

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO DE EQUIPAMIENTO CIENTÍFICO PARA LA REALIZACIÓN DE MEDIDAS DE ESPECTROSCOPIA DE FOTOEMISIÓN RESUELTA EN ÁNGULO Y EN ESPÍN A ADJUDICAR POR PROCEDIMIENTO ABIERTO CON PLURALIDAD DE CRITERIOS

1. OBJETO DEL CONTRATO.

El objeto del contrato consistirá en el suministro de equipamiento científico para la realización de medidas de espectroscopía de fotoemisión resuelta en ángulo y en espín (del inglés: *Spin polarized – Angle Resolved Ultraviolet Photoemission Spectroscopy*, en adelante SP-ARUPS) que permitan la caracterización de la estructura electrónica de bandas polarizadas en espín. El equipamiento científico en cuestión incluirá como mínimo los siguientes componentes:

- 1.1 Cámara de análisis de ultra alto vacío para la realización de medidas de SP-ARUPS junto con su soporte
- 1.2 Sistema de bombeo y horneado para alcanzar y mantener la presión base de operación en el rango de presiones de ultra-alto vacío (UHV).
- 1.3 Manipulador de muestras de cinco ejes (tres traslaciones y dos rotaciones), con capacidad para calentamiento y enfriamiento de muestras.
- 1.4 Analizador hemisférico bidimensional (resolución angular y en energía) de partículas cargadas, acoplado con detector de espín.
- 1.5 Fuente de luz ultravioleta.
- 1.6 Campana de introducción.

2. CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS DEL EQUIPO OBJETO DE LA ADQUISICIÓN.

El SP-ARUPS objeto del contrato debe cumplir las siguientes características técnicas mínimas de operación y los siguientes suministros básicos:

- La presión base máxima requerida para la operación del SP-ARUPS a temperatura ambiente deberá ser igual o inferior a 9×10^{-10} mbar.
- Incluirá ordenador de control, con sistema operativo Windows 10 (64 bit), con pantalla de mínimo 22", teclado extendido, ratón, tarjeta wifi y tarjeta de red, un mínimo de 8 GB de memoria RAM y 500 GB de disco duro.
- Incluirá manuales de todos los componentes del sistema.
- Todos los sistemas de bombeo primario serán libres de aceite.

Cada uno de los componentes del SP-ARUPS objeto del contrato debe cumplir las siguientes características técnicas mínimas:

2.1 CAMPANA DE ANÁLISIS DE ULTRA ALTO VACÍO PARA REALIZAR MEDIDAS DE SP-ARUPS JUNTO CON SU SOPORTE.

- o Cámara de ultra-alto-vacío de aleación de mu-metal que permite el blindaje contra campos magnéticos estáticos externos.
- o La campana dispondrá de las bridas correspondientes de forma que permita acoplar de manera simultánea un analizador hemiesférico de energía, una fuente de rayos X, un LEED, una fuente

de luz ultra violeta (UV), un cañón de iones para preparación de muestras, el manipulador de cinco ejes y conexión con la campana de introducción de muestras. Incluirá igualmente el sistema de bombeo necesario para mantener las presiones mínimas requeridas de operación, junto con los medidores de vacío correspondientes. Se incluirán finalmente ventanas para garantizar la buena operación externa, y bridas extra para futuras necesidades.

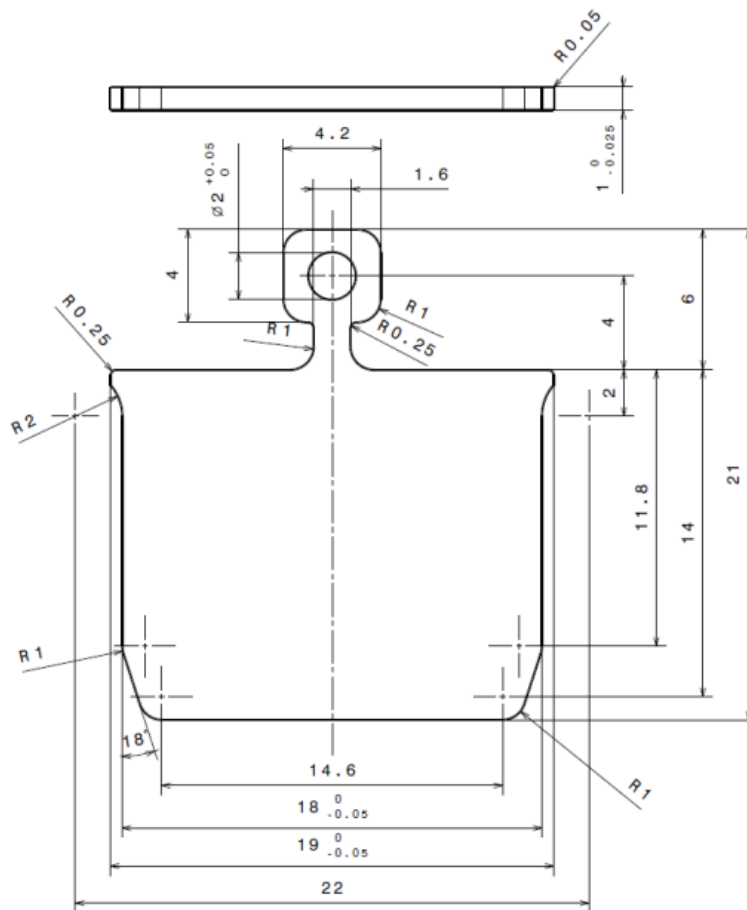
- o La campana tendrá forma esférica y un diámetro máximo de 240 mm.

2.2 SISTEMA DE BOMBEO Y HORNEADO PARA ALCANZAR Y MANTENER LA PRESIÓN BASE DE OPERACIÓN EN EL RANGO DE PRESIONES DE ULTRA-ALTO VACÍO (UHV).

- o El sistema de horneado y bombeo debe ser adecuado para alcanzar una presión igual o inferior a 9×10^{-10} mbar después de un horneado de 72 horas. Debe ser entregado con todos los componentes necesarios para la operación como: cables, controladores, fuentes de alimentación, etc..
- o Para asegurar el valor adecuado de presión base final, mencionado en el punto anterior, que permita la normal operación del sistema se requiere que el bombeo conste como mínimo de una combinación de los siguientes elementos de bombeo de UHV:
 - Una bomba turbomolecular con índice de compresión para He superior a 1×10^7
 - Una bomba iónica
 - Una bomba sublimadora de titanio, con blindaje criogénico.
- o El sistema de vacío primario deberá ser libre de aceite.
- o La bomba de vacío previo debe de disponer de un sistema de lastre de gas.
- o El sistema debe contar con medidores de vacío de cátodo caliente Bayard-Alpert capaces de medir presiones entre 1×10^{-10} mbar y 1×10^{-4} mbar.
- o El sistema debe incluir un marco rígido de aluminio para montar todos los componentes de manera segura, incluyendo paneles metálicos en los laterales y cubiertas del sistema.
- o El sistema debe incluir el conjunto de calefactores, paneles aislantes, controladores, y otros componentes necesarios para hornear el sistema, que permitan conseguir la presión igual o inferior a 9×10^{-9} mbars tras 72 h. de horneado, como se indicaba en el primer punto del presente epígrafe.
- o Se debe incluir un rack de dimensiones adecuadas para el alojamiento de las electrónicas correspondientes a los sistemas de bombeo, medidores de presión y horneado descritos anteriormente.

2.3 MANIPULADOR DE MUESTRAS DE CINCO EJES (TRES TRASLACIONES Y DOS ROTACIONES), CON CAPACIDAD PARA CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO DE MUESTRAS.

- o El manipulador de muestras de UHV podrá ser montado horizontal o verticalmente, de acuerdo al diseño que se decida posteriormente en una brida de tamaño DN100CF.
- o La cabeza del manipulador deberá ser no-magnética y deberá permitir la aplicación de alto voltaje a la muestra.
- o El manipulador deberá ser compatible con el diseño de portamuestras que se muestra en la figura 1, que se corresponde con el sistema de portamuestras actualmente empleado en la fundación IMDEA-Nanociencia.



O

Figura 1: Diseño de los portamuestras actualmente empleados en la fundación IMDEA-Nanociencia.

- O El manipulador permitirá movimientos de traslación en las tres direcciones de la muestra y rotaciones polar (alrededor del eje del manipulador) y azimutal (alrededor del eje de la muestra). Los cinco movimientos serán motorizados. El rango previsto de movimientos es el siguiente:
 - X: ± 12 mm de traslación lineal
 - Y: ± 12 mm de traslación lineal
 - Z: Suficiente rango de traslación lineal para utilizar toda la instrumentación presente en la campana.
 - Polar = $\pm 180^\circ$ rotación alrededor del eje Z
 - Azimutal = $\pm 45^\circ$ rotación en el plano de la muestra.
- O El rango de movimientos será independiente de la temperatura aplicada sobre la muestra, preservándose a las temperaturas más bajas posibles, especialmente en los movimientos de rotación imprescindibles para la realización de medidas de SP-ARUPS.
- O El manipulador dispondrá de un sistema de bombeo diferencial montado sobre una brida de tamaño y tipo DN63CF.
- O El manipulador dispondrá de un circuito de Helio abierto para refrigeración de las muestras y permitirá enfriar las muestras a temperatura igual o inferior a 15 K. Dispondrá igualmente de un sensor de temperatura adecuados a este rango.
- O El tiempo máximo de enfriamiento desde temperatura ambiente hasta la temperatura mínima será de 60 minutos.

- o Se incluirá un controlador de temperatura que permitirá la manipulación controlada de la misma entre la temperatura mínima y 70 K.
- o La cabeza del manipulador dispondrá de un sistema de calentamiento de muestras por bombardeo electrónico que permitirá calentarlas a temperaturas cercanas a 800°C. El sistema de calentamiento de muestras permitirá calentamiento en modo “flash” de hasta 1000°C para muestras y portamuestras adecuados. Tendrá un sensor de temperatura adecuado para este rango. Se incluirá la electrónica para el sistema de calentamiento por bombardeo electrónico.
- o Las dimensiones del manipulador serán las mínimas necesarias de tal forma que se permita la normal operación (motorización, bombeo diferencial) y en particular en lo referente al circuito de refrigeración de Helio líquido para el enfriamiento de las muestras y la longitud de la caña de transferencia para líquidos criogénicos necesaria para el enfriamiento.
- o Se entregará el manipulador junto con la caña de transferencia para líquidos criogénicos (helio o nitrógeno líquido), con las dimensiones adecuadas de forma que se cumplan los requisitos de enfriamiento.
- o Se podrá controlar con precisión las posiciones de la muestra mediante el software de medida. La precisión de los movimientos de traslación x, y, z, será de 10 μm . La precisión para los movimientos de rotación será de 0.1°.

2.4 ANALIZADOR HEMISFÉRICO BIDIMENSIONAL (RESOLUCIÓN ANGULAR Y EN ENERGÍA) DE PARTÍCULAS CARGADAS, ACOPLADO CON DETECTOR DE ESPÍN.

- o El analizador permitirá analizar la energía de electrones e iones positivos, permitiendo medidas de espectroscopia de fotoelectrones y dispersión de iones resueltas en ángulo.
- o El analizador hemiesférico contará con dos sistemas diferentes de rendijas, uno de entrada y otro de salida (slits), para optimizar señal o resolución según necesidades del experimento, y que serán plenamente definidas en la fase de diseño.
- o Un iris de diámetro variable para ajustar el rango angular, lateral y optimizar ratio señal/ruido según necesidades.
- o Estará provisto de diversos modos de lentes electrostáticas para magnificación, transmisión, y resolución en ángulo, según el modo correspondiente de medida.
- o Ángulo máximo de aceptación de $\pm 15^\circ$ cuando se trabaja en modo de transmisión o resuelto en ángulo
- o Resolución máxima en energía con el detector ofertado menor de 2 meV.
- o Resolución máxima en ángulo con el detector ofertado menor 0.1°.
- o El analizador hemiesférico estará equipado a su salida con un detector bidimensional dotado de placa multi-canales de energía (Multi Channel Plate MCP) en configuración “chevron”.
- o El detector bidimensional estará equipado con una pantalla de fósforo rápida y cámara de alta velocidad de tecnología CMOS.
- o Nivel de ruido en el detector bidimensional completo debe ser inferior a 5 cps (inferior a 0,01 cps por canal de energía).
- o Velocidad de lectura hasta 160 fps.
- o La salida del analizador hemiesférico se combinará, además de con el detector bidimensional, con un detector mini-Mott para detección resuelto en spin. El detector de espín estará instalado en el mismo plano de salida que la MCP y a un radio inferior. El software de adquisición de datos será capaz de compensar esta diferencia en la posición de forma que los espectros obtenidos con ambos detectores tengan la misma escala de energía cinética.

- o El detector mini-Mott estará provisto de un deflector electrostático de 90° y cuatro canales multiplicadores de electrones ("channeltrons"), dos pares perpendiculares entre si, de forma que permita la detección simultánea de una componente de spin en el plano y otra componente de espín perpendicular fuera del plano.
- o Electrónica de control para todo el sistema de análisis y detección.
- o Rango de voltajes de detección hasta ± 3.500 V
- o Convertidores de digital a analógico de un mínimo de 21 bit y un tiempo de establecimiento inferior a 3 ms
- o La electrónica permitirá analizar electrones e iones positivos.
- o Energía de paso variable de manera continua entre 0.1 eV y 400 eV.
- o El software de medida integrará la adquisición de datos con los movimientos motorizados de la muestra de forma que se permita la adquisición automática de datos.
- o El software permitirá medidas estándar y polarizadas en espín de XPS (del inglés *X-ray photoelectron spectroscopy*), UPS (del inglés *ultraviolet photoelectron spectroscopy*), ARUPS, además de AES (del inglés *Auger Electron Spectroscopy*), ISS (del inglés *Ion Scattering Spectroscopy*) and LEIS (del inglés *Low-Energy Ion Spectroscopy*).
- o El software será compatible con la última versión de Windows 10 (64 bit).

2.5 FUENTE DE LUZ ULTRAVIOLETA.

- o La radiación ultravioleta es generada por ionización de plasma de Helio (también puede usarse otros gases nobles como Ne, Ar o Xe) y alcanzará un flujo de fotones superior a 1×10^{16} fotones/(segundo · stereoradian).
- o Ratio ajustable entre las líneas de radiación de He I y He II.
- o Sistema de bombeo diferencial que resulta en una muy baja presión de fondo durante operación en la cámara de análisis.
- o La fuente está provista de un capilar que permite que el diámetro del spot sobre la muestra sea menor a 500 μm , con una distancia de trabajo entre el extremo del capilar y la muestra de 10 mm.
- o Alta densidad de fotocorriente, superior a 180 nA, sin aplicar voltaje a la muestra.
- o Horneable a 100°C.
- o La anchura spectral a media altura, (*FWHM, Full Width at Half Maximum*) debe ser inferior a 2 meV.
- o Estabilidad temporal a largo plazo con un decaimiento de intensidad, dI/I , igual o inferior a 0.014% por hora.
- o Opción para un polarizador con porcentaje superior al 90%
- o El equipo debe permitir la opción de incluir un monocromador que permita la selección y aislamiento de la línea de luz correspondiente de la fuente de ultravioleta.
- o Entregado con su propia electrónica y fuente de alimentación.
- o Debe incluir la válvula de fugas compatible con el UHV para la entrada de gas.

2.6 CAMPANA DE INTRODUCCIÓN

- o El sistema dispondrá de una campana de introducción rápida de muestras desde el exterior a presión ambiente, sin perturbar el vacío en la campana principal de análisis.
- o La campana de introducción tendrá un puerto de acceso rápido para introducir las muestras.
- o La campana de introducción dispondrá de como mínimo una ventana óptica con brida de tamaño DN40CF o mayor

- o La campana de introducción vendrá con todo el sistema de bombeo y medidores de vacío necesarios para obtener una presión base inferior a 5×10^{-8} mbar después de la introducción de una muestra.
- o El medidor de presión será capaz de medir en el rango de 100 mbar a 1×10^{-8} mbar.
- o Se incluirá todas las electrónicas de control y cables.
- o La cámara de introducción deberá ser totalmente compatible con el sistema de transferencia de muestras (maleta de transferencia) de IMDEA Nanociencia a la campana de introducción, de forma que puedan introducirse muestras en el sistema sin romper las condiciones de vacío. El licitador entregará cualquier componente necesario para asegurar dicha compatibilidad. El diseño de la maleta de vacío se puede ver en las figuras 2 y 3. La maleta consiste de una válvula de guillotina de DN40CF de VAT, una T (TCF 40) junto a una barra de transferencia (MDS40-600) de VAb, una bomba iónica (25S-XX-2V-xx) de Gamma vacuum. La orientación entre válvula e iónica se podrá cambiar según necesidad



Figura 2: Maleta de vacío de IMDEA-Nanociencia

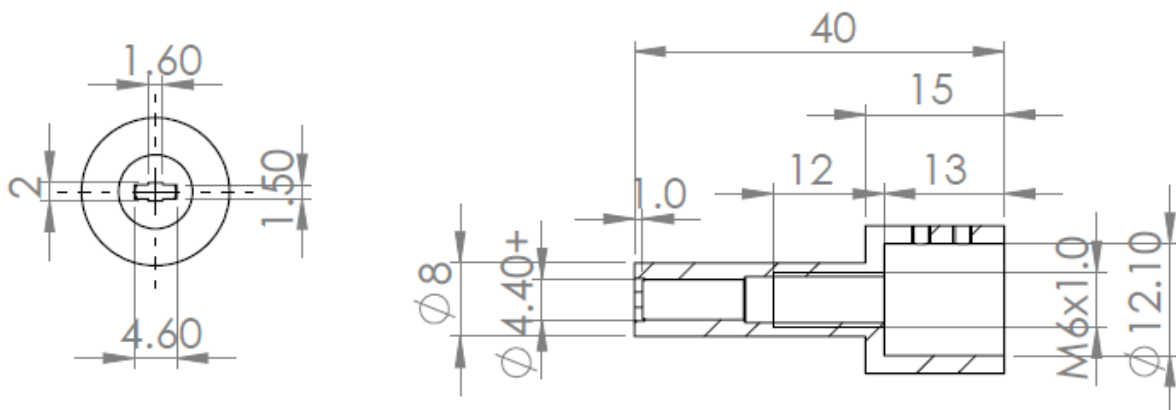


Figura 3: Cabezal de la maleta de vacío

2. TEST DE ACEPTACIÓN EN FÁBRICA Y TEST DE ACEPTACIÓN DE IMDEA.

Tanto el test de aceptación en fábrica como el test de aceptación de IMDEA Nanociencia deben incluir, al menos, parámetros y/o valores reales que permitan la comprobación de que el equipo cumple todas las características técnicas exigidas en los pliegos, así como todas las posibles mejoras introducidas en la oferta por parte de la empresa adjudicataria.

Como mínimo deberán comprobarse los siguientes aspectos básicos de funcionamiento:

- Sistema de bombeo y horneado: Se comprobará que se pueden alcanzar las presiones bases de operación en los tiempos establecidos en las especificaciones del equipo.
- Fuente de luz ultravioleta: Se comprobará la operación estable y continuada de la fuente de luz ultravioleta en los modos de líneas de radiación de He I y He II.
- Analizador hemiesférico bidimensional acoplado con detector de espín:
 - Se realizarán medidas mediante ARUPS convencional del estado electrónico de superficie en una muestra de Au(111).
 - Se determinarán las componentes de espín del estado electrónico de superficie en una muestra de Au(111).
- Manipulador de muestras:
 - Calentamiento de muestra a las temperaturas indicadas en las especificaciones del sistema. En el informe del test del manipulador se incluirán las curvas correspondientes de calibración de temperatura.
 - Enfriamiento de la muestra con Helio líquido a la temperatura indicada en las especificaciones. En el informe del test del manipulador se incluirán las curvas correspondientes de calibración de temperatura.
 - Motorización: Se demostrará que se pueden alcanzar todas las posiciones indicadas en las especificaciones del sistema, tanto para los movimientos traslacionales (x, y, z), como rotacionales (polar y azimutal).