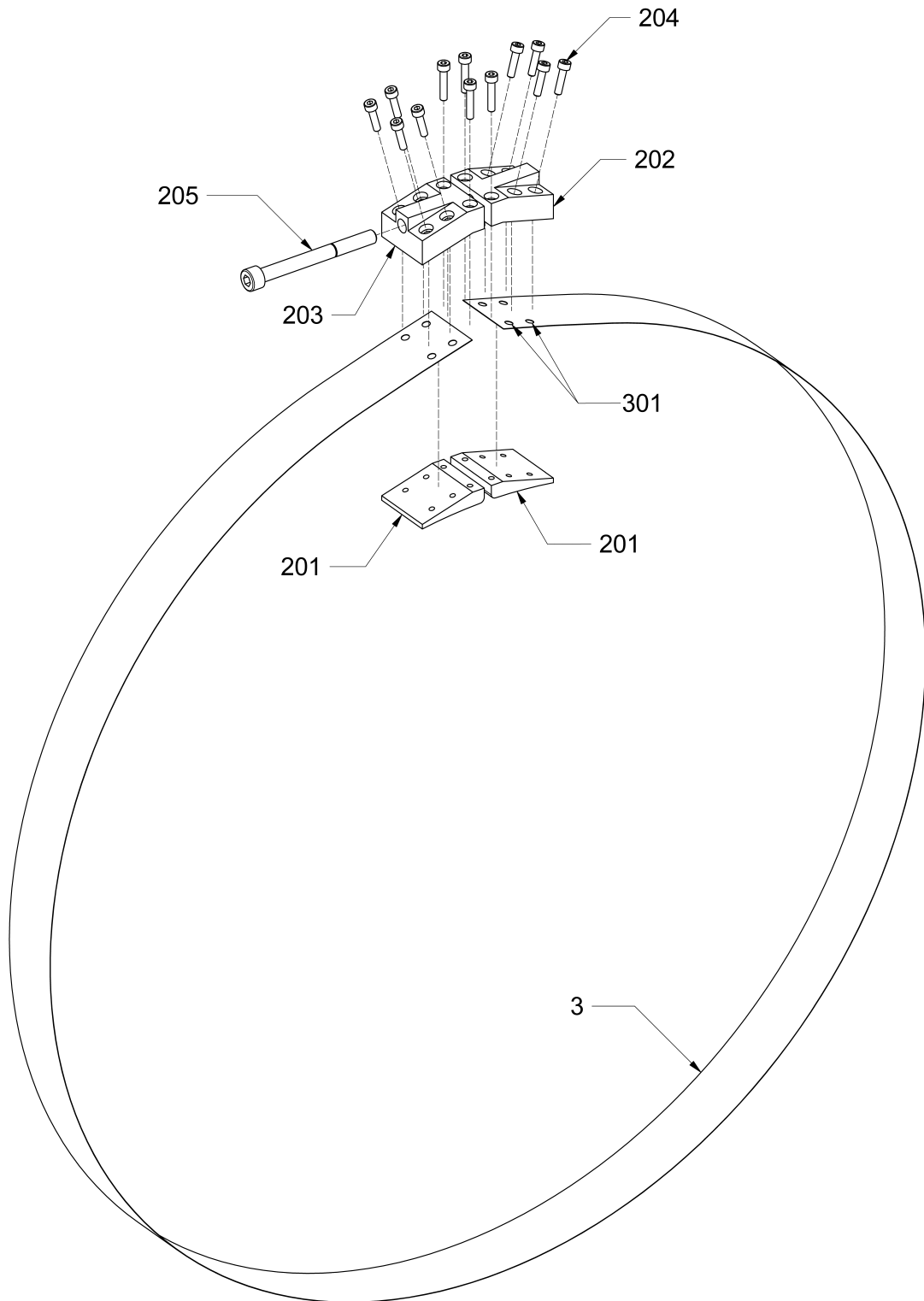


FIGURA 3

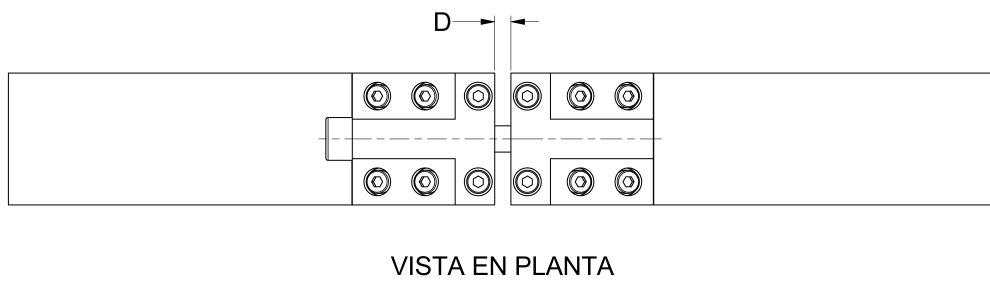
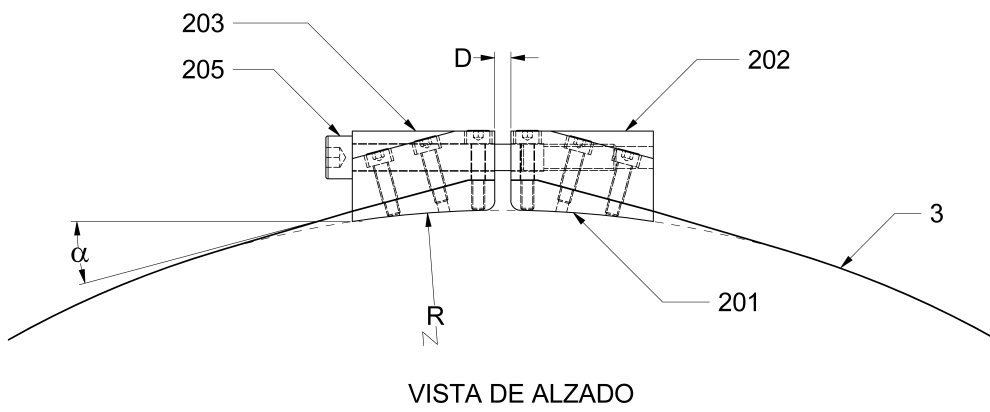
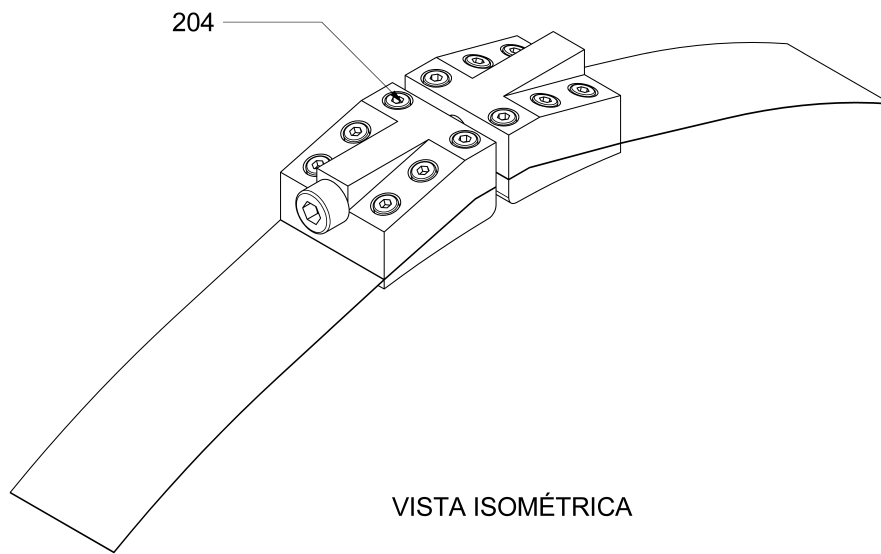


FIGURA 4

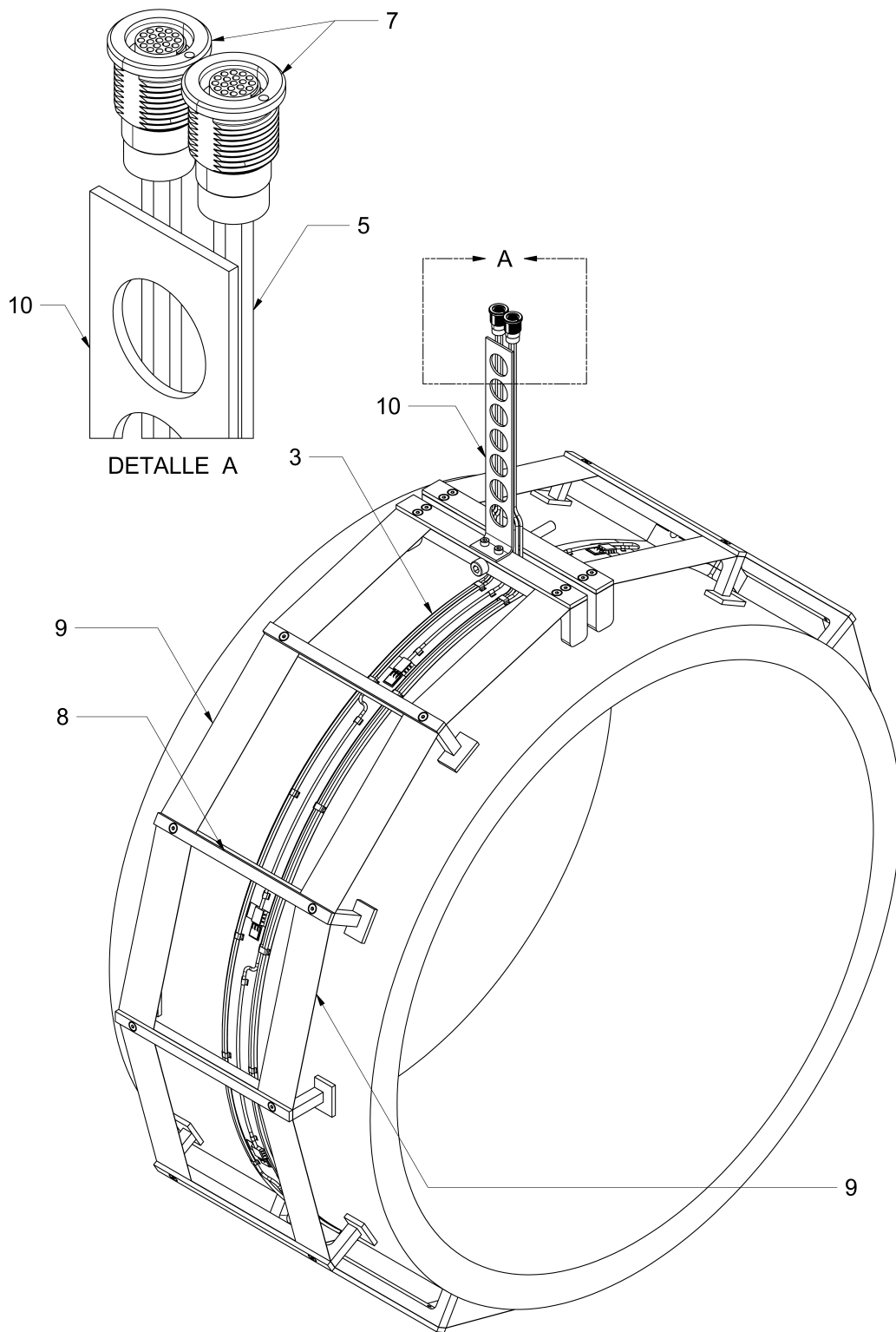


FIGURA 5

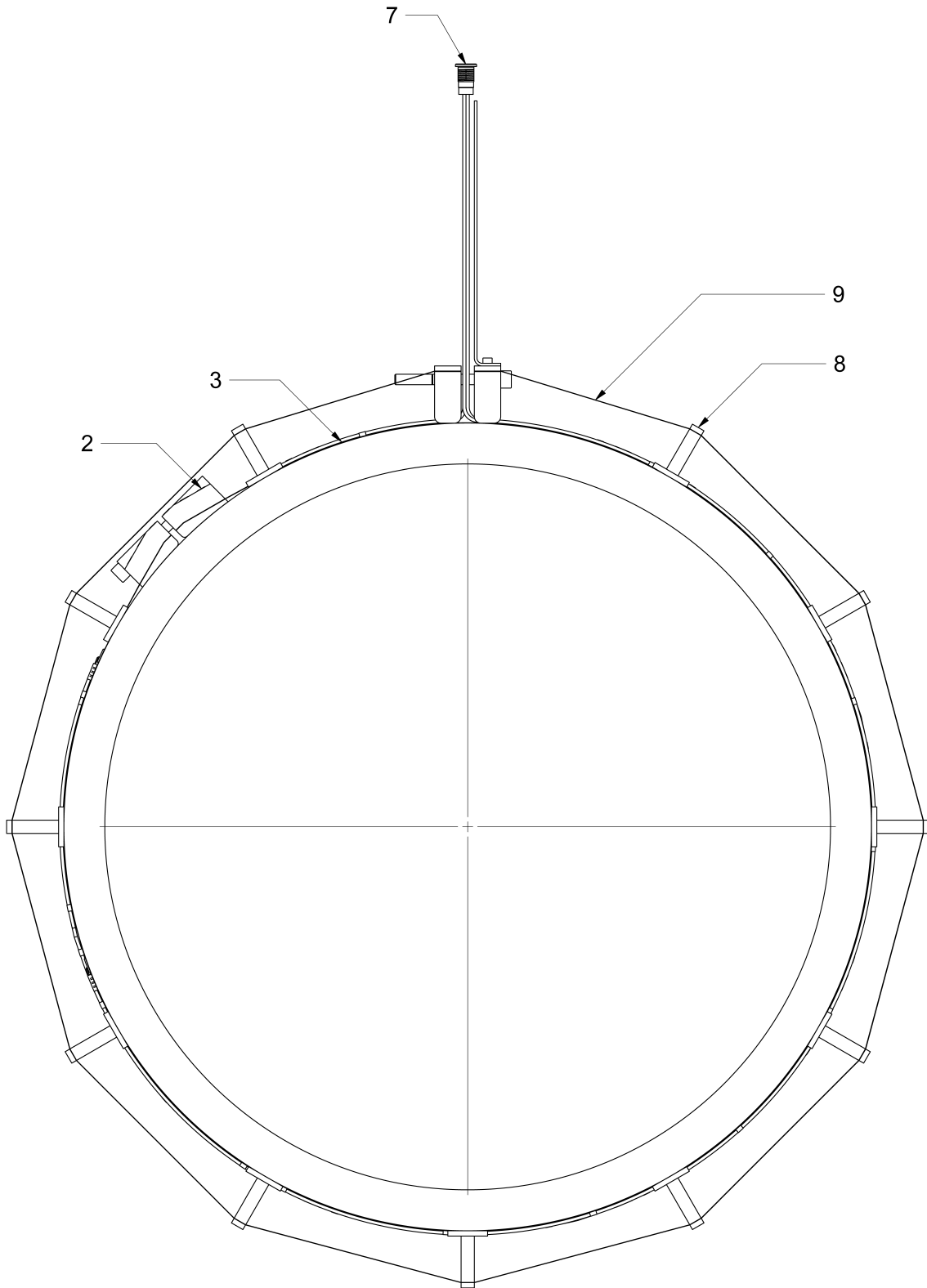


FIGURA 6



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA

- ②¹ N.º solicitud: 201830233
②² Fecha de presentación de la solicitud: 08.03.2018
③² Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤¹ Int. Cl.: **G01L9/04** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤ ⁶ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X Y	WO 2014189577 A1 (GE HITACHI NUCL ENERGY AMERICA) 27/11/2014, párrafos [1, 8, 9, 22-25]; reivindicaciones 1-3; figura 1	1, 4, 5, 6 2,3
Y	US 2008136184 A1 (LEBO et al.) 12/06/2008, párrafos [1, 32-37]; figuras 1, 3	2,3
X Y	US 2004226386 A1 (GYSLING et al.) 18/11/2004, párrafos [14, 19, 43, 46, 64, 105, 107-109, 135, 136; 156, 163]; figuras 1, 4-7, 9, 10, 20-23	1,5,6 3
Y	KR 20170025928 A (CHUNWOO ENV SERVICE) 08/03/2017, figuras 1,3	3

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones n.º:

Fecha de realización del informe
17.01.2019

Examinador
F. J. Olalde Sánchez

Página
1/2

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

G01L

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

INVENES, EPODOC, WPI