

Guia de bones pràctiques
de **seguretat en robòtica**

Guia de bones pràctiques de seguretat en robòtica

Asepeyo. Mútua Col·laboradora amb la Seguretat Social núm. 151

1a edició: maig 2023

Autors: Claudio Alberto García Suárez, Gerardo Franco Cedrún, Juan Isidre Petit Oltra, Lorenzo Díaz González, Rafael Luis Moyer Álvarez, Ricardo Castaño García-Castro i Joan Pau Esplugas Vidal (consultors del grup de treball de seguretat robòtica d'Asepeyo).

Tots els drets reservats a totes les llengües i països.

Referència R1E23340C

www.asepeyo.cat

Presentació

Aquesta publicació pretén sensibilitzar i donar a conèixer nocions bàsiques de la seguretat en robòtica, començant per la història de la robòtica, els seus orígens i el seu desenvolupament, i la importància dels robots, que cada cop ens són més familiars i propers, estan més integrats a la nostra vida diària i ens proporcionen unes millors condicions i qualitat de vida amb beneficis molt notables, sense oblidar els aspectes de la seguretat.

En el document desenvolupem una visió general de les diferents tipologies de robots i analitzem les condicions que han de complir per treballar amb condicions de seguretat, principalment les que s'exposen a les normes UNE EN ISO específiques per a aquest tipus d'equips de treball i, en particular, les que tracten l'àmbit col·laboratiu.

Analitzem les formes de treball col·laboratiu que ens permeten les normes i indiquem els criteris per al disseny de sistemes de robots col·laboratius.

Quan un robot i un humà col·laboren, l'empresa guanya en productivitat però sempre s'ha de garantir la seguretat de les persones en els entorns robotitzats, que cada dia són més presents a les nostres activitats.

Cal destacar l'impacte que tenen en l'àmbit de la manipulació de càrregues i en les tasques repetitives que poden dur a terme i que milloren notablement les condicions de treball; la seva aportació ha de ser molt important ja que actualment tres de cada deu accidents es deuen a trastorns musculoesquelètics.

La publicació s'emmarca dins del Pla d'activitats preventives de les mútues col·laboradores amb la Seguretat Social per tal de sensibilitzar els empresaris pel que fa als riscos de la robòtica, activitat molt present que evoluciona ràpidament amb el suport tecnològic.

Índex

Història de la robòtica	4
Estadístiques de robots	5
Definició: què és un robot industrial?	7
Classificació general dels robots segons la seva estructura mecànica	7
Classificació general dels robots segons la seva funció	10
Robots industrials i col·laboratius	
Robots no industrials. Robots de servei	
Robots de servei personal per a ús personal	
Robots de servei personal per a ús professional Robot mòbil	
Norma UNE EN ISO 13482	11
Robots i dispositius robòtics	
Requisits de seguretat per a robots no industrials Robots d'assistència personal no mèdics	
Diferències entre robots industrials i robots col·laboratius (avantatges i inconvenients)	12
Legislació i normes aplicables	13
RD 1644/2008. Maquinària, fabricació i comercialització	
RD 1215/1997. Seguretat en els equips de treball	
Avaluacions de risc	14
Normes UNE EN ISO i requisits essencials de seguretat i salut	14
Tipus d'interacció d'aplicacions col·laboratives	16
Formes de funcionament col·laboratiu	17
Tipus de contacte	18
ISO 15066:2016. Disseny de sistemes de robots col·laboratius d'ús industrial	19
Mesures de reducció del risc passives i actives	19
Valoració dels contactes. Model del cos	21

Història de la robòtica

La història dels robots té el seu origen en el món antic. Hi ha referències a l'antic Egipte des del segle XVI a. de C. fins al segle XI a. de C. Els reis manaven fer escultures o gravats que representaven objectes i animals en moviment. Els enginyers àrabs Banu Musa i Al-Jazari van publicar tractats d'hidràulica, van avançar l'art dels rellotges d'aigua (flux d'aigua que mesura el temps) i en van desenvolupar els engranatges segmentaris al llibre "Coneixements de dispositius mecànics enginyosos", publicat el 1206 per Al-Jazari (enginyer i inventor de l'enginyeria hidràulica) abans de morir. Aquests engranatges apareixen 100 anys després als rellotges europeus.

Leonardo da Vinci (1452-1519) desenvolupa la primera automatització confirmable, humanoide (cavaller amb armadura), que mou el cap, la mandíbula, el braç i es posa en guàrdia.

- 1910. Nikola Tesla, nord-americà d'origen croat, enginyer mecànic i elèctric, i Leonardo Torres Quevedo, enginyer de camins, inventen sistemes de control remot per teledirigir màquines.
- 1930. L'empresa Westinghouse Electric Corporation va utilitzar tecnologia punta per crear aquest primer humanoide, que a més a més era capaç de parlar, caminar i respondre preguntes.
- 1946. Es crea la primera computadora electrònica anomenada ENIAC. Era digital i susceptible de ser reprogramada per resoldre problemes numèrics.
- 1948. S'inventa el transistor als laboratoris Nokia Bell Labs de Nova Jersey. Es creen expectatives d'una nova revolució tecnològica, es parla de l'arribada de màquines intel·ligents. Es redueix la mida dels equips i el consum d'energia. El 1950 apareixen els circuits integrats que revolucionen l'electrònica i els computadors. Comencen a aplicar-se a la robòtica.
- 1960. Es desenvolupa el primer robot industrial: UNIMATE. Es va instal·lar en una cadena de muntatge de General Motors a la Inland Fisher Guide Plant a Ewing (Nova Jersey), l'any 1961. La seva feina consistia a aixecar peces calentes de metall d'una màquina de fosa de metall.
- 1970. La Universitat de Stanford desenvolupa el robot Shakey. Necessitava 1 hora per poder processar una imatge i prendre una decisió, amb el risc que l'entorn hagués canviat.
- 1996. J. Edward Colgate i Michael Peshkin, professors de la Universitat del Nord-oest als EUA, creen el primer COBOT.

Des del 1996 han experimentat un gran avenç i creixement dins del sector de l'automatització industrial. Aporten un gran valor en les feines repetitives i en cadena.

Cada cop són més útils en els sectors de logística, alimentació, emmagatzematge i treballs pesants. I també s'està desenvolupant amb èxit la robòtica d'assistència personal i serveis.

No podem deixar d'esmentar la indústria 4.0, ja que està íntimament relacionada amb la robòtica. El concepte "Quarta Revolució Industrial" va ser proposat i encunyat per Klaus Schwab, un dels fundadors del Fòrum Econòmic Mundial, en el context de l'edició del FEM 2016:

- Avenços tecnològics Robòtica
- Intel·ligència artificial i nanotecnologia
- Computació quàntica, biotecnologia i impressió 3D
- Vehicles autònoms, drons

La intel·ligència artificial és l'element central d'aquesta transformació relacionada amb l'acumulació de grans quantitats de dades (big data), l'ús d'algorismes, la interconnexió massiva de sistemes digitals, Smart Factories i més ús d'Internet i tecnologia punta.

Estadístiques de robots

Cada dia els robots van guanyant protagonisme al món i són capaços d'assolir nous èxits. S'ha produït una evolució de l'ús dels robots al món. Han passat d'estar tancats entre tanques de seguretat a col·laborar mà a mà amb els operaris (cobots o robots col·laboratius) i fins i tot a envair les llars (aspirador Roomba). A dia d'avui hi ha prototips de robots socials dissenyats per assistir i fer companyia a les persones grans; en l'àmbit de l'agricultura, hi ha robots que cremen males herbes amb làser, d'altres que recol·lecten pomes; en medicina ajuden els metges a fer operacions complexes, i n'hi ha amb múltiples aplicacions més.

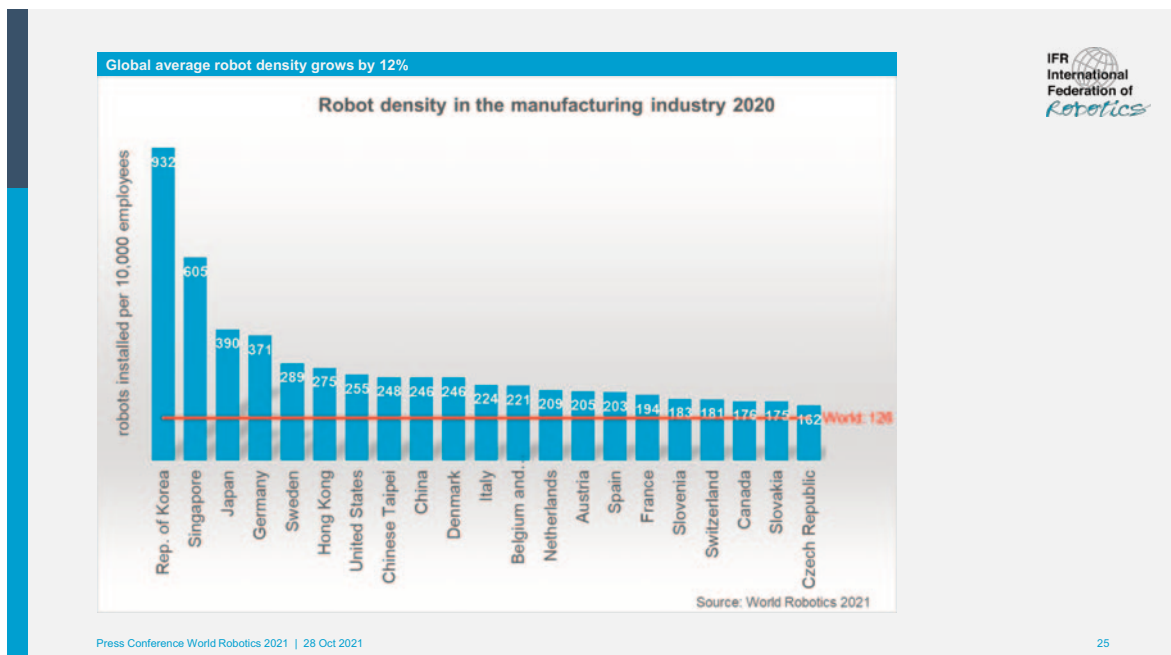
L'evolució de la tecnologia, l'impuls que ha suposat l'IdC (internet de les coses), el big data i la IA (intel·ligència artificial) han suposat un gran avenç i han possibilitat la realització de reptes complicats. D'altra banda, els preus més assequibles fan que siguin molt eficaços oferint versatilitat, facilitat i rapidesa de producció. La seva programació cada cop és més senzilla per al treballador. Quan un robot i un humà col·laboren, l'empresa guanya productivitat.

Fan tasques de manipulació de càrregues, feines repetitives i de precisió, entre d'altres. A més, ajuden els treballadors en les seves tasques i els permeten poder fer feines que aportin més valor al producte final.

Les dades més rellevants de les xifres dels robots al món segons la [IFR \(International Federation of Robotics\)](#) són:

- Evolució de la xifra de robots al món

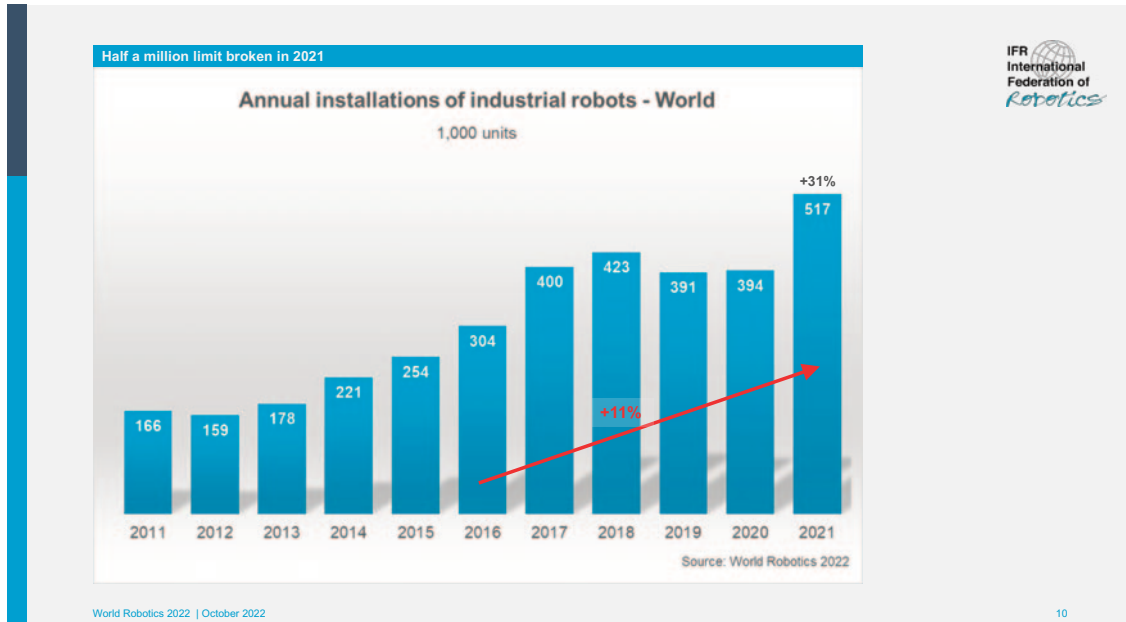
Actualment la mitjana és de 126 robots per cada 10.000 treballadors. A Espanya, 203.



(Font: IFR International Federation of Robotics)

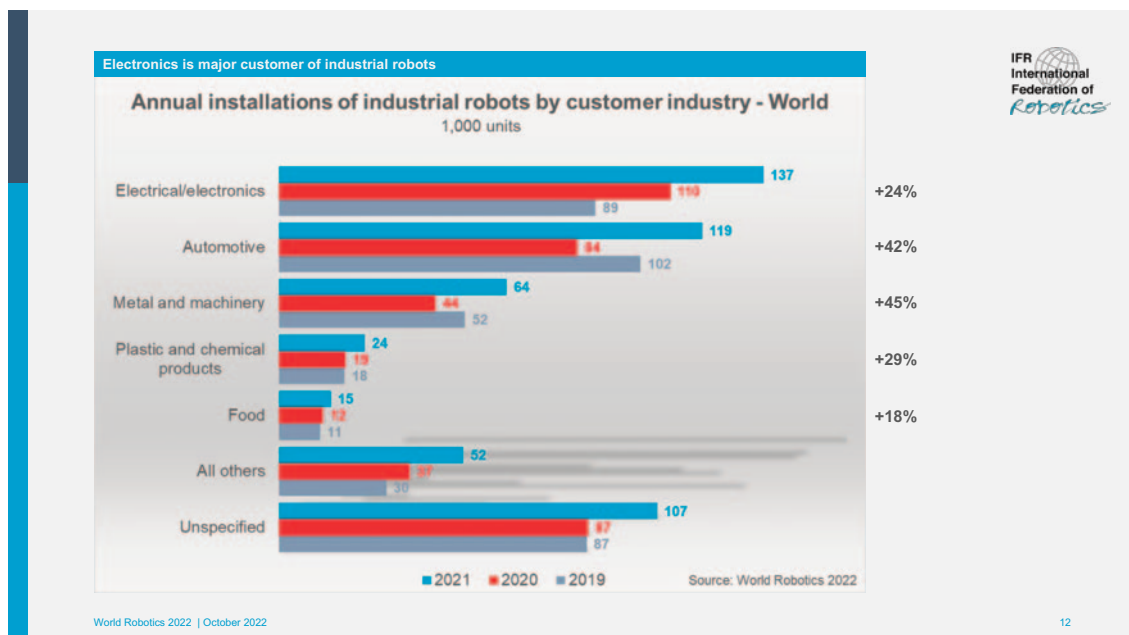
- Increment anual del 13 % en unitats del 2013 al 2018

El 2019 se'n van instal·lar 391.000 unitats; el 2020, 394.000 unitats, i el 2021, 517.000 unitats, fet que suposa un increment del 31 %.



(Font: IFR International Federation of Robotics)

- Activitats i sectors amb més incidència en instal·lació de robots: automoció, components electrònics, metall i maquinària, plàstic, productes químics i alimentació.



(Font: IFR International Federation of Robotics)

Definició: què és un robot industrial?

La definició s'estableix clarament a la norma UNE EN ISO 10218-1. Robots i dispositius robòtics. Requisits de seguretat per a robots industrials. Part 1. És la mateixa definició de l'ISO 8373:2012 "Manipulador controlat automàticament, reprogramable i multifuncional, programable en tres eixos o més, que pot ser fix o mòbil i que s'utilitza en aplicacions industrials automatitzades".

Puntualitzacions sobre la definició.

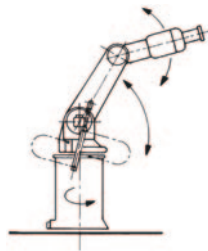
- Reprogramable: dissenyat perquè els moviments o funcions auxiliars es puguin canviar sense alteracions físiques (canvis físics).
- Multifuncional: capaç d'adaptar-se a diferents aplicacions amb alteracions físiques (canvis físics).
- Alteració física: alteració del sistema mecànic (no inclou emmagatzematge, ROM).
- Eixos: direcció utilitzada per especificar el moviment del robot en mode lineal o en rotació.
- Fix o mòbil: el robot pot estar muntat en un punt fix o en un punt no fix, p. ex. sobre rails.

El manipulador inclou els accionadors.

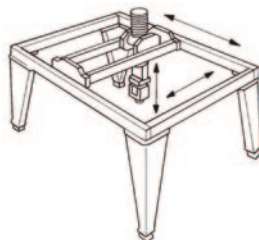
El sistema de control inclou la consola de programació i qualsevol interfície de comunicació (maquinari i programari).

Classificació general dels robots segons la seva estructura mecànica (ISO 8373:2012)

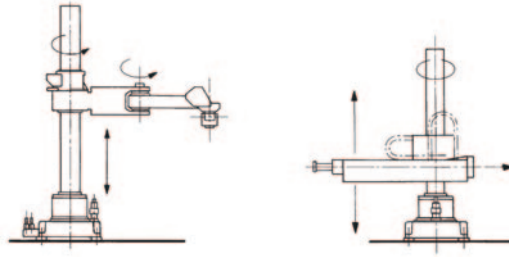
- Robot articulat: robot el braç del qual té com a mínim tres eixos de rotació.



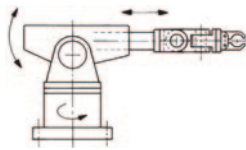
- Robot cartesià: robot el braç del qual té tres eixos prismàtics que es corresponen amb un sistema d'eixos cartesianes.



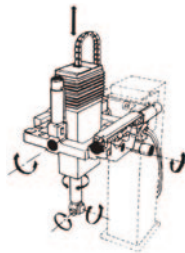
- Robot cilíndric: robot els eixos del qual formen un sistema de cilindres coordinats.



- Robot polar: robot esfèric el braç del qual té dues articulacions giratòries i una articulació prismàtica, els eixos de les quals formen un sistema de coordenades polars.



- Robot pendular: robot polar l'estructura mecànica del qual inclou un subconjunt giratori de tipus transmissió de Cardan.



* Dibuixos. Font: ISO 8373

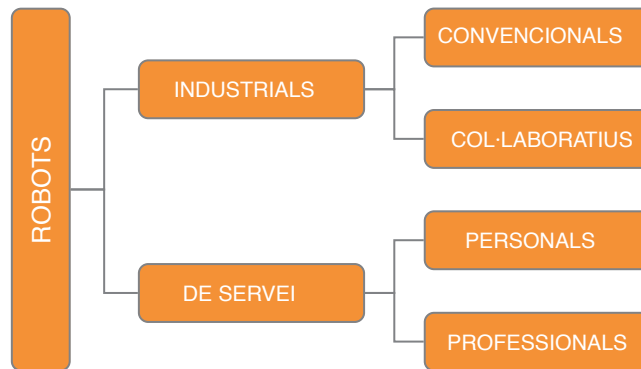
- Robot paral·lel/delta: robot els braços del qual tenen alhora eixos prismàtics o rotatius concurrents.



- Robot SCARA: robot que té dos eixos paral·lels rotatoris per proporcionar accés en un pla.



Classificació general dels robots segons la funció



- Robots industrials i col·laboratius

Els avenços tecnològics han portat a l'aparició de robots col·laboratius, fet que permet la col·laboració en el mateix espai i temps entre un robot i una persona.

L'objectiu dels robots col·laboratius és combinar l'actuació repetitiva dels robots amb les habilitats de les persones. Les persones tenen capacitats excel·lents per resoldre exercicis imprecisos, els robots exhibeixen precisió, potència i resistència.

Per aconseguir la seguretat, les aplicacions robòtiques exclouïen tradicionalment l'accés de la persona operària a la zona d'operacions mentre el robot estava actiu. Per tant, una varietat d'operacions requerien la intervenció humana i sovint no es podia automatitzar utilitzant sistemes de robots.

- Robots no industrials. Robots de servei

La definició segons l'ISO 8373: robot que executa tasques útils per als humans o les instal·lacions, excloent-ne les aplicacions d'automatització industrial.

Les aplicacions d'automatització industrial inclouen fabricació, inspecció, embalatge i muntatge, però no es limiten a aquestes.

Mentre que els robots articulats utilitzats en les línies de producció són robots industrials, els robots articulats similars que s'utilitzen per servir aliments són robots de servei.

- Robots de servei per a ús personal: utilitzats per a una tasca no comercial per personal no expert.

Exemples: robot de servei domèstic, cadira de rodes automatitzada, robot d'assistència de mobilitat personal i robot entrenador d'animals.

- Robots de servei per a ús professional: robot de servei utilitzat per a una tasca comercial, generalment operat per una persona operadora degudament capacitada.

Exemples: robot de neteja per a llocs públics, robot de distribució en oficines o hospitals, robot d'extinció d'incendis, robot de rehabilitació i robot de cirurgia als hospitals.

- Robot mòbil: robot capaç de moure's pel seu compte sota el seu propi control.

Nota: un robot mòbil pot ser una plataforma mòbil amb manipuladors o sense.



Norma UNE EN ISO 13482

Els robots no industrials estan inclosos a la norma UNE EN ISO 13482. Robots i dispositius robòtics. Requisits de seguretat per a robots no industrials. Robots d'assistència personal no mèdics.

El seu camp d'aplicació és:

- Robots mòbils de servei. Robots mòbils autònoms (AMR) i vehicles autoguiats (AGV) UNE-EN ISO 3691-4:2020.
 - L'AMR és un robot autoguiat, equipat amb un programari de navegació i amb sensors intel·ligents que li permeten seleccionar la ruta més eficient.
 - L'AGV és un robot mòbil que segueix llargues línies marcades o cables a terra, o utilitza ones de ràdio, càmeres de visió, imants o làsers per a la navegació.



- Robots d'assistència física
- Robots per al transport de persones UNE-EN 13814:2006. Maquinària i estructures per a parcs i fires d'atraccions. Seguretat.

Són robots que duen a terme habitualment tasques per millorar la qualitat de vida dels usuaris.

Els RAP (robots d'assistència personal) s'han de dissenyar tenint en compte un disseny intrínsecament segur, mesures de protecció i la informació per a la utilització per a tots els perills identificats per a la seva aplicació (principis de l'ISO 12100).

La norma UNE EN ISO 13482 desglossa els requisits del sistema de comandament relacionats amb la seguretat (funcionament, velocitat, aturada, estabilitat, espai de treball, detecció de l'entorn, estabilitat, força, singularitats, etc.) ja que un gran nombre de riscos sorgeixen de les interaccions dinàmiques amb els obstacles relacionats amb la seguretat.

Recomana mètodes per a la verificació i la validació.
Exposa com evitar-los, seguint els perills relacionats amb:

- l'energia
- la forma
- les emissions
- les interferències electromagnètiques
- l'estrès, la postura i l'ús
- els moviments
- la durabilitat
- les decisions i accions autònomes incorrectes
- els components en moviment
- la manca de consciència dels robots pels éssers humans
- les condicions ambientals
- els errors de posicionament i navegació

Diferències entre robots industrials i robots col·laboratius (avantatges i inconvenients)

	COL-LABORATIUS	NO COL-LABORATIUS
ESPAI NECESSARI	EN NECESSITEN MENYS	LA SEGURETAT ELS CONDICIONA
VELOCITAT	PER SEGURETAT, MÉS LENTS	SUPERIOR
CAPACITAT DE CÀRREGA	MENOR	PODEN CARREGAR MÉS
ABAST	MÉS LIMITAT	MÉS GRAN
PRODUCCIÓ A ESCALES MENORS	MILLOR	MENOR FLEXIBILITAT ALS CANVIS
ESPECIALITZACIÓ	NO TAN ESPECIALITZATS	MÉS ESPECIALITZATS
VERSATILITAT	MÉS VERSATILS	NO TAN VERSÀTILS
PROGRAMACIÓ	MÉS FÀCIL I INTUITIVA	NECESSITA UN EXPERT
RESISTÈNCIA	SÓN MENYS RESISTENTS	SÓN MÉS RESISTENTS
INSTAL·LACIÓ	MÉS SENZILLA	MÉS COMPLEXA
COST	MENOR	MÉS ELEVAT

LEGISLACIÓ I NORMES APLICABLES

- Des del punt de vista de fabricació i comercialització (RD 1644/2008)
- Afecta el fabricant, la fase de fabricació i la comercialització. Directiva de nou enfocament per al marcatge CE, per tal que, com a producte, es pugui comercialitzar a tota la UE.
- Des del punt de vista d'utilització per part dels treballadors (RD 1215/1997)
- Afecta l'empresari, la persona que posa l'equip de treball a la disposició del treballador. Prové del desenvolupament de la Directiva marc de l'LPRL. Protecció dels treballadors. A partir de la Directiva marc també s'han desenvolupat els reials decrets de llocs de treball, agents biològics, risc elèctric, atmosferes explosives, senyalització, etc.

RD 1644/2008

- RD 1644/2008. Com a producte a comercialitzar i circular lliurement per la UE, està afectat per la directiva de màquines, traslladada a la legislació espanyola mitjançant el RD 1644/2008. Actualment està a punt d'aprovar-se el reglament nou de maquinària, que substituirà la Directiva actual; com que és un reglament, la seva aplicació serà directa i no caldrà que hi hagi un Reial decret.
- Definició. ROBOT (QUASI MÀQUINA): conjunt que constitueix gairebé una màquina, però que no pot fer per si mateix una aplicació determinada.
- La quasi màquina està destinada únicament a ser incorporada o acoblada a altres màquines o a altres quasi màquines o equips, per formar una màquina a la qual s'apliqui la Directiva de màquines.
- El robot ha de complir:
 - Els requisits essencials de seguretat i salut. Annex I del RD 1644/2008
 - Declaració d'incorporació, documentació tècnica i instruccions de muntatge
 - No porta marcatge CE
- L'instal·lador, fabricant o representant autoritzat del robot és qui redacta la declaració de conformitat CE i col·loca el marcatge CE a la màquina.
- A l'expedient que ha de presentar ha de fer una avaluació de riscos de la màquina.
- Ha d'aportar:
 - Declaració de conformitat
 - Manual d'instruccions original i traducció
 - Raó social i adreça completa del fabricant
 - Ús previst i modes de no utilització
 - Manteniment i reglatge

RD 1215/1997

Com a equip de treball està afectat pel RD 1215/1997. Obliga l'empresari a complir:

- Disposicions legals que li siguin aplicables
- Condicions de l'Annex I i l'Annex II
- Obligacions en matèria de formació i informació (ressaltar l'assignació d'un equip de treball a un treballador)

Un tècnic en prevenció ha de fer una avaluació de riscos:

- Cada cop que es produeixi algun canvi o modificació.
- Modificacions substancials. És qualsevol modificació que impliqui que la màquina faci, després d'aquesta modificació, funcions o aplicacions que abans no feia. També es considera modificació substancial aquella que dona lloc a l'aparició de nous riscos a la màquina. Converteixen qui les fa en fabricant i li traspassen la responsabilitat.

AVALUACIONS DE RISC

Quan cal fer una avaluació?

- Quan es compren nous equips o maquinària, amb un robot com a part del procés.
- Quan es modifica la maquinària existent per permetre que s'hi integri un robot.
- Quan el robot es reubica en una nova ubicació.
- Quan el robot rep una tasca o operació nova.
- Quan es revisa periòdicament l'AR quan cal reavaluar els controls que estiguin en vigor per garantir que continuïn sent efectius.

Quan revisarem l'avaluació de riscos?

- Després de qualsevol canvi significatiu dins del lloc de treball o procés en qüestió.
- Després d'un accident.
- Després de reportar un quasi accident.

Alguns aspectes que cal considerar en l'avaluació de riscos:

- Guardes de seguretat, inclòs el tipus i les dimensions relatives
- Inspeccions d'enclavament
- Inspecció del sistema de control de seguretat
- Riscos tèrmics
- Si el robot produeix nivells alts de soroll per sobre dels límits del llindar
- Qualsevol perill específic associat al robot

NORMES UNE EN ISO i requisits essencials de seguretat i salut (RSS)

Les normes UNE EN a aplicar per complir els RSS, l'anomenada presumpció de conformitat, amb què s'assegura presumptament el compliment dels requisits que exigeix la norma, són, entre d'altres:

- UNE-EN ISO 12100:2012
- UNE EN ISO 10218-1:2011
- UNE-EN ISO 10218-2:2011
- ISO/TS 15066:2016.

UNE-EN ISO 12100:2012. SEGURETAT DE LES MÀQUINES. PRINCIPIS GENERALS PER AL DISSENY. AVALUACIÓ DEL RISC I REDUCCIÓ DEL RISC.

Norma tipus A. Són normes bàsiques de seguretat que contenen conceptes bàsics, principis generals per al disseny i aspectes generals aplicables a les màquines.

Describeix els perills bàsics i facilita al dissenyador la identificació de perills rellevants i significatius de les màquines. És la que s'aplica a tot tipus de màquines en general.

UNE EN ISO 10218-1:2012. ROBOTS I DISPOSITIUS ROBÒTICS. REQUISITS DE SEGURETAT PER A ROBOTS INDUSTRIALS. PART 1: ROBOTS.

Norma tipus C. Són normes per a la seguretat de les màquines que descriuen requisits de seguretat detallats per a una determinada màquina o un grup de màquines.

- Especifica els requisits de seguretat per als robots industrials.
- No aplicable per a la integració de robots o el disseny de sistemes de robot (cèl·lules robotitzades), condició desenvolupada a la part 2 de la norma.

UNE-EN ISO 10218-2:2012 ROBOTS I DISPOSITIUS ROBÒTICS. REQUISITS DE SEGURETAT PER A ROBOTS INDUSTRIALS. PART 2: SISTEMES ROBOT I INTEGRACIÓ.

Norma tipus C

- Especifica els requisits de seguretat per a sistemes robot i integracions de robots que compleixen la norma UNE EN ISO 10218-1.
- S'aplica a sistemes de robot com màquines.
- La integració inclou el disseny, la construcció, la instal·lació, l'operació, el manteniment i la posada fora de servei.

ASPECTES CLAU EN LA IDENTIFICACIÓ DE PERILLS. UNE-EN ISO 10218-2:2011

Perills relatius al robot, incloent-hi:

- Característiques del robot (càrrega, velocitat, força, impuls, torsió, potència, geometria, superfície, forma i material).
- Condicions de contacte quasiestàtic en el robot.
- Localització de la persona operadora amb referència a les proximitats del robot (treballant sota el robot).

Perills relatius al sistema del robot, incloent-hi:

- Pines del robot i peça de treball, disseny ergonòmic, vores esmolades, pèrdua de la peça de treball, protuberàncies i treball amb el carregador d'eines.
- Operacions de moviment i localització pel que fa a la posició de les parts, orientació d'estructures (accessoris, suports, parets) i localització de perills en accessoris.
- Disseny d'accessoris, agafadors, etc.
- Una determinació sobre si el contacte és transitori o quasiestàtic i les parts del cos de la persona operadora que poden resultar-ne afectades.
- El disseny i la localització de qualsevol control manual del sistema del robot (accessibilitat, ergonomia, possible mal ús, possible confusió del control als indicadors d'estat).
- Influència i efectes dels voltants (quan es treu una coberta protectora d'una màquina adjacent, proximitat a un tallador làser).

Perills relatius a l'aplicació, incloent-hi:

- Riscos específics del procés (temperatura, parts expulsades, esquixades de soldadures).

ASPECTES CLAU EN LA IDENTIFICACIÓ DE TREBALLS. UNE-EN ISO 10218-2:2011

- Freqüència i durada de la presència de la persona operària a l'espai col·laboratiu amb el robot en moviment.
- Freqüència i durada del contacte entre una persona operària i un sistema de robots amb la potència

d'accionament o les aplicacions relatives a les fonts d'energia actives (guiatge manual, interacció física amb l'eina o la peça de treball).

- Transició entre l'operació col·laborativa i l'operació no col·laborativa
- Inici automàtic o manual del sistema després que s'hagi completat l'operació col·laborativa.
- Tasques amb més d'una persona operadora.
- Qualsevol treball addicional a l'espai col·laboratiu.

ISO/TS 15066:2016. ROBOTS I DISPOSITIUS ROBÒTICS. ROBOTS COL·LABORATIUS

Especifica els requisits de seguretat addicionals per als sistemes de robots industrials de col·laboració. Suplementa i suporta les UNE EN ISO 10218.

És una especificació tècnica, no una norma harmonitzada.

Ens facilita l'obtenció d'uns valors límit que s'especifiquen a l'Annex A: valors límit per a contactes quasiestàtics i transitoris.

Altres documents d'interès

ISO/TR 20218-1 Efectors finals (agost 2018) Report tècnic

Effector final: dispositiu dissenyat específicament per a la fixació a la interfície mecànica per habilitar el robot per fer la seva tasca.

Exemples: pinça, passador de femelles, pistola de soldar, pistola polvoritzadora...

Aquest document proporciona una guia per als efectors en els sistemes de robot inclosos a les aplicacions col·laboratives en què un sistema de robot i els operadors comparteixen el mateix espai de treball. En aquestes aplicacions col·laboratives, el disseny de l'effector final té molta importància, particularment característiques com ara formes, superfícies i funció d'aplicació (per exemple, forces de subjecció, generació de material residual, temperatura).

ISO/TR 20218-2 Estacions manuals de càrrega/descàrrega (juliol 2017). Report tècnic

ISO/TR 20218-2: 2017 és aplicable als sistemes de robot per a aplicacions de càrrega/descàrrega manual en què es protegeix una zona de perill i s'hi impedeix l'accés. Per a aquest tipus d'aplicació és important considerar la necessitat tant de restriccions d'accés a les zones de perill com de llocs de treball ergonòmicament adequats.

Tipus d'interacció d'aplicacions col·laboratives

- **Coexistència**, quan la persona operària i el cobot treballen alhora en espais diferents.
- **Cooperació**, quan la persona operària i el cobot treballen en mateix espai, però en temps diferents.
- **Col·laboració**, quan la persona operària i el cobot treballen alhora en el mateix espai.
- **Sense interacció**, quan el cobot treballa de manera autònoma i independent.

Definicions

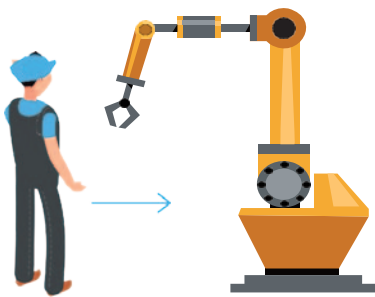
Operació col·laborativa. Situació en què robots específicament dissenyats treballen en cooperació directa amb humans en un espai de treball definit.

Espai de treball col·laboratiu. Espai de treball dins de l'espai resguardat (protegit) on un robot i un humà poden fer tasques simultàniament durant el procés de producció.

Les operacions han de ser col·laboratives per poder-se fer en aquestes condicions. No és que el robot sigui col·laboratiu, ho ha de ser l'aplicació per a la qual està destinat. És a dir, una operació de tall amb un ganivet mai no podrà ser col·laborativa, ja que no es pot evitar el risc de tall.

Formes de funcionament col·laboratiu

Les operacions col·laboratives poden incloure un o més dels mètodes següents:



- Aturada controlada de seguretat. Aturada segura monitoritzada

Aquest mètode s'utilitza per cessar el moviment del robot a l'espai col·laboratiu abans que la persona operària hi entri per interactuar amb el sistema de robot i completar la tasca (col·locar material en una pinça). Si no hi ha operaris a l'espai col·laboratiu, el robot pot treballar en mode no col·laboratiu. Quan el sistema de robot està en espai col·laboratiu, l'aturada supervisada amb classificació de seguretat està activada i el robot està aturat, cosa que permet la persona operadora entrar a l'espai col·laboratiu. El sistema de robot s'activa automàticament quan la persona operadora surt de l'espai col·laboratiu.

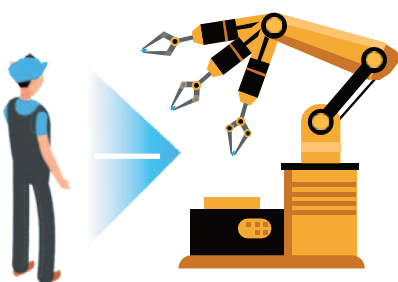
El robot s'ha d'aturar i romandre aturat quan una persona es troba a l'espai en què es mou.



- Guiatge manual

La persona operària utilitza un dispositiu operat a mà per transmetre els moviments al sistema de robot. Les operacions del robot només han de ser possibles accionant un comandament de validació i amb velocitat baixa.

El robot ha de tenir funcions de limitació d'eixos i velocitats.



- Supervisió de la velocitat i distància de separació

La reducció del risc s'assoleix mantenint la separació (distància mínima) entre la persona (operador/a) i el robot, ja sigui reduint la velocitat del robot o alterant-ne la trajectòria.

- Detecció de persones.
- Aturada segura monitoritzada.
- Limitació d'eixos i velocitats.
- Un cop feta, l'aturada s'ha de monitoritzar contínuament.
- Reinici de tasca automàtic

El robot pot continuar la tasca automàticament quan la persona abandoni l'espai col·laboratiu de treball.



- Limitació de potència i força pel disseny inherent o el control

Els contactes entre el robot i les persones estan permesos però només quan no originin cap lesió o dany. Això s'ha d'assegurar mitjançant el mètode següent:

- Determinar les parts del cos humà que puguin col·lisionar amb el robot.
- Limitar les forces de contacte, pressions, etc.

Requereix un robot dissenyat per a aquesta manera de treballar.

Per dissenyar aquests sistemes es fa servir l'especificació tècnica ISO/TS15066. Hi apareixen les referències dels límits dels contactes quasiestàtics i dels contactes transitoris.

Tipus de contacte

S'indiquen dos tipus de contactes possibles:

- Contacte quasiestàtic
- Contacte transitori

Contacte quasiestàtic



Contacte entre una persona operadora i una part del sistema de robots, en què el cos de la persona operadora pot ser subjectat entre una part mòbil i una part fixa de la cèl·lula robòtica.

Inclou situacions de subjecció o aixafament en què una part del cos d'una persona és atrapada entre la part mòbil d'un sistema de robot i una altra de fixa o mòbil de la cèl·lula de treball. En aquesta situació, el robot aplicaria una pressió o força al cos atrapat durant un temps fins que la condició canviés.

Contacte transitori



Contacte entre una persona operadora i una part del sistema de robots, en què el cos de la persona operadora no és subjectat i pot retrocedir del moviment del sistema de robot.

Referit com a "impacte dinàmic", descriu la situació en què el cos d'una persona és impactat per una part mòbil del robot i pot retrocedir o retreure's del robot sense subjecció o aixafament. Depèn de la combinació d'inèrcies del robot i de la persona, i de la part del cos de la persona i de la velocitat relativa de tots dos.

ISO 15066:2016. Disseny de sistemes de robots col·laboratius d'ús industrial

Factors que cal considerar en el disseny:

- Establiment de límits (3 dimensions) de l'espai col·laboratiu.
- Espai col·laboratiu, accés i espais lliures:
 - Delimitació de l'espai restringit i de l'espai col·laboratiu.
 - Influències en l'espai col·laboratiu (material emmagatzemat, requeriments de flux de producció, obstacles).
 - La necessitat d'espais lliures al voltant dels obstacles, com ara articles fixos, equips i suports de l'edifici.
 - Accessibilitat de la persona operària.
 - El contacte raonablement previsible entre parts del robot i la persona operadora.
 - Rutes d'accés (rutes dels operadors, moviment del material en l'espai col·laboratiu).
 - Perills associats amb relliscades, ensopegades i caigudes (safates de cablatge, superfícies desiguals, carrets, etc.).
- Ergonomia i comunicació humana amb l'equip
 - Claredat dels controls.
 - Possible estrès, fatiga, manca de concentració a causa de les operacions col·laboratives.
 - Error o mal ús (intencionat o no) de la persona operadora.
 - Possible comportament reflex de la persona operadora al funcionament del sistema de robot i l'equip relacionat.
 - Nivell d'entrenament i habilitats de la persona operadora.
 - Límits biomecànics acceptables en el funcionament previst i ús indegut raonablement previsible.
 - Conseqüències potencials d'un contacte o contactes repetitius.
- Utilitzar límits
 - Descripció dels treballs, incloent-hi la preparació i les habilitats de la persona operadora.
 - Identificació de les persones o grups amb accés al sistema col·laboratiu.
 - Identificació de situacions intencionades i no intencionades de contacte.
 - Restringir l'accés només als operadors autoritzats.
- Transicions
 - Principi i final de les operacions col·laboratives.
 - Transicions d'operacions col·laboratives a un altre tipus d'operacions.

Mesures de reducció del risc passives i actives

- Les passives provenen del disseny mecànic del robot
- Les actives del disseny del sistema de control del robot

Mesures passives

- Increment de l'àrea de contacte
 - Cantons i cantells arrodonits
 - Superfícies suaus
 - Superfícies compatibles

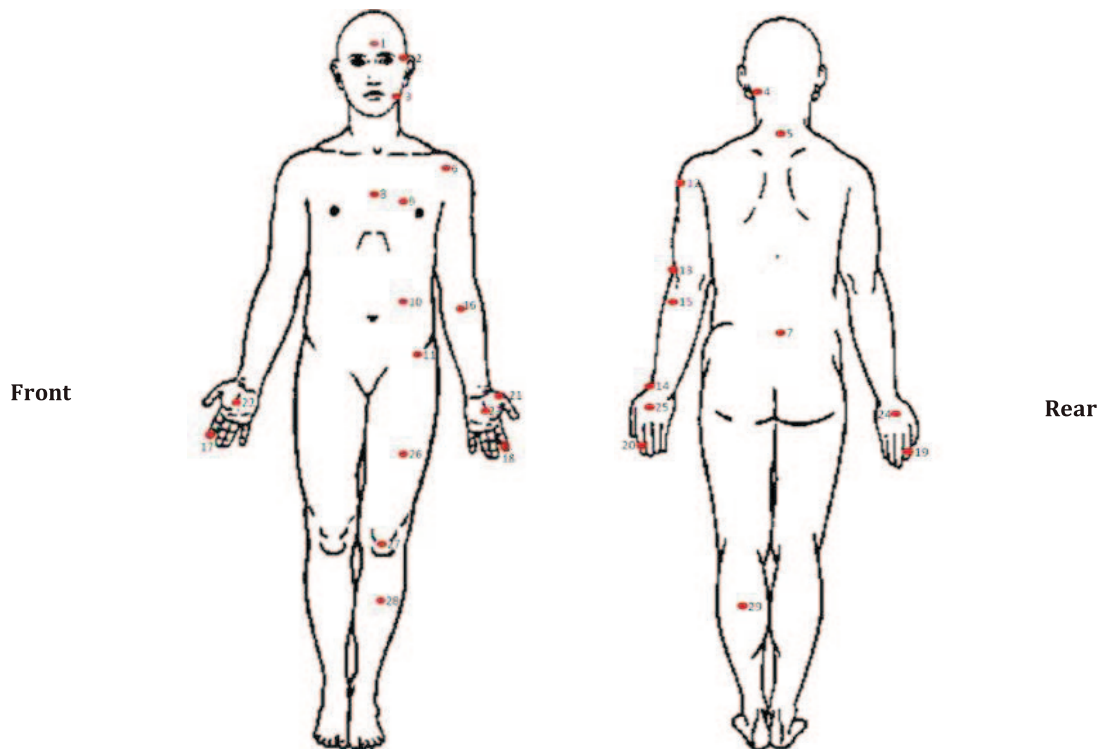
- Absorbir energia, augmentar el temps de transferir energia o reduir les forces d'impacte
 - Encoixinats
 - Components deformables
 - Junes o enllaços compatibles
- Limitar el moviment de masses

Mesures actives que inclouen, però no es limiten a:

- Limitar forces o parells
- Limitar velocitats de les parts mòbils
- Limitar la inèrcia, força mecànica o energia segons les masses o velocitats
- Utilitzar eixos tous i limitar l'espai
- Utilitzar l'aturada d'emergència
- Utilitzar sensors per anticipar o detectar el contacte

Valoració dels contactes. Model del cos. ISO 15066:2016

El model inclou 29 parts del cos específiques categoritzades en 12 regions.



TAULA I. MODEL PARTS DEL COS

Part del cos			Davant/Darrere
Crani i front	1	Front	Davant
	2	Templa	Davant
Coll	3	Mandíbula	Davant
Esquena i espatlles	4	Coll i vèrtebra	Darrere
	5	7a vèrtebra del coll	Darrere
Abdomen	6		Davant
	7		Darrere
Part superior braços i colzes	8	Estèrnum	Davant
	9	Pectoral	Davant
Abdomen	10	Abdominal	Davant
Pelvis	11		Davant
Part superior braços i colzes	12		Darrere
	13	Húmer	Darrere
Part inferior dels braços i canells	14	Ràdi	Darrere
	15		Darrere
	16		Davant
	17		Davant
Mans i dits	18		Davant
	19		Darrere
	20		Darrere
	21	Base del polze	Davant
	22		Davant
	23		Davant
	24		Darrere
	25		Darrere
	26	Cuixa	Davant
Cuixes i genolls	27	Genoll	Davant
	28	Mig de la canyella	Davant
Cames	29	Panxell	Darrere

TAULA 2. VALORS LÍMIT BIOMECÀNICS

NEns proporciona una taula de valors màxims de pressió i força admissibles segons el tipus de contacte.

El contacte amb la cara, el crani i el front no és permès.

Part del cos	Part específica del cos		Contacte quasiestàtic		Contacte transitori	
			Pressió màxima admissible e N/cm ²	Força màxima admissible e N	Pressió màxima admissible Factor multiplicador	Força màxima admissible Factor multiplicador
Crani i front	1	Front	130	130	No admissible	No admissible
	2	Templa	110		No admissible	No admissible
Cara	3	Mandíbula	110	65	No admissible	No admissible
Coll	4	Coll i vèrtebra	140	150	2	2
	5	7a vèrtebra del coll	210		2	
Esquena i espatlles	6	Articulació de l'espatlla	160	210	2	2
	7	5a vèrtebra lumbar	210		2	2
Pit	8	Estèrnum	120	140	2	2
	9	Pectoral	170	110	2	
Abdomen	10	Abdominal	140	180	2	2
Pelvis	11	Pelvis	210		2	2
Part superior braços i colzes	12	Deltoide	190	150	2	2
	13	Húmer	220		2	
Part inferior dels braços i canells	14	Ràdi	190	160	2	2
	15	Múscul de l'avantbraç	180		2	
Mans i dits	16	Nervi del braç	180	140	2	2
	17	Índex	300		2	
	18		270		2	
	19	Articulació de la punta del dit	280		2	
	20		220		2	
	21	Base del polze	200		2	
	22	Palmell	260		2	
	23		260		2	
	24	Part posterior de la mà	200		2	
	25		190		2	
Cuixes i genolls	26	Cuixa	250	220	2	2
	27	Genoll	220		2	
Cames	28	Mig de la canyella	220	130	2	2
	29	Panxell	210		2	

Aquests límits es poden calcular basant-se en la sensibilitat al dolor en la interfície home-màquina en situacions on el contacte ocorre. Aquests valors límit es poden utilitzar per establir els valors límit de pressió i força per a diverses zones del cos humà utilitzant un model de cos. Aquestes dades es poden extrapolar per establir límits de transferència d'energia a la interfície home-màquina. Després, es poden prescriure límits de velocitat per a un robot que es mou mitjançant un espai de treball col·laboratiu. Els valors dels límits de velocitat mantindrien els valors de força i pressió per sota del llindar de sensibilitat al dolor si es produís contacte entre una persona operadora i un robot.

Aquests valors límit es fonamenten en estimacions conservadores (xoc totalment inelàstic) i en investigacions científiques sobre la sensació de dolor.

Quan interpretem els valors hem de tenir en compte:

- Els valors biomecànics de l'estudi de la Universitat Mainz es basen en un sol estudi. En un futur se'n poden modificar els valors. 100 adults saludables, 29 àrees testejades. 75,5 percentil.
- Els valors de la força màxima permissible provenen d'un estudi dut a terme per una organització independent referida a 188 fonts. Aquests valors fan referència a zones del cos, no a parts específiques. La màxima força permissible es basa en la transferència d'energia més baixa que pugui resultar en la menor lesió, equivalent a la severitat d'1 a l'escala de lesions abreujades (AIS) establerta per l'Association for the Advancement of Automotive Medicine. L'ús d'aquests límits evitarà l'aparició de penetracions en pell o teixits tous que s'acompanyin de ferides sanguinolentes, fractures o altres danys esquelètics i que estiguin per sota de l'AIS 1. Seran reemplaçats en el futur per valors d'una investigació més específica per a cobots.
- El valor multiplicador per als contactes transitoris es basa en estudis que demostren que els valors transitoris poden ser com a mínim dues vegades més grans que els quasiestàtics per a força i pressió.

