

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN LA CONTRATACIÓN DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE UN EQUIPO DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE RAYOS X CON CAPACIDAD DE INSTALAR DISPOSITIVOS *IN SITU* Y TOMOGRAFÍA POR CONTRASTE DE DIFRACCIÓN A ADJUDICAR POR PROCEDIMIENTO NEGOCIADO POR EXCLUSIVIDAD SIN PUBLICIDAD

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Madrileño de Estudios Avanzados en Materiales (de aquí en adelante, Instituto IMDEA Materiales) es un instituto de excelencia en ciencia e ingeniería de materiales creado por la Comunidad de Madrid en coordinación con universidades, centros de investigación y empresas. Constituida como Fundación sin ánimo de lucro en noviembre de 2006 en el marco del IV Plan Regional de Investigación Científica e Innovación Tecnológica (PRICIT 2005-2008), su estructura y naturaleza jurídica están orientadas a ayudar a superar la distancia existente entre la investigación y la sociedad.

Para el normal funcionamiento y óptimo desarrollo de su actividad investigadora, se hace necesario disponer de equipamiento científico-técnico avanzado y de altas prestaciones para la caracterización e inspección de manera no destructiva de la microestructura interna de materiales. Es por ello que se requiere la adquisición de un equipo de tomografía de rayos X y tomografía por difracción (XCT+DCT). El equipo será de utilidad en un amplio campo de aplicaciones permitiendo la inspección con rayos X por contraste por absorción (radiografía y tomografía de rayos X), con cierto contraste de fase (Phase Contrast Tomography=PCT), y por contraste de difracción (lab-based DCT: aplicable a materiales cristalinos). El campo de aplicación del equipo es muy amplio, abarcando los materiales, geología, medicina, ingeniería, arte, etc. Mediante la utilización de dispositivos *in situ* también se puede tener acceso a la evolución de la microestructura en el tiempo cuando los materiales son sometidos a procesos de deformación, temperatura, infiltración, reacciones químicas, etc. (todos ellos posibles con celdas desarrolladas en IMDEA Materiales).

El presente pliego describe las condiciones técnicas de carácter obligatorio que tendrá que cumplir el contrato de suministro y montaje de dicho equipamiento. Aquellos licitadores cuyas ofertas no cumplan los requisitos obligatorios del presente pliego serán excluidos de la licitación.

2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO

El objeto de la contratación es la adquisición e instalación y puesta en funcionamiento de un equipo de XCT+DCT en el Instituto IMDEA Materiales, concretamente en el Laboratorio de Rayos X, de acuerdo con las prescripciones técnicas que figuran en el presente pliego. Se busca que este equipo de XCT+DCT sea un instrumento versátil para poder ser utilizado en el estudio no destructivo de materiales estructurales, funcionales, para energía, geológicos, etc. como así con aplicaciones muy diversas, como en ingeniería, arte, paleontología, etc., con el fin de determinar magnitudes microestructurales, analizar la defectología interna presente, la evolución de su microestructura, evaluar el comportamiento ante ensayos térmicos y/o mecánicos, así como investigar las características cristalográficas a nivel micrométrico. Es por ello que el tomógrafo debe incluir propuestas técnicas que permitan trabajar tanto con este amplio rango de aplicaciones, incluyendo la posibilidad de implementar técnicas tales como PCT y DCT, así como la capacidad del equipo para poder llevar a cabo diferentes tipos de ensayos *in situ*.

2.1. Fuente de rayos X:

La fuente de rayos X debe contar con un voltaje máximo de al menos 160kV y potencia de al menos 20W y debe ser de rápida activación. La estabilidad de la intensidad de radiación del tubo no debe variar en más de 20% durante una medida de 16h. La tensión del tubo debe ser variable en un rango de al menos 130kV (ΔkV), como así también la corriente del tubo para ajustar la potencia máxima del tubo. El tubo podrá ser de tipo abierto o cerrado. En el caso de ser de tipo abierto deberá contar con al menos dos blancos (*target*) de Wolframio y Molibdeno. En el caso de ser de tipo cerrado el blanco será de Wolframio. En el caso de necesitar el tubo refrigeración externa, se hará por medio de un circuito cerrado de enfriamiento.

Además, se requieren los siguientes valores de trabajo:

- Tensión de trabajo: **30 kV** como mínimo y **160 kV** como mínima tensión máxima.
- Potencia eléctrica del tubo de rayos ajustable. Potencia máxima: $\geq 20W$.
- Sistema **automático** de colocación de filtros.
- **Doce** (12) tipos diferentes de **filtros** para diferentes condiciones de trabajo.

2.2. Porta muestras:

- Capacidad de rotación de **360°**.
- Platina con **4** grados de libertad. Los movimientos posibles han de estar motorizados y el movimiento ha de ser de alta precisión.
- Valores mínimos de **límites** de movimiento en el eje X de **50 mm**, en el eje Y de **100 mm** y en el eje Z de **50 mm**.
- Peso máximo de muestra permitido de **25 kg**.
- Base de **granito** para eliminar vibraciones durante la medida.
- Entorno que sea **estable** térmicamente.
- Detector de **ruidos** de baja frecuencia.
- Sistemas **mecánicos** adicionales de estabilización.
- Sistema de **detección de colisión** mediante escaneado previo 3D de la muestra a evaluar y las distancias relativas alcanzadas por el conjunto tubo-muestra-objetivo.

2.3. Detector:

- Sistema de conversión fotónica por **centelleo** para cada objetivo.
- **Objetivo 0.4X** con cámara CCD 2kx2k píxeles de amplio campo de visión, alto contraste y baja resolución. El detector ha de tener un sistema de supresión de ruidos parásitos.
- **Objetivo 4X** de alto contraste y baja resolución, con modo para ampliar campo de visión.
- **Objetivo 20X** de alto contraste y ultra alta resolución.
- Capacidad para cambiar de manera **automática** de objetivo según los requerimientos de la medida.
- Panel **plano** de 6 megapíxeles (3072x1944) para poder medir muestras de gran tamaño y que sea compatible con el equipo sin mayores modificaciones.

2.4. Protección radiológica:

- **Caja de acero** segura de cuatro puertas.
- Enclavamiento **redundante**.
- Indicador de **temperatura**.
- **Luz** indicadora de control.
- Aviso **luminoso** de producción de rayos X.
- **Cámara** de 24" para controlar desde fuera la operación del sistema.
- Sistema de iluminación **interior**.

2.5. Versatilidad del equipo:

- Uso de **dos etapas de magnificación** de la imagen para que la resolución durante la medida no sea un parámetro dependiente del tamaño de la muestra a evaluar:
 - una mediante el haz cónico de rayos X y
 - otra mediante un sistema de centelleo que convierta el fotón X en fotón luminoso y el uso de óptica compleja (mediante un sistema de objetivos intercambiables) para magnificar aún más la imagen antes de la llegada del detector.
- Resolución espacial máxima de **0.5 μm** .
- Resolución alcanzable, a una separación tubo-objetivo de 50 mm, de **1.0 μm** .
- Máximo vóxel posible de **40 nm**.
- Capacidad de aumentar el contraste por absorción mediante medidas a dos energías distintas. Uso en materiales de bajo coeficiente de absorción de rayos X o materiales con coeficientes muy similares.
- Posibilidad de incrementar el **alcance lateral** durante la tomografía usando objetivos de 0.4X y 4X aumentos.
- Capacidad automatizar **múltiples tomografías verticales** de muestras alargadas y que tras la reconstrucción de todas ellas sea posible unificarlas sin superposición (y sin regiones no escaneadas) en un único archivo.
- Posibilidad de tomografiar objetos con alta **relación de aspecto**, es decir, la posibilidad de no equiespaciarse las proyecciones cuando se analizan muestras planas, reduciendo su número en las regiones de mayor superficie y aumentando su número cuando se analiza la zona de bordes.
- Capacidad de hacer análisis preliminares para identificar zonas de interés y medirlas de manera detallada.
- Tamaño de vóxel ajustable según las necesidades.
- Posibilidad de medir muestras de geometrías complejas.

2.6. Interfaz de adquisición:

- **Monitor** LCD conectado al tomógrafo en modo consola con diseño ergonómico.
- **Software de adquisición** actualizado con capacidad de llevar a cabo todas las actuaciones de versatilidad previamente descritas.

2.7. Estación de trabajo:

- Capacidad de **conexión por red** con el ordenador de adquisición.
- Sistema operativo **Windows 10 u 11** de 64 bits.
- CPU dual de 10 núcleos y **512 Gb de RAM**.
- Capacidad de almacenamiento de al menos 8TB.
- **GPU** dual de 3ª clase.
- **Monitor** de 30".
- **Software de reconstrucción** de imagen basado en GPU.
- **Software de reconstrucción** iterativo con algoritmos optimizados basados en IA para acelerar los tiempos de reconstrucción al hasta 10 veces más rápido que con los algoritmos tradicionales. Capacidad de mejora de imagen mediante técnicas de filtrado.
- Capacidad de instalación de diferentes programas dedicados a la visualización, manipulación y segmentación de los volúmenes generados (XMReconstructor, con motor DeepRecon Pro, Scout-and-scan -2 licencias-, XM3D Viewer -2 licencias-, XRM data explorer).

2.8. Opción para medición de muestras *in situ* durante ensayos térmicos/mecánicos

- El equipo debe incluir la posibilidad de llevar a cabo mediciones de muestras durante ensayos de tipo mecánico y/o térmico, es decir, debe contar con suficiente espacio interior entre tubo y óptica para colocar aparatos diseñados en el Instituto IMDEA Materiales que permitan, por ejemplo, calentar la muestra y medirla a varias temperaturas controladas. Evidentemente, el interior del tomógrafo y la disposición de elementos internos debe permitir la rotación completa del aparato.
- Para controlar el sistema *in situ* es necesario que el tomógrafo disponga de aberturas con canalización en modo **laberíntico** para poder pasar cableado desde el interior del recinto hasta el exterior evitando la fuga de radiación.
- Existencia de un **deflector** lateral blanco.
- Las modificaciones en la estructura del tomógrafo han de ser compatibles con las capacidades de medición y magnificación en dos etapas que debe contar el equipo.

2.9. Disponibilidad de llevar a cabo mediciones de Tomografía Computarizada por Contraste de Difracción de Rayos X (DCT):

- Capacidad del equipo para implementar el análisis de **granos cristalográficos** en tres dimensiones (LabDCT Pro).
- Para llevar a cabo esta técnica se deberán proveer **elementos hardware**, tales como aperturas, cazoletas de eliminación del rayo directo y un detector optimizado dedicado a identificar haces difractados por planos cristalográficos.
- Disponibilidad de software que sea capaz de cuantificar la información captada durante el análisis: reconstructor de granos cristalográficos y visualizador. Versiones actuales de (GrainMapper3D con licencia para DCT-4X y FPX).
- Modos de adquisición tipo helicoidal para DCT con alta relación de aspecto (Helical Phyllotaxis HART Lab DCT), esquemas optimizados para adquisición de muestras planas, modos de escaneos de proyección, Laue y avanzados, etc.
- La estación de trabajo ha de ser capaz de soportar esta implementación.

3. PLAN DE FORMACIÓN

Las empresas licitadoras tendrán que incluir obligatoriamente en sus ofertas un **plan de formación presencial** que cubra al menos **3 días**, para el personal del Instituto IMDEA Materiales que incluya una extensa capacitación sobre el manejo, mantenimiento del equipo, puesta a punto, modos de medida, tratamiento de datos, aplicaciones, entre otros, que será impartido por parte de la empresa adjudicataria.

Además, teniendo en cuenta la complejidad de la técnica DCT que se desea implementar en el equipo, deberá existir también una formación extra que abarque exclusivamente los aspectos esenciales de la técnica en cuestión.

4. PLAN DE GARANTÍA Y MANTENIMIENTO OBLIGATORIO DURANTE EL PERÍODO DE GARANTÍA

El equipo dispondrá de un **plazo de garantía de al menos 1 año** a contar desde la fecha de firma del acta de recepción o superior, en caso de que el licitador oferte un incremento del plazo de garantía. En cualquier caso, la garantía debe cubrir el microscopio y todos sus componentes, accesorios y elementos auxiliares que se suministren con el mismo.

Durante el periodo de garantía las empresas licitadoras deben incluir, sin coste adicional para el Instituto, un plan de mantenimiento del equipo de tomografía que permita garantizar su correcto funcionamiento. En este plan de mantenimiento los licitadores deberán detallar específicamente las operaciones de mantenimiento previstas, así como el número de visitas preventivas y los fungibles y piezas incluidos.

Los licitadores deberán disponer de un servicio técnico especializado que, además de encargarse del plan de mantenimiento básico del equipo, atienda las posibles incidencias o averías que puedan surgir durante el periodo de garantía. El tiempo de respuesta de dicho servicio técnico deberá ser inferior a 24 horas desde la comunicación de la incidencia por parte del Instituto. Si para la resolución de las incidencias o averías fuera necesario el desplazamiento de personal técnico especializado de la empresa al lugar donde se encuentra instalado el equipo, el tiempo de respuesta en este caso deberá ser inferior a 6 días hábiles.

5. PLAZO Y LUGAR DE ENTREGA, MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA

La entrega, montaje y puesta en marcha del equipo objeto del presente contrato se realizará en un plazo máximo de **24 semanas** a contar desde la fecha de firma del contrato.

El lugar de entrega ha de ser en las instalaciones del Instituto IMDEA Materiales, sito en C/ Eric Kandel, número 2, en el Parque Científico y Tecnológico de Tecnetafe (Getafe, Madrid).

Al finalizar todos los trabajos de montaje y puesta en marcha (actividades que han de llevarse a cabo con la presencia de personal del Instituto IMDEA Materiales) las partes firmarán la correspondiente acta de recepción. Los costes del transporte, aduanas, tasas o cualquier otro importe derivado de estas operaciones serán por cuenta de la empresa adjudicataria. El adjudicatario deberá encargarse de la retirada de los restos de embalaje y del instrumental dentro de los plazos anteriormente señalados.

6. REPUESTOS Y SERVICIO POSTVENTA

El Instituto tendrá derecho a un adecuado servicio técnico y a la existencia de repuestos originales, este derecho se extiende hasta 10 años a partir de la fecha en que el producto deje de fabricarse. La empresa adjudicataria garantizará al Instituto el cumplimiento de las condiciones indicadas.