

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL



"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA  
DE VACÍO PARA MEDICIONES ELECTRÓNICAS"

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Diciembre - 2020

AUTOR: José María Cano Giménez

DIRECTOR/ES: David Valiente García

ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	4
1.1 JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO.....	4
1.3 PRESENTACIÓN DEL CONJUNTO.....	5
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	6
2.1 CÁMARAS DE VACÍO .....	6
2.2 ESTADO ACTUAL DE LA TÉCNICA .....	7
<b>3. FASE DE DISEÑO</b> .....	10
3.1 MUESTRAS A MEDIR.....	10
3.2 DISEÑO DEL CONJUNTO PORTAMUESTRAS .....	11
3.2.1. DISEÑO DEL PORTAMUESTRAS PARA TEMPERATURA NORMAL.....	11
3.2.2. DISEÑO DEL PORTAMUESTRAS PARA ALTA TEMPERATURA .....	15
3.3 DISEÑO DEL SISTEMA CALEFACTOR .....	17
3.4 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE MEDIDA .....	22
<b>4. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO</b> .....	25
4.1 CONSTRUCCIÓN DEL PORTAMUESTRAS.....	25
4.1.1. ESTACIÓN DE MEDIDA.....	25
4.1.2. BASE NORMAL .....	27
4.1.3. BASE PARA ALTA TEMPERATURA.....	28
4.2 CONSTRUCCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA .....	34
4.2.1. INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN EL INTERIOR DE LA CÁMARA .....	34
4.2.2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA EXTERIOR A LA CÁMARA.....	36
4.2.3. SISTEMA DE VACÍO.....	38
4.3 MONTAJE DE LA CÁMARA DE VACÍO .....	40
<b>5. RESULTADOS</b> .....	42
5.1 FASE DE PRUEBAS.....	42
5.2 MEJORAS INTRODUCIDAS.....	44
<b>6. PRESUPUESTO</b> .....	45
<b>7. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS</b> .....	48
<b>8. ANEXOS</b> .....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Proceso de construcción del prototipo .....	4
Figura 1.2. Componentes del equipo de medición de muestras .....	5
Figura 3.1. Muestra primitiva (IZDA) y muestra actual (DCHA) .....	10
Figura 3.2. Proceso de fabricación de las muestras de Sulfuro de cobre .....	10
Figura.3.3. Ubicación de las varillas roscadas en la cámara de vacío .....	11
Figura 3.4. Colocación del prototipo en la cámara .....	12
Figura 3.5. Sistema de posicionamiento de muestras .....	13
Figura 3.6. Sistema de posicionamiento de muestras .....	13
Figura 3.7. Ubicación de los puntos de medida de la célula .....	14
Figura 3.8. Detalle de los pines con resorte interno .....	15
Figura 3.9. Ubicación de la resistencia eléctrica sobre el reverso de la base .....	16
Figura 3.10. Sección lateral de la base de alta temperatura.....	17
Figura 3.11. Diagrama de control del controlador TC200.....	18
Figura 3.12. Vista frontal y trasera del controlador TC200.....	19
Figura 3.13. Detalle del cable de conexión incluido en el kit del controlador TC200.....	19
Figura 3.14. Gama de resistencias calefactoras ofrecidas por el fabricante Thorlabs.....	20
Figura 3.15. Detalle de la resistencia calefactora HT10K.....	21
Figura 3.16. Detalle del termopar tipo K (arriba) y de su soporte de montaje en la cámara (abajo) .....	22
Figura 3.17. Vista de la tapa de la cámara (IZDA) y detalle de la toma de vacío (DCHA).....	23
Figura 3.18. Detalle del conector pasamuros .....	23
Figura 3.19. Diagrama de conexiones del mando exterior .....	24
Figura 4.1. Esquema del ensamblaje de los portamuestras .....	25
Figura 4.2. Estación de medida terminada .....	26
Figura 4.3. Base normal para temperatura ambiente.....	27
Figura 4.4. Detalle del portamuestras para temperatura ambiente ya terminado .....	28
Figura 4.5. Detalle de la cinta térmica .....	30
Figura 4.6. Vista de la cara inferior de la base de alta temperatura.....	30
Figura 4.7. Detalle del suplemento instalado sobre la base .....	31
Figura 4.8. Vista del portamuestras colocado en la cámara .....	31
Figura 4.9. Detalle de los topes del portamuestras .....	32
Figura 4.10. Colocación de los moldes para la aplicación del poliuretano proyectado.....	32
Figura 4.11. Portamuestras de alta temperatura terminado.....	33
Figura 4.12. Instalación del termopar en la cámara de vacío .....	33

Figura 4.13. Esquema de la instalación eléctrica .....	34
Figura 4.14. Detalle del recorrido de los cables y del punto de conexión de medida .....	35
Figura 4.15. Detalle del zócalo (IZDA) y de la codificación de los terminales de medida (DCHA) .....	35
Figura 4.16. Conector DB15 ya instalado (IZDA) y conector para la resistencia calefactora (IZDA) .....	36
Figura 4.17. Detalle de la codificación del selector y de las conexiones del mando .....	37
Figura 4.18. Cable de conexión del mando (IZDA) y conector pasamuros DB15 hermético (DCHA) .....	38
Figura 4.19. Vista del mando ya terminado .....	38
Figura 4.20. Despiece de la toma de vacío de la cámara .....	39
Figura 5.1. Ensayo con el portamuestras de temperatura ambiente .....	42
Figura 5.2. Detalle de las conexiones del portamuestras de alta temperatura .....	43
Figura 5.3. Accionando el mecanismo de posicionamiento con un destornillador .....	43
Figura 5.4. Máximas temperaturas alcanzadas en condiciones atmosféricas (IZDA) y de vacío (DCHA) .....	44

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Partes del proyecto.....	5
Tabla 3.1. Dimensiones de las muestras .....	10
Tabla 3.2. Características técnicas de la resistencia calefactora.....	21
Tabla 3.3. Distribución de pines para el conector DB15 .....	24
Tabla 4.1. Elementos suministrados por Trinos Vacuum Projects.....	40
Tabla 6.1. Despiece cámara de vacío .....	45
Tabla 6.2. Despiece bases portamuestras.....	46
Tabla 6.3. Despiece estación de medida, mando y control .....	46
Tabla 6.4. Despiece sistema calefactor .....	47
Tabla 6.5. Presupuesto total por partidas.....	47

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ante la necesidad surgida en el Área de Electrónica de la UMH para tareas de investigación, se procede al encargo del diseño y construcción de una cámara de vacío con todos los accesorios necesarios para la medición de parámetros en muestras de una línea de investigación bajo distintas condiciones de radiación, presión y temperatura.

### 1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO

Este trabajo incluye las fases de diseño, construcción y puesta en servicio del aparato capaz de cumplir con los siguientes condicionantes:

- Obtener mediciones eléctricas en muestras depositadas en el interior de la cámara.
- Poder seleccionar la muestra a medir a través de un mando exterior a la cámara.
- Irradiar las muestras a través de una fuente luminosa externa.
- Realizar condiciones de vacío en el interior de la cámara.
- Calefactar las muestras para realizar mediciones a diferentes temperaturas.

El proceso de actuación llevado a cabo en el presente trabajo es el siguiente (Figura 1.1).

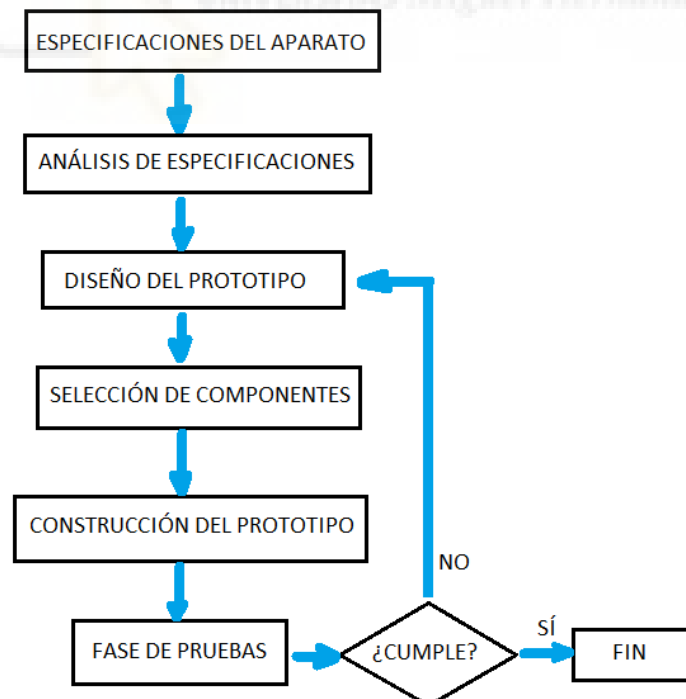


Figura 1.1. Proceso de construcción del prototipo

En este proyecto hay que distinguir las distintas actuaciones llevadas a cabo, por una parte, ciertos componentes que han tenido que ser diseñados y construidos para su incorporación al conjunto mientras que otros únicamente han requerido de adaptación y montaje (Tabla 1.1)

### ***PARTES DEL PROYECTO***

DISEÑO & CONSTRUCCIÓN	ADAPTACIÓN & ENSAMBLAJE
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Portamuestras</li> <li>• Mando de control externo</li> <li>• Sistema de calefacción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cámara de vacío</li> <li>• Sistema de vacío</li> <li>• Fuente de radiación</li> <li>• Controlador de temperatura</li> <li>• Multímetro y fuente de alimentación</li> </ul>

*Tabla 1.1. Partes del proyecto*

### 1.3 PRESENTACIÓN DEL CONJUNTO

El equipo diseñado forma parte de un conjunto destinado a obtener mediciones de parámetros eléctricos en muestras de sulfuro de cobre en diferentes condiciones de radiación, presión y temperatura. Los elementos que componen el conjunto se muestran a continuación (Figura 1.2).



*Figura 1.2. Componentes del equipo de medición de muestras*

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 CÁMARAS DE VACÍO

Actualmente las cámaras de vacío tienen diversas aplicaciones tanto en el sector industrial como en el de la investigación científica. Algunas de las aplicaciones de las cámaras de vacío son las siguientes:

- Liofilización: Es utilizado principalmente en la industria alimentaria para conservación de los alimentos y en la farmacéutica para conservar medicamentos, aunque también se puede utilizar para fabricar materiales como el aerogel o para hacer más conveniente el transporte de ciertos productos por reducción del peso. Consiste en un proceso de deshidratación usado generalmente para conservar un alimento perecedero o hacer el material más conveniente para el transporte. La liofilización funciona congelando el material y luego reduciendo la presión circundante para permitir que el agua congelada en el material se sublime directamente desde la fase sólida a la fase gaseosa, sin pasar por el estado líquido.
- Vacío térmico: Se utiliza una cámara de vacío en la cual se controla la temperatura en su interior, ya sea por medios radiactivos, o por conducción térmica ya que en vacío la transmisión de calor por convección es nula o despreciable. El ambiente térmico se consigue haciendo pasar líquidos o fluidos a través de cubiertas térmicas para conseguir temperaturas frías, o mediante la aplicación de lámparas térmicas para conseguir altas temperaturas. Las cámaras de vacío térmico se utilizan con frecuencia en las pruebas de naves espaciales o partes de ellas en un entorno espacial simulado, razón por la cual con frecuencia se denominan simuladores espaciales
- Ingeniería del vacío: La ingeniería del vacío se ocupa de los procesos tecnológicos y técnicas que utilizan el vacío o las presiones ultrabajas para lograr mejores resultados que los que se obtendrían bajo la presión atmosférica normal. Las aplicaciones más difundidas de la tecnología de vacío son; recubrimiento con carburo de cromo pirolítico (PCC Coating), manipulación de objetos mediante garras de vacío, vidrio antirreflectante, coloreado del vidrio, impregnación al vacío, recubrimiento y secado al vacío.

## 2.2 ESTADO ACTUAL DE LA TÉCNICA

En [1] se habla acerca de la vida útil de los disyuntores de vacío. A pesar de que son compactos y requieren poco mantenimiento recomiendan una inspección después de varios años de servicio para verificar que el nivel de vacío en las cámaras siga siendo el adecuado. Esto se debe al aumento de la presión interna que excede un cierto valor umbral provocando la pérdida de capacidad de conmutación de corriente y las propiedades de aislamiento eléctrico. Las mediciones de presión en fábrica en cámaras de vacío nuevas se realizaban con un sistema de medición basado en el principio de magnetron.

Sin embargo, las mediciones de presión en cámaras de vacío nuevas después de la fabricación y la verificación del vacío en los interruptores automáticos después de varios años de servicio requieren diferentes procedimientos de prueba y técnicas de diagnóstico. Los usuarios de interruptores automáticos de vacío están interesados en un método simple adecuado para su aplicación en el sitio que tiene como objetivo verificar si aún no se ha superado un valor umbral de presión determinado. En este documento se presenta una descripción general de ideas, patentes y procedimientos para el diagnóstico de presión interna de interruptores automáticos de vacío y se discute la viabilidad de la aplicación en el sitio del sistema de monitoreo de vacío de interruptores automáticos.

En otro ejemplo de uso de cámara de vacío [2], hasta ese momento alcanzaban una tensión nominal de hasta 52 kV y una corriente de cortocircuito de 80 kA. Con base en las experiencias a largo plazo y el conocimiento del desarrollo de la investigación básica, hubo un claro progreso hacia rangos de voltaje más bajos y más altos y capacidades de interrupción más altas. Además de la expansión de las clasificaciones, también se lograron nuevas aplicaciones para la tecnología de vacío. Por ejemplo, los disyuntores y reconectores, así como los cambiadores de tomas de transformadores, utilizan cada vez más los tubos de vacío.

En [3] se presenta el comportamiento del arco de vacío de un contacto de campo magnético axial de tipo bobina en un espacio de contacto de 60mm. La brecha de contacto suele ser alta en los interruptores automáticos de vacío de alto voltaje (VCB). Investigaron experimentalmente los comportamientos de arco de vacío de un contacto de campo magnético axial (AMF) de tipo bobina con un diámetro de contacto de 100 mm y un espacio de contacto de 60 mm, que incluyó la observación de la apariencia del arco de vacío y la prueba de interrupción de corriente de descarga de LC. El arco de vacío se encendió con una aguja de gatillo en una cámara de vacío desmontable, y la apariencia



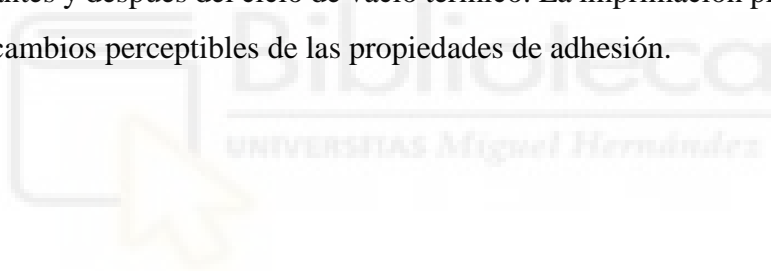
del arco de vacío se registró con una cámara de dispositivo de carga acoplada de alta velocidad. Las pruebas de interrupción de corriente de descarga LC se realizaron utilizando un VCB con los contactos AMF de tipo bobina en los interruptores de vacío. La apariencia del arco de vacío con valores de pico de corriente de 11,3, 17,0 y 22,7 kA (frecuencia de corriente de 50 Hz) se mostró en modo difuso, aunque hubo un período inestable al comienzo del período de arco. La prueba de interrupción de la corriente de descarga de LC mostró que no había una segunda media onda hasta una corriente rms de 50 kA. Cuando el espacio de contacto aumenta de 40 a 60 mm, la oscilación del ruido del voltaje del arco aumenta y el voltaje del arco en el pico de corriente casi se duplica en el rango de la corriente del arco de 10 a 50 kA. Cuando el valor pico de la corriente de arco aumenta de 11,3 a 17,0 y 22,7 kA, tanto la amplitud del ruido del voltaje del arco como la duración del ruido del voltaje del arco aumentaron.

Por otro lado, en [4] se trata sobre un test en una nueva cámara de vacío térmico construida en Turquía. En dicho documento, se presentaban las especificaciones y capacidades de una cámara de vacío térmico de nueva construcción utilizada para las pruebas de vacío térmico a nivel del sistema. Gracias al sistema de termorregulación, también fue posible realizar pruebas de vacío térmico a nivel de subsistema y de equipo. La condición de vacío del espacio es generada por sistemas de bombeo de vacío primarios y secundarios. La simulación de la temperatura del espacio profundo se logró mediante protectores térmicos recubiertos de negro alimentados por nitrógeno líquido o gaseoso. Los flujos externos que son solares, terrestres y albedo fueron simulados por medios radiantes y conductores en la cámara. Todas las operaciones se gestionaron y controlaron mediante un software personalizado y fácil de usar. Los datos de prueba recopilados de los sensores montados en el elemento de prueba acumulados por un sistema de adquisición de datos. Dos campañas exitosas de prueba de vacío térmico realizadas en el verano de 2012 demostraron que era un sistema de prueba confiable para las pruebas de vacío térmico a nivel de sistema, subsistema y equipo.

Otra de las aplicaciones del vacío es en el sector de la industria aeroespacial, según el artículo [5], la Agencia Espacial de Malasia (también conocida como ANGKASA) proporciona una instalación para el ensamblaje e integración de satélites, así como el lanzamiento y las pruebas ambientales para países locales y otros en la región del sudeste asiático. Se compone de varios equipos de prueba, como cámara de vacío térmico, sistema de prueba de vibración, cámara electromagnética, cámara acústica, sistema de medición

de propiedades de masa y sistema de medición de alineación. La cámara de vacío térmico estaba personalizada y era la única cámara disponible en el país. Era capaz de simular un entorno espacial con capacidades de alto vacío y una amplia gama de capacidades de calefacción y refrigeración.

Siguiendo con la industria aeroespacial en [6] trata del diseño y operación de una cámara de vacío térmica simple para probar componentes de naves espaciales pequeñas. Se diseñó, construyó y puso en funcionamiento una pequeña cámara de vacío térmico de bajo costo. El ciclo térmico se realizó utilizando una cubierta interna, diseñada para usarse como una pared fría pura para enfriamiento radiactivo o como una placa de contacto térmico. Se adoptó un sistema de inundación parcial de nitrógeno líquido controlado por computadora para enfriar y se utilizó flujo de aire caliente para calentar la cubierta. La cámara de vacío térmico se utilizó para validar la estabilidad de las propiedades de la imprimación BR 127 fuera del rango de temperatura previamente certificado. La prueba de la cinta (desprendimiento) de adhesión según ASTM D3359 09 se realizó en la imprimación antes y después del ciclo de vacío térmico. La imprimación probada resistió la prueba sin cambios perceptibles de las propiedades de adhesión.



### 3. FASE DE DISEÑO

#### 3.1 MUESTRAS A MEDIR

Las muestras pertenecientes a la línea de investigación se componen de 4 células contenidas en un sustrato en forma de cuadrícula formando una matriz de 2x2 (Figura 3.1). Sin embargo, estas sufrieron una modificación en un rediseño posterior reduciendo sus dimensiones tal como se muestra a continuación.

	<i>MUESTRA PRIMITIVA</i>	<i>MUESTRA ACTUAL</i>
<i>LARGO (mm)</i>	25	20
<i>ANCHO (mm)</i>	25	20
<i>ESPESOR (mm)</i>	0,5	0,5

Tabla 3.1. Dimensiones de las muestras

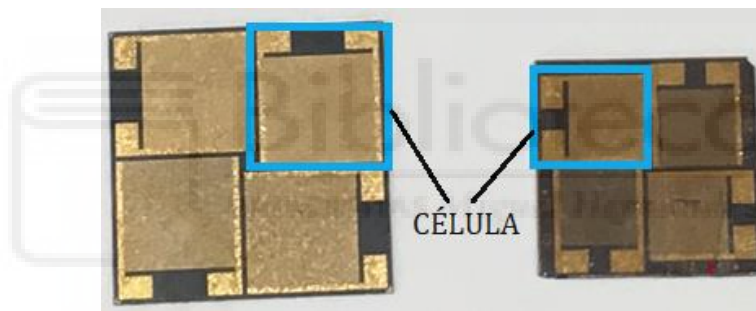


Figura 3.1. Muestra primitiva (IZDA) y muestra actual (DCHA)

El proceso de fabricación se realiza a partir de un sustrato en forma de obleas y posteriormente a través de un proceso de corte se extraen las muestras (Figura 3.2).

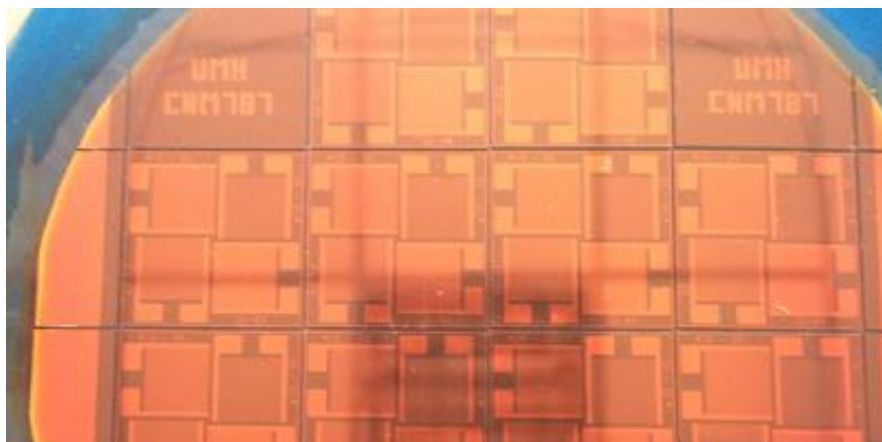


Figura 3.2. Proceso de fabricación de las muestras de Sulfuro de cobre

### 3.2 DISEÑO DEL CONJUNTO PORTAMUESTRAS

Una vez montada la cámara de vacío (ver apdo. 4.2) se procedió al diseño del portamuestras dedicado a la medición de muestras en el interior de la cámara. Para ello se utilizaron programas de dibujo asistido por ordenador (SOLIDWORKS, s.f.). El primer paso fue diseñar un prototipo cuyas dimensiones permitieran ser introducido y sustentando en el interior de la cámara. Los parámetros de partida iniciales fueron diámetro interior de la cámara y separación entre varillas.

Las varillas roscadas (M6x160) dispuestas verticalmente servirían para la sustentación y regulación en altura del portamuestras a través de tuercas (Figura 3.3).

Se tomó la decisión de diseñar dos sistemas portamuestras diferentes en función de si las mediciones se realizaran a temperatura ambiente o no para que de esta forma el diseño quedara optimizado a las condiciones de operación de cada situación.



*Figura.3.3. Ubicación de las varillas roscadas en la cámara de vacío*

#### 3.2.1. DISEÑO DEL PORTAMUESTRAS PARA TEMPERATURA NORMAL

Una decisión importante fue determinar la forma de la pieza, pues en función de esta quedarían condicionados el resto de componentes a diseñar. Con el fin de guardar cierta

armonía estética con la cámara se optó por un diseño circular con cuatro orejetas de anclaje con separaciones equidistantes para dejar suficiente espacio en los laterales facilitando el acceso hacia el fondo de la cámara (Figura 3.4).

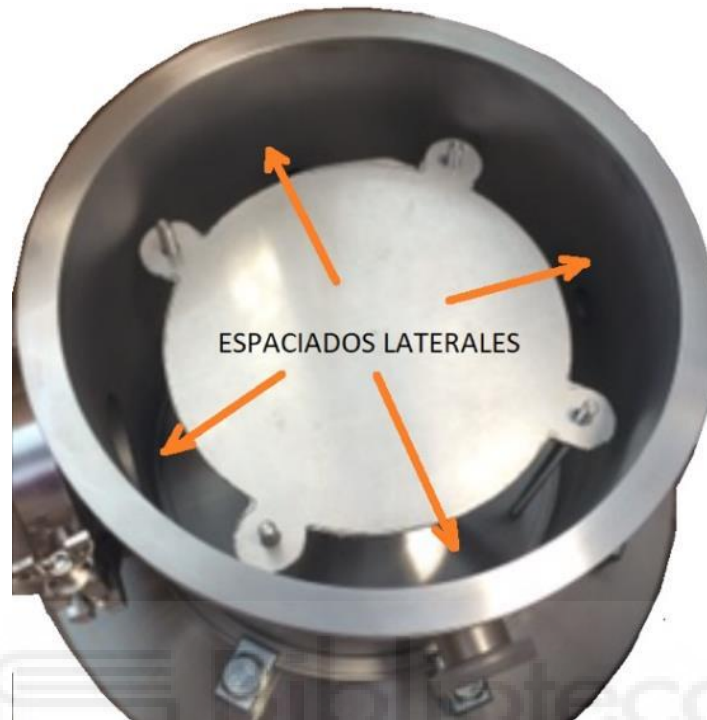


Figura 3.4. Colocación del prototipo en la cámara

Con el fin de colocar las muestras sobre la base en unas posiciones fijas, una cruceta espaciadora fue añadida al diseño de la base para delimitar el alojamiento de las muestras a introducir (Figura 3.5) y ubicada en la parte central para mejorar el aprovechamiento de la radiación incidente ya que en este punto los rayos llegan con mayor densidad de energía en comparación con las zonas periféricas debido al ángulo de incidencia (Figura 3.6).

En cuanto al material para la fabricación de la base se eligió el aluminio por su ligereza y gran resistencia a la corrosión.

El plano de fabricación B-6 se encuentra en el [ANEXO VII](#) y en él se detallan las características técnicas de la base.

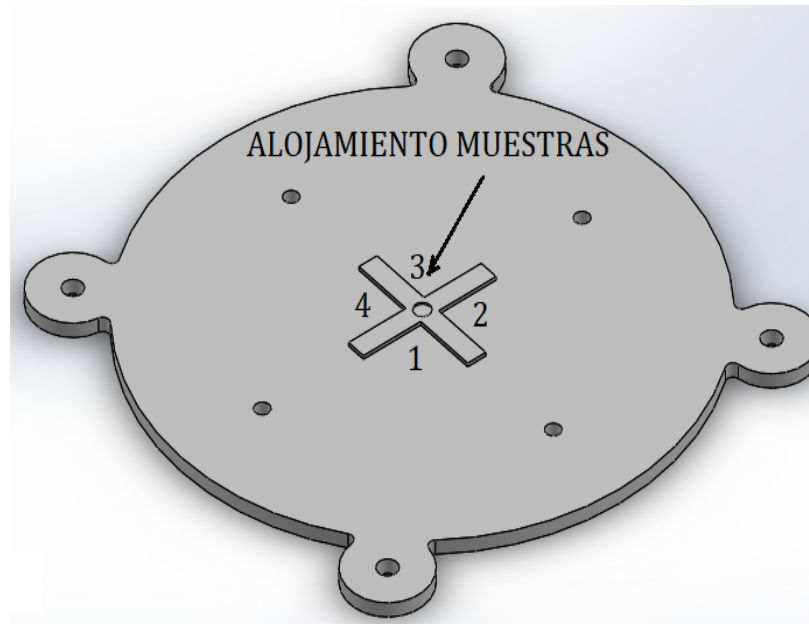


Figura 3.5. Sistema de posicionamiento de muestras

Una vez diseñada la base el siguiente paso fue diseñar un sistema de contactos eléctricos para medir las muestras colocadas en sus alojamientos y que apoyaran en los puntos de medida de cada célula (Figura 3.7). Recordar que hay espacio para colocar cuatro muestras y cada una de ellas contiene cuatro células. Un gran desafío va a ser el poder medir las dieciséis células simultáneamente sin sombrearlas ya que el sistema de contactos a diseñar deberá situarse entre las muestras y la fuente de radiación.

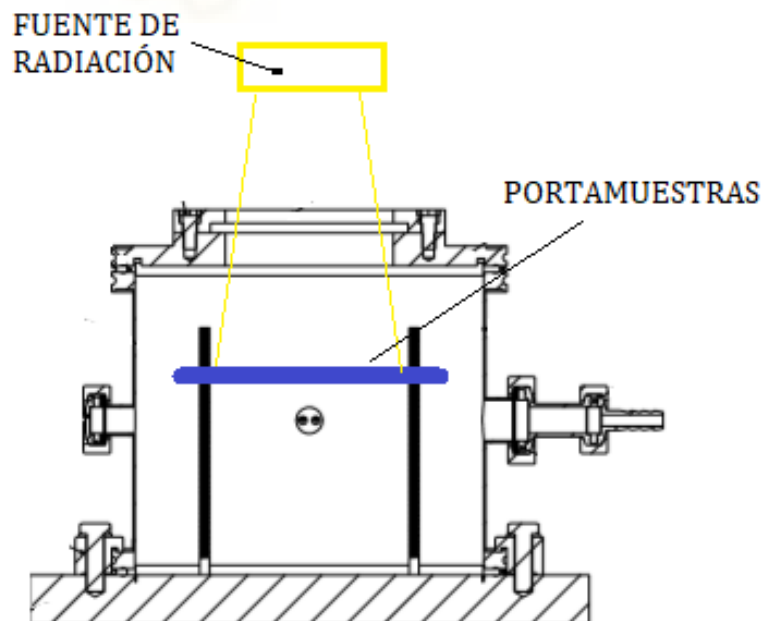


Figura 3.6. Sistema de posicionamiento de muestras

La idea inicial de ir colocando los contactos célula a célula no es eficiente porque se invierte demasiado tiempo en la preparación por parte del operador. Hay que reducir ese tiempo improductivo al mínimo posible para que la mayor parte del tiempo se emplee en medir las muestras y no en preparar el ensayo.

Para reducir ese tiempo había que diseñar un sistema de posicionamiento simultáneo en todas las muestras. Después de varios diseños fallidos se llegó a la solución final que consiste en un sistema móvil que integra todos los palpadores, y a través de un movimiento vertical de bajada y subida con respecto a la base del portamuestras es capaz de acoplar y desacoplar los palpadores sobre las muestras.

Sin embargo, aparece un nuevo problema ya que este sistema móvil se quedaría situado entre las muestras y la fuente luminosa exterior a la cámara. ¡Es imprescindible no sombrear las células!

Para controlar el movimiento de este sistema con un único tornillo es evidente que su ubicación tiene que ser central lo cual obliga a guiar todo el sistema sobre varillas colocadas en los laterales para evitar inclinaciones y que el movimiento sea totalmente vertical. De no ser así, el sistema se podría atascar además de que unos contactos atacarían antes que otros sobre las muestras provocando una descompensación del sistema.

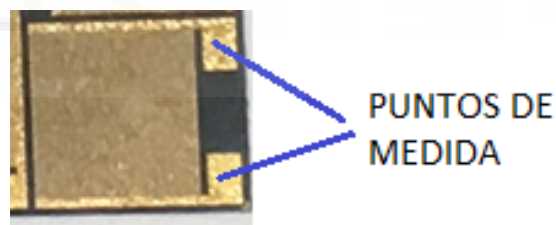


Figura 3.7. Ubicación de los puntos de medida de la célula

Los palpadores tienen la misión de apoyar sobre los puntos de medida de las células y deben ir acoplados al sistema de elevación. El problema surge al realizar la maniobra de acoplamiento, si no se para a tiempo en el momento que los palpadores contactan en las células se corre el riesgo de fracturarlas. Por este motivo, se optó por pines con resorte interno (MILL-MAX, s.f.) como palpadores del portamuestras (Figura 3.8). Las características técnicas pueden consultarse en el [ANEXO I](#).





Figura 3.8. Detalle de los pines con resorte interno

El diseño final de la estación de medida (sistema móvil del portamuestras) puede verse en el plano B-4 del [ANEXO VII](#). Es un diseño en forma de estrella con cuatro apoyos laterales guiados verticalmente y con un tornillo central para realizar los movimientos de subida y bajada. Cada apoyo lateral está guiado por un casquillo de bronce y se incorpora un resorte antagonista que se comprime en el movimiento de la subida (desacople) facilitando el de bajada (acople) garantizando una presión suficiente para facilitar la maniobra de bajada.

Como los pines de resorte tienen un recorrido muy corto fue necesario limitar el recorrido de la estación de medida en la bajada a través de unas arandelas de ajuste. En cuanto a los palpadores, se han colocado dos juegos en cada cuadrante que permiten medir dos células de cada muestra introducida, es decir, tras el posicionado se podrían llegar a medir hasta 8 células a la vez.

### 3.2.2. DISEÑO DEL PORTAMUESTRAS PARA ALTA TEMPERATURA

Como se comentó anteriormente uno de los requerimientos del diseño consiste en realizar mediciones de las muestras a alta temperatura por lo que se necesitó acoplar una resistencia calefactora al diseño y situarla en contacto directo con la base donde van alojadas las muestras.

Al realizar el montaje del sistema calefactor (ver apartado 3.3) sobre el portamuestras para probarlo surge un problema. No es posible alcanzar las temperaturas esperadas debido a las grandes pérdidas de calor y a la limitada potencia de la resistencia calefactora.



Para no cambiar el diseño del sistema calefactor se decide diseñar una segunda base para el portamuestras a emplear únicamente cuando se necesiten calefactar muestras a altas temperaturas y que comparta la misma estación de medida que la base normal.

La nueva base para alta temperatura debe compartir la estación de medida con la base normal, es decir, esta se montará sobre la base que se necesite utilizar en cada momento, por lo tanto, debe ser fácilmente desmontable.

Para calentar las muestras se optó por fabricar otra base de aluminio debido a su buena conductividad térmica, necesaria para la transmisión de calor desde la resistencia eléctrica a la base y de esta a las muestras. Por contra, una alta conductividad térmica aumenta las pérdidas de calor limitando la temperatura a conseguir en las muestras.

La resistencia calefactora fue pegada por la cara inferior de la base del portamuestras ya que va provista de un adhesivo que facilita su fijación a cualquier superficie (Figura 3.9).

Al probar el prototipo se comprobó que no se podía conseguir una alta temperatura en la base pero al realizar el vacío en la cámara la temperatura aumentaba considerablemente. Esto indicaba que se producían grandes pérdidas por “convección” desde las superficies calientes de la base hacia el aire circundante.



Figura 3.9. Ubicación de la resistencia eléctrica sobre el reverso de la base

El balance térmico entre el calor aportado (resistencia eléctrica) y el calor perdido (superficies en contacto con el ambiente) condiciona la temperatura que se puede alcanzar.

Para limitar las pérdidas de calor por convección fue necesario aislar las superficies por ambas caras de la base excepto el hueco donde van alojadas las muestras.

Debido a la potencia limitada de la resistencia térmica fue necesario limitar las pérdidas de calor de la nueva base con el objetivo de alcanzar altas temperaturas en las muestras. Para ello se llevaron a cabo las siguientes acciones:

- Minimizar la superficie de contacto con el aire
- Aislar térmicamente todas las superficies metálicas

Para minimizar la superficie de contacto se redujo el diámetro de la base respecto del diseño anterior aislándolo por ambas caras con una capa de poliuretano lo que obligó a suplementar las muestras con una pieza cuadrada de aluminio para compensar el espesor del aislante (Figura 3.10).

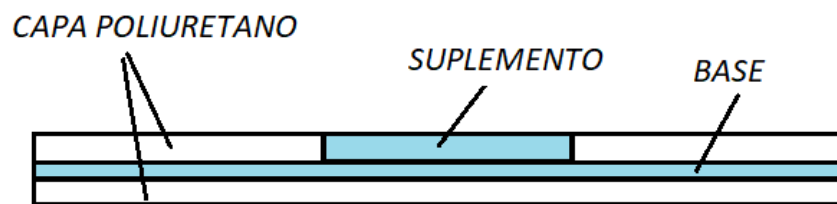


Figura 3.10. Sección lateral de la base de alta temperatura

### 3.3 DISEÑO DEL SISTEMA CALEFACTOR

La cámara de vacío debe permitir calentar las muestras para realizar mediciones a diferentes temperaturas.

Componentes del sistema calefactor:

- Controlador de temperatura
- Cable de conexión
- Resistencia calefactora
- Termopar tipo K

Se ha proporcionado el controlador de temperatura, modelo TC200 (THORLABS, s.f.), al inicio del presente trabajo a falta de seleccionar el termistor más adecuado en función del diseño del portamuestras y de los parámetros del controlador de temperatura.

El controlador permite programar la temperatura de calentamiento deseada en un rango entre 20 y 200°C. En su interior, un controlador PID realiza un control en lazo cerrado que va comparando en tiempo real la temperatura alcanzada en el termistor (aún por determinar) con la consigna programada en el controlador para enviar una señal de

corrección hasta alcanzar la temperatura de consigna (Figura 3.11). El dispositivo admite termistores con una potencia máxima de 18W. Esta es la razón de tener que aislar la base del portamuestras pues si su la tasa de disipación al ambiente fuera superior a 18W jamás se podría alcanzar la temperatura de consigna.

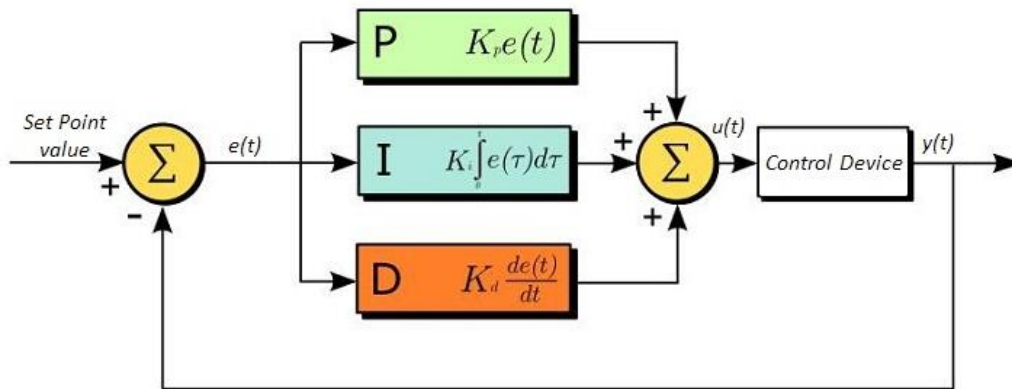


Figura 3.11. Diagrama de control del controlador TC200

En la Figura 3.12 se puede ver el frontal y parte trasera del dispositivo que ofrece una pantalla de cristal líquido LCD (2) para visualizar las distintas funciones de estado, medición y programación de parámetros.

El encendido del aparato se realiza a través de un interruptor (3) que va asociado a un testigo luminoso (1) para visualizar el estado conexión del aparato. Un segundo testigo (4) se encarga de informar de la activación de la función calefactora.

A través de las teclas (5) se pueden ajustar la temperatura de consigna, activar o desactivar la salida de calentamiento a la que va ligado el testigo (4) “HEATER ON” y configurar algunas opciones. Se le pueden programar diferentes sensores de temperatura PTC100, PTC1000, TH10K (ver [ANEXO III](#)).

Por la parte trasera del aparato existe un conector de corriente alterna a 230V (9) para alimentar al aparato y un ventilador (6) para evacuar el calor generado en su interior por el consumo eléctrico de los componentes electrónicos.

El conector (8) es la salida hacia la resistencia calefactora mientras que el (7) sólo es utilizable en el caso de conectar un calentador de célula de gas específico del mismo fabricante que el controlador. En nuestro caso el conector (8) va a ser conectado a la resistencia calefactora mientras que el (7) va a quedarse sin conectar. El control de temperatura se realiza actuando sobre la tensión enviada al termistor pero en caso de que

se alcance la máxima potencia que el aparato puede proporcionar este limitará la corriente de salida.

Por último, señalar que el aparato cuenta con una conexión USB para poder conectarse a un PC tras la instalación previa del software incluido en el equipo.

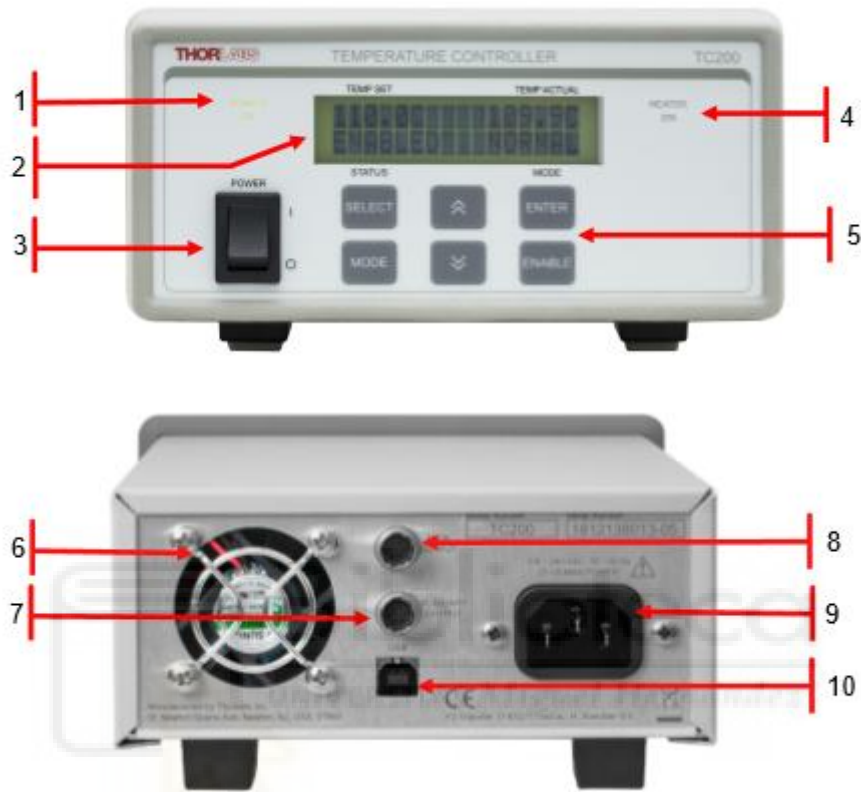


Figura 3.12. Vista frontal y trasera del controlador TC200

El aparato incorpora un bus TC200CAB10 para establecer la conexión eléctrica desde el aparato (8) hacia la resistencia calefactora a través de terminales HIROSE HR10A-7R-6P en ambos extremos (Figura 3.13).



Figura 3.13. Detalle del cable de conexión incluido en el kit del controlador TC200

El fabricante Thorlabs ofrece una serie de termistores compatibles con el controlador de temperatura TC200 (Figura 3.14)

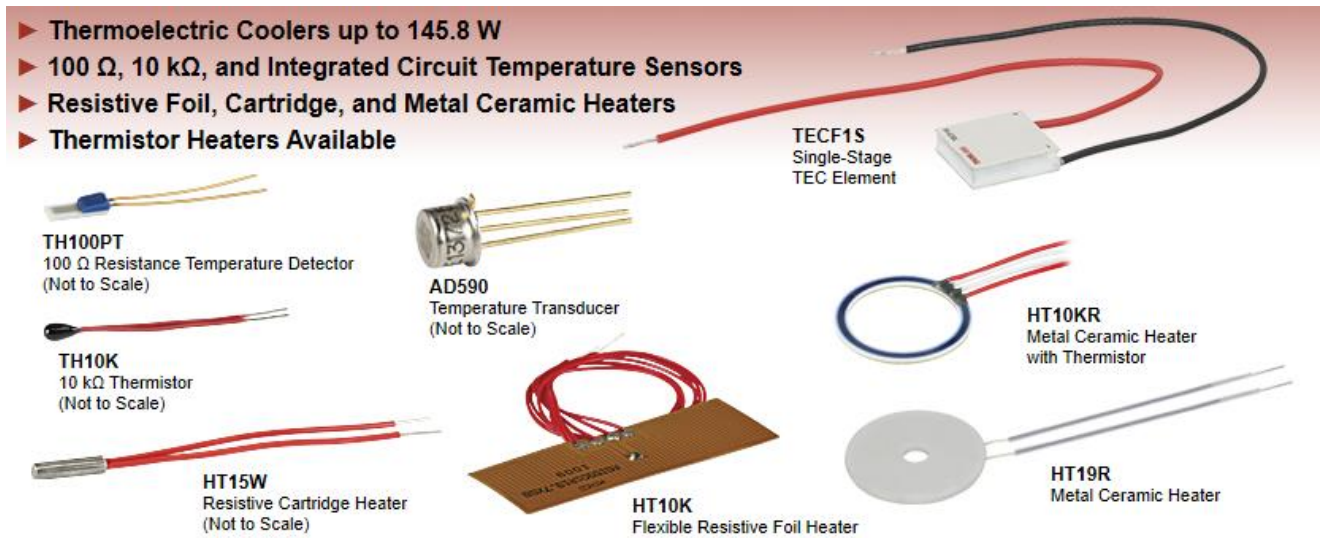


Figura 3.14. Gama de resistencias calefactoras ofrecidas por el fabricante Thorlabs

Los requerimientos para la resistencia son los siguientes:

- Temperatura máxima: (100 – 120) °C
- Potencia no inferior a la de salida del controlador: 18W (DC)
- Gran superficie de contacto para reducir el tiempo de calentamiento
- Posibilidad de llevar el sensor de temperatura integrado
- Fácil instalación

El único componente que cumple con estos condicionantes es el HT10K que contiene un termistor de 22,3W y un sensor de temperatura NTC de 10 KΩ para poder realizar un control en lazo cerrado. Para su instalación lleva incorporada una resina acrílica adhesiva que garantiza una alta adherencia con la cara inferior de la base de aluminio del portamuestras. En la tabla 3.2 se pueden observar las características técnicas del componente seleccionado.

Características técnicas de la resistencia calefactora

Item #	HT10K	TLK-H
Heater Resistance	19.7 $\Omega$	
Sensor Type	NTC10K Thermistor	
Heating Capacity	10 W/in <sup>2</sup> (0.016 W/mm <sup>2</sup> ) @ 70 °C	
Size	1" x 3" (25.4 mm x 76.2 mm)	
Effective Heating Area	2.23 in <sup>2</sup> (1438.7 mm <sup>2</sup> )	
Minimum Bend Radius	0.5" (12.7 mm) in Thermistor Area, 0.030" (0.8 mm) in All Other Areas	
Temperature Range	-32 to 100 °C (-26 to 212 °F)	
Connector Type	Bare Wire Leads	6-Pin Hirose HR10A-7R-6S

Tabla 3.2. Características técnicas de la resistencia calefactora

La resistencia HT10K (Figura 3.15) lleva cuatro cables de conexión; dos para el termistor y otros dos para el sensor de temperatura (ver conexiones eléctricas en [ANEXO II](#)).



Figura 3.15. Detalle de la resistencia calefactora HT10K

Como medida de redundancia en el control de la temperatura alcanzada en la base del portamuestras se considera necesario la instalación de un termopar tipo K con su soporte especial para montaje en la cámara de vacío (Figura 3.16).

Especificaciones técnicas:

- Tipo de termopar: K
- Diámetro de sonda: 6 mm
- Longitud de sonda: 2 m
- Máxima temperatura detectada: +350°C
- Material de la sonda: Acero inoxidable
- Tipo de terminación: Cable
- Tiempo de respuesta: 0,7 s



Figura 3.16. Detalle del termopar tipo K (arriba) y de su soporte de montaje en la cámara (abajo)

### 3.4 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE MEDIDA

El portamuestras tiene capacidad para alojar cuatro muestras en el interior de la cámara de vacío, que queda cerrada por una tapa, y desde el exterior debe poderse intervenir para realizar las siguientes funciones:

- Recibir la medida de la muestra
- Seleccionar la muestra a medir
- Poder activar la función de alta temperatura
- Poder realizar el vacío
- Poder irradiar las muestras

La irradiación de las muestras se efectuará a través de la ventana de la tapa de la cámara mientras que el vacío en el interior de la cámara podrá realizarse a través de una de las tomas ubicada sobre el cuerpo de la cámara (Figura 3.17).



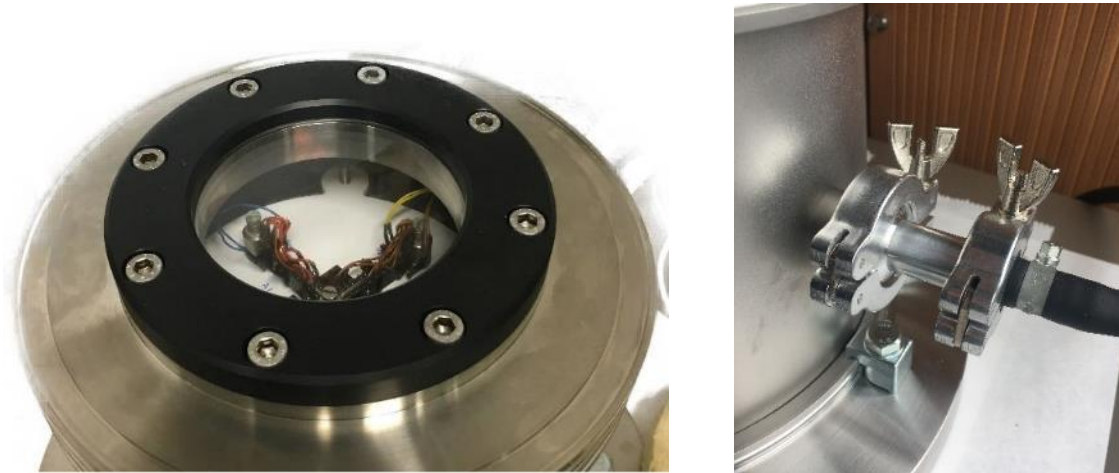


Figura 3.17. Vista de la tapa de la cámara (IZDA) y detalle de la toma de vacío (DCHA)

Para realizar las tres primeras funciones listadas anteriormente se ha diseñado un mando que hace de interfaz entre el portamuestras, el controlador de temperatura, el generador de funciones y el operador gracias a un conector pasamuros (PFEIFFER-VACUUM, s.f.) que separa el interior de la cámara del exterior. Obviamente se trata de un conector especial capaz de garantizar la hermeticidad que requiere este diseño y éste servirá para enlazar eléctricamente el portamuestras con un mando externo (Figura 3.18).



Figura 3.18. Detalle del conector pasamuros

### **Funciones del mando externo**

- Conectar el portamuestras con el generador de funciones o con el multímetro.
- Conectar el portamuestras con un selector de muestras.
- Conectar con la resistencia eléctrica y su sensor de temperatura.
- Conectar con el controlador de temperatura.

Para este diseño se ha decidido, previa consulta con la dirección del presente proyecto, que las muestras se medirán en forma secuencial y a voluntad.



De esta forma se reduce el número de pines necesarios y el conector especial DB15 (incluido en el despiece de la cámara) es perfectamente válido ya que para 8 muestras uno de los terminales sería “común” a todas y el número de cables se reduciría de 16 a 9. A continuación se resume la distribución de pines del conector DB15 (Tabla 3.3).

<i><b>FUNCIÓN</b></i>	<i><b>Nº PINES</b></i>
<i>Cable individual de cada muestra</i>	<i>8</i>
<i>Cable común del conjunto de muestras</i>	<i>1</i>
<i>Cable del termistor</i>	<i>2</i>
<i>Cable del sensor de temperatura</i>	<i>2</i>
<i><b>TOTAL:</b></i>	<i><b>13</b></i>

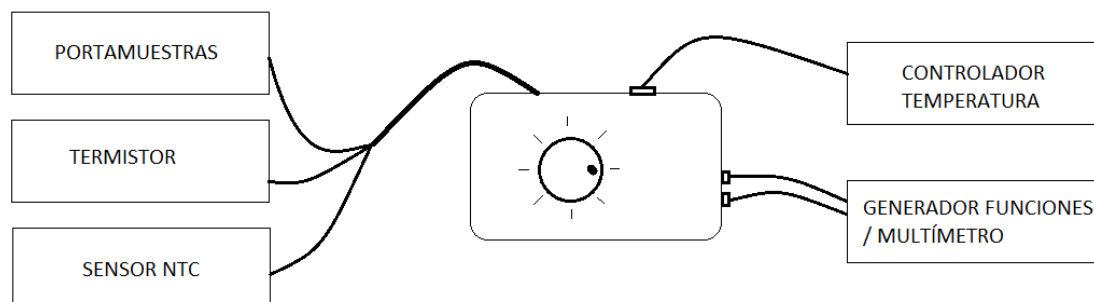
*Tabla 3.3. Distribución de pines para el conector DB15*

A la vista de la información aportada por la tabla sobrarían 2 pines destinados a futuros usos o ampliaciones de este diseño.

Para lograr tal funcionalidad, del mando deberá salir una maza de cables con terminación DB15 para permitir la conexión con la cámara. Los 8 conductores individuales de muestras deberán conectarse a un selector de ruleta para elegir la muestra a procesar y será necesario añadir un puerto de conexión para establecer la comunicación con el generador de funciones o con el multímetro.

Por último, el mando deberá tener un conector especial para enlazar el controlador de temperatura con el termistor y la sonda.

En el siguiente esquema se resume el diagrama de conexiones entre el mando a diseñar y los diferentes dispositivos con los que deberá establecer conexión para su control o para dar servicio a dicho dispositivo (Figura 3.19).



*Figura 3.19. Diagrama de conexiones del mando exterior*

## 4. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

### 4.1 CONSTRUCCIÓN DEL PORTAMUESTRAS

En este apartado se van a describir los procesos de fabricación de los dos portamuestras; uno provisto de resistencia calefactora para ensayar en alta temperatura y el otro para temperatura ambiente.

Como se mencionó en el apartado 3.2.2, la estación de medida va a ser única y desmontable para ser compartida por las dos bases (Figura 4.1)

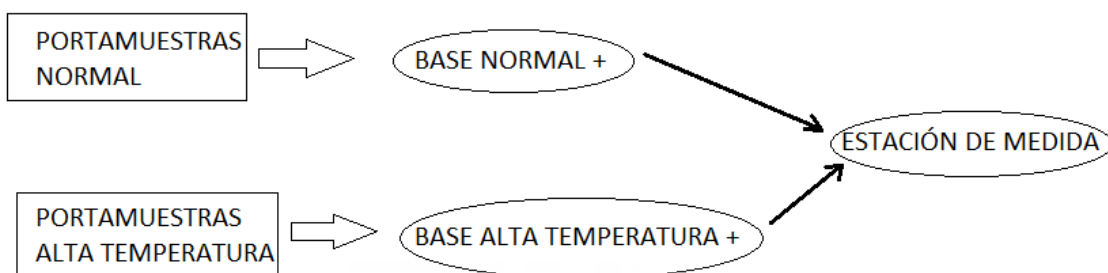


Figura 4.1. Esquema del ensamblaje de los portamuestras

#### 4.1.1. ESTACIÓN DE MEDIDA

El diseño propuesto obligó a fabricar un soporte metálico, en forma de cruz, con unas guías en los extremos y un taladro roscado en la parte central (plano B-5 del [ANEXO VII](#)). El despiece es el siguiente:

- Chapas de acero inoxidable 43x10x2.
- Casquillos de diámetro interior 5mm.
- Casquillo roscado M4.
- Arandelas de ajuste.

Las chapas van dispuestas a escuadra y soldadas con TIG al casquillo roscado central. En los extremos de las chapas van soldados los casquillos guía. Como la separación de las muestras era superior a la sección de las chapas de acero hubo que suplementar con tiras de pines por ambas caras para que los palpadores atacaran a los puntos de medida de las células y la unión de los palpadores con las tiras de pines se realizó con cianocrilato (Figura 4.2).

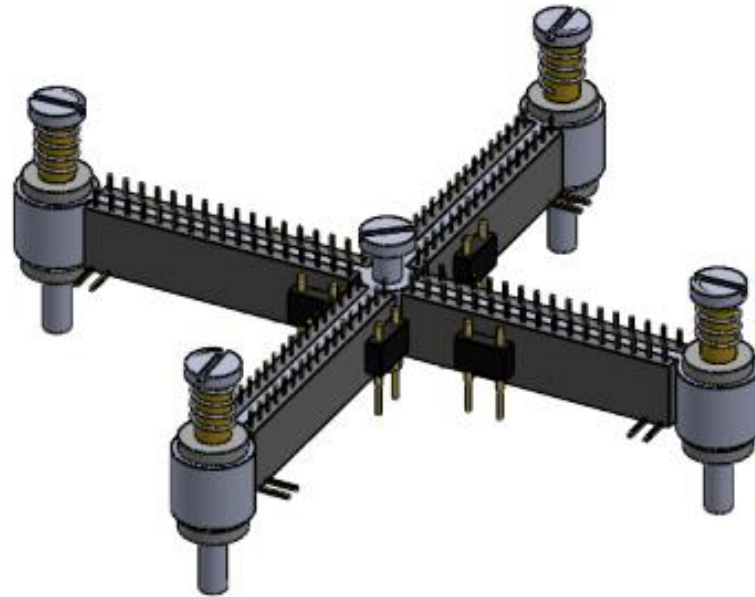


Figura 4.2. Estación de medida terminada

Como se comentó anteriormente la estación de medida deberá desplazarse sobre la base, acercándose a la hora de medir las muestras y alejándose para extraerlas. Este movimiento vertical se realizará sobre unas guías que se componen de un tornillo M4 con un casquillo exterior de bronce pero hubo que añadir un resorte para garantizar un correcto movimiento de bajada y con una presión suficiente para mantener un buen contacto con las muestras. Las arandelas inferiores hacen de tope en la bajada para evitar fracturar las muestras.

El tornillo central rosca sobre la estación y el extremo hace tope con un taladro ciego sobre la base comportándose como un tornillo sinfín. De esta forma al “apretar” el tornillo se van comprimiendo los muelles y sube la estación liberando las muestras mientras que al “aflojar” baja la estación ayudada por la fuerza de los resortes apoyando sobre las muestras (los pines de resorte también deben comprimirse dentro de su recorrido).

A la hora de intercambiar la estación con la otra base sólo habrá que desenroscar los tornillos-guía que en la base normal llevan tuercas por la cara inferior mientras que en la base de alta temperatura los taladros de la base son roscados ya que no es posible el acceso por la cara inferior.

#### 4.1.2. BASE NORMAL

La base se compone de una superficie plana de forma circular en aluminio de 4mm de espesor y cortada a láser. Incluye los taladros de sujeción de la estación de medida y de sujeción a la cámara (ver plano B-6 del [ANEXO VII](#)).

La otra pieza de aluminio que compone la base es una cruceta espaciadora para colocar las muestras pero en este caso de 1mm de espesor y se unió a la base con resina epoxi 2K. Como en su parte central irá apoyado el tornillo de la estación de medida hubo que mecanizar un taladro ciego para asegurar el encaje del extremo del tornillo (Figura 4.3).

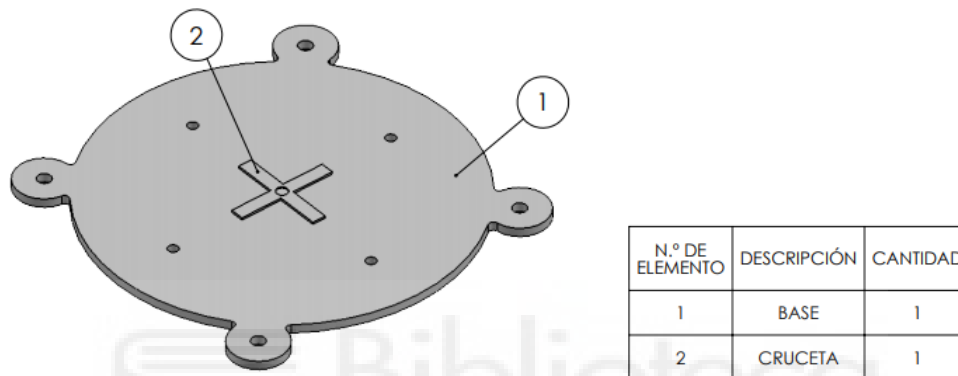


Figura 4.3. Base normal para temperatura ambiente

En pruebas realizadas con anterioridad a este proyecto, se advirtió que la cara inferior de las muestras no era totalmente aislante y su apoyo en superficies metálicas produciría cortocircuitos en el interior de las células dando resultados erróneos a la hora de efectuar mediciones. Por este motivo era necesario aislar eléctricamente la base metálica de aluminio, al menos, por la cara superior.

La actuación llevada a cabo fue pintar la base con pintura negra, por ambas caras, pero se detectó un problema al realizar los ensayos. Al radiar las muestras la base se calentaba debido a que el color negro absorbe toda la radiación incidente provocando un incremento de temperatura no deseado en las muestras.

Para corregir el problema se decidió volver a pintar la base pero en color blanco utilizando un aerosol en spray realizando finas pasadas al principio para dar una capa de acabado final más cargada.

Una vez seca la pintura ya se pudo montar la estación de medida y limitar su movimiento de bajada mediante arandelas de ajuste (Figura 4.4)

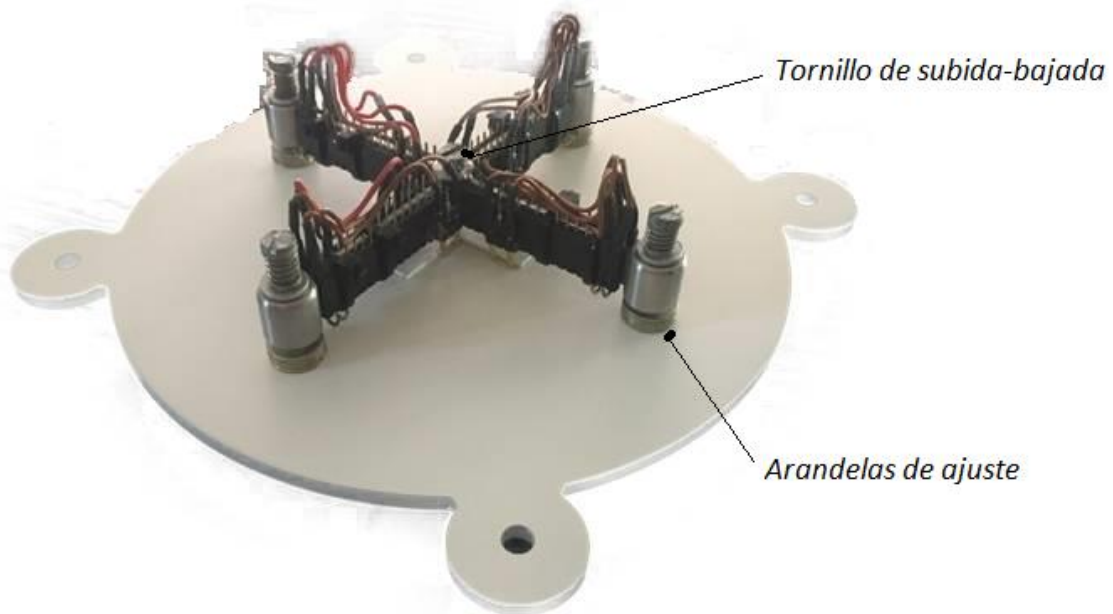


Figura 4.4. Detalle del portamuestras para temperatura ambiente ya terminado

#### 4.1.3. BASE PARA ALTA TEMPERATURA

En este diseño aumentó la complejidad ya que por una parte se pretendía tener una buena conductividad térmica del termistor hacia las muestras pero ello aumentaba las pérdidas por convección disminuyendo la temperatura máxima a alcanzar.

##### Requisitos técnicos de la base:

- Buena conductividad térmica entre el termistor y las muestras a ensayar
- Mala conductividad eléctrica entre la base metálica y las muestras
- Escasa disipación térmica de la base al ambiente que la rodea

Para cumplir la primera condición la base deberá ser metálica y así garantizar una buena transferencia térmica entre el termistor y las muestras. El problema es que una base metálica anula los siguientes condicionantes porque conduce bien eléctricamente y, además, al calentarse disipa al ambiente por convección haciendo descender su temperatura.

La segunda condición queda solucionada pintando la base para aislar eléctricamente la zona de apoyo de las muestras y evitar posibles cortocircuitos.

Satisfacer la tercera condición fue un gran reto de ingeniería, lo que se buscaba era mantener la base lo más caliente posible para lograr altas temperaturas. Obviamente esto

sólo afecta en el caso de no realizar vacío en el interior de la cámara (sin atmósfera no puede haber convección). Como no siempre se realizará vacío al medir en alta temperatura habrá que preparar la base para el peor caso posible. Esto obligará a aislar las superficies de la base para evitar la transmisión de calor por convección al aire circundante.

Se realizaron numerosos ensayos en alta temperatura aplicando a la base diferentes materiales aislantes, realizando primero vacío en el interior de la cámara, para asegurar que efectivamente se alcanzaba la temperatura de consigna pero al retirar el vacío la temperatura comenzaba a caer en picado.

Tras el fracaso se contempló la opción de colocar un termistor de mayor potencia pero esto obligaba a cambiar también el controlador de temperatura por lo que desechó la opción.

Tras mucho investigar se decidió emplear el mismo aislante térmico usado en los frigoríficos, el poliuretano. Más adelante veremos en detalle cómo se aplicó a la base.

Esta base seguiría siendo de aluminio y de menor diámetro, para reducir la superficie de contacto con el aire del ambiente y reduciendo el espesor a 2 mm (en el otro diseño era de 4 mm) para aumentar la rapidez de respuesta en el proceso de calentamiento (ver planos B-8 y B-9 del [ANEXO VII](#)).

En el despiece se observa que ahora la cruceta es de plástico con el objetivo de reducir pérdidas de calor y aparecen dos elementos nuevos; un suplemento de aluminio de 4 mm para compensar la diferencia de cotas una vez aplicados los aislamientos y unas patas extensoras para la sujeción de la base en el interior de la cámara que compensan la reducción de diámetro sufrida en la pieza.

La resistencia eléctrica fue pegada por la cara inferior de la base y ésta última forrada con varias capas de cinta térmica, entrecruzando pasadas, dejando al descubierto los cables de la resistencia y por la otra cara el hueco donde va montado el suplemento para no disminuir la conductividad térmica entre las piezas (Figura 4.6).



Figura 4.5. Detalle de la cinta térmica

Antes de instalar el suplemento fue necesario realizar las siguientes operaciones:

- Mecanizar los taladros roscados para permitir el montaje mediante tornillos introducidos por la cara inferior de la base.
- Pegar la cruceta espaciadora con resina epoxi 2K resistente a altas temperaturas y mecanizar un taladro ciego central para el apoyo del tornillo central de la estación de medida.
- Aplicar una capa de pintura blanca en aerosol al suplemento por la cara superior donde va pegada la cruceta espaciadora para evitar falsos contactos eléctricos en las muestras depositadas.

Una vez terminado el suplemento se instaló sobre la cara superior de la base (donde no se instaló aislante) introduciendo 4 pernos por la cara inferior.

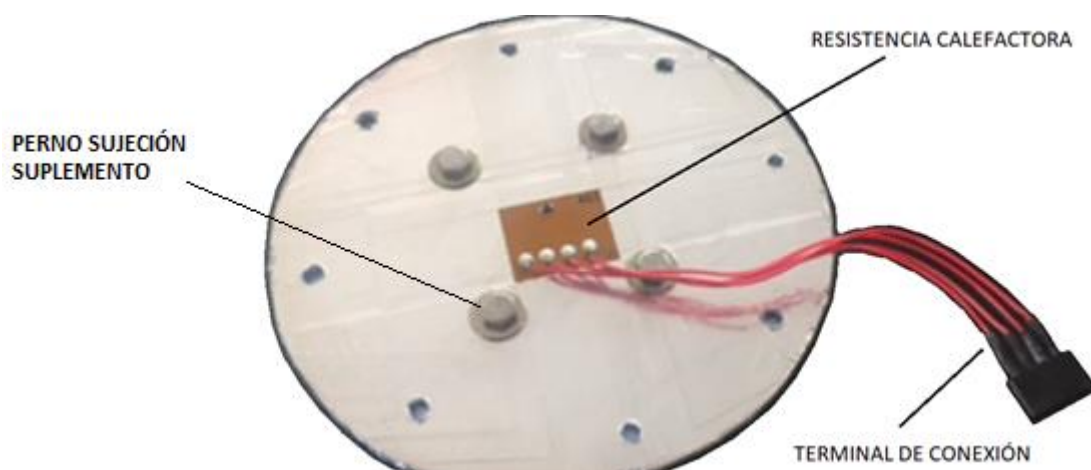


Figura 4.6. Vista de la cara inferior de la base de alta temperatura



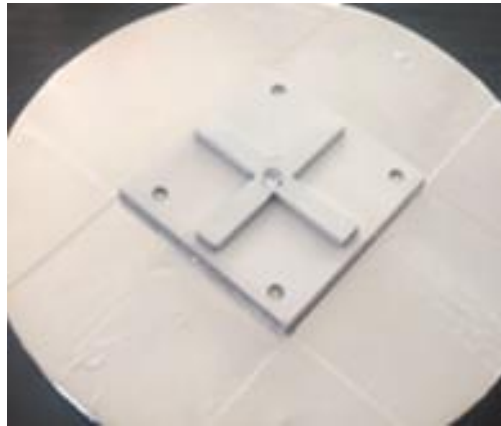


Figura 4.7. Detalle del suplemento instalado sobre la base

Sólo quedaba el montaje del segundo aislamiento térmico de poliuretano ya que con la cinta térmica no era suficiente para reducir las pérdidas de calor.

Aparecen una serie de problemas técnicos como la sujeción de la estación de medida y el espesor de la capa de poliuretano. Efectivamente si se cubre la base con una capa de poliuretano por ambas caras surge el problema de cómo sujetar estación de medida, pues ya sería imposible la colocación de tuercas al quedarse la base embebida por el aislante. La opción de realizar taladros roscados en la base es inviable debido al bajo espesor de ésta (2 mm) por lo que no hubo más remedio que remachar tuercas a la base por la cara inferior y permitir la sujeción de las patas extensoras mediante tornillos (Figura 4.8).

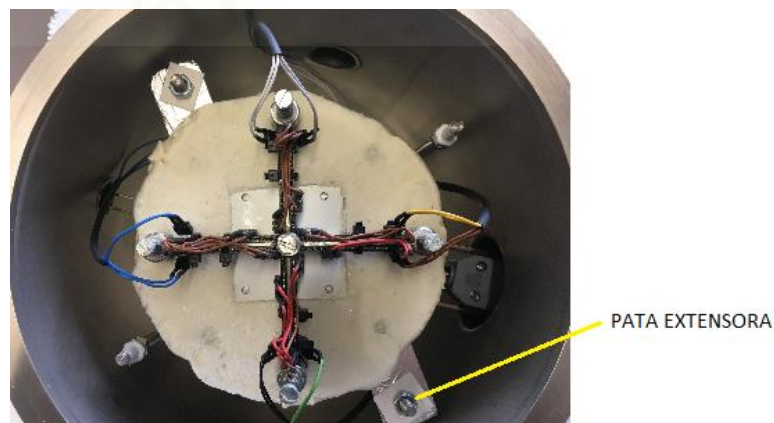


Figura 4.8. Vista del portamuestras colocado en la cámara

Quedaba por resolver otro problema y es que era necesario limitar el recorrido en la bajada de la base por lo que se instalaron tacos de plástico (Figura 4.9).





Figura 4.9. Detalle de los topes del portamuestras

La aplicación de la capa de poliuretano proyectado fue posible gracias a la fabricación de una pareja de moldes (figura 19) con la finalidad de enrasar la capa con el suplemento y también para aumentar la densidad del producto durante su fraguado. Una vez endurecido el producto se procedió al desmoldeo y retocado de los bordes con una cuchilla.



Figura 4.10. Colocación de los moldes para la aplicación del poliuretano proyectado

Una vez terminada la base se instaló la estación de medida quedando finalizado el portamuestras para alta temperatura (Figura 4.11).



Figura 4.11. Portamuestras de alta temperatura terminado

En el despiece de la cámara se suministró un soporte especial para termopar tipo K especialmente fabricado para su acople en una de las tomas de la cruz de instrumentación.

Aunque el controlador de temperatura es capaz de medir la temperatura alcanzada por el termistor se tiene la opción de contrastarla mediante un termopar acoplado al soporte suministrado y conectado a la base del portamuestras. En este caso se eligió un tipo K para fijación por tornillo ya que es mucho más práctica su instalación en este diseño. A la hora de su selección se tuvo en cuenta que su temperatura máxima no fuera inferior a 200°C (Figura 4.12).

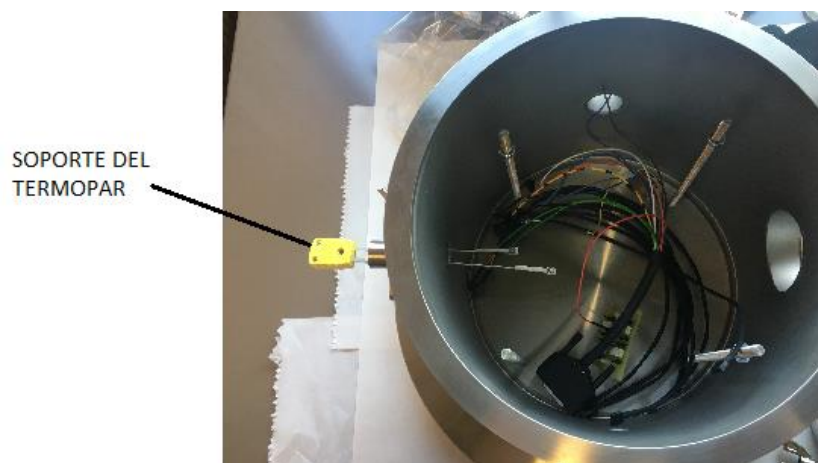


Figura 4.12. Instalación del termopar en la cámara de vacío

## 4.2 CONSTRUCCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La instalación eléctrica se puede dividir en dos partes; instalación interna y externa a la cámara.

En la parte interna hay una conexión DB-15 que da servicio a una resistencia eléctrica y a un zócalo y, de éste último hay otra conexión hacia los 8 puntos de conexión del portamuestras.

En la parte externa a la cámara hay una conexión desde el pasamuros hasta el interior de un mando y desde éste aparecen dos conexiones; una para el controlador de temperatura a través de un cable especial y otra, tipo banana, para conectar con un generador de funciones o con un multímetro digital (Figura 4.13).

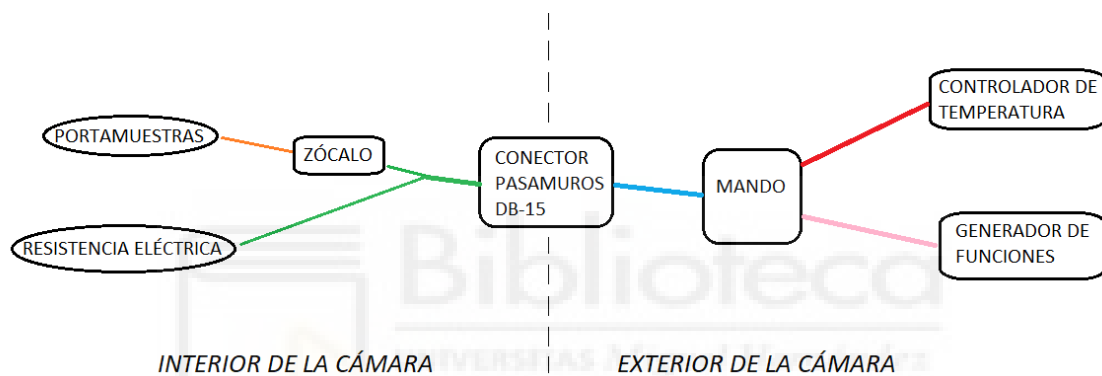


Figura 4.13. Esquema de la instalación eléctrica

### 4.2.1. INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN EL INTERIOR DE LA CÁMARA

Se compone de todos los conductores que llegan al conector pasamuros DB15. Por una parte el cableado desde los palpadores y por otro desde la resistencia eléctrica.

El cableado de los palpadores (pines con resorte) discurre por encima de la estación de medida de tal forma que evita el sombreado de las muestras y acaba en un punto de conexión (Figura 4.14).

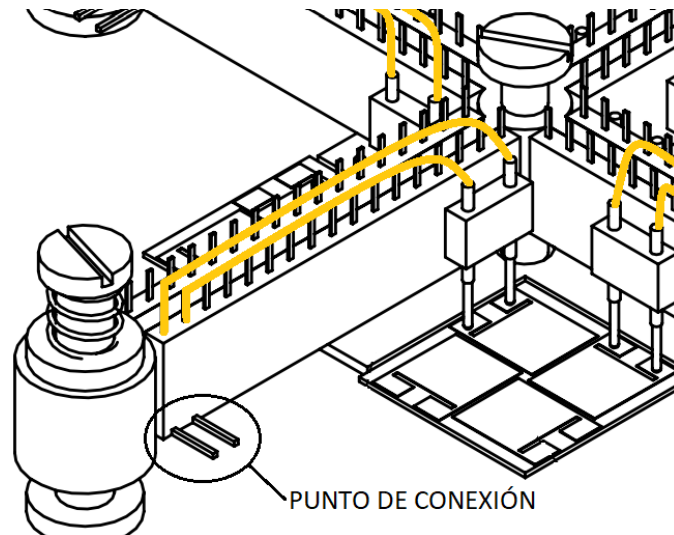


Figura 4.14. Detalle del recorrido de los cables y del punto de conexión de medida

Los puntos de conexión son necesarios para facilitar el desmontaje del conjunto y han sido codificados para facilitar su identificación con la muestra a medir con los siguientes caracteres: A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3, B4.

En las conexiones desde el DB15 hasta los puntos de conexión de la estación de medida se ha intercalado un zócalo para permitir el desmontaje del cableado, pues de lo contrario los cables quedarían permanentemente unidos al conector DB15 y por otra parte los terminales que van a la estación de medida también han sido codificados para su correcta identificación (Figura 4.15).

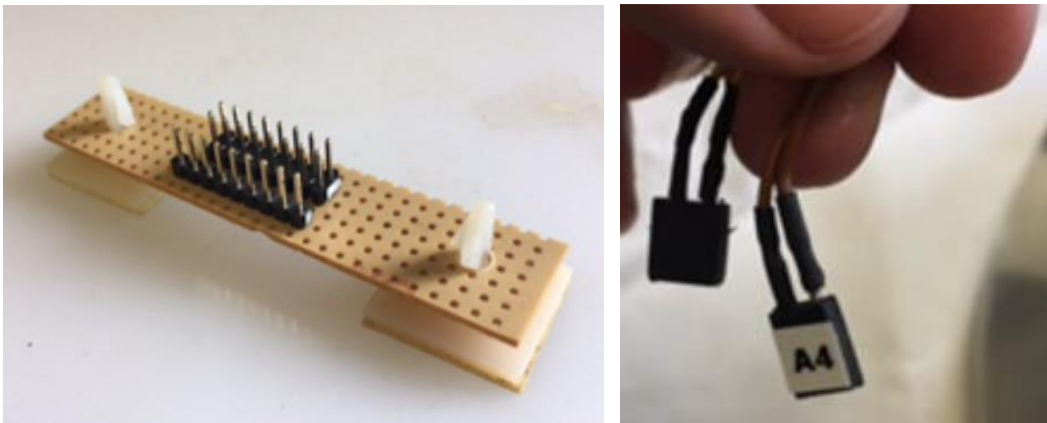


Figura 4.15. Detalle del zócalo (IZDA) y de la codificación de los terminales de medida (DCHA)

Faltaba por elaborar otro mazo de cables soldando un conector DB15 hembra en un extremo para la conexión con el DB15 pasamuros de la cámara pero aparece un problema y es que la pieza lleva un cajeado que impide la conexión ya que choca con la cubierta de plástico. La solución fue intercalar un adaptador DB15 macho-hembra a modo de suplemento.

Como se comentó, el mazo de cables lleva por el otro extremo dos conectores elaborados con tiras de pines; uno de ellos va al zócalo para dar servicio al portamuestras y el otro conecta con la resistencia eléctrica (Figura 4.16).

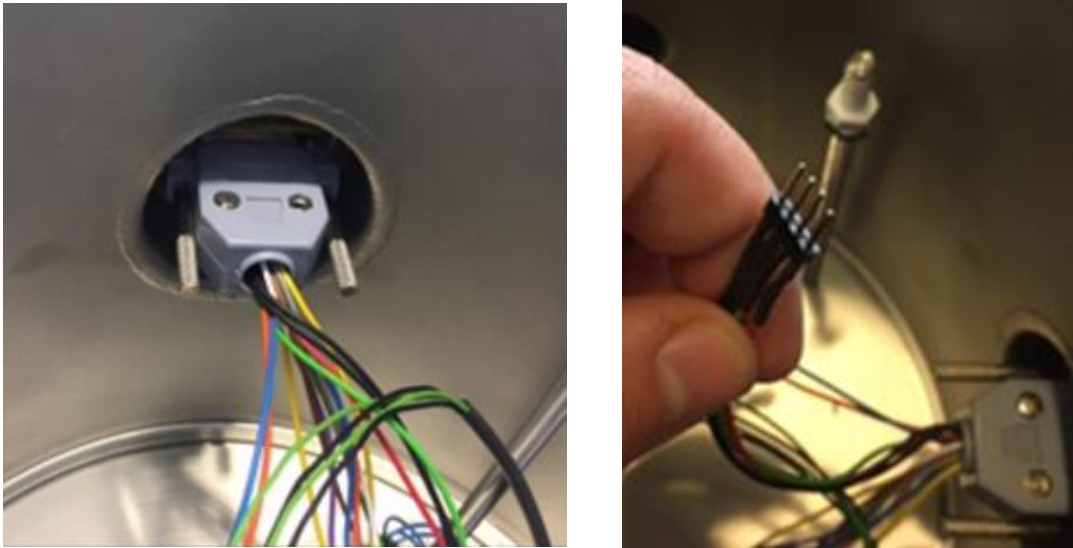


Figura 4.16. Conector DB15 ya instalado (IZDA) y conector para la resistencia calefactora (IZDA)

#### 4.2.2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA EXTERIOR A LA CÁMARA

Se compone de un mando que conecta con el interior de la cámara para seleccionar las muestras a medir y actuar sobre la activación de la resistencia eléctrica y también da servicio a un controlador de temperatura y a un generador de funciones.

El mando se fabricó a partir de una caja de plástico y en él se instalaron los siguientes elementos:

- Selector de ruleta para poder escoger la muestra a medir. Lleva activadas 8 posiciones que han sido codificadas de acuerdo al orden de los terminales de conexión del portamuestras (Figura 4.17). Obviamente las mediciones deberán realizarse en orden secuencial.
- Maza de cables con conector DB15 hembra para conectar con el interior de la cámara. El cableado se compone del “polo positivo” de cada palpador que va al selector y de éste a un terminal banana rojo, un conductor común al “negativo” de todas las muestras que va directo al otro terminal banana negro, dos conductores de la activación del termistor y otros dos del sensor de temperatura NTC.

- Terminal HIROSE HR10-7R-6S para la conexión con el controlador de temperatura encargado de la activación del termistor y de controlar la temperatura a través del sensor incluido en la resistencia eléctrica. Aquí solo ha sido necesario la instalación del conector en un lateral de la caja del mando.
- Pareja de terminales tipo banana para la conexión de dispositivos auxiliares como un multímetro o un generador de funciones. Se instalaron en un lateral de la caja.



Figura 4.17. Detalle de la codificación del selector y de las conexiones del mando

El selector lleva inscrita cada una de las posiciones de los cuadrantes del portamuestras para seleccionar la célula que se desea medir en cada instante. Por poner un ejemplo, al seleccionar (A4) se establecerá continuidad entre los conectores banana del mando y los palpadores en contacto con la célula posicionada en el sector (A4). La serigrafía fue realizada sobre pegatinas autoadhesivas y posteriormente pegadas a la caja.

Como se mencionó anteriormente, para realizar la conexión de la caja de mando con la cámara se ha provisto de una instalación eléctrica con un terminal DB15. Este terminal establece conexión con la pieza pasamuros DB15 (120XSD050-15) de la cámara de vacío que separa el espacio interior del ambiente exterior. La pieza está diseñada para mantener el hermetismo total (Figura 4.18).





Figura 4.18. Cable de conexión del mando (IZDA) y conector pasamuros DB15 hermético (DCHA)

En principio no es necesario realizar ningún tipo de mantenimiento sobre el mando ya que no incorpora pilas y su diseño es muy robusto. En caso de reparación es posible su apertura retirando los tornillos de sujeción de la tapa posterior (Figura 4.19).



Figura 4.19. Vista del mando ya terminado

#### 4.2.3. SISTEMA DE VACÍO

El objetivo de este sistema es generar condiciones de vacío en el interior de la cámara eliminando la masa de aire existente. Esto tiene gran repercusión en cuanto a las mediciones en alta temperatura pues, se consiguen eliminar las pérdidas de calor por convección consiguiendo una temperatura máxima más alta en el portamuestras.

Los componentes del sistema se componen de una bomba de vacío, un manguito, una toma de conexión y la propia cámara.

Como la toma suministrada (5) es de menor diámetro que la de la cámara se interpuso un adaptador (9) con sus respectivas bridas y anillos a cada lado para asegurar la hermeticidad del montaje (Figura 4.20).

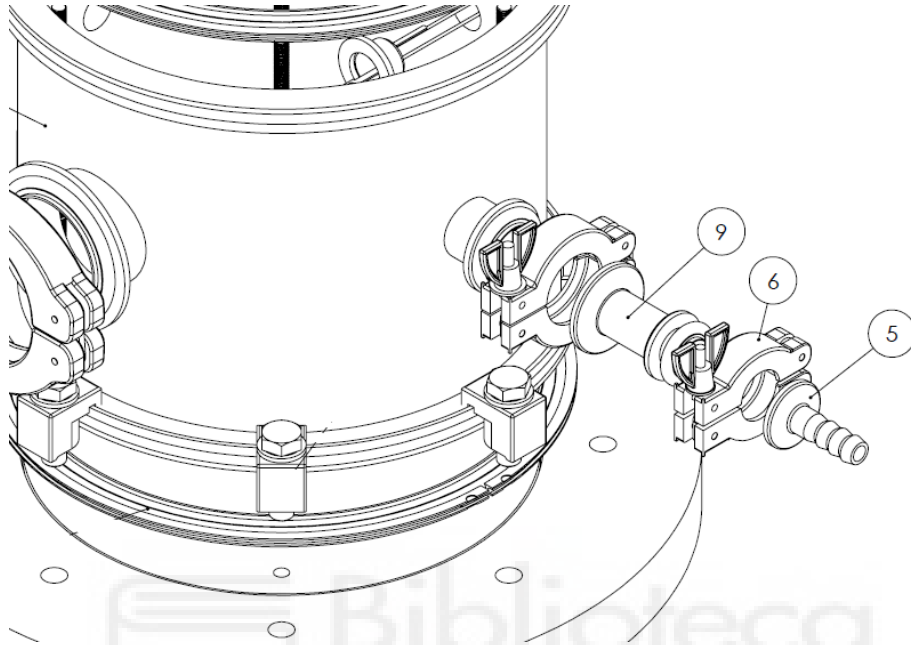


Figura 4.20. Despiece de la toma de vacío de la cámara



### 4.3 MONTAJE DE LA CÁMARA DE VACÍO

La cámara de vacío fue adquirida en despiece a la empresa TRINOS VACUUM-PROJECTS, quien fabricó algunos de los componentes para la cámara y actuó como distribuidor de algunos accesorios de la firma alemana PFEIFFER VACUUM.

#### Despiece fabricado por TRINOS VACUUM-PROJECTS

- Cruz de instrumentación personalizada, en acero INOX, con bridas ISO K200 EN, incluyendo dos puertos ISO KF-16, 1 puerto ISO KF-25 y un puerto ISO KF-50.
- Base ciega p/garra sobre brida ISO K200 ( $\Phi$  ext. 340mm) en acero AISI-304.
- Mirilla DN 100 ISO-F, Fused Silica.
- Válvula Swagelock 1/4" – SS BNS4.

#### Accesorios suministrados

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
320FLR200-100	TAPA DE LA CÁMARA	1
312ZRA200	ANILLO CENTRADOR (TAPA Y BASE)	2
310BKL250	GARRA CIERRE TAPA	6
350BPR250	GARRA CIERRE BASE	8
112ZRG050	ANILLO CENTRADOR ISO-KF NW 50	1
112ZRG025	ANILLO CENTRADOR ISO-KF NW 25	1
112ZRG016	ANILLO CENTRADOR ISO-KF NW 16	3
110BSR050	CIERRE BRIDA ISO-KF NW 50	1
110BSR025	CIERRE BRIDA ISO-KF NW 25	1
110BSR016	CIERRE BRIDA ISO-KF NW 16	2
120ASW016-0250	TOMA TUBO HIDRÁULICO DN16	1
110FBL016	TAPÓN CIEGO TOMA DN16	1
110RRG025-016-40	REDUCTOR DN25/16	1
110ASC016-12	TOMA PARA MANGUITO DN16	1
120XSD050-15	CONECTOR 15 PIN PASAMUROS	1
140VKZ016	GRIFO DE BOLA DN16	1
120XTK016-1	SOPORTE TERMOPAR TIPO K	1
M8X16	TORNILLO ALLEN (TAPA MIRILLA)	10
M6X160	VARILLA ROSCADA INOX	4

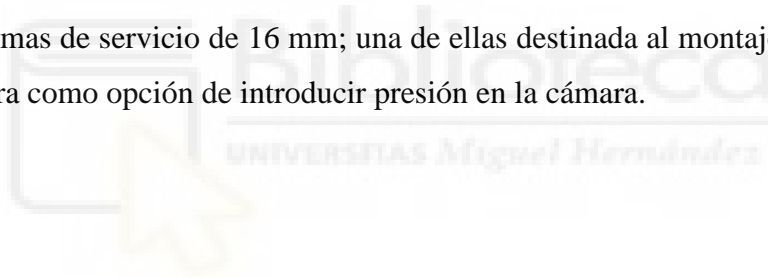
Tabla 4.1. Elementos suministrados por Trinos Vacuum Projects

Antes de iniciar el montaje el primer paso fue identificar todos los componentes suministrados.

En el plano A-2 del [ANEXO VII](#) se muestra el despiece de la cámara de vacío. Una vez identificada la base (1) se procedió al montaje de las varillas roscadas (18) que servirán para sujetar el portamuestras. A continuación, se añadió a la base la cruz de instrumentación (2) con la interposición del anillo centrador (17) y unas garras (14) cuyo apriete garantizará una buena estanqueidad ya que el anillo centrador va provisto de una junta tórica de goma.

*La cruz de instrumentación lleva 4 tomas, a saber:*

- Una toma de 50 mm destinada al montaje del conector pasamuros (15) cuyos pines van sellados herméticamente sobre la pieza.
- Una toma de servicio de 25 mm que se utilizará para generar vacío. En el despiece se incorpora una toma corrugada (5) para conexión mediante manguito y un adaptador de diámetros (9) con sus anillos centradores y bridas en cada extremo.
- Dos tomas de servicio de 16 mm; una de ellas destinada al montaje del termopar y la otra como opción de introducir presión en la cámara.



## 5. RESULTADOS

### 5.1 FASE DE PRUEBAS

Los ensayos realizados en condiciones de temperatura normal fueron un éxito ya que el prototipo cumplía sobradamente las exigencias en cuanto a funcionalidad. En este caso se trata del portamuestras para baja temperatura (Figura 4.4). El mecanismo de extracción de muestras resultó fácil de manejar mediante el tornillo central con la ayuda de un destornillador plano. A través del mando se podían seleccionar la muestras a medir en cada momento de forma ágil y efectiva (Figura 5.1).

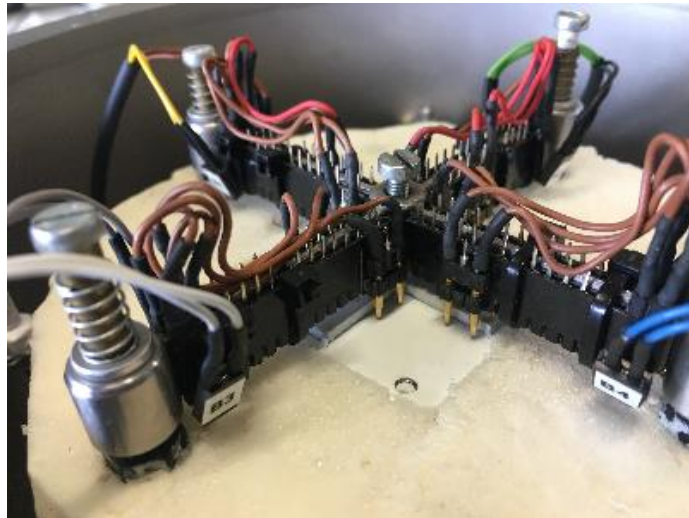


*Figura 5.1. Ensayo con el portamuestras de temperatura ambiente*

Los problemas aparecieron en los primeros ensayos en alta temperatura. Debido a la limitación de potencia del controlador de temperatura resultaba difícil alcanzar los 100°C en condiciones de atmósfera estándar debido a las pérdidas de calor a través de las superficies metálicas en contacto con el aire. A esta conclusión se llegó tras realizar el vacío y observar que la temperatura ascendía hasta la consigna programada.

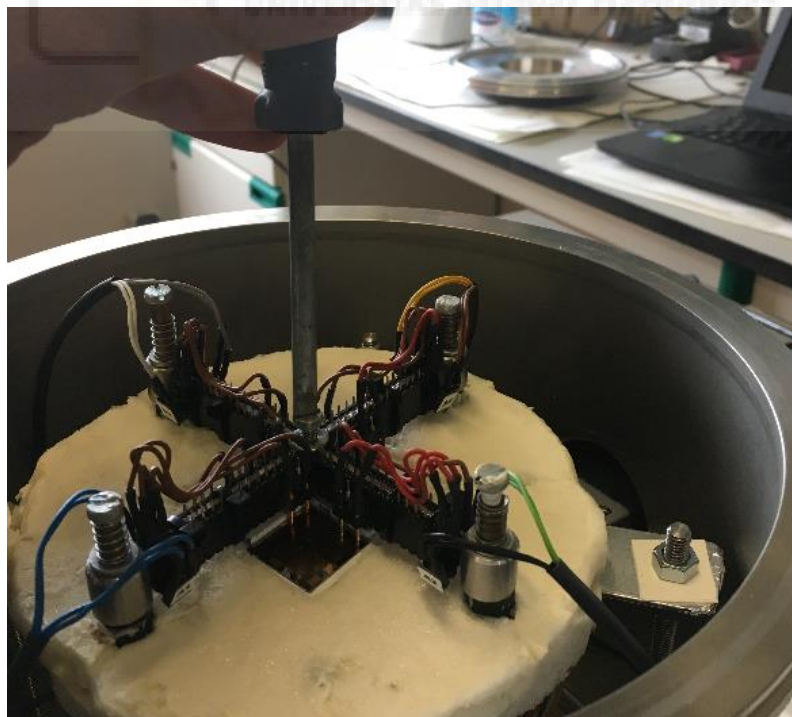
Para los siguientes ensayos se aisló la base con cinta térmica y otros materiales aislantes sin éxito alguno. Finalmente, tal como se describe en el apartado 4.1.3, se optó por el material de excelencia en la industria de las cámaras frigoríficas debido a su alto rendimiento, el poliuretano. Una vez salvadas las dificultades técnicas en cuanto a su aplicación en forma de espuma proyectada se repitieron los ensayos a alta temperatura. En la figura 31 se observa el portamuestras ya introducido en la cámara.

Una vez colocado el portamuestras en el interior de la cámara se procedió al conexionado eléctrico de los cables de medida (A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3, B4) para dar continuidad desde los palpadores hasta el mando del selector (Figura 5.2).



*Figura 5.2. Detalle de las conexiones del portamuestras de alta temperatura*

La instalación de las muestras se realiza con la ayuda de un destornillador en sentido horario hasta que los palpadores dejen de apoyar sobre la base y la holgura sea superior al espesor de las muestras. Una vez introducidas las cuatro muestras se acciona el destornillador en sentido antihorario para que los palpadores apoyen sobre las muestras. No existe peligro de rotura de las muestras ya que los palpadores llevan amortiguación interna (Figura 5.3).



*Figura 5.3. Accionando el mecanismo de posicionamiento con un destornillador*

Con una consigna de temperatura de 120°C se logró alcanzar una temperatura de 98°C en atmósfera abierta mientras que aplicando condiciones de vacío se consiguió llegar al valor de consigna (Figura 5.4).



Figura 5.4. Máximas temperaturas alcanzadas en condiciones atmosféricas (IZDA) y de vacío (DCHA)

## 5.2 MEJORAS INTRODUCIDAS

Para evitar la destrucción de la cubierta de los conductores del portamuestras por exceso de temperatura (debido el calor generado en la fuente de iluminación) se ha optado por la sustitución de estos por “cable térmico” del mismo calibre. Este tipo de conductor está preparado para condiciones de alta temperatura llegando a soportar 200°C.

## 6. PRESUPUESTO

A continuación, se describe el presupuesto del proyecto por partidas, (Tablas 6.1, 6.2, 6.3 6.4).

Tabla 6.1. Despiece cámara de vacío

Referencia	Ud	Descripción	Precio un. (€)	Precio (€)
S/R	1	Cruz instrumentación en acero inox con bridas ISO K200 en extremos.	1080,00	1080,00
320FLR200-100	1	Brida reductora DN200 ISO-K/100 ISO-F acero inox.	270,00	270,00
522GSG100-silica	1	Mirilla DN100 ISO-K, Fused Quarz	690,00	690,00
920BSC-4762-M8x16	1	Tornillos M8x16 P/Allen (set 10 uds)	7,50	7,50
312ZRA200	2	Aro de centraje con aro externo, DN200 ISO-K aluminio/FPM	44,00	88,00
310BKL250	6	Tornillo garra doble, DN160 - 250ISO-K aluminio	4,00	24,00
S/R	1	Base ciega P/garra sobre brida ISO-K200 en AISI 304 (ø:340, esp:30)	960,00	960,00
350BPR250	8	Tornillo de garra simple para placa de base DN160-250ISO-K, cincado	5,00	40,00
120XSD050-15	1	Pasamuro Sub-D, 15 pines, 300V, 5A, DN50KF 15	455,00	455,00
112ZRG050	1	Aro de centraje DN50KF, aluminio/FPM, FKM	6,80	6,80
110BSR050	1	Abrazadera para junta de elastómero, DN50KF aluminio	8,20	8,20
XSD-15-s-atm	1	Enchufe Sub-D, lado atmosférico, 15 pines	16,00	16,00
XSD-contacts	2	Enchufe Sub-D, lado vacío, con cable, 9 pines	25,50	51,00
120XTK016-1	1	Soporte termopar, tipo K, DN16KF, 1 par, acero inox. Enchufe estándar	125,00	125,00
112ZRG016	3	Aro de centraje, DN16KF, aluminio/FPM,FKM	3,10	9,30
110BSR016	2	Abrazadera para junta de elastómero, DN16KF aluminio	3,40	6,80
120ASW016-0250	1	Adaptador SWAGELOK, 1/4" DN16KF acero inox	35,00	35,00
S/R	1	Válvula Swagelok 1/4" – SS BNS4	274,17	274,17
<b>Total (sin IVA)</b>				<b>4146,77</b>

Tabla 6.2. Despiece bases portamuestras

Referencia	Ud	Descripción	Precio un. (€)	Precio (€)
S/R	1	Base de aluminio 4mm para portamuestras (corte a láser según plano)	12,00	12,00
S/R	1	Base de aluminio 2mm para portamuestras (corte a láser según plano)	9,00	9,00
S/R	1	Chapa de aluminio de 4mm 50x50 (suplemento base)	5,00	5,00
S/R	1	Bote poliuretano proyectado 750 ml	8,73	8,73
S/R	1	Caja de tornillos M5 en acero inox (set de 8 unidades)	3,50	3,50
S/R	1	Cinta térmica (rollo 10m)	6,45	6,45
<b>Total (sin IVA)</b>				<b>44,68</b>

Tabla 6.3. Despiece estación de medida, mando y control

Referencia	Ud	Descripción	Precio un. (€)	Precio (€)
8252201010003101	2	Tira de pines con resorte interno bañados en oro	6,59	13,18
S/R	1	Tuerca roscada M4 (para remachar)	0,60	0,60
S/R	4	Resortes de compresión (hilo de 0,5mm y espira de 4mm)	0,20	0,80
S/R	4	Casquillo de bronce (diámetro int 4mm, espesor 0,5mm)	0,50	2,00
S/R	4	Casquillo de acero inox (diám int 4mm)	2,00	8,00
S/R	1	Caja de tornillos y tuercas M4 en acero inox (set de 10 unidades)	4,00	4,00
S/R	1	Caja de arandelas aluminio M5 (set de 10 unidades)	2,00	2,00
8252201010003101	2	Tira de pines con resorte interno bañados en oro	6,59	13,18
0689594033214	2	Terminal conexión banana hembra (4mm) para montaje en panel	1,42	2,84
0689594013568	4	Terminal conexión banana macho (4mm) para montaje en panel	1,25	5,00
S/R	1	Caja de plástico para electrónica	4,00	4,00
1C12P	1	Conmutador giratorio de varias posiciones (configurable)	1,34	1,34



S/R	2	Conector DB15 hembra para soldar	2,61	5,22
S/R	1	Adaptador DB15 macho-hembra	3,65	3,65
<b>Total (sin IVA)</b>				<b>65,81</b>

Tabla 6.4. Despiece sistema calefactor

Referencia	Ud	Descripción	Precio un. (€)	Precio (€)
TC200-EC	1	Controlador de temperatura TC200 de 20-200°C con pantalla LCD	505,80	505,80
TC200CAB10	1	Cable con conectores Hirose M-M (6 pines)	77,85	77,85
HT10K	1	Resistencia calefactora flexible de poliamida con termistor 10 kΩ	50,90	50,90
WTK-8-12	1	Termopar K, 480°C, para sujeción con tornillo M4	11,00	11,00
HR10-7R-6S	1	Terminal Hirose (Hembra) 6 pines para soldar	13,01	13,01
<b>Total (sin IVA)</b>				<b>658,56</b>

Tabla 6.5. Presupuesto total por partidas

PARTIDA	COSTE (€)	% del total
Cámara de vacío (bastidor)	4146,77	84,36
Bases de los portamuestras	44,68	0,91
Estación de medida y mando	65,81	1,34
Sistema calefactor	658,56	13,40
<b>Total (sin IVA)</b>	<b>4915,82</b>	<b>100,00</b>

En la tabla 6.5 se observa que el despiece de la cámara de vacío, adquirido con anterioridad al presente trabajo, representa el 84,36% del presupuesto total del proyecto frente al 15,64% que representa la construcción de los componentes diseñados.

## 7. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

MILL-MAX. (s.f.). Obtenido de <https://www.mill-max.com/>

PFEIFFER-VACUUM. (s.f.). Obtenido de <https://www.pfeiffer-vacuum.com/en/>

SOLIDWORKS. (s.f.). Obtenido de <https://www.solidworks.com/es>

THORLABS. (s.f.). Obtenido de <https://www.thorlabs.com/>

[1] F.R. Frontzek; D. König “Methods for internal pressure diagnostic of vacuum circuit breakers” Proceedings ISDEIV. 18th International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum (Cat. No.98CH36073). (1998)

[2] H. Fink, R. Renz. “Future trends in vacuum technology applications” 20th International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum (2002).

[3] Shixin Xiu; Zhiyuan Liu; Jimei Wang “Vacuum-Arc Behaviors of a Coil-Type Axial-Magnetic-Field Contact at Contact Gap of 60 mm” IEEE Transactions on Plasma Science Volume: 36, Issue: 1 (2008).

[4] H. Gürgüç; A. Bilge Uygur; Cem Ömür; Değer Akın; Murat Sancak. “A new thermal vacuum test chamber built in Turkey” 2013 6th International Conference on Recent Advances in Space Technologies.

[5] Nor'asnilawati Salleh; Hamid Salim. “A review of thermal vacuum chamber capability performance at acceptance test level” 2015 International Conference on Space Science and Communication (IconSpace).

[6] Jaroslav Kousal; Jaromír Kučera; Tomáš Čenský; Ondřej Plajdička. “Design and operation of simple thermal vacuum chamber for testing of small spacecraft components” 2019 New Trends in Aviation Development (NTAD).

## 8. ANEXOS

Anexo I. Especificaciones pines con resorte interno

Anexo II. Especificaciones del termistor HT10K

Anexo III. Especificaciones controlador de temperatura TC-200

Anexo IV. Especificaciones cable TC-200 CAB10

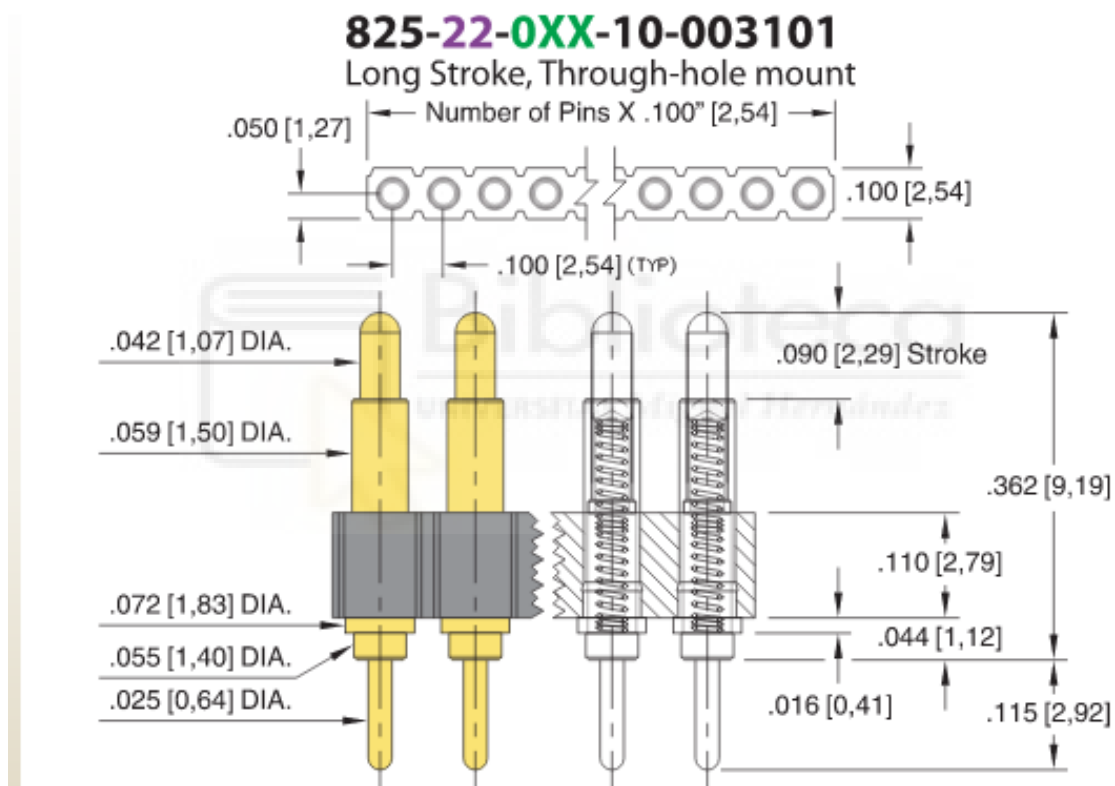
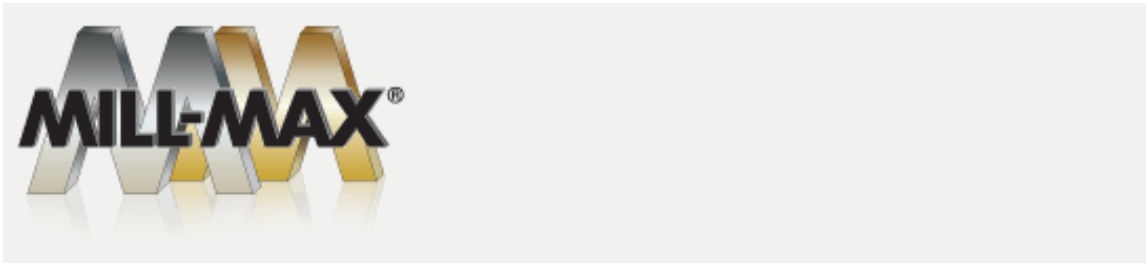
Anexo V. Especificaciones del termopar

Anexo VI. Despiece cámara de vacío

Anexo VII. Planos:

- A-1. Cámara de vacío. Plano de conjunto
- A-2. Cámara de vacío. Plano de montaje
- B-1. Portamuestras básico. Plano de conjunto
- B-2. Portamuestras calefactado. Plano de conjunto (isométrico)
- B-3. Portamuestras calefactado. Plano de conjunto (varias vistas)
- B-4. Estación de medida. Plano de conjunto
- B-5. Estación de medida. Plano de construcción
- B-6. Base normal. Despiece
- B-7. Base calefactada. Plano de conjunto
- B-8. Base calefactada. Plano de montaje
- B-9. Base calefactada. Despiece
- B-10. Base calefactada. Aislamientos

## ANEXO I. ESPECIFICACIONES PINES RESORTE



## ANEXO II. ESPECIFICACIONES DEL TERMISOR

# THORLABS<sup>®</sup>

www.thorlabs.com

HT10K – Foil Heating Element

## Product Description:

The HT10K is a 1" x 3" foil heating element with acrylic pressure sensitive adhesive backing and an integrated 10K $\Omega$  NTC Thermistor temperature sensor.

## Specifications:

**Temperature Range:** -32 to 100°C (-26 to 212°F)

**Material:** Kapton/Acrylic, 0.002/0.001" (0.05/0.03mm)

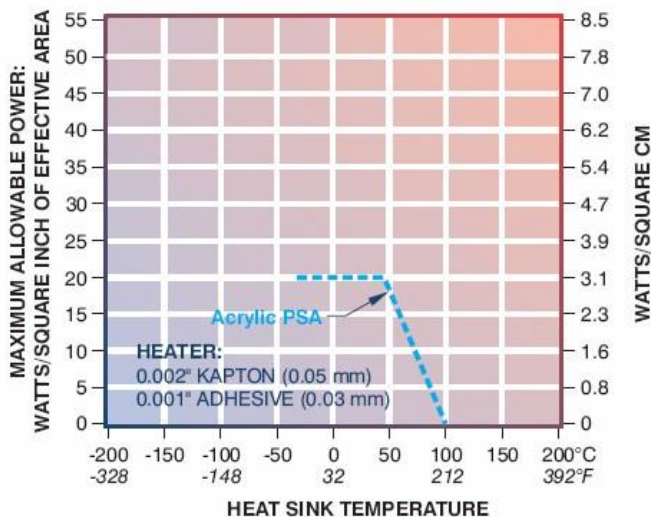
**Heater Resistance:** 19.7 $\Omega$   $\pm$ 10% or  $\pm$ 0.5 $\Omega$ , whichever is greater.

**Sensor element:** 10K $\Omega$  NTC Thermistor, Beta=3750

**Minimum Bend Radius:** 0.030" (0.8mm) except in sensor area 0.5" (12.7mm).

**Size:** 1" x 3" (25.4mm x 76.2mm)

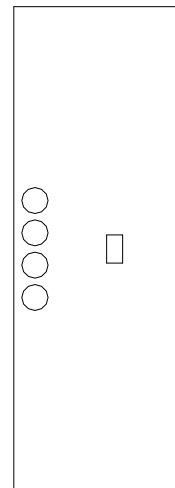
**Effective Heating Area:** 2.23 in<sup>2</sup>



Example: At 70°C, the maximum power of a heater/sensor mounted with acrylic PSA is 10 W/in<sup>2</sup>.

polarity)

HEATER  
SENSOR  
SENSOR  
HEATER



## Connections

(Note: Heater and Sensor have no

## ANEXO III. ESPECIFICACIONES TC200



TC200

TC200 Specifications			
<b>Thermal Specifications</b>	<b>Min</b>	<b>Typ.</b>	<b>Max</b>
Temperature Control Range <sup>a</sup>	20.0 °C	-	200.0 °C
Set-point Resolution	0.1 °C	-	-
Actual Temperature Display Accuracy <sup>b</sup>	-	±0.1 °C	±0.5 °C
Temperature Stability, 24-hour <sup>c</sup>	-	±0.1 °C	-
<b>Electrical Specifications</b>	<b>Min</b>	<b>Typ.</b>	<b>Max</b>
Input Voltage <sup>d</sup>	100 VAC	-	240 VAC
Input Power	-	-	25 VA
Output Power	-	-	18 W DC
Output Current	-	-	0.75 ADC
Output Voltage	-	-	24 VDC
Sensor Types	Platinum 100 Ω, Platinum 1000 Ω, NTC 10 KΩ		
Output Connector	HIROSE HR10A-7R-6S		
Mating Connector	HIROSE HR10A-7P-6P (73)		
USB Interface	USB 2.0, Type B Plug		
<b>General Specifications</b>			
Operating Temperature	10 - 40 °C		
Storage Temperature	0 - 50 °C		
Dimensions (W x H x L)	153.5 mm x 81.8 mm x 299.4 mm (6.04" x 3.22" x 11.79")		
Weight	5 lbs (2.3 kg)		



Conexiones del terminal de conexión al termistor (situado en la parte trasera del aparato)

**HIROSE HR10A-7R-6S**



Pin	Assignment
1	Heater Output Positive
2	Heater Output Return (Ground)
3	Reserved (Do not Connect to this Pin)
4	Sensor Input (+)
5	Sensor Input (Ground)
6	Reserved (Do not Connect to this Pin)



## ANEXO IV. ESPECIFICACIONES TC200CAB10

# THORLABS

## 6-Pin, Hirose Cable



TC200CAB10

### Description

The TC200CAB10 is a 6-pin, male-to-male Hirose connector cable. This 10-foot-long cable is compatible with our TC200 temperature controller, SH05 and SH1 beam shutters, and SC10 shutter controller. The wires in this cable cross, as seen in the drawing below.

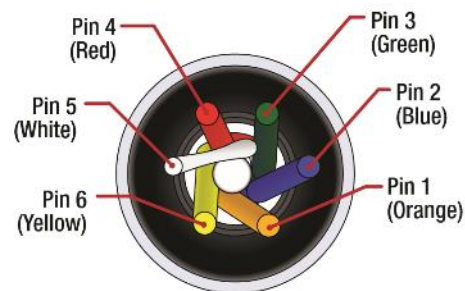
This Hirose connector cable can also be cut to any length leaving one connectorized end and one bare end. The colored wire diagram below shows the relationship between the six colored wires and the pins in the connector so the cut cable can be incorporated into a variety of custom applications.



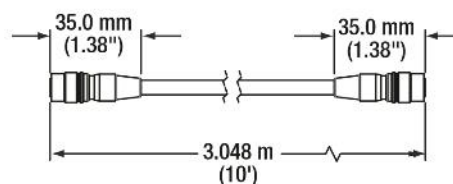
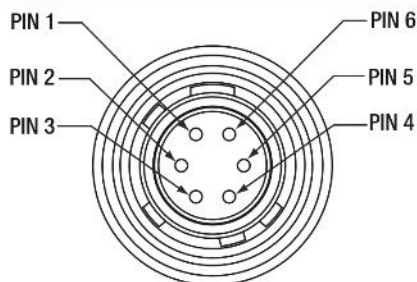
### Specifications

Electrical Specifications		Physical Specifications	
Conductor		Connectors	6-Pin Male Hirose
Number of Conductors	6	Insulating Material	PVC - Polyvinyl Chloride
Conductor Gauge	26 AWG	Insulation Thickness	0.381 mm
Capacitance	85.306 pF/m	Outer Jacket Thickness	0.940 mm
Propagation Velocity	60%	Bend Radius (Min)	57.150 mm
Conductor Resistance	122.381 Ω/km		
Max. Operating Voltage	300 V <sub>RMS</sub>		
Current per Conductor (Max)	1.2 A		
Operating Temp.	-20 to 80 °C		
Connector			
Contact Resistance (1A, DC)	10 mΩ		
Insulation Resistance	1000 MΩ		
Voltage (Max)	140 VDC		
Current (Max)	2 A		
Operating Temp.	-25 to 85 °C		

Cable Pin out	
Pin 1	Orange
Pin 2	Blue
Pin 3	Green
Pin 4	Red
Pin 5	White
Pin 6	Yellow



### Drawings



## ANEXO V. ESPECIFICACIONES DEL TERMOPAR

# “Bolt-On” Washer Thermocouple Assemblies

WT Series  
300 mm

MEETS OR EXCEEDS  
SPECIAL LIMITS  
OF SURFACE (SLE)  
AND EN 60584-2:  
Tolerance Class 1

- ✓ For M3.5 (#6), M4 (#8), M4.5 (#10), and M6 (1/4") Screw Sizes
- ✓ New Rugged Design
- ✓ Stocked with Stripped End Leads
- ✓ Glass Rated to 480°C (900°F) PFA Rated to 260°C (500°F)
- ✓ Inquire with Sales about Kapton Insulation and Custom Lengths or Sizes
- ✓ Made from 20 AWG Solid Wire
- ✓ Grounded Junction

Easily mounts to a variety of surfaces.



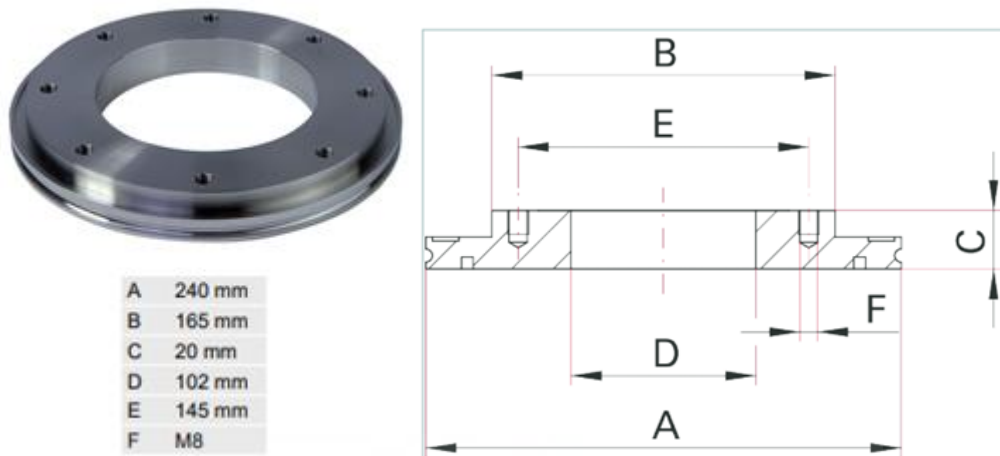
### Washer Dimensions

#6 and #8 screw size: 6.5 mm W x 22 L  
(0.250" W x 0.875" L)  
#10 and 1/4" screw size: 9 mm W x 25 L  
(0.360" W x 1" L)

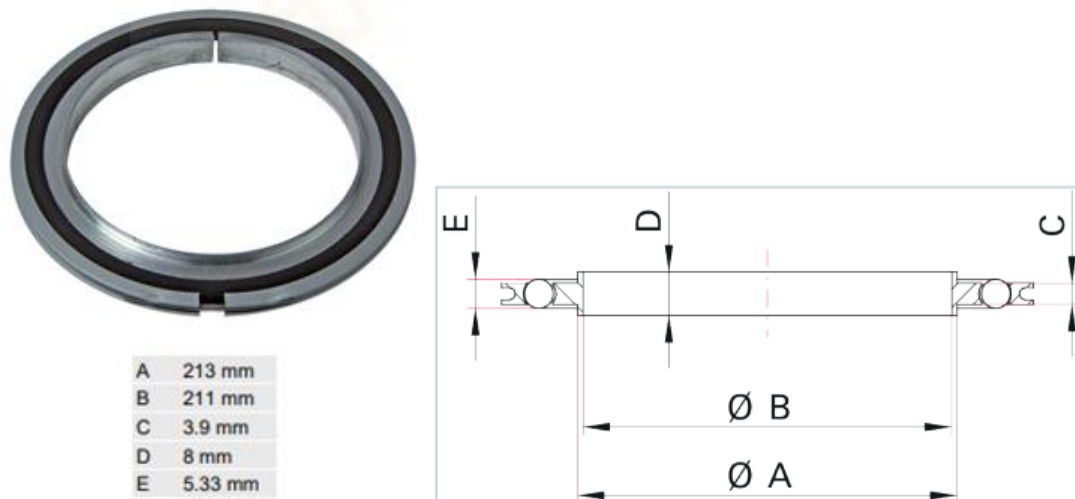


## ANEXO VI. DESPIECE DE LA CÁMARA

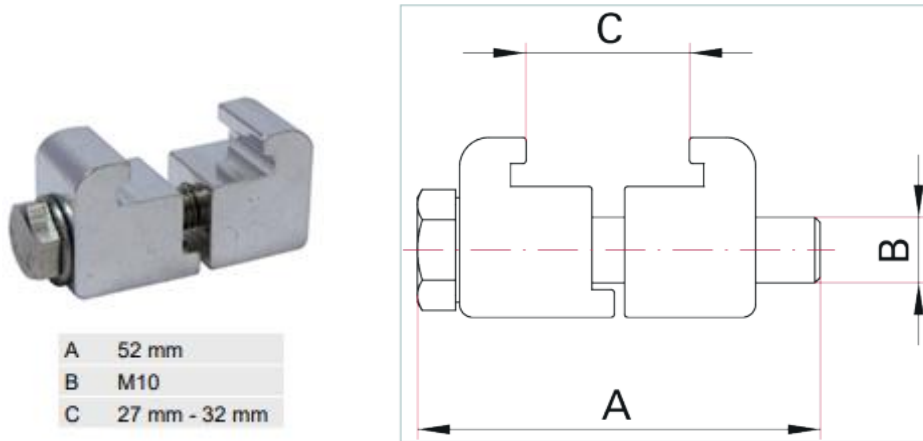
- 320FLR200-100 Adapter Flange, Stainless Steel 304/1.4301, DN 200 ISO-K/100 ISO-F



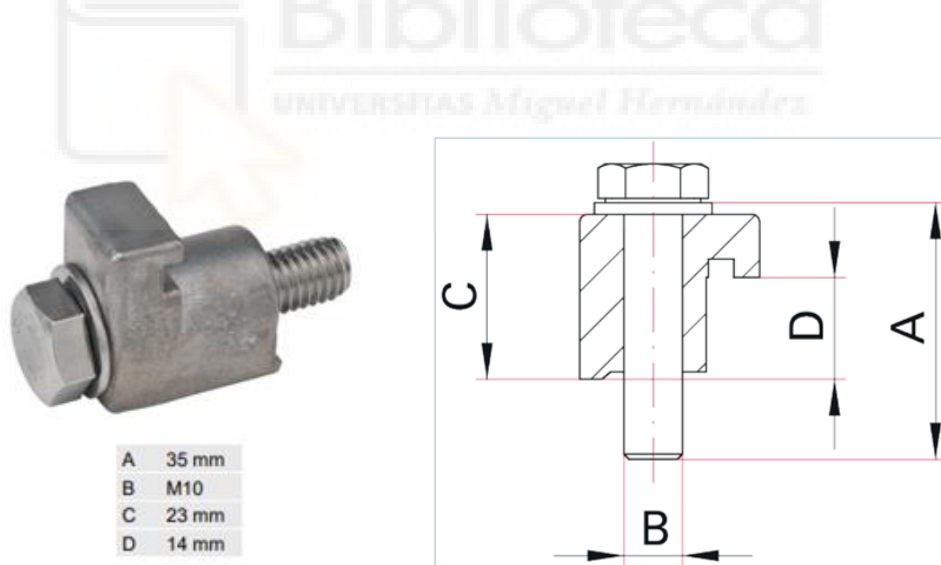
- 312ZRA200 Centering Ring with Outer Ring, Aluminum, DN 200 ISO-K



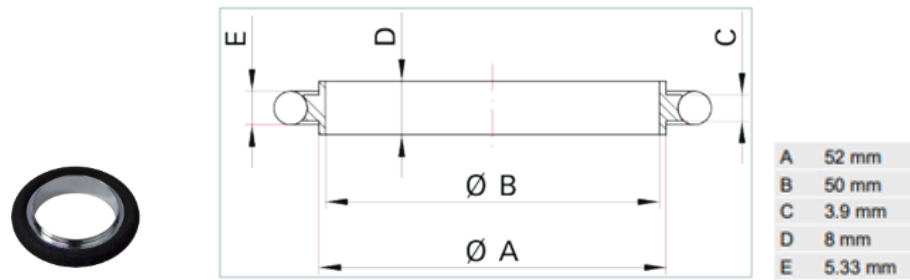
- 310BKL250 Bracket Screw, Aluminum EN AW-6061; Screw: Stainless Steel A2-70, DN 160-250 ISO-K



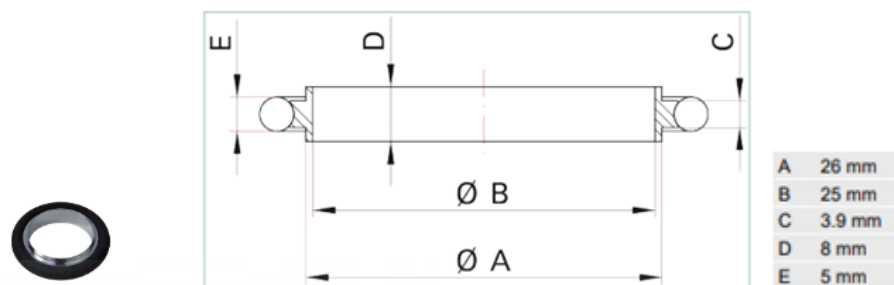
- 350BPR250 Claw Clamp, Zinc-Plated Steel, DN 160-250 ISO-K



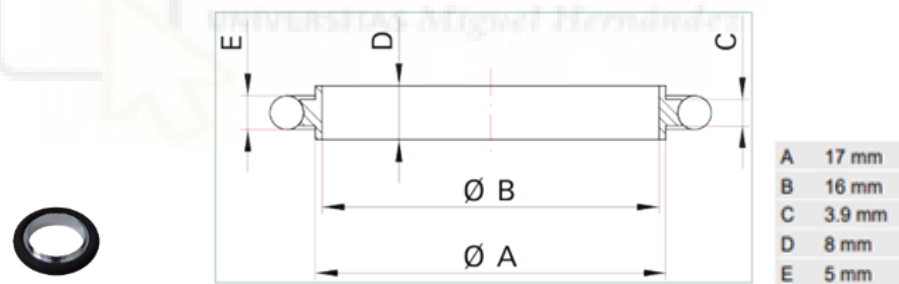
- 112ZRG050 Centering Ring, EN AW-6061 Aluminum, DN 50 ISO-KF



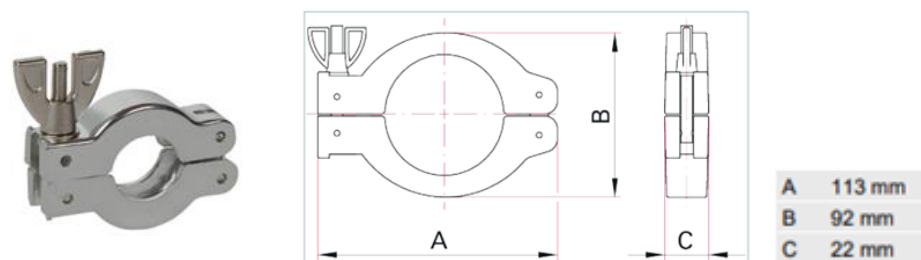
- 112ZRG025 Centering Ring, EN AW-6061 Aluminum, DN 25 ISO-KF



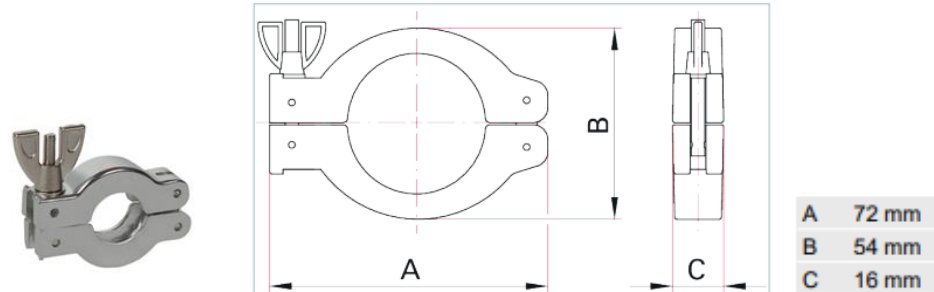
- 112ZRG016 Centering Ring, EN AW-6061 Aluminum, DN 16 ISO-KF



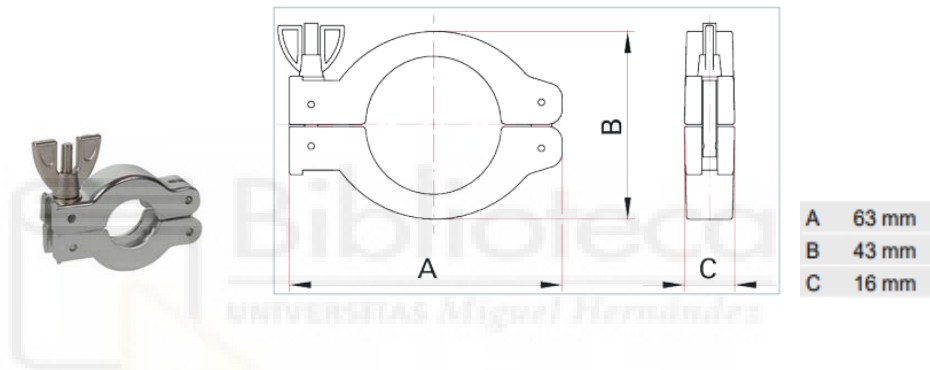
- 110BSR050 Clamping Ring for Elastomer Seal, Aluminum ADC 12, DN 50 ISO-KF



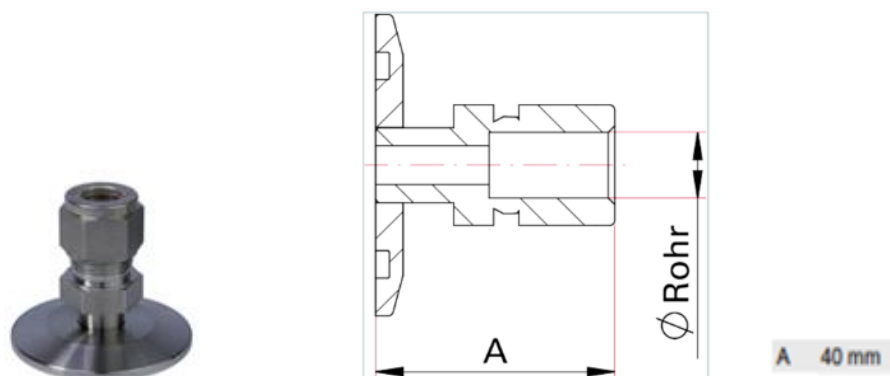
- 110BSR025 Clamping Ring for Elastomer Seal, Aluminum ADC 12, DN 25 ISO-KF



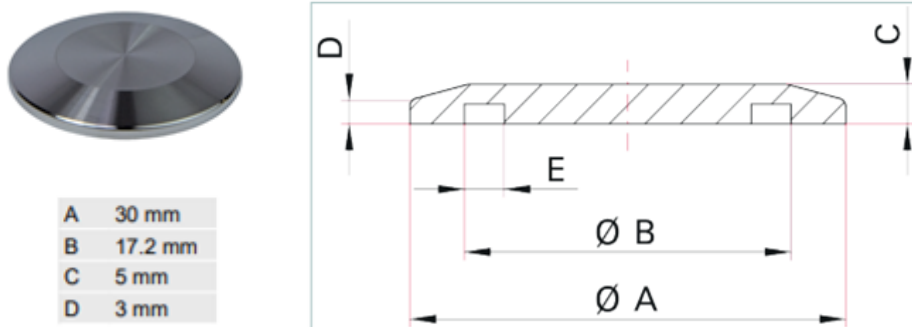
- 110BSR016 Clamping Ring for Elastomer Seal, Aluminum ADC 12, DN 10-16 ISO-KF



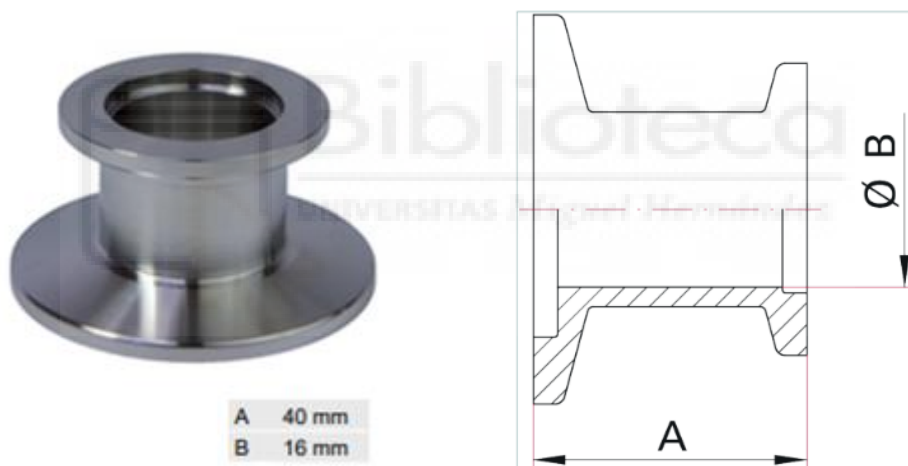
- 120ASW016-0250 Swagelok®-Adapter, Stainless Steel 304/1.4301, for Imperial Sizes, DN 16 ISO-KF



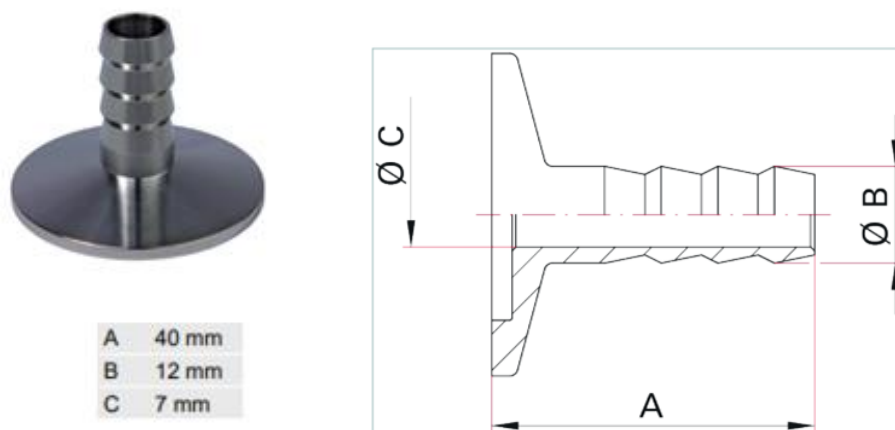
- 110FBL016 Blank Flange, Aluminum EN AW-6082/3.2315, DN 16 ISO-KF



- 110RRG025-016-40 Straight Reducing Piece, Aluminum EN AW-6082/3.2315, DN 25-16 ISO-KF

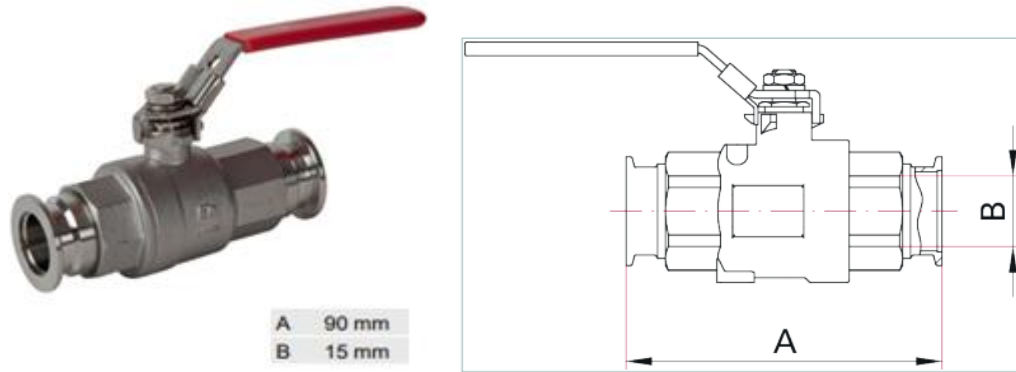


- 110ASC016-12 Hose Connector, Aluminum EN AW-6082/3.2315, DN 16 ISO-KF

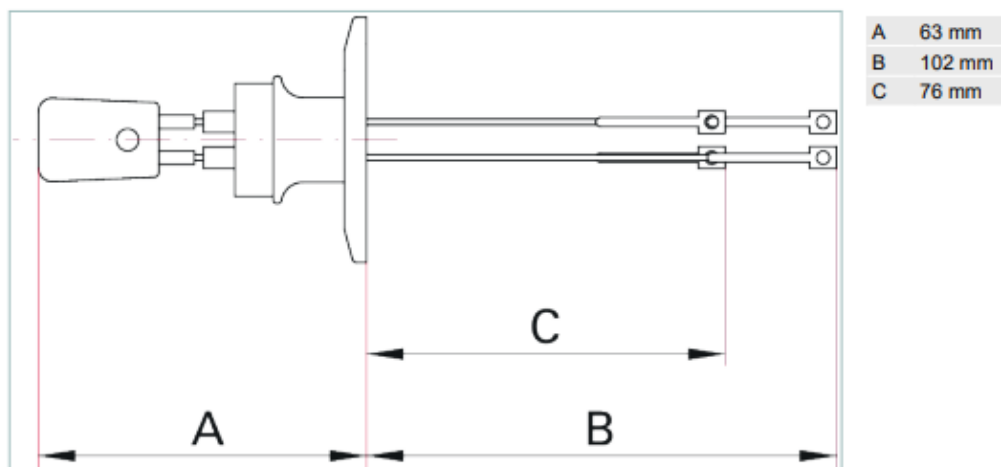




- 140VKZ016 Ball Valve, Manually Actuated, DN 16 ISO-KF



- 120XTK016-1 Thermocouple Feedthrough, Flanged, Type K, DN 16 ISO-KF



## ANEXO VII. PLANOS

A-1. Cámara de vacío. Plano de conjunto

A-2. Cámara de vacío. Plano de montaje

B-1. Portamuestras básico. Plano de conjunto

B-2. Portamuestras calefactado. Plano de conjunto (isométrico)

B-3. Portamuestras calefactado. Plano de conjunto (varias vistas)

B-4. Estación de medida. Plano de conjunto

B-5. Estación de medida. Plano de construcción

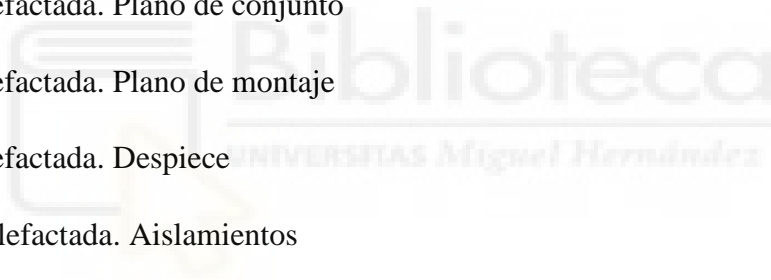
B-6. Base normal. Despiece

B-7. Base calefactada. Plano de conjunto

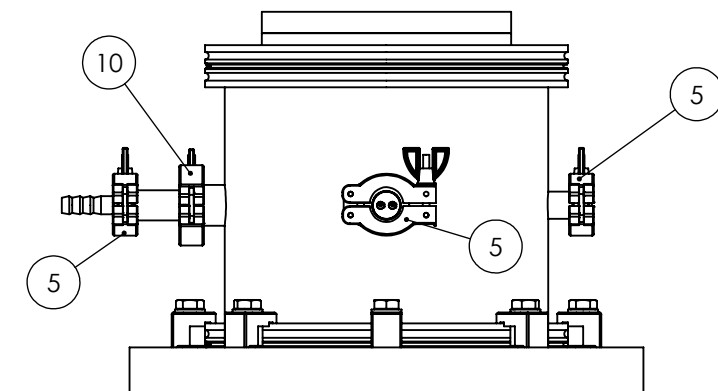
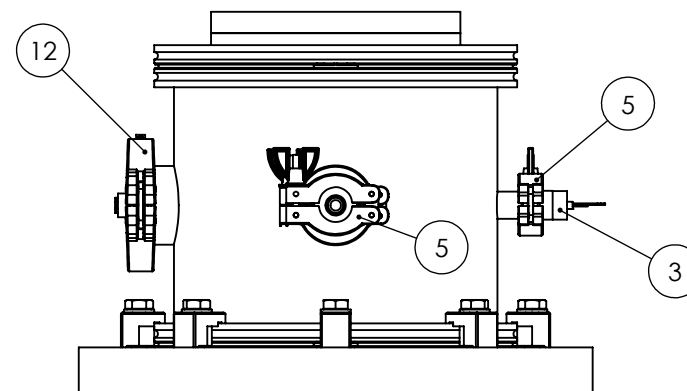
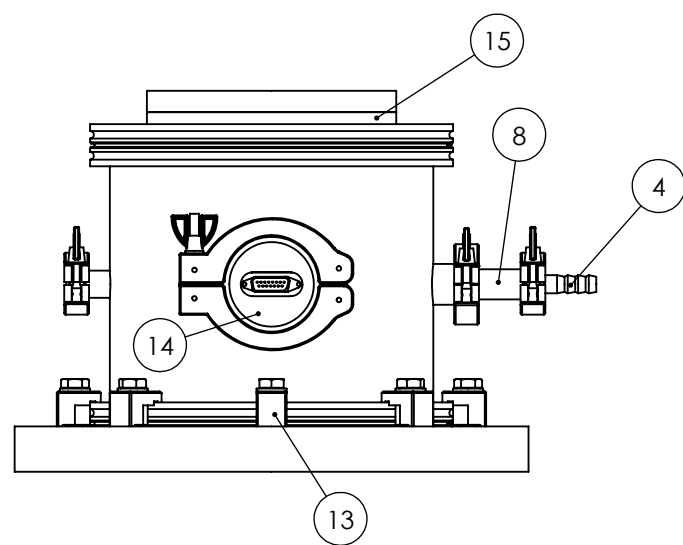
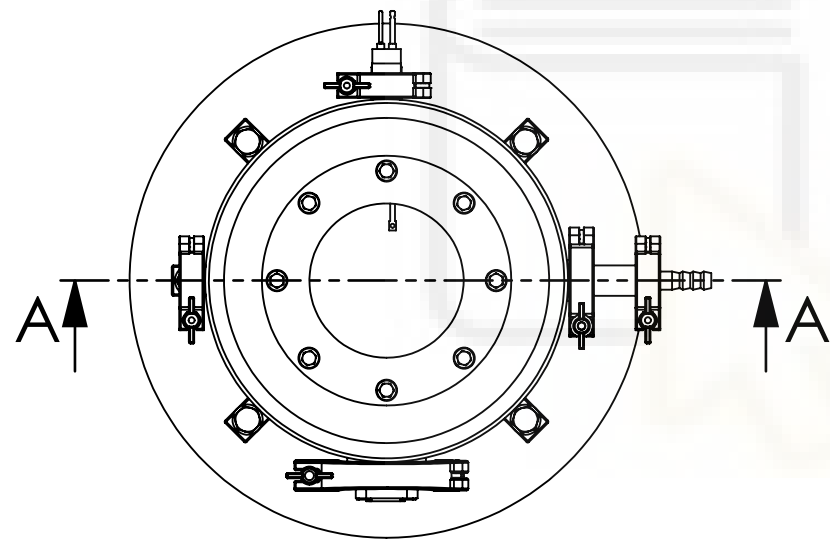
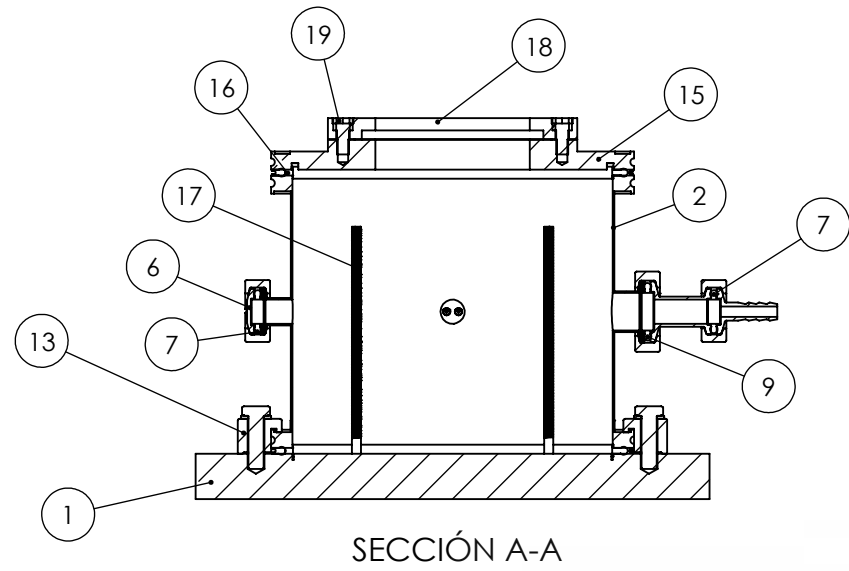
B-8. Base calefactada. Plano de montaje

B-9. Base calefactada. Despiece

B-10. Base calefactada. Aislamientos

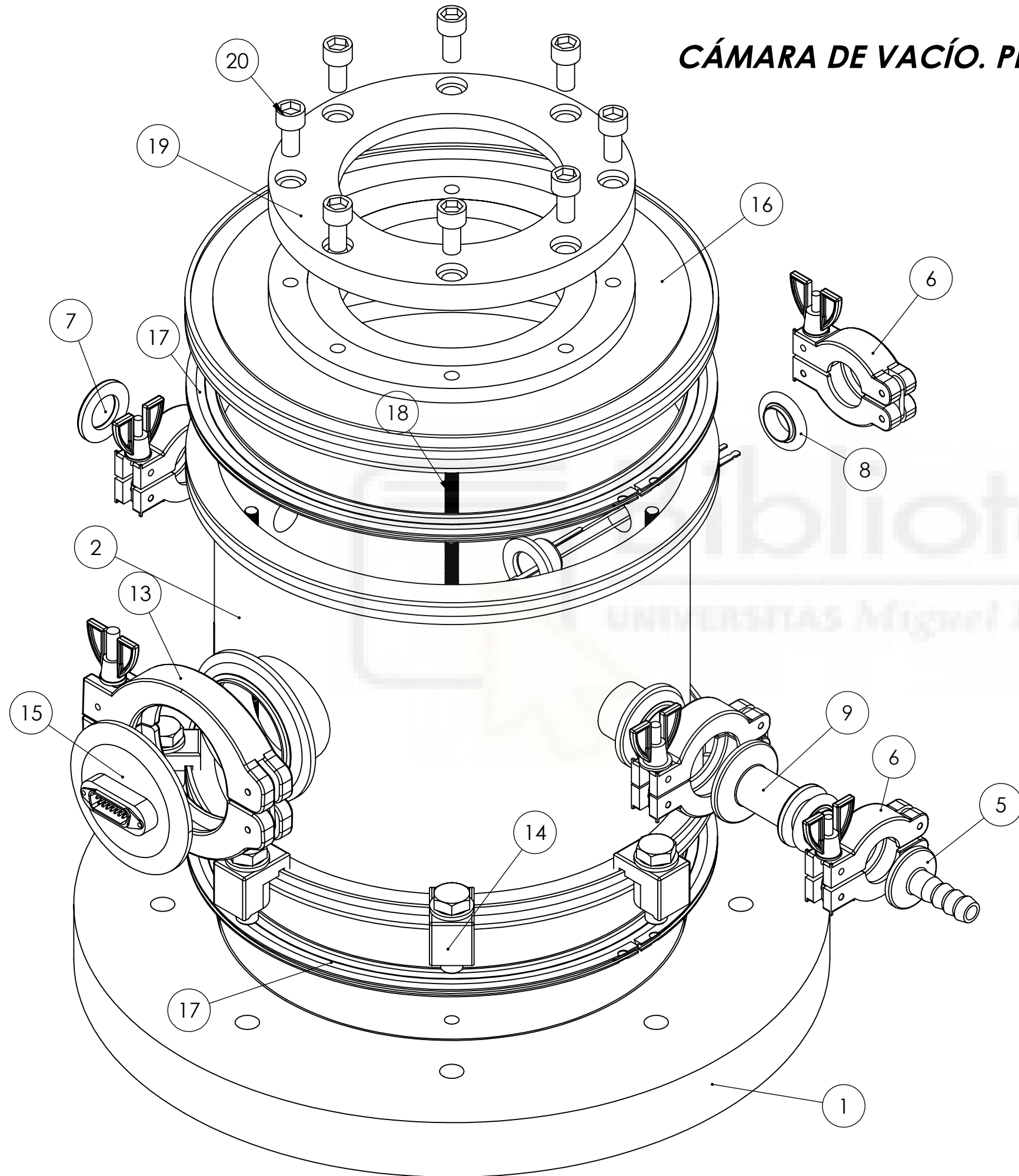


## CÁMARA DE VACÍO. PLANO DE CONJUNTO



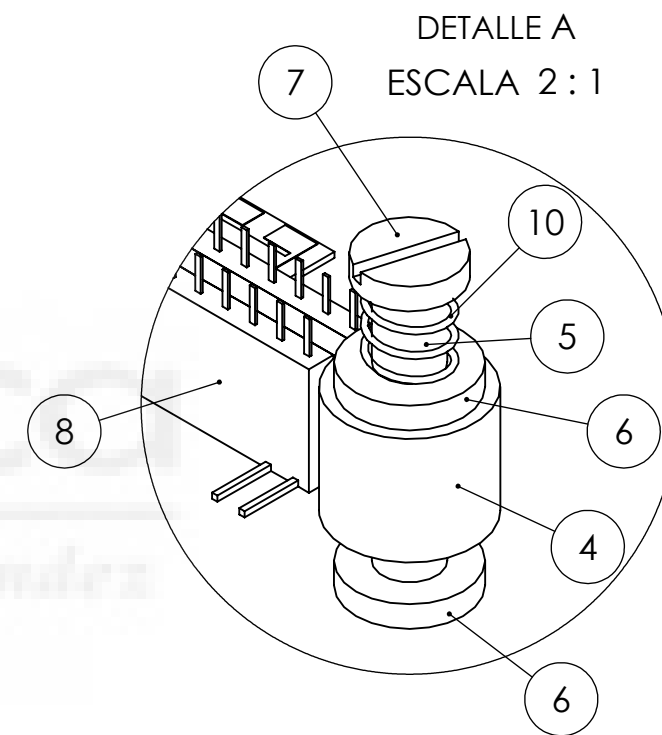
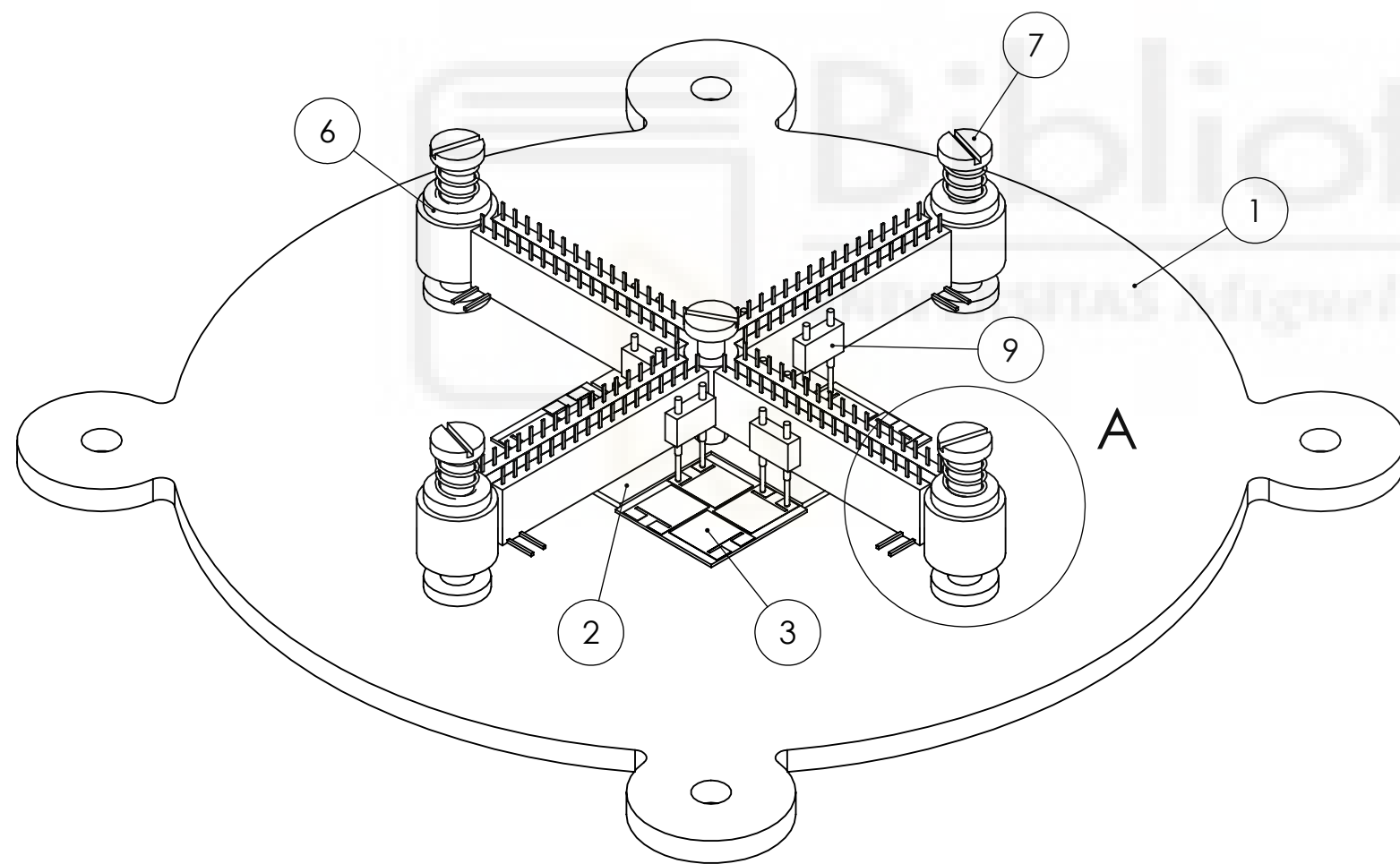
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	-	BASE CÁMARA	1
2	-	CUERPO CÁMARA	1
3	120XTK016-1	SOPORTE TERMOPAR	1
4	110ASC016-12	TOMA CONEXIÓN MANGUITO	1
5	110BSR016	ABRAZADERA TOMA 16MM	3
6	110FBL016	BRIDA CIEGA 16MM	1
7	112ZRG016	ANILLO CENTRADOR 16MM	3
8	110RRG025-016-40	TOMA REDUCTORA RECTA 25/16MM	1
9	112ZRG025	ANILLO CENTRADOR 25MM	1
10	110BSR025	ABRAZADERA TOMA 25MM	1
11	112ZRG050	ANILLO CENTRADOR 50MM	1
12	110BSR050	ABRAZADERA TOMA 50MM	1
13	350BPR250	GARRA DE SUJECIÓN BASE	8
14	120XSD050-15	PASAMUROS CON DB15	1
15	320FLR200-100	TAPADERA CÁMARA	1
16	312ZRA200	ANILLO CENTRADOR 200MM	2
17	-	VARILLA ROSCADA	4
18	VENTANA		1
19	TORNILLO M8X16		8

## CÁMARA DE VACÍO. PLANO DE MONTAJE



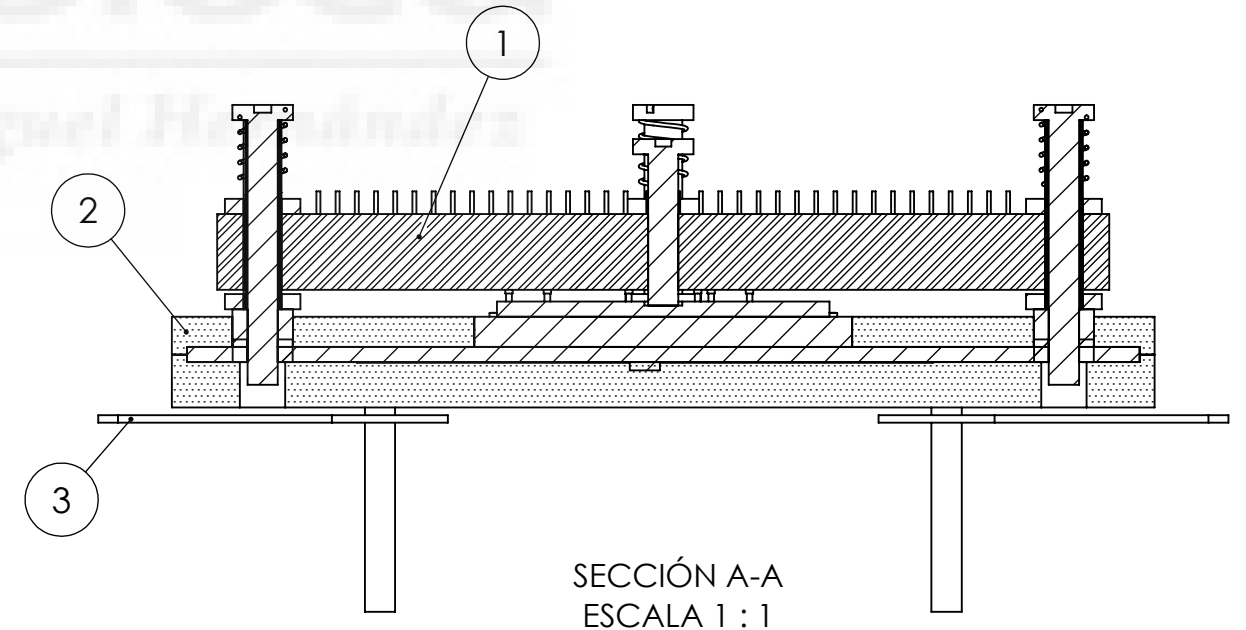
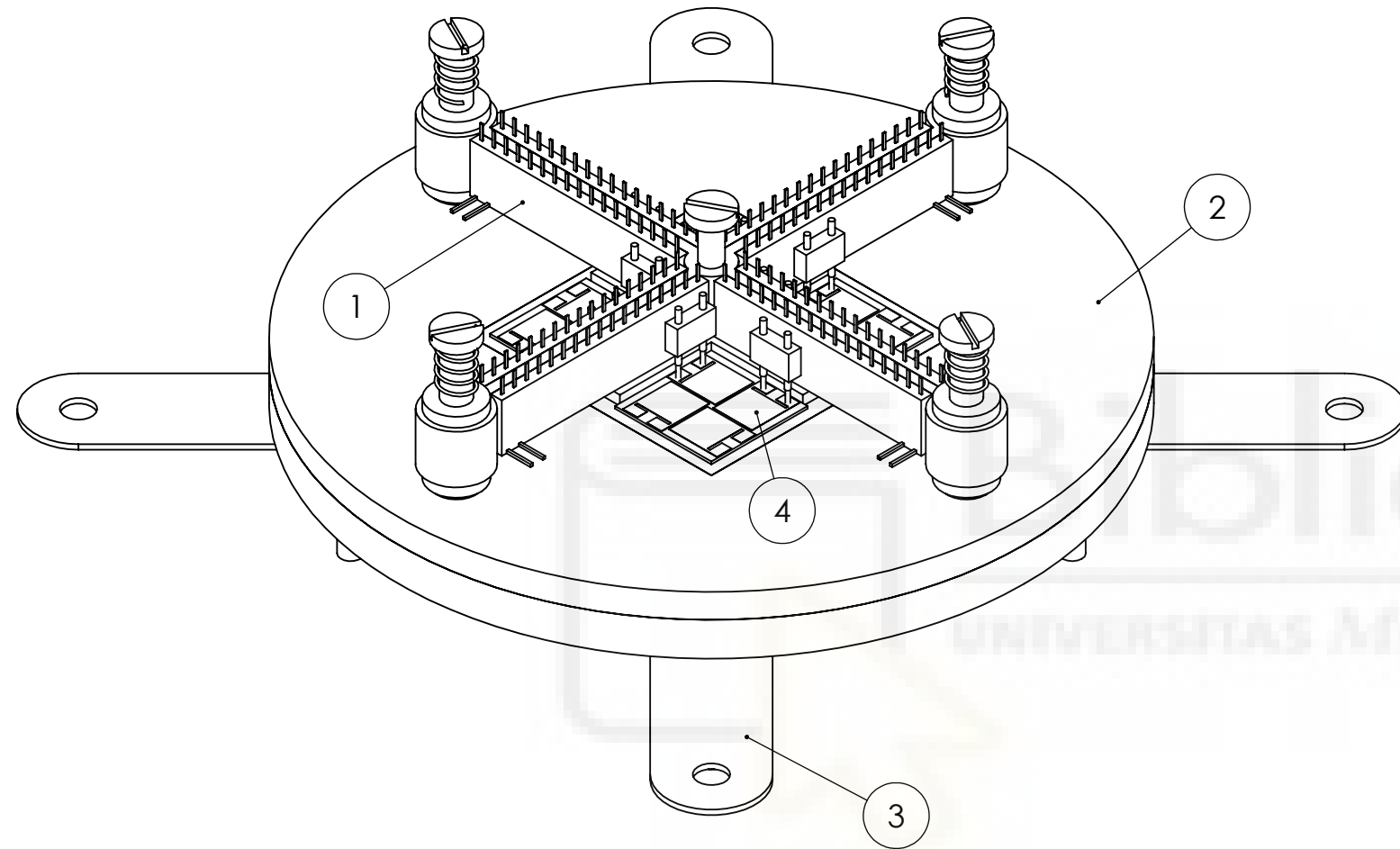
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	BASE CAMARA	1
2	CUERPO CAMARA	1
3	A0383-4_1	1
4	A0314-2_1	1
5	110ASC016-12	1
6	110BSR016	3
7	110FBL016	1
8	112ZRG016	3
9	110RRG025-016-40	1
10	112ZRG025	1
11	110BSR025	1
12	112ZRG050	1
13	110BSR050	1
14	350BPR250	8
15	120XSD050-15	1
16	320FLR200-100	1
17	312ZRA200	2
18	VARILLA ROSCADA	4
19	VENTANA	1
20	TORNILLO M8X16	8

# PORTAMUESTRAS BÁSICO. PLANO DE CONJUNTO



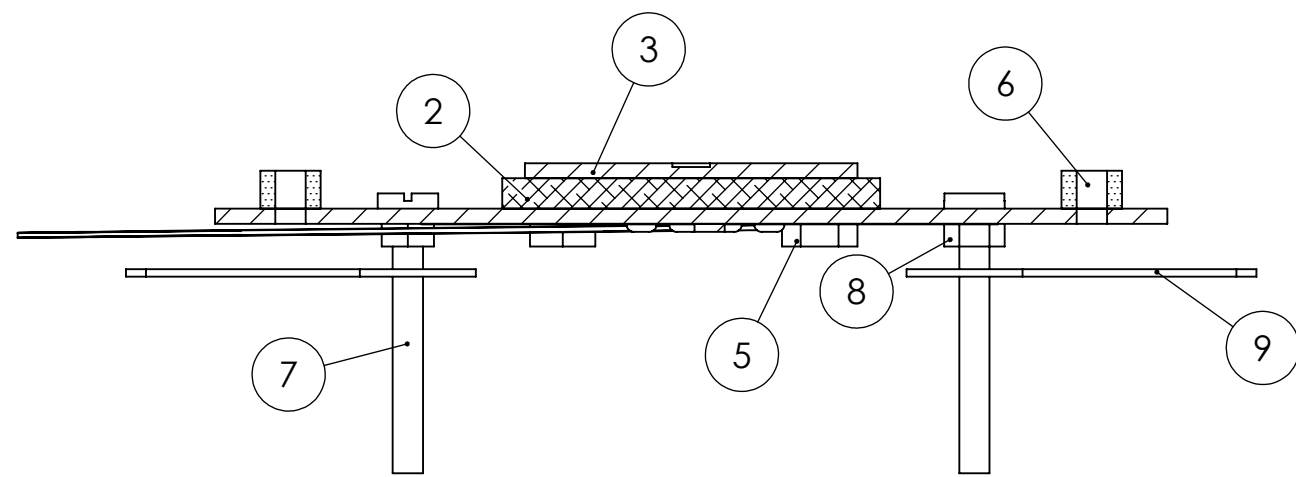
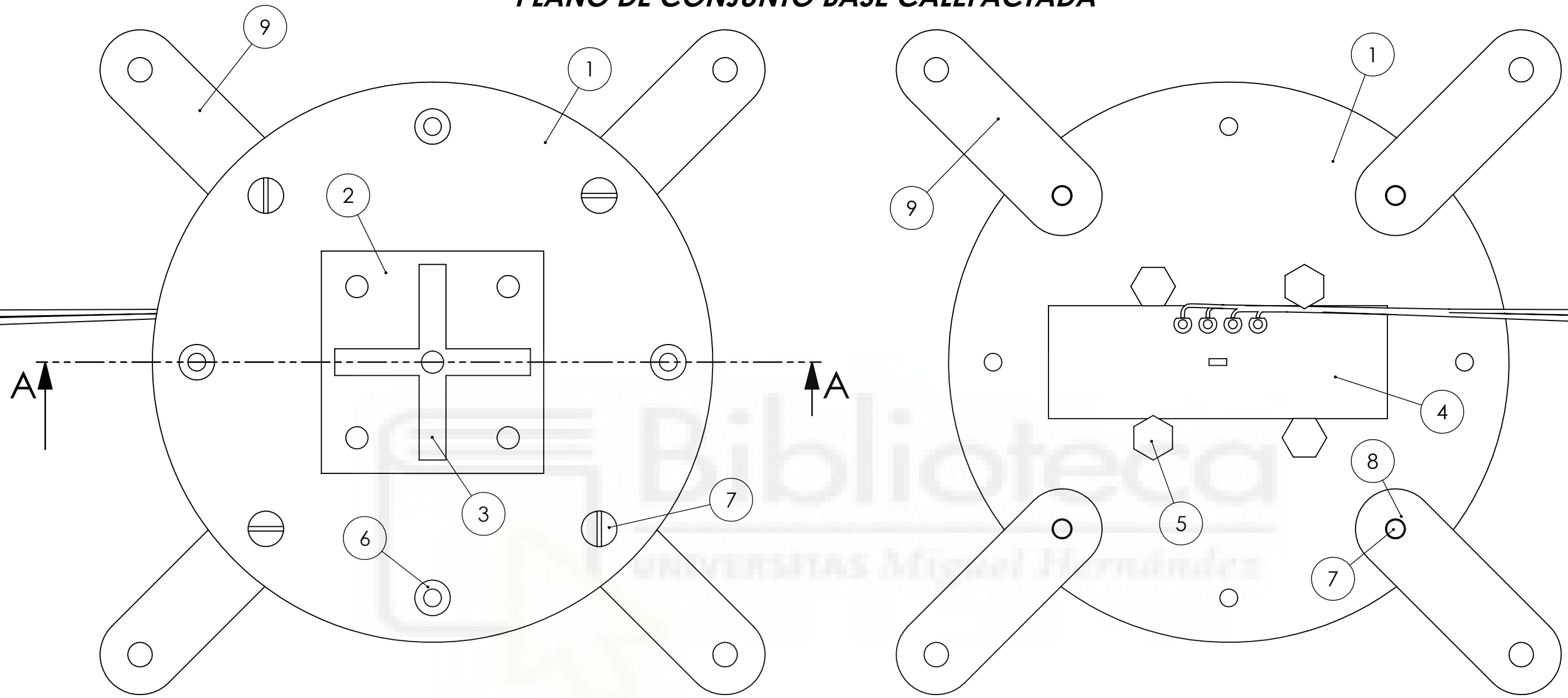
N.º DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	BASE	1
2	CRUCETA	1
3	MUESTRA	4
4	CRUZ	1
5	CASQUILLO GUIA	4
6	ARANDELA DE AJUSTE	8
7	TORNILLO M4	5
8	TIRA DE PINES	8
9	PALPADORES	8
10	MUELLE	4
11	TUERCA M4	4

# PORTAMUESTRAS CON CALEFACCIÓN. PLANO DE CONJUNTO



N.º DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	ESTACION DE MEDIDA	1
2	BASE CON CALEFACCION CON PUR	1
3	PATA	4
4	MUESTRA	4

# PLANO DE CONJUNTO BASE CALEFACTADA

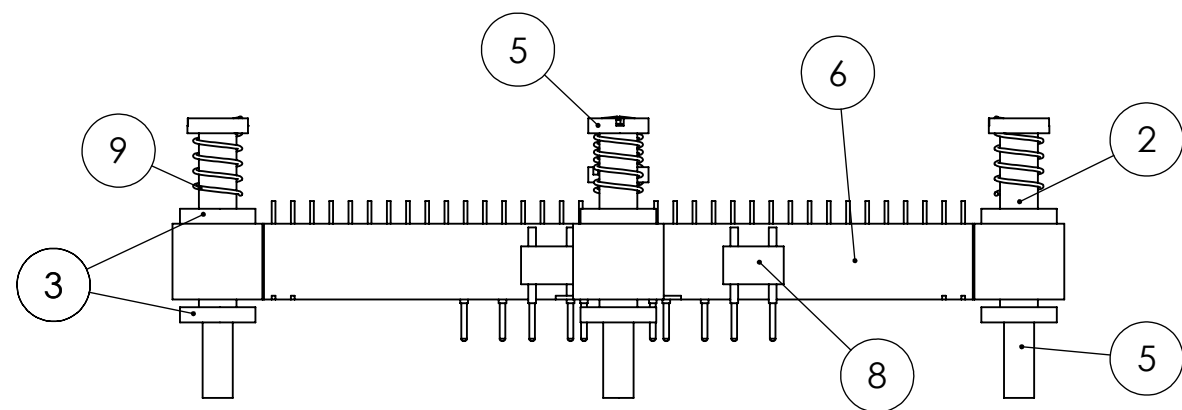
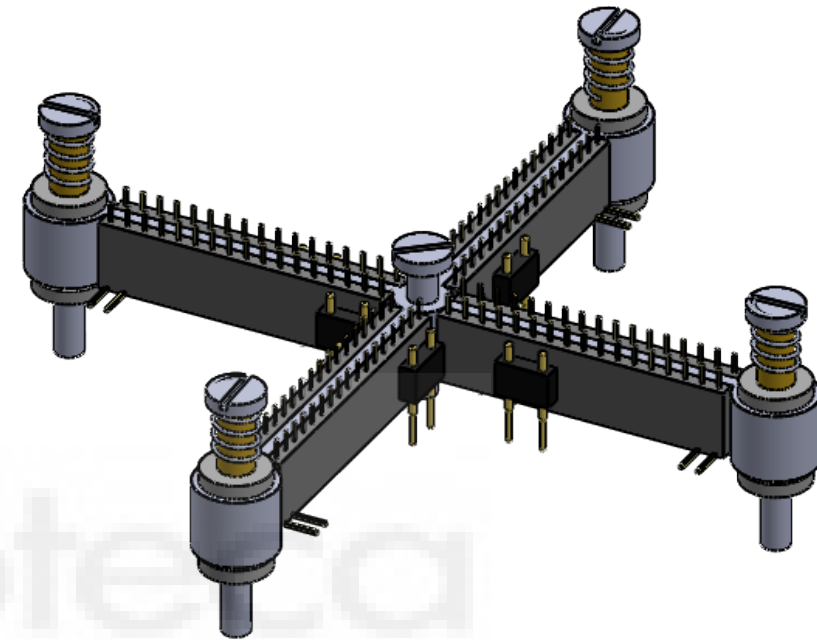
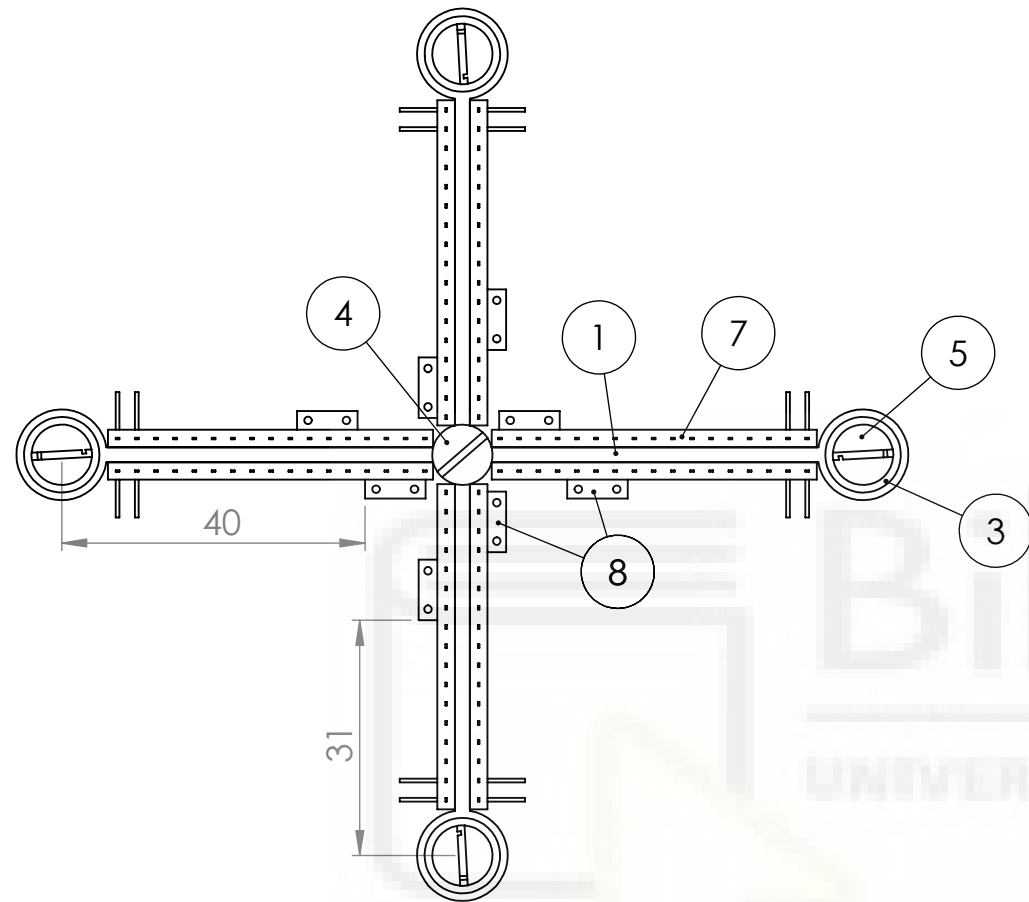


SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 1

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	BASE	1
2	SUPLEMENTO	1
3	CRUCETA	1
4	HT10K	1
5	TORNILLO M5	4
6	SEPARADOR M4	4
7	TORNILLO M4	4
8	TUERCA M4	4
9	PATA	4

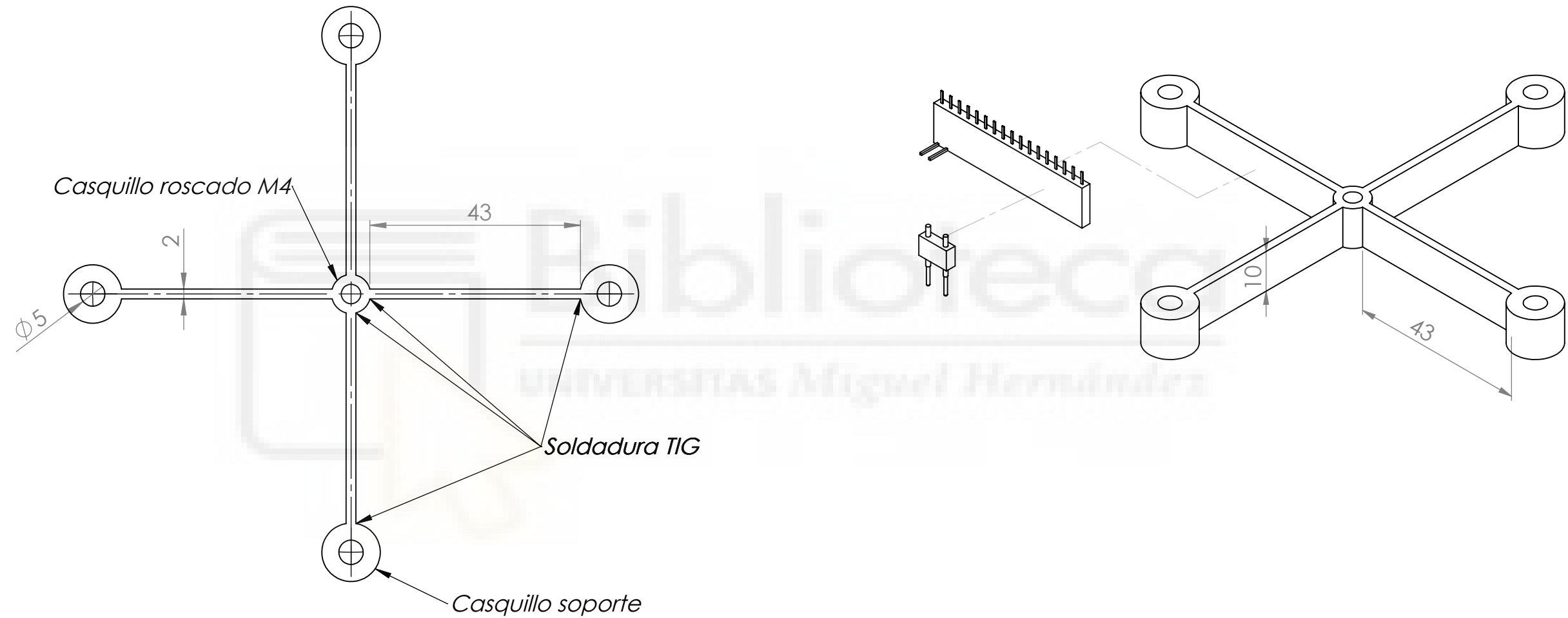


## ESTACIÓN DE MEDIDA. PLANO DE CONJUNTO



N.º DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	CRUZ	1
2	CASQUILLO GUIA	4
3	ARANDELA DE AJUSTE	8
4	TORNILLO M4	1
5	TORNILLO M4	4
6	TIRA DE PINES	4
7	TIRA DE PINES	4
8	PALPADORES	8
9	MUELLE	4

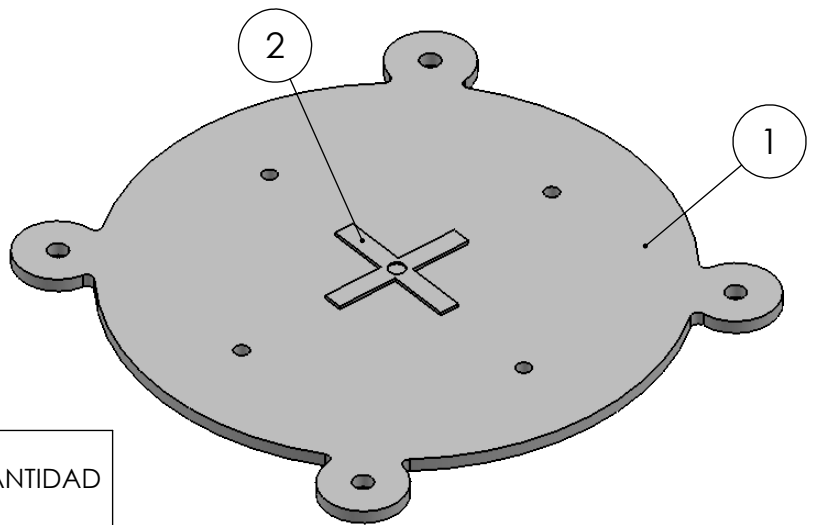
## ESTACIÓN DE MEDIDA. PLANO DE CONSTRUCCIÓN



### Lista de materiales

- 4 chapas 43x10x2
- 4 casquillos D12 con taladros de 5mm
- 1 casquillo roscado M4

# DESPIECE DE LA BASE NORMAL

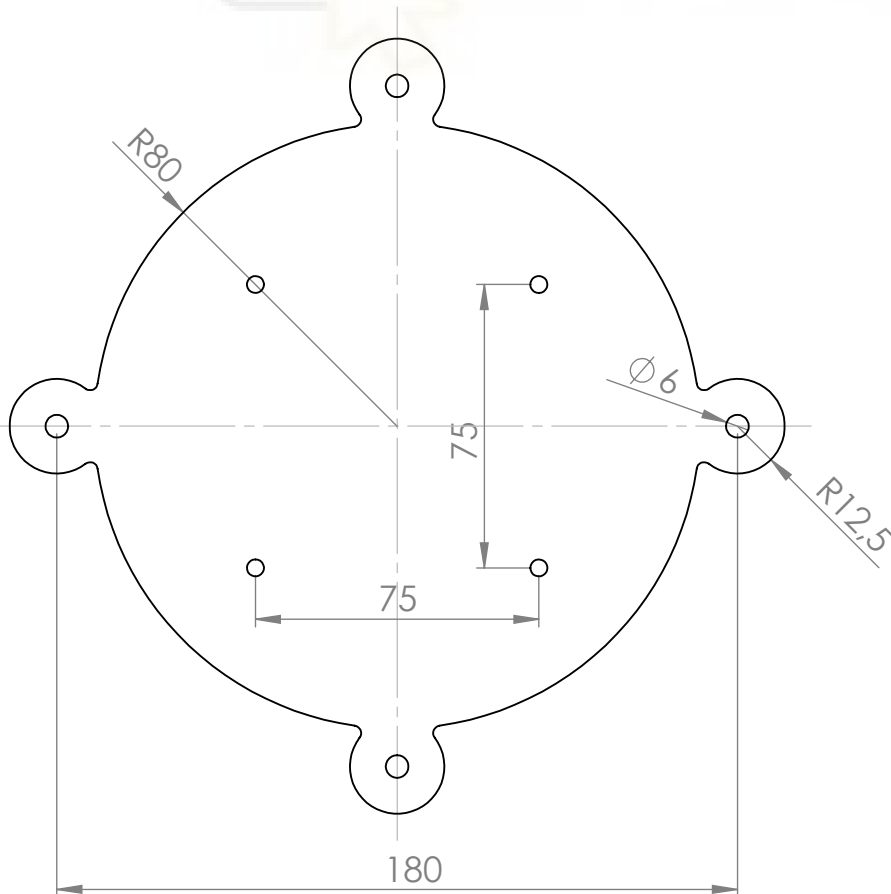


N.º DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	BASE	1
2	CRUCETA	1

\*\*\*\*\* PLANOS DEL DESPIECE \*\*\*\*\*

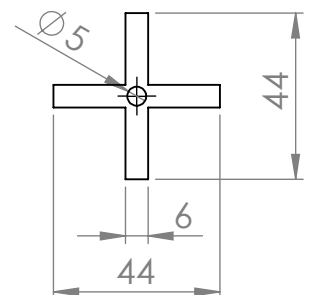
## BASE

Espesor de chapa: 4mm  
Material: Aluminio

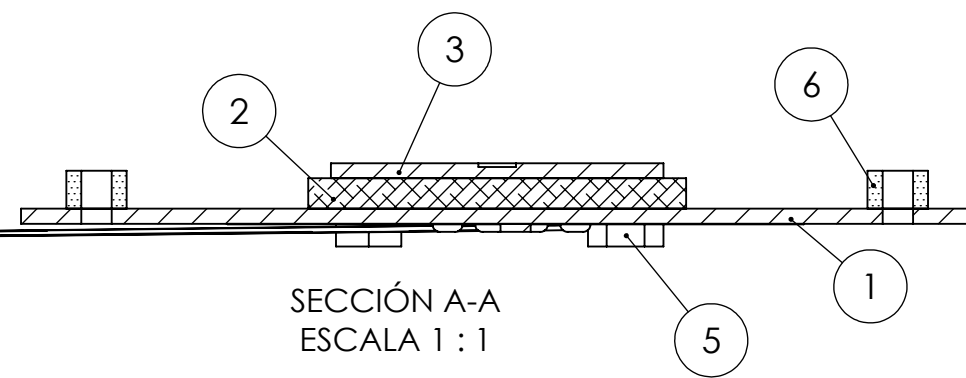
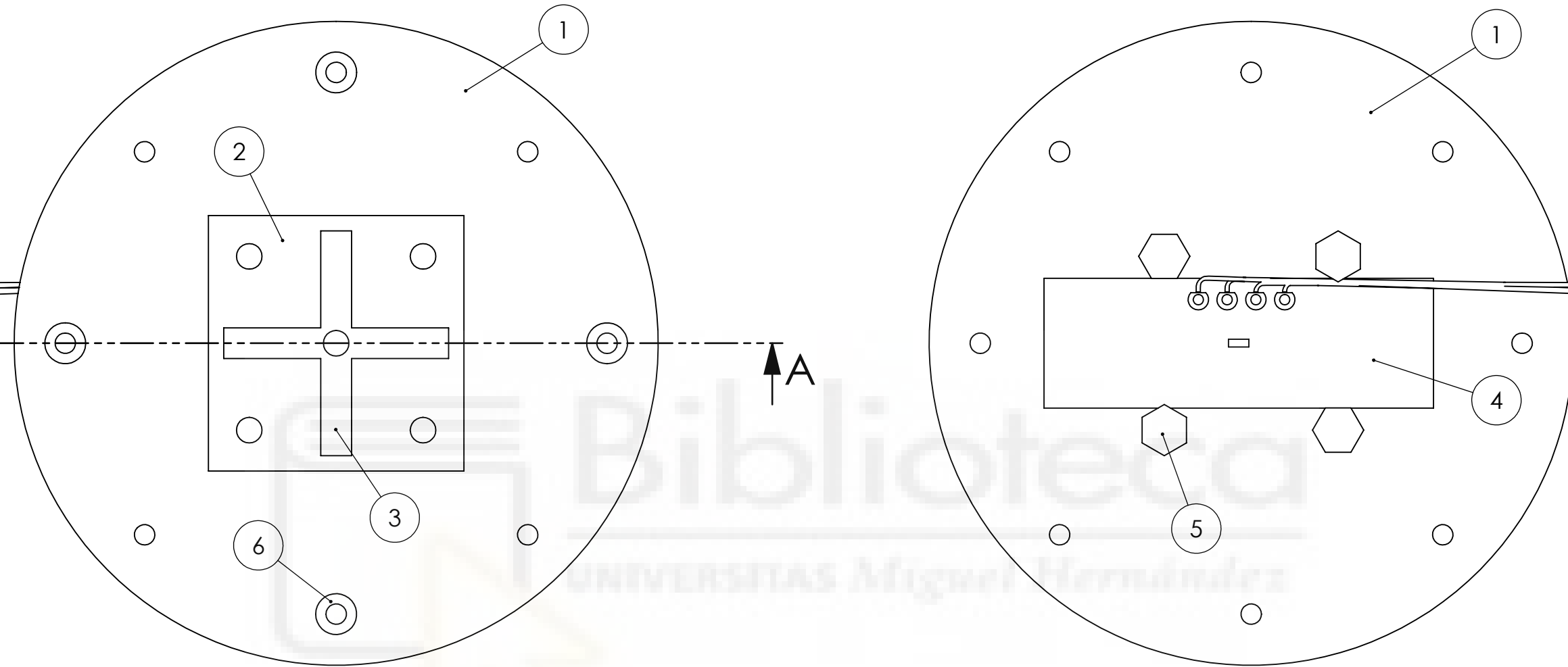


## CRUCETA

Espesor de chapa: 1mm  
Material: Aluminio

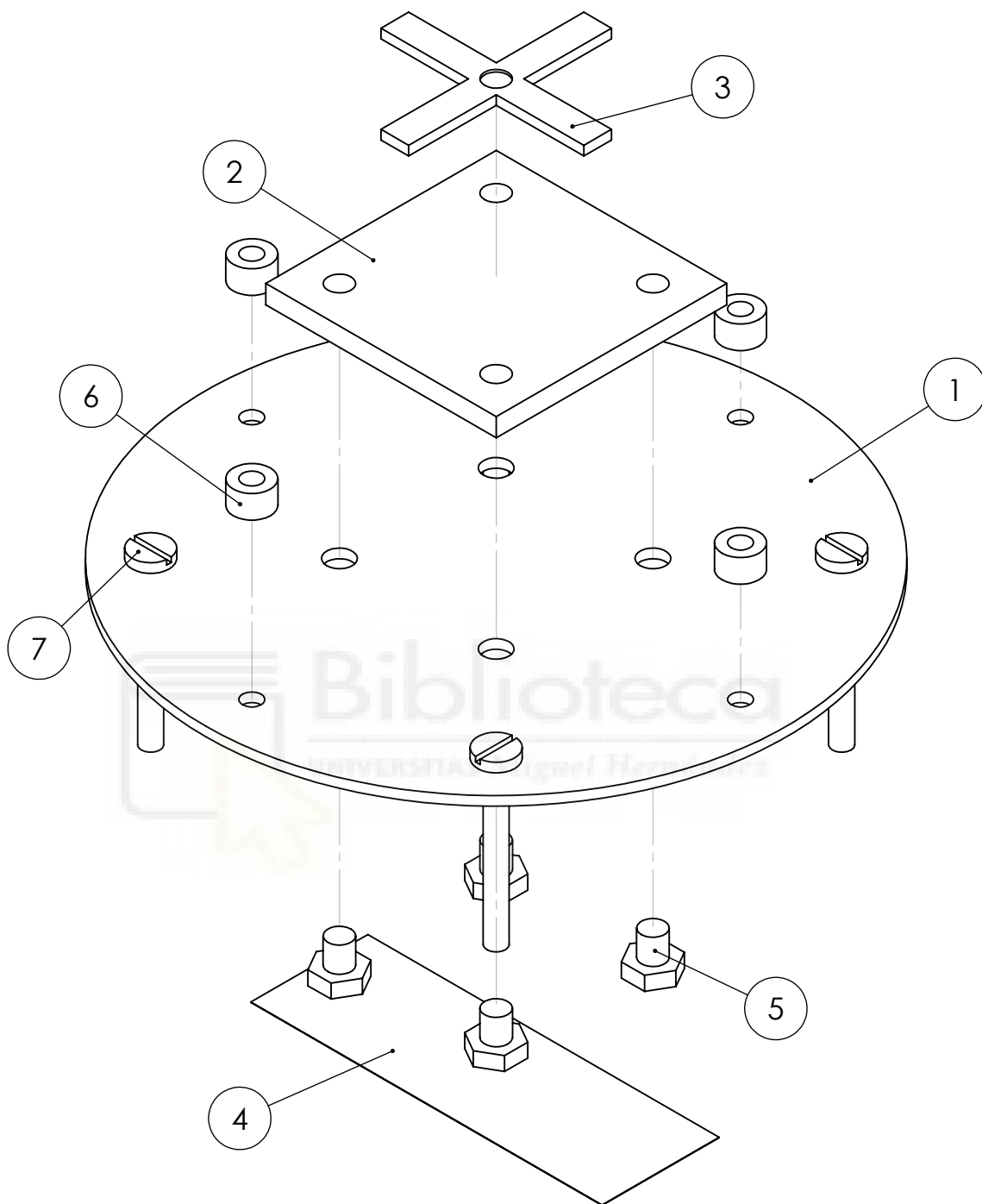


# PLANO DE CONJUNTO BASE CALEFACTADA



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	BASE	1
2	SUPLEMENTO	1
3	CRUCETA	1
4	HT10K	1
5	TORNILLO M5	4
6	SEPARADOR M4	4

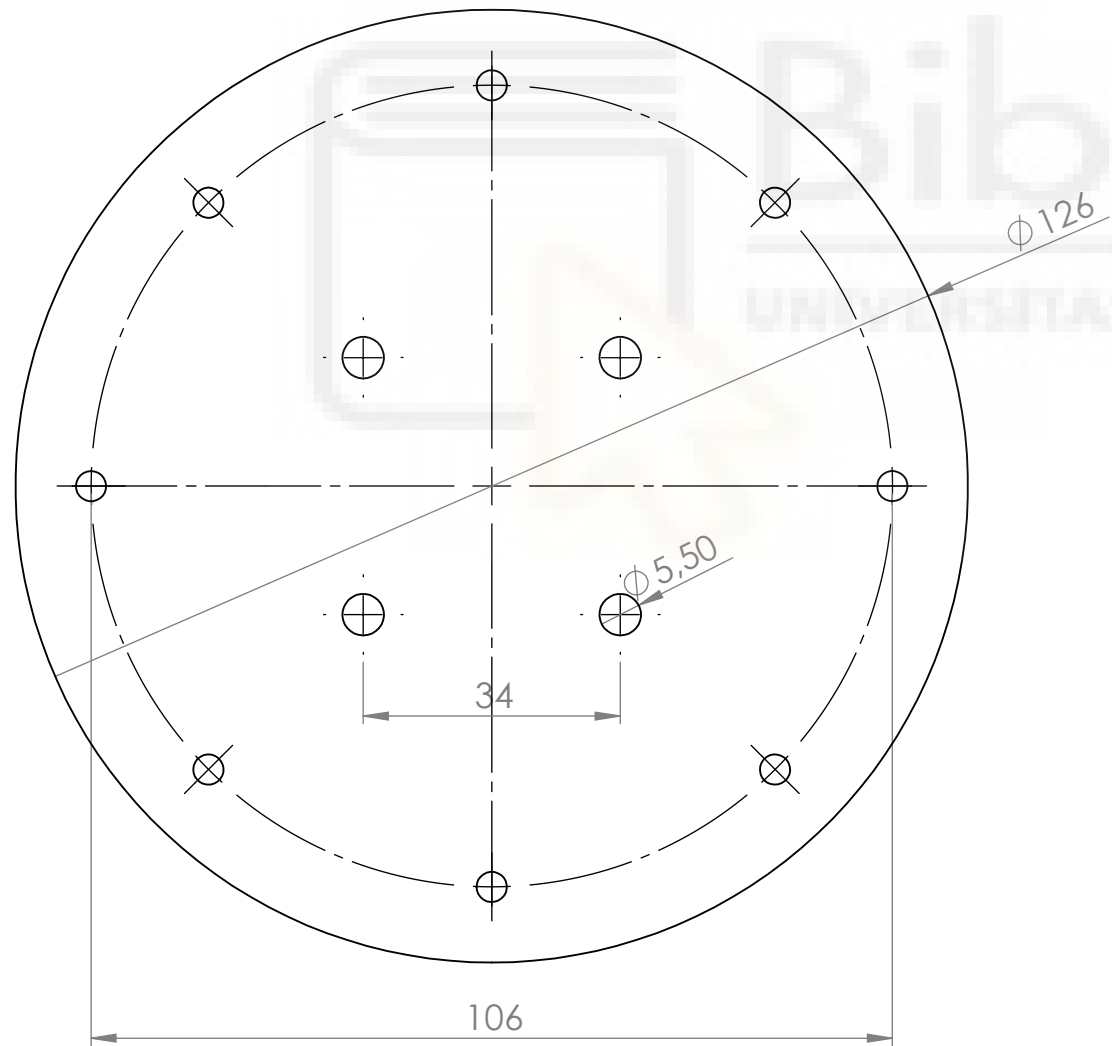
# BASE CALEFACTORA. PLANO DE MONTAJE



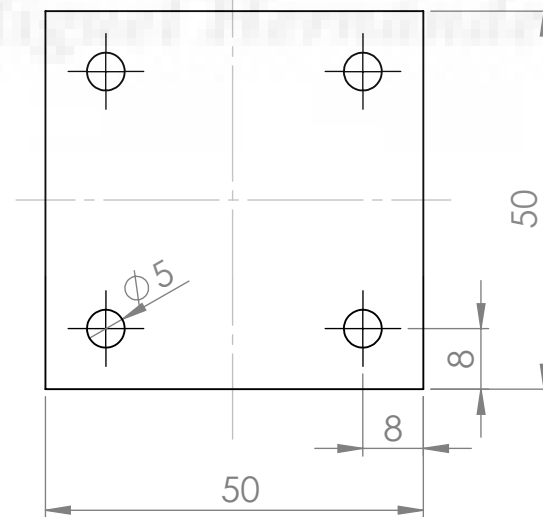
Nº. DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	BASE	1
2	SUPLEMENTO	1
3	CRUCETA	1
4	HT10K	1
5	TORNILLO M5	4
6	SEPARADOR M4	4
7	TORNILLO M4	4

# DESPIECE BASE CALEFACTADA. PLANOS DE FABRICACIÓN

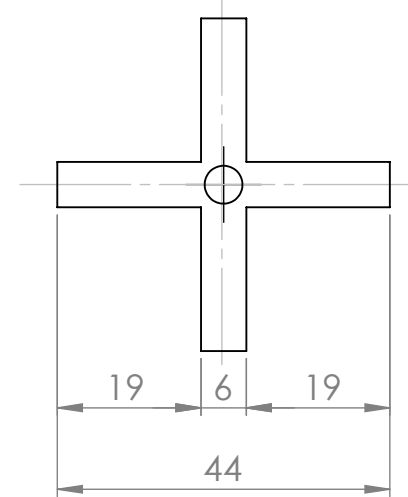
**BASE**  
Espesor: 2mm  
Material: Aluminio  
Nº Unidades: 1



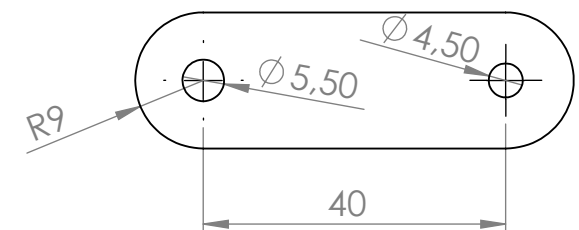
**SUPLEMENTO**  
Espesor: 4mm  
Material: Aluminio  
Nº Unidades: 1



**CRUCETA**  
Espesor: 2mm  
Material: PP  
Nº Unidades: 1

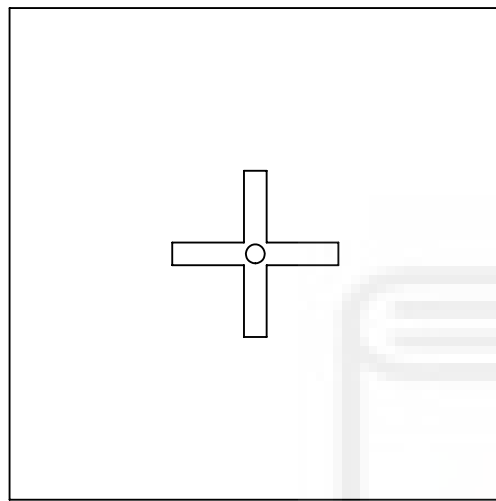


**PATA**  
Espesor: 1mm  
Material: Aluminio  
Nº Unidades: 4

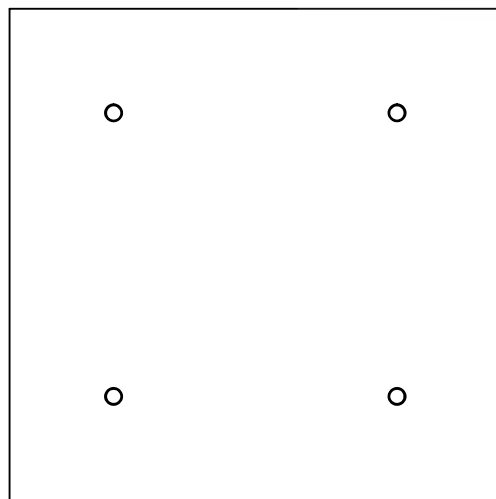


# APLICACIÓN DEL AISLAMIENTO TÉRMICO

MOLDE SUPERIOR



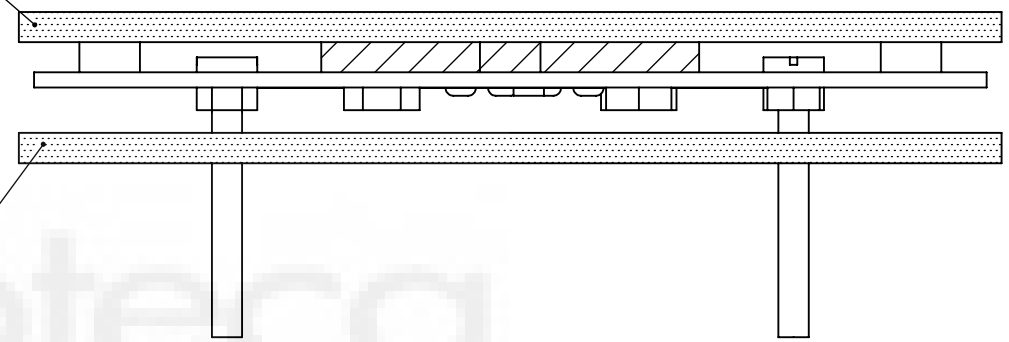
MOLDE INFERIOR



Molde superior

Molde inferior

ANTES DE APLICAR EL POLIURETANO



DESPUES DE APLICAR EL POLIURETANO

Capa superior PUR

Capa inferior PUR

