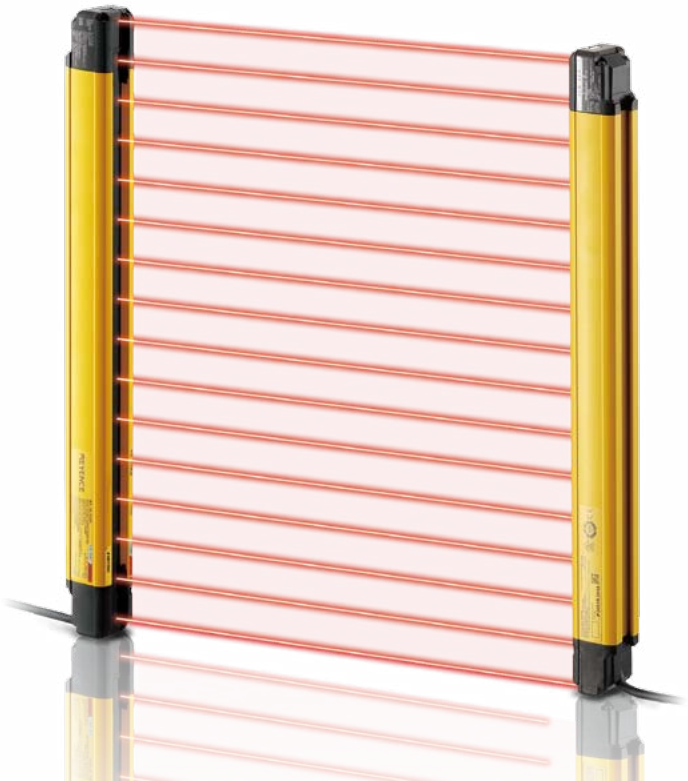
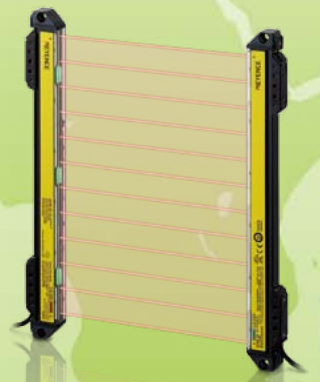
KEYENCE

PLe Tipo4
Cortina de seguridad
Serie GL-R

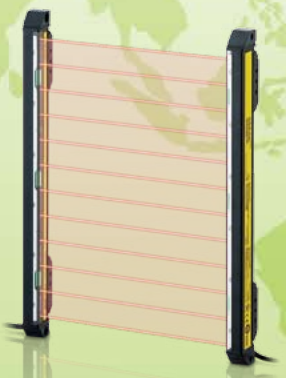


GUÍA DE SOPORTE SOBRE SEGURIDAD INDUSTRIAL

PLe Tipo4
Cortina de seguridad
Modelo delgado GL-SS



PLe Tipo4
Cortina de seguridad
Modelo plano GL-SF



PLd Tipo3
Escáner láser de seguridad
Serie SZ

ÍNDICE

01 Historia de las normas de seguridad — p. 3
Antecedentes de una mayor atención a la seguridad
Motivo para el uso de las normas ISO/IEC

02 Estructura organizacional de las normas de seguridad — p. 4
Normas internacionales para la seguridad de las máquinas
Principales normas de seguridad

03 Riesgos y seguridad — p. 6
Ocurrencia de riesgos
Riesgo tolerable
¿Qué es la valoración de riesgos?

04 Proceso de diseño de las máquinas — p. 8
Aplicación de las normas A/B/C
Valoración de riesgos — p. 12
Método de 3 pasos y medidas de protección — p. 14
Ejemplo de implementación del método de 3 pasos y medidas de protección — p. 16

05 ISO 13849-1 Revisiones — p. 18
Visión general de la revisión

06 PL (Nivel de rendimiento) — p. 20
PLr y PL (según ISO 13849-1:2006)

07 Parámetros PL — p. 21
DC (Cobertura de diagnóstico)
MTTFd
CCF (Fallos de causa común)
Determinación de PL

08 Instalación de la cortina de luz y distancia (mínima) de seguridad — p. 24

09 Instalación de la cortina de luz y distancia de seguridad — p. 26

10 Instalación del escáner láser y distancia de seguridad — p. 28

11 Ejemplos de cableado utilizando controladores de seguridad para las diferentes categorías — p. 30

01 Historia de las normas de seguridad

Cronología

	Norma internacional
1995	Establecimiento de la OMC Establecimiento del Acuerdo OTC
2000	IEC 61508*1
2001	
2003	ISO 12100-1/2*2
2004	
2006	ISO 13849-1:2006*3
2007	
2010	ISO 12100:2010*4 ISO 13855:2010*5
2011	
2013	

*1 IEC 61508 ..... Seguridad funcional de sistemas eléctricos/electrónicos/programables relacionados con la seguridad

*2 ISO 12100-1/2 ..... Conceptos básicos de seguridad de las máquinas, principios generales para el diseño — Parte 1: Terminología básica, metodología y Parte 2: Principios técnicos

*3 ISO 13849-1:2006..... Partes relacionadas con la seguridad de los sistemas de control — Parte 1: Principios generales para el diseño

*4 ISO 12100:2010 ..... Una norma que integra, sin realizar cambios, los detalles técnicos de la serie ISO 12100, establecida en 2003, e ISO 14121-1, establecida en 2007

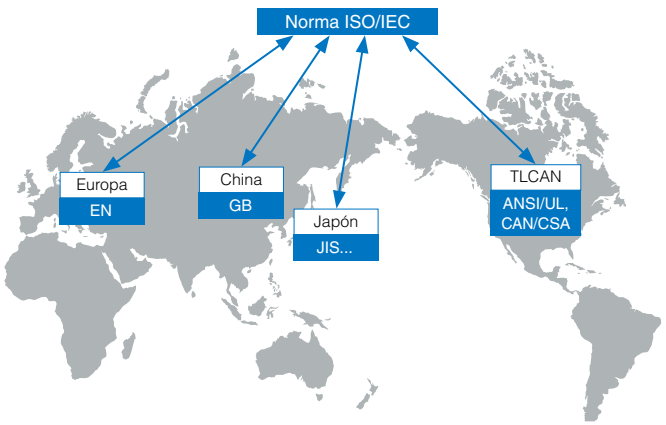
*5 ISO 13855:2010 ..... Posicionamiento de guardas, teniendo en cuenta las velocidades de aproximación de los miembros del cuerpo humano

Antecedentes de una mayor atención a la seguridad

En 1947, se firmó y publicó el Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT), por un grupo de colaboración de 23 países, que trabajaban para establecer un comercio internacional más ágil. Después de esto, en la "Ronda Uruguay del GATT" de 1994, se llegó a un acuerdo para la revisión de este acuerdo a fin de clarificar y fortalecer sus responsabilidades. En el mismo año, se creó el "Acuerdo OTC". Asumiendo el establecimiento del Acuerdo OTC, se creó en el siguiente año la **OMC** (Organización Mundial del Comercio) como una organización internacional cuyo objetivo es el libre comercio. Como resultado, el Acuerdo OTC se integró en el Acuerdo de la OMC, y éstos se expresan como el "Acuerdo OTC/OMC". De acuerdo con este "Acuerdo OTC/OMC", se requiere que las naciones miembros establezcan estándares tales como normas obligatorias, normas voluntarias y procesos de evaluación de conformidad, mediante la consonancia de estas normas con las internacionales, tales como las normas ISO y IEC.

Motivo para el uso de las normas **ISO/IEC**

Al hacer que las instalaciones y máquinas cumplan con las normas ISO/IEC, **se ha hecho posible en general, hacer que dichas instalaciones y máquinas se ajusten a los criterios técnicos de varios países**, para así aumentar la uniformidad a nivel mundial, y por lo tanto lograr que haya un número menor de restricciones al comercio en todo el mundo. (Se reconocen también requisitos únicos para cada país, por lo que lo anterior es una explicación del principio.)

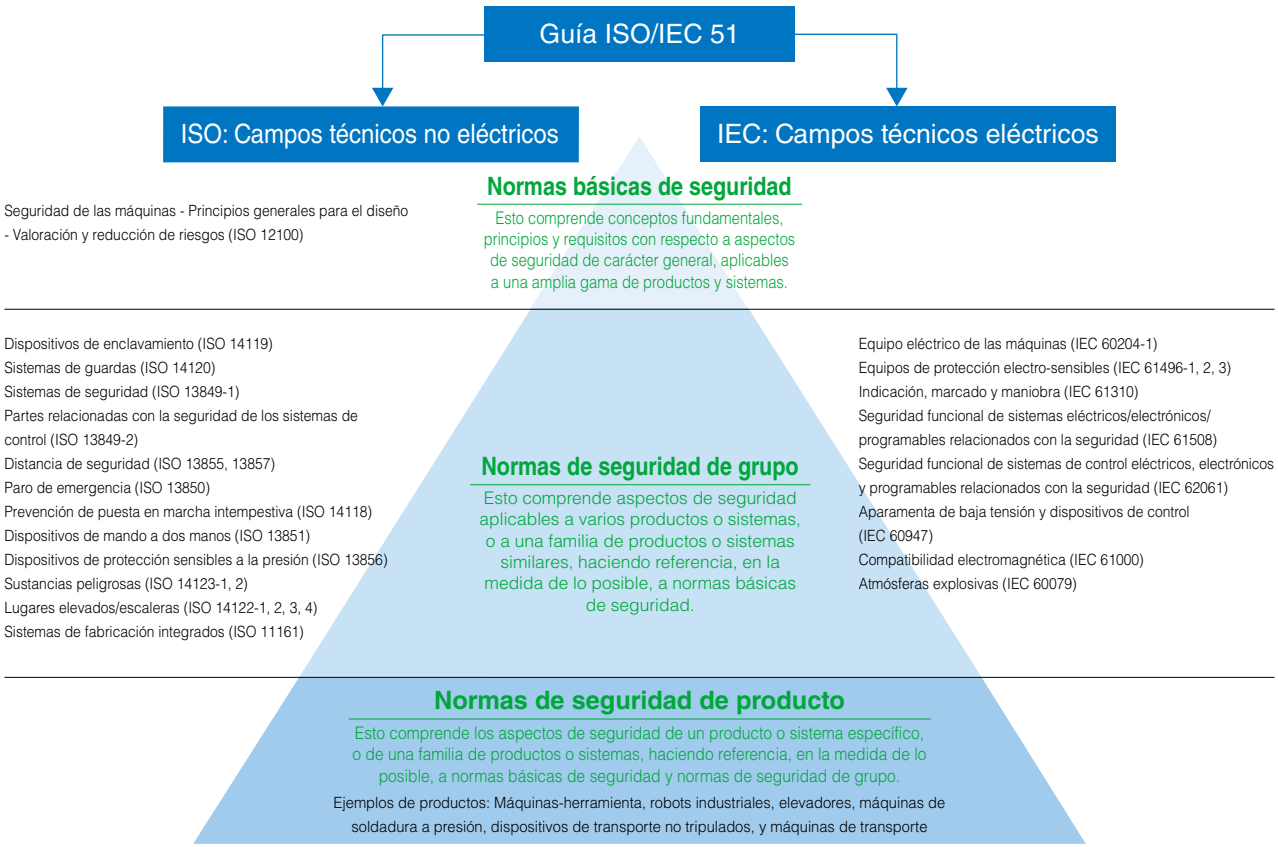


02 Estructura organizacional de las normas de seguridad

Normas internacionales para la seguridad de las máquinas

No hay garantía de que exista una norma ISO o IEC para una máquina determinada. **En términos realistas, no es posible** actualizar los requisitos de las normas para que coincidan con los productos, a medida que evolucionan día a día. Por lo tanto, las normas ISO e IEC están separadas en niveles (mediante la Guía ISO/IEC 51), y las máquinas más modernas **quedan cubiertas por medio de combinaciones de estas normas**.

Normas internacionales para la seguridad de las máquinas, normas ISO/IEC



ISO

Esta es la Organización Internacional de Normalización. ISO es un organismo de normalización establecido en 1947, que se especializa en los campos técnicos no eléctricos. Sus oficinas centrales se encuentran en Ginebra, Suiza. Algunas de las normas ISO más conocidas incluyen a ISO 9001: Sistemas de gestión de la calidad y la ISO 14001: Sistemas de gestión ambiental.

IEC

Esta es la Comisión Electrotécnica Internacional.
IEC es un organismo de normalización establecido en 1908, que se especializa en los campos técnicos eléctricos y electrónicos. Están ubicados en Ginebra, Suiza.

Principales normas de seguridad [Glosario]

Guía ISO/IEC 51

Esta guía proporciona requisitos y recomendaciones a los redactores de las normas, para la inclusión de aspectos de seguridad en las normas. Es aplicable a cualquier aspecto de seguridad relacionado con las personas, los bienes o el medio ambiente, o a una combinación de éstos.
La definición de “seguridad” en este documento, significa estar libre de aquellos riesgos que no son tolerables.

ISO 12100

Esta es una norma básica de seguridad para las máquinas, que especifica los principios de valoración y reducción de riesgos, tales como el método de 3 pasos, para ayudar a los diseñadores a conseguir la seguridad en el diseño de maquinaria.
El método de 3 pasos es un procedimiento para la reducción de riesgos, que consiste en: 1) medidas de diseño inherentemente seguro, 2) guardas y/o medidas de protección complementarias, y 3) información de uso.
En 2010, las anteriores normas básicas, ISO 12100-1: 2003 e ISO 12100-2: 2003, se integraron en la norma ISO 12100: 2010 sin ningún cambio en el punto de vista técnico.

ISO 13849-1

Esta norma de seguridad proporciona requisitos de seguridad y orientación sobre principios para el diseño e integración de las partes relacionadas con la seguridad de los sistemas de control.
Esto define el nivel de rendimiento (PL), que es el nivel discreto utilizado para especificar la capacidad de las partes relacionadas con la seguridad de los sistemas de control, para llevar a cabo una función de seguridad.

ISO 14121-1

Esta norma de seguridad había proporcionado principios generales destinados a ser utilizados para cumplir los objetivos de reducción de riesgos, establecidos en la norma ISO 12100-1: 2003.
En 2010, esta norma también se integró en la norma ISO 12100: 2010 sin ningún cambio en el punto de vista técnico.

IEC 60204-1

Esta norma de seguridad aplica a la utilización de equipos y sistemas eléctricos, electrónicos y programables, en máquinas no portátiles manualmente durante el trabajo, incluyendo un grupo de máquinas trabajando juntas de manera coordinada.

03 Riesgos y seguridad

¿Cuáles son las definiciones precisas de riesgo y seguridad? La Guía ISO/IEC 51, que es un estándar internacional, da las siguientes definiciones.

¿Qué es riesgo?

Riesgo se define como la "combinación de la probabilidad de que ocurra un daño y la gravedad de éste". En otras palabras,

Riesgo = Gravedad del daño × la probabilidad de la ocurrencia del daño

¿Qué es seguridad?

la seguridad se define como la"libertad de lo que no es tolerable" En otras palabras, un riesgo tolerable aún está presente, incluso cuando se considera uno "seguro".

Ocurrencia de riesgos

¿Qué significa que un riesgo está presente? Examine la siguiente figura.

Riesgo sólo existe cuando una persona está presente.

Porque nadie está presente, no hay ninguna posibilidad de que se produzca un daño.

Porque alguien está presente, existe la posibilidad de que esta persona sea atacada por el león.

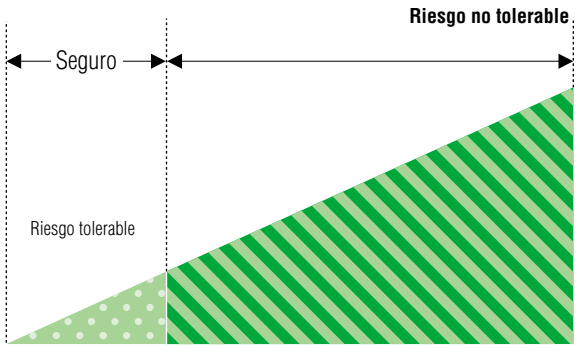
Izquierda: Está presente un peligro, pero no hay ninguna posibilidad de que se produzcan un daño.

Derecha: Está presente un peligro, y existe la posibilidad de que se produzcan un daño.

En la imagen de la izquierda, hay un león, que es un peligro, pero esto por sí solo no es suficiente para causar que se produzca un daño. En la imagen de la derecha, está presente una persona. Esto introduce la posibilidad de que se produzca un daño, si el león atacase a la persona. La imagen de la derecha indica una situación en la que el existe un "riesgo". Es necesario entender que esta situación es distinta de aquella en la que existe un "peligro".

Riesgo tolerable

La definición de “seguridad” es “libre de riesgos que no son tolerables”, según la Guía ISO/IEC 51. En otras palabras, la seguridad se puede lograr mediante la reducción del riesgo a un nivel tolerable.



¿Qué es la valoración de riesgos?

¿Qué es la valoración de riesgos?

La valoración de riesgos es un método para confirmar la seguridad, a fin de garantizar la seguridad de los trabajadores y otras personas, y para reducir al mínimo la posibilidad de daños. Indica el siguiente proceso.

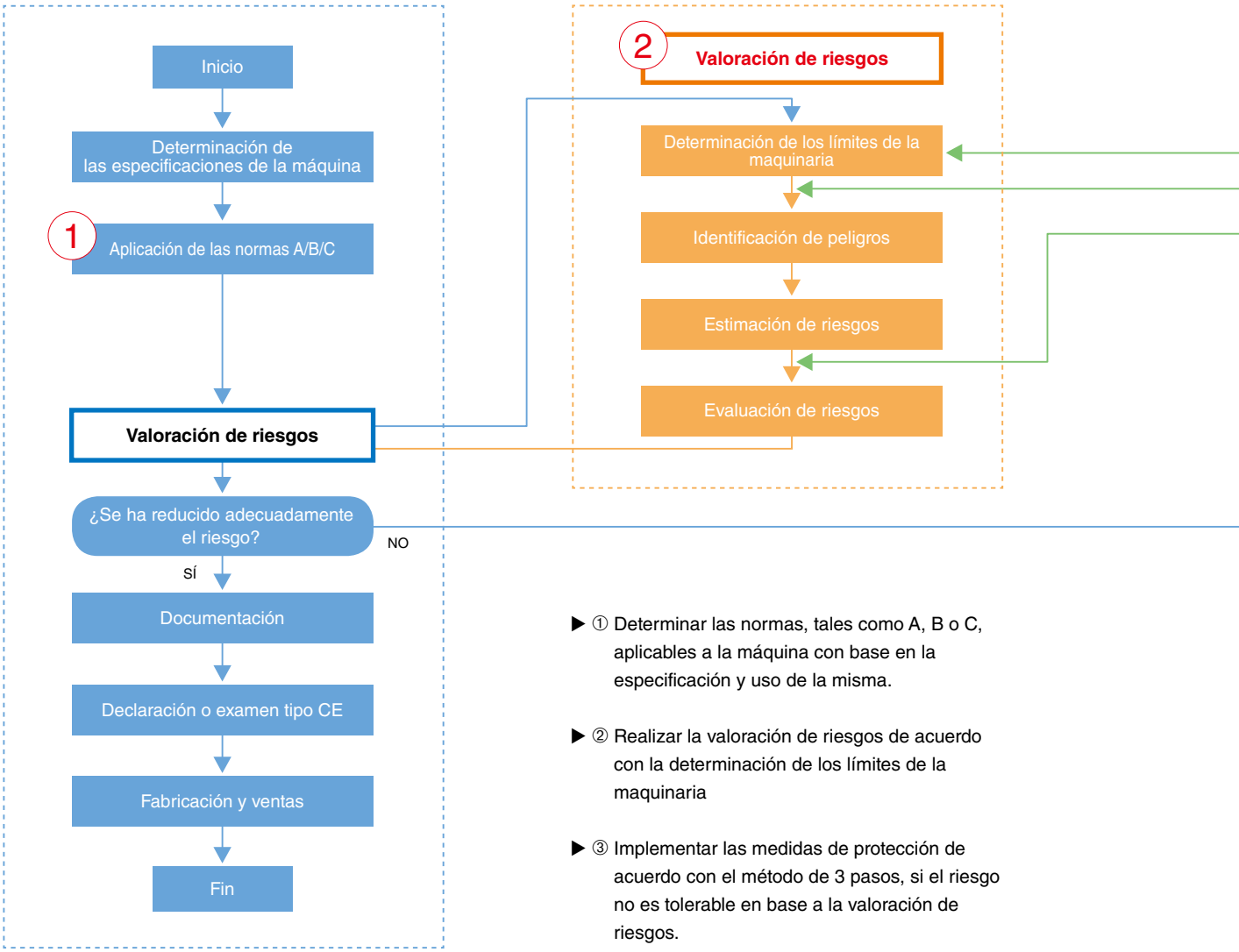
(1) Dejar en claro el uso previsto y las condiciones de uso de la máquina, y estimar el uso incorrecto, tal como errores de operación.
(2) Identificar los peligros presentes en la máquina.
(3) Estimar el grado de riesgo y la frecuencia de las situaciones en las que esté presente un riesgo.
(4) Evaluar si el grado de riesgo se ha reducido a un nivel aceptable.

Incluso si no se produce un daño, pueden existir posibilidades de riesgo y daño. Si éstos se dejan solos, se puede decir que la situación posee una alta **posibilidad de que ocurran accidentes de trabajo**. Como la tecnología ha avanzado, una gran variedad de máquinas y sustancias químicas han llegado a ser utilizadas, lo que ha llevado a la diversificación en el potencial de riesgo y daño. Además, para reducir aún más los accidentes de trabajo, es necesario implementar medidas de seguridad y saneamiento en una manera preventiva, no reactiva.

04 Proceso de diseño de las máquinas

Es necesario reducir los riesgos durante los procesos de diseño y desarrollo de una máquina, con el fin de crear una máquina segura. Este procedimiento se muestra en el siguiente diagrama de flujo.

Ejemplo de exportación de una máquina a Europa



▶ ① Determinar las normas, tales como A, B o C, aplicables a la máquina con base en la especificación y uso de la misma.

▶ ② Realizar la valoración de riesgos de acuerdo con la determinación de los límites de la maquinaria

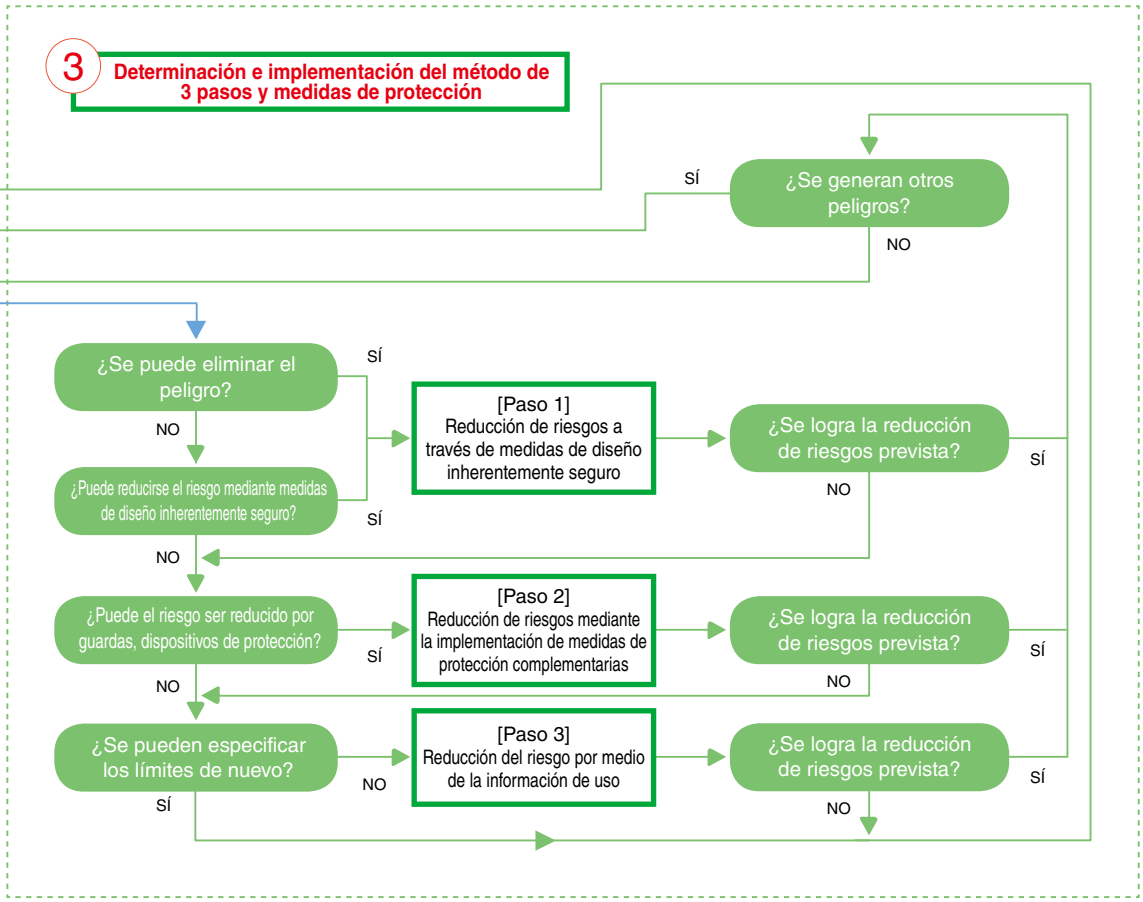
▶ ③ Implementar las medidas de protección de acuerdo con el método de 3 pasos, si el riesgo no es tolerable en base a la valoración de riesgos.

¿Qué son las normas A/B/C (normas de tipo A/B/C)?

La Guía ISO/IEC 51 proporciona un enfoque estructurado para asegurar que cada norma de seguridad especializada se limite a aspectos específicos, y haga referencia a normas más amplias para todos los demás aspectos relevantes.
La estructura se basa en los siguientes tipos de normas, de tipo A, B, y C.

¿Qué es la valoración de riesgos?

Proceso global que comprende un análisis de riesgos y una evaluación de riesgos. El análisis de riesgos es una utilización sistemática de la información disponible, para identificar los peligros y estimar el riesgo. La evaluación de riesgos es un procedimiento basado en el análisis de riesgos, para determinar si se ha superado el riesgo tolerable.



¿Qué son el método de 3 pasos y las medidas de protección?

Éstos se refieren a los tres métodos siguientes: medidas de diseño inherentemente seguro, guardas y otras medidas de protección complementarias, y el suministro de información de uso.

¿Qué es la reducción de riesgos adecuada?

La reducción de riesgos debe lograr el riesgo tolerable, así como el cumplimiento de la ley y/o reglamentación.

04 Proceso de diseño de las máquinas

Determinación de las normas de seguridad aplicables

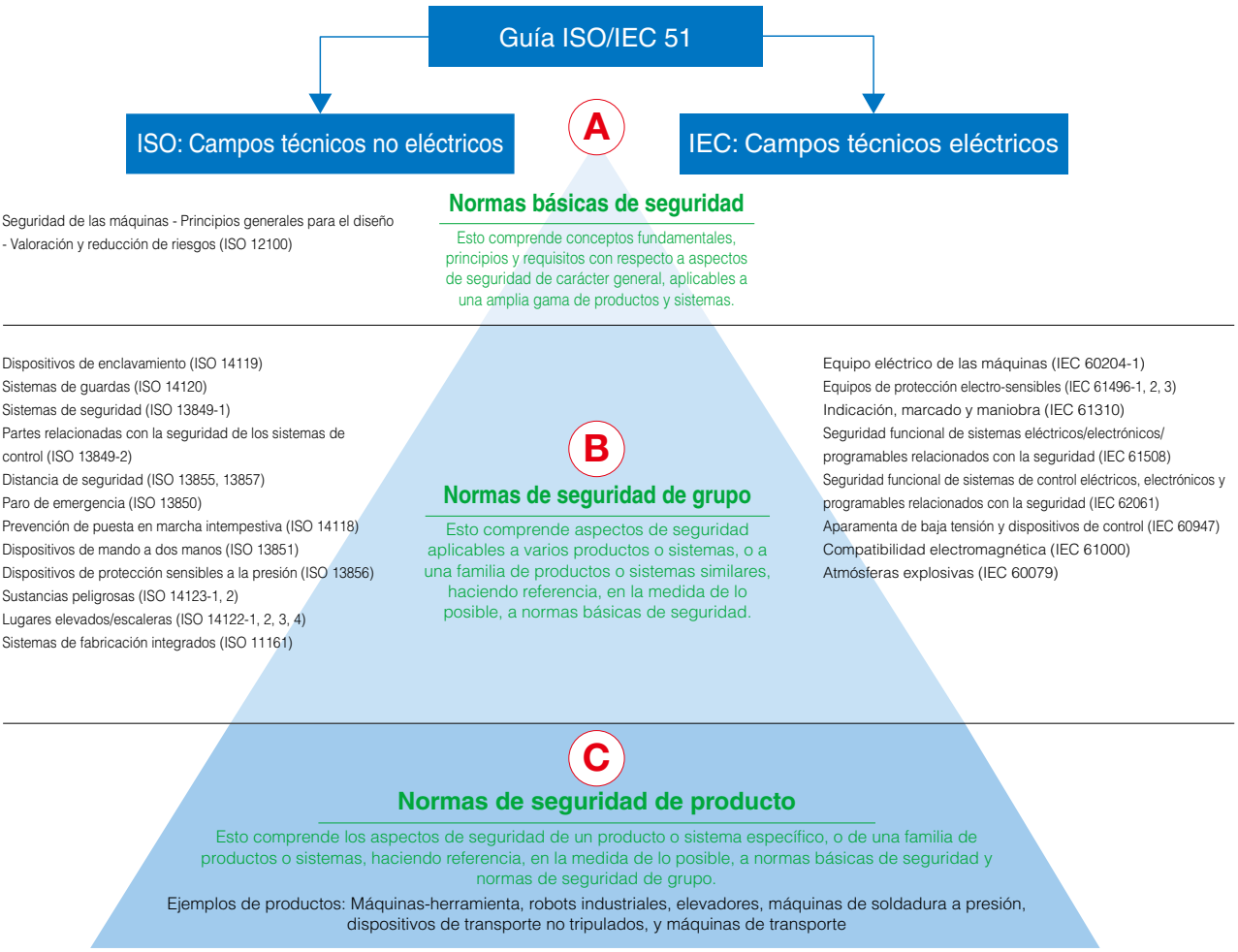
Es necesaria una estrecha coordinación dentro y entre los comités técnicos de la ISO y/o IEC responsables de la elaboración de normas sobre los diferentes productos y sistemas, con el fin de lograr un enfoque coherente para la reducción de riesgos. La Guía ISO/IEC 51 proporciona un enfoque estructurado para asegurar que cada norma de seguridad especializada se limite a aspectos específicos, y haga referencia a normas más amplias para todos los demás aspectos relevantes. La estructura se basa en los siguientes tipos de normas: Normas de tipo A, B y C.

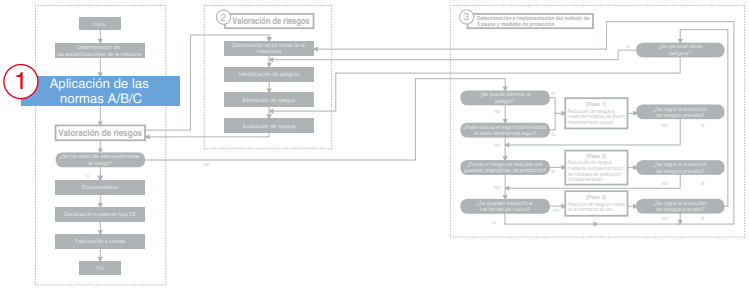
Normas de tipo A Éstas son normas básicas de seguridad, que comprenden conceptos, principios y requisitos fundamentales, respecto a los aspectos de seguridad de carácter general, aplicables a una amplia gama de productos y sistemas.

Normas de tipo B Éstas son un grupo de normas de seguridad, que comprenden aspectos de seguridad aplicables a varios productos o sistemas, o a una familia de productos o sistemas similares, haciendo referencia, en la medida de lo posible, a normas básicas de seguridad.

Normas de tipo C Éstas son normas de seguridad de productos, que comprenden los aspectos de seguridad de un producto específico o sistema, o una familia de productos o sistemas, haciendo referencia, en la medida de lo posible, a normas básicas de seguridad y normas de seguridad de grupo.

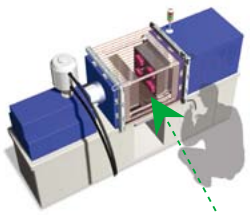
Cuando se determina la norma de seguridad aplicable, se deben aplicar normas de tipo C a la máquina si se ha establecido ya el estándar Tipo C. Las normas de tipo A o B se aplicarían si no se ha establecido la norma de tipo C, o si la norma de tipo C existente no es suficiente para la reducción de riesgos.





Norma tipo A

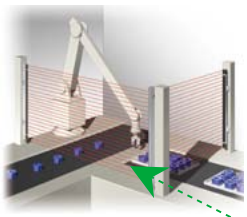
Norma tipo C — Máquinas de moldeo por inyección EN 201



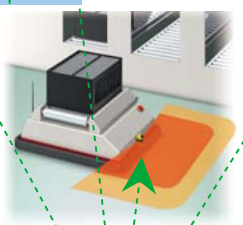
Norma tipo C — Máquinas-herramienta ISO 447

Norma tipo C — Prensas hidráulicas EN 693

Norma tipo C — Robots industriales ISO 10218



Norma tipo C — Vehículos industriales motorizados ISO 3691



Norma tipo C — Prensas mecánicas EN 692

* Ejemplo de aplicación de las normas A/B/C para las máquinas

Norma tipo B

04 Proceso de diseño de las máquinas
Valoración de riesgos

Valoración de riesgos

El siguiente diagrama de flujo muestra el proceso de valoración de riesgos establecido por **ISO 12100**.

1 Determinación de los límites de la maquinaria

La valoración del riesgo comienza con la determinación de los límites de la maquinaria, teniendo en cuenta todas las fases de la vida de la misma. Esto significa que las características y prestaciones de la máquina, o de una serie de máquinas en un proceso integrado, y las personas relacionadas, el medio ambiente, y los productos, se deben identificar en términos de los límites de la maquinaria.

2 Identificación de peligros

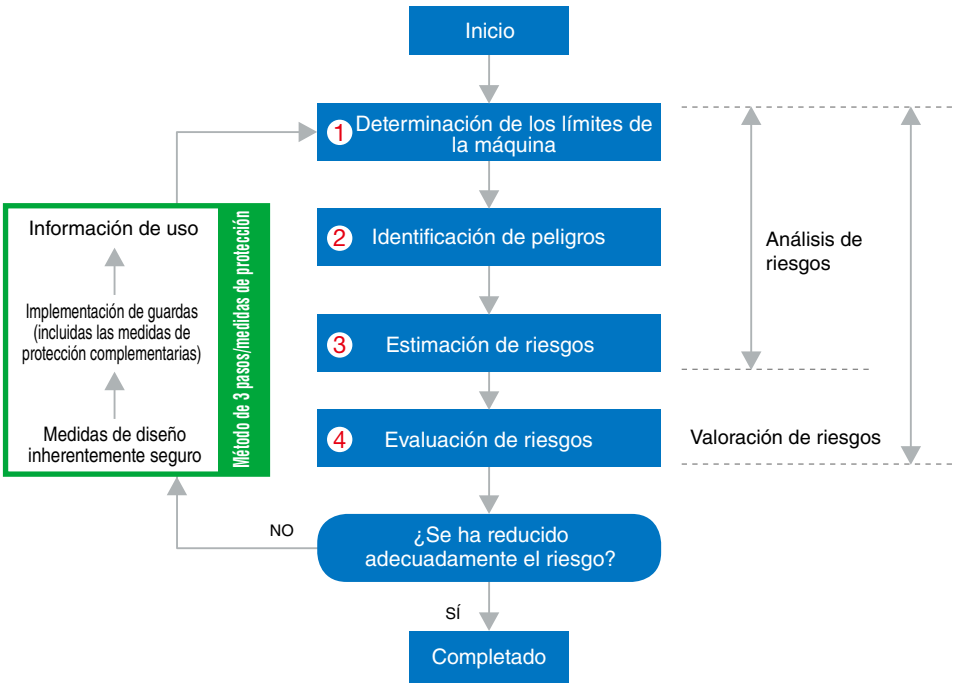
Después de la determinación de los límites de la maquinaria, el paso esencial en cualquier valoración de riesgos de la misma es la identificación sistemática de los riesgos razonablemente previsibles (peligros permanentes y aquellos que pueden aparecer inesperadamente), situaciones y/o eventos peligrosos durante todas las fases del ciclo de vida de la máquina.

3 Estimación de riesgos

Después de la identificación de los peligros, se debe llevar a cabo la estimación de riesgos para cada situación peligrosa mediante la determinación de los elementos de riesgo. Al determinar estos elementos, es necesario tener en cuenta los aspectos, tales como las personas, duración de la exposición, idoneidad de la medida de protección ...etc.

4 Evaluación de riesgos

Después de completarse la estimación de riesgos, se debe llevar a cabo la evaluación de riesgos para determinar si se requiere una reducción de riesgos. Si se requiere una reducción de riesgos, se deben seleccionar y aplicar entonces medidas de protección adecuadas.



¿Qué son los límites de uso?

Los límites de uso incluyen la utilización prevista y el mal uso, razonablemente previsible.

¿Qué son los límites de espacio?

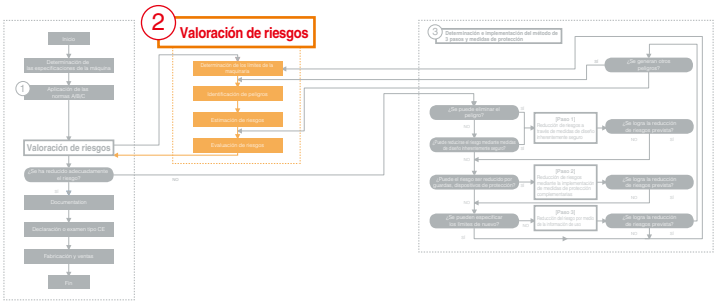
Los límites de espacio incluyen el rango de movimiento o de interacción humana, tales como la interfaz operador-máquina.

¿Qué son los límites de tiempo?

Los límites de tiempo incluyen el límite de la vida de la maquinaria y/o de algunos de sus componentes.

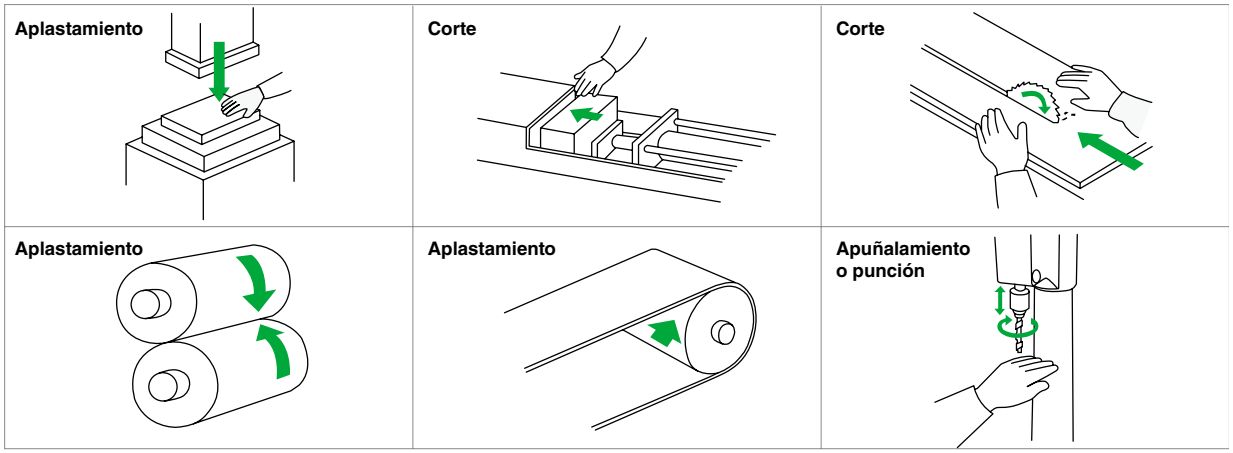
¿Qué es la identificación de peligros?

Esta es una identificación de una fuente potencial de daño. El peligro o bien está permanentemente presente durante el uso previsto de la máquina, o puede aparecer inesperadamente.



Identificación de peligros

▶ Peligros mecánicos



▶ Otros peligros

Peligros eléctricos, térmicos, generados por el ruido, las vibraciones, la radiación, por materiales y sustancias, por ignorar los principios ergonómicos, etc.

Estimación

Ejemplo 1: Uso de una matriz

Ejemplo de una estimación con un valor de gravedad de “(2) Grave” y un valor de posibilidad de “(2) Comparativamente alto”

		Gravedad de la lesión o enfermedad			
		Fatal	Grave	Medio	Leve
Posibilidad de que se produzca lesión o enfermedad	Extremadamente alto	5	5	4	3
	Comparativamente alto	5	4	3	2
	Posible	4	3	2	1
	Bajo	4	3	1	1

Riesgo	Prioridad	
4 a 5	Alto	Se deben implementar de inmediato medidas de reducción de riesgos. Se deben detener las operaciones hasta que se implementen medidas. Deben ser traídos suficientes recursos de gestión.
2 a 3	Medio	Se deben aplicar medidas de reducción de riesgos lo antes posible. Es conveniente evitar el uso de la máquina, hasta que se implementen las medidas. Deben ser traídos recursos de gestión de forma prioritaria.
1	Bajo	En caso de necesidad, implementar medidas de reducción de riesgos.

¿Qué es la estimación de riesgos?

Ésta pone de manifiesto la gravedad de los daños que pueden producirse y la probabilidad de que éstos se produzcan.

¿Qué es la evaluación de riesgos?

Sobre la base del análisis de riesgos, ésta valora si el objetivo de reducción de riesgos se ha logrado.

04 Proceso de diseño de las máquinas
Método de 3 pasos y medidas de protección

Método de **3** pasos y medidas de protección

¿Qué son las medidas de protección?

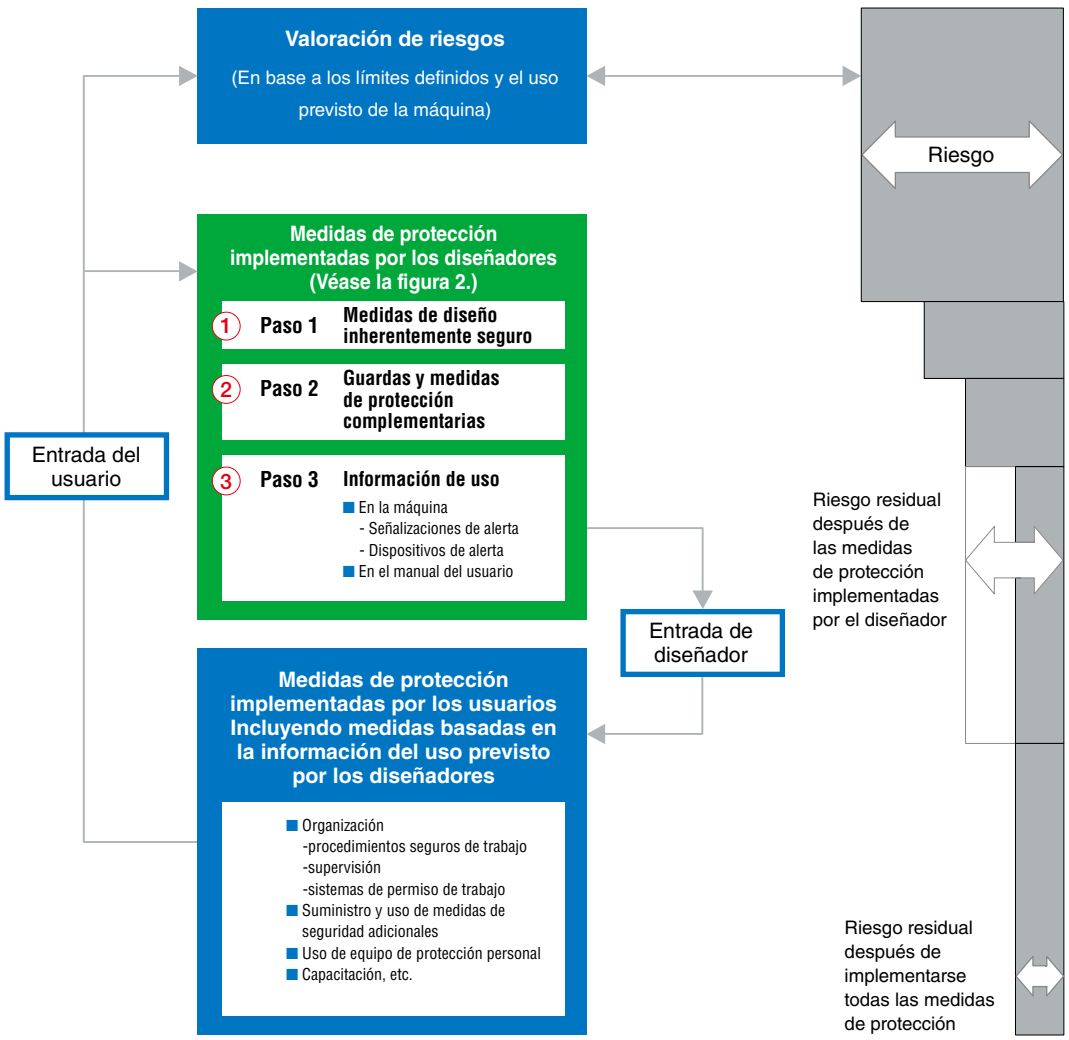
Éstas son medidas diseñadas con el propósito de lograr la reducción de riesgos. Las medidas de protección se pueden separar en dos grandes grupos: medidas de protección implementadas por los diseñadores y medidas de protección implementadas por los usuarios.

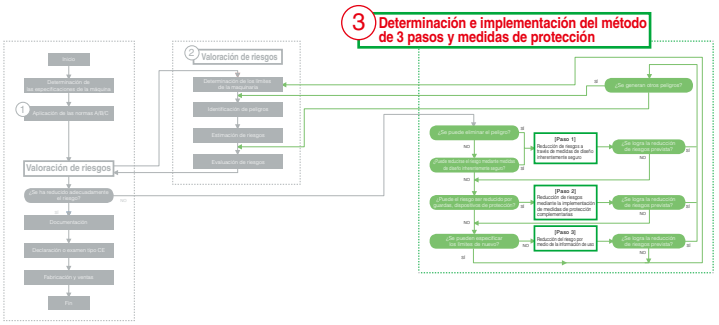
¿Qué es el método de 3 pasos?

Éstos son tres métodos implementados por los diseñadores y se clasifican como se muestra a continuación.

1. **Medidas de diseño inherentemente seguro**
2. **Guardas y medidas de protección complementarias**
3. **Información de uso**

De acuerdo a la prioridad, estas medidas se ordenan como 1, 2, y luego 3. En otras palabras, es deseable implementar las medidas de acuerdo con el siguiente procedimiento, que se llama el **método de 3 pasos y medidas de protección**.





Medidas de protección, según ISO 12100:2010

Aplica la siguiente definición.
Medida destinadas a lograr la reducción del riesgo, implementada
- por el diseñador (diseño inherentemente seguro, guardas y medidas de protección complementarias, información de uso) y/o
- por el usuario (organización: procedimientos de trabajo seguro, supervisión, sistemas de permisos de trabajo; suministro y uso de guardas adicionales; uso de equipo de protección personal; capacitación)

Medidas de diseño inherentemente seguro, según ISO 12100:2010

Aplica la siguiente definición.
Medidas de protección que eliminan los peligros o reducen los riesgos asociados con los mismos, al cambiar el diseño o las características de operación de la máquina, sin el uso de guardas o dispositivos de protección

Guardas, según ISO 12100:2010

Aplica la siguiente definición.
Medidas de protección que emplean guardas para proteger a las personas de los peligros que no puedan ser eliminados razonablemente, o de riesgos que no pueden evitarse con medidas de diseño suficientemente seguras

Medidas de protección complementarias, según ISO 12100:2010

Medidas de protección que no son ni medidas de diseño inherentemente seguro, ni guardas (implementación de guardas y/o dispositivos de protección), ni información de uso, podrían tener que ser implementadas según lo exija el uso previsto y el uso indebido razonablemente previsible de la máquina.

Información de uso, según ISO 12100:2010

Aplica la siguiente definición.
Medida de protección consiste en nexos de comunicación (por ejemplo, texto, palabras, signos, señales, símbolos, diagramas) utilizados por separado o en combinación, para transmitir información al usuario.

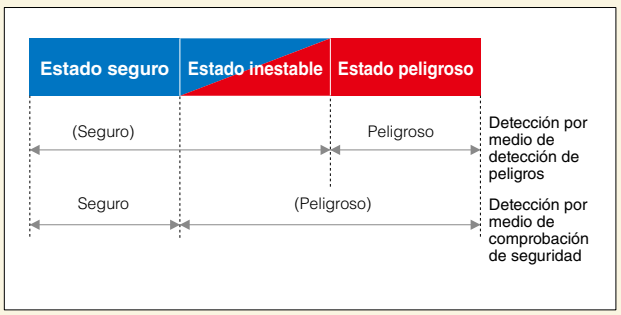
Riesgo residual, según ISO 12100:2010

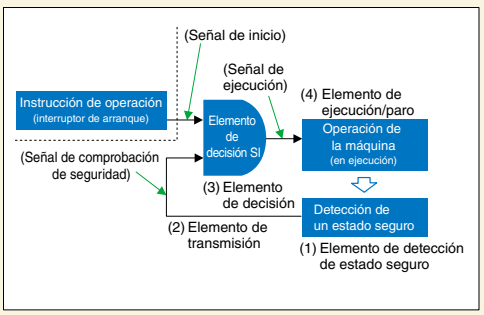
Es el riesgo que persiste después de implementarse las medidas de protección. ISO 12100: 2010 distingue 1) el riesgo residual después de la implementación de las medidas de protección del diseñador, y 2) el riesgo residual que persiste después de la implementación de todas las medidas de protección.

Columna

Sistemas de confirmación de seguridad

Estos sistemas sólo permiten la operación de la máquina después de confirmarse la seguridad. Este es un método para construir una seguridad definida. En concreto se puede decir que la puesta en marcha y la operación de las máquinas, estos sistemas sólo lo permiten, si detectan la ausencia de usuarios en el rango de operación de la máquina.





04

Proceso de diseño de las máquinas

Ejemplo de implementación del método de 3 pasos y de medidas de protección

Ejemplo de implementación del método de **3** pasos y de medidas de protección

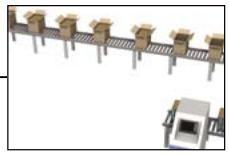
Examinemos cada paso de las medidas de protección de acuerdo con el diagrama de flujo de valoración de riesgos y el método de 3 pasos y las medidas de protección.

Medidas de protección

Paso 1

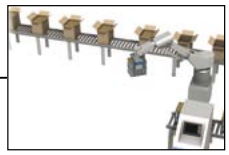
Medidas de diseño inherentemente seguro

- Eliminación de peligros



Se ha eliminado el peligro (el robot), pero esto no es realista.

- Reducción de la severidad del daño

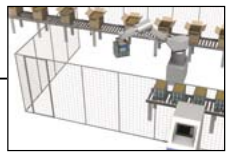


El motor se cambió a uno de baja potencia, para no lesionar al operador en caso de colisiones.

Paso 2

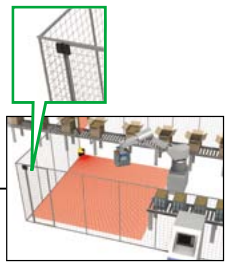
Guardas

- Uso de aislamiento como salvaguarda
  - Guarda



Se ha instalado una valla de seguridad.

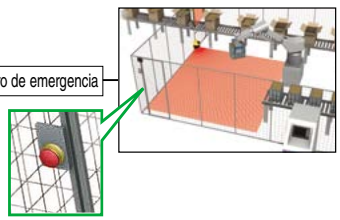
- Uso de paros como salvaguarda
  - Guarda móvil
    - Interruptor de puerta
  - Dispositivo de protección
    - Dispositivo de detección de entrada/presencia
      - Cortina de luz
      - Escáner láser



Se ha instalado un dispositivo tal como un interruptor de puerta o cortina de luz.

Medidas de protección complementarias

- Medidas distintas a las medidas de diseño inherentemente seguro, medidas de salvaguarda, así como información de uso.
  - Paro de emergencia



Se ha instalado un botón de paro de emergencia.

Paso 3

Información de uso

- Métodos para comunicar información al usuario
  - Señales y marcaje
  - Manual de usuario

Estos símbolos indican que el riesgo residual está presente.

Paso 1

Las medidas de diseño inherentemente seguro representan el primer paso, son la **única forma de eliminar los peligros**, y son la manera más efectiva de reducir los riesgos.

Paso 2

La próxima medida es la implementación de guardas. Esta medida es necesaria cuando los **riesgos no se reducen lo suficiente** con las medidas de diseño inherentemente seguro. Las guardas se clasifican normalmente en dos grupos. Guardas mediante **aislamiento** y por medio de **paros**. Para lo primero, las guardas (vallas de protección) son lo más utilizado. Para lo segundo, se utilizan como **un método** las cortinas de luz o los escáneres láser. **Medidas de protección complementarias** (por ejemplo, botones de paro de emergencia) son medidas que difieren de las medidas de diseño inherentemente seguro, guardas e información de uso, y son necesarias debido al riesgo existente a causa del uso previsto y del uso indebido razonablemente previsible de la máquina.
En el método de 3 pasos, estas medidas se sitúan en el paso 2, junto con las guardas. Un ejemplo de estas medidas de protección complementarias es un **dispositivo de paro de emergencia**.

Paso 3

El último paso es la provisión de información de uso. Este es el último método, que se requiere cuando el riesgo no puede ser eliminado o reducido mediante medidas de diseño inherentemente seguro, guardas y las medidas de protección complementarias descritas anteriormente.

Uso previsto de la máquina

Este es el uso de la máquina basado en la información contenida en las instrucciones de uso.

Los ejemplos incluyen las formas de utilización de la máquina como se describe en su catálogo o manual de usuario (utilizando la máquina según lo previsto por sus diseñadores).

Uso indebido razonablemente previsible

Esto se refiere a usos de la máquina no previstos por los diseñadores, que podrían surgir de la conducta humana previsible.

[Ejemplo 1] Uso de una máquina con el interruptor de puerta desactivado y la puerta abierta, con el fin de mejorar la cadencia. [Ejemplo 2] Intento de retirar un componente metiendo la mano en la parte de accionamiento, cuando la máquina está en funcionamiento.

Paro de emergencia

Esta es una medida de emergencia que detiene los procesos o la operación de la máquina, en situaciones peligrosas. ISO 13850 define los siguientes dos puntos.

- Debe evitar que surjan riesgos a personas, o reducir los existentes, así como daños a la maquinaria o al trabajo en curso.
- Debe ser iniciada por una sola acción humana.

05 ISO 13849-1 Revisiones

Antecedentes de la revisión

ISO 13849-1 (Seguridad de las máquinas — Partes relacionadas con la seguridad de los sistemas de control — Principios generales de diseño), norma internacional, **revisada** en 2006. Como antecedente de la revisión, se han puesto al servicio de las maquinarias de seguridad piezas de semiconductores tales como transistores MOS-FET, que componen las partes relacionados con la seguridad de los sistemas de control, lo que representa un cambio en los métodos de control, a partir del control por medio de cableado hacia el control mediante software. En la forma convencional de pensar acerca de las categorías, la seguridad se determinaba de acuerdo a las arquitecturas (estructuras) de los sistemas, que utilizaban dispositivos y relés de seguridad mecánicos con contactos de guía forzada, por lo que no se puede decir que se le prestaba la suficiente atención a la seguridad atribuible a la **fiabilidad de las piezas**. En estas circunstancias, se hicieron intentos para regular la seguridad mecánica de acuerdo a las funciones y fiabilidad, iniciando alrededor del año 2000. A esta forma de pensar se le llama **"seguridad funcional".** ISO 13849-1:2006 es una norma que revisa a ISO 13849-1:1999, que se basaba en la norma convencional EN 954-1 y añadía detalles de IEC 61508 (IEC 62061), que definía la seguridad funcional.

EN 954-1
(ISO 13849-1:1999)
Categoría

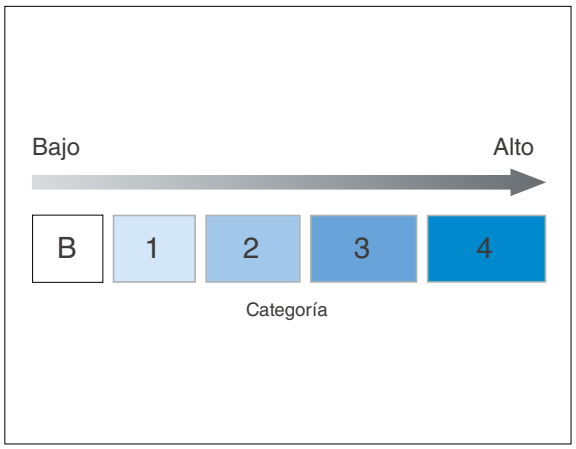
ISO 13849-1:2006
PL; Probabilidad media de un fallo peligroso por hora

Seguridad funcional de sistemas eléctricos/electrónicos/ programables relacionados con la seguridad IEC 61508/IEC 62061
SIL; Frecuencia media de un fallo peligroso de la función de seguridad

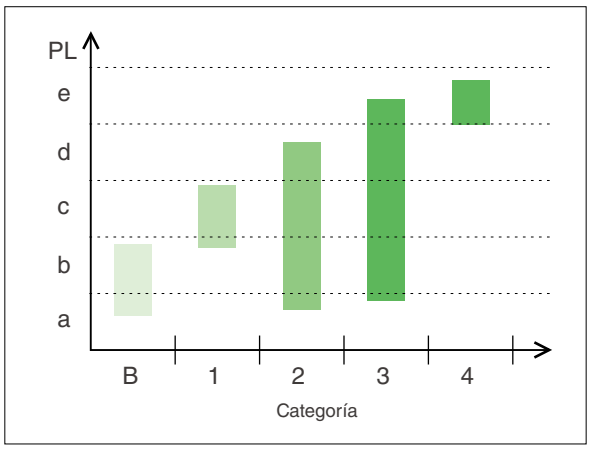
Visión general de la revisión

La "Categoría" de seguridad se definió en la norma ISO 13849-1: 1999. Es la clasificación de las partes relacionadas con la seguridad de los sistemas de control, respecto a su resistencia a los fallos y su comportamiento subsecuente a la condición de fallo, y que se obtiene mediante la disposición estructural de las partes y/o por su fiabilidad.
El nivel de rendimiento (PL) se introdujo en la norma ISO 13849-1: 2006, que se expresa cuantitativamente como la fiabilidad de las partes relacionadas con la seguridad de los sistemas de control, incluyendo la cobertura de diagnóstico o tasa de fallos.

ISO 13849-1:1999



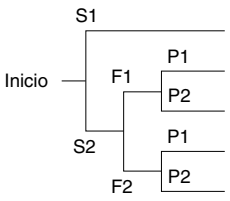
ISO 13849-1:2006



Referencia: Requisitos antes de las revisiones

ISO 13849-1: 1999 especifica el método de determinación de la categoría y sus requisitos.

Símbolo	Detalles de los símbolos	Parámetro	Breve explicación del parámetro
S	Gravedad de la lesión	S1	Lesión leve (normalmente reversible)
		S2	Lesión severa (normalmente irreversible), incluida la muerte
F	Frecuencia y/o duración de la exposición al peligro	F1	De infrecuente a muy a menudo, tiempo de exposición es corto
		F2	De frecuente a continuo, tiempo de exposición es largo
P	Posibilidad de evitar el peligro	P1	Posible
		P2	Apenas posible



Peligro Nivel	Selección de categoría				
	B	1	2	3	4
I	△	○	◎	◎	◎
II	△	○	○	◎	◎
III	×	△	○	○	◎
IV	×	△	△	○	◎
V	×	△	△	△	○

◎ : Medidas que pueden ser sobredimensionadas para el riesgo relevante
○ : Categorías preferidas para los puntos de referencia
△ : Categorías posibles que pueden requerir medidas adicionales
× : Categorías inaceptables

Explicación de los símbolos

El siguiente es un criterio para cada parámetro conforme a AISI/RIA R15.06.

S: Para el caso en el que se requeriría más que primeros auxilios, incluyendo la ausencia del trabajo, se asigna S2.

F: Para el caso en el que la exposición al peligro es más de una vez por hora, se asigna F2.

P: Para el caso en el que la velocidad del objeto en movimiento es mayor a 250 mm 9.84"/s, se asigna P2.

Requisitos de categoría definidos por ISO 13849-1

Categoría	Resumen de los requisitos	Comportamiento del sistema
B	Las partes relacionadas con la seguridad de los sistemas de control y sus equipos de protección, deberán ser diseñadas, construidas, seleccionadas, ensambladas y combinadas conforme a las normas pertinentes, a fin de que puedan resistir la influencia esperada.	La aparición de un fallo puede conducir a la pérdida de la función de seguridad.
1	Se deben aplicar los requisitos de B. Deben utilizarse componentes y principios de seguridad debidamente comprobados.*	La aparición de un fallo puede conducir a la pérdida de la función de seguridad, pero la probabilidad de ocurrencia es menor que para la categoría B.
2	Deben aplicar los requisitos de B y el uso de principios de seguridad debidamente comprobados. La función de seguridad debe ser verificada a intervalos adecuados por el sistema de control de la máquina.	La aparición de un fallo puede conducir a la pérdida de la función de seguridad entre las verificaciones. La pérdida de la función de seguridad es detectada por la verificación.
3	Deben aplicar los requisitos de B y el uso de principios de seguridad debidamente comprobados. Las partes relacionadas con la seguridad deben diseñarse de tal manera que - un fallo individual en cualquiera de estas partes, no conduzca a la pérdida de la función de seguridad, y que - siempre que sea razonablemente posible, se detecte el fallo individual.	Cuando se produce un fallo individual, se realiza siempre la función de seguridad. Algunos, pero no todos los fallos, se detectarán. La acumulación de fallos no detectados puede llevar a la pérdida de la función de seguridad.
4	Deben aplicar los requisitos de B y el uso de principios de seguridad debidamente comprobados. Las partes relacionadas con la seguridad deben diseñarse de tal manera que - un fallo individual en cualquiera de estas partes, no conduzca a la pérdida de la función de seguridad, y que - los fallos individuales se detectan en, o antes, de la siguiente solicitación de la función de seguridad, pero que si esta detección no es posible, una acumulación de fallos no detectados no de lugar a la pérdida de la función de seguridad.	Cuando se producen fallos, la función de seguridad siempre se lleva a cabo. Los fallos se detectarán a tiempo para evitar la pérdida de la función de seguridad.

* Principios de seguridad de eficacia bien probada son, por ejemplo, 1) evitar ciertos fallos (ej. evitar cortocircuitos por separación), 2) reducir la probabilidad de fallos (ej. por sobredimensionamiento o subvaloración de componentes), 3) orientar el modo de fallo (ej., garantizando un circuito abierto en caso de fallo), 4) detectar los fallos muy temprano, y 5) limitar las consecuencias de un fallo (ej. puesta a tierra de los equipos).

06 PL (Nivel de rendimiento)

PLr y **PL** (según **ISO 13849-1:2006**)

El nivel de rendimiento (PL) es un valor que se utiliza para definir la capacidad de las partes relacionadas con la seguridad de los sistemas de control para realizar su función de seguridad en condiciones previsibles.
Por otro lado, el nivel de rendimiento requerido (PLr) se utiliza con la finalidad de lograr la reducción del riesgo requerida para cada función de seguridad.
Por lo tanto, el nivel de rendimiento (PL) de partes relacionadas con la seguridad de un sistema de control, debe ser igual o mayor al nivel de rendimiento requerido (PLr).

Nivel de rendimiento (PL)	Probabilidad de fallos Peligrosos por hora (PFHd) 1/h
a	$\geq 10^{-5}$ y $<10^{-4}$ (0.001% a 0.01%)
b	$\geq 3 \times 10^{-6}$ y $<10^{-5}$ (0.0003% a 0.001%)
c	$\geq 10^{-6}$ y $<3 \times 10^{-6}$ (0.0001% a 0.0003%)
d	$\geq 10^{-7}$ y $<10^{-6}$ (0.00001% a 0.0001%)
e	$\geq 10^{-8}$ y $<10^{-7}$ (0.000001% a 0.00001%)

Determinación del nivel de rendimiento requerido (**PLr**)

Para cada función de seguridad que deba realizar una parte relacionada con la seguridad de un sistema de control, se debe determinar el nivel de rendimiento requerido (PLr), sobre la base de los tres siguientes parámetros:

S Gravedad de la lesión

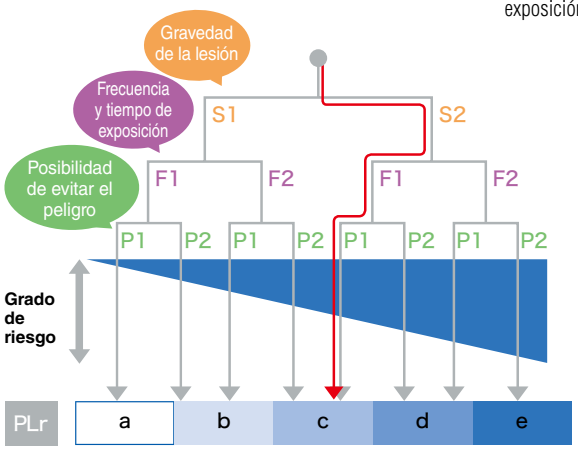
S1: Leve
S2: Seria (tales como lesiones irreversibles o la muerte)

F Frecuencia y/o duración de la exposición al peligro

F1: De infrecuente a poco frecuente y/o el tiempo de exposición es corto
F2: De frecuente a continuo y/o el tiempo de exposición es largo

P Posibilidad de evitar el peligro o limitar el daño

P1: Posible en condiciones específicas
P2: Apenas posible



Ejemplo de evaluación

El PLr se determina como “c” en el siguiente caso.
Gravedad de la lesión: Seria (S2)
Frecuencia: Infrecuente (F1)
Posibilidad de evitar: Posible (P1)

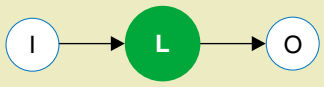
Parámetros **PL**

Para cada parte relacionada con la seguridad del sistema de control y/o la combinación de las mismas que realizan una función de seguridad, el nivel de rendimiento (PL) debe determinarse (evaluarse) estimando los siguientes aspectos principales: 1) Categoría (Estructura), 2) DC, 3) MTTFd, y 4) CCF.

PL

Parámetro	Detalles	Nivel
Categoría	Categoría es el parámetro básico que se utiliza para lograr un PL específico. Indica el comportamiento requerido de las partes relacionadas con la seguridad del sistema de control, en caso de un fallo. (Véase la descripción de categorías a continuación, para obtener más detalles.)	B 1 2 3 4
DC	Esta es la cobertura de diagnóstico del sistema de control relacionado con la seguridad. El valor de DC se proporciona en cuatro niveles. (véase la página 22 para más detalles.)	Alto (≥99%) Medio (90% a 99%) Bajo (60% a 90%) Ninguno (<60%)
MTTFd	Este es el tiempo medio hasta el fallo peligroso de la totalidad o parte del sistema relacionado con la seguridad. El valor de MTTFd de cada canal se proporciona en tres niveles. (véase la página 22 para más detalles.)	Alto (30 a 100 años) Medio (10 a 30 años) Bajo (3 a 10 años)
CCF	Esto expresa la fiabilidad de todo el sistema de control relacionado con la seguridad en cuanto a fallos de causa común previsibles. Se clasifica en dos tipos: ≥65 puntos y <65 puntos. (véase la página 22 para más detalles.)	≥65 puntos <65 puntos

Categoría



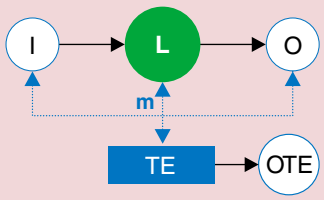
Arquitectura (estructura) designada de categorías B y 1

I: Dispositivo de entrada
(ejemplo: botón de paro de emergencia)
L: Procesamiento lógico
O: Dispositivo de salida
(ejemplo: relés con contactos forzados)

* Cuando se produce un fallo en la categoría B y 1, esto puede conducir a la pérdida de la función de seguridad.

B Las partes de seguridad del sistema de control deben estar diseñadas de acuerdo con las normas pertinentes, y utilizar principios básicos para su aplicación específica a fin de soportar las tensiones operativas previstas, la influencia del material procesado, y otras influencias externas relevantes.

1 Además de los requisitos de la categoría B, las partes relacionadas con la seguridad de un sistema de control deben diseñarse, utilizando componentes y principios de seguridad debidamente comprobados.

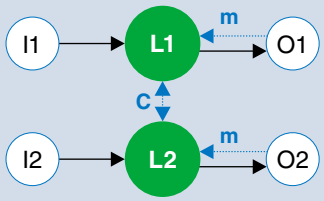


Arquitectura (estructura) designada de categoría 2

m: Monitoreo
TE: Equipo de pruebas
OTE: Salida de equipos de prueba

* Cuando se produce un fallo en la categoría 2 entre los controles, esto puede conducir a la pérdida de la función de seguridad.

2 Además de los requisitos de la categoría B, las partes relacionadas con la seguridad de un sistema de control deben diseñarse de tal manera, que su(s) función(es) sea(n) comprobada(s) a intervalos adecuados por el sistema de control de la máquina.



Arquitectura (estructura) designada de categoría 3 y 4

m: Monitoreo
C: Monitoreo cruzado

* Cuando se produce un fallo único en la categoría 3 del dispositivo, se lleva a cabo siempre la función de seguridad (algunos, pero no todos los fallos se detectarán), pero la acumulación de fallos no detectados puede conducir a la pérdida de la función de seguridad.
* En el caso de la categoría 4, las líneas de monitoreo representan una cobertura de diagnóstico que es superior que en la arquitectura designada para la categoría 3.

3 Además de los requisitos de la categoría B, las partes relacionadas con la seguridad de un sistema de control deben diseñarse de tal manera, que un fallo individual no conduzca a la pérdida de la función de seguridad. Cuando ello sea razonablemente posible, debe ser detectado durante o antes de la siguiente solicitación de la función de seguridad.

4 Además de los requisitos de la categoría B, las partes relacionadas con la seguridad de un sistema de control deben diseñarse de tal manera, que un fallo individual no conduzca a la pérdida de la función de seguridad, y se detecte durante o antes de la siguiente solicitación de la función de seguridad. Si no es posible, una acumulación de fallos no detectados no debe conducir a la pérdida de la función de seguridad.

07 Parámetros PL

DC (Diagnostic Coverage, Cobertura de diagnóstico)

DC es una medida de la eficacia de los diagnósticos, que se puede determinar como la relación entre la tasa de fallos peligrosos detectados y la tasa de fallos totales peligrosos. DC puede existir para la totalidad o parte de un sistema de seguridad.
Los cuatro denotaciones que se muestran en la tabla de la derecha, se proporcionan en la Norma ISO 13849-1.

Denotación	Rango
Ninguno	DC < 60%
Bajo	60% ≤ DC < 90%
Medio	90% ≤ DC < 99%
Alto	99% ≤ DC

MTTFd

MTTFd (Mean time to dangerous failure, tiempo promedio hasta fallo peligroso) es la expectativa del tiempo promedio hasta un fallo peligroso de la totalidad o parte de un sistema relacionado con la seguridad.
El MTTFd se proporciona para cada canal, con las siglas “I” (dispositivo de entrada), “L” (lógico), y “O” (dispositivo de salida). Las tres denotaciones que se muestran en la tabla de la derecha se proporcionan en la norma ISO 13849-1.

Denotación	MTTFd
Bajo	3 años ≤ MTTFd < 10 años
Medio	10 años ≤ MTTFd < 30 años
Alto	30 años ≤ MTTFd < 100 años

CCF

CCF (Common Cause Failure, fallos de causa común) se refiere al fallo de diferentes elementos, como resultado de un solo evento, donde los fallos no son consecuencia los unos de los otros.
ISO 13849-1 proporciona un proceso de calificación y cuantificación de las medidas contra CCF. La calificación total debe ser 65 o superior.

Determinación de **PL**

(1) Categoría (cinco tipos: B, 1, 2, 3 y 4)

(2) MTTFd (tres tipos: alto, medio y bajo)

(3) DCavg (cuatro tipos: alto, medio, bajo y ninguno)

(4) CCF (dos tipos: ≥65 puntos y <65 puntos)

La siguiente tabla se puede utilizar para determinar el PL, en base a los parámetros anteriores.

Ejemplo: Categoría = 3, MTTFd = medio, DCavg = bajo, y CCF = ≥65 puntos

(1) Categoría		**B**	**1**	**2**	**2**	**3**	**3**	**4**
(2) DCavg (cobertura de diagnóstico prom.)		Ninguno	Ninguno	Bajo	Medio	Bajo	Medio	Alto
(3) MTTFd de cada canal	Bajo	a	–	a	b	b	c	–
	Medio	b	–	b	c	c	d	–
	Alto	–	c	c	d	d	d	e
(4) CCF (fallos de causa común)		Ninguno		≥65 puntos				

El PL debe ser "c" de acuerdo con el ejemplo anterior.

Columna

Relación entre el PL y SIL

IEC 61508-1 especifica el nivel de integridad de seguridad (SIL), que es similar al nivel de rendimiento (PL). La siguiente tabla muestra la relación entre estos 2 conceptos.

Relación entre el PL y SIL (extracto de la norma 13849-1:2006)

Probabilidad de fallo peligroso por hora	**PL**	**SIL** (IEC 61508-1, modo de operación continua o de alta demanda)	Probabilidad de fallo peligroso por hora (modo de operación continua o de alta demanda)
$\geq 10^{-5}$ y $<10^{-4}$	a	Ninguna correspondencia	
$\geq 3 \times 10^{-6}$ y $<10^{-5}$	b	1	$\geq 10^{-6}$ y $<10^{-5}$
$\geq 10^{-6}$ y $<3 \times 10^{-6}$	c	1	$\geq 10^{-6}$ y $<10^{-5}$
$\geq 10^{-7}$ y $<10^{-6}$	d	2	$\geq 10^{-7}$ y $<10^{-6}$
$\geq 10^{-8}$ y $<10^{-7}$	e	3	$\geq 10^{-8}$ y $<10^{-7}$

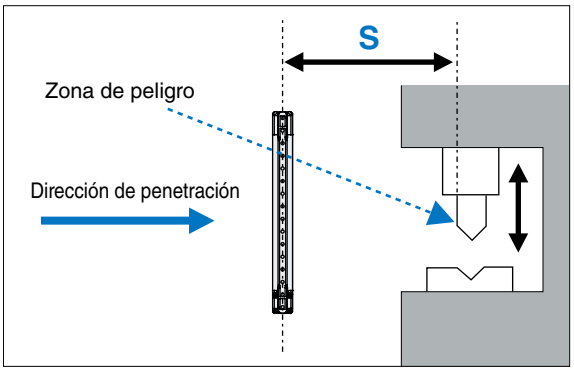
08 Instalación de la cortina de luz y distancia (mínima) de seguridad

Cuando instale una cortina de luz de seguridad u otro dispositivo de protección de detección eléctrico, consulte las **distancias mínimas requeridas para detener la máquina, antes de que el cuerpo llegue a la zona de peligro**, cuando éste entre en la zona de detección. Estas distancias están definidas en normas como la ISO 13855. Cuando instale una cortina de luz, asegúrese de proporcionar la distancia de seguridad (distancia mínima) determinada por fuentes tales como las normas, reglamentos y leyes del país o área, en la que se utilizará la misma.

Cálculo de la distancia de seguridad de acuerdo a **ISO 13855**

Distancia de seguridad (S) = Velocidad de aproximación del cuerpo × tiempo de respuesta + distancia adicional
(que varía dependiendo de la capacidad de detección del sensor)

Dirección perpendicular de aproximación



Detección del cuerpo

$$S = K \times T + C \qquad 40 < d \leq 70 \text{ mm} \quad (1.57" < d \leq 2.76")$$

K = 1600 mm 62.99"/s (velocidad de aproximación [suponiendo la velocidad de una persona al caminar])
T = Tiempo máximo requerido para que la máquina se detenga + tiempo de respuesta de la cortina de luz
C = 850 mm 33.46" distancia de penetración [valor coincidente con el largo estándar del brazo de una persona])

Detección de dedos y manos

$$S = K \times T + 8(d - 14) \qquad d \leq 40 \text{ mm}$$
$$S = K \times T + 8(d - 0.55") \qquad d \leq 1.57"$$

K = 2000 mm 78.74"/s (velocidad de aproximación [suponiendo la velocidad de penetración de una mano])
T = Tiempo máximo requerido para que la máquina se detenga + tiempo de respuesta de la cortina de luz
d = Capacidad de detección de la cortina de luz
Nota: Si S es mayor que o igual a 500 mm 19.69", realice el cálculo de nuevo con K igual a 1600 62.99".
Si el resultado nuevamente calculado da S, inferior o igual a 500 19.69", ajuste S a 500 19.69".

Relación entre el Tiempo máximo requerido para que la máquina se detenga y la Distancia de seguridad

El valor T que se muestra en la fórmula se forma al sumar los siguientes dos parámetros.
T = Tiempo máximo requerido para que la máquina se detenga + tiempo de respuesta de la cortina de luz (ON → OFF)

Cuando K (velocidad de penetración) = 2000 mm 78.74"/s
Por ejemplo, cuando se utiliza la cortina de luz GL-R08H (que tiene un tiempo de respuesta de 0.0069 s)
S = 2000 mm 78.74"/s × (tiempo máximo requerido para que la máquina se detenga + 0.0069 s) + C

Como se muestra arriba, el tiempo máximo requerido para que la máquina se detenga se multiplica por la velocidad de penetración (2000 mm 78.74"/s), por lo que si el tiempo máximo requerido para que la máquina se detenga se incrementa en sólo 1 segundo, la distancia de seguridad se incrementa por (2000 mm 78.74"/s × 1 s = 2000 mm 78.74").
Si el tiempo de respuesta de la cortina de luz se incrementa en 1 ms, la distancia de seguridad se incrementa en 2 mm 0.08".

Ejemplos de cálculos básicos

Dirección perpendicular de aproximación: Serie GL-R

Fórmula: S = K × T + C

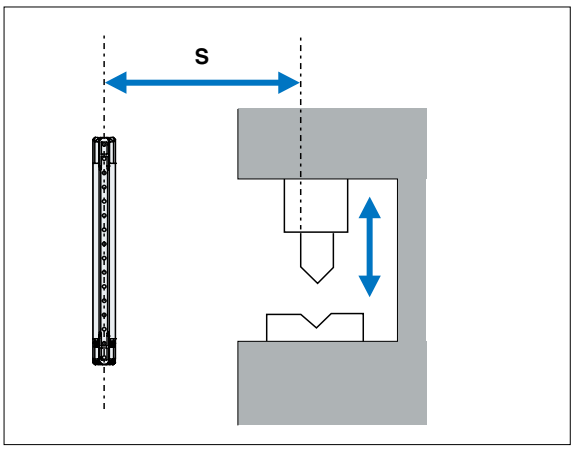
S: Distancia mínima (mm pulg.; véase la siguiente figura) con S ≥ 100 mm 3.94"

K: Parámetro extraído de los datos, en base a la velocidad de aproximación del cuerpo (mm pulg./s)

T: Rendimiento(s) de paro total del sistema
T = t1 (tiempo de respuesta máximo de la Serie GL-R) + t2 (tiempo máximo requerido para que la máquina se detenga)

C: Distancia de penetración (mm pulg.)
Cuando d ≤ 40: 8 × (d - 14) con C ≥ 0 Cuando d ≤ 1.57":8 × (d - 0.55") con C ≥ 0"
Cuando 40 < d ≤ 70: 850 Cuando 1.57" < d ≤ 2.76": 33.46"

d: Capacidad de detección de la Serie GL-R (mm pulg.)



Ejemplo de cálculo (1)-1

Cuando se utiliza el GL-R60H
(capacidad de detección d = 25 mm 0.98" y 60 ejes de haz)

Condición: Aplicación industrial
K = 2000 mm 78.74"/s
t1 (tiempo de respuesta del GL-R60H) = 0.0157 s
t2 (tiempo máximo requerido para que la máquina se detenga) = 0.1 s
C = 8 × (25 - 14) = 88 mm 8 × (0.98" - 0.55") = 3.46"

S = K × T + C = 2000 × (0.1157) + 88 = 319.4 mm
S = K × T + C = 78.74" × (0.1157) + 3.46" = 12.57"

Si S es mayor que 500 mm 19.69", realice el cálculo de nuevo con K igual a 1600 mm 62.99"/s.
Si el resultado nuevamente calculado da S, inferior o igual a 500 19.69", ajuste S a 500 19.69".

Ejemplo de cálculo (1)-2

Cuando se utiliza el GL-R08L
(capacidad de detección d = 45 mm 1.77" y 8 ejes de haz)

Condición: Aplicación industrial
K = 1600 mm 62.99"/s
t1 (tiempo de respuesta del GL-R08L) = 0.0069 s
t2 (tiempo máximo requerido para que la máquina se detenga) = 0.1 s
C = 850 mm 33.46"

S = K × T + C = 1600 × (0.1069) + 850 = 1021.04 mm
S = K × T + C = 62.99" × (0.1069) + 33.46" = 40.20"

Dirección paralela de aproximación: Serie GL-R

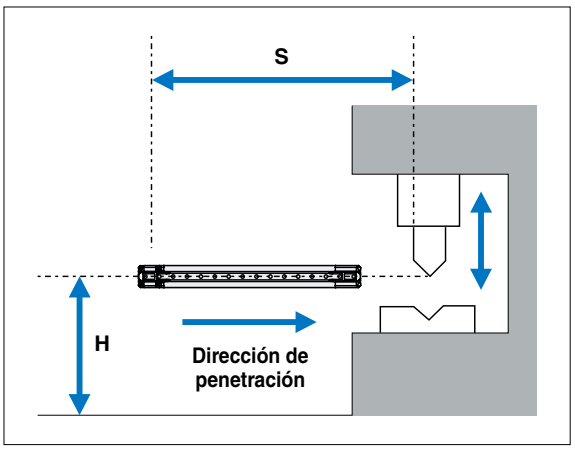
Fórmula: S = K × T + C

S: Distancia mínima (véase la siguiente figura)

K: Parámetro extraído de los datos, en base a la velocidad de aproximación del cuerpo (mm pulg./s)

T: Rendimiento(s) de paro total del sistema
T = t1 (tiempo de respuesta máximo de la Serie GL-R) +
t2 (tiempo máximo requerido para que la máquina se detenga)

C: Distancia de penetración (mm pulg.)
C = 1200 - 0.4H con C ≥ 850 mm C = 47.24" - 0.4H con C ≥ 33.46"
H: Altura de la zona de detección por encima del plano de referencia (mm pulg.)
15 (d - 50) ≤ H ≤ 1000 con H ≥ 0 15 (d - 1.97") ≤ H ≤ 39.37" con H ≥ 0"



Ejemplo de cálculo (2)-1

Cuando se utiliza el GL-R30L
(capacidad de detección d = 45 mm 1.77" y 30 ejes de haz)

Condición: Aplicación industrial
K = 1600 mm 62.99"/s
t1 (tiempo de respuesta del GL-R30L) = 0.0105 s
t2 (tiempo máximo requerido para que la máquina se detenga) = 0.1 s
H = 200 mm 7.87"

C = 1200 - 0.4 × 200 = 1120 mm
C = 47.24" - 0.4 × 7.87" = 44.09"

S = K × T + C = 1600 × (0.0105 + 0.1) + 1120 mm = 1296.8 mm
S = K × T + C = 62.99" × (0.0105 + 0.1) + 44.09" = 51.06"

09 Instalación de la cortina de luz y distancia de seguridad

Ejemplo de cálculo básico

Aproximación al peligro eludiendo la parte superior de la zona de detección: Serie GL-R

Cuando no sea posible evitar que la gente tenga que pasar por encima de la zona de detección a fin de aproximarse a la zona de peligro, es necesario determinar la altura de la cortina de luz y la distancia mínima S, manteniendo esta cuestión en mente. Hay que comparar el valor S calculado, como se muestra a continuación, y el valor S calculado en “Dirección perpendicular de aproximación: Serie GL-R” y establecer el valor más grande como la distancia mínima S.

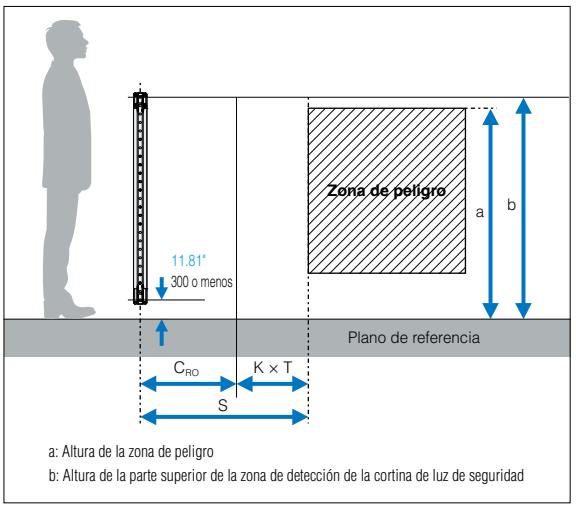
Fórmula: $S = K \times T + C_{RO}$

S: Distancia mínima (mm pulg.; véase la figura de la derecha) con $S \geq 100$ mm 3.94"

K: Parámetro extraído de los datos, en base a la velocidad de aproximación del cuerpo (mm pulg./s)

K se determina de acuerdo a la siguiente tabla sobre la base de S.

S (mm pulg.)	K (mm pulg./s)
100 ≤ S ≤ 500 3.94" ≤ S ≤ 19.69"	2000 78.74"
500 < S 19.69" < S	1600 62.99"



a: Altura de la zona de peligro

b: Altura de la parte superior de la zona de detección de la cortina de luz de seguridad

C_{RO} se determina como se muestra en la siguiente tabla, de acuerdo con los valores de a (altura de la zona de peligro) y b (altura de la parte superior de la zona de detección de la cortina de luz).

Zona de peligro altura a	Altura de la parte superior de la zona de detección de la cortina de luz de seguridad (altura del centro del eje del haz superior) b											
	900 35.43"	1000 39.37"	1100 43.31"	1200 47.24"	1300 51.18"	1400 55.12"	1600 62.99"	1800 70.87"	2000 78.74"	2200 86.61"	2400 94.49"	2600 102.36"
	Distancia de penetración en la zona peligrosa C_{RO}											
2600 102.36"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2500 98.43"	400 15.75"	400 15.75"	350 13.78"	300 11.81"	300 11.81"	300 11.81"	300 11.81"	300 11.81"	250 9.84"	150 5.91"	100 3.94"	0
2400 94.49"	550 21.65"	550 21.65"	550 21.65"	500 19.69"	450 17.72"	450 17.72"	400 15.75"	400 15.75"	300 11.81"	250 9.84"	100 3.94"	0
2200 86.61"	800 31.50"	750 29.53"	750 29.53"	700 27.56"	650 25.59"	650 25.59"	600 23.62"	550 21.65"	400 15.75"	250 9.84"	0	0
2000 78.74"	950 37.40"	950 37.40"	850 33.46"	850 33.46"	800 31.50"	750 29.53"	700 27.56"	550 21.65"	400 15.75"	0	0	0
1800 70.87"	1100 43.31"	1100 43.31"	950 37.40"	950 37.40"	850 33.46"	800 31.50"	750 29.53"	550 21.65"	0	0	0	0
1600 62.99"	1150 45.28"	1150 45.28"	1100 43.31"	1000 39.37"	900 35.43"	850 33.46"	750 29.53"	450 17.72"	0	0	0	0
1400 55.12"	1200 47.24"	1200 47.24"	1100 43.31"	1000 39.37"	900 35.43"	850 33.46"	650 25.59"	0	0	0	0	0
1200 47.24"	1200 47.24"	1200 47.24"	1100 43.31"	1000 39.37"	850 33.46"	800 31.50"	0	0	0	0	0	0
1000 39.37"	1200 47.24"	1150 45.28"	1050 41.34"	950 37.40"	750 29.53"	700 27.56"	0	0	0	0	0	0
800 31.50"	1150 45.28"	1050 41.34"	950 37.40"	800 31.50"	500 19.69"	450 17.72"	0	0	0	0	0	0
600 23.62"	1050 41.34"	950 37.40"	750 29.53"	550 21.65"	0	0	0	0	0	0	0	0
400 15.75"	900 35.43"	700 27.56"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200 7.87"	600 23.62"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*1 No se incluyen las situaciones en las que la altura de la parte superior de la zona de detección es inferior a 900 mm 35.43", porque no pueden ofrecer suficiente protección para impedir que se eludan o transgredan.

*2 Si la parte inferior de la zona de detección está a una altura de más de 300 mm 11.81" desde el plano de referencia, no se puede proporcionar suficiente protección en contra de pasar por debajo de la zona de detección para aproximarse al peligro.

Ejemplo de cálculo (3)-1

Cuando se utiliza el GL-R60H
(capacidad de detección d = 25 mm 0.98", 60 ejes de haz, y altura de detección de 1180 mm 46.46")

Condición: Aplicación industrial

a (altura de la zona de peligro) = 1400 mm 55.12"

b (altura de la parte superior de la zona de detección de la cortina de luz) = 1180 + 300 = 1480 mm 46.46" + 11.81" = 58.27"

Zona de peligro altura a	Altura de la parte superior de la zona de detección de la cortina de luz de seguridad (altura del centro del eje del haz superior) b											
	900 35.43"	1000 39.37"	1100 43.31"	1200 47.24"	1300 51.18"	1400 55.12"	1600 62.99"	1800 70.87"	2000 78.74"	2200 86.61"	2400 94.49"	2600 102.36"
	Distancia de penetración en la zona peligrosa C_{RO}											
2600 102.36"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2500 98.43"	400 15.75"	400 15.75"	350 13.78"	300 11.81"	300 11.81"	300 11.81"	300 11.81"	300 11.81"	250 9.84"	150 5.91"	100 3.94"	0
2400 94.49"	550 21.65"	550 21.65"	550 21.65"	500 19.69"	450 17.72"	450 17.72"	400 15.75"	400 15.75"	300 11.81"	250 9.84"	100 3.94"	0
2200 86.61"	800 31.50"	750 29.53"	750 29.53"	700 27.56"	650 25.59"	650 25.59"	600 23.62"	550 21.65"	400 15.75"	250 9.84"	0	0
2000 78.74"	950 37.40"	950 37.40"	850 33.46"	850 33.46"	800 31.50"	750 29.53"	700 27.56"	550 21.65"	400 15.75"	0	0	0
1800 70.87"	1100 43.31"	1100 43.31"	950 37.40"	950 37.40"	850 33.46"	800 31.50"	750 29.53"	550 21.65"	0	0	0	0
1600 62.99"	1150 45.28"	1150 45.28"	1100 43.31"	1000 39.37"	900 35.43"	850 33.46"	750 29.53"	450 17.72"	0	0	0	0
1400 55.12"	1200 47.24"	1200 47.24"	1100 43.31"	1000 39.37"	900 35.43"	850 33.46"	650 25.59"	0	0	0	0	0
1200 47.24"	1200 47.24"	1200 47.24"	1100 43.31"	1000 39.37"	850 33.46"	800 31.50"	0	0	0	0	0	0
1000 39.37"	1200 47.24"	1150 45.28"	1050 41.34"	950 37.40"	750 29.53"	700 27.56"	0	0	0	0	0	0
800 31.50"	1150 45.28"	1050 41.34"	950 37.40"	800 31.50"	500 19.69"	450 17.72"	0	0	0	0	0	0
600 23.62"	1050 41.34"	950 37.40"	750 29.53"	550 21.65"	0	0	0	0	0	0	0	0
400 15.75"	900 35.43"	700 27.56"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200 7.87"	600 23.62"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

De acuerdo con la tabla anterior, C_{RO} es 850 mm 33.46".

(Como b es 1480 mm 58.27", está entre 1400 55.12" y 1600 62.99". En esta situación, utilice un valor b de 1400 55.12".)

K = 1600 mm 62.99"/s

t1 (tiempo de respuesta del GL-R60H) = 0.0157 s

t2 (tiempo máximo requerido para que la máquina se detenga) = 0.1 s

S = K × T + C_{RO} = 1600 × (0.1157) + 850 = 1035.12 mm 62.99" × (0.1157) + 33.46" = 40.75"

(Esto es mayor que el valor S calculado en "Dirección perpendicular de aproximación: Serie GL-R".)

Ejemplo de cálculo (3)-2

Cuando se utiliza el GL-R80H
(capacidad de detección d = 25 mm 0.98", 80 ejes de haz, y altura de detección de 1580 mm 62.20")

Condición: Aplicación industrial

a (altura de la zona de peligro) = 1400 mm 55.12"

b (altura de la parte superior de la zona de detección de la cortina de luz) = 1580 + 300 = 1880 mm 62.20" + 11.81" = 74.02"

Zona de peligro altura a	Altura de la parte superior de la zona de detección de la cortina de luz de seguridad (altura del centro del eje del haz superior) b											
	900 35.43"	1000 39.37"	1100 43.31"	1200 47.24"	1300 51.18"	1400 55.12"	1600 62.99"	1800 70.87"	2000 78.74"	2200 86.61"	2400 94.49"	2600 102.36"
	Distancia de penetración en la zona peligrosa C_{RO}											
2600 102.36"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2500 98.43"	400 15.75"	400 15.75"	350 13.78"	300 11.81"	300 11.81"	300 11.81"	300 11.81"	300 11.81"	250 9.84"	150 5.91"	100 3.94"	0
2400 94.49"	550 21.65"	550 21.65"	550 21.65"	500 19.69"	450 17.72"	450 17.72"	400 15.75"	400 15.75"	300 11.81"	250 9.84"	100 3.94"	0
2200 86.61"	800 31.50"	750 29.53"	750 29.53"	700 27.56"	650 25.59"	650 25.59"	600 23.62"	550 21.65"	400 15.75"	250 9.84"	0	0
2000 78.74"	950 37.40"	950 37.40"	850 33.46"	850 33.46"	800 31.50"	750 29.53"	700 27.56"	550 21.65"	400 15.75"	0	0	0
1800 70.87"	1100 43.31"	1100 43.31"	950 37.40"	950 37.40"	850 33.46"	800 31.50"	750 29.53"	550 21.65"	0	0	0	0
1600 62.99"	1150 45.28"	1150 45.28"	1100 43.31"	1000 39.37"	900 35.43"	850 33.46"	750 29.53"	450 17.72"	0	0	0	0
1400 55.12"	1200 47.24"	1200 47.24"	1100 43.31"	1000 39.37"	900 35.43"	850 33.46"	650 25.59"	0	0	0	0	0
1200 47.24"	1200 47.24"	1200 47.24"	1100 43.31"	1000 39.37"	850 33.46"	800 31.50"	0	0	0	0	0	0
1000 39.37"	1200 47.24"	1150 45.28"	1050 41.34"	950 37.40"	750 29.53"	700 27.56"	0	0	0	0	0	0
800 31.50"	1150 45.28"	1050 41.34"	950 37.40"	800 31.50"	500 19.69"	450 17.72"	0	0	0	0	0	0
600 23.62"	1050 41.34"	950 37.40"	750 29.53"	550 21.65"	0	0	0	0	0	0	0	0
400 15.75"	900 35.43"	700 27.56"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200 7.87"	600 23.62"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

De acuerdo con la tabla anterior, C_{RO} es 0 mm 0".

(Como b es 1880 mm 74.02", está entre 1800 70.87" y 2000 78.74". En esta situación, utilice un valor b de 1800 70.87".)

K = 2000 mm 78.74"/s

t1 (tiempo de respuesta del GL-R80H) = 0.0192 s

t2 (tiempo máximo requerido para que la máquina se detenga) = 0.1 s

S = K × T + C_{RO} = 2000 × (0.1192) + 0 = 238.4 mm 78.74" × (0.1192) + 0" = 9.39"

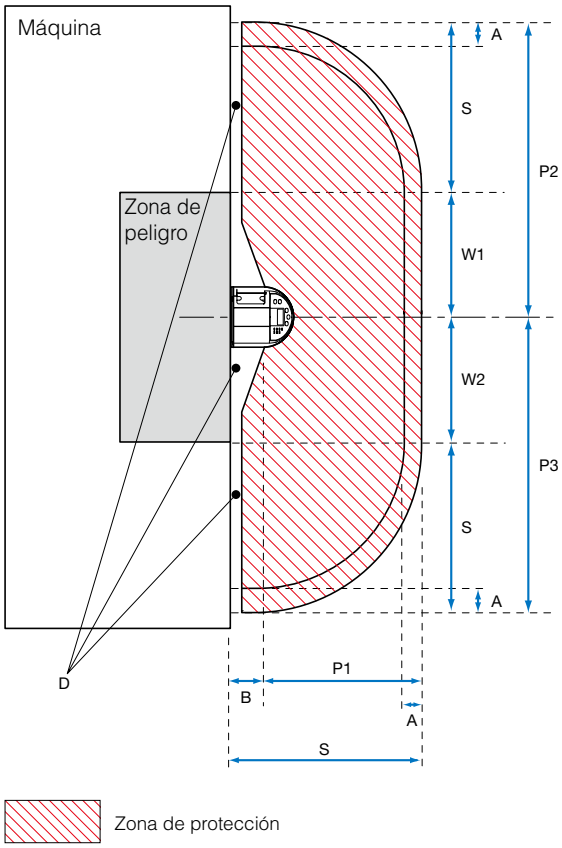
(Esto es menor que el valor S calculado en "Dirección perpendicular de aproximación: Serie GL-R".)

10 Instalación del escáner láser y distancia de seguridad

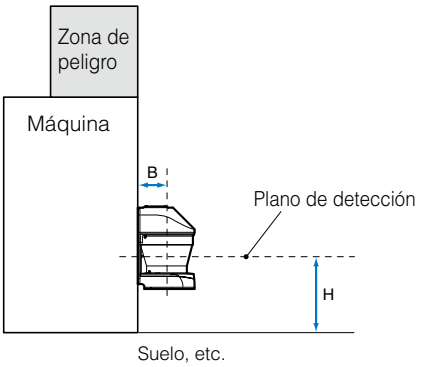
La zona de protección debe configurarse de tal manera que se garantice la distancia de seguridad, calculado de acuerdo con las leyes, reglamentos y normas del país o región en la que el escáner láser (SZ) esté instalado, así como de acuerdo con las especificaciones dadas en este documento.

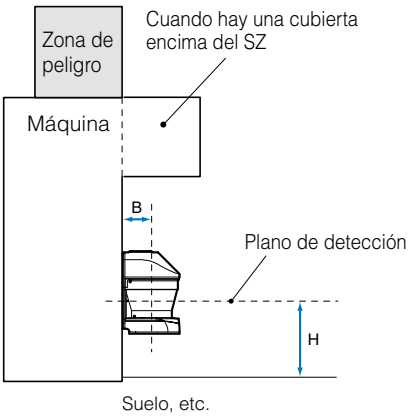
Ejemplo de protección de área (dirección de aproximación paralela a la zona de protección)

Vista superior de la máquina



Vista lateral de la máquina





S = K × T + C + A (de acuerdo con ISO 13855 y IEC 61496-3)

S: Distancia de seguridad (mm pulg.)
K: Velocidad de aproximación del cuerpo o partes del mismo (mm pulg./s)
T: Tiempo de respuesta total (t1 + t2; s)
t1: Tiempo de respuesta del SZ (s)
t2: Tiempo máximo necesario para detener la máquina, después de recibir la señal OSSD del SZ (s)
C: Distancia de aproximación a la zona de peligro para las partes del cuerpo, antes de penetrar en la zona de protección del SZ (mm pulg.)
1200 - 0.4 × H (850 mm o superior) 47.24" - 0.4 × H (33.46" o superior)
H: Altura del plano de detección sobre el suelo u otro plano de referencia (mm pulg.).
1000 ≥ H ≥ 15 × (d - 50) 39.37" ≥ H ≥ 0.59" × (d - 1.97")
d: Tamaño del objeto mínimo detectable del SZ (mm pulg.)
A: Distancia adicional para las zonas de protección del SZ (mm pulg.)

P1, P2, P3: Distancias de protección que deben configurarse como las zonas de protección del SZ
W1, W2: Anchura de la zona de peligro
B: Distancia entre el borde de la zona de peligro y el origen de la zona de detección en el SZ
D: Espacio desprotegido

⚠ Peligro

- El espacio desprotegido (D) entre la zona de protección y la estructura protectora, debe ser menor que el tamaño del objeto mínimo detectable, cuando se instala el SZ. La razón de este requisito es evitar que los operadores de la máquina se acerquen a la zona de peligro a través de este espacio (D). Se deben implementar contramedidas adicionales de protección, si hubiese un espacio (D) entre la zona de protección y la estructura protectora, donde el objeto mínimo detectable no fuese visible para el SZ.
- Existe el riesgo de un acceso inadvertido no detectado, debajo del plano de detección (zona de protección), si la altura “H” del plano de detección (zona de protección) es superior a 300 mm 11.81" (200 mm 7.87" para aplicaciones no industriales).
  Debe tenerse en cuenta este factor a la hora de realizar una valoración de riesgos antes de instalar el SZ, y de ser necesario se deben adoptar contramedidas adicionales.
- Si selecciona un tamaño de objeto mínimo detectable de 150 mm 5.91", “H” (la altura del plano de detección) excederá los 1000 mm 39.37". Debe seleccionar un tamaño de objeto mínimo detectable de 70 mm 2.76" o menos, si desea utilizar el SZ para protección de área (dirección de aproximación paralela a la zona de protección).

Ejemplo de cálculo de la distancia de seguridad

Distancia de seguridad

S = K × T + C + A
= 1600 × 0.59 + 1080 + 100 = 2124 mm
62.99" × 0.59 + 42.52" + 3.94" = 83.62"

Distancias de protección que deben configurarse como las zonas de protección

P1 = S - B = 2065 mm 81.30"
P2 = S + W1 = 3124 mm 122.99"
P3 = S + W2 = 3124 mm 122.99"

K = 1600 mm 62.99"/s, velocidad de aproximación del cuerpo o partes del mismo (constante)
T = t1 + t2 = 0.59, tiempo de respuesta total
t1 = 0.09 s, tiempo de respuesta del SZ (variable)
t2 = 0.5 s, tiempo máximo necesario para detener la máquina, después de recibir la señal OSSD del SZ
C = 1200 - 0.4 × H = 1080 mm 47.24" - 0.4 × H = 42.52"
H = 300 mm 11.81", altura del plano de detección desde el suelo. Este valor debe cumplir la siguiente desigualdad: H ≥ 15 × (d - 50) H ≥ 15 × (d - 1.97").
d = 70 mm 2.76", amaño del objeto mínimo detectable (variable)
A = 100 mm 3.94", distancia adicional para las zonas de protección SZ
B = 59 mm 2.32", distancia entre el borde de la zona de peligro y el origen de la zona de detección en el SZ
W1 = W2 = 1000 mm 39.37", anchura de la zona de peligro

Al establecer las zonas de protección anteriores, si hubiese un fondo altamente reflejante a menos de 1.5 m 4.92', a partir del límite de la zona de protección, se debe agrega una distancia de seguridad adicional de 200 mm 7.87" a P1, P2 y P3.
Recomendamos que marque el suelo con el fin de indicar la zona de protección especificada.

11 Ejemplos de cableado utilizando controladores de seguridad para las diferentes categorías

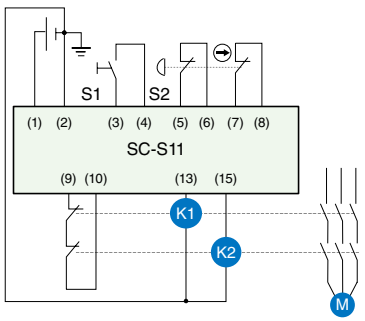
Los siguientes ejemplos son de la composición de partes relacionadas con la seguridad de los sistemas de control para máquinas, en las que se ha utilizado el controlador de seguridad SC-S11.
Si está pensando en circuitos de control que realmente utilizan el SC-S11, asegúrese de leer a fondo el manual del usuario SC-S11.

1 Un botón de paro de emergencia

Categoría: 4
Categoría de paro: 0

Explicación de los símbolos
S1: Interruptor de entrada de reset
S2: Botón de paro de emergencia
K1, K2: Contactor magnético, etc.
M: Motor trifásico

Configuración del SC-S11
Ajuste del modo de entrada de seguridad:
Conexión de dispositivo de salida de contacto
Ajuste de enclavamiento: Reset manual
Ajuste del modo EDM: Entrada EDM habilitada

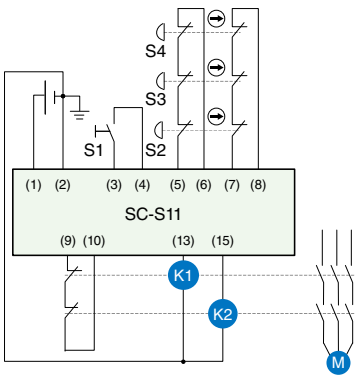


2 Tres botones de paro de emergencia

Categoría: 3
Categoría de paro: 0

Explicación de los símbolos
S1: Interruptor de entrada de reset
S2 a S4: Botones de paro de emergencia
K1, K2: Contactor magnético, etc.
M: Motor trifásico

Configuración del SC-S11
Ajuste del modo de entrada de seguridad:
Conexión de dispositivo de salida de contacto
Ajuste de enclavamiento: Reset manual
Ajuste del modo EDM: Entrada EDM habilitada

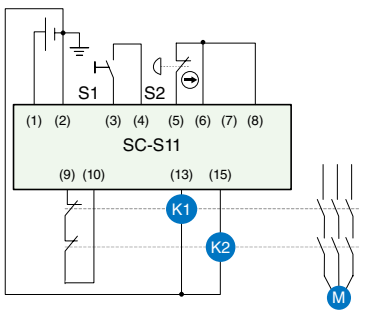


3 Un botón de paro de emergencia

Categoría: 2
Categoría de paro: 0

Explicación de los símbolos
S1: Interruptor de entrada de reset
S2: Botón de paro de emergencia
K1, K2: Contactor magnético, etc.
M: Motor trifásico

Configuración del SC-S11
Ajuste del modo de entrada de seguridad:
Conexión del dispositivo de salida PNP
Ajuste de enclavamiento: Reset manual
Ajuste del modo EDM: Entrada EDM habilitada

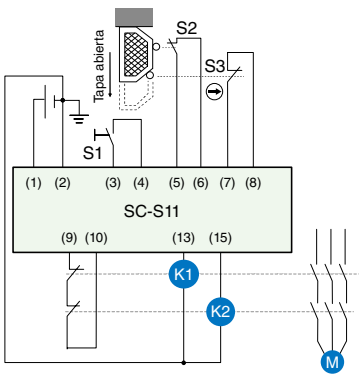


4 Interruptor de límites de seguridad

Categoría: 4
Categoría de paro: 0

Explicación de los símbolos
S1: Interruptor de entrada de reset
S2: Interruptor de límites de seguridad (N.A.)
S3: Interruptor de límites de seguridad (N.C.)
K1, K2: Contactor magnético, etc.
M: Motor trifásico

Configuración del SC-S11
Ajuste del modo de entrada de seguridad:
Conexión de dispositivo de salida de contacto
Ajuste de enclavamiento: Reset manual
Ajuste del modo EDM: Entrada EDM habilitada



MEMO

Guía de soporte sobre seguridad industrial

KEYENCE

LLAME SIN COSTO

PARA CONTACTAR A SU OFICINA LOCAL
01-800-KEYENCE
01-800-539-3623
*Solo para México

www.keyence.com.mx
E-mail : keyencemexico@keyence.com

AVISO DE SEGURIDAD
Por favor lea cuidadosamente el manual de instrucciones para operar de manera segura cualquier producto KEYENCE.

KEYENCE MÉXICO S.A. DE C.V.

Corporativo Mariano Escobedo 476 Piso 1, Col. Nueva Anzures, México, D.F. CP 11590, México Teléfono (55)8850-0100 Fax (81)8220-9097

OFICINAS LOCALES **San Pedro Garza García, Nuevo León** **Ciudad Juárez, Chihuahua** **León, Guanajuato** **Tijuana, Baja California**

KMX1-1065

La información publicada en este documento se basa en evaluaciones e investigaciones hechas por KEYENCE al momento del lanzamiento del producto y puede cambiar sin previo aviso.
Los nombres de las compañías y productos mencionados en este catálogo, son marcas registradas de sus respectivas compañías.
Copyright (c) 2015 KEYENCE CORPORATION. All rights reserved.

SafetySupportComp-KMX-TG-MX 1075-1 613389 Printed in Japan

* 6 1 3 3 8 9 *