

## PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

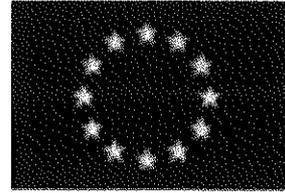
Expediente EXP004/2017/19: Suministro e instalación de sustitución del microscopio electrónico de barrido-transmisión analítico de emisión de campo de la división de microscopía electrónica de la Universidad de Cádiz. Convocatoria 2015. Ayudas a infraestructuras y equipamiento científico-técnico. Subprograma estatal de infraestructuras científicas y técnicas y equipamiento (Plan Estatal I+D+I 2013-2016). Cofinanciado por Feder (80%), referencia UNCA15-CE-3482

### 1. DESCRIPCIÓN:

Ayudas a infraestructuras y equipamiento científico-técnico. Convocatoria de 2015. Subprograma estatal de infraestructuras científicas y técnicas y equipamiento (Plan Estatal I+D+I 2013-2016, UNCA15 CE- 3482).

Sustitución del microscopio electrónico de barrido-transmisión analítico de emisión de campo de la división de microscopía electrónica de la Universidad de Cádiz.

- 1.1 El microscopio deberá estar equipado con un cañón de emisión de campo de alto brillo, es decir que proporcione un brillo de, al menos,  $8 \times 10^8$  A/cm<sup>2</sup> sr a 200 kV y corrientes no menores de 1.5 nA para un tamaño de sonda del orden de 1 nm a 200 kV. El ancho del rango de energías de la emisión a 200 kV no deberá ser superior a 0.8 eV.
- 1.2 El microscopio se alineará de forma óptima en todos sus modos de trabajo, tanto de imagen como espectroscópicos a 80kV y a 200 kV.
- 1.3 Dado el mayor potencial que ofrecen las técnicas de barrido-transmisión y que, al mismo tiempo, se pretenden potenciar en el futuro inmediato de la DME SC-ICYT los experimentos relacionados con estudios tanto de tomografía como de tipo "in-situ", se requiere un microscopio con una pieza polar de "gap" medio (en torno a 5 mm), que garantice una resolución, medida a 200 kV, en imagen TEM en campo brillante (HREM) punto-a-punto igual o mejor que 0.25 nm; una resolución línea-a-línea ("lattice resolution") o límite de transferencia de la información, medida mediante un experimento de franjas de Young a 200 kV, igual o mejor que 0,12 nm; y una resolución, también a 200 kV, en modo STEM Campo Oscuro Anular de Alto Ángulo (HAADF) igual o mejor que 0.19 nm.
- 1.4 El microscopio deberá permitir una magnificación máxima en TEM de al menos 1,5M y en STEM de al menos 150M. Deberá permitir igualmente en los experimentos de difracción seleccionar longitudes de cámara en el intervalo de 15 a 2000 mm.
- 1.5 El microscopio deberá permitir registrar imágenes STEM con tamaños al menos de 2k x 2k.
- 1.6 El "stage" deberá permitir inclinaciones, empleando un portamuestras de inclinación en dos ejes, de 30° en los dos ejes. El rango de inclinación máximo en un eje deberá ser al menos de 80°. Debe permitir movimientos de la muestra en los ejes X e Y de al menos 1 mm y en el eje Z de al menos 0,2 mm.
- 1.7 El "stage" deberá estar motorizado al menos en 5 ejes y permitir su control por software para la realización de experimentos de tomografía electrónica, la realización de operaciones automatizadas de corrección y control de desplazamientos ("drift correction") durante, por ejemplo, el registro de



- información nanoanalítica,...
- 1.8 El "stage" deberá incorporar control piezoeléctrico de los movimientos de la muestra con muy alta precisión, al menos de 200 pm, en los ejes x e y. La motorización en inclinaciones deberá proporcionar una precisión al menos de 0.01°.
  - 1.9 El microscopio deberá incorporar los detectores y todos los elementos de hardware/software necesarios para el registro de imágenes en, al menos, todos los siguientes modos: campo brillante de alta resolución (HREM); campo oscuro anular de alto ángulo en modo barrido transmisión (HAADF-STEM); campo oscuro en modo barrido transmisión (DF); campo brillante en modo barrido transmisión (BF); campo brillante anular en modo barrido transmisión (ABF).
  - 1.10 El microscopio deberá incluir un sistema de análisis X-EDS de última generación. En concreto, el sistema de detección deberá incorporar los elementos necesarios para obtener un ángulo sólido total de detección de, al menos, 0,9 srad.
  - 1.11 El sistema de detección XEDS deberá permitir una resolución en energía, medida empleando la línea Mn-K $\alpha$ , igual o mejor que 136 eV a una velocidad de conteo de 10.000 cuentas por segundo.
  - 1.12 Deberá incluirse la versión de software de recogida, procesado y análisis de datos (cualitativo y cuantitativo) más amplia y actualizada posible de entre todas las disponibles para el sistema XEDS en cuestión; proporcionándose licencias tanto para el trabajo en línea como para el trabajo fuera de línea. En este último caso el software contendría todos los paquetes disponibles en el momento del suministro para análisis, cuantificación y representación de los registros experimentales y deberían suministrarse al menos 10 licencias para el software fuera de línea.
  - 1.13 Si la configuración ofertada incluyese más de un detector XEDS, deberá proporcionarse el software/hardware necesario para registrar de forma simultánea e independiente las señales correspondientes a cada uno de los detectores.
  - 1.14 Dado que se pretende integrar en el futuro otras técnicas espectroscópicas, como es el caso de la espectroscopía EELS, el suministro deberá incorporar todos los elementos de software/hardware necesarios para hacer posible, una vez se instale en el futuro el espectrómetro o filtro EELS, el registro simultáneo de las señales XEDS e EELS.
  - 1.15 En cualquier caso el equipo suministrado deberá permitir registrar de forma simultánea todas las señales STEM disponibles, tanto las de imagen como las de tipo espectroscópico (XEDS).
  - 1.16 Para el registro de las imágenes TEM en formato digital, el microscopio deberá incorporar una cámara CCD o CMOS en eje ("on-axis") de, al menos, 2k x 2k píxeles, capaz de trabajar en todo el rango de voltajes de aceleración propios del microscopio que se suministre. El tamaño de pixel deberá ser no mayor de 15 x 15  $\mu\text{m}^2$  y la digitalización debe hacerse al menos en 14 bits. Deberán poder registrarse imágenes a una velocidad de al menos 1 frame/s para un tamaño de imagen de 2k x 2k.
  - 1.17 El microscopio deberá suministrarse, al menos, con dos portamuestras: uno de tipo doble inclinación analítico y un segundo portamuestras de tipo inclinación en un solo eje.
  - 1.18 El microscopio deberá incorporar los elementos de hardware/software para proporcionar una medida directa del valor de la corriente de sonda que pueda ser empleado luego en la interpretación cuantitativa de los registros de imagen y espectroscópicos.
  - 1.19 El microscopio deberá suministrarse con todo el hardware y software necesarios para el registro



- automatizado de experimentos de tomografía electrónica en imagen, tanto en modo TEM como en modo STEM. Al menos uno de los portamuestras suministrados, de los referidos en el punto 1.17, deberá reunir las condiciones necesarias para permitir inclinaciones en un eje, dentro de la pieza polar que se oferte, de al menos  $\pm 70^\circ$ . El software que se suministre deberá incluir las rutinas necesarias para la automatización total del proceso de registro de la serie tomográfica.
- 1.20 El software proporcionado para tomografía en imagen TEM/STEM deberá permitir la corrección automática, al menos, del foco, altura eucéntrica y deriva de la muestra. Deberá permitir igualmente hacer calibraciones del portamuestras para su uso durante el registro del experimento. Igualmente, en el caso de la tomografía STEM deberá permitir el registro simultáneo de las señales de varios detectores. Este software deberá ser instalado y optimizado por parte del personal técnico de la casa suministradora, debiendo quedar totalmente operativo tras la instalación. En definitiva, deberá estar preparado para su uso directo por parte de los usuarios de la DME SC-ICYT UCA. El suministrador deberá demostrar de forma práctica el registro de dicho tipo de experimentos sobre el microscopio una vez se instale en la DME SC-ICYT UCA.
  - 1.21 El microscopio deberá incorporar una interfaz de usuario avanzada, que permita conocer en tiempo real el estado de todas las variables del equipo (cañón, aperturas, detectores,...). Esta interfaz deberá permitir igualmente el uso de todas las técnicas (imagen y espectroscópicas) y detectores del microscopio de forma digitalizada, sobre la base de un software que funcione sobre un ordenador/estación de trabajo bajo sistema operativo Windows.
  - 1.22 La configuración proporcionada deberá permitir igualmente el uso remoto del equipo. Con este último fin, todas las aperturas del microscopio deben estar motorizadas y controladas por ordenador.
  - 1.23 Se deberá incorporar una cámara digital de alta velocidad y alto rango dinámico para la visualización durante diversas operaciones (búsqueda del haz a diversas magnificaciones, enfoque a alta magnificación, búsquedas sobre la muestras,...) así como para el seguimiento directo desde el ordenador de trabajo de todas las imágenes necesarias para las tareas de alineación del microscopio, tradicionalmente realizadas sobre pantalla fluorescente. Esta cámara deberá permitir la realización de FFTs en tiempo real así como la operación remota del microscopio.
  - 1.24 Para un uso más rápido y eficiente del microscopio, deberán incorporarse igualmente paneles con los botones correspondientes a las funciones de alineación básicas.
  - 1.25 El microscopio deberá incorporar todos los elementos de hardware y software (en sus versiones más actualizadas disponibles en el momento del suministro) necesarios para el uso de todas las técnicas instrumentales mencionadas anteriormente, así como el propio control del equipo y todos sus accesorios. Deberán proporcionarse licencias de todos los software tanto para el uso "en-línea" como "fuera de línea". De este último, deben proporcionarse al menos 10 licencias. Todo este software deberá corresponder a las versiones más actualizadas y completas posibles en el momento del suministro, incluyendo todos los paquetes disponibles de forma opcional para dicho software. Deberá garantizarse asimismo de forma explícita el proporcionar de forma gratuita, durante el correspondiente período de garantía, todas las actualizaciones o mejoras que se vayan incorporando sucesivamente a dichos paquetes de software.
  - 1.26 El suministro incluirá los elementos necesarios para el control del microscopio y de todos sus



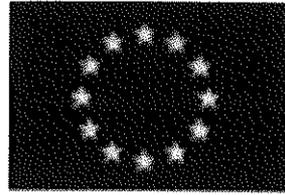
accesorios (cámaras, detectores XEDS,...) así como para el registro de la información en formato digital.

- 1.27 La configuración ofertada deberá permitir la salida de los datos registrados en formato digital (imágenes, espectros,...) hacia el exterior evitando una conexión directa de los ordenadores de control a la red.
- 1.28 El microscopio deberá permitir la realización de diagnósticos, dar soporte y realizar reparaciones de forma remota, a través de la red, por parte del personal técnico especializado de la casa suministradora, en vista a facilitar la resolución rápida de problemas técnicos y que se eviten, en la mayor medida de lo posible, desplazamientos de dichos técnicos al lugar de la instalación. Deberán incorporarse por tanto cuantos elementos de hardware o software sean necesarios para llevar a cabo de forma efectiva estas operaciones de diagnóstico remoto.
- 1.29 El suministro deberá incluir todos los elementos periféricos necesarios (circuitos cerrados de refrigeración, compresores,...) para que todo el sistema quede operativo en condiciones óptimas. El circuito cerrado de refrigeración deberá de garantizar un funcionamiento óptimo del equipo en todas sus condiciones de trabajo posibles y a los distintos potenciales de aceleración de trabajo, desde los más bajos, a los más altos y suministrarse con todos los elementos adicionales necesarios (válvulas manuales o electroválvulas, tubos y conexiones, controladores o medidores de caudal, monitorización de la temperatura, alarmas de control, sistemas de display de variables de operación en el habitáculo en el que está instalado el microscopio,...) para el conexionado óptimo al microscopio y monitorización de las variables de estado de funcionamiento del equipo. El montaje y conexionado de dicho sistema se incluirá en la oferta.
- 1.30 Deberán incluirse igualmente todos los elementos auxiliares que sean necesarios en su caso para llevar a cabo las operaciones básicas de mantenimiento del microscopio, en concreto las relacionadas con el movimiento del cañón de electrones (grúa, polipasto,...).
- 1.31 Deberá incluirse en el suministro un sistema de alimentación eléctrica estabilizada e ininterrumpida dimensionada al consumo de potencia característico del equipo suministrado.
- 1.32 En el caso de que pueda interactuarse con el microscopio a través de software (librerías de rutinas de control del microscopio) para el desarrollo de aplicaciones específicas, a medida, "desarrolladas en casa", deberán incluirse los paquetes de software necesarios para llevar a cabo este tipo de desarrollos.
- 1.33 La emisión del cañón de electrones deberá quedar garantizada durante, al menos, tres años.

## **SOBRE B**

**Mejoras a valorar** (los suministradores deberán proporcionar en la documentación de la oferta toda la información necesaria sobre los aspectos técnicos que se mencionan a continuación para que pueda hacerse una valoración adecuada):

- A. Mejoras en el cañón de electrones (hasta 8 puntos)** relacionadas, según orden de importancia, con: (i) menor dispersión en energías de la emisión; (ii) mayor brillo total de la emisión. Todas estas propiedades serían las medidas a un potencial de aceleración de 200 kV.
- B. Mejoras en el sistema analítico XEDS (hasta 7 puntos)** relacionadas, según orden de importancia, con:



- (i) mayor ángulo sólido total de colección de la señal XEDS; (ii) mayor valor de la relación pico/fondo en la señal Ni-K medida con muestra patrón estándar.
- C. Mejoras en Tomografía Analítica XEDS (hasta 7 puntos):** Este apartado se valorará SOLO si la oferta incluye al menos dos detectores, dado que sin esta configuración mínima resulta inviable técnicamente la realización de experimentos de tomografía analítica. Se considerarán en este caso, para establecer la puntuación, los siguientes aspectos, según orden de importancia: (i) inclusión en la oferta de software específico para automatización de experimentos de tomografía analítica XEDS, que permita integración con tomografía STEM en imagen con registro en varios detectores. Este software debe considerar la configuración geométrica de los detectores incorporados en el microscopio; (ii) inclusión en la oferta de un portamuestras específico y optimizado para tomografía analítica XEDS; (iii) inclusión en la oferta de software para el modo de trabajo "batch XEDS tomography", es decir programando series de experimentos consecutivos que puedan realizarse de forma totalmente automatizada.
- D. Mejoras en la cámara para imagen TEM (hasta 6 puntos)**, según orden de importancia: (i) mayor tamaño del sensor en pixels; (ii) mayor rango dinámico; (iii) mayor velocidad de captura de imagen a resolución de 2k x 2k.
- E. Detectores/Técnicas adicionales (hasta 6 puntos)**, según orden de importancia: (i) inclusión en la oferta de detectores de señales adicionales (p.e. detector de electrones secundarios o retrodispersos,...) o bien de técnicas adicionales (p.e. Integrated Differential Phase Contrast,...).
- F. Mejoras en Automatización (hasta 5 puntos)**, según orden de importancia: (i) automatización de la entrada del portamuestras; (ii) control piezoeléctrico en el eje Z; (iii) software para corrección automatizada de los desplazamientos de la muestra asociados a las inclinaciones del portamuestras en el eje Y (inclinaciones en  $\beta$ ); (iv) software para la indexación automatizada de patrones de difracción y control automatizado de inclinaciones en el espacio recíproco para desplazamientos automáticos a ejes de zona preseleccionados; (v) software para corrección automatizada de desenfoque/astigmatismo en modo STEM y que permita realizar automáticamente alineamiento libre de coma en modo STEM; (vi) software para adquisición automatizada de series de imágenes STEM con control de deriva.
- G. Mejoras en Tomografía en imagen TEM/STEM (hasta 4 puntos)**, según orden de importancia: (i) inclusión en la oferta de un portamuestras adicional específico para tomografía TEM/STEM. Se valorará además la capacidad máxima de inclinación de este portamuestras adicional así como su área máxima de visualización; (ii) inclusión en la oferta de software que permita realizar experimentos de tomografía TEM/STEM en modo "batch", es decir programando series de experimentos consecutivos que puedan realizarse de forma totalmente automatizada.
- H. Otras mejoras técnicas generales (hasta 4 puntos)**, según orden de importancia: (i) posibilidad de registro de imágenes STEM con tamaño 4k x 4k; (ii) columna que incorpore compensador de astigmatismo de tercer orden (3-fold stigmator); (iii) lente objetivo de potencia constante para mayor estabilidad en los cambios entre modos de trabajo TEM y STEM; (iv) ampliación del valor de magnificaciones máximas en TEM/STEM; (v) ampliación del intervalo de longitudes de cámara en experimentos de difracción; (vi) ampliación del intervalo de desplazamientos de la muestra en los ejes X, Y o Z; (vii) ampliación del rango de inclinaciones del portamuestras de doble inclinación o de la inclinación total con portamuestras de inclinación en un eje; (viii) mejora en la precisión del desplazamiento piezoeléctrico en los ejes X e Y.
- I. Mejoras en el sistema de vacío (hasta 2 puntos):** La oferta incluye un sistema de vacío libre de aceites (sin bombas difusoras), que ayude a minimizar los efectos de contaminación durante la observación.
- J. Otras mejoras a la oferta (hasta 1 punto):** se valorarán cualesquiera otras mejoras técnicas (hardware o software) del equipamiento que no se hayan contemplado de forma explícita en cualquiera de los puntos anteriores.



**SOBRE C**

**Criterios a valorar:** los especificados en el apartado K del Cuadro Resumen de Características del Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares.

**2. NÚMERO DE LOTES EN QUE SE DIVIDE EL CONTRATO (SI PROCEDE):** Único.

**3. UBICACIONES FÍSICAS DE DESTINO DEL MATERIAL:** El nuevo equipamiento será instalado en dependencias del Servicio Central de Investigación Científica y Tecnológica (División de Microscopía Electrónica) de la Universidad de Cádiz, con sede en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Cádiz. Campus Río San Pedro. 11510 – Puerto Real. Cádiz.

**4. DELIMITACIÓN DE LA MATERIA OBJETO DE NEGOCIACIÓN:** No procede.

**5. VARIANTES:** No se admiten.

**6. PRESUPUESTO DE LICITACIÓN.**

**6.1. IMPORTE MÁXIMO DEL CONTRATO, IVA EXCLUIDO:** 995.666,00 €.

**6.2. IMPORTE DEL IVA:** 209.089,86 €.

**6.3. IMPORTE MÁXIMO DEL CONTRATO, IVA INCLUIDO:** 1.204.755,86 €.

**6.4. PRECIOS UNITARIOS, SI PROCEDE:** No procede.

**7. PLAZO DE GARANTÍA MÍNIMO:** Todo el material suministrado deberá presentar un período de garantía de tres años a contar desde el momento de la firma del acta de recepción conforme del equipo. La ampliación del período de garantía será valorada conforme al cuadro de criterios de valoración. Los licitadores deberán manifestar de forma expresa en su oferta (incluyendo la documentación específica correspondiente en el apartado 8) que en el caso de averías de muy larga duración, cuya resolución por parte del suministrador se demore por encima de los 30 días, el período de garantía quedará automáticamente ampliado por el tiempo correspondiente al transcurrido entre el día 31 y el día de la puesta en servicio.

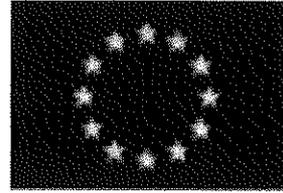
**8. PLAZO MÁXIMO DE ENTREGA / EJECUCION DEL CONTRATO:**

El plazo máximo de ejecución del contrato será de tres meses contados a partir de la formalización del mismo. Este plazo podrá ser ampliado por la Universidad de Cádiz si resulta necesario para la correcta ejecución del contrato.

**9. DOCUMENTACIÓN ESPECÍFICA A PRESENTAR POR LOS LICITADORES:**

Además de la documentación solicitada en el Anexo V "Documentación a incluir en el sobre B" del Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares que rige el presente contrato, deberá incorporarse la siguiente documentación:

- Documento de compromiso indicando que en el caso de averías de muy larga duración, cuya resolución por parte del suministrador se demore por encima de los 30 días, el período de garantía quedará automáticamente ampliado por el tiempo correspondiente al transcurrido entre el día 31 y el día de la puesta en servicio.



- Documento de compromiso indicando que durante el período de garantía se proporcionarán de forma gratuita las actualizaciones de todos los paquetes de software incluidos en la oferta.

#### 10. CONDICIONES DE ASISTENCIA TÉCNICA:

Una vez realizado el proceso de adjudicación, la entrega se efectuará en el plazo establecido por la convocatoria. El suministro implica tanto el transporte, los seguros, la entrega y la instalación y verificación del funcionamiento de los equipos y accesorios en el lugar que se designe para ello. La instalación será a cargo del suministrador, incluidos todos los accesorios necesarios. La instalación y verificación de cumplimiento de las especificaciones técnicas deberá llevarse a cabo por personal técnico especializado de la firma del fabricante del microscopio electrónico. Estos técnicos serán los responsables también de elaborar el correspondiente informe técnico de verificación de prestaciones, siguiendo los estándares aplicables a cada aspecto técnico.

Una vez que los equipos estén funcionando, la asistencia técnica debe estar garantizada en un plazo máximo de 48 horas, así como en caso necesario un servicio de préstamos de componentes del equipo para restablecer el normal funcionamiento en el menor tiempo posible. Dicho préstamo se prolongará hasta la reinstalación de los mismos una vez reparados.

Es requisito indispensable que el suministrador asuma el mantenimiento gratuito preventivo y correctivo durante el periodo de garantía. La empresa deberá acompañar en la oferta las propuestas de mantenimiento que considere oportunas a suscribir, eventualmente, una vez finalizado el período de garantía. Estas propuestas en todo caso no serán vinculantes para la UCA, aunque sí para la empresa en caso de que la UCA opte por su contratación. Dicho servicio será objeto de contratación independiente.

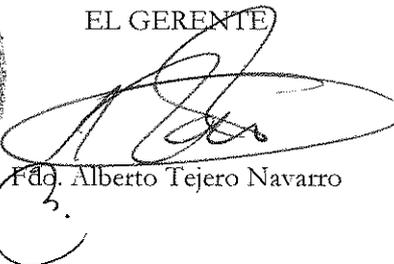
#### 11. ENTREGA DE BIENES COMO PARTE DEL PAGO DEL PRECIO DEL CONTRATO: No procede.

Aprobado en Cádiz, a 2 de marzo de 2017



EL RECTOR, por delegación de competencia,  
(Resolución de 20/04/2015, BOUCA núm. 184 de 30/04/2015)

EL GERENTE



Fdo. Alberto Tejero Navarro