

Mayo 2012

Versión corregida, Febrero 2014

### TÍTULO

**Robots y dispositivos robóticos**

**Requisitos de seguridad para robots industriales**

**Parte 1: Robots**

(ISO 10218-1:2011)

*Robots and robotic devices. Safety requirements for industrial robots. Part 1: Robots. (ISO 10218-1:2011)*

*Robots et dispositifs robotiques. Exigences de sécurité pour les robots industriels. Partie 1: Robots. (ISO 10218-1:2011)*

### CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN ISO 10218-1:2011, que a su vez adopta la Norma Internacional ISO 10218-1:2011.

### OBSERVACIONES

Esta norma sustituye a la Norma EN ISO 10218-1:2008 (ratificada por AENOR).

### ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 116 *Sistemas industriales automatizados* cuya Secretaría desempeña AER ATP.

*Esta versión corregida de la Norma UNE-EN ISO 10218-1:2012 incorpora las siguientes correcciones:*

*Donde dice:*

#### **5.10.1 Generalidades**

Los robots diseñados para trabajar de forma cooperativa deben proporcionar un indicador visual cuando el robot esté funcionando en cooperación y deben satisfacer los requisitos de los apartados 5.10.2 a 5.10.5.

*Debe decir:*

#### **5.10.1 Generalidades**

Los robots diseñados para trabajar de forma cooperativa deben proporcionar un indicador visual cuando el robot esté funcionando en cooperación y deben satisfacer uno o más de los requisitos de los apartados 5.10.2 a 5.10.5.

Versión en español

**Robots y dispositivos robóticos**  
**Requisitos de seguridad para robots industriales**  
**Parte 1: Robots**  
**(ISO 10218-1:2011)**

**Robots and robotic devices. Safety requirements for industrial robots. Part 1: Robots. (ISO 10218-1:2011)**

**Robots et dispositifs robotiques. Exigences de sécurité pour les robots industriels. Partie 1: Robots. (ISO 10218-1:2011)**

**Industrieroboter. Sicherheitsanforderungen. Teil 1: Roboter. (ISO 10218-1:2011)**

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2011-04-21.

Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional. Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales pueden obtenerse en el Centro de Gestión de CEN, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada al Centro de Gestión, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Suiza.

**CEN**  
**COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN**  
European Committee for Standardization  
Comité Européen de Normalisation  
Europäisches Komitee für Normung  
**CENTRO DE GESTIÓN: Avenue Marnix, 17-1000 Bruxelles**

## Prólogo

El texto de la Norma EN ISO 10218-1:2011 ha sido elaborado por el Comité Técnico ISO/TC 184 *Sistemas de automatización e integración* en colaboración con el Comité Técnico CEN/TC 310 *Tecnologías avanzadas de automatización y sus aplicaciones*, cuya Secretaría desempeña BSI.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a ella o mediante ratificación antes de finales de enero de 2012, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de enero de 2012.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento estén sujetos a derechos de patente. CEN y/o CENELEC no es(son) responsable(s) de la identificación de dichos derechos de patente.

Esta norma anula y sustituye a la Norma EN ISO 10218-1:2008.

Esta norma europea ha sido elaborada bajo un Mandato dirigido a CEN por la Comisión Europea y por la Asociación Europea de Libre Comercio, y sirve de apoyo a los requisitos esenciales de las Directivas europeas.

La relación con las Directivas UE se recoge en el anexo informativo ZA, que forma parte integrante de esta norma.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Suiza.

## Declaración

El texto de la Norma ISO 10218-1:2011 ha sido aprobado por CEN como Norma EN ISO 10218-1:2011 sin ninguna modificación.

## Índice

Prólogo .....	6
<b>0</b> <b>Introducción.....</b>	<b>7</b>
<b>1</b> <b>Objeto y campo de aplicación.....</b>	<b>7</b>
<b>2</b> <b>Normas para consulta .....</b>	<b>8</b>
<b>3</b> <b>Términos y definiciones .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b> <b>Identificación de peligros y evaluación de riesgos .....</b>	<b>12</b>
<b>5</b> <b>Requisitos de diseño y medidas de protección .....</b>	<b>13</b>
5.1      Generalidades .....	13
5.2      Requisitos generales .....	13
5.3      Controles de accionamiento.....	14
5.4      Funcionamiento del sistema de control de seguridad (hardware/software).....	14
5.5      Funciones de paro del robot .....	16
5.6      Control de velocidad .....	17
5.7      Modos de funcionamiento.....	18
5.8      Controles de la consola de guiado .....	19
5.9      Control de movimientos simultáneos.....	21
5.10      Requisitos para el funcionamiento cooperativo .....	22
5.11      Protección de singularidades .....	23
5.12      Limitación de los ejes .....	23
5.13      Movimiento sin potencia de accionamiento.....	25
5.14      Disposiciones para la carga del robot .....	25
5.15      Conectores eléctricos.....	25
<b>6</b> <b>Verificación y validación de los requisitos de seguridad y las medidas de protección.....</b>	<b>25</b>
6.1      General .....	25
6.2      Métodos de verificación y validación.....	25
6.3      Verificación y validación necesaria.....	26
<b>7</b> <b>Información de uso.....</b>	<b>26</b>
7.1      Generalidades .....	26
7.2      Manual de instrucciones .....	26
7.3      Señalización.....	28
<b>Anexo A (Informativo)      Lista de peligros significativos.....</b>	<b>29</b>
<b>Anexo B (Normativo)      Tiempos de parada y distancias métricas de parada.....</b>	<b>35</b>
<b>Anexo C (Informativo)      Características de las tres posiciones del dispositivo de validación .....</b>	<b>37</b>
<b>Anexo D (Informativo)      Características opcionales .....</b>	<b>38</b>
<b>Anexo E (Informativo)      Etiquetado .....</b>	<b>40</b>
<b>Anexo F (Normativo)      Medios para verificar los requisitos de seguridad y sus medidas.....</b>	<b>41</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>54</b>

## Prólogo

ISO (Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). El trabajo de preparación de las normas internacionales normalmente se realiza a través de los comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico, tiene el derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO, también participan en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en todas las materias de normalización electrotécnica.

Las normas internacionales se redactan de acuerdo con las reglas establecidas en la Parte 2 de las Directivas ISO/IEC.

La tarea principal de los comités técnicos es preparar normas internacionales. Los proyectos de normas internacionales adoptados por los comités técnicos se envían a los organismos miembros para votación. La publicación como norma internacional requiere la aprobación por al menos el 75% de los organismos miembros que emiten voto.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento puedan estar sujetos a derechos de patente. ISO no asume la responsabilidad por la identificación de cualquiera o todos los derechos de patente.

La Norma ISO 10218-1 fue preparada por el Comité Técnico ISO/TC 184, *Sistemas de automatización e integración*, Subcomité SC 2, *Dispositivos robóticos y robots*.

Esta segunda edición anula y sustituye a la primera edición (ISO 10218-1:2006) que ha sido revisada técnicamente. También incluye el Corrigendum Técnico ISO 10218-1:2006/Cor.1:2007

La Norma ISO 10218 consiste en las siguientes partes, bajo el título general *Robots y dispositivos robóticos. Requisitos de seguridad para robots industriales*:

- *Parte 1: Robots.*
- *Parte 2: Sistemas robot e integración.*

## 0 Introducción

La Norma ISO 10218 ha sido elaborada en respuesta a los riesgos que se presentan en los robots industriales y los sistemas robóticos industriales.

Esta parte de la Norma ISO 10218 es una norma de tipo C según la Norma ISO 12100.

Cuando las disposiciones de una norma de tipo C son diferentes de las que se establecen en las normas de tipo A o tipo B, las disposiciones de la norma de tipo C tienen prioridad sobre las disposiciones de las demás normas para las máquinas que han sido diseñadas y construidas de acuerdo con las disposiciones de la norma de tipo C.

La maquinaria tratada y el alcance de sus peligros y situaciones de riesgo asociados se indican en el objeto y campo de aplicación de esta parte de la Norma ISO 10218.

Los peligros asociados con los robots son muy conocidos, pero las fuentes de estos peligros normalmente son únicas para un sistema robótico particular. El número y tipo(s) de riesgo(s) están directamente relacionados con la naturaleza del proceso de automatización y la complejidad de la instalación. Los peligros asociados con estas situaciones de riesgo varían con el tipo de robot utilizado y su función, así como con la manera en que está instalado, programado, operado y mantenido.

NOTA No todos los peligros identificados por la Norma ISO 10218 se aplican a todos los robots, ni tampoco el nivel de riesgo asociado con una determinada situación de riesgo será el mismo de un robot a otro. Por consiguiente, los requisitos de seguridad, o las medidas de protección, o ambas, pueden variar respecto a lo especificado en la Norma ISO 10218. Se puede llevar a cabo una evaluación de los riesgos para determinar las medidas de protección pertinentes.

En reconocimiento de la naturaleza variable de los riesgos en los diferentes usos de los robots industriales, la Norma ISO 10218 se divide en dos partes. Esta parte de la Norma ISO 10218 proporciona directrices para garantizar la seguridad en el diseño y la construcción del robot. Dado que la seguridad en el uso de los robots industriales está influenciada por el diseño y la integración particular del robot, la Norma ISO 10218-2 proporciona directrices para la seguridad del personal durante la integración del robot, su instalación, ensayos, programación, funcionamiento, mantenimiento y reparación.

Esta parte de la Norma ISO 10218 ha sido actualizada en base a la experiencia obtenida en el desarrollo de las directrices de la Norma ISO 10218-2 sobre los requisitos del sistema y su integración, a fin de asegurar que permanece acorde con los requisitos mínimos de una norma tipo C para robots industriales. Los requisitos técnicos revisados incluyen, pero no están limitados a, la definición y los requisitos de las singularidades, la seguridad de los peligros en las transmisiones, los requisitos para la pérdida de potencia, el comportamiento seguro de los circuitos de control, la adición de una categoría 2 de función de paro, el modo de selección, los límites en la potencia y la fuerza, la señalización, y el tiempo y distancias métricas de paro actualizadas y sus características.

Esta parte de la Norma ISO 10218 no es aplicable a robots fabricados antes de su fecha de publicación.

## 1 Objeto y campo de aplicación

Esta parte de la Norma ISO 10218 especifica los requisitos y las directrices para un diseño inherentemente seguro, las medidas de protección y la información para el uso de robots industriales. La norma describe los riesgos básicos asociados con los robots y proporciona los requisitos para eliminar o reducir adecuadamente los peligros asociados con estos riesgos.

Esta parte de la Norma ISO 10218 no trata el robot de forma completa. La emisión de ruido generalmente no está considerada un peligro significativo del propio robot, por lo que el ruido se excluye del objeto y campo de aplicación de esta parte de la Norma ISO 10218.

Esta parte de la Norma ISO 10218 no es aplicable a robots no industriales, aunque los principios de seguridad establecidos en la Norma ISO 10218 pueden ser utilizados para estos otros robots.

NOTA 1 Los ejemplos de aplicaciones de robots no industriales incluyen, pero no se limitan a, robots acuáticos, militares y espaciales, manipuladores teleoperados, prótesis y de ayuda para discapacitados físicos, micro-robots (con desplazamientos menores de 1 mm), robots de cirugía o médicos, de servicio y de productos al consumidor.

NOTA 2 Los requisitos para los sistemas robots, su integración e instalación se tratan en la Norma ISO 10218-2.

NOTA 3 Aplicaciones específicas pueden producir peligros adicionales (por ejemplo soldadura, corte por láser, mecanizado). Estos peligros asociados a sus respectivos sistemas deben considerarse en la fase de diseño del robot.

## 2 Normas para consulta

Las normas que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de esta norma. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de la norma (incluyendo cualquier modificación de ésta).

ISO 9283:1998, *Robots manipuladores industriales. Criterios de análisis de prestaciones y métodos de ensayo relacionados*.

ISO 10218-2, *Robots y dispositivos robóticos. Requisitos de seguridad para robots industriales. Parte 2: Sistemas robot e integración*.

ISO 12100, *Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Evaluación y reducción del riesgo*.

ISO 13849-1:2006, *Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño*.

ISO 13850, *Seguridad de las máquinas. Parada de emergencia. Principios para el diseño*.

IEC 60204-1, *Seguridad de las máquinas. Equipo eléctrico de las máquinas. Parte 1: Requisitos generales*.

IEC 62061:2005, *Seguridad de las máquinas. Seguridad funcional de sistemas de mando eléctricos, electrónicos y electrónicos programables relativos a la seguridad*.

## 3 Términos y definiciones

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones incluidos en la Norma ISO 12100 además de los siguientes:

### 3.1 control de accionamiento:

Mecanismo mecánico dentro de un dispositivo de control.

EJEMPLO Una barra que abre contactos.

### 3.2 modo automático:

Modo de funcionamiento en el que el sistema de control del robot funciona conforme al programa de tarea.

[ISO 8373:1994, definición 5.3.8.1]

### 3.3 funcionamiento automático:

Estado en el que el robot ejecuta su tarea programada tal como está previsto.

NOTA Adoptado de la Norma ISO 8373:1994, definición 5.5.



**3.4 funcionamiento cooperativo:**

Estado en el que un robot diseñado específicamente para la tarea trabaja directamente en cooperación con un humano dentro de un espacio de trabajo definido.

**3.5 espacio de trabajo cooperativo:**

Espacio de trabajo dentro del espacio de seguridad en el que durante su funcionamiento el robot y un humano pueden desarrollar tareas de forma simultánea.

**3.6 potencia de accionamiento:**

Fuente o fuentes de energía de los actuadores del robot.

**3.7 elemento terminal:**

Dispositivo, específicamente concebido para fijarse a la interfase mecánica de la muñeca, que permite al robot realizar su trabajo.

EJEMPLO Pinza, pistola de soldadura, pistola de pintura.

[ISO 8373:1994, definición 3.11]

**3.8 fuente de energía:**

Fuente de energía eléctrica, mecánica, hidráulica, neumática, química, térmica, potencial, cinética o cualquier otra.

**3.9 movimiento peligroso:**

Movimiento que puede causar daños físicos personales o a la salud.

**3.10 robot industrial:**

Manipulador controlado automáticamente, reprogramable y multifuncional, programable en tres o más ejes, que puede ser fijo o móvil y que se utiliza en aplicaciones industriales automatizadas.

NOTA 1 El robot industrial incluye:

- el manipulador, incluyendo los actuadores;
- el sistema de control, incluyendo la consola de guiado y cualquier interfaz de comunicación (hardware y software).

NOTA 2 Esto incluye cualquier eje(s) adicional(es) integrado.

NOTA 3 Para esta parte de la Norma ISO 10218 los siguientes dispositivos están considerados robots industriales:

- robots guiados manualmente;
- partes manipuladoras de robots móviles;
- robots cooperativos.

NOTA 4 Adaptado de la Norma ISO 8373:1994, definición 2.6.

**3.11 sistema robótico industrial:**

Sistema que comprende:

- el robot industrial;
- el(los) elemento(s) terminal(es);
- cualquier maquinaria, equipamiento, dispositivos, ejes externos auxiliares o sensores que ayudan al robot a realizar su tarea.

NOTA 1 Los requisitos para el sistema robótico, incluidos aquellos para controlar riesgos, se encuentran en la Norma ISO 10218-2.

NOTA 2 Adaptado de la Norma ISO 8373:1994, definición 2.14.

**3.12 dispositivos de limitación:**

Medios que restringen el espacio máximo parando o provocando el paro de todos los movimientos del robot.

**3.13 control local:**

Estado del sistema o de partes del sistema en los que el sistema es operado únicamente desde un panel de control o consola de guiado de la máquina particular.

**3.14 modo manual:**

Modo de funcionamiento que permite el control directo del robot por parte de un operador.

NOTA 1 Ocasionalmente citado como modo de aprendizaje en el que se fijan los puntos del programa.

NOTA 2 Adaptado de la Norma ISO 8373:1994, definición 5.3.8.2.

**3.15 consola de guiado:**

Elemento de mano unido al sistema de control con el que el se puede programar o mover el robot.

[ISO 8373:1994, definición 5.8]

**3.16 Programa****3.16.1 programa de control:**

Conjunto de instrucciones inherentes que definen las capacidades, acciones y respuestas de un robot.

NOTA El tipo de programa se fija y usualmente no se modifica por el usuario.

[ISO 8373:1994, definición 5.1.2]

**3.16.2 programa de tarea:**

Conjunto de instrucciones de movimiento y funciones auxiliares que definen el trabajo específico a realizar por el sistema robótico.

NOTA 1 Este tipo de programa normalmente es generado por el usuario.

NOTA 2 Una aplicación es un área general de trabajo; una tarea es específica dentro de la aplicación.

[ISO 8373:1994, definición 5.1.1]

**3.16.3 verificación del programa:**

Ejecución del programa de tarea con la intención de confirmar la trayectoria del robot y su comportamiento.

NOTA La verificación puede incluir la totalidad o un segmento de la trayectoria definida por el punto de referencia del elemento terminal durante el programa de tarea o únicamente en un segmento de la trayectoria. Las instrucciones pueden ser ejecutadas en una única instrucción o en una secuencia continua de instrucciones. La verificación se utiliza en las nuevas aplicaciones y para la mejora y modificación de las ya existentes.

**3.17 paro de seguridad:**

Tipo de interrupción o paro que permite, por seguridad, el cese de movimientos y que detiene el programa lógico para facilitar su reanudación.

**3.18 actuador del robot:**

Mecanismo accionado por motor que convierte energía eléctrica, hidráulica o neumática en movimiento.

**3.19 relativo a la seguridad:**

Caracterizado por tener una función de seguridad con un comportamiento de seguridad especificado.

**3.19.1 velocidad controlada de seguridad:**

Función de seguridad que provoca un paro de seguridad cuando o bien la velocidad cartesiana de un punto del robot (por ejemplo, el TCP) o bien la velocidad de uno o varios de sus ejes exceden un valor límite especificado.

**3.19.2 velocidad reducida de seguridad:**

Control de velocidad de seguridad que limita la velocidad del robot a 250 mm/s o menos.

NOTA 1 La velocidad reducida de seguridad no es necesariamente el valor fijado en la función de control de velocidad reducida.

NOTA 2 La diferencia entre la velocidad controlada de seguridad y la velocidad reducida de seguridad está en que el límite de la velocidad controlada de seguridad puede ser mayor que 250 mm/s.

**3.19.3 ejes programados y limitación del espacio relativos a la seguridad; límite programado de seguridad:**

Límite en el alcance del movimiento del robot establecido por software o un sistema basado en la programación fija de fábrica que tiene un comportamiento de seguridad especificado y suficiente

NOTA El límite programado de seguridad podría ser la posición donde se inicia el paro, o podría asegurar que el robot no se mueve pasado el límite.

**3.19.4 salida de seguridad:**

Señal de salida que tiene un funcionamiento de seguridad especificado y suficiente.

**3.19.5 salida de la zona de seguridad:**

Salida de seguridad que indica el estado de la posición del robot en relación a un límite programado de la seguridad

NOTA Por ejemplo, la posición del robot puede estar dentro de la zona o fuera de la zona

**3.19.6 paro controlado de seguridad:**

Condición en la que se para el robot con la potencia de accionamiento activa, mientras un sistema de control con un funcionamiento de seguridad asegura que el robot no se mueve.

**3.20 movimiento simultáneo:**

Movimiento de dos o más robots al mismo tiempo bajo el control de una única estación de control, y que puede estar coordinado o sincronizado mediante correlación matemática

NOTA 1 La consola de guiado es un ejemplo de una estación de control.

NOTA 2 La coordinación puede ser de tipo maestro-esclavo.

**3.21 control desde un único punto:**

Habilidad de operar el robot de tal forma que la inicialización del movimiento del robot es únicamente posible desde una única fuente de control y no puede ser cancelada por ninguna otra fuente de iniciación.

**3.22 singularidad:**

Situación en el que el rango de la matriz Jacobiana tiene un rango menor al máximo rango.

NOTA Matemáticamente, en una configuración singular, la velocidad articular en el espacio de las articulaciones puede ser infinita para mantener la velocidad Cartesiana. En aplicaciones reales, los movimientos definidos en el espacio Cartesiano y cuya trayectoria pasa cerca de una singularidad pueden producir grandes velocidades en las articulaciones. Estas altas velocidades pueden ser inesperadas para el operador.

**3.23 control de velocidad reducida; control de baja velocidad:**

Modo de control del movimiento del robot en el que la velocidad está limitada a 250 mm/s o menos.

NOTA La velocidad reducida está concebida con la intención de dar a las personas suficiente tiempo para esquivar un movimiento peligroso o para parar el robot.

**3.24 espacio:**

Volumen de tres dimensiones.

**3.24.1 espacio máximo:**

Espacio que puede ser alcanzado por los componentes móviles del robot tal como las define el fabricante más el espacio que puede ser alcanzado por el elemento terminal del robot y la pieza de trabajo.

[ISO 8373:1994, definición 4.8.1]

**3.24.2 espacio restringido:**

Parte del espacio máximo que se encuentra restringido por dispositivos de limitación que establecen límites que no serán sobrepasados.

NOTA Adoptado de la Norma ISO 8373:1994, definición 4.8.2.

**3.24.3 espacio de seguridad:**

Espacio por el perímetro de seguridad.

**3.25 programación por guiado; programación de tarea:**

Programación de la tarea realizada:

- a) por un guiado manual del elemento terminal del robot; o
- b) por un guiado manual de un dispositivo mecánico de simulación; o
- c) utilizando una consola de guiado para mover el robot paso a paso por las posiciones deseadas

NOTA Adaptado de la Norma ISO 8373:1994, definición 5.2.3.

**3.26 punto de referencia del elemento terminal, TCP:**

Punto definido para una determinada aplicación respecto al sistema de coordenadas de la interfaz mecánica.

[ISO 8373:1994, definición 4.9]

**3.27 usuario:**

Entidad que utiliza los robots y es responsable del personal asociado con el funcionamiento del robot.

## **4 Identificación de peligros y evaluación de riesgos**

El anexo A contiene una lista de peligros asociados a los robots. Se debe llevar a cabo un análisis de peligros para identificar cualquier otro peligro que pueda surgir.

Se debe llevar a cabo una evaluación de riesgos en aquellos peligros identificados en la identificación de peligros. Esta evaluación de riesgos debe contemplar de forma particular:

- a) las operaciones previstas para el robot, incluyendo la programación por guiado, el mantenimiento, el ajuste y la limpieza,
- b) las puestas en marcha imprevistas,
- c) el acceso de cualquier tipo de personal,
- d) los malos usos previsibles del robot,
- e) el efecto de un fallo en el sistema de control, y,
- f) cuando sea necesario, los peligros asociados con la aplicación específica del robot.

Se deben eliminar o reducir los riesgos debidos al diseño o sustitución, mediante medidas de protección u otras medidas complementarias. Se tiene que reducir cualquier riesgo residual mediante otros medios (por ejemplo con advertencias, señales, formación).

Los requisitos del capítulo 5 derivan del proceso iterativo que consiste en aplicar las medidas de protección descritas en la Norma ISO 12100 para los peligros identificados en el anexo A.

NOTA 1 La Norma ISO 12100 proporciona requisitos y una guía para llevar a cabo la identificación de peligros y la evaluación de riesgos.

NOTA 2 Los requisitos para la identificación de peligros y la evaluación de riesgos en un sistema robótico, la integración y la instalación, se muestran en la Norma ISO 10218-2.

## **5 Requisitos de diseño y medidas de protección**

### **5.1 Generalidades**

Se debe diseñar el robot de acuerdo a los principios de la Norma ISO 12100 para los peligros correspondientes. Esta parte de la Norma ISO 10218 no trata peligros significativos como cantos afilados.

Se debe diseñar y construir los robots para que cumplan los requisitos de los apartados 5.2 a 5.15.

### **5.2 Requisitos generales**

#### **5.2.1 Elementos de transmisión de potencia**

Se tiene que evitar la exposición a peligros provocados por elementos como ejes de motor, engranajes, correas de transmisión o trenes de engranaje que no estén completamente protegidos por sus tapas (por ejemplo una tapa sobre una caja de cambios) mediante protecciones fijas o móviles. Los sistemas de fijación de las protecciones fijas que se van a retirar durante las operaciones habituales del robot se tienen que mantener junto a la máquina o la protección. Las protecciones móviles se tienen que bloquear con los movimientos peligrosos de forma que las funciones peligrosas cesen antes de que alcancen dichas protecciones. El comportamiento del sistema de control de seguridad del sistema de bloqueo debe cumplir con los requisitos del apartado 5.4.

#### **5.2.2 Pérdida de potencia o cambio de energía**

Las pérdidas o cambios de potencia no tienen que provocar ningún peligro.

El reinicio de la alimentación de potencia no tiene que comportar ningún movimiento.

Los robots deben ser diseñados y contruidos de forma que la pérdida o cambio en la potencia eléctrica, hidráulica, neumática o a la potencia de vacío no resulte en un peligro. Si existe algún riesgo que no esté protegido por diseño se tienen que implementar otras medidas de protección para la protección de estos peligros. Se tiene que identificar en la información de uso acerca de los peligros no protegidos.

NOTA Véase la Norma IEC 60204-1 para requisitos de suministro de energía eléctrica.

#### **5.2.3 Fallo de componentes**

Los componentes del robot deben estar diseñados, contruidos, fijados o integrados de forma que los peligros provocados por su rotura, pérdida, o la liberación de energía acumulada estén reducidos al mínimo.

#### **5.2.4 Fuentes de energía**

Se debe dotar al robot de medios para aislar cualquier fuente de energía peligrosa. Estos medios tienen que tener la capacidad de bloquear o garantizar que la posición del robot desconectado de la fuente de energía es segura.

### 5.2.5 Energía almacenada

Se debe proporcionar un medio de controlar la liberación de energía almacenada potencialmente peligrosa. Se debe colocar una etiqueta para identificar esta energía almacenada.

NOTA Esta acumulación de energía se puede presentar en acumuladores de presión de aire y en acumuladores de presión hidráulica, en condensadores, baterías, muelles, contrapesos, volantes, etc.

### 5.2.6 Compatibilidad electromagnética (CEM)

El diseño y la construcción del robot deben prevenir cualquier movimiento peligroso o situaciones de riesgo provocadas por interferencias electromagnéticas (EMI), interferencias de radio frecuencias (RFI) y descargas electrostáticas (ESD).

NOTA Véase la Norma IEC 61000 para información de diseño.

### 5.2.7 Material eléctrico

El material eléctrico del robot debe diseñarse y construirse según los requisitos pertinentes de la Norma IEC 60204-1.

## 5.3 Controles de accionamiento

### 5.3.1 Generalidades

Los controles de accionamiento que inician la alimentación de energía o el movimiento deben diseñarse y construirse de acuerdo con los criterios de funcionamiento de los apartados 5.3.2 a 5.3.5.

### 5.3.2 Protección contra funcionamientos no previstos

Se deben construir o ubicar los controles de accionamiento de forma que se eviten funcionamientos no previstos. Por ejemplo, se pueden utilizar botones o selectores apropiadamente diseñados y ubicados.

### 5.3.3 Indicación de estado

El estado de los controles de accionamiento tiene que estar claramente indicado, por ejemplo, encendido, fallo detectado, funcionamiento automático.

Si se utiliza una señal luminosa como indicador, ésta debe ser adecuada para su ubicación y su color debe estar acorde con la Norma IEC 60204-1.

### 5.3.4 Etiquetado

Los controles de accionamiento deben estar etiquetados para indicar de forma clara su función.

### 5.3.5 Control desde un único punto

Se debe diseñar y construir el sistema de control del robot de forma que cuando el robot esté controlado por la consola de guiado local o por el control de otro dispositivo de comandamiento se evite la iniciación del movimiento del robot o el cambio de la selección del control local desde cualquier otra fuente.

## 5.4 Funcionamiento del sistema de control de seguridad (hardware/software)

### 5.4.1 Generalidades

Los sistemas de control de la seguridad (eléctricos, hidráulicos, neumáticos y de software) deben estar acordes con el apartado 5.4.2, a no ser que los resultados de la evaluación de riesgos determinen que es apropiado el uso de un criterio de funcionamiento alternativo tal como se describe en el apartado 5.4.3. El funcionamiento del sistema de control relativo a la seguridad del robot y de cualquier otro equipo instalado debe estar expuesto de forma clara en la información de uso.

NOTA 1 Los sistemas de control de la seguridad también pueden ser llamados SRP/CS (componentes relativos a la seguridad del sistema de control).

Para el propósito de esta parte de la Norma ISO 10218, el funcionamiento del sistema de control de seguridad se plantea como:

- Niveles de Funcionamiento (PL) y categorías descritas en la Norma ISO 13849-1:2006, apartado 4.5.1;
- Niveles de Integridad de Seguridad (SIL) y requisitos de tolerancia de fallos de hardware tal como se describen en la Norma IEC 62061:2005, apartado 5.4.4.

Estas dos normas tratan la seguridad funcional utilizando métodos similares pero diferentes. Se deberían utilizar los requisitos en estas normas para los respectivos sistemas de control de seguridad para los que están destinados. El diseñador puede escoger utilizar cualquiera de las dos normas. La información y los razonamientos necesarios para determinar el sistema de control relativo a la seguridad deben estar incluidos en la información de uso.

NOTA 2 La comparación entre la Norma ISO 13849-1 y la Norma IEC 62061 está descrita en la Norma ISO/TR 23849.

Otras normas que ofrecen alternativas en los requisitos de funcionamiento, tales como el término “control de sostenibilidad” utilizado en América del Norte, también pueden ser utilizadas. Cuando se utilicen estas normas alternativas para el diseño de los sistemas de control de seguridad se debe alcanzar un nivel de reducción de riesgos equivalente.

Cualquier fallo en el sistema de control relativo a la seguridad debe tener como consecuencia un paro de categoría 0 o 1 según la Norma IEC 60204-1.

#### **5.4.2 Requisitos de funcionamiento**

Se deben diseñar los componentes del sistema de control relativo a la seguridad de forma que satisfagan el PL = d con categoría de estructura 3 tal como están descritas en la Norma ISO 13849-1:2006, o de forma que satisfagan el SIL 2 con una tolerancia de fallo por hardware de 1 con un intervalo de prueba de resistencia mecánica no inferior a los 20 años, tal como está descrito en la Norma IEC 62061:2005.

De forma particular esto significa que:

- a) un único fallo en cualquiera de estos componentes no puede llevar a una pérdida de la función de seguridad;
- b) siempre que sea razonablemente práctico se debe detectar el fallo durante o antes de la siguiente solicitud de la función de seguridad;
- c) cuando el fallo ocurra se debe poner en marcha la función de seguridad y mantener el estado de seguridad hasta que el fallo sea corregido; y
- d) se deben detectar todos los fallos razonablemente previsibles.

Los requisitos a) a d) están considerados equivalentes a la categoría de estructura 3 según se describe en la Norma ISO 13849-1:2006.

NOTA Los requisitos para la detección un único fallo no significa que todos los fallos vayan a detectarse. Consecuentemente la acumulación de fallos no detectados puede llevar a una salida imprevista y una situación de peligro de la máquina,

#### **5.4.3 Otros criterios de funcionamiento del sistema de control**

Los resultados de una evaluación de riesgos exhaustiva del robot y sus aplicaciones previstas pueden determinar que para la aplicación es recomendable un sistema de control relativo a la seguridad distinto al presentado en el apartado 5.4.2.

Se debe identificar de forma específica la selección de uno de estos otros criterios de funcionamiento relativos a la seguridad, y se deben incluir en la información de uso sus correspondientes limitaciones y avisos con el correspondiente material.

## 5.5 Funciones de paro del robot

### 5.5.1 Generalidades

Todo robot debe tener una función de paro de seguridad y una función de paro de emergencia independiente. Estas funciones deben tener un medio para la conexión de dispositivos externos de seguridad. Opcionalmente se puede proporcionar una señal de salida de paro de emergencia. La tabla 1 muestra una comparativa de funciones de paros de emergencia y de seguridad.

**Tabla 1 – Comparativa de paros de emergencia y de seguridad**

Parámetros	Paro de emergencia	Paro de seguridad
Ubicación de los medios de iniciación	El operador del robot tiene un acceso fácil y despejado	Para dispositivos de seguridad la ubicación se determina por las fórmulas de distancia mínima (de seguridad) descritas en la Norma ISO 13855
Iniciación	Manual	Manual, automático o puede ser iniciada de forma automática por una función de seguridad
Funcionamiento del sistema de control de seguridad	Debe ser acorde con los requisitos de funcionamiento del apartado 5.4	Debe ser acorde con los requisitos de funcionamiento del apartado 5.4
Reanudación	Únicamente manual	Manual o automático
Frecuencia de uso	Poco frecuente	Variable; desde cada operación a poco frecuente
Propósito	Emergencia	Precaución o reducción del riesgo
Efecto	Quitar la fuente de energía de todos los peligros	Control de seguridad de los peligros prevenidos

### 5.5.2 Paro de emergencia

El robot debe tener una o más funciones de paro de emergencia (categoría de paro 0 o 1, de acuerdo a la Norma IEC 60204-1).

Cada unidad de control capaz de iniciar un movimiento del robot o cualquier otra situación de riesgo debe tener una función de paro de emergencia manual tal que:

- satisfaga los requisitos del apartado 5.4 y la Norma IEC 60204-1;
- tenga precedencia respecto a todos los demás controles del robot;
- provoque el paro de todos los riesgos controlados;
- inhabilite la potencia de accionamiento de los actuadores del robot;
- proporcione recursos para controlar los peligros del robot;
- permanezca activo mientras no se reinicialice; y
- sólo se debe restaurar mediante una acción manual que no provoque una reanudación después de la vuelta al estado inicial, pero únicamente debe permitir que ocurra un reinicio.

La evaluación de riesgos debe determinar la selección de una función de paro de categoría 0 o 1 (según la Norma IEC 60204-1).



Cuando se proporciona una señal de salida para el paro de emergencia:

- la salida debe continuar funcionando cuando se deje de suministrar potencia al robot; o
- se debe generar una señal de paro de emergencia si la salida no continua funcionando cuando se deja de suministrar potencia al robot.

El dispositivo de paro de emergencia debe estar en concordancia con la Norma IEC 60204-1 y la Norma ISO 13850.

### **5.5.3 Paro de seguridad**

El robot debe tener diseñadas una o más funciones de paro de seguridad para su conexión en dispositivos de seguridad externos. El funcionamiento del paro de seguridad debe satisfacer los requisitos del apartado 5.4.

Esta función de paro debe provocar el paro de todos los movimientos del robot, quitar o controlar la potencia de los actuadores del robot, y permitir al robot el control de cualquier otro tipo de peligro. Este paro puede ser iniciado manualmente o por la lógica de control.

Debe haber como mínimo una función de paro de seguridad de categoría 0 o 1, según está descrito en la Norma IEC 60204-1. El robot puede tener una función de paro de seguridad adicional de categoría 2 según está descrito en la Norma IEC 60204-1 que no provoque la eliminación de la potencia de accionamiento pero que requiera la monitorización de la condición de inmovilización del robot después de que el robot se pare. Cualquier movimiento imprevisto del robot en su condición de inmovilizado o la detección de un fallo en el rendimiento de la función de seguridad debe provocar un paro de categoría 0 de acuerdo con la Norma IEC 60204-1. El rendimiento de la función del paro controlada debe satisfacer el apartado 5.4. Esta función también puede ser iniciada desde dispositivos externos (una señal de paro de los dispositivos de seguridad).

NOTA El sistema eléctrico de la unidad de potencia puede proporcionar una función de paro controlada de categoría 2 de acuerdo con la Norma IEC 60204-1, que corresponda a un paro funcional de seguridad (SOS) de acuerdo a la Norma IEC 61800-5-2.

El fabricante debe incluir en la información de uso el paro o cualquier circuito de paro de seguridad.

## **5.6 Control de velocidad**

### **5.6.1 Generalidades**

La velocidad del soporte del elemento terminal del robot y del punto de referencia del elemento terminal (TCP) deben ser controlables por velocidades seleccionables. Se debe proporcionar un offset (que defina la ubicación del TCP respecto su brida de montaje) que permita controlar la velocidad del TCP.

### **5.6.2 Operación de control a velocidad reducida**

Cuando se opere a baja velocidad la velocidad del TCP no debe superar los 250 mm/s. Debería ser posible seleccionar velocidades inferiores a los 250 mm/s y establecerlas como límites a la velocidad.

### **5.6.3 Control de velocidad reducida de seguridad**

Cuando se proporcione, el control de velocidad reducida de seguridad tiene que estar diseñado y construido de acuerdo al apartado 5.4.2 de forma que si se da un fallo la velocidad del TCP no exceda el límite de velocidad reducida (véase 5.6.2) y ocurra una parada de seguridad.

### **5.6.4 Velocidad controlada de seguridad**

Cuando se proporcione, la velocidad del TCP o de uno de sus ejes tienen que estar controlados de acuerdo al apartado 5.4.2. Si la velocidad supera el límite seleccionado se debe generar un paro de seguridad.

## 5.7 Modos de funcionamiento

### 5.7.1 Selección

Los modos de funcionamiento deben ser seleccionables mediante un selector de modo que pueda ser bloqueado en cada posición (por ejemplo un selector que requiera de una llave para cambiar la posición). Cada posición del sector tiene que ser identificable de forma clara y tienen que permitir únicamente un modo de operación o control.

Se puede substituir el selector por otros medios de selección que restrinjan el uso de determinadas funciones del robot (por ejemplo, códigos de acceso).

Estos medios tiene que:

- a) indicar de modo inequívoco el modo de funcionamiento seleccionado; y
- b) no iniciar por su cuenta ningún movimiento del robot u otros peligros.

Se pueden proporcionar una o varias salidas adicionales para indicar el modo seleccionado. Cuando se proporcionen para fines relativos a la seguridad la o las salidas deben satisfacer los requisitos del apartado 5.4 (véase el anexo D).

NOTA Los métodos para el etiquetado de los modos están ilustrados en el anexo E.

### 5.7.2 Automático

En modo automático el robot debe ejecutar el programa de la tarea y las medidas de seguridad deben estar funcionando.

Si se detecta cualquier condición de paro se debe parar el salir del modo automático.

El cambio de este modo debe provocar un paro.

### 5.7.3 Velocidad manual reducida

El modo de velocidad manual reducida tiene que satisfacer los requisitos de los apartados 5.3.4 y 5.6 y debe permitir a un operador operar el robot. En este modo está prohibido el funcionamiento automático. Este modo se utiliza para guiar, comandar, programar y verificar la programación del robot; puede ser el modo seleccionado durante las tareas de mantenimiento.

Se tiene que operar el robot desde dentro del espacio de seguridad con el control manual del robot en alguna de estas situaciones:

- a) controles de acción sostenida junto con un dispositivo de validación de acuerdo con el apartado 5.8, o
- b) únicamente para verificación de programas, un control de arrancada/parada junto con un dispositivo de validación según el apartado 5.8.

La información de uso debe contener las instrucciones y avisos apropiados de forma que, siempre que sea posible, el modo de control manual tenga que estar funcionando con todas las personas fuera del espacio de seguridad. La información de uso también debe destacar que cuando se seleccione el modo manual todas las medidas de seguridad que no estén funcionando tiene que volver a activarse completamente.

NOTA Anteriormente este modo también era conocido como T1 o de guiado.

#### 5.7.4 Velocidad manual alta

Si se proporciona este modo se pueden alcanzar velocidades mayores de 250 mm/s. Este modo se utiliza únicamente para la verificación de programas. En este caso el robot debe:

- a) tener medios para seleccionar el control manual de alta velocidad que requiera una acción deliberada (por ejemplo un selector con llave en el panel de control del robot) y una acción adicional de confirmación;
- b) proporcionar una consola de guiado de acuerdo con el apartado 5.8 con una función de acción sostenida adicionalmente a los dispositivos que permitan continuar con los movimientos del robot;
- c) fijar un límite inicial para la velocidad de hasta, pero que no exceda, 250 mm/s en la selección del modo manual de alta velocidad.
- d) proporcionar un medio en la consola de guiado para que el operador pueda ajustar la velocidad de forma incremental y en múltiples pasos desde el valor inicial hasta el valor programado.
- e) proporcionar un indicador de la velocidad ajustada en el panel colgante;
- f) asegurar que:
  - la velocidad esté limitada a la velocidad inicial cuando se reinicie el dispositivo de validación al posicionar el selector en su posición central después de haber sido liberado o pulsado completamente, y
  - se requiera una acción deliberada separada para volver a la alta velocidad seleccionada antes de su liberación o compresión, y
  - la opción de volver a la alta velocidad mediante una acción separada tiene que estar inactiva pasados no más de cinco minutos después de la liberación del dispositivo de validación.

La opción de continuar con la alta velocidad y el tiempo muerto no es relativa a la seguridad. La información de uso debe contener las instrucciones y avisos apropiados de forma que, siempre que sea posible, el modo de funcionamiento manual debe estar funcionando con las personas fuera del espacio de seguridad. La información de uso también debe destacar que cuando se seleccione el modo manual todas las medidas de seguridad que no estén funcionando tienen que volver a activarse completamente.

NOTA Anteriormente este modo también era conocido como T2 o verificación de programa de alta velocidad asistida.

### 5.8 Controles de la consola de guiado

#### 5.8.1 Generalidades

Cuando el control de la consola de guiado o cualquier otro dispositivo de control tenga la capacidad de controlar el robot desde dentro del espacio de seguridad se tienen que aplicar los requisitos de los apartados 5.3.5 y 5.8.2 a 5.8.7.

NOTA Esto aplica a cualquier dispositivo utilizado en el modo manual para controlar el robot dentro del espacio de seguridad mientras se aplica potencia de accionamiento a cualquiera de los ejes del robot. Esto incluye robots con un modo de guiado manual motorizado, ya sea utilizando controles manuales montados en el robot o los controles principales o secundarios para comandar el robot.

#### 5.8.2 Control de movimiento

El movimiento del robot iniciado desde la consola de guiado o desde un dispositivo de control de guiado debe estar en modo de velocidad reducida tal como se describe en el apartado 5.6. Cuando el control de movimiento permita la selección del modo de control de alta velocidad el robot tiene que satisfacer los requisitos del apartado 5.7.4.

### 5.8.3 Dispositivo de validación

La consola de guiado o el dispositivo de control de guiado tienen que tener un dispositivo con tres posiciones de acuerdo a la Norma IEC 60204-1. Cuando se mantenga de forma continuada en su posición central el dispositivo de validación debe permitir el movimiento del robot y cualquier otro riesgo controlado por el robot. El dispositivo de validación debe tener las características de funcionamiento especificadas a continuación:

NOTA 1 Es importante considerar la ergonomía de la activación sostenida en el diseño y la instalación del dispositivo de validación.

NOTA 2 En el anexo C se encuentra información adicional sobre la activación.

- a) El dispositivo de validación puede ser integrado con, o separado físicamente de (por ejemplo un dispositivo de validación de tipo agarre), el control de la consola de guiado y tiene que estar operado de forma independiente de cualquier otra función o dispositivo de control de movimientos.
- b) La liberación o la compresión de la posición central del dispositivo debe parar los peligros (por ejemplo el movimiento del robot) de acuerdo a los apartados 5.4 y 5.5.3.
- c) Después de presionar más allá de la posición central del dispositivo de validación este dispositivo debe ser liberado totalmente. El hecho de pasar de la posición totalmente presionada hasta la posición central no debe permitir el movimiento del robot.
- d) Cuando se proporcionen dos o más selectores de validación en un único dispositivo de validación o consola de guiado para permitir operar alternativamente con la mano izquierda o derecha, cualquiera a todos los selectores pueden estar en su posición central:
  - 1) cuando solamente se esté utilizando uno de los selectores y éste se encuentra en su posición central tiene que funcionar como se describe en el punto b).
  - 2) cuando el diseño del dispositivo de validación permita tener los dos selectores en su posición central para permitir el cambio de uso de la mano izquierda a la mano derecha, la liberación de uno de los selectores no debe provocar un paro de seguridad, pero pulsar totalmente cualquiera de los selectores debe anular el control del otro selector y provocar un paro de seguridad.

La información de uso debe tener una descripción de esta función y un aviso de que podría existir un peligro potencial.

NOTA 3 Si se tienen múltiples selectores en la posición central no se puede distinguir si uno alguno ha sido liberado intencionadamente o bien lo ha sido de forma inconsciente debido a un accidente.

- e) Cuando uno o más dispositivos de validación estén operando (es decir más de una persona está en el espacio de seguridad con un dispositivo de validación) el movimiento tiene que ser posible únicamente cuando cada dispositivo se encuentre en su posición central (activado) al mismo tiempo.
- f) La caída del dispositivo de validación no debe provocar un fallo que pudiera permitir la activación de un movimiento.
- g) Si se dispone de una señal de validación esta debe señalar una condición de paro cuando el sistema de alimentación de seguridad esté apagado y debe satisfacer los requisitos del apartado 5.4.
- h) Cuando se cambie el modo mientras el dispositivo de validación esté en su posición central se debe iniciar un paro de seguridad. El sistema de control debe requerir que el dispositivo de validación esté liberado y reactivado antes de que se aplique potencia de accionamiento a los actuadores. Véase la Norma IEC 60204-1 para una guía sobre la prevención de fallada en un dispositivo de validación.

### 5.8.4 Función de paro de la consola de guiado

La consola de guiado o el dispositivo de control de guiado deben tener una función de paro de acuerdo al apartado 5.5.2.

### 5.8.5 Inicio del funcionamiento automático

No tiene que ser posible activar el funcionamiento automático del robot utilizando únicamente la consola de guiado o el dispositivo de control de guiado. Tiene que haber algún medio de confirmación de forma separada desde el exterior de la zona de seguridad, previamente a la activación del modo automático.

### 5.8.6 Controles de guiado sin cables o separables

Cuando la consola de guiado o los otros dispositivos de guiado no tengan cables conectados al control del robot, o cuando puedan ser separados, se tiene que aplicar lo siguiente:

- a) Se debe proporcionar un indicador visual que muestre que la consola de guiado está activa, por ejemplo, con un dispositivo visualizador en el mismo panel.
- b) La pérdida de comunicación debe provocar un paro de seguridad en todos los robots controlados cuando se encuentre en los modos de velocidad manual reducida o velocidad manual alta. El restablecimiento de la comunicación no debe reiniciar el movimiento del robot sin una acción deliberada aparte.
- c) Para evitar la confusión entre los dispositivos de paro de emergencia activos e inactivos se tiene que proporcionar un almacenamiento o diseño adecuado. La información de uso tiene que tener una descripción del almacenamiento o el diseño.
- d) Cuando proceda, se debe indicar en la información de uso los tiempos máximos de respuesta de la comunicación de datos (incluyendo la corrección de error).

### 5.8.7 Control de múltiples robots

Cuando la consola de guiado tenga la capacidad de controlar múltiples robots se deben aplicar los requisitos del apartado 5.9.

## 5.9 Control de movimientos simultáneos

### 5.9.1 Control por una única consola de guiado

Se puede vincular uno o más robots mediante una única consola de guiado. Cuando así sea, la consola de guiado tiene que tener la capacidad de mover uno o más robots con un movimiento independiente o simultáneo. Cuando se trabaje en modo manual todas las funciones del sistema robot deben estar bajo el control de esta única consola de guiado.

### 5.9.2 Requisitos para un diseño seguro

Todos los robots en un sistema robótico diseñados para un movimiento simultáneo normalmente deben estar en el mismo modo de funcionamiento, por ejemplo manual o automático, y en el mismo estado, por ejemplo, con o sin potencia. Se debe proporcionar la capacidad a uno o más robots de estar en un estado de desconexión con el propósito de reiniciarse o de resolver errores o realizar ensayos. Por lo tanto, estos robots desconectados no se incluirán en el movimiento simultáneo.

Para poder incluir los robots en un movimiento simultáneo cada robot debe ser seleccionado antes de que se pueda mover. Para ser seleccionado los robots deben estar en el mismo modo de funcionamiento (por ejemplo, en velocidad manual reducida). Se debe proporcionar un indicador en el punto de selección (por ejemplo, en la consola de guiado, la cabina de control, o el robot) del/de los robots que hayan sido seleccionados. Únicamente se tienen que mover el o los robots seleccionados.

También debe ser posible desactivar cualquier robot, por ejemplo, sin alimentación de potencia. Se tiene que proporcionar un indicador de los robots que estén activados, claramente visible desde el interior del espacio de seguridad.

Se tiene que prevenir una puesta en marcha imprevista de cualquiera de los robots no seleccionados. Esta función tiene que satisfacer los requisitos del apartado 5.4.

## 5.10 Requisitos para el funcionamiento cooperativo

### 5.10.1 Generalidades

Los robots diseñados para trabajar de forma cooperativa deben proporcionar un indicador visual cuando el robot esté funcionando en cooperación y deben satisfacer uno o más de los requisitos de los apartados 5.10.2 a 5.10.5.

### 5.10.2 Paro controlado de seguridad

El robot debe parar cuando una persona se encuentre en el espacio de trabajo cooperativo. La función de paro debe cumplir con los requisitos de los apartados 5.4 y 5.5.3. El robot puede volver al modo automático cuando la persona haya salido del espacio de trabajo cooperativo.

Alternativamente el robot puede desacelerar, resultando en un paro de categoría 2 de acuerdo con la Norma IEC 60204-1. Una vez parado, este paro debe estar supervisado por el sistema de control de seguridad de acuerdo al apartado 5.4. Un fallo en la función de paro controlado de seguridad debe provocar un paro de categoría 0.

NOTA Esto puede incluir una función de paro controlada de categoría 2 de acuerdo a la Norma IEC 60204-1 proporcionada por un sistema de alimentación que corresponda a un SOS de acuerdo a la Norma IEC 61800-5-2.

### 5.10.3 Guiado manual

Cuando se suministre, el equipo de guiado manual tiene que estar ubicado cerca del elemento terminal y debe estar equipado con los siguientes componentes:

- a) un paro de emergencia que satisfaga los apartados 5.5.2 y 5.8.4, y
- b) un dispositivo de validación que satisfaga el apartado 5.8.3.

El robot tiene que operar con una función de velocidad controlada de seguridad activa (véase 5.6.4). El límite de la velocidad controlada de seguridad debe determinar en la evaluación de riesgos.

### 5.10.4 Supervisión de la velocidad y la distancia de separación

El robot debe mantener una determinada velocidad y distancia de seguridad del operador. Estos objetivos pueden conseguirse mediante características integrales o por una combinación de señales de entradas externas. La detección de un fallo para mantener una velocidad determinada o la distancia de seguridad tienen que resultar en un paro de seguridad (véase 5.5.3). Las funciones de supervisión de velocidad y de distancia de separación deben satisfacer el apartado 5.4.2.

El robot simplemente es un componente dentro de un sistema robot cooperativo y en sí mismo no es suficiente para un trabajo cooperativo seguro. Las aplicaciones de trabajo cooperativas son dinámicas y deben estar determinadas por la evaluación de riesgos desarrollada en la fase de diseño de la aplicación. La información de uso debe incluir directrices para la poner los valores de las velocidades y las distancias de separación. La Norma ISO 10218-2 se debe utilizar para el diseño de aplicaciones cooperativas. Se proporcionará más información en la Especificación Técnica ISO/TS 15066 (actualmente en elaboración).

Cuando se calcule la distancia mínima segura de separación se necesita considerar las velocidades relativas entre el operador y el robot. Los requisitos mínimos de distancia se pueden encontrar en la Norma 13855.

### 5.10.5 Limitación de potencia y fuerza por el diseño inherente o el control

La función de limitación de potencia o fuerza del robot debe satisfacer el apartado 5.4. Si se excede el límite de cualquier parámetro se debe provocar un paro de seguridad.

El robot solamente es un componente dentro de un sistema robótico cooperativo y en sí mismo no es suficiente para un trabajo cooperativo seguro. Las aplicaciones de trabajo cooperativo son dinámicas y deben estar determinadas por la evaluación de riesgos desarrollada en la fase de diseño de la aplicación. La información de uso debe incluir directrices para el ajuste de los valores de las velocidades y las distancias de separación. La Norma ISO 10218-2 se debe utilizar para el diseño de aplicaciones cooperativas. Se proporcionará más información en la Especificación Técnica ISO/TS 15066 (actualmente en elaboración).

## 5.11 Protección de singularidades

Los movimientos definidos en el espacio Cartesiano que pasan cerca de singularidades pueden provocar velocidades altas en los ejes. Estas altas velocidades pueden ser imprevisibles para el operador. Cuando el robot esté en el modo de velocidad reducida o sea guiado manualmente (véase 5.10.3) el control del robot debe realizar una de las siguientes acciones:

- a) parar el movimiento del robot y proporcionar un aviso antes de que el robot pase cerca de la singularidad durante el control coordinado (control en el que los ejes del robot llegan a sus respectivos puntos finales simultáneamente, dando una percepción de suavidad al movimiento del robot mientras que los movimientos de los ejes son tales que el TCP se mueve en un camino predefinido) iniciado en el panel colgante; o
- b) generar un señal de aviso auditivo o visual y continuar pasando por la singularidad con la velocidad de cada enlace del brazo del robot limitado a una velocidad máxima de 250 mm/s; o
- c) en el caso que la singularidad pueda ser controlada sin provocar ningún movimiento peligroso no se requiere ninguna protección adicional.

## 5.12 Limitación de los ejes

### 5.12.1 Generalidades

Se debe proporcionar un medio para establecer un espacio restringido alrededor del robot mediante dispositivos de limitación. Se tiene que proporcionar un medio para instalar un mecanismo ajustable que limite el movimiento del eje que provoque un mayor desplazamiento (eje principal) del robot. El robot debe satisfacer el apartado 5.12.2 o 5.12.3, o ambos. Esto no se aplica a robots con una estructura limitada por construcción, por ejemplo en un robot de cinemática paralela.

Cuando el robot alcance el límite de un eje el robot tiene que parar. Si el movimiento del robot continúa desde la posición del límite del eje o no debería estar especificado en la información de uso.

NOTA Estos medios se pueden satisfacer mediante la información del proyecto de ingeniería y las instrucciones para obtener e instalar las paradas mecánicas externas. El uso de la característica opcional de los límites programados de seguridad y el espacio de limitación (véase 5.12.3) también puede satisfacer estos requisitos.

### 5.12.2 Dispositivos mecánicos y electro-mecánicos de limitación de los ejes

Se deben suministrar los dispositivos de ajuste de limitación mecánica y no mecánica para los ejes dos y tres (los ejes con el segundo y tercero mayor desplazamiento).

Los paros mecánicos deben ser capaces de parar el movimiento del robot para la carga nominal, unas condiciones de velocidades máximas, y para la máxima y mínima extensiones. Los ensayos de los paros mecánicos tienen que estar realizadas sin la asistencia de ningún otro paro.

Se pueden proporcionar métodos alternativos para limitar el rango de movimientos únicamente si están diseñados, contruidos y instalados para cumplir con el funcionamiento especificado en el apartado 5.4.2.

El funcionamiento del circuito de control de los dispositivos de limitación electro-mecánicos tiene que satisfacer los requisitos del apartado 5.4. El control del robot y los programas de tareas no deben cambiar la configuración del dispositivo del límite electro-mecánico.

Los dispositivos ajustables permiten al usuario minimizar el tamaño del espacio restringido. El grado de ajuste debería estar indicado en la información de uso requerido tal como se especifica en el apartado 6.2.

La información de uso debe incluir información sobre el tiempo de paro a máxima velocidad de los dispositivos de limitación electro-mecánicos, incluidos el tiempo y la distancia recorrida antes de que se complete la parada. Se puede encontrar información adicional en el anexo B.

NOTA 1 Como ejemplos de dispositivos de limitación no mecánicos se tienen dispositivos tales que sus paros se ejecutan eléctricamente, neumáticamente o hidráulicamente, selectores de límites, cortinas de luz, escáneres láser y cables tensados cuando se utilizan para limitar el movimiento del robot y definir el espacio restringido.

NOTA 2 Los paros mecánicos incluyen paros mecánicos que se ajustan y posteriormente se aseguran mediante elementos de fijación.

### 5.12.3 Ejes programados y espacio de limitación de seguridad

Los límites programados son límites del movimiento del robot definidos por software. La limitación del espacio se utiliza para definir cualquier forma geométrica que pueda ser utilizada como una zona de inclusión o exclusión, bien limitando el movimiento del robot dentro del espacio definido o impidiendo que entre en el espacio definido.

Los límites programados de seguridad se permiten como un medio para definir y reducir el espacio restringido siempre que puedan provocar el paro del robot con carga y velocidad máximas. El espacio restringido tiene que estar definido en la posición de parada esperada que considere la distancia de parada recorrida. El fabricante tiene que informar de esto en la información de uso y tiene que deshabilitar los ejes programados de seguridad si no están implementados.

Los programas de control que controlan y ejecutan las funciones de los ejes programados y el espacio de limitación basadas en los límites programados de seguridad deben satisfacer el apartado 5.4 y sólo las tienen que poder cambiar el personal autorizado. Si se supera el límite programado de seguridad se debe iniciar un paro de seguridad. El movimiento del robot mientras se esté sobrepasando el límite debe estar comandado por el control de velocidad reducida, tal como se describe en el apartado 5.6.3. Debe ser posible documentarse y visualizar la información de uso de los ajustes y la configuración de los límites de seguridad con un identificador único para que los cambios en la configuración se puedan identificar fácilmente.

Se deben fijar los límites programados de seguridad como una zona estacionaria que no pueda ser cambiada sin reiniciar el subsistema de seguridad, y no debe ser reconfigurada durante la ejecución automática del programa de tarea. La autorización para cambiar un límite programado de seguridad debe estar protegida y segura, por ejemplo, de forma que se requiera que el personal autorizado introduzca una contraseña. Una vez configurados, los límites programados de seguridad deben estar siempre activos mientras el robot esté en funcionamiento.

La información de uso debe incluir información sobre el tiempo de paro a máxima velocidad para los límites de los ejes programados, incluyendo el tiempo y la distancia recorrida antes de que se complete la parada. Se puede encontrar información adicional en el anexo B.

Las salidas de la zona de seguridad para su uso en espacios restringidos dinámicos deben satisfacer el apartado 5.4. Debe especificarse la configuración de hardware de las salidas en la información de uso.

NOTA 1 Los límites de los ejes programados de seguridad pueden ser particularmente útiles para controlar el movimiento de los ejes que no dispongan de dispositivos de limitación como los descritos en el apartado 5.12.2.

NOTA 2 Los límites de los ejes programados de seguridad pueden ser particularmente útiles para controlar el movimiento en áreas de trabajo con formas irregulares o para proteger de obstrucciones.

NOTA 3 Un ejemplo de un identificador único es una suma de verificación, un valor que generado automáticamente por el sistema robótico cuando se define la configuración de los límites programados. Cualquier cambio en la configuración causará que se genere un nuevo valor.

### 5.12.4 Dispositivos de limitación dinámica

La limitación dinámica es el cambio controlado de forma automática del espacio restringido de un robot durante una parte de la aplicación del sistema robótico. Los dispositivos de control como, pero no limitados a, los selectores de límites operados por cámara, las cortinas de luz o los paros mecánicos replegables y activadas por control pueden ser utilizados para contener el movimiento del robot dentro del espacio restringido mientras el robot ejecuta su programa. Para ello, el dispositivo y los sistemas de control asociados deben ser capaces de parar el movimiento del robot en una situación de carga y velocidad nominales, y los sistemas de control de seguridad correspondientes deben satisfacer el apartado 5.4.2, a menos que la evaluación de riesgos determine que se necesita otra categoría.



### 5.13 Movimiento sin potencia de accionamiento

Se debe diseñar el robot para que se puedan mover los ejes sin el uso de la potencia de accionamiento en situaciones de emergencia o anómalas. Cuando sea posible, una única persona debe mover los ejes del robot. Los controles tienen que estar fácilmente accesibles pero protegidos de funcionamientos no previstos. Las instrucciones para realizar esto deben estar incluidas en la información de uso junto con recomendaciones para formar al personal acerca de cómo responder en situaciones de emergencia o anómalas.

La información de uso debe incluir avisos de que la gravedad y la liberación de los frenos pueden crear situaciones de peligro. Cuando sea posible se tienen que colocar avisos de advertencia cerca de los controles de activación.

### 5.14 Disposiciones para la carga del robot

Se deben proporcionar instrucciones y disposiciones para levantar el robot y sus componentes, que tendrán que ser los adecuados para manejar la carga prevista.

EJEMPLO Ganchos de elevación, cáncamos y roscas.

NOTA Para robots muy pequeños que pueden ser manipulados fácilmente puede ser suficiente con instrucciones apropiadas para el levantamiento de forma segura.

### 5.15 Conectores eléctricos

Los conectores eléctricos que puedan ser peligrosos en caso de que se separen o se desprendan tienen que estar diseñados o contruidos para impedir una separación imprevista.

Los conectores deberán estar provistos de un medio para impedir la conexión cruzada.

## 6 Verificación y validación de los requisitos de seguridad y las medidas de protección

### 6.1 General

El fabricante del robot tiene que tener en cuenta la verificación y la validación del diseño y la construcción de los robots incluyendo los dispositivos de seguridad adecuados con los principios descritos en los capítulos 4 y 5.

La evaluación de riesgos debería ser revisada para determinar si se han identificado todos los peligros razonables y realizar las correspondientes correcciones.

NOTA Debido a que no todos los riesgos identificados en el anexo A se pueden aplicar a cualquier robot, el nivel de riesgo asociado con una determinada situación de riesgo no será el mismo de un robot a otro. Se debe llevar a cabo una evaluación de riesgos para determinar cuáles deberían ser las medidas de protección adecuadas para el robot específico.

### 6.2 Métodos de verificación y validación

Se puede cumplir la verificación y validación por los siguientes métodos que incluyen, pero no se limitan a:

- A inspección visual;
- B ensayos prácticos;
- C medidas;
- D observación durante su funcionamiento;
- E revisión de esquemas, diagramas de circuitos y documentos de diseño;
- F revisión de la evaluación de riesgos por tareas;
- G revisión de las especificaciones y la información de uso.

Véase la tabla F.1.

### 6.3 Verificación y validación necesaria

En el anexo F se encuentran listados los requisitos de funcionamiento específicos que se han identificado como esenciales para la seguridad del robot, que deben ser verificados, validados o ambos. Utilizando los métodos adecuados, se deben evaluar los requisitos para determinar si se han satisfecho adecuadamente en el diseño y en la construcción del robot.

NOTA 1 Los puntos listados en la tabla F.1 podrían no ser aplicables a cualquier robot. Podría haber casos en los que fuera imposible verificar y/o validar determinados puntos.

NOTA 2 La tabla F.1 ni es exhaustiva ni restrictiva. Podría haber requisitos de verificación adicionales dependiendo del diseño concreto del robot.

NOTA 3 Es responsabilidad del fabricante asegurar que todos los puntos están verificados, validados, o ambos.

NOTA 4 Si se utiliza la tabla F.1 como una lista de verificación es necesario revisar y restringir el contenido para que represente la configuración real del robot evaluada y los correspondientes métodos de evaluación.

## 7 Información de uso

### 7.1 Generalidades

El fabricante debe proporcionar las marcas (por ejemplo signos, símbolos) y el material de instrucción (manuales de funcionamiento, mantenimiento) de acuerdo a la Norma ISO 12100 y la Norma IEC 60204-1.

Cuando se proporcionen, los dispositivos de aviso de las máquinas (por ejemplo las señales auditivas y visuales) tienen que estar en concordancia con la Norma ISO 12100 y la Norma IEC 60204-1.

### 7.2 Manual de instrucciones

Adicionalmente a los requisitos del apartado 6.1 cada robot debe traer un manual de instrucciones o un medio apropiado que contenga:

- a) el nombre de la empresa, dirección completa, y la información de contacto necesaria del fabricante y, en caso necesario, del suministrador autorizado o representante autorizado;
- b) instrucciones para los procedimientos de encargo, programación y reinicio, incluyendo los requisitos de instalación como las necesidades, las cargas del suelo, las condiciones del entorno, etc.;
- c) instrucciones para, previamente al primer uso del robot y su integración en el sistema de producción, realizar el primer ensayo y examen del robot y sus medidas de seguridad, incluyendo ensayos de funcionamiento utilizando el control de velocidad reducida;
- d) instrucciones para cualquier ensayo o examinación necesaria después del cambio de algún componente o la inclusión de equipo adicional (hardware y software) al robot que pueda afectar las funciones de seguridad, incluyendo las señales de parada de emergencia según el apartado 5.5.2 y el circuito de activación según el punto d) del apartado 5.8.3;
- e) instrucciones para un funcionamiento seguro, la configuración y el mantenimiento, incluyendo prácticas de trabajo seguro, procedimientos de control de energía de riesgo y la formación necesaria para que los operadores del robot alcancen el nivel de destreza necesario para su manipulación;
- f) instrucciones para la localización y el funcionamiento de todos los sistemas de control, incluyendo los diagramas de la interfase de los sistemas eléctrico, hidráulico y neumático necesarios para su puesta en marcha e instalación;

NOTA Esto no incluye los esquemas del robot u otros controles, componentes o bienes de propiedad.

- g) información para la selección del control de alta velocidad utilizando el panel colgante;

- h) instrucciones para comunicar al diseñador de la máquina que se tiene que proporcionar un espacio restringido cuando se prevea que el robot trabaje en velocidad manual alta;
- i) información para la instalación de los dispositivos de limitación, incluyendo el número, la ubicación y el grado de ajuste de los límites mecánicos;
- j) información del número, localización y existencia de cualquier dispositivo de limitación no mecánico;
- k) las posibilidades de limitación dinámica, cuando se incluyan;
- l) información de la posición de parada prevista en respuesta a la distancia de parada cuando se utilizan límites programados de seguridad;
- m) información del número y el funcionamiento de los dispositivos de validación y las instrucciones para la instalación de equipos adicionales incluyendo la información y los criterios necesarios para determinar el funcionamiento del sistema de control de seguridad;
- n) información del tiempo de paro y la distancia o el ángulo desde el inicio de la señal de paro de los tres ejes de mayor desplazamiento de acuerdo con el métrico del anexo B;
- o) el funcionamiento del sistema de control de seguridad de las funciones de seguridad del robot tal como se han especificado en el apartado 5.4;
- p) las especificaciones de cualquier tipo de fluido o lubricante utilizados en la lubricación, frenado, o sistema de transmisión interno del robot, incluyendo una guía para la correcta selección, preparación, aplicación y mantenimiento de materiales fungibles de un solo uso;
- q) una guía sobre los medios para la liberación de personas atrapadas dentro o por la máquina;
- r) instrucciones para el movimiento de los ejes del robot sin potencia de accionamiento, incluyendo avisos de que la gravedad y la liberación de los dispositivos de frenado pueden provocar situaciones de riesgo;
- s) recomendaciones para la formación del personal acerca de cómo reaccionar en situaciones de emergencia o anómalas;
- t) información que defina los límites de movimiento y cargas máximas, incluyendo la masa máxima, la posición del centro de gravedad de la pieza y de cualquier accesorio de prensión;
- u) procedimientos para evitar errores de ajuste durante el mantenimiento del robot;
- v) información acerca de las normativas que cumple el robot, incluyendo las que estén certificadas por terceras partes;
- w) la respuesta de detección de la pérdida de la señal de comunicación en las consolas de guiado sin cable;
- x) información de los riesgos no protegidos debido al uso previsto del robot;
- y) instrucciones y avisos que informen que las operaciones manuales tienen que realizarse con todo el personal fuera del espacio de seguridad;
- z) instrucciones de que antes de la selección del modo automático se tiene que activar completamente cualquier medida de seguridad que pudiera estar desactivada;

- aa) instrucciones para el almacenamiento adecuado de las consolas de guiado sin cables, si procede;
- bb) información acerca del tiempo de respuesta y pérdida de comunicación de los paneles colgantes sin cables, si procede;
- cc) información de la categoría de paro de cada señal de entrada del circuito de paradas de seguridad.

La entidad responsable de cualquier cambio o funcionalidad añadida al sistema robot tiene que proporcionar el cambio o la información añadida respecto a la facilitada por el fabricante.

### **7.3 Señalización**

Cada robot tiene que señalizar de forma inequívoca, legible y duradera con:

- a) el nombre y la dirección completa del fabricante y, cuando proceda, del suministrador autorizado.
- b) la designación del tipo de máquina (es decir, un robot industrial) y el número del modelo o referencia (si tiene);
- c) el mes y el año de fabricación;
- d) la masa y/o peso de la máquina;
- e) el alcance máximo y la carga máxima;
- f) la información de los datos del sistema eléctrico y, cuando se pueda, los sistemas hidráulico y neumático (por ejemplo las presiones neumáticas mínimas y máximas);
- g) los puntos para el levantamiento y la instalación del equipo, en caso que proceda.

Se debe informar claramente del propósito de las barreras, dispositivos de seguridad y otros componentes que formen parte del robot pero no estén adosados a éste. Se debe proporcionar cualquier información necesaria para instalación.

## Anexo A (Informativo)

### Lista de peligros significativos

La tabla A.1 proporciona una lista de los peligros significativos del robot y su sistema.

NOTA La lista en la tabla A.1 deriva de la Norma ISO 12100.

**Tabla A.1 – Lista de peligros significativos**

Nº	Tipo o grupo	Ejemplos de peligros		Capítulo/ Apartado
		Origen	Posibles consecuencias	
1	<b>Peligros mecánicos</b>	– movimientos (normales o imprevistos) de cualquier parte del brazo del robot (incluyendo su espalda)	– aplastamiento	Capítulo 4
			– cizallamiento	5.2.1
		– movimientos (normales o imprevistos) del elemento terminal o cualquier parte móvil del robot	– corte o seccionamiento	5.2.3
			– enredo	5.5
		– movimientos (normales o imprevistos) de ejes externos	– atracción o captura	5.6
			– impacto	5.7
		– fallo en el elemento terminal (separación)	– punzamiento o punción	5.8.4
		– movimiento del elemento terminal en la posición de servicio	– fricción, abrasión	5.9
		– movimiento no deseado del robot o sus partes durante las operaciones de manipulación	– expulsión o inyección de fluidos/gases a alta presión	5.10
		– expulsión o desprendimiento de los materiales y productos		5.11
				5.12
		– movimientos no deseados de las pinzas o las guías		5.13
		– liberación no deseada de la herramienta		5.14
		– movimientos no deseados de la maquinaria asociada		
		– manipulación de productos y materiales, incluyendo la expulsión		
		– movimiento o rotación de una herramienta cortante en el elemento terminal		
		– movimiento de las partes del robot		
		– movimiento de un componente con bordes afilados sujetos por el robot		

Nº	Tipo o grupo	Ejemplos de peligros		Capítulo/ Apartado
		Origen	Posibles consecuencias	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>– rotación del elemento terminal</li> <li>– rotación o movimiento de la maquinaria asociada o sus herramientas del robot</li> <li>– movimiento rotacional de cualquier eje del robot</li> <li>– ropa holgada, pelo largo</li> <li>– entre el brazo del robot y cualquier objeto fijo</li> <li>– entre el elemento terminal y cualquier objeto fijo (barreras, etc.)</li> <li>– imposibilidad de salir de la celda del robot (a través de la puerta) para un operador atrapado en modo automático.</li> <li>– entre dispositivos de sujeción; de transporte, utilitarios</li> <li>– manipulación de productos y materiales, incluida su expulsión</li> <li>– movimiento o rotación de herramientas cortantes en el elemento terminal del robot o en ejes externos, en los partes manipuladas, o el correspondiente equipo</li> <li>– movimientos imprevistos del elemento terminal del robot (proceso específico de pulido, etc.)</li> <li>– movimientos imprevistos o activación del elemento terminal o su correspondiente equipamiento (incluidos los ejes externos controlados por el robot)</li> <li>– liberación imprevista de energía potencial acumulada</li> </ul>		

Nº	Tipo o grupo	Ejemplos de peligros		Capítulo/ Apartado
		Origen	Posibles consecuencias	
2	<b>Peligros eléctricos</b>	– contacto con componentes cargados o conexiones	– choque eléctrico	Capítulo 4
		– confusión entre los varios voltajes de un sistema	– quemadura o escaldadura	5.2.4
		– contacto con componentes de la circuitería eléctrica (electrónica), es decir, condensadores	– inhalación de humos tóxicos	5.2.5
		– exposición a un arco eléctrico	– daño en el ojo por chispas eléctricas	5.2.6
		– procesos en los que se utilicen altos voltajes o altas frecuencias, es decir, pintura electrostática, calentamiento por inducción	– efecto en los marcapasos	5.2.7
		– aplicaciones de soldadura utilizando altos voltajes		5.15
3	<b>Peligros térmicos</b>	– superficies calientes en el elemento terminal de robot, su equipamiento asociado o la pieza de trabajo	– quemaduras	Capítulo 4
		– superficies frías o objetos fríos	– fuego, explosión	
		– atmósfera explosiva causada por los procesos, es decir, pintura (partículas atomizadas, pintura en polvo), disolventes inflamables, trituración y molienda de polvo	– radiación de fuentes de calor	
		– exposición a temperaturas extremas necesarias en el proceso	– inhalación de humos tóxicos	
4	<b>Peligros provocados por ruido</b>	– pérdida de equilibrio, desorientación en la zona de trabajo de la celda del robot	– efecto sobre la capacidad de audición, el equilibrio y la atención	El ruido está excluido del alcance de esta parte de la Norma ISO 10218
		– imposibilidad de dos personas asignadas a una tarea de coordinar sus acciones mediante una conversación normal	– efecto en la comunicación hablada, la percepción de señales acústicas	
		– un nivel de ruido tan alto o con una capacidad de distracción tan alta que impide la audición o comprensión de avisos auditivos de peligro	– pérdida de audición	
		– exposición prolongada a niveles de ruido elevados		
5	<b>Peligros por vibraciones</b>	– relajación de conexiones, cierres, componentes debidos a paradas no deseadas o expulsiones de componentes	– fatiga	Capítulo 4
			– daño neurológico	5.2.3
			– desórdenes vasculares	

Nº	Tipo o grupo	Ejemplos de peligros		Capítulo/ Apartado
		Origen	Posibles consecuencias	
6	<b>Peligros por radiación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>interferencias EMF con el funcionamiento del robot</li> <li>exposición a radiación específica de determinados procesos, por ejemplo, soldadura por arco, láser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>quemaduras</li> <li>enfermedades</li> </ul>	Capítulo 4
7	<b>Peligros debidos a sustancias/materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>revisión, lubricación o cambio de componentes bañados en fluidos; fluidos de refrigeración</li> <li>fallos imprevistos en los componentes mecánicos y eléctricos del sistema robot y sus sistemas de seguridad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>envenenamiento</li> <li>inhalación de humo corrosivo y polvo</li> <li>quemaduras</li> </ul>	Capítulo 4
8	<b>Peligros ergonómicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>consola de guiado pobremente diseñada, pantalla táctil de la interfaz hombre-máquina u otro panel del operador demasiado lejana o en posición alta</li> <li>mal diseño de la carga y descarga; mucha distancia entre la ubicación de los componentes y la zona de carga y descarga</li> <li>dispositivos de validación mal diseñados</li> <li>ubicación inadecuada de los controles</li> <li>funcionamientos no advertidos de los controles</li> <li>difícil alcance, exposición a peligros adicionales debido a una ubicación inadecuada de los controles</li> <li>difícil alcance, exposición a peligros adicionales debido a una ubicación inadecuada de los componentes que requieren acceso para acciones anticipadas de mantenimiento (solución de problemas, reparación, ajustes)</li> <li>disminución de las posibilidades de reconocer peligros y situaciones de peligro debido a zonas mal iluminadas</li> <li>componentes que bloquean la luz</li> <li>interfaces hombre-máquinas ubicadas a demasiado alta o demasiado baja altura para su correcta visualización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>fatiga</li> <li>impacto</li> <li>caída</li> <li>pérdida de atención</li> <li>estrés</li> <li>errores humanos</li> </ul>	Capítulo 4  5.3.3  5.3.4  5.14



Nº	Tipo o grupo	Ejemplos de peligros		Capítulo/ Apartado
		Origen	Posibles consecuencias	
9	<b>Peligros asociados con el entorno en el que opera el robot</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– consideraciones de diseño por el entorno, por ejemplo, la instalación en zonas con movimientos sísmicos</li> <li>– no identificación de un problema o conjunto de problemas debido a acciones incorrectas o innecesarias</li> <li>– una acción o fallo incrementa el grado del daño, por ejemplo, intentar evitar una superficie afilada y en vez de ello contactar con una superficie caliente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– fuerza mayor</li> <li>– fallos provocados</li> <li>– acciones reflejas peligrosas</li> </ul>	Capítulo 4
10	<b>Combinaciones de peligros</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– movimientos imprevistos del robot o su elemento final o sus componentes</li> <li>– comportamientos impredecibles del sistema de control debido a interferencias electromagnéticas o subidas de tensión</li> <li>– se ha determinado una persona para poner en marcha el robot, pero no se contempla que esta acción la pueda realizar otra persona</li> <li>– mala interpretación del funcionamiento de robots cooperativos o movimientos simultáneos</li> <li>– un comando de parada para el robot en un ciclo incompleto</li> <li>– la velocidad del robot se puede ajustar, lo que resulta en varias tareas a varias velocidades</li> <li>– liberación con fuerzas residuales (inercia, gravedad, energía potencial acumulada) debido a un mal funcionamiento del control de los dispositivos de agarre o del elemento terminal del robot</li> <li>– liberación de los frenos del robot por un mal funcionamiento del control; la liberación de los frenos provoca que los elementos del robot se muevan de forma imprevisible debido a las fuerzas residuales (inercia, gravedad, energía potencial acumulada)</li> <li>– movimientos imprevistos del robot, el elemento final, los ejes auxiliares o sus componentes</li> <li>– fallo en el comportamiento esperado de un dispositivo de seguridad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– restauración del suministro de energía después de una interrupción</li> <li>– influencias externas sobre la fuente de alimentación</li> <li>– inicio inesperado</li> </ul>	Capítulo 4 5.2.2 5.2.3 5.2.4 5.2.5 5.2.6 5.2.7 5.3.2 5.3.3 5.3.5 5.4 5.5 5.7 5.8 5.9

Nº	Tipo o grupo	Ejemplos de peligros		Capítulo/ Apartado
		Origen	Posibles consecuencias	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>– fallo en el comportamiento esperado de un componente</li> <li>– mangueras sueltas y componentes sueltos</li> <li>– componentes instalados de forma inapropiada provocando peligros o movimientos imprevistos</li> <li>– componentes con altas velocidades de rotación que se liberan o desenganchan de los componentes que los retenían</li> <li>– sobrecarga del brazo del robot o su equipo que resulta en la rotura o arqueamiento de componentes mecánicos</li> <li>– contacto con explosiones debido a algún tipo de proceso (por ejemplo, la soldadura por puntos)</li> <li>– fallos en dispositivos de retención</li> <li>– fallo en el robot o alguno de sus componentes debido a la falta de frenos</li> <li>– atención a contratiempos durante la puesta en marcha o el apagado</li> <li>– los componentes del robot puede caerse si no están instalados o acoplados adecuadamente</li> <li>– iluminación insuficiente en la zona del operador de la celda del robot</li> <li>– obstáculos en la celda del robot</li> <li>– suelo deslizante</li> <li>– mala ubicación del material</li> <li>– peligros específicos de la tarea</li> </ul>		

## **Anexo B (Normativo)**

### **Tiempos de parada y distancias métricas de parada**

Esta es una métrica para utilizar cuando se presente la información de uso necesaria en el punto n) del apartado 7.2 para asegurar la normalización de la información de todos los fabricantes. Esta información es necesaria para calcular la distancia de seguridad en los dispositivos de seguridad. Para que esta información sea práctica y de utilidad, es necesario proporcionar los valores necesarios para los diferentes pasos y hasta sus situaciones más exigentes, a fin de predecir las condiciones de funcionamiento.

Los ensayos deben satisfacer las condiciones de ensayos descritas en la Norma ISO 9283:1998, capítulo 6, según sea el caso. Esto incluye las siguientes áreas:

- a) el manipulador debe calentarse antes de los ensayos;
- b) el robot debe estar montado siguiendo los requisitos del fabricante;
- c) se deben satisfacer los requisitos de entorno de alimentación de potencia, temperatura, etc.;
- d) se debe establecer una metodología adecuada para los tests;
- e) se debe describir el método de medición.

El fabricante debe prever la degradación y la parada del funcionamiento del robot debido a su uso normal y recomendar cuándo debería ser renovado.

Los requisitos de datos son los siguientes:

- el tiempo de paro debe estar determinado desde el inicio de una señal de paro hasta el cese de todos los movimientos del manipulador;
- si se dispone de valores de simulación validados entonces estos valores pueden obtenerse mediante simulación.

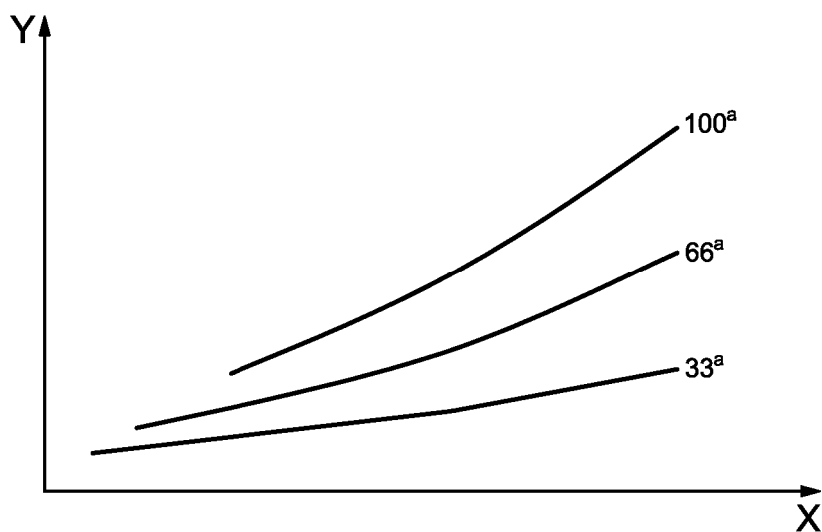
NOTA Estos datos varían dependiendo de los retardos añadidos debidos a la configuración o los fallos del sistema de control, por ejemplo, de los cables del panel colgante.

Esta distancia de paro debe estar determinada como la distancia total recorrida después del inicio de la señal de paro. Se debe presentar la distancia en unidades lineales o angulares, según sea el caso.

Para paros de categoría 0 de acuerdo con la Norma IEC 60204-1, los procedimientos de medida en máximas condiciones (esto es, velocidad máxima, máxima carga y máximo desplazamiento) son suficientes. Si el robot tiene un paro de categoría 1 se tienen que proporcionar información adicional o factores de corrección. Para paros de categoría 1 los valores de tiempos de paro y distancias dependiendo de la velocidad, carga y extensión tienen que fijarse en un 33%, 66% y 100% de su máximo, a menos que estos valores basados en el diseño se puedan derivar de sus valores máximos. En ese caso, se tienen que proporcionar los valores máximos al 100% con la fórmula para obtener los valores intermedios.

Los valores utilizados para la velocidad, carga y extensión tienen que representar valores máximos. El fabricante tiene que proporcionar una descripción sobre como el integrador tiene que llevar a cabo sus propias medidas de distancias y tiempos de paro en una celda real con un robot real y una herramienta y cargas reales.

Se deben proporcionar los datos para los tres ejes de mayor desplazamiento. Se muestra un ejemplo de una posible presentación en la figura B.1.



## Leyenda

X Velocidad, en mm/s

Y Tiempo de paro, en s

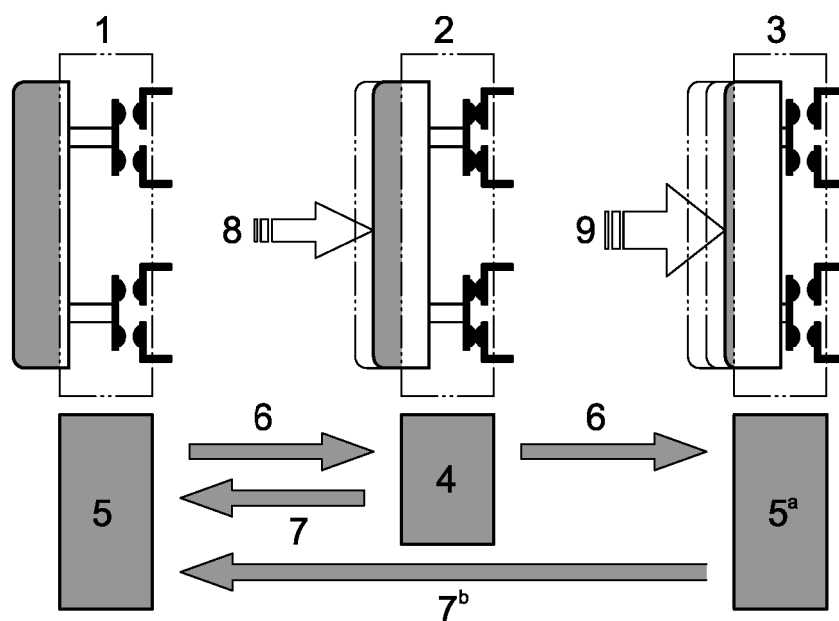
ª Carga, en %

NOTA Tiempo de paro del eje 1 en función de la velocidad y la carga, para un paro de categoría 1.

**Figura B.1 – Gráfico de ejemplo para el tiempo de paro**

## Anexo C (Informativo)

### Características de las tres posiciones del dispositivo de validación



#### Leyenda

- 1 Posición 1
- 2 Posición 2
- 3 Posición 3
- 4 ON
- 5 OFF
- 6 Pulsar
- 7 Liberar
- 8 Agarre débil
- 9 Agarre fuerte

<sup>a</sup> Cuando la parte del operador se pulsa a la posición 3 los contactos tienen que seguir abiertos.

<sup>b</sup> Cuando la parte del operador se pasa de la posición 3 a la posición 1, los contactos deben seguir abiertos y sin funcionamiento al pasar por la posición 2.

**Figura C.1 – Características de las tres posiciones del dispositivo de validación**

## **Anexo D (Informativo)**

### **Características opcionales**

#### **D.1 Generalidades**

Los requisitos especificados en los capítulos 4 a 7 son los mínimos para asegurar la seguridad del robot. Se pueden añadir muchas características adicionales al robot para mejorar su seguridad, pero no son requisitos de seguridad necesarios, en un sentido tradicional, o no se requieren criterios de funcionamiento específicos de seguridad de acuerdo con la Norma 13849-1 o normas similares.

Las características opcionales descritas en este anexo se listan sin ningún orden específico de importancia o conveniencia. Los robots que implementen estas características tendrán una gran flexibilidad en su modo de empleo y al reutilizarse, y un mayor potencial de rendimiento de su seguridad.

NOTA 1 Las características en los capítulos D.2, D.3 y D.4 son muy importantes para proporcionar flexibilidad a la instalación, si alguna vez se reinstala el robot en una aplicación distinta de la que fue originalmente diseñada y configurada.

NOTA 2 Las características de los capítulos D.5, D.6 y D.7, a pesar que no son características específicas de seguridad, proporcionan una mejora de la seguridad del robot.

#### **D.2 Funciones de parada de emergencia**

- a) Capacidad para funciones de paro de emergencia tal como se menciona en el apartado 5.5.1: esto proporciona una parada de emergencia común (posibilita que la parada de emergencia del robot detenga el funcionamiento de todo el sistema robot).
- b) Capacidad para que los dispositivos de paro de emergencia funcione sin alimentación de energía del control del robot de acuerdo al apartado 5.5.2.

#### **D.3 Características del dispositivo de validación**

- a) Capacidad del dispositivo de validación de estar interconectado en un circuito común que controle varios robots y equipos.
- b) Capacidad para conectar varios dispositivos de validación a un único circuito de validación.

#### **D.4 Selección de modo**

- a) Capacidad para proporcionar información desde el estado del modo de selección hasta el sistema de control de seguridad.
- b) La salida tiene que satisfacer el apartado 5.7.1.

#### **D.5 Detección de anti-colisiones**

Para prevenir de forma más efectiva el daño a personas cuando se detecte una colisión el robot debería parar y mostrar una señal de aviso y no moverse a ninguna otra posición sin la intervención del operador.

#### **D.6 Mantenimiento de la precisión de la trayectoria para todas las velocidades**

Esto limitaría la necesidad de supervisar el movimiento del robot en una posición de peligro.

## **D.7 Ejes programados y limitación de espacio de seguridad**

Tal como se describe en el apartado 5.12.3 estos límites permitirían la creación de programas con zonas de exclusión y inclusión.

## **D.8 Medición del funcionamiento de la parada**

Cuando sea posible, la supervisión y la medición del funcionamiento de parada del robot debería proporcionar uno o más de las siguientes características:



- a) selección de un modo para medir y grabar el funcionamiento del paro en la siguiente petición;
- b) seleccionar el evento de entrada que defina el inicio del paro (por ejemplo, una señal en un dispositivo de seguridad, una señal de paro);
- c) fijar los límites en los avisos cuando se superen estos límites.

## Anexo E (Informativo)

### Etiquetado

La tabla E.1 muestra ejemplos de símbolos que pueden ser utilizados para destacar los modos de funcionamiento identificados en el apartado 5.7. Se puede añadir texto descriptivo adicional junto a los símbolos, a fin de proporcionar de forma más explícita la información del modo de selección y el funcionamiento esperado.

**Tabla E.1 – Etiquetas para los modos de operación del robot**

Apartado	Modo	Símbolo	Referencia ISO 7000
5.7.2	Automático		0017
5.7.3	Velocidad manual reducida		0096



## Anexo F (Normativo)

### Medios para verificar los requisitos de seguridad y sus medidas

La tabla F.1 lista los requisitos de funcionamiento específicos que se han identificado como esenciales para la seguridad del robot y que se tienen que verificar, validar, o ambos.

Véase el apartado 6.3 para información acerca de cómo utilizar esta tabla.

**Tabla F.1 – Medios para verificar los requisitos de seguridad y sus medidas**

Apartado	Requisitos y/o medidas de seguridad aplicables	Método de verificación y/o validación (véase 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.2	<b>Requisitos generales</b>							
5.2.1	Se han instalado cubiertas fijas o móviles para evitar la exposición a ejes de motor, engranajes, correas de transmisión o transmisiones	X			X			
5.2.1	Las protecciones fijas, que se retirarán durante el funcionamiento normal del robot, tienen un hardware propio		X					X
5.2.1	Las protecciones móviles están acopladas a los movimientos peligrosos de tal forma que se paran los movimientos peligrosos antes de que se alcancen los peligros		X	X	X	X		
5.2.1	El funcionamiento del sistema de control de seguridad del sistema que relaciona las cubiertas móviles y los movimientos peligrosos satisface el apartado 5.4					X		
5.2.2	La pérdida o inestabilidad de la alimentación de energía no resulta en ningún peligro		X		X	X		
5.2.2	El reinicio de la alimentación de energía de no inicia ningún movimiento		X		X	X		
5.2.2	La pérdida o el cambio en la potencia eléctrica, hidráulica, neumática o de vacío no provoca ningún peligro		X		X			
5.2.2	Se han implementado medidas de seguridad adicionales para la protección ante peligros no protegidos por diseño	X						X
5.2.2	Los peligros sin proteger que puedan surgir por un funcionamiento habitual están presentados en la información de uso						X	X
5.2.3	Los componentes del robot están diseñados, contruidos, protegidos, o contenidos de forma que se minimicen los peligros provocados por su rotura, desajuste o liberación de energía almacenada	X	X		X			

Apartado	Requisitos y/o medidas de seguridad aplicables	Método de verificación y/o validación (véase 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.2.4	Capacidad para bloquear o asegurar las energías peligrosas aisladas del robot cuando éste se encuentra desenergizado	X	X	X		X		
5.2.5	Medios para liberar de forma controlada energía peligrosa almacenada		X			X		X
5.2.5	Etiqueta para identificar la peligros asociados a energía acumulada	X						
5.2.6	Los efectos esperados debido a la interferencia electromagnética (EMF), interferencia de frecuencias de radio (RFI) y descargas electrostáticas (ESD) no provocan movimientos peligrosos		X	X		X		
5.2.7	El equipo eléctrico del robot está diseñado y construido de acuerdo a los requisitos relevantes de la Norma IEC 60204-1.	X	X			X		X
5.3	<b>Controles de accionamiento</b>							
5.3.2	Los controles de accionamiento están contruidos o ubicados de forma que se eviten funcionamientos no previstos	X	X					
5.3.3	El estado de los controles de accionamiento está indicado claramente	X	X		X			
5.3.3	Si se utiliza un indicador luminoso su ubicación y color deben satisfacer los requisitos de la Norma IEC 60204-1	X			X			
5.3.4	Los controles de accionamiento están etiquetados e indican claramente su función	X						
5.3.5	Mientras se controle el robot la consola de guiado u otro dispositivo de control de guiado se evita que cualquier otra fuente inicie un movimiento del robot o cambie la selección del control local		X		X	X		
5.4	<b>Funcionamiento del sistema de control de seguridad (hardware/software)</b>							
5.4.1	El funcionamiento del sistema de control de seguridad que implementa el robot está detallado claramente en la información de uso					X		X
5.4.1	La información y los criterios necesarios para determinar el funcionamiento del sistema de control de seguridad se incluyen en la información de uso							X

Apartado	Requisitos y/o medidas de seguridad aplicables	Método de verificación y/o validación (véase 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.4.2	Los componentes de seguridad del sistema de control cumplen con PL = d, con categoría de estructura 3, SIL 2 con una tolerancia a fallos por hardware de 1, y con una prueba de resistencia mecánica de no menos de 20 años					X		X
5.4.2	La función de seguridad detecta los fallos aislados durante o antes de la siguiente petición		X		X	X		
5.4.2	Cuando se produzca un fallo la función de seguridad siempre se activará y se mantendrá un estado de seguridad hasta que el fallo no sea corregido		X		X	X		
5.4.2	Se detectan todos los fallos razonablemente previsibles		X		X	X	X	
5.4.3	En la información de uso se incluye la selección de criterios alternativos de funcionamiento de seguridad y sus correspondientes limitaciones y precauciones		X		X	X	X	X
5.5	<b>Funciones de paro del robot</b>							
5.5.1	Todos los robots tienen una función de paro de seguridad y una función de paro de emergencia independiente		X			X		
5.5.1	Las funciones de paro proporcionan la conexión a dispositivos externos de seguridad	X				X		
5.5.2	El robot dispone de uno o más circuitos de paro de emergencia					X		
5.5.2	Cada unidad de control tiene una función de paro de emergencia manual	X	X			X		
5.5.2	Las funciones de paro de emergencia únicamente pueden reiniciarse mediante una acción manual que permite el reinicio pero que no lo provoca	X	X		X	X		X
5.5.2	La selección de la categoría 0 o 1 viene determinada por la evaluación de riesgos						X	
5.5.2	Cuando se produce una señal de paro de emergencia, la señal sigue presente aún cuando se quita la potencia al robot, o bien se genera una señal de paro de emergencia si la señal deja de funcionar		X			X		
5.5.2	Los dispositivos de paro de emergencia satisfacen las Normas IEC 60204-1 e ISO 13850	X	X		X	X		
5.5.3	El robot dispone de una o más funciones de paro de seguridad con capacidad de conexión externa		X			X		
5.5.3	El funcionamiento de la función de paro de seguridad satisface los requisitos del apartado 5.4					X		X

Apartado	Requisitos y/o medidas de seguridad aplicables	Método de verificación y/o validación (véase 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.5.3	Esta función de paro provoca un paro de todos los movimientos del robot, corta o controla la potencia a los actuadores, y permite el control de cualquier otro peligro en el sistema robot		X		X	X		
5.5.3	Como mínimo una función de paro de seguridad es de categoría 0 o 1		X		X	X		
5.5.3	Cuando se proporciona una función de paro de seguridad adicional de categoría 2 cualquier movimiento no intencionado del robot en posición de seguridad o cualquier fallo detectado en la función de parada de seguridad provoca una paro de categoría 0 de acuerdo con la Norma IEC 60204-1		X			X		
5.5.3	En caso que se proporcione la función de paro segura y monitoreo satisface el apartado 5.4					X		
5.5.3	La información de uso incluye la descripción de la categoría de paro de todas las entradas del circuito de paro de seguridad							X
5.6	<b>Control de velocidad reducida</b>							
5.6.1	La velocidad de la brida de montaje y del TCP seleccionado se pueden controlar a diferentes velocidades		X	X		X		
5.6.1	Se proporciona un offset para permitir controlar la velocidad del TCP	X	X	X				X
5.6.2	Cuando se trabaja con el control de velocidad reducida, la velocidad del TCP no supera los 250 mm/s		X	X				
5.6.3.1	Cuando se proporcione, el control de velocidad reducida de seguridad satisface el apartado 5.4.2 para asegurar que el límite de velocidad reducida no se supera durante un fallo		X	X		X		
5.6.4	Cuando se proporcione, la velocidad del TCP está supervisada de acuerdo al apartado 5.4.2		X		X	X		
5.6.4	Si la velocidad supera el límite seleccionado se activa un paro de seguridad		X		X	X		
5.7	<b>Modos de funcionamiento</b>							
5.7.1	Los modos de funcionamiento se pueden seleccionar mediante un selector que se queda bloqueado en cada posición	X	X					
5.7.1	Cada selector está claramente identificado y permite únicamente la selección de un modo	X	X					

Apartado	Requisitos y/o medidas de seguridad aplicables	Método de verificación y/o validación (véase 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.7.1	Los medios de selección alternativos proporcionan una indicación inequívoca del modo seleccionado y por sí mismos no inician ningún movimiento del robot o peligro	X	X		X	X		
5.7.1	Señales opcionales de seguridad para indicar el modo seleccionado cumplen con el apartado 5.4		X			X		
5.7.2	Las medidas de seguridad funcionan cuando la tarea programada del robot opera en modo automático		X		X	X		
5.7.2	Se para el funcionamiento automático si se detecta cualquier condición de parada		X			X		
5.7.2	El cambio del modo automático provoca una parada		X		X	X		
5.7.3	El modo de velocidad manual reducida satisface los requisitos de los apartados 5.3.4 y 5.6	X	X			X		
5.7.3	El modo de velocidad manual reducida permite operar el robot mediante la intervención humana		X		X	X		
5.7.3	El control manual desde dentro del espacio de seguridad se realiza a velocidad reducida y con un control de acción sostenida y un dispositivo de validación		X			X		
5.7.3	La información de uso contiene la orden que siempre que sea posible las operaciones manuales se realizan con todo el personal fuera del espacio de seguridad							X
5.7.3	La información de uso contiene la orden que las medidas de seguridad desactivadas se tienen que reactivar totalmente antes de seleccionar el modo automático							X
5.7.4	La selección requiere una acción intencionada y una confirmación adicional		X		X	X		
5.7.4	La velocidad inicial después de la selección no excede los 250 mm/s	X	X	X	X	X		
5.7.4	La consola de guiado proporciona, de acuerdo al apartado 5.8, una función de acción sostenida adicional junto al dispositivo de validación	X	X		X	X		
5.7.4	Se proporcionan medios para el ajuste de la velocidad de forma incremental desde su valor inicial al valor programado se realiza en múltiples pasos	X	X		X	X		
5.7.4	La consola de guiado indica la velocidad fijada	X	X		X			

Apartado	Requisitos y/o medidas de seguridad aplicables	Método de verificación y/o validación (véase 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.7.4	La velocidad del robot está limitada a la velocidad inicial cuando se reinicia el dispositivo de validación ubicándolo en su posición central después de estar totalmente pulsado o liberado		X		X	X		
5.7.4	Opcionalmente se necesita una acción intencionada para volver a la alta velocidad, que estaba seleccionada antes de que el dispositivo de validación estuviera liberado o pulsado		X		X	X		
5.7.4	La opción de volver a la alta velocidad utilizando acciones separadas queda inhabilitada después de no más de cinco minutos después de la liberación del dispositivo de validación		X		X	X		
5.7.4	La información de uso contiene las instrucciones y los avisos adecuados para que, siempre que sea posible, se utilice el modo manual de operación con todo el personal fuera del espacio de seguridad							X
5.7.4	La información de uso ordena que todas las medidas de seguridad desactivadas vuelan a su completo funcionamiento antes de seleccionar el modo automático							X
5.8	<b>Controles de la consola de guiado</b>							
5.8.2	El movimiento del robot iniciado desde la consola de guiado o un dispositivo de control de guiado se realiza bajo el control de velocidad reducida tal como se describe en el apartado 5.6		X	X		X		
5.8.2	Cuando el control proporciona medios para seleccionar velocidad manual alta el robot satisface los requisitos del apartado 5.7.4		X		X	X		
5.8.3	La consola de guiado tiene un dispositivo de validación de tres posiciones	X	X			X		
5.8.3	Cuando se sujeta continuamente en su posición central, el dispositivo de validación permite el movimiento del robot y cualquier otro riesgo controlado por el robot		X		X	X		
5.8.3 a)	El dispositivo de validación trabaja de forma independiente de los demás dispositivos y funciones de control de movimiento		X			X		
5.8.3 b)	La liberación o compresión del dispositivo de validación desde su posición central detiene los peligros		X		X	X		
5.8.3 c)	Pasar de la posición de máxima compresión a la posición central no permite el movimiento del robot		X		X	X		

Apartado	Requisitos y/o medidas de seguridad aplicables	Método de verificación y/o validación (véase 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.8.3 d)	Múltiples selectores en un dispositivo de validación: cuando únicamente un selector se encuentre en la posición central, la liberación o pulsación del selector desde su posición central provoca una parada		X		X	X		X
5.8.3 d)	Múltiples selectores en un dispositivo de validación: la compresión de cualquier selector desde su posición central provoca una parada de seguridad		X		X	X		X
5.8.3 d)	Múltiples selectores en un dispositivo de validación: cuando más de un selector está en su posición central la liberación de otros selectores no provoca una parada de seguridad		X		X	X		X
5.8.3 d)	La información de uso contiene una descripción del funcionamiento del selector doble y avisos de que existen riesgos potenciales							X
5.8.3 e)	Múltiples dispositivos de validación: el movimiento no es posible a menos que todos los dispositivos de validación estén en la posición central		X		X	X		
5.8.3 f)	La caída del dispositivo de activación no resulta en un fallo que permita la activación del movimiento		X					
5.8.3 g)	Cuando no hay suministro de energía relativo a la seguridad la señal de activación señala una parada.		X			X		
5.8.3 g)	Las señales de salida de validación cumplen con el apartado 5.4		X			X		
5.8.3 h)	El paro de seguridad se inicia cuando se cambia de modo mientras el dispositivo de validación se encuentra en la posición central		X		X	X		
5.8.3 h)	Después de un cambio de modo con el dispositivo de validación en la posición central, el dispositivo de validación necesita ser liberado y reactivado antes que se pueda aplicar potencia de accionamiento		X		X	X		
5.8.4	La consola de guiado tiene una función de paro de acuerdo al apartado 5.5.2	X	X			X		
5.8.4	La presentación de la función de paro de emergencia de la consola de guiado es la de un dispositivo de paro de emergencia según la Norma ISO 13850	X				X		X
5.8.5	El funcionamiento automático no se puede habilitar únicamente desde la consola de guiado		X		X	X		
5.8.5	Se proporciona un medio para la confirmación de forma separada desde fuera del espacio de seguridad		X		X	X		

Apartado	Requisitos y/o medidas de seguridad aplicables	Método de verificación y/o validación (véase 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.8.6	Se ha proporcionado un indicador visual para identificar que el panel colgante está activo	X	X		X	X		
5.8.6	La pérdida de comunicación de la consola de guiado resulta en un paro de seguridad		X			X		
5.8.6	El restablecimiento de la comunicación no reinicia el movimiento del robot sin una acción separada intencionada		X			X		
5.8.6	Se evita la confusión entre los dispositivos de paro activos e inactivos mediante un almacenamiento o diseño adecuados	X	X			X		
5.8.6	La información de uso contiene una descripción del almacenamiento o diseño							X
5.8.6	En la información de uso se incluye el tiempo máximo de respuesta para la comunicación de datos y para la pérdida de comunicación		X			X		X
5.8.7	La capacidad para controlar múltiples robots satisface los requisitos del apartado 5.9		X		X	X		
5.9	<b>Control de movimientos simultáneos</b>							
5.9.1	La consola de guiado tiene la capacidad de mover uno o más robots de forma independiente o mediante movimientos simultáneos		X		X	X		
5.9.1	En el modo manual todas las funciones del robot se encuentran bajo control de una única consola de guiado	X	X		X	X		
5.9.2	Se proporciona la capacidad de permitir que uno o más robots se encuentren en un estado de servo desconexión		X		X	X		
5.9.2	Todos los robots de un sistema robot seleccionados para moverse de forma simultánea se encuentran en el mismo modo de funcionamiento antes del movimiento	X	X		X	X		
5.9.2	Cada robot tiene que ser seleccionado antes que pueda ser movido y se proporciona un indicador en el punto de selección del/de los robot(s) que ha(n) sido seleccionado(s)	X	X			X		
5.9.2	Se proporciona una indicación claramente visible desde dentro de espacio de seguridad que indica el(los) robot(s) que ha(n) sido activado(s)	X	X			X		
5.9.2	Se ha impedido el inicio imprevisto de cualquier robot no seleccionado; esta función cumple con los requisitos del apartado 5.4		X			X		



Apartado	Requisitos y/o medidas de seguridad aplicables	Método de verificación y/o validación (véase 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.10	<b>Requisitos para el funcionamiento cooperativo</b>							
5.10.1	Los robots diseñados para un funcionamiento cooperativo proporcionan un indicador visual cuando el robot está en funcionamiento cooperativo	X	X		X	X		
5.10.1	Los robots cumplen con uno o más de los requisitos en los apartados 5.10.2 a 5.10.5		X		X	X		
5.10.2	El robot para cuando un humano se encuentra dentro del espacio cooperativo		X		X	X		
5.10.2	La función de parada cumple con los apartados 5.4 y 5.5.3		X		X	X		
5.10.2	Si se utiliza un paro de categoría 2 el estado de paro es supervisado por un sistema de control de seguridad de acuerdo al apartado 5.4		X		X	X		
5.10.2	Un fallo en la función de supervisión del paro de seguridad resulta en un paro de categoría 0		X		X	X		
5.10.3	El equipo de guiado manual se encuentra cerca del elemento terminal	X				X		
5.10.3	El equipo de guiado manual tiene una función de parada que cumple con los apartados 5.5.2 y 5.8.4	X	X		X	X		
5.10.3	El equipo de guiado manual tiene un dispositivo de validación que cumple con el apartado 5.8.3	X	X		X	X		
5.10.3	El robot funciona con una función de seguridad de supervisión de la velocidad activa, con el límite de la velocidad determinado en la evaluación de riesgos		X	X	X	X	X	
5.10.3	La función de supervisión de la velocidad cumple con el apartado 5.4		X		X	X		
5.10.3	Se activa un paro de seguridad si una velocidad controlada supera su límite		X			X		
5.10.4	El robot es capaz de mantener una determinada velocidad y distancia de separación		X	X		X		
5.10.4	Las funciones de supervisión de la velocidad y distancia de separación cumplen con el apartado 5.4.2		X			X		
5.10.4	Un fallo al mantener una determinada velocidad o distancia de seguridad resulta en una parada de seguridad		X	X		X		
5.10.4	La aplicación del funcionamiento cooperativo ha sido determinada mediante la evaluación de riesgos					X	X	

Apartado	Requisitos y/o medidas de seguridad aplicables	Método de verificación y/o validación (véase 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.10.4	La información de uso contiene directrices para implementar valores de seguridad y distancias de seguridad							X
5.10.4	Se ha usado la Norma ISO 10218-2 para diseñar las operaciones cooperativas		X			X		X
5.10.5	El robot limita las salidas de potencia dinámicas, las fuerzas estáticas, la velocidad o la energía de acuerdo con el apartado 5.4		X	X		X		
5.10.5	Se activa un paro de seguridad si se supera el límite de cualquier parámetro		X	X		X		
5.10.5	La evaluación de riesgos llevada a cabo durante la fase de diseño determina la aplicación del funcionamiento cooperativo		X			X	X	
5.10.5	La información de uso incluye detalles para fijar los límites de los parámetros en la controladora del robot							X
5.11	<b>Protección de singularidades</b>							
5.11	El control del robot para el movimiento del robot y proporciona un aviso antes de que el robot pase por una singularidad durante el movimiento coordinado iniciado desde el panel de aprendizaje.		X	X	X			
5.11	El control del robot genera una señal de aviso audible o visible y continua la trayectoria por la singularidad con la velocidad de cada eje del brazo del robot limitada a 250 mm/s		X	X	X		X	
5.11	No es necesaria ninguna protección adicional, en el caso que se pueda controlar la singularidad sin crear ningún movimiento peligroso		X		X	X	X	
5.12	<b>Limitación de los ejes</b>							
5.12.1	Se proporciona un medio para instalar paradas mecánicas ajustables a fin de limitar el movimiento del eje principal	X	X					X
5.12.1	El robot cumple con el apartado 5.12.2 o el apartado 5.12.3 o ambos (a menos que se pueda hacer una excepción debido a una estructura de limitación por construcción)	X	X			X		
5.12.1	El robot se para cuando alcanza el límite de un eje		X			X		
5.12.2	Se proporcionan medios para ajustar los dispositivos de limitación mecánica y no mecánica de los ejes dos y tres	X				X		X

Apartado	Requisitos y/o medidas de seguridad aplicables	Método de verificación y/o validación (véase 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.12.2	Los paros mecánicos son capaces de parar el movimiento del robot con su carga nominal, en condiciones de máximas velocidades, y para las extensiones mínimas y máximas	X	X	X		X		
5.12.2	Se han realizado ensayos de los paros mecánicos sin ninguna parada adicional de ayuda	X			X			
5.12.2	El funcionamiento del circuito de control de los dispositivos de limitación electro-mecánicos cumple con los requisitos del apartado 5.4		X			X		
5.12.2	El control del robot y las tareas programadas no cambian los ajustes de los dispositivos de los límites electromecánicos		X			X		
5.12.2	La información de uso incluye información acerca del tiempo de paro en condiciones de velocidades máximas para los dispositivos de los límites electromecánicos incluyendo el tiempo de monitorización y la distancia recorrida antes que se alcance totalmente el paro							X
5.12.3	Cuando se utilizan límites programados de seguridad se define el espacio restringido en las posiciones esperadas de paro, que consideran la distancia recorrida en la parada		X	X	X	X		
5.12.3	La capacidad de activar los límites programados de seguridad, si está disponible, está descrita en la información de uso							X
5.12.3	Los programas de control que utilizan límites programados de seguridad cumplen con el apartado 5.4		X			X		
5.12.3	Únicamente el personal autorizado puede cambiar los programas de la limitación programada de seguridad		X			X		
5.12.3	Si se supera un límite programado se inicia un paro de seguridad		X			X		
5.12.3	El movimiento durante la recuperación de la violación de un límite programado de seguridad se produce bajo el control de velocidad reducida		X	X				
5.12.3	Se puede visualizar la información de los ajustes activos y la configuración de los límites de seguridad, y éstos están documentados con un identificador único de forma que se puedan identificar fácilmente los cambios en la configuración	X						X

Apartado	Requisitos y/o medidas de seguridad aplicables	Método de verificación y/o validación (véase 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.12.3	La información de uso incluye información del tiempo de parada a máxima velocidad para los límites programados de seguridad, incluyendo el tiempo de monitorización y la distancia recorrida antes de que se alcance totalmente la parada							X
5.12.3	Las señales de salida de la zona de seguridad que se usan en aplicaciones con espacio restringido dinámico cumplen con el apartado 5.4		X			X		
5.12.3	La configuración de hardware de las señales de salida se muestra en la información de uso							X
5.12.3	No se puede cambiar un límite programado de seguridad sin el reinicio del subsistema de seguridad, y no se puede reconfigurar durante la ejecución automática de la tarea programada		X			X		
5.12.3	La autorización para cambiar los límites programados de seguridad está protegido y asegurada		X			X		
5.12.3	Si se utilizan, los límites programados de seguridad siempre se activan en el encendido		X			X		
5.12.4	Los dispositivos de los límites dinámicos y sus sistemas de control correspondientes son capaces de parar el movimiento del robot con su carga y velocidades nominales, y sus correspondientes sistemas de control de seguridad cumplen con el apartado 5.4.2, a menos que la evaluación de riesgos haya determinado que se necesita otra categoría		X	X	X	X		
5.13	<b>Movimiento sin potencia de accionamiento</b>							
5.13	El robot está diseñado de forma que una sola persona es capaz de mover los ejes sin el uso de potencia de accionamiento en situaciones de emergencia o anómalas	X	X		X	X		
5.13	Los controles están accesibles pero protegidos de funcionamientos no previstos	X						
5.13	Las instrucciones para ello se incluyen en la información de uso junto con recomendaciones para la formación del personal en la respuesta a situaciones de emergencia o anómalas							X
5.13	La información de uso incluye avisos de que la gravedad y la liberación de los frenos pueden provocar situaciones de riesgo							X
5.13	Cuando es posible los avisos se colocan cerca de los controles de activación	X						

Apartado	Requisitos y/o medidas de seguridad aplicables	Método de verificación y/o validación (véase 6.2)						
		A	B	C	D	E	F	G
5.14	<b>Disposiciones para la carga del robot</b>							
5.14	Se proporcionan instrucciones y disposiciones para cargar el robot y sus componentes, y son adecuadas para manejar el correspondiente peso	X	X		X			X
5.15	<b>Conectores eléctricos</b>							
5.15	Los conectores eléctricos que pueden provocar riesgos si se separan o rompen están diseñados y contruidos para prevenir su separación no intencionada	X	X					
5.15	Se proporcionan los conectores con medios para evitar que se crucen entre ellos	X						

## Bibliografía

- [1] ISO/IEC Guide 51, *Safety aspects. Guidelines for their inclusion in standards.*
- [2] ISO 7000, *Graphical symbols for use on equipment. Index and synopsis.*
- [3] ISO 8373:1994, *Manipulating industrial robots. Vocabulary.*
- [4] ISO 9409 (all parts), *Manipulating industrial robots. Mechanical interfaces.*
- [5] ISO 9946, *Manipulating industrial robots. Presentation of characteristics.*
- [6] ISO 13851, *Safety of machinery. Two-hand control devices. Functional aspects and design principles.*
- [7] ISO 13855, *Safety of machinery. Positioning of safeguards with respect to the approach speeds of parts of the human body.*
- [8] ISO 14118, *Safety of machinery. Prevention of unexpected start-up.*
- [9] ISO 14119, *Safety of machinery. Interlocking devices associated with guards. Principles for design and selection.*
- [10] ISO 14120, *Safety of machinery. Guards. General requirements for the design and construction of fixed and movable guards.*
- [11] ISO/TS 15066<sup>1)</sup>, *Robots and robotic devices. Safety requirements. Industrial collaborative workspace.*
- [12] ISO/TR 23849, *Guidance on the application of ISO 13849-1 and IEC 62061 in the design of safety-related control systems for machinery.*
- [13] IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC). Part 6-2: Generic standards. Immunity for industrial environments.*
- [14] IEC 61000-6-4, *Electromagnetic compatibility (EMC). Part 6-4: Generic standards. Emission standard for industrial environments.*
- [15] IEC 61496-2, *Safety of machinery. Electro-sensitive protective equipment. Part 2: Particular requirements for equipment using active opto-electronic protective devices (AOPDs).*
- [16] IEC 61800-5-2, *Adjustable speed electrical power drive systems. Part 5-2: Safety requirements. Functional.*

---

1) En elaboración.

## **Anexo ZA (Informativo)**

### **Capítulos de esta norma europea relacionados con los requisitos esenciales u otras disposiciones de la Directiva 2006/42/CE**

Esta norma europea ha sido elaborada bajo un Mandato dirigido a CEN por la Comisión Europea y por la Asociación Europea de Libre Comercio, para proporcionar un medio de dar cumplimiento a los requisitos esenciales de la Directiva 2006/42/CE.

Una vez que esta norma se cite en el Diario Oficial de la Unión Europea bajo esta directiva, y se implemente como norma nacional en al menos un Estado Miembro, el cumplimiento de los capítulos de esta norma, dentro de los límites del campo de aplicación de esta norma, es un medio para dar presunción de conformidad con los requisitos esenciales específicos de esta directiva y los reglamentos de la AELC asociados.

**ADVERTENCIA:** Los productos incluidos en el campo de aplicación de esta norma pueden estar afectados por otros requisitos o directivas de la UE.

---

---

**AENOR** Asociación Española de  
Normalización y Certificación

Génova, 6  
28004 MADRID-España

[info@aenor.es](mailto:info@aenor.es)  
[www.aenor.es](http://www.aenor.es)

Tel.: 902 102 201  
Fax: 913 104 032