

AUTOMATIZACIÓN Y DIRECTIVA DE MÁQUINAS
CÓMO EVOLUCIONA LA PROTECCIÓN EN LAS LÍNEAS AUTOMATIZADAS

© 2013. **Alfonso de Victoria**

Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización escrita del autor.

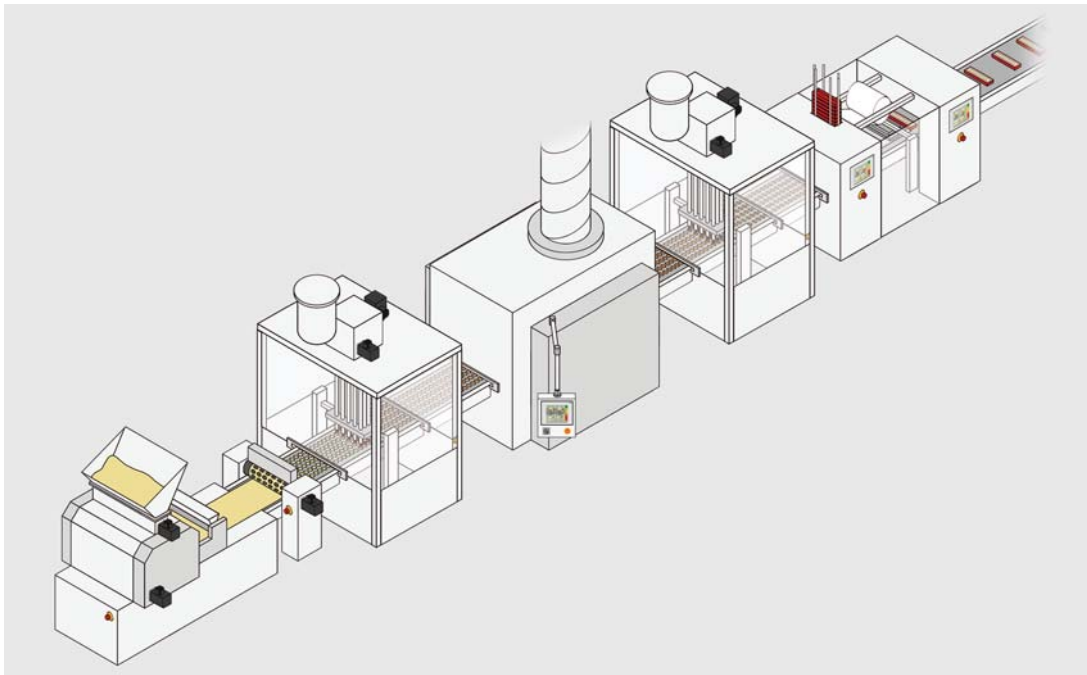
TABLA DE CONTENIDO

1	PREÁMBULO: OBJETO DE ESTE ARTÍCULO	3
2	¿HACIA DÓNDE VA LA AUTOMATIZACIÓN?.....	3
3	RESOLUCIÓN DE LAS FUNCIONES DE SEGURIDAD EN LA DIRECTIVA 98/37CE.....	4
4	LOS NUEVOS COMPONENTES DE SEGURIDAD: ELECTRÓNICA Y SOFTWARE..	8
4.1	Ventajas de su utilización.....	10
4.2	¿Y qué ocurre en el caso de líneas automatizadas?	11
5	LÍNEAS AUTOMATIZADAS.....	12
6	FUNCIONES DE SEGURIDAD DISTRIBUIDAS: USO DE BUS DE SEGURIDAD..	12
7	DESCRIPCIÓN DE ALGUNAS FUNCIONES DE SEGURIDAD DE LA NORMA 61800-5-2	15
7.1	En qué consiste un controlador de movimiento seguro.....	15
7.2	Clases de funciones de seguridad de la Norma EN 61800-5-2	16
7.2.1	<u>Funciones de seguridad relacionadas con la parada segura</u>	17
7.2.2	<u>Funciones de seguridad relacionadas con la supervisión de variables cinemáticas</u>	17
7.2.3	<u>Funciones de seguridad relacionadas con el frenado seguro</u>	19
8	CÓMO SELECCIONAR LAS FUNCIONES DE SEGURIDAD DE LA NORMA 61800-5-2 REQUERIDAS PARA UNA LÍNEA AUTOMATIZADA	20
9	CÓMO VALIDAR LAS FUNCIONES DE SEGURIDAD INCORPORADAS A LA LÍNEA.....	21
9.1	Qué es una función de seguridad.....	22
9.2	Método de validación de las funciones de seguridad en la línea.....	24
10	POSIBILIDADES DE FORMACIÓN Y ASESORAMIENTO EN LA MATERIA	24

1 PREÁMBULO: OBJETO DE ESTE ARTÍCULO

Este artículo pretende poner de manifiesto hacia donde camina al día de hoy la necesaria protección de las personas en la automatización de maquinaria y cómo debe ser realizada para cumplir las prescripciones de la actual directiva de máquinas, 2006/42/CE.

La demanda de automatización, de integrar máquinas para que funcionen como una sola máquina (por cierto que eso es un *conjunto de máquinas*, cuarta definición de máquina en la directiva 2006/42/CE), va en aumento como la única forma de mejorar la productividad y la competitividad de las empresas. El autor de este artículo compró hace no mucho un sencillo y económico armario de baño en Ikea, con la sorpresa de que llevaba la etiqueta *Made in Germany*. ¿Alguien puede concebir que un artículo como ese se pueda fabricar a precios competitivos en Alemania si no es con un altísimo grado de automatización en la planta productora?



2 ¿HACIA DÓNDE VA LA AUTOMATIZACIÓN?

Dejando de lado razones puramente económicas, en este artículo interesa resaltar los aspectos referentes al cumplimiento de la directiva de máquinas, 2006/42/CE (en adelante, simplemente *directiva*, salvo especificación explícita en contra). Automatización la ha habido

siempre; lo que interesa en este artículo es entender la manera de asegurar que esas líneas automatizadas satisfagan los requisitos esenciales de la directiva.

A diferencia de la ya derogada directiva 98/37/CE, la actual directiva, 2006/42/CE, admite explícitamente el uso del software para funciones de seguridad. Así lo expresa en el requisito esencial 1.2.1 *Seguridad y fiabilidad de los sistemas de mando*, que prescribe entre otras cosas:

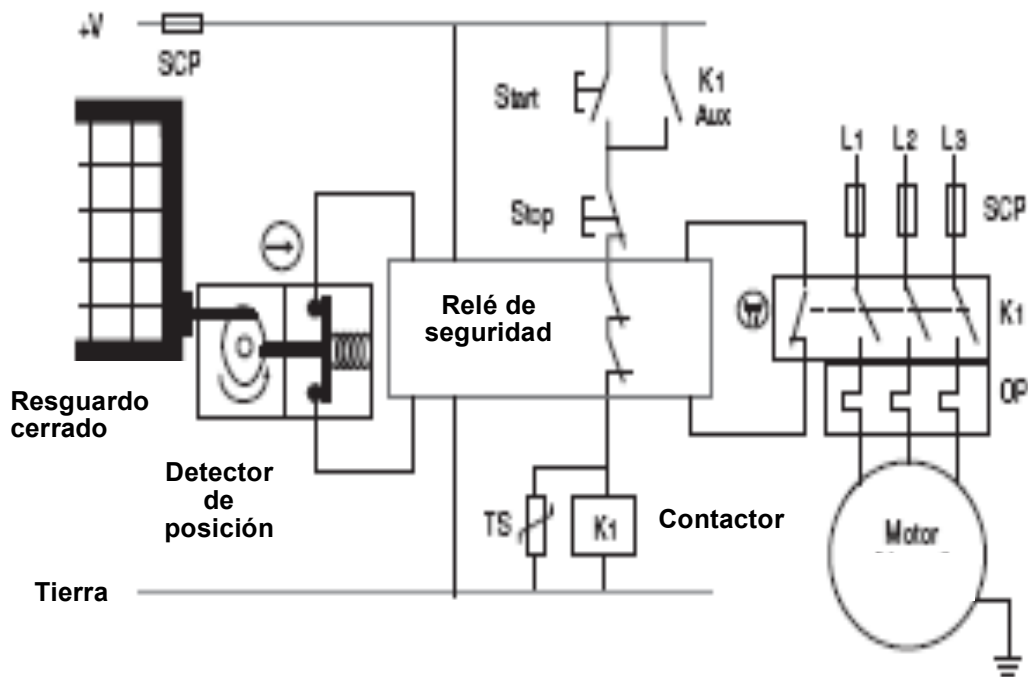
“que un fallo en el soporte material o en el soporte lógico* del sistema de mando no provoque situaciones peligrosas...”

* software en el original inglés de la directiva 2006/42/CE

3 RESOLUCIÓN DE LAS FUNCIONES DE SEGURIDAD EN LA DIRECTIVA 98/37CE

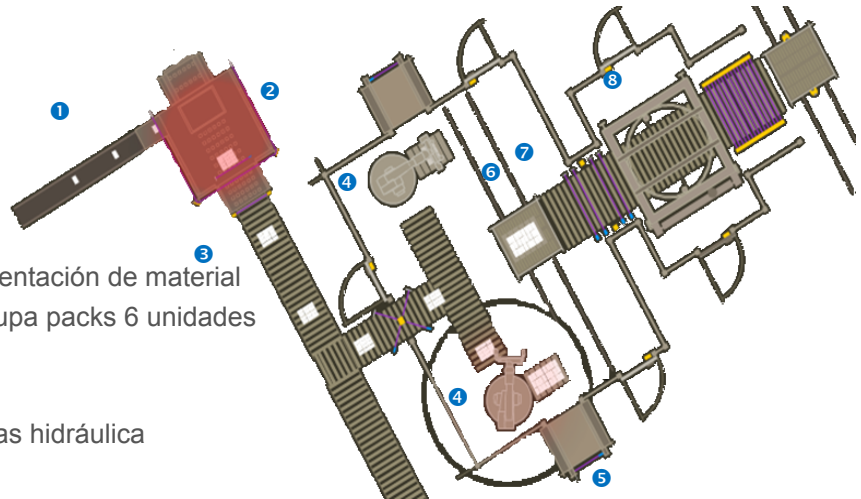
Recordemos que una función de seguridad es aquella cuyo fallo o mal funcionamiento aumentaría el riesgo. A grandes rasgos, las máquinas tienen dos tipos de funciones: las propias de la máquina, destinadas a alcanzar el uso previsto de la misma, y las funciones de seguridad, incorporadas para proteger a las personas.

En la directiva 98/37/CE, las funciones de seguridad descansaban básicamente en componentes electromecánicos (pulsadores, detectores de posición, contactores). Una típica función de seguridad es la mostrada a continuación.



La función de seguridad adjunta se basa en el dispositivo de enclavamiento (detector de posición) de un resguardo que, al abrirse éste, envía una señal al relé de seguridad, el cual, interpretándola, da la orden de apertura del contactor para abrir el circuito de potencia. Las funciones de seguridad “clásicas” se basan generalmente en elementos (componentes de seguridad) ajenos a la función propia de la máquina, e incorporan una seguridad estática. ¿Qué entendemos por seguridad estática? Que su manera de actuar es independiente del estado en que se encuentre el proceso, de que la máquina funcione rápida o lentamente, de que esté en determinada posición, ciclo a ciclo o en automático: cuando se abre el resguardo, la máquina para.

Esta manera de solucionar las funciones de seguridad es sencilla y económica en máquinas individuales, pero cuando se trata de muchas máquinas funcionando conjuntamente, con gran número de funciones de seguridad, ¿qué solución habría? ¿Ir “colgando” detectores de posición y relés de seguridad por toda la línea? ¿O ir llevando un enjambre de cables al PLC (autómata) de seguridad?

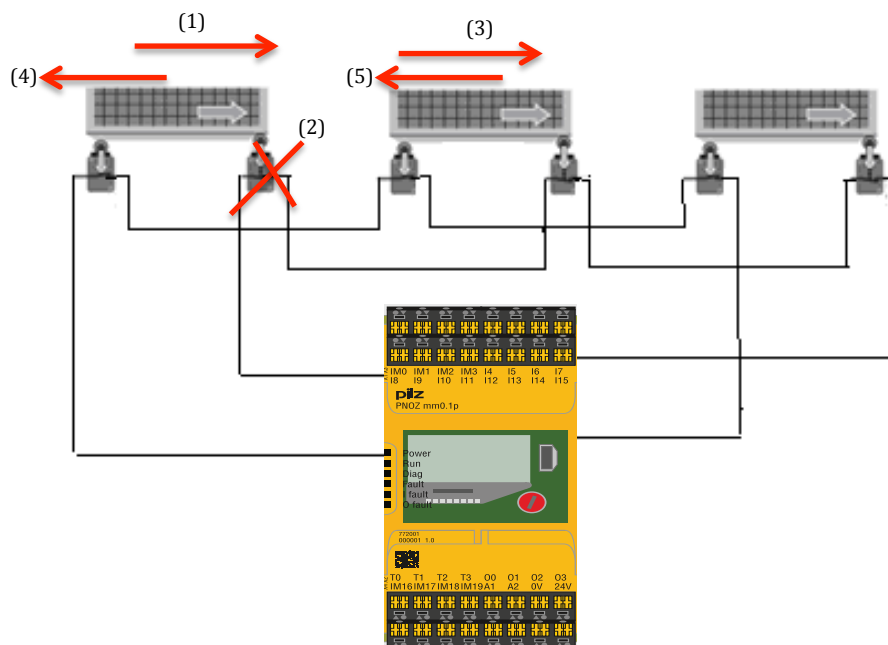


Leyenda:

- ❶ Cinta transportadora de alimentación de material
- ❷ Máquina de retractilado: agrupa packs 6 unidades
- ❸ Camino de rodillos
- ❹ Robot de paletizado
- ❺ Máquina cargadora de paletas hidráulica
- ❻ Carro de transporte
- ❼ Caminos de rodillos (tamaño palet)
- ❽ Máquina enfardado

Una solución que se ha venido utilizando es la de conectar en serie, en cascada, los componentes de seguridad (por ejemplo, los enclavamientos de los resguardos), aunque, en aplicación de la Norma EN ISO 13849-1, a partir de la Categoría 3 o del PL **d** hay limitaciones en el número de dispositivos que se pueden conectar en serie por el enmascaramiento del diagnóstico de fallos que se produce (para más detalles, véase la Norma ISO 14119, que está en proceso de ser armonizada para sustituir a la Norma EN 1088 +A1, o consúltese el link siguiente):

[http://www.alfonsodevictoria.com/downloads/Cuantos_dispositivos_de_enclavamiento_pueden_conectarse_en_cascada_\(en_serie\)_al_rele_de_seguridad_sin_perder_la_categoria.pdf](http://www.alfonsodevictoria.com/downloads/Cuantos_dispositivos_de_enclavamiento_pueden_conectarse_en_cascada_(en_serie)_al_rele_de_seguridad_sin_perder_la_categoria.pdf)



Si tiene algún problema para seguir el link, entre en la página

www.alfonsodevictoria.com

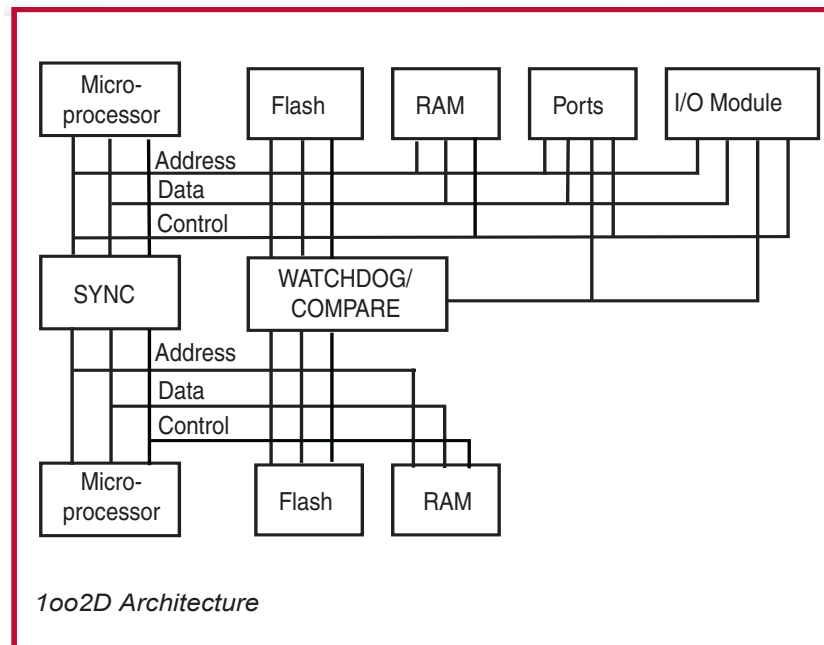
en la que podrá acceder a ese documento.

Advertencia previa: Tenga en cuenta que:

El PLC normal de la máquina **NUNCA, NI ANTES CON LA DIRECTIVA 98/37/CE NI AHORA CON LA DIRECTIVA 2006/42/CE**, se ha podido utilizar en forma exclusiva para funciones de seguridad.

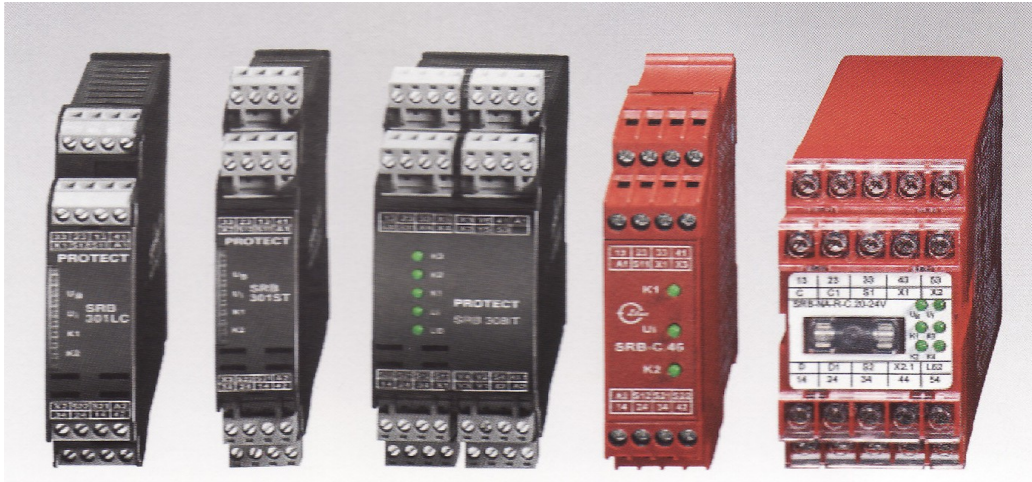
Sólo pueden utilizarse uno de los dos ítems siguientes:

1) PLCs (autómatas) de seguridad, con 2 procesadores cuya sincronización se vigila constantemente y que cualquiera de los dos es capaz, él solo, de realizar la función de seguridad; también se supervisan constantemente los circuitos y el flujo de a través de los programas.



O

2) Relés de seguridad (también llamados módulos de seguridad)



Con ambas soluciones se obtiene:

- 1) Una fiabilidad muy superior a la de un PLC (ordenador) “normal”,
- 2) Una fiabilidad conocida en términos de PFH (probabilidad de fallo por hora de funcionamiento) y
- 3) Una cobertura del diagnóstico (DC, porcentaje de fallos peligrosos detectados) conocida.

4 LOS NUEVOS COMPONENTES DE SEGURIDAD: ELECTRÓNICA Y SOFTWARE

La aceptación abierta del software por la directiva 2006/42/CE ha llevado a una eclosión de componentes de seguridad que hacen un uso extensivo de la electrónica y del software. Es cierto que con la directiva 98/37/CE ya se utilizaban para funciones de seguridad algunos componentes electrónicos y electrónicos programables (cortinas de luz, mandos bimanuales...), pero con la actual directiva el primer hito ha sido la generalización del uso de variadores de velocidad (frecuencia) de seguridad y servos (convertidores de corriente y similares) también de seguridad, “drives” en la literatura técnica inglesa. Haciendo uso de semiconductores y electrónica de estado sólido, ambos abren y cierran con una fiabilidad conocida (garantizada por

el fabricante) el circuito de potencia, amén de la variación y control seguro de la velocidad propios de los variadores de frecuencia.

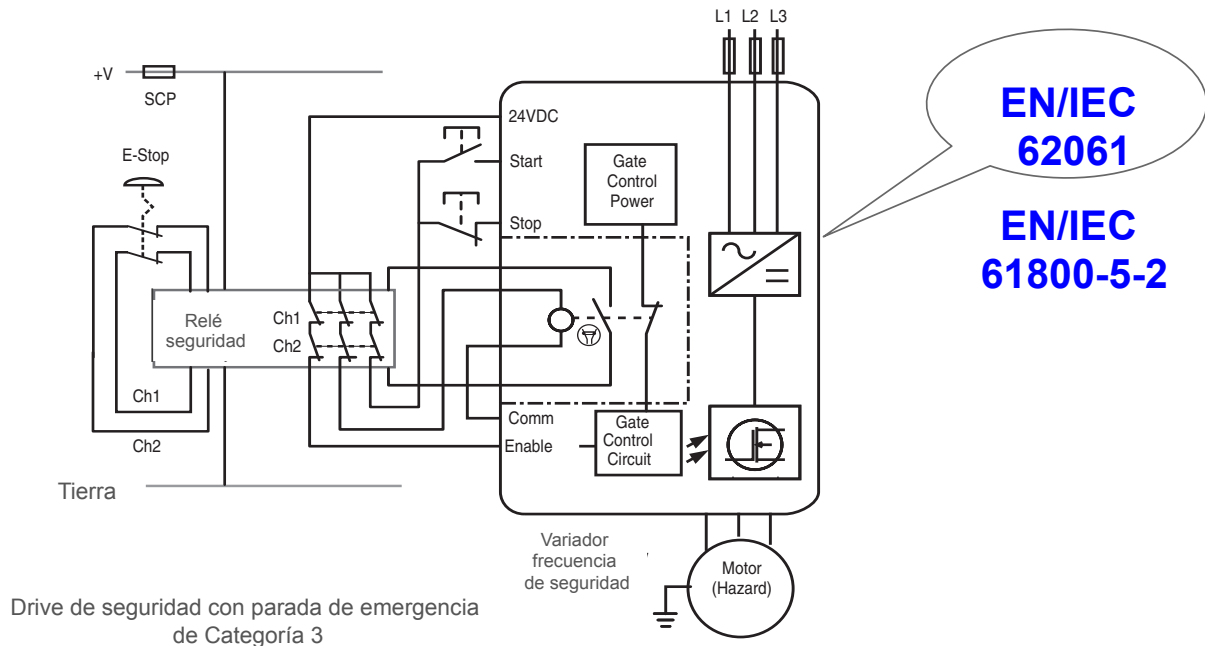
NO CONFUNDIR

Un variador de frecuencia (velocidad) **clásico** con uno de **seguridad**. El primero no tiene ninguna posibilidad de supervisión de fallos; en uno de seguridad hay una **constante realimentación de su estado al dispositivo de supervisión**

Así pues, una primera aplicación de uno de esos variadores de frecuencia sería su utilización en la figura mostrada a continuación, en la cual sustituye a los dos contactores utilizados tradicionalmente. El constructor facilita en la ficha técnica, debidamente certificado por un organismo como el BG o el TÜV, los datos de fiabilidad del variador, que básicamente son:

- SIL (Safety Integrity Level), según Norma EN IEC 62061;
- PL (Performance Level), derivado del anterior para aplicación de la Norma EN ISO 13849-1;
- PFH (Probabilidad de fallo en una hora), y
- MTTF_d: Tiempo medio entre fallos peligrosos en años (su recíproco es la probabilidad de fallo a lo largo de un año).

Asimismo, el constructor afirma en su declaración CE de conformidad que el variador está fabricado de acuerdo con la Norma EN IEC 61800-5-2, que es la que define las funciones de seguridad de que hablaremos más adelante.



4.1 Ventajas de su utilización

Dejando de lado, de momento, la modificación de la velocidad y ciñéndonos únicamente a la fiabilidad de la función de seguridad, la supervisión (o monitorización) por parte del relé o PLC de seguridad es constante; en el caso de contactores clásicos, esa supervisión sólo puede hacerse, a través de los contactos espejo, en cada ciclo de apertura o cierre. Esta menor frecuencia de las comprobaciones hace que, por ejemplo, con elementos electromecánicos y un solo canal no se pueda pasar del PL c (PL= nivel de prestaciones de la Norma EN ISO 13849), ni siquiera con una Categoría 2.

Al instalar estos componentes de seguridad no se puede “ver” lo que hay dentro (así como antes se podía comprobar, siguiendo el cableado, si había un contactor o dos). Hay que seguir estrictamente las instrucciones del fabricante y, si se trata de un simple usuario de maquinaria, lo mejor es contratar la instalación a personal cualificado.

Más adelante, al hablar de las funciones de seguridad disponibles en un variador como el del ejemplo, entraremos en el control seguro de la velocidad.

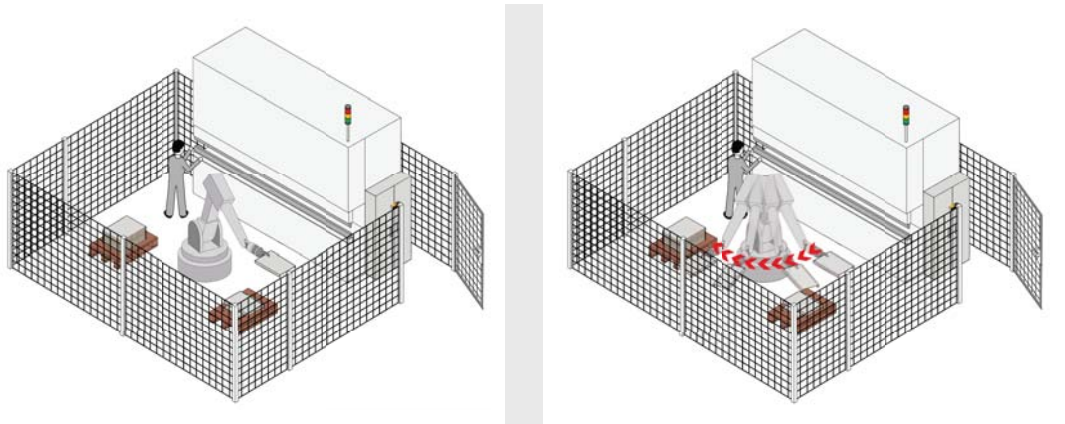
4.2 ¿Y qué ocurre en el caso de líneas automatizadas?

La solución anterior ha permitido mejorar la integridad de la función de seguridad: el variador, bien utilizado dentro de sus características asignadas, no sufre el desgaste propio de los contactores y demás elementos electromecánicos. Sin embargo, seguimos teniendo una función de seguridad sencilla de una máquina individual que sigue proporcionando una seguridad estática.

DEFINICIONES

- Seguridad **estática**: La que no depende del estado del proceso o de la máquina.
- Seguridad **dinámica**: La que sí tiene en cuenta el estado del proceso o de la máquina (velocidad, posición de los elementos peligrosos, del robot...)

La figura que sigue muestra sendos ejemplos de seguridad estática y de seguridad dinámica.



En la imagen de la izquierda, el dispositivo de enclavamiento de la puerta produce la parada del robot y/o de las demás máquinas al abrirse la puerta; en la imagen de la derecha, la función de seguridad se adapta a las zonas de detección. Por ejemplo, la velocidad a que se mueve el robot depende de la detección de presencia de personas en su proximidad. Como

veremos más adelante, eso es ya posible con las funciones de seguridad estándar de los variadores de velocidad construidos de acuerdo con la Norma EN IEC 61800-5-2. Para utilización de la seguridad dinámica es necesario que se cumplan las siguientes condiciones:

- Supervisión segura de las variables cinemáticas pertinentes (aceleración, velocidad, distancia...)
- Tiempos de reacción cortos para reducir las distancias de parada.
- Valores límite variables, ajustables a lo largo del tiempo.

5 LÍNEAS AUTOMATIZADAS

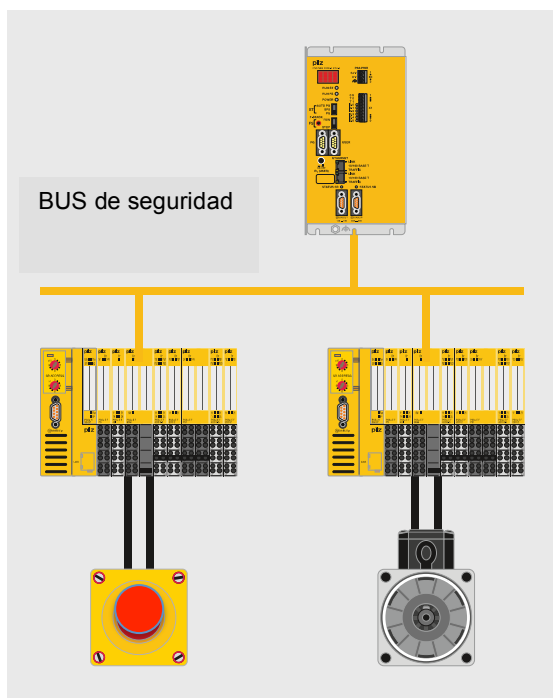
Con la automatización, los procesos se vuelven cada vez más dinámicos, lo que condiciona la tecnología de seguridad. Hasta ahora la estrategia de seguridad consistía habitualmente en producir una parada segura cuando se detectaba la necesidad de iniciar la función de seguridad. De cara a la productividad, esta solución es cada vez menos aceptable, aunque sigue vivo el requisito de mantener la seguridad.

En su diseño clásico, la función de seguridad estaba concentrada en el sistema de mando, pero las nuevas tecnologías permiten que esté distribuida, dispersa, es decir, que en parte se encomiende al servo o al variador de velocidad de seguridad. Al mismo tiempo, la separación entre las funciones de mando propias de la máquina y las funciones de seguridad se va haciendo más difusa; la función de mando puede estar también relacionada con la seguridad. Todo ello hace imprescindible la sustitución de elementos electromecánicos por elementos electrónicos. La seguridad dinámica requiere que la función de mando esté íntimamente ligada con la seguridad.

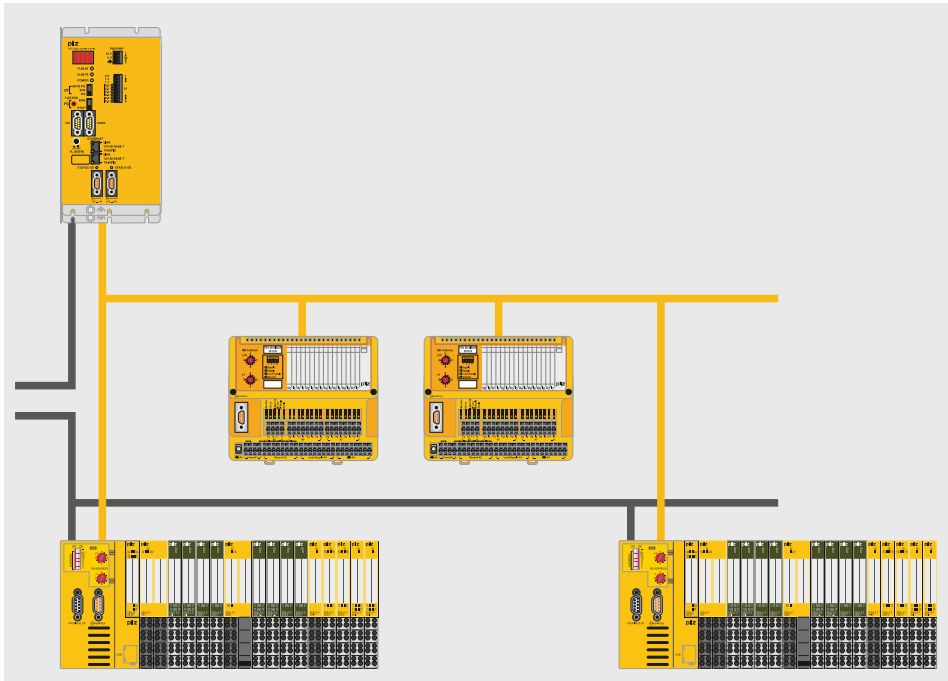
6 FUNCIONES DE SEGURIDAD DISTRIBUIDAS: USO DE BUS DE SEGURIDAD

La comunicación mediante bus seguro está sustituyendo aceleradamente el cableado paralelo tradicional, especialmente cuanto más larga sea la línea. Con ello se reduce la complejidad del cableado y se simplifican el diagnóstico y la resolución de problemas, lo que redundará en el aumento de la disponibilidad de la planta. Diferentes componentes de seguridad,

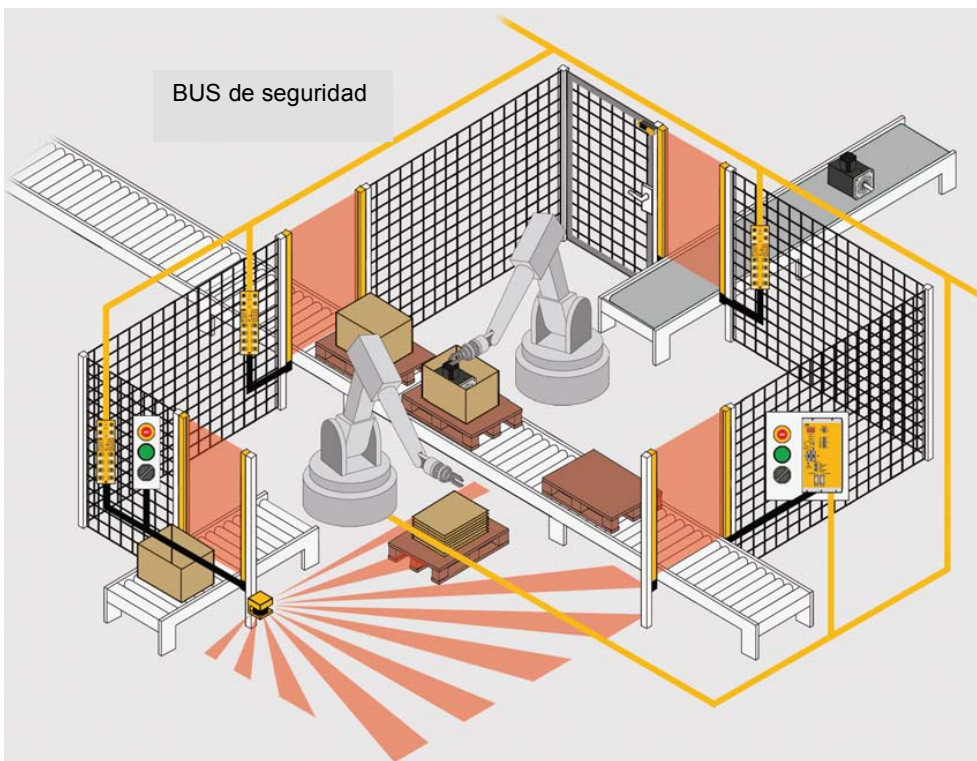
por ejemplo, pulsadores de parada de emergencia, se conectan a un sistema de control de la seguridad (PLC o relé de seguridad), con una configuración de doble canal si así lo requiere el nivel de seguridad deseado.



Actualmente existe ya una amplia gama de dispositivos que se pueden conectar mediante cable bus o mediante una red Ethernet. Los datos relacionados con la seguridad pueden viajar separados de los datos “normales” de las funciones propias de la máquina mediante cables de bus separados como se muestra en la imagen que sigue, o pueden viajar por el mismo cable de bus.



Estos medios de comunicación están certificados como SIL 3 de acuerdo con las normas EN IEC 61508 y EN IEC 62061 y como PL e de acuerdo con la Norma EN ISO 13849, y pueden utilizar hilo de cobre, conexión inalámbrica, por luz o por fibra óptica.



7 DESCRIPCIÓN DE ALGUNAS FUNCIONES DE SEGURIDAD DE LA NORMA 61800-5-2

Hasta ahora, los servos y variadores de velocidad no tenían funciones de seguridad; la evitación de una puesta en marcha intempestiva o la comprobación segura de la parada se tenían que hacer mediante componentes de seguridad “externos”, separados del dispositivo. La tendencia actual es utilizar controladores de movimiento seguro, es decir, servos y variadores de frecuencia (velocidad) que incorporen las funciones de seguridad necesarias de entre las de la Norma EN 61800-5-2.

7.1 En qué consiste un controlador de movimiento seguro

El fabricante o usuario de la máquina, mediante la evaluación de riesgos de la misma, tiene que ver las funciones de seguridad que necesita incorporar a su máquina y adquirir el servo o variador que mejor cubra las que necesite implementar. Para ello no es demasiado importante conocer a fondo los detalles técnicos constructivos. Se puede decir que un controlador de movimiento seguro es como una caja cerrada que consta de 2 elementos:

1. Separación segura de la red.
2. Supervisión segura (de la parada, velocidad, frenado, etc.)

Para la separación segura de la red, los controladores de movimiento seguro constan básicamente de dos partes: la de control y la de potencia. En la parte de potencia se rectifica la corriente alterna y se convierte en impulsos de corriente continua que se alisan mediante condensadores. La parte de control consta de opto-acopladores y vigilancia del modelo de impulsos. Estos impulsos son los que accionan los semiconductores de la parte de potencia, produciendo con ello la conexión y desconexión con una fiabilidad certificada y cuantificada.

Además de supervisar en forma segura la parada, en los variadores de frecuencia de seguridad también se someten a supervisión las variables cinemáticas significativas para el proceso (velocidad, aceleración, distancia, par...) Es frecuente utilizar sensores o detectores

“normales”, por ejemplo, encoders, que se tienen que supervisar para detectar posibles fallos. En general, con dos encoders normales o uno de seguridad (con fiabilidad certificada) se puede llegar a alcanzar el PL e.

La supervisión de los valores límite puede ser:

1. Constante, estableciendo los valores en el proceso de instalación y sin posibilidad de modificarlos en funcionamiento normal.
2. Seleccionable, en que los valores límite se pueden cambiar durante el funcionamiento normal.
3. Dinámica, en la que los valores límite se calculan y ajustan durante el funcionamiento normal.

Un ejemplo de supervisión dinámica se da en casos de robots en los que la velocidad segura se determina en función de la distancia del operario al robot, vigilando la zona protegida y reduciendo la velocidad cuanto más cerca se encuentre la persona.

La utilización de controladores con funciones de seguridad incorporadas presenta la ventaja de que las funciones de seguridad están activas permanentemente, sin necesidad de que el proceso esté en una situación determinada (por ejemplo, apertura de un resguardo o alcance del final del recorrido de un elemento móvil peligroso). También es importante que con ello se logra una considerable reducción del espacio y del cableado necesarios, en comparación con la solución clásica de un variador de velocidad normal y contactores adicionales.

7.2 Clases de funciones de seguridad de la Norma EN 61800-5-2

Básicamente podemos considerar tres clases de funciones de seguridad en esos controladores, relacionadas con:

1. la parada segura;
2. la supervisión segura de las variables cinemáticas; y

3. el frenado seguro.

7.2.1 Funciones de seguridad relacionadas con la parada segura

Las funciones de seguridad normalizadas de este tipo más frecuentes son:

- **STO (Safe Torque Off)**- Parada inmediata, con retirada inmediata de la energía en los accionadores y prevención de puesta en marcha intempestiva, por lo que no es necesario supervisar el estado de parada. Es la parada de categoría 0 de la Norma EN 60204-1. Si es previsible que actúe alguna fuerza exterior durante la parada, por ejemplo, una carga vertical, se debe aplicar adicionalmente un freno mecánico o similar.
- **SS1 (Safe Stop 1)**- Parada controlada, en la que se controla la desaceleración hasta alcanzar la parada, momento en que se retira la energía y se activa la función **STO**. Esta activación se puede hacer transcurrido un tiempo de demora determinado, cuando se detecte la parada o controlando en todo momento la pendiente de la desaceleración. Corresponde a la parada de categoría 1 de la Norma EN 60204-1.
- **SS2 (Safe Stop 2)**- Parada controlada en la que, al igual que en la anterior, se controla la desaceleración pero cuando se alcanza la parada no se retira la energía de los accionadores sino que se activa la función **SOS** (véase más adelante). Corresponde a la parada de categoría 2 de la Norma EN 60204-1.

7.2.2 Funciones de seguridad relacionadas con la supervisión de variables cinemáticas

Las funciones de seguridad normalizadas de este tipo de uso más frecuente son:

- **SOS (Safe Operating Stop)**- Parada operativa segura, la parada a la que hace referencia el requisito esencial 1.2.4.2 de la directiva, que dice: *“Cuando por razones de funcionamiento se requiera una orden de parada que no interrumpa la alimentación de energía de los accionadores, se supervisarán y conservarán las condiciones de parada”*. Esta función de seguridad supervisa la situación de parada con la energía en los

accionadores, evita la puesta en marcha del motor energizado y, cuando permite la nueva puesta en marcha, el proceso puede continuar sin ninguna pérdida de precisión. Suele utilizarse con la función de parada segura **SS2** ya que la supervisión del estado de parada acostumbra implicar un proceso de frenado.

- **SLS (Safely Limited Speed)**- Se utiliza habitualmente para limitar de forma segura la velocidad. En la fase de reglaje de las máquinas es frecuente que, cuando el selector de modos de funcionamiento permite el movimiento con las protecciones anuladas, la velocidad esté limitada para proteger al operario; por ejemplo, en máquinas con riesgo de aplastamiento, la velocidad que se considera segura suele estar limitada a 10 mm/s. La implementación de esta limitación por métodos clásicos es compleja y costosa; la utilización de un variador de velocidad de seguridad que incorpore esta función hace esa implementación fiable y sencilla.
- **SDI (Safe Direction)**- Evita que el motor se mueva en dirección incorrecta (por ejemplo, por error en la secuencia de fases). Como la función anterior, es especialmente interesante en fases de reglaje y similares.
- **SSR (Safe Speed Range)**- Al fijar un rango de velocidades seguro, esta función se puede utilizar para supervisar que la velocidad no caiga por debajo de un mínimo ni supere un valor máximo si en cualquiera de ambos casos podría resultar peligroso, por lo que es frecuente utilizarla en el funcionamiento normal manteniendo una vigilancia constante de la velocidad en todo momento.
- **SLI (Safely Limited Increment)**- Normalmente se asocia a un mando a impulsos y hace que el avance tenga un valor limitado que se considera seguro. En máquinas con riesgo de aplastamiento el avance máximo que acostumbran permitir las normas armonizadas de tipo C es de 6 mm. La función de seguridad va asociada a uno o dos encoders.
- **SLT (Safely Limited Torque)**- En fases de reglaje, es deseable que la máquina funcione con fuerza o par reducidos. Los controladores de movimiento seguro ejecutan esta función

de seguridad midiendo la corriente del motor, que es proporcional a la fuerza o par del mismo.

- **SLP (Safely Limited Position)**- Esta función asegura que no se rebase una posición límite que se considera segura aunque pueda haber cortocircuitos o anomalías de cualquier tipo. Un uso típico es en células robotizadas, ya que las vallas se ponen para que las personas no se acerquen, pero no hay valla capaz de absorber el impacto de un robot fuera de control. La función de seguridad suele ir asociada a encoders absolutos.

Hay otras funciones de seguridad relacionadas con la supervisión de variables cinemáticas (aceleración, por ejemplo), que son menos utilizadas, en parte por limitaciones y dificultades tecnológicas.

7.2.3 Funciones de seguridad relacionadas con el frenado seguro

- **SBC (Safe Brake Control)**- Esta función de control de frenado seguro proporciona una señal segura para accionar un freno mecánico. Es necesario utilizar frenos de seguridad, en los que, para el funcionamiento, una corriente eléctrica vence uno o más muelles que actúan y producen el frenado si cesa la corriente. Su utilización es frecuente en el caso de cargas suspendidas, en las que la función de seguridad controla que el freno que retiene las cargas esté activado en situación de parada.
- **SBT (Safe Brake Test)**- Esta función de ensayo de frenado seguro se utiliza cuando el desgaste debido a un mal mantenimiento podría hacer que el freno de retención no fuese capaz de cumplir su función. La función de seguridad hace un ensayo automático de la capacidad real del freno, evitando la necesidad de hacer comprobaciones manuales y llevando a la instalación a una parada en caso de defecto.

8 CÓMO SELECCIONAR LAS FUNCIONES DE SEGURIDAD DE LA NORMA 61800-5-2 REQUERIDAS PARA UNA LÍNEA AUTOMATIZADA

DE LA FORMA HABITUAL EN LA DIRECTIVA DE MÁQUINAS

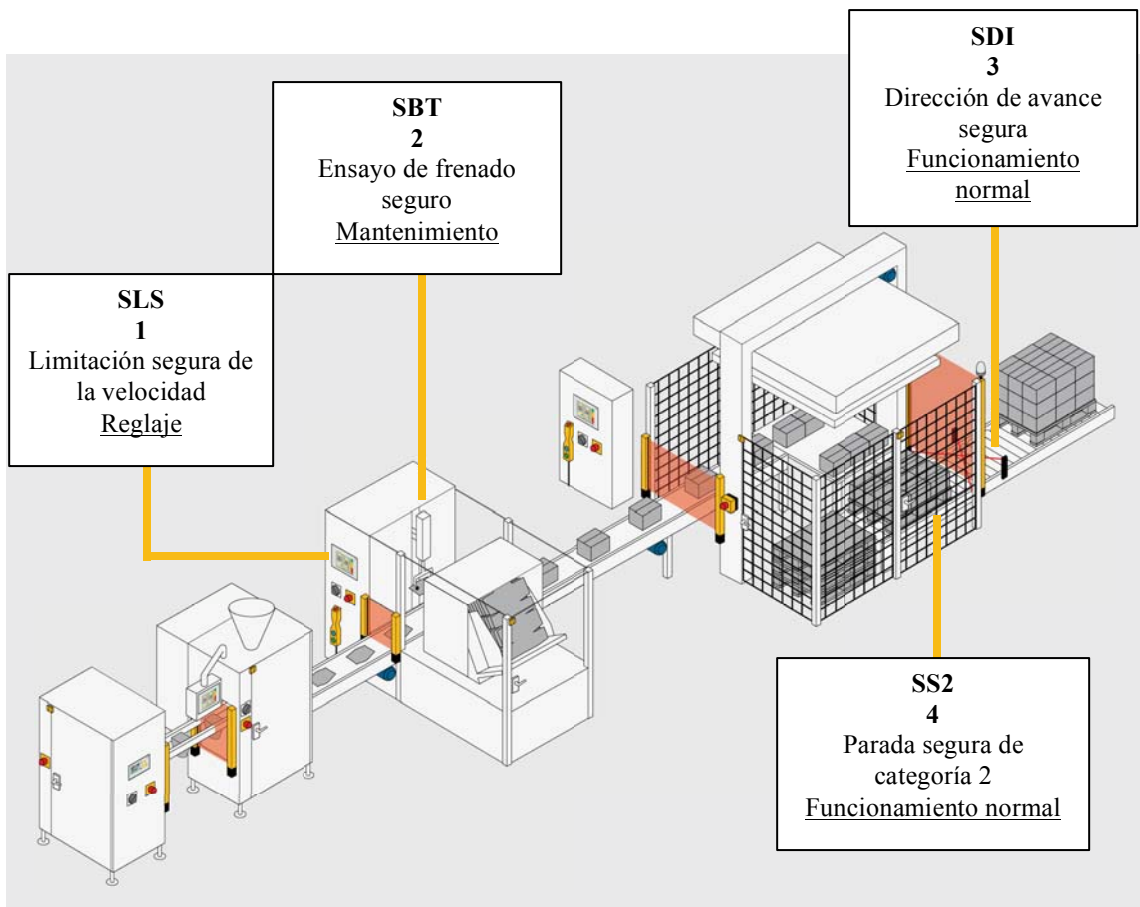
Partiendo de la identificación y evaluación de las **situaciones peligrosas**

Recuerde que una situación peligrosa es un compendio de 4 ítems:

- Peligro propiamente dicho (mecánico, eléctrico, de respirar una sustancia...);
- Zona de la máquina en que se da el peligro;
- Fase de vida de la máquina (funcionamiento normal, reglaje, mantenimiento...);
- Causas que podrían originar la lesión o daño.

Así pues, el análisis de la línea adjunta (que no pretende ser exhaustivo sino un simple ejemplo) podría haber llevado a detectar, entre otras, las siguientes situaciones peligrosas, para las que el responsable de la línea podría considerar adecuado incorporar las funciones de seguridad que aparecen en la columna de la derecha:

Peligro	Zona (marcada en figura)	Fase de vida	Causa	Función de seguridad
Mecánico	1	Reglaje	Velocidad excesiva	SLS Limitación segura de la velocidad
Mecánico	2	Mantenimiento	Caída elemento móvil por desgaste freno	SBT Ensayo de frenado seguro
Mecánico	3	Funcionamiento normal	Error en secuencia fases	SDI Dirección de avance segura
Mecánico	4	Funcionamiento normal	Intervención operario por anomalía	SS2 Parada segura de categoría 2



En resumen, el responsable del diseño de la línea debe decidir qué funciones de seguridad son necesarias para proteger de los diferentes riesgos y seleccionar en el mercado los componentes de seguridad necesarios, incluyendo si procede los controladores de movimiento seguro (servos y variadores de velocidad de seguridad) capaces de realizar dichas funciones y con la fiabilidad (véase el punto siguiente) adecuada.

9 CÓMO VALIDAR LAS FUNCIONES DE SEGURIDAD INCORPORADAS A LA LÍNEA

En la fecha de redacción de este artículo, la directiva 2006/42/CE dispone de dos normas armonizadas para cuantificar la integridad (probabilidad de fallo) de las funciones de seguridad y de los componentes individuales que las sustentan: son las normas EN ISO 13849 y EN IEC 62061. A grandes rasgos se podría decir que, en general, la primera se utiliza habitualmente en maquinaria para evaluar la función de seguridad completa, mientras que la EN IEC 62061 la

utilizan especialmente los fabricantes de los componentes de seguridad individuales para certificar la integridad (probabilidad de fallo) de sus equipos.

La norma EN ISO 13849 expresa la integridad de la función de seguridad mediante el PL (*performace level*, nivel de prestaciones); la Norma EN IEC 62061 utiliza el SIL (*safety integrity level*, nivel de integridad de la seguridad). Ambos, PL y SIL, expresan una probabilidad de fallo en una hora de funcionamiento (PFH); son, por tanto, un número entre 0 (el imposible) y 1 (el suceso cierto). Siendo ambos el resultado de la aplicación de sendas normas armonizadas, es erróneo el criterio que a veces existe de que “es más de fiar” el SIL que el PL.

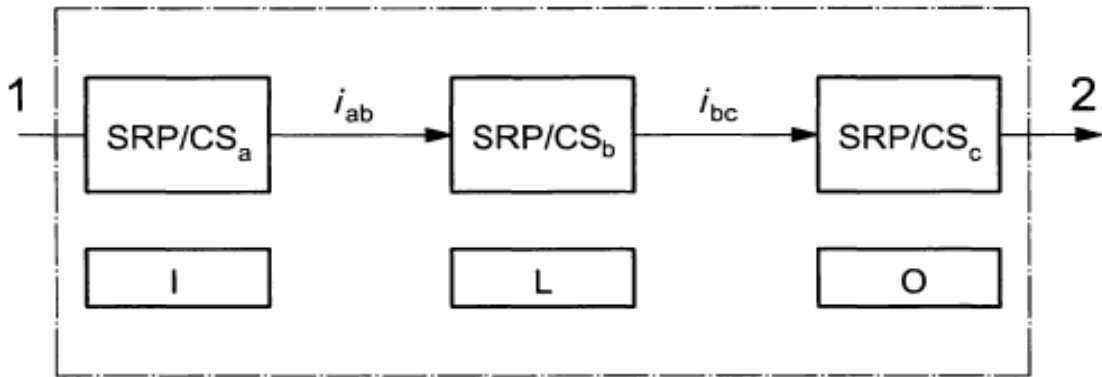
Lo que hacen ambas normas es proponer un método de evaluación del riesgo asociado a cada situación peligrosa y, a partir del resultado obtenido, establecen el PL o SIL requerido para cada función de seguridad. Hay que tener claro que el PL o SIL requerido es inherente a la función de seguridad (o al riesgo para cuya protección se adopta la función de seguridad) y totalmente independiente de los componentes de seguridad que decidamos utilizar para llevarla a cabo.

Para el fabricante o usuario de maquinaria, que no tiene por qué ser un experto en estadística, es muchísimo más sencilla la aplicación de la Norma EN ISO 13849 y, dado que esa norma es armonizada, su seguimiento proporciona la presunción de conformidad que necesita el responsable de la línea. Lo más lógico y fácil es apoyarse en la Norma EN ISO 13849.

9.1 Qué es una función de seguridad

Es aquella cuyo mal funcionamiento aumentaría el riesgo.

Una función de seguridad típicamente consta de 3 partes principales, además de los medios de interconexión, cuyo esquema lógico (no confundir con las conexiones físicas) es:



- Entrada (I): Detección de la necesidad de iniciar la función de seguridad, pasando “de alguna manera” esa indicación al dispositivo de lógica o, si no lo hay, directamente el dispositivo de salida. Son formas típicas de detectar la necesidad de iniciar la función de seguridad la actuación manual sobre un mando (por ejemplo, el de parada de emergencia), la apertura de un resguardo detectada por el dispositivo de enclavamiento, la interrupción de una cortina fotoeléctrica, etc.
- Lógica (L): No necesariamente está siempre presente. Su función es interpretar el significado de la señal recibida del dispositivo de entrada y dar la orden oportuna al dispositivo de salida.
- Salida (O): Dispositivo responsable de la actuación necesaria para conseguir la seguridad (por ejemplo, contactor, freno, servo o variador de velocidad con funciones de seguridad). Recibe la orden del dispositivo de lógica o, en su defecto, directamente del de entrada, y actúa frecuentemente (no necesariamente siempre) parando la máquina.

Además de intervenir directamente en la función de seguridad, el dispositivo de lógica puede realizar la función de supervisión o vigilancia del buen funcionamiento de los demás dispositivos y de sí mismo.

9.2 Método de validación de las funciones de seguridad en la línea.

Quien construya y sea responsable de la línea automatizada (la figura que la norma armonizada EN ISO 11161, sobre sistemas integrados de fabricación, llama “*integrador*”) debe proporcionar al usuario, además de los esquemas de conexiones físicas, los esquemas de CONEXIONES LÓGICAS. Y evidentemente es su responsabilidad poder demostrar mediante el expediente técnico de la línea automatizada que las diferentes funciones de seguridad alcanzan el PL requerido.

Un usuario que haya encargado la integración de la línea a una ingeniería externa debe recabar de ésta los ESQUEMAS LÓGICOS de todas las funciones de seguridad, a fin de poder juzgar sobre la idoneidad de las soluciones adoptadas partiendo de una evaluación de riesgos que el RD 1215/1997 obliga a realizar a ese usuario.

El artículo 4 del real decreto prescribe una comprobación inicial de que los equipos de trabajo cumplan las disposiciones mínimas de seguridad y salud del Anexo I. Y de esas disposiciones mínimas, la primera dice, entre otras cosas:

Los sistemas de mando deberán ser seguros y elegirse teniendo en cuenta los posibles fallos, perturbaciones y los requerimientos previsibles, en las condiciones de uso previstas.

Con otras palabras, el mismo concepto de fiabilidad de la directiva 2006/42/CE.

10 POSIBILIDADES DE FORMACIÓN Y ASESORAMIENTO EN LA MATERIA

Se pueden dirigir toda clase de preguntas y solicitudes de información al autor de este artículo, que, además, ofrece formación, asesoramiento y consultoría sobre los diferentes temas tratados para asegurar una correcta implantación en la maquinaria. El autor también puede hacerse cargo de la “dirección de obra” o de la “dirección del proyecto” de automatización, a fin de asegurar desde el principio, cuando las desviaciones son más fáciles de solucionar, hasta el final que se respetan las prescripciones de la directiva 2006/42/CE.

Algunos de los cursos, cuyo contenido se explica ampliamente en la web del autor indicada al final, son:

- Redacción del expediente técnico de las máquinas nuevas.
- Redacción del proyecto de puesta en conformidad (PPC) con el Real decreto 1215/1997.
- Seguridad y fiabilidad de los sistemas de mando de máquinas e instalaciones industriales: Implantación de la Norma EN ISO 13849.
- Contratación y recepción de maquinaria industrial sujeta a la directiva 2006/42/CE.
- Automatización y directiva de máquinas.
- El mercado CE del usuario que constituye conjuntos de máquinas.

Todos los cursos son de carácter muy práctico, resolviendo casos concretos. En caso de hacerse “in company” en alguna empresa, se toman para los casos prácticos casos reales propuestos por la propia empresa.

También el presente artículo existe en forma de ponencia en PowerPoint y su contenido se desarrolla en una sesión que también se puede hacer “in company” y que termina con un coloquio abierto.

Alfonso de Victoria

MAST

Machinery & ATEX Safety and Training

adevictoria@telefonica.net

adevictoria@alfonsodevictoria.com

info@alfonsodevictoria.com

Tel: 699 83 84 81

www.alfonsodevictoria.com

Abril 2013