

Evaluación de riesgos en ingeniería mecánica

- eficiente**
- orientada en objetivos**
- según las normas
actualmente válidas**

Matthias Schulz

Evaluación de riesgos en ingeniería mecánica

- eficiente
- orientada en objetivos
- según las normas actualmente válidas

(V 1.6, 11-2024)

Copyright 2024 por
Matthias Schulz
Manningaweg 3
D-26524 Lütetsburg (ALEMANIA)
Teléfono: +49 73 66/9 17 09 02 (IP)
www.hiq-text.de
E-Mail: www.hiq-text.de

Patrocinado por:

pgx software solutions gmbh
Ferdinand-Porsche-Str. 32
D-75382 Althengstett (ALEMANIA)
Teléfono: +49 70 51 9 66 82-0
Fax: +49 70 51 9 66 82-29
www.pgx.de
E-Mail: info@pgx.de

Axelent GmbH
Business Devision Axelent ProfiServices
Tränkestrasse 11
D-70597 Stuttgart (ALEMANIA)
Teléfono: +49 7 11 25 25 09-0
Fax: +49 7 11 25 25 09-49
www.axelent.de
E-Mail: profiservices@axelent.de

HiQ text GmbH
Manningaweg 3
D-26524 Lütetsburg (ALEMANIA)
Teléfono: +49 73 66/9 17 09 00
www.hiq-text.eu
E-Mail: info@hiq-text.de

Tabla de contenido

1	Introducción	5
2	Evaluación de riesgos – ¿Por qué?	5
3	Cinco pasos de una evaluación de riesgos	6
3.1	Paso 1– Determinar los límites	6
3.2	Paso 2– Identificar riesgos	7
3.3	Paso 3– Estimar el riesgo	9
3.4	Paso 4– Evaluar riesgos	10
3.5	Paso 5– Eliminar el peligro o reducir el riesgo	10
4	Estimación de riesgos – ¿Por qué y cómo?	11
4.1	Estimación de riesgos según ISO 13849-1	12
4.2	Estimación de riesgos según IEC 62061	14
4.3	Estimación de riesgos según ISO TR 14121-2	16
5	Lo que podemos hacer por Usted	18
5.1	Ejemplo de una evaluación de riesgos	18

1 Introducción

"Evaluación de riesgos" - tan solo la mención del término basta para causar un choque alérgico o una mala consciencia en diseñadores y constructores de máquinas. Aun después de 25 años después de introducir la identificación CE para máquinas, muchos fabricantes todavía no han solucionado satisfactoriamente el "problema" de la evaluación de riesgos. ¿Por qué es esto?

El motivo principal es una falta de métodos económicos, fáciles de aprender que ayudarían a eliminar la evaluación de riesgos del reino de las "artes secretas". Este pequeño folleto ha sido desarrollado para presentar este tipo de método de una manera breve y para demostrar su uso.

2 Evaluación de riesgos - ¿Por qué?

Al desarrollar una máquina, los ingenieros suelen enfocarse más en su función, eficiencia y en objetivos económicos. Raramente la seguridad es analizada con mayor detenimiento, especialmente no en las fases tempranas de un proyecto. Posteriormente, durante el funcionamiento de la máquina, puede resultar muy difícil incorporar medidas de seguridad integradas. De hecho, medidas de seguridad, añadidas durante las últimas fases del proyecto, a menudo dificultan la accesibilidad y la eficiencia de la maquinaria.

Por lo tanto, es mejor considerar desde un mismo inicio los peligros producidos por una función y desarrollar medidas de compensación lo más temprano posible. Se necesitan tres pasos, en algunos casos, cuatro:

¿Qué comprende la evaluación de riesgos?

- Especificar las funciones de la máquina
- Identificar peligros, causados por la función
- Estimar el riesgo incluido (lesión o probabilidad de suceso)
- Tratar de eliminar o de reducir el riesgo

1. Eliminar el peligro lo más posible, es decir, solucionar el problema en su origen.
2. En caso de no poder deshacerse del peligro o si este proceso es demasiado costoso, encierre el peligro o evite el acceso de personas.
3. En caso de no poder evitar que personas metan manos o pies, monitorear la presencia de las personas cerca del peligro y detenga cualquier movimiento a tiempo.
4. Advertir a usuarios acerca de riesgos residuales que no pueden ser eliminados o reducidos de manera satisfactoria. Esto se realiza mediante señales y signos de advertencia, así como mediante notas en las instrucciones de uso.

Este proceso de identificar peligros, determinando el potencial de riesgo y reduciendo o eliminando estos riesgos, es denominado "Evaluación de riesgos". (Mencionado previamente también como "Análisis de peligro"). En el pasado, ingenieros no cumplían siempre con una aproximación metódica en cuanto a problemas de seguridad; con la introducción de la directiva de máquinas en 1995, la evaluación de riesgos se ha convertido en el paso más importante en cuanto a la conformidad con regulaciones UE.

3 Cinco pasos de una evaluación de riesgos

¿Cómo debe procederse al realizar una evaluación de riesgos? La directiva de máquina (en el anexo I, introducción) especifica cinco pasos a seguir durante una evaluación de riesgo:

1. Determinar los límites de la máquina que incluyen el uso y cualquier tipo de maluso razonable y previsible»;
2. Identificar los peligros que pueden ser generados por la máquina y por situaciones peligrosas relacionadas
3. Estimar los riesgos, considerando la severidad de la posible lesión o daño a la salud y la probabilidad de que suceda
4. Evaluar los riesgos, teniendo en mente la determinación si es necesario reducir algún riesgo
5. Eliminar los peligros de reducir los riesgos asociados con estos peligros, usando medidas de protección, según la prioridad, establecida en la sección 1.1.2(b) del anexo I de la Directiva de máquinas.

Los cinco pasos pueden ser documentados, usando un formulario estándar o una herramienta de evaluación de riesgos, p.ej. el programa Safety ToolBox por pgx software solutions (descargar en www.axelent.de o www.pgx.de).

El completo procedimiento está ilustrado paso a paso en las siguientes páginas, usando un formulario estándar. Es posible descargar una muestra completa en www.axelent.com. Este ejemplo ha sido creado, usando el programa Safety ToolBox de pgx.

3.1 Paso 1- Determinar los límites

En el primer paso se definen los límites de la máquina. Se presentan seis categorías de límites con algunas preguntas guía:

1. ¿Cuál es el uso previsto (aplicación y sus límites)?
2. ¿Cuál es el campo en el que se utilizará la máquina (sector privado/industria)?
3. ¿Quién utilizará la máquina (cualificaciones profesionales de los operadores, personal de servicio)?
4. Límites en cuanto a espacio (espacio requerido, interfaces con otras máquinas, interfaz humano-máquina)
5. Límites en cuanto a tiempo (durabilidad, intervalos adecuados de mantenimiento de piezas relacionadas con la seguridad)
6. Materiales usados junto con la máquina (lubricantes, fluidos y gases peligrosos)

Evaluación de riesgos		Designación Trituradora de residuos		Tipo Prestar atención a piezas 7	
				No. 4712-5	
1	Límites de la máquina, uso destinado				
1.1	Uso destinado	Triturado de desperdicios, especialmente de contenedores completamente vacíos, hechos de			
1.2	Limitaciones de uso admisible, mal uso previsible	No triturar: Vidrio, recipientes bajo presión (p.ej. frascos de aerosoles), contenedores que pueden contener restos de líquidos tóxicos, agresivos o altamente inflamables, piedras, desperdicios, piezas metálicas en forma de cinta o de cordón envuelto que no pueden ser colocados en el embudo del triturador (especialmente piezas de metales ligeros)			
1.3	Abuso (uso/aplicaciones prohibidas)	Triturado de alimentos o pienso animal para procesamiento posterior (contaminación, problemas de salud) Triturado de explosivos y de municiones			
2	Campo de aplicación				
	Privado, consumidor				
	comercial	X			
3	Grupos de usuarios, personas en peligro				
3.1	Usuarios	Índice	Descripción	Tareas	Cualificación
		3.1.1	Personal de instalación	Montaje, instalación	Mecánico industrial preparación similar Instalación eléctrica
		3.1.2	Personal de mantenimiento	Mantenimiento, reparaciones menores	Mecánico industrial preparación similar Instalación eléctrica
		3.1.3	Operador	Manejo (uso)	Con instrucción oral
3.2	Otras personas en peligro	Descripción			Causa de peligro de
4	Espacio limitado				
4.1	Lugares de trabajo	Panel de mando en el lado de mando y en el lado de suministro. El panel de mando debe ser accesible y permitir el libre y constante acceso a la parada de emergencia. Distancia mínima a paredes de pasillos internos: 1000 mm			

Extracto de una evaluación de riesgos: límites de la máquina

3.2 Paso 2- Identificar riesgos

En el segundo paso, muchos todavía utilizan una lista de peligros con peligros mecánicos, eléctricos, térmicos y otros tipos de peligros. Para cada peligro en la lista se añadieron algunas líneas en la descripción. Aunque este proceder no es completamente erróneo, pasa por alto varias situaciones de peligro, debido a que el enfoque está en la búsqueda de situaciones que cumplan con un cierto tipo de problemas ("¿Dónde, cuando y cómo pueden lesionarse personas debido a un peligro mecánico?").

Es mejor definir todas las situaciones relevantes durante una cronología de la máquina, desde el transporte a la eliminación (las así llamadas "fases de la vida útil"). Preguntar a continuación: "¿Cuáles son los peligros incurridos en esa situación?". Esta aproximación ha sido descrita por primera vez por Matthias Schulz en su libro "Gefahrenanalyse - Warum und wie?" (Hazard Analysis – Why and How?", publicado en Alemania en 1999 (edición agotada).

Este método es usado actualmente como "Evaluación de riesgos basada en tareas" y es descrita en el capítulo 5.4 de ISO 12100; también es recomendado en la norma ISO TR 14121-2. La norma ISO 12100 requiere que se organicen los análisis de riesgo por "fases de vida", subdivididos en las así llamadas "tareas". Una "tarea" puede ser una de las siguientes:

- a) una actividad de personas (operadores, personal de mantenimiento, equipadores de máquina...)
- b) un proceso automático activado en la máquina (un movimiento, o una función como el desarrollo de presión...)
- c) una combinación de a y b

Este procedimiento se realiza mediante la identificación directa de riesgos, debido a que las personas que realizan las evaluaciones de riesgo pueden enfocarse en una situación específica en cuanto a un lugar y un tiempo específico. En cuanto a la situación definida simplemente preguntarán: "¿Qué puede suceder, causar algún daño o causar daños sustanciales?" A continuación se muestran ejemplos.

La evaluación de riesgos debe ser organizada por fases de vida y por tareas, debido a que

- esta es la única manera de identificar prácticamente todas las situaciones peligrosas y todos los peligros
- convierte a la evaluación de riesgos en un proceso lógico y fácil de aprender
- el método ahorra mucho trabajo redundante
- el método cumple con las normas actuales

Evaluación de riesgos		Designación Trituradora de residuos	Tipo Prestar atención a piezas 7	
		No. 4712-5		
Fase de vida útil		Situación peligrosa	Medida	Directivas/normas
Tarea	Peligro			
4 Funcionamiento, modos operativos				
4.1 Llenar con desperdicios	Piezas móviles: triturado, corte o separación Elementos giratorios: arrastre o atrapamiento	Si el operador llena la máquina cuando ésta se encuentra activa, puede tener contacto con las hojas de las cuchillas giratorias, ser arrastrado y lesionarse.	<p>Tipo de medida: protección, mecánica (IIa): Paneles fijos en tres lados (atornillados al bastidor). Tapa tipo péndulo en el lado de llenado con bloqueo pero sin bloqueo de protección, debido a que la marcha continua no es relevante. Véase imagen 3</p> <p>Tipo de medida: Combinación de protecciones y de dispositivos protectores (IIc): Monitoreo de la posición de la tapa pendular mediante un interruptor de seguridad de puerta. Si la tapa se desplaza de su posición central, el sistema detiene inmediatamente la trituradora y el mecanismo de prensa de suministro.</p>	<p>1.4.2.1 - Protección</p> <p>1.4.2.2 - Bloqueo móvil</p> <p>EN ISO 12100: 6.3.2.2</p> <p>EN ISO 13857: y lista 2</p> <p>EN ISO 14120:</p>

Extracto de una evaluación de riesgos: Organizado por fases de la vida útil y por tareas

En este ejemplo, se evaluará el funcionamiento de una trituradora industrial de residuos. La tarea es "Llenar la máquina con desperdicios", lo cual se realiza de manera manual. Las siguientes tres columnas muestran los peligros y sus causas, seguidas por una descripción más detallada de la situación de peligro que resulta de esta tarea. Tal como se puede observar en el ejemplo, una tarea puede tener una cierta cantidad de diferentes peligros y de situaciones peligrosas similares.

3.3 Paso 3- Estimar el riesgo

Una vez que se hayan identificado los peligros, es posible proseguir con la evaluación de riesgos. Un riesgo general es el producto de dos factores:

- la lesión directa severa a partir de una situación (p.ej. pérdida de dedos, mano, brazo, etc.)
- la probabilidad de ocurrencia (subdividido en dos o tres aspectos, dependiendo del método usado)

En la mayoría de los casos basta para estimar únicamente la severidad de la lesión. En caso de que las lesiones puedan ser severas (nivel S2 según la norma ISO 13849-1 o Se3/Se4 según IEC 62061), los diseñadores inevitablemente tendrán que buscar una solución para eliminar o para reducir el riesgo.

ios	Tipo Prestar atención a piezas 7	Erstellt mit SAFETYTOOLBOX (www.pgx.de)
	No. 4712-5	

Medida	Directivas/normas	Estimación de riesgos EN 62061							
		Se	Fr	Pr	Av	C	R	SILcl	SIL
		Argumentos							
o Tipo de medida: protección, mecánica (IIa): Paneles fijos en tres lados (atornillados al bastidor). Tapa tipo péndulo en el lado de llenado con bloqueo pero sin bloqueo de protección, debido a que la marcha continua no es relevante. Véase imagen 3	1.4.2.1 - Protección fija 1.4.2.2 - Bloqueo protección móvil EN ISO 12100: 2010: 6.3.2.2 EN ISO 13857: 2019: 4.2.2 y lista 2 EN ISO 14120: 2015	Se4	Fr5	Pr2	Av1	8	32	SIL 2	
		Se: Lesión irreversible severa, pérdida de partes del cuerpo Fr: Carga frecuente (varias veces por hora) Pr: No es probable que alguien ingrese el brazo a propósito hasta alcanzar las cuchillas giratorias Av: El peligro es conocido; el operador inicia los movimientos de la máquina, pulsando conscientemente un botón de arranque							

Extracto de una evaluación de riesgos. Estimación de riesgos IEC 62061

En el ejemplo presentado, la evaluación del riesgo incluye cuatro elementos, siguiendo la norma IEC 62061:

- Severidad o lesión
- frecuencia y duración de la presencia en la situación de peligro (exposición al peligro)
- probabilidad de ocurrencia
- habilidad para detectar el peligro y escapar a tiempo de la situación de peligro

Para una descripción detallada de una evaluación de riesgos y del método usado, véase Section 4 “Estimación de riesgos – ¿Por qué y cómo?”, page 11.

3.4 Paso 4- Evaluar riesgos

El cuarto paso sigue lógicamente la evaluación de riesgos. Responde a dos preguntas: ¿Se puede tolerar este riesgo? O es necesario eliminar el peligro o reducir el riesgo?

Una evaluación de riesgos no significa:

- Comparar el riesgo sin medidas de seguridad al riesgo después de implementar medidas de seguridad ("Comparación de riesgos")

pero incluye:

- determinar el nivel técnico
- decidir las medidas de seguridad a tomar para reducir el riesgo, de manera que se pueda alcanzar el alto nivel técnico

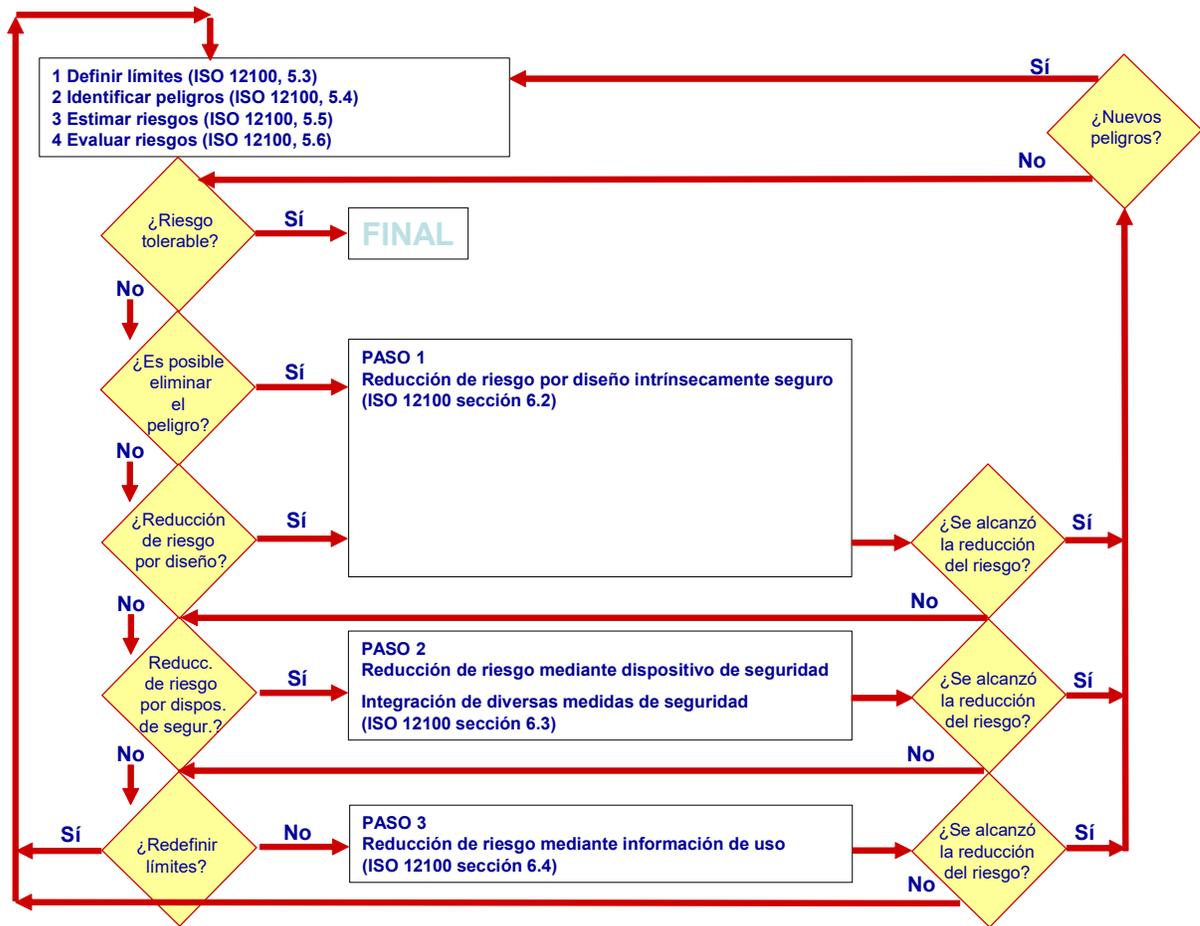
En términos generales, lesiones severas siempre son un motivo para intentar reducir el riesgo. No obstante, los diseñadores deben tratar de reducir *cualquier* riesgo a un nivel permitido por las normas y directivas de la UE. Por lo tanto, el paso 4 incluye la búsqueda de normas, lo cual requiere utilizar herramientas externas como bases de datos, etc.

Niveles admisibles de riesgos pueden variar de producto en producto. Por ejemplo, en el caso de sierras eléctricas, sigue siendo normal que un operador puede lesionarse seriamente a sí mismo o a otros, debido a que gran parte de la cadena en movimiento está expuesta. En una sierra circular fija, esto no sería aceptado, debido a que, en este tipo de máquinas, es posible cubrir una gran parte de la hoja de la sierra. La aceptación de riesgos específicos hoy en día es altamente determinada por los estándares EN, EN ISO y EN IEC (normas ISO e IEC fuera de la UE).

3.5 Paso 5- Eliminar el peligro o reducir el riesgo

En caso de considerar un riesgo como inaceptable/intolerable, el diseñador elegirá medidas para eliminar el peligro o reducir el riesgo. Esto puede incluir la reducción de la severidad de posibles lesiones o la probabilidad de su ocurrencia. La directiva de máquinas, así como las normas internacionales, indican tres pasos a seguir para encontrar soluciones adecuadas:

- eliminar el peligro, es decir, cambiar el diseño de tal manera que se haya contrarrestado el peligro (por ejemplo, desbabando bordes afilados,)
- añadiendo resguardos o dispositivos de control relacionados con la seguridad (vallas, cubiertas, interruptores, cortinas fotoeléctricas ...)
- instruir a operadores y a otros grupos en cuanto a los riesgos residuales y precauciones a tomar (advertencias acerca del producto y/o de las instrucciones, p.ej., requisito de utilizar el equipo de protección personal, como un casco y guantes, etc.)



Evaluación de riesgos - Vista general del proceso (adaptado de ISO 12100)

4 Estimación de riesgos - ¿Por qué y cómo?

El tercer paso, la evaluación de riesgos, a menudo ocupa mucho tiempo. Los motivos de ello son:

- A menudo importancia excesiva atribuida a la estimación de riesgos
- los elementos de riesgos no están claramente definidos, lo cual causa largas discusiones

La evaluación de riesgos debe cumplir con tres propósitos:

1. Facilitar decisiones acerca de medidas de seguridad. Para tomar tales decisiones, a menudo es suficiente estar conscientes de la seguridad de un peligro potencial. La lesión puede ser irreversible, como la pérdida de un dedo o la rotura de un miembro o de una mano, en tales casos, es necesario reducir el riesgo. La pregunta solo es si esto es viable.
2. Determinar la fiabilidad requerida de funciones de sistema de control relacionado con la seguridad (expresado de la manera del PL o SIL requerido). Esto solo es necesario si la función de control es usada para reducir el riesgo en una determinada situación de peligro. Por lo tanto, el ejemplo discutido en este folleto contiene evaluaciones detalladas de riesgo únicamente para aquellos riesgos que serán reducidos por una función del sistema de control de la máquina.

3. Comparación de riesgos. En general, se compara el riesgo sin medidas de seguridad con el riesgo después de haber implementado medidas de seguridad. Muchos diseñadores están convencidos de que esto es obligatorio y que la evaluación de riesgos solo está completa si se puede mostrar que se redujo el riesgo en cada caso. No obstante, no existen indicaciones acerca de ello en la Directiva de máquinas o en las normas aplicables (ISO 12100, ISO 13849-1 o IEC 62061). Es importante añadir medidas de seguridad que cumplan con los requisitos de la Directiva de máquinas y/o con las normas de seguridad aplicables. En vista de estos objetivos, en la mayor parte, las comparaciones de riesgos antes/después de implementar medidas es completamente inútil. A menudo, el tiempo usado en este tipo de comparaciones puede ser usado de una manera más efectiva para la investigación de normas y la exploración de medidas de seguridad y de conceptos operativos. No obstante, si se desea realizar estimaciones de riesgo antes y después, asegurarse de emplear un método que utilice suficientes criterios graduados, como el método presentado en el Anexo A de la norma IEC 62061 o en el Anexo F de la norma estadounidense ANSI B11.0 (2023).

La decisión por un método específico debe depender del objetivo de la evaluación de riesgos.

Utilizar diferentes métodos de estimación de riesgos. Los tres métodos más conocidos son:

- ISO 13849-1 Anexo A – Tres elementos de riesgo (la probabilidad de ocurrencia es parte del elemento "Posibilidad de prevención o de limitación de peligro")
- IEC 62061 Anexo A – Cuatro elementos de riesgo
- ISO TR 14121-2 sección 6.3.2 – Cuatro elementos de riesgo

4.1 Estimación de riesgos según ISO 13849-1

Este es el método más conocido, pero, a la vez, el más problemático. Debido a que solo cuenta con tres elementos de riesgo y una demarcación muy general de los criterios, en el mejor de los casos, sus resultados son unidimensionales. La probabilidad también puede estimarse según la versión de 2023. Sin embargo, no existe ningún parámetro independiente para ello en la norma. En esta guía, se utiliza el elemento de riesgo "O" para "ocurrencia" = probabilidad de ocurrencia para mayor claridad. El PL_r puede reducirse en un nivel si la probabilidad de ocurrencia puede evaluarse como baja. El método apenas es suficiente para su propósito: para determinar el nivel de rendimiento (PL_r) requerido de las funciones de seguridad. No es adecuado para comparaciones de riesgos.

No obstante, la norma ISO 13849-1 presenta la así llamada "Suposición de conformidad" bajo la Directiva de máquinas EC y muchos piensan que por ello sea prioritaria. Este no debe ser el motivo pertinente para decidirse por este método; la norma IEC 62061 también presenta la suposición de conformidad y su método de evaluación de riesgos también es, por lo menos, equivalente.

El gráfico en la siguiente página visualiza los elementos de riesgo usados. Lamentablemente, la definición de los criterios es muy general, dificultando así la determinación de los límites. La lista "PL/SIL" presenta las interpretaciones de los resultados respectivos. El riesgo puede ser bajo a muy alto y el nivel de rendimiento requerido (PL_r)

abarca entre a y e. Define el nivel requerido de fiabilidad de una función de control, usada para reducir un riesgo.

Adicionalmente, la lista muestra la palabra señal de la norma ISO 3864-2 que debe ser usada para señales de advertencia en la máquina y para mensajes de advertencia en las instrucciones de uso. Las tres palabras señales Peligro, advertencia y Cuidado representan tres diferentes niveles de riesgo.

Gráfico de riesgos

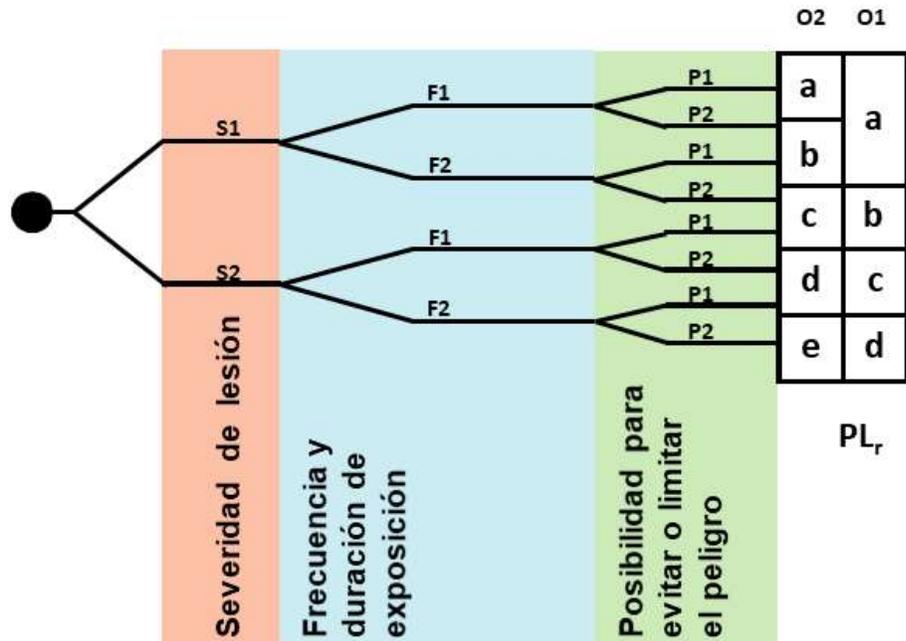


Gráfico de riesgos de ISO 13849-1, con el parámetro O = probabilidad de ocurrencia

Elementos y criterios de riesgo

Severidad de peligro S:

- S1 = Lesión ligera (puede ser sanada o es reversible)
- S2 = lesión seria/fatal (no puede ser sanada o es irreversible; por lo general, esto empieza con la rotura de miembros, debido a que esto a menudo termina en limitaciones permanentes de la persona lesionada)

Frecuencia y duración de la exposición F:

- F1 = rara vez a tiempo de exposición frecuente y/o corto
- F2 = frecuente a continuo
(Límite > 4/horas según EN ISO 13849-1 y tiempo total de exposición > 1/20 del tiempo operativo)

Posibilidad de prevención o de limitación del peligro P:

- P1 = posible bajo ciertas condiciones
- P2 = prácticamente imposible

Los siguientes criterios son decisivos para la evaluación:

- velocidad a la que se produce la situación peligrosa (por ejemplo, rápida o lenta);
- opciones para escapar de la situación peligrosa (por ejemplo, evitación mediante escape);
- experiencia práctica en materia de seguridad en relación con el proceso;
- utilización por operarios formados e idóneos;
- operación con o sin supervisión.

Si se produce un suceso peligroso, sólo debe seleccionarse P1 si existe una posibilidad realista de evitar o reducir significativamente los daños. En caso contrario, debe seleccionarse P2. La versión 2023 contiene una tabla adicional para apoyar la evaluación. Aún no tenemos experiencia con su aplicación, por lo que desaconsejamos su uso.

Probabilidad de ocurrencia O

- O1 = Bajo (evidenciado por datos estadísticos o por un historial documentado de accidentes)
- O2 = Alto o la probabilidad no puede ser estimada

* PL b no corresponde a SIL1 si la categoría solo es B

4.2 Estimación de riesgos según IEC 62061

Recomendamos aplicar la norma IEC 62061, debido a que:

- utiliza los cuatro elementos de riesgo finamente graduados
- es posible interpretar los resultados directamente como un PL
- El método es universalmente aplicable para comparaciones de riesgo

Este es el mejor método documentado. Debido a que incluye los cuatro elementos de riesgo y utiliza criterios finamente graduados, es el más preciso y, por lo tanto, adecuado para comparaciones de riesgo.

La norma IEC 62061 presenta la suposición de conformidad bajo la Directiva de máquinas CE, al igual que la norma ISO 13849-1, incluso desde 2005. Por lo tanto, el método es completamente equivalente a la norma ISO 13849-1. La versión 2021 contiene una asignación directa de SIL y PL.

Lista de riesgos

Severidad o lesión Se	Clase C (Fr+Pr+Av)								
	3	4	5-7	8	9-10	11	12-13	14	15
4	SIL 1	SIL 1	SIL 2	SIL 2	SIL 2	SIL 3	SIL 3	SIL 3	SIL 3
	PL _r b	PL _r c	PL _r d	PL _r d	PL _r d	PL _r e	PL _r e	PL _r e	PL _r e
3	0		AM	SIL 1	SIL 1	SIL 2	SIL 2	SIL3	SIL 3
			PL _r a	PL _r b	PL _r c	PL _r d	PL _r d	PL _r d	PL _r e
2	0		AM	AM	SIL 1	SIL 1	SIL 2	SIL 2	
			PL _r a	PL _r a	PL _r b	PL _r c	PL _r d	PL _r d	
1	0		0			AM	AM	SIL 1	SIL 1
						PL _r a	PL _r a	PL _r b	PL _r c

OM = otras medidas recomendadas, es decir, no hay requisitos concernientes a la fiabilidad en la norma IEC 62061.

0 = no se requiere SIL o PL

*PL b no corresponde a SIL1 si la categoría solo es B

Elementos y criterios de riesgo

Severidad de la lesión Se:

1	Reversible: requiere de primeros auxilios
2	Reversible: requiere de atención de un médico
3	Irreversible: miembros rotos, pérdida de dedos
4	Irreversible: muerte, pérdida de un ojo o de un brazo

Frecuencia y duración de la exposición a un peligro Fr:

Duración de la exposición ≥ 10 Min.	Duración de la exposición < 10 Min.	Frecuencia
2	1	< 1 por año
3	2	< 1 cada 2 semanas a ≥ 1 por año
4	3	< 1 por día a ≥ 1 por 2 semanas
5	4	< 1 por hora a ≥ 1 por día
5	5	≥ 1 por hora

Probabilidad de ocurrencia Pr:

1	Insignificante
2	Rara vez
3	Posible
4	Probable
5	Muy alta

Hacer las siguientes preguntas:

- ¿El personal está bajo tensión al realizar su trabajo/al encontrarse en la situación (p. ej., trabajos por piezas, contratos temporales)?
- ¿Está la persona bien capacitada y familiarizada con los riesgos?
- ¿Es probable un fallo espontáneo de componentes (no del sistema de control relacionado con la seguridad) o la activación de mal funciones?

Tomar el valor promedio de la estimación de estas preguntas.

Probabilidad de prevención o de limitación del peligro Av:

1	Probable
3	Rara vez
5	Imposible

Realizar tres preguntas en cuanto al elemento de riesgo Av:

- ¿Es posible identificar o conocer el peligro debido a una capacitación?
- ¿Puede la persona escapar/reaccionar, considerando especialmente la velocidad del movimiento?

- ¿Activa la persona misma el peligro (P.ej., iniciando la máquina conscientemente, activando un control)?

4.3 Estimación de riesgos según ISO TR 14121-2

ISO TR 14121-2 no es una norma en el sentido verdadero de la palabra, sino un informe técnico (Technical Report TR) establecido por un grupo de trabajo ISO. Este informe es un resumen de los diferentes métodos usados en la industria.

El método para la evaluación de riesgos, presentado en la sección 6.3.2 está siendo usado cada vez más. El motivo para ello es que incluye el cuarto elemento de riesgos - la probabilidad de ocurrencia. Además de eso, el método tiene las mismas debilidades de la norma ISO 13849-1, Anexo A. Es más: Los criterios de la probabilidad de ocurrencia difícilmente pueden ser aplicados, especialmente para nuevos productos, debido a que dependen de datos de la aplicación de la máquina.

Gráfico de riesgos

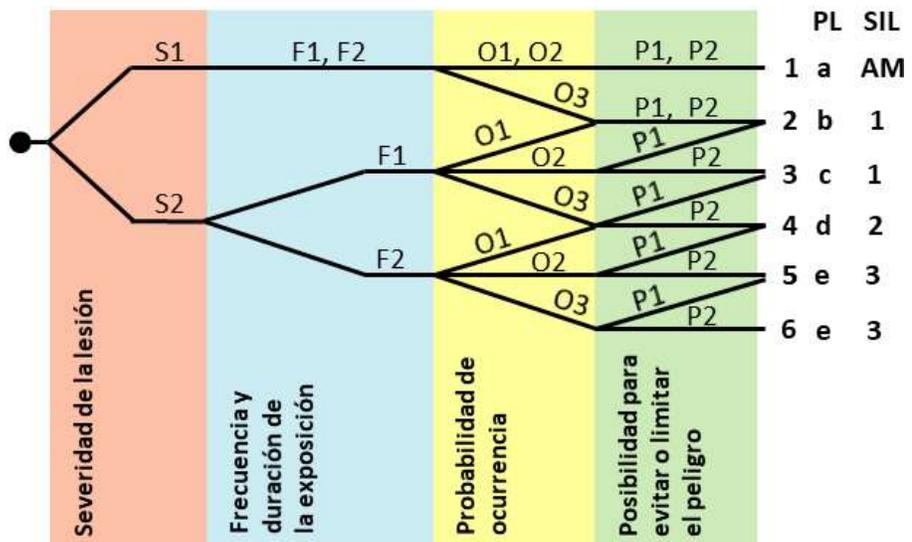


Gráfico de riesgos de la norma ISO TR 14121-2, 6.3.2 (aplicación a PL/SIL por el autor)

Elementos y criterios de riesgo

Severidad de la lesión S:

- S1 *Lesión leve*, usualmente reversible; ejemplos: rasguños, laceraciones, hematomas, heridas ligeras que requieran de primeros auxilios; la persona no podrá realizar la misma tarea durante no más de dos días.
- S2 *Lesiones severas*, usualmente irreversibles, incluyendo la muerte; ejemplos: rotura, desguince o fractura de miembros del cuerpo, lesiones severas que requieran de suturas, traumas musculoesqueléticos mayores, etc.; la persona no podrá realizar la tarea durante más de dos días

Frecuencia y duración de la exposición a un peligro F:

- F1 *rara vez a tiempo de exposición frecuente y/o corto*
Exposición dos veces o menos por turno o exposición menor a 15 minutos por turno
- F2 *frecuente a continua y/o larga duración de exposición*
Exposición más de dos veces por turno o o exposición mayor a 15 minutos por turno

Probabilidad de ocurrencia de un evento peligroso O:

- O1 *bajo*, tan improbable que se puede asumir que la ocurrencia no se registrará
- O2 *mediano*, probabilidad de ocurrencia alguna vez en el futuro; error técnico observado en los últimos dos años. Acción humana inapropiada por una persona bien entrenada, consciente del riesgo y con una experiencia mayor a seis meses en la estación de trabajo.
- O3 *alta*, probabilidad de ocurrencia frecuente, error técnico observado con regularidad (cada seis meses o menos). Acción humana inapropiada por una persona no entrenada, con una experiencia menor a seis meses en la estación de trabajo.

Posibilidad de prevención o de reducción del peligro A:

- A1 *Posible bajo ciertas circunstancias;*, si piezas se desplazan a una velocidad menor a 250 mm/s y el trabajador expuesto esté familiarizado con el riesgo y con la indicación de la situación de peligro o el suceso inminente; el trabajador también debe estar capacitado para identificar una situación de peligro y estar en capacidad de reaccionar. Es posible prevenir el peligro, dependiendo de condiciones particulares (temperatura, ruido, ergonomía,, etc.). *La persona en riesgo activa por cuenta propia el evento de peligro (pulsa el botón de arranque o de activación) - este último ha sido añadido por el autor; no consta en la norma.*
- A2 *Imposible*

SIL/PL

Originalmente, el método no ha sido diseñado para ser usado para determinar el PL o el SIL; no obstante, puede ser usado para este propósito. El gráfico arriba muestra una posible aplicación de los resultados al PL/SIL (añadido por el autor).

5 Lo que podemos hacer por Usted

Junto con sus socios, Axelent ofrece los siguientes productos y servicios en relación a la evaluación de riesgos:

- El libro “Evaluación de riesgos / análisis de peligros para máquinas y sistemas” (sólo disponible en alemán), Matthias Schulz, 2023, www.gft-verlag.de
- Software para evaluación de riesgos SafetyToolBox por pgx software solutions gmbh, www.pgx.de. (se encuentra disponible una versión en inglés). Todos los ejemplos visualizados en este folleto han sido creados, usando el software SafetyToolBox. Usted puede descargar libremente el software y el código de evaluación de:
www.axelent.de
www.pgx.de

5.1 Ejemplo de una evaluación de riesgos

En la página web de Axelent se puede descargar un ejemplo completo de una evaluación de riesgos. Este ejemplo ha sido creado, usando el programa SafetyToolBox de pgx.