

## PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS DEL SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE RAMAN IMAGING INTEGRADO CON UN MICROSCOPIO DE FUERZAS ATÓMICAS.

- **Descripción del equipamiento solicitado.**

### 1. Microscopio y sistema de barrido

- Microscopio confocal con un sistema de iluminación por reflexión de luz blanca.
- Mesa piezo-eléctrica con un rango de exploración continua de, como mínimo, 100 micrómetros en las direcciones X e Y, y 20 micrómetros, como mínimo, en la dirección Z, con una precisión de posicionamiento mejor que 2 nanómetros en X e Y, y 1 nanómetro en dirección Z.
- Mesa motorizada con rango de trabajo de 50 milímetros en X e Y y una reproducibilidad de posicionamiento superior a 500 nanómetros.
- Sistema motorizado en Z con aproximación de descenso automático, rango de trabajo de 30 milímetros y tamaño de paso único de 10nm de resolución.
- Salida de la Raman generada desde el microscopio a través de fibra óptica.
- Sistema motorizado de Iluminación Köhler con fuente de luz blanca LED.
- Cámara digital de visualización de alta calidad a color (5 Mpx o superior)
- Sistema de autofocus dinámico a tiempo real independiente de los láseres Raman en intensidad y longitud de onda.
- Autofocus dinámico a través de adquisición de la imagen topográfica de la muestra simultáneamente a la adquisición de la imagen Raman.
- Capacidad de recopilar espectros Raman de superficies ásperas e irregulares durante el mapeo, la expansión térmica, la contracción térmica y los cambios de fase.
- Sistema de mesa de aislamiento activo anti-vibraciones.
- Mesa/soporte diseñado para darle aún más estabilidad al equipo
- Al menos 6 objetivos de los cuales:
  - Un 10x, con 0.25 de apertura numérica (NA), de larga distancia de trabajo al menos 9mm y semi-apocromático.
  - Un 20x, con 0.5 de apertura numérica (NA), semi-apocromático.
  - Un 50x, con 0.8 de apertura numérica (NA), semi-apocromático.
  - Un 100x, con 0.9 de apertura numérica (NA) y semi-apocromático.
  - Un 20x, con 0.4 de apertura numérica (NA) para medidas de AFM en seco y medidas de Raman en imágenes.
  - Un objetivo de inmersión en agua 20x con 0.5 de NA para medidas de AFM en líquido y Raman en imágenes.

- n. Área de colección de la señal Raman al límite de difracción garantizada a través de fibra de cristal fotónico (de inglés “PCF”).
- o. Resolución lateral de la imagen Raman de, como mínimo 330nm en X y Y y confocalidad (resolución en Z) de, como mínimo 950nm usando láser de 532nm y objetivo de 100x con apertura numérica de 0.9 en muestra de grafeno/grafito.
- p. Módulo de polarización para cambiar el ángulo de polarización de excitación en la muestra y módulo de polarización de análisis de la señal Raman, para filtrar la que tenga un ángulo de polarización determinado. Y de esta manera poder realizar medidas de polarización cruzada o paralela.
- q. Dispositivo para desplazamiento controlado de la muestra para realizar mapeo Raman que debe incluir pletina motorizada, eje Z motorizado, controlador, joystick.

## 2. Láseres

- a. Los láseres proporcionados con este equipo tienen que ser de calidad suficiente como para tomar espectros Raman, con un ancho de línea menor a aproximadamente 1 nm, pequeña divergencia angular y una potencia estabilizada. Además, deben tener una potencia superior a los 30 mW y permitir adquirir medidas de baja frecuencia ( $250 \text{ cm}^{-1}$ ).
- b. Se deben incluir todos los elementos ópticos necesarios para su conexión con el microscopio (lentes, fibras, adaptadores, etc.) así como para su uso en Raman (filtros y polarizadores)
- c. El acoplamiento óptico de cada láser al microscopio deberá ser a través de fibra óptica monomodo.
- d. Kit de láseres en estado sólido con las siguientes características mínimas:
  - i. 532nm de longitud de onda de diodo y potencia a la salida del láser de al menos 30mW.
  - ii. 785nm de longitud de onda de diodo con potencia a la salida del láser de al menos 125mW.
  - iii. Deben permitir adquirir medidas de bajas frecuencias ( $250 \text{ cm}^{-1}$ ).
- e. La potencia de los láseres se podrá ajustar directamente vía software con un paso de presión de 100 microvatios en todo su rango de trabajo, sin desestabilización del cabezal del láser (es decir sin cambios del voltaje y corriente del láser) y de forma continua leyendo directamente la potencia del láser sin necesidad del uso de un potenciómetro externo. Sin uso de filtros grises ni limitado a posiciones fijas de potencia.

## 3. Espectrómetro y detectores:

- a. El sistema de detección debe tener alta sensibilidad en todo el espectro de operación de los láseres especificados.

- b. El/los detector/es CCDs deben tener una eficiencia cuántica mayor que el 90% a 532nm y 785nm.
- c. Todos los CCDs deben ser refrigerados por Peltier.
- d. Espectrómetros libres de aberraciones en imágenes para minimizar distorsiones (coma/astigmatismo). Por lo tanto, el/los espectrómetro/s deben ser basados en lentes y no en espejos para asegurar la calidad, una alta eficiencia en todo el rango espectral de trabajo de 400-950nm y alta simetría de banda.
- e. El sistema en combinación con todos sus espectrómetros de tener un total de al menos 4 redes de difracción, optimizadas para el rango espectral de trabajo. El cambio de una red a otra debe poder realizarse a través del software y ser ampliable en el futuro a dos redes adicionales sin tener que retirar del espectrómetro/s las ya existentes.
- f. Incluye calibrado del espectrómetro de manera sencilla y precisa usando lámpara de calibrado de emisión atómica de Argón-Mercurio integrada en el camino óptico del microscopio. La operación de calibración será realizada por el software de forma automática. Se calibrará todo el rango espectral Raman de trabajo usando más 5 longitudes de onda distintas en varias posiciones de las redes de difracción.
- g. Con al menos alguna combinación de redes y láseres se debe tener una resolución espectral de, como mínimo-1  $\text{cm}^{-1}/\text{pixel}$ .
- h. Al menos uno de los detectores tiene que poder medir a una velocidad de 130 espectros por segundo o mayor.
- i. Entrada de la señal Raman al espectrómetro por fibra óptica.

#### 4. Microscopio de fuerza atómica (AFM).

- a. Dispondrá de los siguientes modos de operación: contacto intermitente por resonancia, contacto y fuerza lateral.
- b. Módulo para medidas de AFM en medio líquido.
- c. Módulo de medición en contacto intermitente no resonante para medir propiedades mecánicas de la muestra como adhesión y rigidez entre otros.
- d. Adquisición de curvas de Fuerza de *Distancia*
- e. Se podrá medir simultáneamente AFM y Raman en imágenes usando el mismo ordenador y software.
- f. Sistema de aislamiento activo de vibraciones.
- g. Se incluirá al menos 50 de puntas de AFM.

#### 5. Automatizaciones motorizadas y controladas vía software único de operaciones.

- a. Cambio de modo de medición Raman a modo de visualización de la muestra a través de la cámara de video activándose el obturador del láser para evitar calentamiento de la muestra al finalizar la medida.

- b. Revolver de microscopio motorizado para la selección de objetivos con compensación de posicionamiento en X, Y y Z entre objetivos.
- c. Optimización de la señal Raman al espectrómetro (alineamiento).
- d. Control de la potencia de los láseres de modo continuo y control de obturador del láser.
- e. Iluminación Köhler con control motorizado de los diafragmas de campo y apertura.

## 6. Software.

- a. El control del equipo para todas las medidas, tanto de AFM como Raman se harán a través de un único software y ordenador.
- b. Software de control del equipo para generar medidas Raman en 2D y 3D y perfiles de profundidad, espectros sencillos y líneas.
- c. Posibilidad de generar una imagen de la muestra de áreas de hasta varios centímetros por unión de otras imágenes más pequeñas y posibilidad de utilizar esta imagen más grande para marcar la zona a registrar.
- d. Poder instalar el software de procesamiento de datos en número ilimitado de ordenadores.
- e. Herramientas estadísticas como k-means, PCA y NM
- f. Algoritmos múltiples para sustracción de fondo o línea base del espectro de forma manual y automática. Ajuste de la curva (Fitting) basado en diferentes tipos de funciones teóricas.
- g. Exportación de datos en al menos los siguientes formatos: ASCII, TXT, SPC, binario y para Matlab.
- h. Asignación y etiquetado del posicionamiento de las bandas de forma automática.
- i. Posibilidad de superposición en 3D de la imagen de video o Raman con la topográfica de AFM o perfilómetro óptico. O cualquier combinación entre ellas en 3D ó 2D según dimensionalidad.
- j. Posibilidad de que el servicio técnico pueda conectarse por control remoto para el chequeo de microscopio y software.
- k. Licencias ilimitadas (en los ordenadores del centro) del software propietario para el procesamiento de los datos.

## 7. Ordenador.

- a. Ordenador para el control del equipo, adquisición y procesamiento de datos del microscopio con al menos las siguientes características:
  - i. Intel i5-9400K CPU, o equivalente, o superior.
  - ii. 16 GB RAM
  - iii. 500 GB SSD + 1000 GB HDD
  - iv. Teclado y ratón
  - v. Windows 10 Pro 64bit
  - vi. Monitor 27" LCD con 2560 x 1440 pixeles

vii. Mando para el manejo del equipo ergonómico

**8. Ampliaciones futuras.**

El sistema ha de poder ser ampliable a otros láseres y técnicas como SNOM.

• **Instalación.**

El adjudicatario será responsable del transporte, instalación y puesta en funcionamiento de los equipos en el emplazamiento designado por la Universidad, incluyendo pruebas funcionales de puesta en marcha, que aseguren el correcto funcionamiento del equipo y accesorios.

• **Garantía del equipo.**

La garantía del equipo será ilimitada y gratuita por 2 años contados desde la recepción de conformidad. Esta garantía incluirá la sustitución del equipo o reparación, según proceda, desplazamientos del personal técnico o traslado del equipo a fábrica, mano de obra, piezas de repuesto y elementos necesarios para pruebas de funcionamiento (exceptuando el suministro eléctrico, en caso de reparación del equipo in situ). Incluirá, también, el mantenimiento preventivo, en concreto las tareas de revisión del equipo y sustitución de piezas, de acuerdo con los protocolos del fabricante del equipo, incluyendo desplazamientos, mano de obra y piezas.

• **Asistencia Técnica.**

Con el objetivo de asegurar la disponibilidad del equipo en nuestra la universidad la empresa adjudicataria tendrá que asegurar asistencia técnica para el mismo por al menos 10 años contados a partir del fin de la garantía del equipo (2 años). Este servicio de asistencia debe incluir el suministro de todas las piezas de repuesto que se necesiten y atención telefónica y/o presencial, si es necesaria, de técnicos especializados en el equipo y softwares proporcionados por la empresa en esta compra.

• **Plazo para responder a una avería.**

La asistencia técnica o la garantía del equipo, descritas anteriormente, deben comenzar dentro de las 72 h siguientes a la comunicación de la avería a la empresa adjudicataria.

• **Curso de Formación.**

La empresa adjudicataria deberá impartir un curso de formación para el manejo del equipo y sus aplicaciones. Los gastos derivados de la impartición del curso irán por cuenta de la empresa suministradora. Este curso se impartirá en la Universidad de Alcalá en los 15 días siguientes a la puesta en marcha del equipo para un grupo de 10- 12 personas, de 8 horas de duración e incluyendo en su

contenido: encendido del equipo, manejo del software, operación en los distintos modos disponibles, toma de imágenes Raman, toma de imágenes de AFM, reemplazo de las puntas de AFM.

- **Invitación a curso extra organizado por el fabricante.**

Para poder participar en el curso de formación extra organizado por el fabricante la empresa adjudicataria deberá enviar la invitación al menos 15 días antes del comienzo del mismo y deberá ser para al menos 10 investigadores o técnicos de la Universidad de Alcalá.

- **Otros documentos o Documentación técnica.**

La empresa contratista, en el momento de la entrega del equipo, deberá presentar, en castellano, la documentación técnica aportada por el fabricante respecto del equipo suministrado, debidamente firmada por el representante de la empresa.

- **Prevención de riesgos laborales y coordinación de actividades empresariales.**

Tanto el contratista como las empresas subcontratadas o trabajadores autónomos contratados por ésta cumplirán en el desarrollo de sus funciones con los requisitos legales que marca la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y con el R.D 171/2004, de coordinación de actividades empresariales, en cada caso.

La empresa contratista informará con suficiente antelación al Servicio de Prevención de la Universidad ([servicio.prevencion@uah.es](mailto:servicio.prevencion@uah.es)) cada vez que subcontrate trabajos a realizar en la propia Universidad, con otra empresa o trabajador autónomo, indicando la forma de coordinación preventiva establecida entre ellos.

El contratista cumplirá asimismo con el procedimiento de coordinación de actividades empresariales vigente en la UAH en todo aquello que le sea aplicable. En caso de que un trabajador de la empresa contratista sufra un accidente de trabajo mientras desempeña los servicios contratados por la UAH, la empresa adjudicataria informará asimismo al Servicio de Prevención de la Universidad a la mayor brevedad posible.

Alcalá de Henares, a la fecha de la firma digital.

Director del CAI Química

Jesús Cano Sierra