

# **PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN LA CONTRATACIÓN DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UN EQUIPO DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE RAYOS X CON TUBO DE ALTA POTENCIA Y RESOLUCIÓN MICROMÉTRICA A ADJUDICAR POR PROCEDIMIENTO ABIERTO CON PLURALIDAD DE CRITERIOS**

**REF.: 02/2026**

## **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 brecha existente entre la investigación y la sociedad.

Para el normal funcionamiento y el óptimo desarrollo de su actividad investigadora, es necesario disponer de equipamiento científico-técnico avanzado y de altas prestaciones para la caracterización e inspección no destructiva de la microestructura interna de materiales. Por ello, se requiere la adquisición de un equipo de tomografía de rayos X de alta potencia. El equipo será de utilidad en un amplio campo de aplicaciones, permitiendo la inspección con rayos X mediante contraste por absorción (radiografía y tomografía de rayos X), y puede operar con resoluciones micrométricas, utilizando una energía de fotones que abarque un amplio rango. 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 y que pueden ser adaptadas a diferentes sincrotrones).

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 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 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. Por lo tanto, el tomógrafo debe incluir propuestas técnicas que permitan trabajar tanto con este amplio rango de aplicaciones, así como la capacidad del equipo para poder llevar a cabo diferentes tipos de ensayos *in situ*.

### **2.1. Fuente de rayos X:**

El sistema de tomografía deberá permitir cubrir un amplio rango de energías y resoluciones espaciales, equivalente al proporcionado por sistemas con doble fuente de rayos X (por ejemplo, configuraciones microfoco y nanofoco), mediante uno o varios tubos de rayos X o tecnologías equivalentes.

A tal efecto, el sistema deberá ser capaz de operar en al menos dos rangos diferenciados de energía y resolución:

- Un rango de alta energía, con voltaje máximo de al menos 225 kV (idealmente 240 kV), orientado a la inspección de muestras de mayor tamaño o densidad, con una resolución límite de 4  $\mu\text{m}$  o menor.
- Un rango de menor energía, con voltaje máximo de al menos 160 kV (idealmente 180 kV), orientado a adquisiciones de alta resolución, con una resolución límite de 1  $\mu\text{m}$  o menor.

En caso de que el sistema disponga de dos tubos de rayos X, estos deberán cumplir:

- Potencia máxima del tubo de alta energía:  $\geq 200 \text{ W}$ .
- Potencia máxima del tubo de menor energía:  $\geq 20 \text{ W}$ .

En configuraciones alternativas (por ejemplo, sistemas de un solo tubo o tecnologías equivalentes), el licitador deberá demostrar que el sistema permite alcanzar prestaciones equivalentes en términos de resolución espacial y capacidad de penetración.

El licitador deberá especificar el tamaño de foco (spot size) del tubo de rayos X en función de las condiciones de operación (voltaje y potencia), indicando su variación en el rango completo de trabajo del equipo. Se valorará positivamente un menor tamaño de foco a altas potencias, así como la estabilidad del mismo durante adquisiciones prolongadas.

Los tubos deberán ser de rápida activación, incluyendo procesos automáticos de calentamiento de filamento, centrado del haz, focalización del haz de electrones y comprobación del estado del blanco.

La estabilidad de la intensidad de radiación no deberá variar en más del 20% durante una medida continua de 16 horas.

La tensión mínima de operación del rango de menor energía deberá situarse entre 30 y 40 kV.

El tubo podrá ser de tipo abierto o cerrado:

- En caso de tubo abierto, deberá contar con al menos un blanco (target) de wolframio, valorándose positivamente la posibilidad de utilizar blancos adicionales de molibdeno.
- En caso de tubo cerrado, el blanco será de wolframio.

En caso de requerirse refrigeración externa, esta deberá realizarse mediante un circuito cerrado.

Además, se requieren los siguientes valores de trabajo:

- Tensión de trabajo (rango de baja energía): mínimo 30–40 kV y máximo  $\geq 160 \text{ kV}$ .
- Tensión de trabajo (rango de alta energía): mínimo 30–40 kV y máximo  $\geq 225 \text{ kV}$ .
- Potencia eléctrica ajustable, con valores máximos de referencia de  $\geq 20 \text{ W}$  (baja energía) y  $\geq 200 \text{ W}$  (alta energía), o equivalentes funcionales en otras configuraciones.

Se valorará positivamente la disponibilidad de sistemas automáticos de colocación de filtros, con al menos 6 posiciones.

## 2.2. Porta muestras:

- Base estructural con alta estabilidad mecánica y baja susceptibilidad a vibraciones. En caso de no emplear base de granito, el licitador deberá demostrar prestaciones equivalentes en términos de estabilidad y resolución alcanzable.
- Capacidad de rotación de **360°**.
- El manipulador tendrá como mínimo **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 (desplazamiento lateral de la platina de rotación) de **300 mm**, en el eje Y (desplazamiento vertical de la platina de rotación) de **400 mm** y en el eje Z (desplazamiento de la muestra a lo largo del eje del zoom) de **600 mm**.
- Peso máximo de muestra permitido de **≥10 kg**.
- Tamaño de muestra máximo al menos de **300 mm de diámetro y 500 mm de longitud**.
- Se valorará si existen sistemas **mecánicos** adicionales de estabilización.
- Se valorará si existen sistema de **detección de colisión**.

## 2.3. Detector:

- Panel **plano** de mínimo 2048 x 2048 pixels de alta sensibilidad para poder medir muestras de gran tamaño.
- Se valorará positivamente la disponibilidad de detectores alternativos con menor tamaño de píxel para adquisiciones de alta resolución.
- Tamaño máximo del **píxel** del detector de 150  $\mu\text{m}$  (se valorará positivamente un tamaño de píxel menor).
- Capacidad de escaneo de al menos **3 fps** a campo de visión completo. El licitador deberá especificar las velocidades de adquisición en distintas configuraciones de trabajo (por ejemplo: diferentes modos de binning, reducción de campo de visión, condiciones de exposición, etc.), indicando claramente las condiciones bajo las cuales se alcanzan dichos valores.
- Rango dinámico para escalas de grises no inferior a 12 bits.
- Capacidad de **magnificación geométrica** mediante ajuste de la posición relativa entre fuente, muestra y detector (geometría FOD/FDD).
- El sistema deberá permitir la optimización de la geometría de adquisición mediante el ajuste de las distancias fuente-muestra (FOD) y muestra-detector (FDD), con el objetivo de maximizar la relación señal/ruido, minimizar el efecto de la radiación dispersa (scatter) y reducir artefactos de reconstrucción. Esta optimización deberá poder realizarse mediante el movimiento de la muestra, del detector, o mediante soluciones técnicas equivalentes debidamente justificadas por el licitador.
- La geometría del sistema deberá permitir alcanzar configuraciones de alta magnificación compatibles con resoluciones submicrométricas. A tal efecto, el sistema deberá permitir una distancia reducida entre la fuente de rayos X y la muestra (FOD), adecuada para adquisiciones de alta resolución, así como configuraciones de mayor distancia para muestras de mayor tamaño o densidad. El licitador deberá especificar las distancias mínimas y máximas alcanzables entre fuente y muestra para cada configuración del sistema, así como su impacto en la resolución espacial y condiciones de adquisición. Se valorarán positivamente configuraciones que permitan distancias fuente-muestra reducidas, del orden de submilimétricas para configuraciones de alta resolución, y de varios milímetros para configuraciones de alta energía, o soluciones técnicas equivalentes que permitan alcanzar prestaciones comparables.
- Se valorará positivamente la posibilidad de movimiento motorizado del detector en la dirección del eje fuente-detector, así como en direcciones perpendiculares, permitiendo la optimización de la

adquisición y la implementación de técnicas avanzadas (por ejemplo, ampliación del campo de visión, corrección de píxeles defectuosos, o estrategias de reducción de artefactos).

- Ajuste de **tiempo** de adquisición: de milisegundos a decenas de segundos.
- Capacidad de cambio de **binning**.

#### 2.4. Protección radiológica:

- **Caja de acero** segura con respecto a rayos X.
- Enclavamiento **redundante**.
- Se valorará positivamente indicador de **temperatura** y sistema de estabilización térmica tanto de la cabina como del detector.
- **Luz** indicadora de control.
- Aviso **luminoso** de producción de rayos X.
- Sistema de iluminación interior.
- Conexión laberíntica con capacidad de insertar al menos 5 cables tipo Ethernet/UTP o 3 tubos neumáticos de tamaño similar.
- Posibilidad de instalación de dispositivos in situ desarrollados en el Instituto IMDEA Materiales, su correcto funcionamiento y la posibilidad de rotación solidaria con la muestra, evitando todo tipo de colisión.
- Capacidad para ser compatible con actualizaciones posteriores del equipo para reducir el riesgo de depreciación.

#### 2.5. Versatilidad del equipo:

- Tubo abierto o cerrado de generación de rayos X a partir de reflexión o transmisión. Si dispone de un solo target deberá ser de wolframio. Si es posible cambiar de target, molibdeno puede ser una opción.
- El sistema deberá ser coherente con los rangos de energía definidos en el **apartado 2.1** y de geometría definidos en el apartado 2.3, permitiendo cubrir diferentes escalas de resolución.
- El tamaño de vóxel deberá ser ajustable en función de la geometría de adquisición y las necesidades experimentales.
- La resolución espacial del sistema deberá ser demostrable mediante phantom o patrón de referencia, debiendo el licitador especificar el método de medida empleado (por ejemplo, MTF, line pairs u otros estándares reconocidos).
- El licitador deberá indicar claramente la relación entre el tamaño de vóxel y la resolución espacial alcanzable, así como las condiciones de medida (geometría, potencia, filtrado, etc.) bajo las cuales se obtienen dichas prestaciones.
- Posibilidad de incrementar el **alcance lateral** durante la tomografía mediante movimiento del detector o de la muestra.
- Capacidad de 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 escaneo **helicoidal** en medidas verticales.
- Se valorará positivamente la 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.
- Se valorará positivamente que el equipo incorpore estrategias de escaneado avanzadas que puedan incluir escaneos a múltiples escalas enfocando en zona de interés sin perder la posición, escaneo

con giro menor a 360° para muestras de gran tamaño, estrategias para reducción de artefactos, reducción de otro tipos de artefactos (*striking, metallic, etc*), escaneos rápidos, etc.

- Posibilidad de medir muestras de geometrías complejas y multimaterial (corrección de artefactos metálicos).

## 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.
- **Software de adquisición** que pueda adquirir proyecciones bajo varias condiciones y capacidad de tomar referencias (dark, flat) de manera automática. También puede permitir el ajuste de parámetros de trabajo del tubo (con capacidad de cambio de tubo). Control y monitoreo de parámetros de adquisición y movimiento micrométrico de los ejes.
- Posibilidad de instalación de módulos que mejoren la adquisición de volúmenes:
  - Módulo de calibración geométrica del centro de rotación, debe considerar elementos de corrección de movimiento indeseado de la muestra, así como consideración de los efectos provocados por deriva térmica
  - Módulo para la corrección del beam hardening
  - Módulo para la eliminación de artefactos de anillo
  - Módulo para la eliminación automática de la zona de aire que rodea la muestra
  - Módulo para el análisis y procesamiento del volumen reconstruido
  - Módulo de movimiento aleatorio del detector para eliminar los artefactos inducidos por píxeles muertos y/o calientes
  - Módulo para realizar varias medidas de la muestra a diferentes alturas para cubrir largos valores. Dicho módulo debe implementar de manera automática el ajuste de niveles de grises (brillo y contraste) de volúmenes y su concatenación.
  - Módulo para poder medir muestras de manera sectorial donde no es posible una rotación completa
  - Módulo para realizar medidas rápidas, adquiriendo proyecciones de manera continua y no paso a paso
  - Módulo para medir de forma helicoidal muestras de gran altura: ir moviendo el eje vertical a la vez que la muestra rota durante la adquisición
  - Módulo que permita rotar el objeto lejos del centro del detector para aumentar de manera horizontal el campo de visión
- Se valorará positivamente la capacidad de scripting o automatización avanzada (API, Python, etc.).

## 2.7. Estación de trabajo:

- Capacidad de **conexión por red** con el ordenador de adquisición.
- Sistema operativo **Windows11** de 64 bits.
- CPU dual de **mínimo 10 núcleos y 256 Gb de RAM**.
- Capacidad de almacenamiento de al menos **8TB**.
- **GPU** dual de 3ª clase.
- **Monitor** de mínimo 27".
- **Software de reconstrucción** de imagen.
- **Software de reconstrucción** avanzado con aceleración del proceso basado en el uso de GPU.

## 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 aparejo.
- 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.
- Se deberá especificar el volumen útil libre real para la instalación de dispositivos *in situ*, así como la distancia mínima entre fuente, muestra y detector en configuración operativa

### 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.

### 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 tomógrafo y todos sus componentes, accesorios y elementos auxiliares que se suministren con el mismo, corrección de averías y sustitución de componentes defectuosos sin coste adicional, incluyendo todas las piezas, materiales y mano de obra necesarios para la restitución del correcto funcionamiento del equipo.

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 y disponibilidad. Dicho plan deberá detallar de forma explícita:

- Las operaciones de mantenimiento preventivo incluidas (revisión de sistemas mecánicos, fuente de rayos X, detector, electrónica, sistemas de refrigeración, calibraciones, etc.).
- La periodicidad de dichas operaciones, incluyendo un mínimo de una (1) visita preventiva anual.
- Los tiempos máximos de intervención para cada tipo de actuación.
- La relación completa de fungibles y piezas incluidos.
- La cobertura de mano de obra, desplazamientos y costes asociados.

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 **12 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 Tecogetafe (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.

Asimismo, los licitadores deberán proporcionar información detallada sobre las distintas modalidades de mantenimiento disponibles una vez finalizado el periodo de garantía.

Esta información deberá incluir, al menos:

- Tipos de contratos de mantenimiento ofrecidos (preventivo, correctivo, todo incluido, etc.).
- Cobertura de cada modalidad (incluyendo piezas, mano de obra, desplazamientos y componentes críticos).
- Costes anuales estimados de cada modalidad.
- Condiciones de renovación y duración mínima de los contratos.
- Tiempos de respuesta asociados a cada modalidad.

Esta información no será vinculante a efectos contractuales en esta licitación, pero será considerada para la evaluación técnica de las ofertas. Se valorará positivamente la estabilidad de costes de mantenimiento a largo plazo.