

Contractació

Títol de la contractació

Equips didàctics per a l'estudi de la cinemàtica, dinàmica i disseny de màquines

Plec de prescripcions tècniques

Objecte del contracte

L'objecte d'aquest Plec de prescripcions tècniques és establir les bases de contractació del subministrament, instal·lació i posada en servei d'equips didàctics per l'estudi de la cinemàtica, dinàmica i disseny de màquines per a l'Escola d'Enginyeria de Barcelona Est (EEBE), de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

L'oferta de compra es dirigeix a equips de funcionament comprovat i de reconeguda qualitat i durabilitat, per la qual cosa és necessari que estiguin disponibles en el mercat. No s'acceptarà l'oferta de prototips a desenvolupar amb posterioritat a la contractació.

Característiques dels béns objecte del contracte

Equips didàctics per a l'estudi de la cinemàtica, dinàmica i disseny de màquines:

A.- Descripció i Requisits tècnics de l'equipament:

1.- Bastidor bàsic mòbil – 2 unitats

Descripció: Cada unitat de bastidor bàsic serà el suport físic del sistema d'assaig. Han de consistir en una taula ranurada sobre la qual cargolar de manera ràpida els diferents elements del sistema. Estaran dotades d'un prestatge inferior per al suport dels equips electrònics, tindran rodes per a facilitar el seu moviment i una coberta protectora transparent amb la funció de seguretat durant l'execució de les pràctiques.

Requisits tècnics: Realitzat amb perfils d'alumini, amb mesures [Llarg x Ample x Alt] màximes de: 1100 x 770 x 820 mm amb dos prestatges intermedis i quatre rodes direccionals amb fre en almenys dues de les rodes.

2.- Unitat bàsica del sistema de diagnòstic de màquines - 2 unitats

Descripció: Cada unitat bàsica del sistema de diagnòstic de màquines consistirà en un motor asíncron connectat a un variador de freqüència i generador tacomètric amb indicació de nombre de revolucions i de potència. A més, cada unitat bàsica, contindrà els elements mecànics bàsics: acoblament a arbre, cavallets per a rodaments, dos arbres de diferent longitud, dos volants desequilibrats i contrapesos per al seu equilibrat.

Requisits tècnics:

Tots els equips s'han de poder muntar en una plataforma d'alumini de grandària màxima de 1100 x 800 mm amb ranures longitudinals per a desplaçament longitudinal i ajust mitjançant cargols de l'equip i que permeti la possibilitat de dissenyar i muntar diferents assajos.

Motor asíncron de potència nominal mínima 0,37 kW a 2800 min⁻¹ muntat sobre un carro per a desplaçament transversal amb dos micròmetres per a un alineament precís.

És un requisit *sine qua non* que el control de velocitat del motor sigui una unitat independent de l'ordinador i externa al PC, de funcionament autònom i que pugui connectar-se a l'ordinador a l'efecte de monitorar les seves dades.

La unitat de control del motor ha d'estar dotada d'almenys: indicador digital de rpm, indicador digital de potència instantània del motor, potenciòmetre de regulació de velocitat i commutador de selecció del sentit de gir, polsador d'arrencada, polsador d'aturada i accionador d'aturada d'emergència.

Cada equip constarà, a més de dos arbres d'acer de diferents longituds, de diàmetre adequat per als porta eixos amb rodaments intercanviables fàcilment, acoblament flexible per a compensar els petits desalineaments. Dos volants d'inèrcia d'acer equilibrats, amb trepants que permeti l'equilibrat en un i dos plans mitjançant l'acoblament de pesos. Conjunt de cargols, eines suficients per al muntatge i desmuntatge de tots els elements que componen el mòdul.

3.- Equip d'anàlisi de vibracions assistit per PC – 2 unitats

Descripció: Cada equip d'anàlisi de vibracions assistit per PC consistirà en un grup de sensors, l'amplificador de connexió extern al PC i l'adaptador USB per connectar a PC i el programari d'anàlisi, i un ordinador PC amb Windows 10.

Els sensors, per a cada equip, són dos acceleròmetres, un tacòmetre òptic, i ha de permetre també la connexió de dos sensors de desplaçament.

Requisits tècnics:

El programari d'anàlisi presentarà les següents funcions: oscil·loscopi de dos canals per a estudi en el domini del temps, analitzador FFT de dos canals per a estudi en el domini freqüencial, mesurador de la intensitat de les vibracions, anàlisis d'envolupant per a efectes de xoc i danys en rodaments, filtre sincronitzat per a registre de corbes d'acceleració, representació d'òrbita i mòdul específic per a l'equilibrat de rotors rígids d'un i dos plans.

Cada unitat de connexió a PC consistent en amplificador de 1x, 10x, 100x, amb almenys 16 canals analògics d'entrada, 4 canals analògics de sortida i 4 canals

digitals d'entrada i 4 de sortida, que permetrà l'acoblament dels sensors a subministrar: un sensor de mesurament de velocitat mitjançant làser classe II de 675 nm, dos acceleròmetres de freqüència entre 1...10kHz, sensibilitat 100mV/g, freqüència de ressonància entorn de 32 kHz, externa al PC.

L'empresa subministrarà, sense càrrec addicional, les actualitzacions del programari d'anàlisi que es treguin al mercat durant un període no inferior a deu anys.

La connexió de l'equip amb un ordinador haurà de realitzar-se mitjançant port USB. El sistema informàtic ha de poder ser tant utilitzat en un ordinador portàtil com en un de sobretaula amb sistema operatiu Windows 10.

L'ordinador PC tindrà una configuració adequada al funcionament òptim del programari d'anàlisi i no sent inferior a processador intel i5-8500, 16GB RAM, 1TB SSD M2 NVMe, gràfica 2.500 PassMark, sistema operatiu Windows 10 i monitor de 24".

4.- Dispositiu de frenat i càrrega – 2 unitats

Descripció: Cada dispositiu de frenat i càrrega consisteix en un fre magnètic de partícules connectat a un equip de comandament que permet ajustar amb precisió el parell de frenat generant una càrrega resistent sobre els sistemes a assajar.

Requisits tècnics:

Fre magnètic de partícules amb potència de frenat continu mínima de 400 W a 3000 min⁻¹

Dos camps de funcionament: entre 200 i 2000 min⁻¹ amb un parell seleccionable entre 1 i 10 N·m, i entre 600 i 6000 min⁻¹ amb un parell seleccionable entre 0,3 i 3,3 N·m

És un requisit fonamental que el dispositiu de frenat i càrrega tingui un sistema de control de parell de frenat que sigui una unitat independent de l'ordinador i extern al PC, de funcionament autònom i que pugui connectar-se a l'ordinador a l'efecte de monitoritzar les seves dades.

El dispositiu de control del fre magnètic de partícules ha d'estar dotat, almenys, d'indicador digital del corrent d'excitació, de potenciòmetre de regulació de parell de frenat, de polsador d'arrencada i polsador d'aturada. Així mateix, haurà de disposar també d'un ventilador per a evacuació de calor i d'una protecció elèctrica contra sobreescalfament.

5.- Joc d'accessoris d'arbre o eix elàstic – 2 unitats

Descripció: Cada joc d'accessoris d'arbre elàstic constarà de tres cavallets, dos per a suport de rodaments i un per a la limitació de l'amplitud de la vibració a l'entorn de

la velocitat crítica de l'arbre i dos arbres elàstics de gran longitud i petit diàmetre dissenyats per a tenir la seva velocitat crítica en el rang de velocitats de la màquina d'assaig.

Requisits tècnics: Es deriven directament de la descripció.

6.- Conjunt de dos sensors de desplaçament – 2 unitats (aclarament: dos conjunts de dos sensors)

Descripció: La utilització de dos conjunts de dos sensors de desplaçament ha de permetre, en conjunció amb els jocs d'accessoris d'arbre elàstic i amb el programari del conjunt bàsic, visualitzar l'òrbita subcrítica i supercrítica de l'arbre en ressonància.

Requisits tècnics: Es deriven directament de la descripció.

7.- Joc d'accessoris d'arbre amb esquerda – 2 unitats (aclarament: dos conjunts de joc d'accessoris d'arbre amb esquerda)

Descripció: Cada unitat consistirà en un conjunt de dos semi arbres que es connecten mitjançant dos plats que podran ser subjectes entre si amb diferents forces entre cargols per a simular el comportament d'un arbre en el qual existís una esquerda per fatiga.

Requisits tècnics:

El set està compost principalment per:

Plat tomador.

Brida amb arbre curt (càrrega amb transmissió per corretja): $\varnothing = 90 \text{ mm}$.

Sis cargols: De cap hexagonal amb per a brida M8 x 20.

Joc de subjecció.

Dos arbres: $\varnothing = 200 \text{ mm}$.

Arbre curt per a simulació de "extrem d'arbre sortint": longitud = 85 mm.

Arbre llarg per a simulació de "rotor elàstic": longitud = 200 mm.

Moments de flexió màx. admissibles:

Arbre curt per a corretja: aproximadament 16 N·m.

Arbre llarg per a disc d'inèrcia: aproximadament 4 N·m.

Mandril de centratge per a alinear els arbres durant el muntatge de l'assaig.

8.- Joc d'accessoris de transmissió per corretja – 2 unitats

Descripció: Cada kit ha de permetre l'estudi de vibracions en transmissions per corretja, relacionar el tibet del conjunt amb el lliscament i la seva influència en el comportament freqüencial de la transmissió.

Requisits tècnics: Cada kit d'accessoris de transmissió per corretja constarà de tres corretges trapezoïdals perfil SPZ, tres politges, dues de 63 mm de diàmetre i una de 125 mm, una de les de 63 mm tindrà un defecte de excentricitat. Els kits contindran a més a més, un joc de corrons tensors i un mesurador de la pretensió de la corretja.

9.- Joc d'accessoris de defectes en engranatges – 2 unitats (aclarament: dos conjunts de joc d'accessoris de defectes en engranatges)

Descripció: Cada unitat consistirà en dos jocs d'engranatges cilíndrics rectes i dos jocs d'engranatges cilíndrics helicoidals, un de cada joc d'engranatges té defectes, el que permetrà l'anàlisi dels efectes dels defectes habituals en engranatges, podent comparar-ne la resposta freqüencial de les rodes amb defectes i les rodes sense defectes. Aquest assaig es podrà fer sobre rodes amb dentat recte o sobre rodes amb dentat helicoidal.

Requisits tècnics:

El perfil de les dents de les rodes serà de evolvent de cercle d'altura completa i mòdul 2 mm, i les rodes petites tindran 25 dents i les rodes grans tindran 75 dents. Quatre de les rodes són cilíndriques amb dentat recte i les altres quatre són cilíndriques helicoidals.

Cada kit contindrà també els arbres de subjecció per als engranatges, i la carcassa que permetrà el muntatge a distància variable dels arbres, l'allotjament per als sensors, un disseny adequat per a contenir l'oli de lubricació i una tapa transparent que permet l'observació del conjunt en funcionament.

10.- Joc d'accessoris de defectes en rodaments – 1 unitat

Descripció: El conjunt d'accessoris de defectes en rodaments consta de 6 rodaments, un sense defectes, i els restants amb defectes en diferents components i en diferent grau de severitat.

Aquest kit permetrà l'avaluació de l'estat d'ús dels rodaments en màquines mitjançant la comparació de la resposta de vibracions induïdes pels diferents tipus de defectes comuns en rodaments.

Requisits tècnics:

El set estarà compost per 6 rodaments d'igual grandària, un rodament amb la pista de rodadura de l'anell exterior danyada, un rodament amb la pista de rodadura de l'anell interior danyada, un rodament amb un dels elements rodants danyat, un rodament amb dany combinat, un rodament molt usat i un rodament nou.

A més, s'inclouran un suport per a rodament, dos anells elàstics de retenció i una eina per a manipular els anells elàstics.

11.- Kit d'acoblements d'eixos i arbres – 1 unitat

Descripció: Consistirà en un joc d'acoblements entre arbres que permeti establir unions amb els errors d'alineació típics d'aquests elements de màquina possibilitant l'estudi del comportament de vibració de diferents tipus d'acoblements amb i sense defectes.

Requisits tècnics:

El set estarà compost principalment per:

Acoblament de dents corbes.

Tres estrelles per a acoblament d'urpes de dureses respectives: 98 Shore A, 92 Shore A, 64 Shore D.

Acoblament de brida sense defecte.

Acoblament de brida amb defecte d'excentricitat: 0,2 mm

Acoblament de brida amb defecte d'oscil·lació: $0,4 \pm 0,1$ mm

Acoblament de pern amb defecte de capcineig variable:

Pern sense excentricitat.

Pern amb excentricitat: 1 mm.

Error de capcineig màx.: $180^\circ \pm 1,9^\circ$

Suport del rodament amb suport elàstic.

12.- Joc d'accessoris de mecanisme de biela i manovella – 1 unitat

Descripció: Constarà d'un mecanisme de biela i manovella amb el qual es posarà en moviment una massa oscil·lant. La possibilitat de variar la carrera del moviment, el joc en la subjecció per coixinet i l'acció de les molles que exerceixen de càrrega, permetrà un estudi complet de vibracions de mecanismes de biela i manovella i de joc en el manegament de coixinets de màquines amb elements oscil·lants.

Requisits tècnics:

El set estarà compost principalment per:

Mecanisme de biela i manovella:

Carrera: 50 – 75 – 100 mm.

Masses equilibradores: Total 490 g, dimensionada per a funcionar amb la carrera de 50 mm.

Baldereig del rodament ajustable entre: 0 i 1 mm.

Dos ressorts helicoidals de longitud 170 mm i constant elàstica: $R = 0,55$ N/mm

13.- Kit de vibracions en ventiladors – 1 unitat

Descripció: Consistirà en un conjunt de tres rodets amb diferent nombre d'àleps, i els elements auxiliars necessaris per a la seva subjecció i connexió al banc d'assaig, i una coberta protectora.

Mitjançant l'acció magnètica d'un imant permanent s'introdueix una irregularitat periòdica en el gir del rodet, que es monitoritza amb l'equip de vibracions i permet l'estudi del fenomen de vibracions en ventiladors.

Requisits tècnics:

El set estarà compost principalment per:

Tres rodets en xapa d'acer de diàmetre aproximat 200 mm amb tres àleps, cinc àleps i set àleps respectivament, i un disc de xapa d'acer o d'alumini de diàmetre adequat perquè exerceixi la funció de seguretat.

Nombre de revolucions màxim: 3000 min⁻¹

Plat d'inèrcia amb possibilitat de muntatge en posició obliqua.

Suport del rodament.

14.- Màquina per a assaig de fatiga per flexió rotativa – 1 unitat

Descripció: Consistirà en una màquina formada per motor, conjunt de subjecció de la proveta d'assaig, sistema mecànic de posada en càrrega de la proveta que permet la realització d'un assaig de flexió rotativa amb proveta en voladís.

Requisits tècnics:

La màquina permetrà la subjecció de la proveta per un dels seus extrems i la posada en càrrega de la proveta per l'extrem oposat.

La màquina ha de ser compatible amb les dimensions i forma de la proveta: Vareta cilíndrica de longitud total inferior a 150 mm, escalonada amb diàmetre 12 mm en la zona de subjecció i diàmetre 8 mm en la zona d'assaig. La longitud de la zona de subjecció no serà inferior a 40 mm i la longitud de la zona d'assaig no serà inferior a 105 mm.

Capacitat de càrrega: regulació contínua entre 0 i 300 N en l'extrem en volada de la proveta.

Velocitat de gir: aproximadament 3000 min⁻¹

És un requisit *sine qua non* que el control de la màquina de fatiga sigui una unitat independent i externa a l'ordinador, de funcionament autònom i que pugui connectar-se a l'ordinador a l'efecte de monitoritzar les seves dades.

La unitat de control del motor ha d'estar dotada d'almenys: indicador digital de rpm, comptador totalitzador de revolucions digital i d'accionador d'aturada d'emergència.

15.- Sistema d'adquisició de dades per a l'assaig de fatiga – 1 unitat

Descripció: Sistema que permetrà l'adquisició i avaluació de les dades dels assajos de fatiga a flexió rotativa amb proveta en voladís en un ordinador PC.

Requisits tècnics: Consistirà en una cel·la de càrrega acoblada a la màquina de fatiga que mesurarà la força a que se sotmet a la proveta durant l'assaig, i un amplificador/adaptador de senyal extern al PC que connectat a la cel·la de càrrega i al tacòmetre de la màquina permet la connexió a PC per port USB, i que inclourà un programari que faciliti el registre, tractament i emmagatzematge dels valors de l'assaig de flexió.

L'empresa subministrarà sense càrrec addicional les actualitzacions del programari d'anàlisi que es treguin al mercat durant un període no inferior a deu anys.

La connexió de l'equip amb un ordinador haurà de realitzar-se mitjançant port USB. El sistema informàtic ha de poder ser tant utilitzat en un ordinador portàtil com en un de sobretaula amb sistema operatiu Windows 10.

16.- Model cinemàtic: mecanisme de lleva – 1 unitat

Descripció: L'equip permetrà demostrar el funcionament d'un mecanisme de lleva de manera clara.

Requisits tècnics: L'equip disposarà de lleves de diferents formes i tres diferents seguidors de corró, de placa plana o oscil·lant. El mesurament de desplaçament permetrà determinar la carrera i un disc graduat indicarà l'angle de gir corresponent.

17.- Model cinemàtic: arbre de junta cardan – 1 unitat

Descripció: L'equip permetrà estudiar un arbre de junta Cardan.

Requisits tècnics: Estarà compost d'un arbre d'entrada, un arbre de sortida i dos articulacions cardan amb un eix intermedi.

L'angle de cada junta Cardan podrà ser ajustat al valor desitjat, i unes regles circulars fixades al semi arbre d'entrada i al semi arbre de sortida, permeten observar en quines condicions el conjunt és homocinètic i en quines condicions no, i prendre valors manualment per a representar l'arissat de la velocitat de sortida.

B. Requisits tècnics més importants i característiques comuns.

En la unitat **2.- Unitat bàsica del sistema de diagnòstic de màquines** el motor de velocitat variable s'ha de poder operar manualment sense la necessitat d'estar connectat a un ordinador i ha de disposar de l'opció de poder registrar les dades des d'ordinador.

En la unitat **4.- Dispositiu de frenat i càrrega** el parell de càrrega s'ha de poder operar manualment sense la necessitat d'estar connectat a un ordinador i ha de disposar de l'opció de poder registrar les dades des d'ordinador.

La unitat **14.- Màquina per a assaig de fatiga per flexió rotativa** s'ha de poder operar manualment sense la necessitat d'estar connectat a un ordinador i ha de disposar de l'opció de poder registrar les dades des d'ordinador.

En tots els casos, el sistema informàtic ha de poder ser tant utilitzat en un ordinador portàtil com en un de sobretaula amb sistema operatiu Windows 10.

La documentació de l'equip ha d'incorporar dades experimentals i els resultats obtinguts corresponents a la realització de les experiències que es proposen amb l'equip. Aquestes experimentacions aportades han de permetre caracteritzar i justificar les prestacions de l'equip.

Termini de lliurament

No superior a 45 dies des de la data de signatura del contracte.

Altres condicions particulars que s'hagin d'incloure en el contracte

En aquest apartat es descriuen els tipus de serveis a realitzar pels adjudicataris d'aquests concursos:

1. Serveis d'instal·lació dels equips.

- 1.1. L'adjudicatari proporcionarà un director del projecte de desplegament, que actuarà com a persona de contacte amb la EEBE, responsable de planificar, gestionar i coordinar íntegrament tot el procés de lliurament i instal·lació dels equips, i amb capacitat per a aportar els recursos que siguin necessaris, actuant sota la supervisió de la persona designada per la EEBE.
- 1.2. La EEBE facilitarà a l'adjudicatari les ubicacions on s'han de lliurar els equips i el nom de la persona responsable de rebre l'equip.
- 1.3. Enviament. Sense cost addicional al preu de compra del producte i realitzat per part del proveïdor.
- 1.4. Instal·lació. L'adjudicatari deixarà els equips instal·lats a punt per poder fer-los servir, en les dates i horaris acordats per la persona designada per la EEBE.
- 1.5. Formació i entrenament. Sense cost addicional al preu de compra i realitzat per l'adjudicatari en data pactada amb els interessats.

- 1.6. L'adjudicatari retirarà, sense cost addicional al preu de compra, els elements d'embalatge (caixes, palets,...) de l'equipament a subministrar.

2. Serveis de garantia i reparació d'avaries.

- 2.1. L'adjudicatari oferirà un mínim de 2 anys de garantia.
- 2.2. L'adjudicatari prestarà aquest servei de manteniment i gestionarà la garantia que ofereixi el fabricant dels equips.
- 2.3. Comunicació de les avaries. Els usuaris de la EEBE podran comunicar les avaries per mitja d'un telèfon de contacte, una adreça de correu electrònic o un formulari accessible amb el navegador web, facilitats per l'adjudicatari o per la EEBE.
- 2.4. La solució de les avaries es farà "in-situ", reparant o substituint els components avariats o defectuosos durant els dos anys de prestació del servei, incloent tots els costos de la reparació: personal, desplaçaments, components o equips complets, quan sigui necessari i qualsevol altra despesa.
- 2.5. Material de reparació. Per a tots els components que afecten la configuració de l'equip s'hauran de fer les reparacions amb components idèntics als que es serveixen en els equips originals, (mateixa marca, model, etc.), i solament en el cas que això no fos possible, s'utilitzaria un component de substitució de característiques iguals o superiors. En la resta de components el material utilitzat a les reparacions ha de ser original o el que estigui homologat pel fabricant, a la darrera versió d'enginyeria segons les especificacions del fabricant, garantit contra qualsevol defecte, i de característiques iguals o superiors al substituït

Sots-director d'Infraestructures i Recursos de l'EEBE



Juan Antonio García-Alzórriz

Barcelona, 4 de juny de 2020