



Número de expediente SU751000HO2024016

## **Pliego de prescripciones técnicas particulares del contrato para el suministro de un sistema de ensayo multiaxial de subestructuras para el laboratorio LATEM de la UPC**

---

Con la presentación de la oferta la empresa licitadora acepta las prescripciones técnicas establecidas en este pliego, que tienen la consideración de especificaciones mínimas y de obligado cumplimiento.

Cualquier propuesta que no se ajuste a los requerimientos mínimos establecidos en este pliego quedará excluida de la licitación.

### **1. Objeto del contrato o necesidad a cubrir**

El presente Pliego tiene por objeto establecer las prescripciones técnicas particulares que regirán la realización de la prestación de un sistema de ensayo multiaxial de subestructuras (en inglés MultiAxial Substructure Testing - MAST) para el Laboratorio de Tecnología de Estructuras "Lluís Agulló" (LATEM) de la UPC. El propósito del MAST será la ejecución de ensayos experimentales mecánicos sobre elementos estructurales de altura de 3.2 m y ancho de 3.0 m, construidos con diferentes materiales, como hormigón armado, acero, obra de fábrica y madera, entre otros. El contrato incluye suministro, transporte e instalación del MAST.

El sistema MAST principalmente consiste en:

- 1) Conjunto de 8 actuadores de accionamiento hidráulico servocontrolados, con cinemática  $4z + 2x + 2y$ .
- 2) Estructura metálica en forma de cruceta para la transmisión a la probeta a ensayar de cargas generadas por los actuadores y movimientos con 6 grados de libertad.
- 3) Grupo de generación de potencia hidráulica (*Hydraulic Power Unit, HPU*) requerido para alimentar el sistema, compuesto por:
  - a. Circuito de presión con bombas principales ajustables proporcionalmente.
  - b. Circuito de pilotaje externo para servoválvulas y seguridades.
  - c. Circuito de filtración y refrigeración forzada.
  - d. Tanque de aceite.
  - e. Circuito forzado de recogida de drenajes con bomba de vacío.
- 4) Banco de acumuladores e Hydraulic Service Manifold (HSM) en las proximidades de los actuadores para su alimentación.



- 5) Armario eléctrico de operación y vigilancia con mando remoto HMI.
- 6) Circuitos de tubería rígida y flexible.

## 2. Actividades y funciones de la empresa contratista

Las funciones que debe asumir la empresa contratista son las siguientes:

- Suministro, transporte e instalación de las componentes del sistema MAST.
  - Sistema de 6 grados de libertad con 8 actuadores activos, 4 verticales conectados a los extremos de la cruceta metálica (en dirección Z) y 2 parejas de 2 actuadores horizontales (en direcciones X e Y). Para el suministro hidráulico: circuito de bombas principales, depósito de aceite y circuitos hidráulicos auxiliares, banco de acumuladores y colector de seguridad, tuberías y mangueras hidráulicas, cuadro eléctrico de potencia y control. Desconexión y retirada de los grupos hidráulicos existentes, tratamiento del aceite residual. Acondicionamiento del circuito de presión existente para su conexión al nuevo grupo de generación de potencia hidráulica.
- Soporte para evolución de proyecto.
  - El adjudicatario de este proyecto acompañará las diferentes fases de evolución del proyecto y coordinará la compatibilidad de su alcance de suministro con el resto de componentes del proyecto de acuerdo al Pliego de Prescripciones Técnicas (PPT). En caso de discrepancia informará al responsable para su evaluación. Se seguirá un procedimiento riguroso con aceptación de hitos, PDR, CDR, etc. para garantizar la correcta evolución y aceptación.
- Transporte y entrega de equipos.
  - Todos los equipos requeridos para este proyecto se entregarán en la dirección Campus Nord UPC, Edificio C1, Jordi Girona 1-3, Barcelona. Los medios de descarga se comunicarán con antelación a la UPC.
- Instalación de equipos.
  - Todos los equipos se instalarán en el laboratorio LATEM de la UPC con asistencia y supervisión de los proveedores. Los equipos especiales requeridos para la ayuda a instalación (puente grúa, grúa horquilla, etc.) serán responsabilidad de la UPC.
- Puesta en marcha.
  - La puesta en marcha con presencia de los proveedores, definida en alcance de este PPT acordado y planificado, comenzará sólo después de la verificación de la finalización y aceptación de los trabajos de instalación. Se definirá una planificación para coordinar la presencia /



soporte de los diferentes equipos humanos. El equipo de control y software de trabajo, así como los especímenes de ensayo y los equipos auxiliares de soporte (se dispone de dos puentes grúa de 5 t con posibilidad de trabajar en tándem, carretilla elevadora autopropulsada de 2.5 t), serán responsabilidad de UPC.

- Training a personal designado por la UPC en un momento mutuamente acordado y acompañado con entrega de documentación.
  - Una vez terminada la puesta en marcha con los alcances acordados en PPT, se preparará un training de utilización y mantenimiento de equipos al personal técnico específico designado por la UPC.
- Aceptación final.
  - Se definirá un protocolo de aceptación final de equipo, que permita evaluar si se han cumplido los requerimientos parciales de acuerdo al PPT, o ponga de manifiesto que acciones adicionales son requeridas por parte del proveedor. Una vez cumplidos todos los hitos definidos, se aceptará formalmente la entrega del equipo de acuerdo al alcance definido en el PPT.

La oferta que presente la empresa licitadora deberá abarcar la totalidad de las actividades y funciones especificadas en el presente pliego y en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares, siendo todas ellas obligatorias para la admisión de las propuestas.

### **3. Requerimientos técnicos generales obligatorios de la prestación y/o rendimiento o exigencias funcionales de la prestación**

La empresa contratista dispondrá de los suficientes medios técnicos, materiales cualitativos y personales para desarrollar las labores objeto de este contrato.

La prestación regulada en el presente pliego deberá ajustarse, al menos, a los siguientes requisitos técnicos, sin perjuicio de los parámetros a valorar mediante los criterios de adjudicación establecidos.

#### **3.1 Actuadores hidráulicos**

Las características comunes para todos los actuadores son:

- Conjunto de actuadores servohidráulicos rotulados en ambos extremos con uniones de holgura ajustable con total capacidad de minimizar fricción, terminados en brida plana y con ángulo de giro necesario para cumplir con la cinemática del sistema.



- Diseñados para trabajo a fatiga, con cojinetes sin juntas presurizadas para garantizar muy baja fricción y mantenimiento reducido muy espaciado en el tiempo.
- Presión de trabajo máxima 280 bar. Circuitos independientes de presión principal, pilotaje y drenaje externos.
- Bloque de seguridad hidráulico en cada actuador accionado remotamente con 24 Vdc.
- Test points de presión minimess en operativas.
- Cáncamos para elevación y sujeción.
- Captador de posición interno con salida SSI y resolución de 1  $\mu\text{m}$  o mejor en toda la carrera.
- Célula de carga de bajo perfil de tracción / compresión en vástago de actuador para trabajo a fatiga, unida con elementos de fácil montaje y manipulación sin spiral washers. Clase de precisión 0,5 o mejor.
- Transductores de presión (2) conectados a las cámaras de empuje y tiro.
- Bloque montado en cuerpo de actuador para dos servoválvulas ISO 10372 tamaño 4, caudal máximo 120 l/min.
- 2 servoválvulas de altas prestaciones por cada actuador con caudal nominal unitario 38 l/min con pilotaje externo.
- Contrabridas y/o chapones metálicos para unir los actuadores a la losa de carga del laboratorio (en caso de los 4 actuadores verticales) y a los muros de reacción del laboratorio (en caso de los 4 actuadores horizontales). Estos elementos se deberán dimensionar para resistir las cargas máximas aplicadas y considerando las medidas de los elementos suministrados (actuadores y de la cruceta metálica), así como la geometría de las cuadrículas de agujeros de anclaje presentes en la losa de carga del laboratorio (0.80 x 0.80 m<sup>2</sup> en la parte central y 0.80 x 1.60 m<sup>2</sup> en los bordes) y en los muros (0.40 x 0.40 m<sup>2</sup>).
- Barras metálicas roscadas y tuercas para anclar las contrabridas a la losa de carga y muros de carga del laboratorio.
- Tornillería para la fijación de los actuadores a las contrabridas, chapones y a la cruceta metálica.

La presente especificación define el suministro de 8 actuadores con las condiciones antes definidas y este dimensionamiento:

- 4 servoactuadores verticales de al menos  $\pm 500$  kN, carrera mínima 300 mm ( $\pm 150$  mm), longitud entre bases planas de rótulas a mitad de carrera 3200 mm.

- 4 servoactuadores horizontales de al menos  $\pm 250$  kN, carrera 600 mm ( $\pm 300$  mm), longitud entre bases planas de rótulas a mitad de carrera 3200 mm.

Velocidades máximas a considerar:

- Velocidad actuadores verticales nominal  $\pm 65$  mm/seg
- Velocidad actuadores horizontales nominal  $\pm 125$  mm/seg

### 3.2 Estructura mecánica de ensayo (cruceta metálica)

- Todos los actuadores se amarrarán a una estructura de carga metálica en forma de cruceta, diseñada para transmitir las fuerzas y pares al espécimen de ensayo. La estructura en forma de cruz, tendrá un tamaño en planta de  $5.3 \times 5.3$  m<sup>2</sup>, manteniendo una sección transversal mínima de  $500 \times 780$  mm<sup>2</sup>.
- La estructura está construida en acero de alta resistencia con espesores adecuados para garantizar una deformación mínima cuando esté sometida al máximo de fuerzas que los actuadores pueden transmitir. El correcto dimensionamiento de todas las componentes de la estructura se deberá acreditar a partir de un análisis FEM que será aportado en la oferta técnica en el proceso de licitación, definiendo las deformaciones esperadas con carga axial de reacción máxima de 2 MN en centro de cruceta. Las deformaciones máximas admisibles en rango elástico serán inferiores a 3.0 mm en puntos de amarre de actuador, con coeficientes de seguridad superiores a 4.
- Tendrá puntos de amarre superior que permitan el izado o mantenimiento desde puente grúa o equipos exteriores.
- Dispondrá de bridas con taladros roscados adecuados para la fijación de los 8 actuadores y de la probeta a ensayar.
- Dispondrá de 2 pequeños pórticos metálicos de soporte (4 columnas verticales + 2 dinteles horizontales, construidos mediante perfiles metálicos adecuadamente dimensionados para aguantar el peso de la estructura), que se ubicarán debajo de dos brazos de la cruceta y entre los 4 actuadores verticales, con la altura estimada de 3 m. Peso típico a soportar 17 toneladas.
- Dispondrá de chapa agujereada soldada al intradós de cada uno de los 4 brazos de la cruceta, incluyendo el centro donde se intersecan los 4 brazos, para permitir anclar de manera eficaz la probeta a ensayar o sus utilajes específicos.

### 3.3 Grupo de generación hidráulica (Hydraulic Power Unit, HPU)

#### 3.3.a Bomba/s principales

- Caudal mínimo de bombas a suministrar 300 l/min.
- Presión de trabajo ajustable remota hasta 280 bar estable.



- Línea de presión de pilotaje 210 bar con 20 l/min.

Bomba/s principales: mínimo 300 l/min de caudal variable según demanda. Se valorarán criterios de redundancia (por ejemplo, el suministro de dos bombas en lugar de una) y ahorros energéticos en su diseño y utilización. La instalación deberá poder alimentar los otros equipos del laboratorio LATEM de la UPC, con una presión de trabajo de 210 bar. Dispondrá de elementos de seguridad suficientes para garantizar que no se aportará energía al sistema, si el estado y las condiciones de los elementos y componentes no son las adecuadas.

Se ubicarán bancos adicionales, al menos uno, para futuras ampliaciones de caudal.

Sistema de arranque sin presión y puesta en carga con rampa de presión suave hasta valor final ajustable con sistema electrónico remoto.

### 3.3.b Sistema de pilotaje externo

Sistema capaz de suministrar el aceite de pilotaje suficiente para alimentar a los 8 actuadores (2 válvulas por actuador) y a las activaciones de los bloques de seguridad externos HSM.

- Caudal mínimo de pilotaje 20 litros.
- Presión nominal 210 bar.
- válvula de seguridad y descarga controlada.

### 3.3.c Filtración y refrigeración

Circuito de caudal forzado constante con bomba específica de baja presión, totalmente independiente de la presión principal y del circuito pilotaje.

- Presión nominal 5 bares.
- Caudal nominal 100 l/min.
- Filtro de baja presión de 5  $\mu\text{m}$ ,  $\beta 1000$ .
- Enfriador de aceite/agua con al menos 60 kW de disipación de calor con tanque de agua externo a 25 grados C (tanque de agua externo fuera de este alcance).

### 3.3.d Tanque de aceite

- Tanque de 1500 litros.
- Suministro de 1500 l de aceite hidráulico microfiltrado.



- Sensor de nivel de aceite eléctrico y óptico.
- 3 sensores eléctricos de temperatura (retorno de aceite, depósito de aceite y aceite a presión).
- Filtro de aire de aspiración.
- Líneas de entrada de retorno de 2 x 1 ½"
- 2 salidas de presión de 1"
- Salida de circuito de pilotaje de servoválvula.
- Entrada de drenajes de cojinetes de actuadores.

#### 3.3.e Bomba de vacío

- Bomba de vacío para recogida de drenaje de los cojinetes de actuadores.
- Caudal máximo 15 l/min.

#### 3.4 Banco de acumuladores e Hydraulic Service Manifold (HSM)

La potencia hidráulica generada por las bombas en los circuitos principal de presión y pilotaje, suministrará a un banco con acumuladores y HSM (Hydraulic Service Manifold), que generará el pico de caudal a los actuadores cuando sea necesario.

El banco con acumuladores y HSM se instalará muy próximo a los actuadores (no superando los 5 m), permitiendo las salidas de alimentación a cada uno de ellos, además de la interface con las acometidas del grupo de generación hidráulica que estará mucho más alejado de la instalación. Además, incluirá los acumuladores de presión principal, retorno y pilotaje, y los módulos de corte de cada canal individual y la descarga de acumuladores.

Las características de este HSM serán:

- Entrada de circuitos de presión principal y circuito de pilotaje. Salidas independientes de circuitos de retorno y drenajes directos a tanques.
- 8 bloques de salida con P, T, Px y Dy para cada actuador.
- Un colector de presión principal con 2 acumuladores de 50 l (total 100 l) en línea de P.
- Entrada de retornos con 1 acumulador de 10 l en línea de T.
- Entrada de circuito de pilotaje con 1 acumulador de 10 l en línea de pilotaje.



- Bomba de vacío para recogida de drenajes de cojinetes.
- Sistema de regulación proporcional de presión de trabajo.
- Activación de 8 canales independientes pilotados por electroválvulas a 24 Vdc y cartuchos lógicos que cortan la presión principal. La activación se hace por el circuito de pilotaje a 210 bar.
- Circuito de seguridad con corte rápido de presión y descarga controlada.
- Se instalará un circuito de descarga automática del circuito principal de acumuladores de presión.
- Se instalará un circuito de descarga automática del circuito de acumuladores de presión piloto.
- 3 sensores de presión comprobarán la presión de los 3 circuitos hidráulicos principales.
- Las líneas principales de presión dispondrán de filtros de alta presión (10  $\mu\text{m}$ ,  $\beta 200$ ) en los puertos de entrada del HSM.
- Las líneas de presión de pilotaje tendrán filtros de alta presión (5  $\mu\text{m}$ ,  $\beta 200$ ) en los puertos de entrada a HSM con acumuladores.

### 3.5 Armario Eléctrico

Un armario eléctrico para gestionar la energía eléctrica y el control de todos los componentes asociados a la Unidad de Potencia Hidráulica.

- La potencia eléctrica de entrada será de 400 VAC + PE con alrededor de 180 kW de potencia disponible.
- Se incluirá la protección eléctrica (sobrecorriente y diferencial).
- Control de arranque y parada suave de motores eléctricos.
- Un PLC principal gestionará las funcionalidades de control y seguridad.
- 1 x panel táctil HMI (HPU y sala de control) permitirán el monitoreo y control remoto de la HPU
- Gestión del control de temperatura, presión, nivel de aceite e instrumentación.
- Ajuste electrónico remoto del circuito de presión principal.
- Gestión de sistemas de filtración y refrigeración en función de la temperatura.
- Líneas de emergencia enlazadas con la máquina.
- Gestión y seguimiento de fallos.
- Archivos de registro histórico de fallos de operación operaciones.
- Registro de Datos Históricos



### *3.6 Conducciones hidráulicas para todo el sistema MAST*

Diseño e instalación en el laboratorio de las conducciones de presión, retorno, drenaje y pilotaje para alimentación al sistema MAST. La conducción de la HPU al HSM se realizará con tubería rígida, y se priorizará también en el tramo de la HSM a los actuadores. El último tramo hasta los actuadores será de conducción flexible. Ser realizará una limpieza técnica (flushing) de todas las conducciones rígidas y flexibles, incluyendo el suministro del líquido detergente.

### *3.7 Plazo de entrega*

La empresa contratista entregará el conjunto de elementos objeto de este contrato en el plazo máximo de 22 semanas.

### *3.8 Garantías Técnicas*

El licitador deberá garantizar este equipo contra cualquier defecto de fabricación e instalación durante el periodo de 1 año desde la aceptación.

La garantía deberá cubrir todos los gastos derivados del problema a solucionar, incluyendo tanto el coste de las piezas a reparar / reemplazar como la mano de obra asociada.

### *3.9 Normativa vigente de obligado cumplimiento*

El suministro e instalación deberá cumplir todas las disposiciones legales vigentes que le afecten, aunque no estén citadas expresamente en el presente documento.

### *3.10 Descripción medios técnicos, materiales y personales*

Las empresas licitadoras deberán demostrar la disponibilidad de medios técnicos propios para la realización de los trabajos requeridos en este proyecto. Estos medios incluyen instalaciones físicas y personal técnico.

Las empresas licitadoras deberán reportar listado de sedes operativas con capacidad técnica que intervendrán en el desarrollo de este proyecto, así como una breve descripción de los medios y capacidades que disponen en cada una de ellas.

Las empresas licitadoras también aportarán un listado de los recursos humanos principales que envolverán en este proyecto, añadiendo sus datos de contacto, los roles y responsabilidades que ejercerá cada uno.

El suministrador deberá garantizar la asistencia de técnicos cualificados de forma presencial en menos de 48 horas si la comunicación se realiza en días laborables.

#### 4. Formas de seguimiento y control de la ejecución de las condiciones

La empresa contratista debe designar a una persona responsable a quien encargar la gestión de la ejecución del contrato y que deberá garantizar la calidad de la prestación objeto de este pliego, tratando directamente las cuestiones relacionadas con el desarrollo normal de las tareas indicadas en este pliego con la persona interlocutora designada por el órgano de contratación.

Las personas referidas anteriormente se reunirán con una periodicidad mínima de una semana, para supervisar, controlar y tratar cualquier aspecto vinculado con el desarrollo del contrato, a fin de asegurar que el mismo se está ejecutado conforme a lo establecido en el presente pliego.

A los efectos anteriores, se evaluará el seguimiento y control del cumplimiento de cada requerimiento técnico de la siguiente manera:

- El proveedor entregará un programa de trabajo, transcurrido un plazo de 15 días de la adjudicación, que incluye las diferentes fases de evolución del proyecto y coordinará la compatibilidad de su alcance de suministro con el resto de componentes del proyecto. En caso de discrepancia informará al responsable para su evaluación. Se seguirá un procedimiento riguroso con aceptación de hitos, PDR, CDR, etc. para garantizar la correcta evolución y aceptación.
- El proveedor deberá instalar y poner en marcha el sistema.
- El proveedor asegurará que todas las pruebas y mediciones necesarias, requeridas para demostrar el cumplimiento con las especificaciones, se realicen antes del envío y entrega. El Comprador tiene derecho a participar en la Prueba de Aceptación en Fábrica (FAT) previa solicitud.
- Los protocolos de prueba de FAT deben ponerse a disposición de UPC antes de entregarse el sistema.
- El proveedor informará por escrito al Comprador cuando el sistema esté instalado y listo para la Prueba de Aceptación en Sitio (SAT) que dependan del suministrador y del alcance de esta licitación. El Comprador realizará la prueba de aceptación con la asistencia del proveedor en un plazo de 15 días hábiles. La prueba verificará que el sistema instalado esté completamente funcional y cumpla con los requisitos en el PPT.
- Los detalles del SAT serán acordados por escrito entre el Comprador y el Proveedor. Cualquier costo de viaje para el proveedor será cubierto por el proveedor. Las pruebas SAT se realizarán mediante el protocolo de pruebas definido entre comprador y proveedor. El proveedor deberá presentar en fase de oferta una propuesta de pruebas SAT. Estas pruebas se deberán poder llevar a cabo sin disponer del controlador y software definitivo del laboratorio LATEM de la UPC, ya que no son objeto de esta licitación.
- El Comprador aceptará el sistema en la fecha en que las pruebas hayan sido completadas con éxito, en todos los requisitos que dependan del suministrador.



- Después de pasar con éxito el SAT, el sistema entregado estará a disposición del usuario de forma incondicional durante un período de 1 semana. Si el sistema funciona de acuerdo con las especificaciones y sin fallas durante este período, se aprueba el período de prueba. Si no es así, las fallas o malfunciones deben corregirse y otro período de prueba de una semana debe completarse con éxito antes de la aprobación. Después de eso, el Comprador puede rescindir el acuerdo si se confirman fallos y responsabilidades exclusivas del suministrador y este no pone un plan de solución adecuado, aceptado por UPC.
- La aceptación final del sistema requiere que todas las pruebas acordadas sean aprobadas y que se haya completado un período de prueba sin fallas y malfunciones. El Comprador emitirá un Certificado de Aceptación dentro de los cinco (5) días hábiles siguientes a la fecha de la Prueba de Aceptación en Sitio (SAT). El Certificado de Aceptación indicará la fecha real de aceptación y constituirá un reconocimiento de que se han cumplido los requisitos del contrato. Esta condición se considera de obligación esencial.
- Si el sistema u otros bienes entregados son defectuosos, y esto no es culpa del Comprador ni se debe a circunstancias de las que sea responsable, el Proveedor debe realizar una nueva entrega o remediar el defecto sin gastos para el Comprador. Sin embargo, el Comprador tiene derecho a exigir una nueva entrega si el defecto es significativo o si no se puede remediar sin inconvenientes significativos para el Comprador.
- El período de garantía para el sistema entregado es de un (1) año después de la de pasar el SAT. La garantía cubre todos los costos de servicio, mantenimiento y soporte, y garantiza que el Comprador no incurra en costos antes de la expiración de la garantía e incluye también el equipo proporcionado por terceros, si corresponde. Los costos de consumibles están excluidos. La garantía incluye la garantía de que el Proveedor actualizará cualquier equipo entregado de forma gratuita si es necesario.
- El Proveedor deberá estar completamente asegurado para compensar al Comprador por cualquier daño causado por el Proveedor en relación con la entrega, instalación y hasta el punto de un SAT aprobado. El Proveedor debe presentar una copia de la póliza de seguro a solicitud del Comprador.

## 5. Documentación técnica a aportar por la empresa adjudicataria

Las especificaciones técnicas propuestas por la empresa licitadora en su oferta se convertirán en condiciones de obligado cumplimiento a lo largo de la ejecución del contrato si ésta se convierte en la adjudicataria.

A fin de acreditar el cumplimiento de cada especificación técnica exigida en este pliego, la empresa adjudicataria deberá aportar la siguiente documentación:

En el momento de la adjudicación:

- Oferta de Service Level Agreement de renovación anual, que incluirá: i) paquete de horas de soporte de ingeniería para resolver posibles problemas sobrevenidos, ii) precios especiales para repuestos / servicios de mantenimiento



preventivo, iii) compromisos de tiempo de respuesta de soporte y mantenimiento de equipos.

- Documentación técnica sobre el conexionado en los actuadores.
- Manual de uso y mantenimiento de los actuadores.

A la hora de entregar el sistema:

- Certificación de los materiales de las principales componentes (actuadores, cruceta metálica, pórticos metálicos de soporte).
- Hojas de calibración de las empresas fabricantes de los sensores de instrumentación instalados en el actuador, como por ejemplo sensores de posición y de fuerza, entre otros.
- Layout de la instalación de tubería.
- Esquema hidráulico y eléctrico de la instalación.
- Listado de repuestos recomendados.
- Documentación para la formación (training) sobre utilización y mantenimiento del sistema para personal UPC.

El Responsable del contrato,

Luca Pelà

Luca Pelà, profesor agregado del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental (DECA)

Barcelona, a fecha de la firma electrónica