



# Guía de funcionamiento Safe Torque Off

Convertidores de frecuencia VLT®





## Índice

<b>1 Introducción</b>	<b>2</b>
1.1 Finalidad del manual	2
1.2 Recursos adicionales	2
1.3 Descripción funcional	2
1.4 Homologaciones y certificados	3
1.5 Símbolos, abreviaturas y convenciones	4
<b>2 Seguridad</b>	<b>5</b>
2.1 Símbolos de seguridad	5
2.2 Personal cualificado	5
2.3 Medidas de seguridad	5
<b>3 Instalación</b>	<b>8</b>
3.1 Instrucciones de seguridad	8
3.2 Instalación de la STO	8
3.3 Instalación combinada con la tarjeta del termistor PTC VLT® PTC Thermistor Card MCB 112	9
<b>4 Puesta en marcha</b>	<b>10</b>
4.1 Instrucciones de seguridad	10
4.2 Activación de la STO	10
4.3 Ajustes de parámetros para la combinación de la opción de STO con la tarjeta del termistor PTC VLT® PTC Thermistor Card MCB 112	10
4.4 Comportamiento de reinicio automático/manual	10
4.5 Prueba de puesta en servicio de STO	11
4.6 Seguridad de la configuración de sistema	11
4.7 Servicio y mantenimiento	12
<b>5 Ejemplos de aplicaciones</b>	<b>13</b>
5.1 Datos SISTEMA	13
5.2 Parada de emergencia del convertidor de frecuencia con Safe Torque Off - Categoría 1, PL c, SIL 1	13
5.3 Parada de emergencia del convertidor de frecuencia con Safe Torque Off que utiliza el relé de seguridad - Categoría 3, PL d, SIL 2	14
5.4 Parada de emergencia del convertidor de frecuencia con Safe Torque Off, relé de seguridad y contactor de salida - Categoría 4, PL e, SIL 3	15
5.5 Parada de emergencia de múltiples convertidores de frecuencia - Categoría 3, PL d, SIL 2	16
<b>6 Datos técnicos de STO</b>	<b>18</b>
<b>Índice</b>	<b>20</b>

## 1 Introducción

### 1.1 Finalidad del manual

Este manual proporciona información para el uso de los convertidores de frecuencia VLT® de Danfoss en aplicaciones de seguridad funcional. El manual incluye información sobre normas de seguridad funcional, sobre la función Safe Torque Off (STO) de los convertidores de frecuencia VLT® de Danfoss, sobre su instalación y puesta en servicio, así como sobre la asistencia técnica y el mantenimiento de la STO.

VLT® es una marca registrada.

### 1.2 Recursos adicionales

Este manual está destinado a usuarios que ya estén familiarizados con los convertidores de frecuencia VLT® y ha sido concebido como un complemento de los manuales e instrucciones que se pueden descargar en [drives.danfoss.com/knowledge-center/technical-documentation/](http://drives.danfoss.com/knowledge-center/technical-documentation/). Lea las instrucciones entregadas con el convertidor de frecuencia y/o la opción de convertidor de frecuencia antes de instalar la unidad y sígalas para que la instalación sea segura.

### 1.3 Descripción funcional

#### 1.3.1 Introducción

La función Safe Torque Off (STO) es uno de los componentes de un sistema de control de seguridad. La STO evita que la unidad genere la potencia necesaria para girar el motor.

#### **AVISO!**

**Seleccione y aplique adecuadamente los componentes del sistema de control de seguridad para conseguir el nivel deseado de seguridad operativa. Antes de integrar y utilizar la STO en una instalación, realice un análisis completo de los riesgos de dicha instalación para determinar si la función STO y los niveles de seguridad son apropiados y suficientes.**

El convertidor de frecuencia VLT® está disponible con:

- Safe Torque Off (STO), tal y como se define en la norma EN CEI 61800-5-2.
- Categoría de parada 0, tal y como se define en la norma EN 60204-1.

El convertidor de frecuencia incluye la función STO a través del terminal de control 37.

El convertidor de frecuencia VLT® con función STO ha sido diseñado y homologado conforme a los siguientes requisitos:

- Categoría 3 en EN ISO 13849-1.
- Nivel de rendimiento «d» en EN ISO 13849-1.
- SIL 2 en CEI 61508 y EN 61800-5-2.
- SILCL 2 en EN 62061.

#### 1.3.2 Productos cubiertos e identificación

La función STO está disponible para los siguientes modelos de convertidores de frecuencia:

- VLT® HVAC Drive FC 102
- VLT® Refrigeration Drive FC 103
- VLT® AQUA Drive FC 202
- VLT® AutomationDrive FC 301, tamaño de alojamiento A1
- VLT® AutomationDrive FC 302
- VLT® Decentral Drive FCD 302
- VLT® Parallel Drive Modules

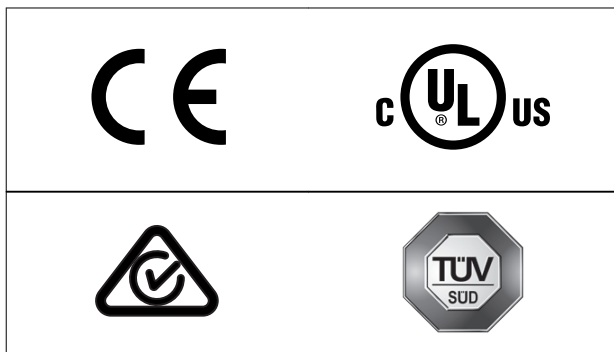
#### Identificación

- Confirme que el convertidor de frecuencia está configurado con la función STO comprobando el código descriptivo de la unidad en la placa de características (consulte la *Tabla 1.1*).

Producto	Código descriptivo
VLT® HVAC Drive FC 102	T o U en el dígito 18 del código descriptivo
VLT® Refrigeration Drive FC 103	T en el dígito 18 del código descriptivo
VLT® AQUA Drive FC 202	T o U en el dígito 18 del código descriptivo
VLT® AutomationDrive FC 301, tamaño de alojamiento A1	T en el dígito 18 del código descriptivo
VLT® AutomationDrive FC 302	X, B o R en el dígito 18 del código descriptivo
VLT® Decentral Drive FCD 302	X, B o R en el dígito 18 del código descriptivo
VLT® Parallel Drive Modules	T o U en el dígito 18 del código descriptivo

**Tabla 1.1 Identificación del código descriptivo**

## 1.4 Homologaciones y certificados



Hay disponibles más homologaciones y certificados.  
Póngase en contacto con el socio local de Danfoss.

### 1.4.1 Normas aplicadas y conformidad

El uso de la STO en el terminal 37 conlleva el cumplimiento por parte del usuario de todas las disposiciones de seguridad, incluidas las normas, los reglamentos y las directrices pertinentes.

La función STO integrada cumple las siguientes normas:

- CEI/EN 60204-1: 2016 categoría de parada 0, parada no controlada
- CEI/EN 61508: 2010 SIL2
- CEI/EC 61800-5-2: 2016
- CEI/EN 62601: 2015 SIL CL2
- EN ISO 13849-1: 2015 categoría 3 PL d

## 1.5 Símbolos, abreviaturas y convenciones

Abreviatura	Reference (Referencia)	Descripción
B <sub>10d</sub>		Número de ciclos hasta que el 10 % de los componentes tiene un fallo peligroso (para componentes neumáticos y electromecánicos).
Cat.	EN ISO 13849-1	Categoría, nivel «B, 1-4»
CCF		Fallo de causa frecuente
CC		Cobertura del diagnóstico dividida en baja, media y alta.
FIT		Fallo en el tiempo: 1E-9/hora
HFT	EN CEI 61508	Tolerancia a fallos del hardware: HFT = n significa que n+1 fallos podrían ocasionar una pérdida de la función de seguridad.
MTTFd	EN ISO 13849-1	Tiempo medio hasta un fallo peligroso. Unidad: años divididos en bajo, medio y alto.
PFH	EN CEI 61508	Probabilidad de fallos peligrosos por hora. Considere este valor si el dispositivo de seguridad funciona en modo de alta demanda o en modo continuo, donde la frecuencia de demanda de funcionamiento de un sistema relacionado con la seguridad es superior a una vez por año.
PFD	EN CEI 61508	La probabilidad media de fallo según demanda, valor utilizado para el funcionamiento de baja demanda.
PL	EN ISO 13849-1	Nivel discreto empleado para especificar la capacidad de las partes relacionadas con la seguridad de sistemas de control para desempeñar una función de seguridad en condiciones no predecibles. Niveles divididos de la «a» a la «e».
PLr		Nivel de rendimiento requerido (el nivel de rendimiento necesario para una función de seguridad determinada).
SIL	EN CEI 61508 EN CEI 62061	Nivel de integridad de seguridad
STO	EN CEI 61800-5-2	Safe Torque Off
SS1	EN CEI 61800-5-2	Parada de seguridad 1
SRECS	EN CEI 62061	Sistema de control eléctrico relacionado con la seguridad
SRP/CS	EN ISO 13849-1	Piezas de los sistemas de control relacionadas con la seguridad
PDS/SR	EN CEI 61800-5-2	Sistema Power Drive (relacionado con la seguridad)

Tabla 1.2 Abreviaturas relacionadas con la seguridad funcional

### Convenciones

Las listas numeradas indican procedimientos. Las listas de viñetas indican otra información y descripción de ilustraciones.

El texto en cursiva indica:

- Referencia cruzada.
- Vínculo.
- Nombre del parámetro.
- Nota al pie.
- Grupo de parámetros.
- Opción de parámetro.
- Alarmas/advertencias.

Todas las medidas de los dibujos se indican tanto en unidades del sistema métrico como imperiales (entre paréntesis). Por ejemplo: mm (in). Un asterisco (\*) indica los ajustes predeterminados de un parámetro.

## 2 Seguridad

### 2.1 Símbolos de seguridad

En esta guía se han utilizado los siguientes símbolos:

#### **⚠️ ADVERTENCIA**

Indica situaciones potencialmente peligrosas que pueden producir lesiones graves o incluso la muerte.

#### **⚠️ PRECAUCIÓN**

Indica una situación potencialmente peligrosa que puede producir lesiones leves o moderadas. También puede utilizarse para alertar contra prácticas no seguras.

#### **AVISO!**

Indica información importante, entre la que se incluyen situaciones que pueden producir daños en el equipo u otros bienes.

### 2.2 Personal cualificado

Solo se autorizará el montaje, la instalación, la programación, la puesta en marcha, el mantenimiento y el desmontaje de los productos a aquellas personas que posean habilidades demostradas para ello. Se entienden por personas con habilidades demostradas

- Ingenieros eléctricos u otras personas que hayan recibido formación por parte de ingenieros eléctricos cualificados y cuenten con la experiencia necesaria para manipular los dispositivos, sistemas, plantas y maquinaria según las normas y las directrices generales de tecnología de seguridad.
- Aquellas personas que estén familiarizadas con las normativas básicas de salud, seguridad y prevención de accidentes.
- Aquellas personas que hayan leído y comprendido las directrices de seguridad proporcionadas en este manual y las instrucciones del manual de funcionamiento del convertidor de frecuencia.
- Aquellas personas que conozcan a la perfección las normas generales y especializadas correspondientes a la aplicación específica.

Los usuarios de sistemas Power Drive relacionados con la seguridad (PDS[SR]) son responsables de:

- El análisis de riesgos y peligros de la aplicación.
- La identificación de las funciones de seguridad necesarias y la asignación de SIL o PLr a cada una de ellas.

- Otros sistemas secundarios y la validez de las señales y órdenes de los mismos.
- El diseño de sistemas de control adecuados relacionados con la seguridad (hardware, software, parametrización, etc.).

#### Medidas de protección

- La instalación y puesta en marcha de sistemas de ingeniería de seguridad solo pueden ser llevadas a cabo por personal competente y cualificado.
- Instale el convertidor de frecuencia en un armario IP54, tal como indica la norma CEI 60529, o en un entorno equivalente. En aplicaciones especiales puede ser necesario una mayor clasificación de protección IP.
- Asegúrese de que el cable que conecta la opción de seguridad con el dispositivo externo de seguridad esté protegido contra cortocircuitos, de conformidad con la tabla D.4 de la norma ISO 13849-2. Cuando haya fuerzas externas que influyan sobre el eje del motor (por ejemplo, cargas suspendidas), se requerirán medidas adicionales (por ejemplo, un freno de retención de seguridad) para evitar peligros.

### 2.3 Medidas de seguridad

Consulte el capítulo *Seguridad* del *manual* o *las guías de funcionamiento* correspondientes para conocer las precauciones de seguridad generales.

#### **⚠️ PRECAUCIÓN**

Después de instalar la STO, realice una prueba de puesta en servicio tal y como se especifica en el *capítulo 4.5 Prueba de puesta en servicio de STO*. Es obligatorio pasar una prueba de puesta en servicio tras la primera instalación y después de cada cambio en la instalación de seguridad.

#### **⚠️ ADVERTENCIA**

#### RIESGO DE LESIONES GRAVES Y DE MUERTE

Si actúan fuerzas externas sobre el motor, por ejemplo, en caso de eje vertical (cargas suspendidas) y un movimiento accidental, causado, por ejemplo, por la gravedad, podría suponer un peligro; el motor deberá equiparse con medidas adicionales para protección contra caídas. Por ejemplo, instale frenos mecánicos adicionales.

**⚠️ ADVERTENCIA****RIESGO DE LESIONES GRAVES Y DE MUERTE**

La STO (es decir, la retirada del suministro de 24 V CC de tensión al terminal 37) no proporciona seguridad eléctrica. La función de STO en sí misma no es suficiente para aplicar la función de desconexión de emergencia, tal y como se define en la norma EN 60204-1. La desconexión de emergencia requiere medidas de aislamiento eléctrico, como la desconexión de la alimentación a través de un contactor adicional.

**⚠️ ADVERTENCIA****RIESGO DE DESCARGA ELÉCTRICA**

La función STO NO aísla la tensión de red al convertidor de frecuencia o los circuitos auxiliares. Realice las tareas pertinentes en las partes eléctricas del convertidor de frecuencia o el motor únicamente después de aislar el suministro de tensión de red y de esperar que transcurra el tiempo de descarga, tal como se especifica en el capítulo *Seguridad del manual o las guías de funcionamiento* correspondientes. Si no aísla el suministro de tensión de red de la unidad y no espera el tiempo especificado, se puede producir la muerte o lesiones graves.

- No detenga el convertidor de frecuencia mediante la función de STO. Si un convertidor de frecuencia que está en funcionamiento se detiene con esta función, la unidad se desconectará y se parará por inercia. Si esta limitación no es aceptable (por ejemplo, porque implica un peligro), utilice el modo de parada adecuado para detener el convertidor de frecuencia y la maquinaria en lugar de recurrir a la función STO. Puede ser necesario un freno mecánico, en función de la aplicación.
- La STO solo es adecuada para realizar tareas mecánicas en el sistema del convertidor de frecuencia o en la zona afectada de una máquina. No ofrece seguridad eléctrica. La STO no debe emplearse para controlar el arranque y/o la parada del convertidor de frecuencia.

**⚠️ PRECAUCIÓN****REARRANQUE AUTOMÁTICO**

El re arranque automático solo está permitido en una de estas dos situaciones:

- La prevención de un re arranque no intencionado la realizan otros elementos de la instalación de la STO.
- Puede excluirse la presencia de alguien en zona peligrosa cuando la STO no esté activada. En particular, debe contemplarse el apartado 6.3.3.2.5 de la norma ISO 12100: 2010.

**⚠️ ADVERTENCIA****RIESGO DE LESIONES GRAVES Y DE MUERTE**

La función STO puede utilizarse con motores síncronos y asíncronos y con motores de magnetización permanente. Pueden producirse dos fallos en el semiconductor de potencia del convertidor de frecuencia. Los fallos pueden provocar una rotación residual si se utilizan motores síncronos o de magnetización permanente. La rotación puede calcularse así:  $\text{ángulo} = 360 / (\text{número de polos})$ . La aplicación que usa motores síncronos o de magnetización permanente debe tener en cuenta esta rotación residual y garantizar que no supone ningún riesgo para la seguridad. Esta situación no es relevante para los motores asíncronos.

**AVISO!**

Efectúe una evaluación de riesgos de cada función de parada para determinar la selección de una categoría de parada según la norma EN 60204-1:

- La categoría de parada 0 se logra mediante la retirada inmediata de potencia al actuador, lo que provoca una parada por inercia no controlada. La STO, conforme a la norma EN 61800-5-2, consigue realizar paradas de categoría de parada 0.
- La categoría de parada 1 se logra con la potencia disponible para que los actuadores de la máquina alcancen la parada. La potencia se retira de los actuadores cuando se alcanza la parada de acuerdo con la norma EN 61800-5-2 parada de seguridad 1 (SS1).
- La categoría de parada 2 es una parada controlada con potencia disponible en los actuadores de la máquina. A la parada le sigue una posición de retención con potencia.



**AVISO!**

Cuando se diseña la aplicación de la máquina, se deben tener en cuenta la sincronización y la distancia para una parada por inercia (categoría de parada 0 o STO). Para obtener más información sobre las categorías de parada, consulte la norma EN 60204-1.

### 3 Instalación

#### 3.1 Instrucciones de seguridad

3

#### **PRECAUCIÓN**

#### PELIGRO ELÉCTRICO

El operador o instalador eléctrico será responsable de la correcta conexión a tierra y de la conformidad con todas las normas de seguridad locales y nacionales que estén en vigor.

Consulte el capítulo 2 Seguridad y el manual o las guías de funcionamiento del convertidor de frecuencia correspondiente. Asimismo, siga siempre las instrucciones facilitadas por el fabricante del motor.

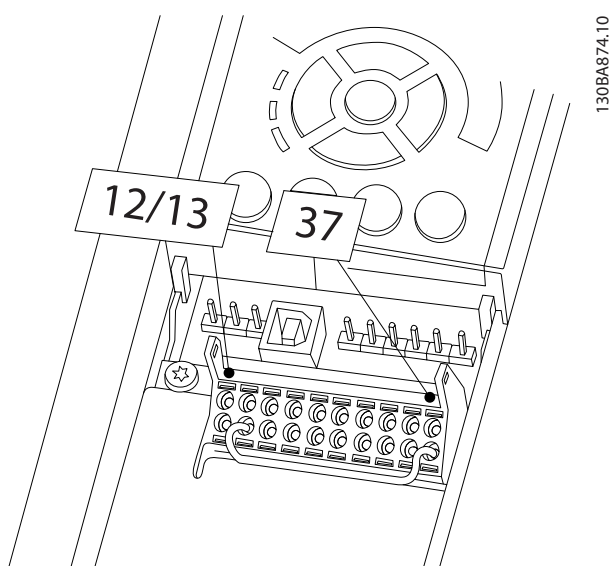
#### 3.2 Instalación de la STO

Para la conexión del motor, la conexión de red de CA y el cableado de control, siga las instrucciones de instalación segura del manual o las guías de funcionamiento del convertidor de frecuencia.

Para la instalación con la tarjeta del termistor PTC VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 con certificado Ex, consulte el capítulo 3.3 Instalación combinada con la tarjeta del termistor PTC VLT® PTC Thermistor Card MCB 112.

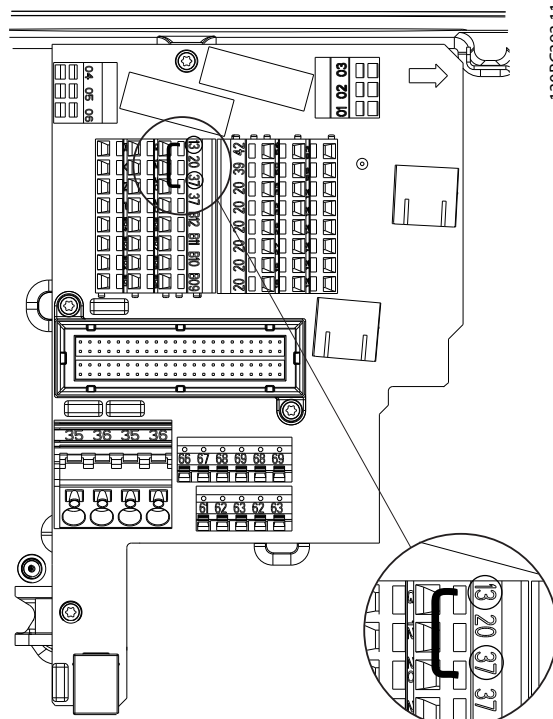
Active la STO integrada del siguiente modo:

1. Retire el cable de puente entre los terminales de control 37 y 12 o 13. No basta con cortar o romper el puente para evitar los cortocircuitos (consulte el puente de la Ilustración 3.1).



130BA874.10

Ilustración 3.1 Puente entre los terminales 12/13 (24 V) y 37 (todos los convertidores de frecuencia excepto el FCD 302)



130BC393.11

Ilustración 3.2 Puente entre los terminales 13 (24 V) y 37 (FCD 302)

2. Por ejemplo, conecte un relé externo de control de seguridad a través de una función de seguridad NA al terminal 37 (STO) y al terminal 12 o 13 (24 V CC). Puede consultar algunos ejemplos de conexión y aplicaciones en capítulo 5 Ejemplos de aplicaciones.
3. Efectúe el cableado según las instrucciones del manual o las guías de funcionamiento del convertidor de frecuencia.

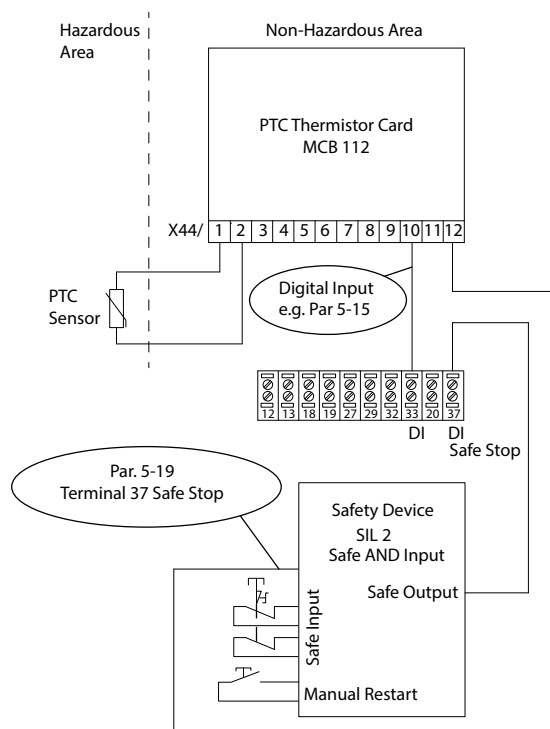
### 3.3 Instalación combinada con la tarjeta del termistor PTC VLT® PTC Thermistor Card MCB 112

**AVISO!**

La combinación de la tarjeta del termistor PTC VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 y la función de STO está únicamente disponible para el VLT® HVAC Drive FC 102, el VLT® AQUA Drive FC 202, el VLT® AutomationDrive FC 302 y el VLT® AutomationDrive FC 301 con el tamaño de alojamiento A1.

La tarjeta del termistor PTC VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 emplea el terminal 37 como canal de desconexión relacionado con la seguridad.

- Asegúrese de que la salida X44/12 del MCB 112 esté condicionada en Y con el sensor relacionado con la seguridad (como el botón de parada de emergencia y el interruptor de protección) que active la STO. Esto significa que la salida al terminal 37 de STO será ALTA (24 V) solo cuando tanto la señal de la salida X44/12 del MCB 112 como la señal del sensor relacionado con la seguridad sean ALTAS. Si al menos una de las dos señales es BAJA, la salida al terminal 37 también debe ser BAJA.
- Asegúrese de que el dispositivo de seguridad con Y lógica cumpla con el nivel de seguridad necesario.
- El cortocircuito protege la conexión de la salida del dispositivo de seguridad con Y lógica segura al terminal 37 de STO. Consulte la *Ilustración 3.3*.



130BA967.12

3

**Ilustración 3.3** Combinación de una aplicación de STO y una aplicación MCB 112

La *Ilustración 3.3* muestra una entrada de rearranque para el dispositivo de seguridad externo. Esto significa que en esta instalación *parámetro 5-19 Terminal 37 Safe Stop* debe ajustarse en [7] PTC 1 y relé W o [8] PTC 1 y relé A/W. Consulte el *Manual de funcionamiento de la tarjeta del termistor PTC VLT® MCB 112* para obtener más información.

## 4 Puesta en marcha

### 4.1 Instrucciones de seguridad

#### **PRECAUCIÓN**

##### PELIGRO ELÉCTRICO

El operador o instalador eléctrico será responsable de la correcta conexión a tierra y de la conformidad con todas las normas de seguridad locales y nacionales que estén en vigor.

Consulte el capítulo 2 Seguridad y el manual o las guías de funcionamiento del convertidor de frecuencia correspondiente. Asimismo, siga siempre las instrucciones facilitadas por el fabricante del motor.

### 4.2 Activación de la STO

La función STO se activa eliminando la tensión en el terminal 37 del convertidor de frecuencia. Si se conecta el convertidor de frecuencia a dispositivos externos de seguridad que proporcionan un retardo de seguridad, puede obtenerse una instalación para una parada de seguridad 1. Los dispositivos de seguridad externos deben cumplir la categoría PL o SIL cuando se conectan al terminal 37. La función STO puede utilizarse con motores síncronos, asíncronos y de magnetización permanente.

Cuando se activa la función STO (terminal 37), el convertidor de frecuencia emite una alarma, desconecta la unidad y hace que el motor entre en modo de inercia hasta detenerse. Será necesario un reinicio manual. Utilice la función STO para detener el convertidor de frecuencia en situaciones de parada de emergencia. En el modo de funcionamiento normal, cuando no se necesite la STO, utilice la función de parada normal. Asegúrese de que se cumplan los requisitos indicados en el apartado 6.3.3.2.5 de la norma ISO 12100 antes de emplear una función de re arranque automático.

### 4.3 Ajustes de parámetros para la combinación de la opción de STO con la tarjeta del termistor PTC VLT® PTC Thermistor Card MCB 112

Cuando se conecta la MCB 112, se pueden elegir opciones adicionales para el parámetro 5-19 Terminal 37 Safe Stop (de [4] Alarma PTC 1 a [9] PTC 1 y relé W/A).

- Las selecciones [1]\* Alarma parada seg. y [3] Advert. parada seg. todavía están disponibles, pero son para instalaciones sin MCB 112 u otro tipo de dispositivos de seguridad externos. Si se selecciona [1]\* Alarma parada seg. o [3] Advert. parada seg. y se activa el MCB 112, el

convertidor de frecuencia reacciona con la alarma 72, Fallo peligroso y pone el motor en inercia de manera segura, sin necesidad de re arranque automático.

- No seleccione [4] Alarma PTC 1 ni [5] Advertencia PTC 1 cuando se utilice un dispositivo de seguridad externo. Dichas selecciones deberán usarse solo cuando una MCB 112 utilice la STO. Si se seleccionan [4] Alarma PTC 1 o [5] Advertencia PTC 1 y el dispositivo de seguridad externo activa la STO, el convertidor de frecuencia reacciona con una alarma 72, Fallo peligroso y pone el motor en inercia de manera segura, sin re arranque automático.
- Seleccione entre [6] PTC 1 y relé A a [9] PTC 1 y relé W/A para la combinación del dispositivo de seguridad externo y el MCB 112.

#### **PRECAUCIÓN**

##### REARRANQUE AUTOMÁTICO

Las selecciones permiten el re arranque automático cuando se desactiva el dispositivo de seguridad externo.

Antes de seleccionar [7] PTC 1 y relé W o [8] PTC 1 y relé A/W, asegúrese de que:

- La prevención de re arranque no intencionado se aplica mediante otras partes de la instalación de STO o
- Puede excluirse la presencia de alguien en zona peligrosa cuando la STO no esté activada. En particular, debe cumplirse el apartado 6.3.3.2.5 de la norma ISO 12100:2010.

Para obtener información más detallada, consulte el Manual de funcionamiento de la tarjeta del termistor PTC VLT® PTC Thermistor Card MCB 112.

### 4.4 Comportamiento de reinicio automático/manual

La función STO impide que se produzcan reinicios no intencionados (comportamiento de prevención de reinicio no intencionado). Para desactivar la STO y reanudar el funcionamiento normal:

- Vuelva a aplicar un suministro externo de 24 V CC al terminal 37.
- Envíe una señal de reinicio (por bus, E/S digital o pulsando la tecla [Reset]).

Configure la función STO al re arranque automático ajustando el valor de parámetro 5-19 Terminal 37 Safe Stop

del valor predeterminado [1]\* *Alarma parada seg.* al valor [3] *Advert. parada seg.*

El re arranque automático implica que se termina la STO y se prosigue con el funcionamiento normal al volverse a aplicar la tensión de 24 V CC al terminal 37. No es necesario enviar una señal de reinicio.

#### 4.5 Prueba de puesta en servicio de STO

Después de la instalación y antes de la puesta en funcionamiento por primera vez, realice una prueba de puesta en servicio de la instalación utilizando la STO.

Vuelva a realizar la prueba después de cada modificación de la instalación o aplicación de la STO.

#### **AVISO!**

Se requiere una prueba de puesta en servicio correcta de la función STO tras la instalación inicial y después de cada cambio que se efectúe posteriormente en la instalación.

Para llevar a cabo una prueba de puesta en servicio:

- Siga las instrucciones pertinentes del capítulo 4.5.1 *Prevención de re arranque para la aplicación STO* para aplicaciones sin re arranque automático tras una parada de seguridad o
- siga las instrucciones del capítulo 4.5.2 *Re arranque automático de la aplicación de STO* para aplicaciones con re arranque automático tras una parada de seguridad.

##### 4.5.1 Prevención de re arranque para la aplicación STO

Aplicación en la que el *parámetro 5-19 Terminal 37 Safe Stop* se ajusta al valor predeterminado [1]\* *Alarma parada seg.* o la combinación de la STO y VLT® PTC Thermistor MCB 112, en la que el *parámetro 5-19 Terminal 37 Safe Stop* se ajusta a [6] PTC 1 y relé A o [9] PTC 1 y relé W/A:

1. Retire el suministro de tensión de 24 V CC del terminal 37 usando el dispositivo interruptor mientras el convertidor de frecuencia acciona el motor (es decir, sin interrumpir la alimentación de red).
2. Compruebe que:
  - 2a El motor funciona por inercia.
  - 2b El freno mecánico se activa (si está conectado).
  - 2c Si está montado el panel de control local (LCP), este mostrará la *alarma 68, Parada segura*.
3. A continuación, vuelva a aplicar 24 V CC al terminal 37.

4. Asegúrese de que el motor permanece en estado de inercia y el freno mecánico (si está conectado) permanece activado.
5. Envíe la señal de reinicio (por bus, E/S digital o pulsando la tecla [Reset]).
6. Asegúrese de que el motor vuelve a funcionar.

La prueba de puesta en servicio se habrá finalizado se forma satisfactoria cuando se hayan completado todos los pasos indicados.

##### 4.5.2 Re arranque automático de la aplicación de STO

Aplicación en la que el *parámetro 5-19 Terminal 37 Safe Stop* se ajusta a [3] *Advert. parada seg.*, o la combinación de Safe Torque Off y VLT® PTC Thermistor MCB 112, en la que el *parámetro 5-19 Terminal 37 Safe Stop* se ajusta a [7] PTC 1 y relé W o [8] PTC 1 y relé A/W:

1. Retire el suministro de tensión de 24 V CC del terminal 37 mediante el dispositivo interruptor mientras el convertidor de frecuencia activa el motor (es decir, sin interrumpir la alimentación de red).
2. Compruebe que:
  - 2a El motor funciona por inercia.
  - 2b El freno mecánico se activa (si está conectado).
  - 2c Si está montado el panel de control local (LCP), este mostrará la *Advertencia 68. Parada segura*.
3. A continuación, vuelva a aplicar 24 V CC al terminal 37.
4. Asegúrese de que el motor vuelve a funcionar.

La prueba de puesta en servicio se habrá finalizado se forma satisfactoria cuando se hayan completado todos los pasos indicados.

#### **AVISO!**

Consulte la advertencia sobre el comportamiento de reinicio en el capítulo 2.3 *Medidas de seguridad*.

#### 4.6 Seguridad de la configuración de sistema

- Las medidas de seguridad son responsabilidad del usuario.
- Los parámetros del convertidor de frecuencia se pueden proteger con contraseña.

## 4.7 Servicio y mantenimiento

Es imprescindible que PL d o SIL2 realicen una prueba de funcionamiento cada 12 meses para detectar cualquier fallo o funcionamiento defectuoso de la función STO. Para PL o SIL más bajos, es una recomendación.

Para realizar la prueba de funcionamiento, siga los siguientes pasos (u otro método similar adecuado para la aplicación):

1. Retire el suministro de tensión de 24 V CC al terminal 37.
2. Compruebe si el LCP muestra la *Alarma 68. Parada segura.*
3. Compruebe que el convertidor de frecuencia desconecte la unidad.
4. Compruebe que el motor esté en funcionamiento por inercia y que alcance la parada completa.
5. Compruebe que el motor no se pueda arrancar.
6. Vuelva a conectar el suministro de tensión de 24 V CC al terminal 37.
7. Compruebe que el motor no arranque de forma automática y que solo se re arranque enviando una señal de reinicio (mediante Bus, E/S digital o la tecla [Reset]).

## 5 Ejemplos de aplicaciones

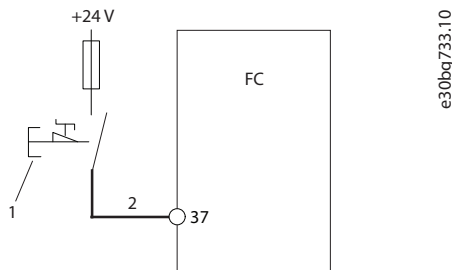
### 5.1 Datos SISTEMA

SISTEMA (Safety Integrity Software Tool for the Evaluation of Machine Applications) es una utilidad de software que proporciona una asistencia exhaustiva a los desarrolladores y probadores de controles de maquinaria relacionados con la seguridad para evaluar la seguridad de conformidad con la norma ISO 13849-1.

Los datos de seguridad funcional están disponibles a través de la biblioteca de datos para su uso con la herramienta de cálculo SISTEMA del IFA (Instituto de Salud y Seguridad en el Trabajo del Seguro Social Alemán de Accidentes del Trabajo), así como datos para cálculo manual. SISTEMA puede descargarse en [www.danfoss.com/en/service-and-support/downloads/dds/sistema-safety-integrity-software-tool/#overview](http://www.danfoss.com/en/service-and-support/downloads/dds/sistema-safety-integrity-software-tool/#overview).

### 5.2 Parada de emergencia del convertidor de frecuencia con Safe Torque Off - Categoría 1, PL c, SIL 1

Ilustración 5.1 muestra una parada de emergencia con Safe Torque Off - Categoría 1, PL c, SIL 1, ejemplo de aplicación.



1	Botón de parada de emergencia
2	Cable protegido contra cortocircuitos (si no se encuentra dentro del armario IP54). Para obtener más información, consulte la tabla D.4 de la norma ISO 13849-2.

Ilustración 5.1 Parada de emergencia con Safe Torque Off - Categoría 1, PL c, SIL 1

#### Función de seguridad

En caso de emergencia, se activa el dispositivo de parada de emergencia. Se activa la función de Safe Torque Off (STO) del convertidor de frecuencia. Tras una orden de parada de emergencia, se detiene el convertidor de frecuencia.

#### Características de diseño

- El circuito se puede utilizar hasta la categoría 1, PL c (ISO 13849-1) o SIL 1 (EN 62061 y CEI 61508).
- La función Safe Torque Off (STO) se activa mediante un contacto de conmutación NC accionado positivamente (conforme a CEI 60947-1, CEI 60947-5-1 y CEI 60947-5-5).
- Para PL c deben calcularse las funciones de seguridad completas (MTTFd).
- Utilice los principios de seguridad básicos.
- El dispositivo utilizado para la activación de Safe Torque Off (STO) debe ser adecuado para la categoría seleccionada: PL o SIL.

Al implementar la parada de emergencia, tenga en cuenta los siguientes consejos:

- Deben cumplirse todas las normas no relacionadas con la seguridad para la aplicación y sus componentes.
- El diseñador de la aplicación será responsable de seleccionar los componentes adecuados.
- El cable resaltado en negrita en la Ilustración 5.1 debe estar protegido contra cortocircuitos, de conformidad con la tabla D.4 de la norma ISO 13849-2.
- Para cumplir con PL c, deben calcularse el MTTFd y CC para toda la función de seguridad.
- Debe conocerse el valor  $B_{10d}$  del dispositivo de parada de emergencia. El valor  $B_{10d}$  debe ser suficientemente elevado para cumplir el MTTFd correspondiente a PL c.

#### Implementación de SISTEMA utilizando la biblioteca de VLT de Danfoss

Como ejemplo, utilice el subsistema «VLT® AutomationDrive FC 302/FCD 302 Safe Torque Off (Terminal 37)». No es necesario editar todos los parámetros ajustados en la biblioteca.

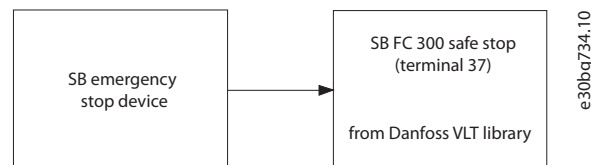
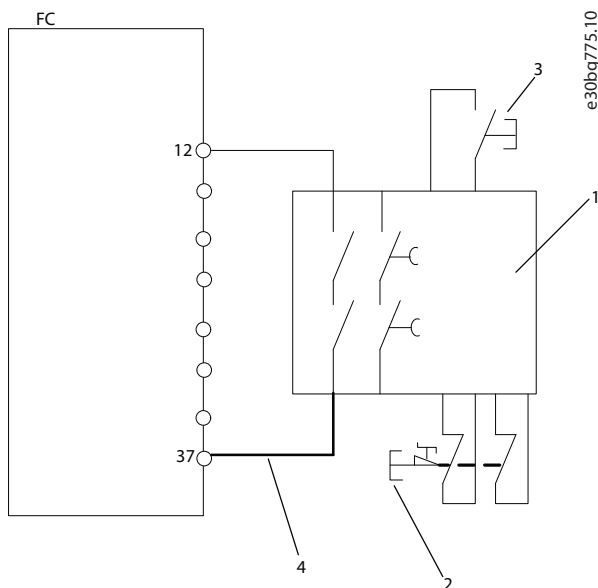


Ilustración 5.2 Diagrama de bloques relacionado con la seguridad

### 5.3 Parada de emergencia del convertidor de frecuencia con Safe Torque Off que utiliza el relé de seguridad - Categoría 3, PL d, SIL 2

La *Ilustración 5.3* muestra una parada de emergencia con Safe Torque Off que utiliza el relé de seguridad - Categoría 3, PL d, SIL 2, ejemplo de aplicación.

5



1	Relé de seguridad (categoría 3, PL d o SIL 2)
2	Botón de parada de emergencia
3	Botón Reset
4	Cable protegido contra cortocircuitos (si no se encuentra dentro del armario IP54). Para obtener más información, consulte la tabla D.4 de la norma ISO 13849-2.

**Ilustración 5.3** Ejemplo de instalación para conseguir una categoría de parada 0 (EN 60204-1) con categoría de seguridad 3 / PL «d» (ISO 13849-1) o SIL 2 (EN 62061 y CEI 61508).

#### Función de seguridad

En caso de emergencia, se activa el dispositivo de parada de emergencia. Se activa la función de Safe Torque Off (STO) del convertidor de frecuencia. Tras una orden de parada de emergencia, se detiene el convertidor de frecuencia.

#### Características de diseño

- El circuito se puede utilizar hasta la categoría 3, PL d (ISO 13849-1) o SIL 2 (EN 62061 y CEI 61508).
- Para PL d deben calcularse las funciones de seguridad completas (MTTFd).
- Utilice los principios de seguridad básicos.
- El dispositivo utilizado para la activación de Safe Torque Off (STO) y el relé de seguridad debe ser adecuado para la categoría seleccionada: PL y SIL.

Al implementar la parada de emergencia, tenga en cuenta los siguientes consejos:

- Deben cumplirse todas las normas no relacionadas con la seguridad para la aplicación y sus componentes.
- El diseñador de la aplicación será responsable de seleccionar los componentes adecuados.
- El cable resaltado en negrita en la *Ilustración 5.3* debe estar protegido contra cortocircuitos, de conformidad con la tabla D.4 de la norma ISO 13849-2.
- Para cumplir con PL d, deben calcularse el MTTFd y CC para toda la función de seguridad.

Ese ajuste se puede usar si se utiliza un dispositivo de conmutación positiva dual. En función del relé de seguridad, también es posible conectar varios dispositivos de activación a un Safe Torque Off (STO).

#### Implementación de SISTEMA utilizando la biblioteca de VLT de Danfoss

Como ejemplo, utilice el subsistema «VLT® AutomationDrive FC 302/FCD 302 Safe Torque Off (Terminal 37)». No es necesario editar todos los parámetros ajustados en la biblioteca.

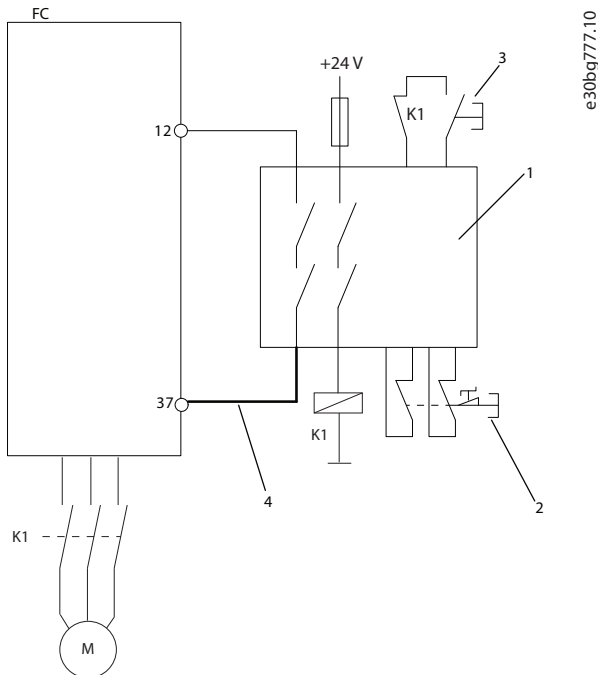


**Ilustración 5.4** Diagrama de bloques relacionado con la seguridad



### 5.4 Parada de emergencia del convertidor de frecuencia con Safe Torque Off, relé de seguridad y contactor de salida - Categoría 4, PL e, SIL 3

La *Ilustración 5.5* muestra una parada de emergencia del convertidor de frecuencia con Safe Torque Off, relé de seguridad y contactor de salida - Categoría 4, PL e, SIL 3, ejemplo de aplicación.



1	Relé de seguridad (categoría 4, PL e, SIL 3)
2	Botón de parada de emergencia
3	Botón Reset
4	Cable protegido contra cortocircuitos (si no se encuentra dentro del armario IP54). Para obtener más información, consulte la tabla D.4 de la norma ISO 13849-2.

**Ilustración 5.5** Convertidor de frecuencia con Safe Torque Off, relé de seguridad y contactor de salida - Categoría 4, PL e, SIL 3

#### Función de seguridad

En caso de emergencia, se activa el dispositivo de parada de emergencia. Se activa la función de Safe Torque Off (STO) del convertidor de frecuencia. Tras una orden de parada de emergencia, se detiene el convertidor de frecuencia.

Cuando el sistema de control de seguridad debe ser conforme a PL e y ISO 13849-1 o SIL 3 (EN 62061 y CEI 61508), requiere una parada de dos canales para la función STO. Puede conectarse un canal al convertidor de frecuencia por medio de la entrada de STO y el otro canal por medio de un contactor, que podrá conectarse a la

entrada del convertidor o a los circuitos de potencia de salida. El contactor se controlará a través de un contacto auxiliar guiado, que se muestra como K1 en la *Ilustración 5.5*.

#### Características de diseño

- El circuito se puede utilizar hasta la categoría 4 y PL e.
- Para PL e deben calcularse las funciones de seguridad completas (MTTFd).
- Utilice los principios de seguridad básicos.
- El dispositivo utilizado para la activación de Safe Torque Off (STO) y el relé de seguridad deben ser adecuados para la categoría seleccionada: PL o SIL.

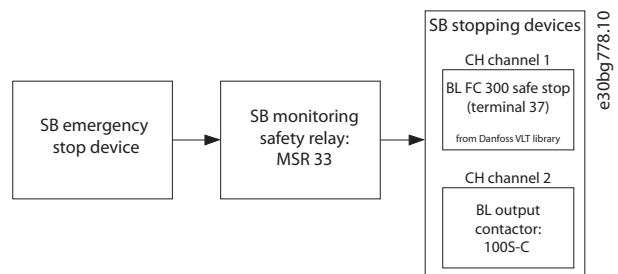
Al implementar la parada de emergencia, tenga en cuenta los siguientes consejos:

- Deben cumplirse todas las normas no relacionadas con la seguridad para la aplicación y sus componentes.
- El diseñador de la aplicación será responsable de seleccionar los componentes adecuados.
- El cable resaltado en negrita en la *Ilustración 5.5* debe estar protegido contra cortocircuitos, de conformidad con la tabla D.4 de la norma ISO 13849-2.
- Para cumplir con PL e, debe calcularse el MTTFd y CC para toda la función de seguridad.

Ese ajuste se puede usar si se utiliza un dispositivo de conmutación positiva dual.

#### Implementación de SISTEMA utilizando la biblioteca de VLT de Danfoss

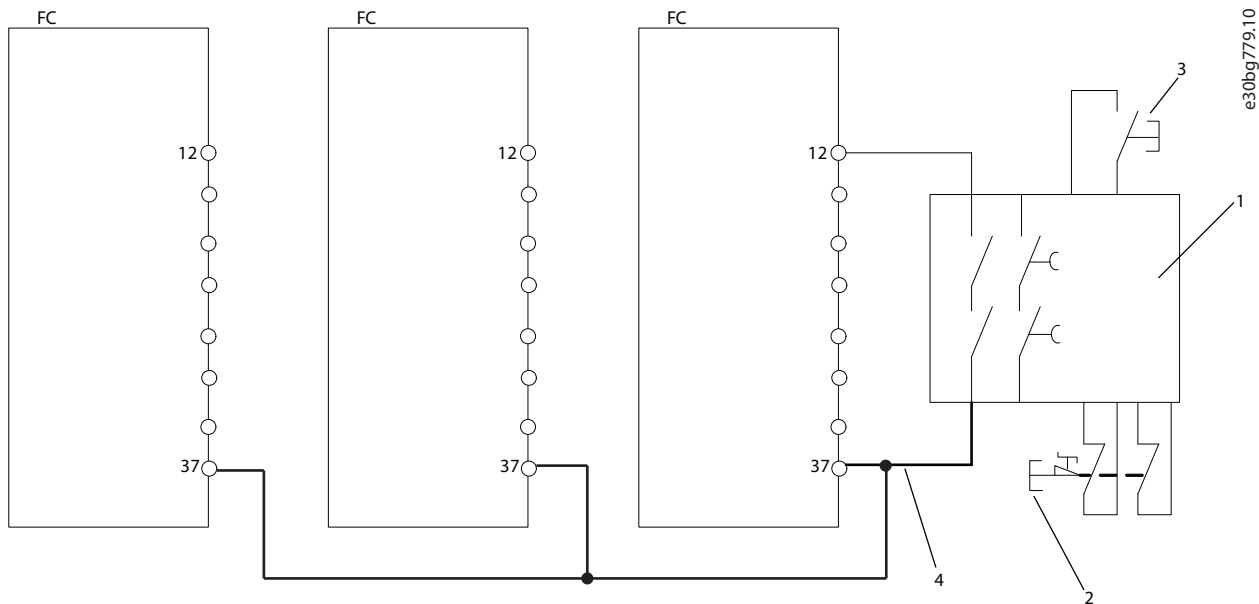
Como ejemplo, utilice el bloque «VLT® AutomationDrive FC 302 (Terminal 37)». No es necesario editar todos los parámetros ajustados en la biblioteca.



**Ilustración 5.6** Diagrama de bloques relacionado con la seguridad

### 5.5 Parada de emergencia de múltiples convertidores de frecuencia - Categoría 3, PL d, SIL 2

La *Ilustración 5.7* muestra una parada de emergencia de múltiples convertidores de frecuencia - Categoría 3, PL d, SIL 2, ejemplo de aplicación.



e30bg779.10

5

1	Relé de seguridad (categoría 3, PL d o SIL 2)
2	Botón de parada de emergencia
3	Botón Reset
4	Cable protegido contra cortocircuitos (si no se encuentra dentro del armario IP54). Para obtener más información, consulte la tabla D.4 de la norma ISO 13849-2.

**Ilustración 5.7** Parada de emergencia de múltiples convertidores de frecuencia - Categoría 3, PL d, SIL 2

#### Función de seguridad

En caso de emergencia, se activa el dispositivo de parada de emergencia. Se activa la función de Safe Torque Off (STO) del convertidor de frecuencia. Tras una orden de parada de emergencia, se detiene el convertidor de frecuencia.

Las entradas de STO pueden conectarse directamente entre sí si necesita controlar varios convertidores de frecuencia desde la misma línea de control.

La conexión de entradas entre sí aumenta las posibilidades de un fallo en la dirección no segura, puesto que un fallo en un convertidor de frecuencia puede traducirse en la inhabilitación de todos los convertidores de frecuencia. La probabilidad de un fallo es tan baja ( $1 \times 10^{-10}$  por hora) que la probabilidad resultante sigue cumpliendo los requisitos para SIL2 para números realistas de convertidores de frecuencia. Se recomienda conectar un máximo de 20 entradas en paralelo.

#### **AVISO!**

Al usar un suministro interno de 24 V CC (terminal 12), el número de entradas paralelas (terminal 37) se limita a 3. Si se ignora este límite, se supera la potencia de salida disponible.

**Características de diseño**

- El circuito se puede utilizar hasta la categoría 3, PL d o SIL 2.
- Para PL d deben calcularse las funciones de seguridad completas (MTTFd).
- Utilice los principios de seguridad básicos.
- El dispositivo utilizado para la activación de Safe Torque Off (STO) y el relé de seguridad deben ser adecuados para la categoría seleccionada: PL o SIL.

Al implementar la parada de emergencia, tenga en cuenta los siguientes consejos:

- Deben cumplirse todas las normas no relacionadas con la seguridad para la aplicación y sus componentes.
- El diseñador de la aplicación será responsable de seleccionar los componentes adecuados.
- El cable resaltado en negrita en la *Ilustración 5.7* debe estar protegido contra cortocircuitos, de conformidad con la tabla D.4 de la norma ISO 13849-2.
- Para cumplir con PL d, deben calcularse el MTTFd y CC para toda la función de seguridad.

5

Ese ajuste se puede usar si se utiliza un dispositivo de conmutación positiva dual. En función del relé de seguridad, también es posible conectar varios dispositivos de activación a un Safe Torque Off.

**Implementación de SISTEMA utilizando la biblioteca de VLT de Danfoss**

Como ejemplo, utilice el subsistema «VLT® AutomationDrive FC 302/FCD 302 Safe Torque Off (Terminal 37)». No es necesario editar todos los parámetros ajustados en la biblioteca. La función de seguridad debe activarse en el subsistema siempre que haya varios convertidores de frecuencia presentes en la línea única de STO.



**Ilustración 5.8 Diagrama de bloques relacionado con la seguridad**

## 6 Datos técnicos de STO

### AVISO!

Si quiere conocer las especificaciones técnicas y las condiciones de funcionamiento del convertidor de frecuencia, consulte el *manual o las guías de funcionamiento* correspondientes.

### AVISO!

La señal STO debe suministrarse mediante SELV o PELV.

6

Directivas europeas	Directiva de máquinas (2006/42/CE)	EN ISO 13849-1	
		EN CEI 62061	
		EN CEI 61800-5-2	
	Directiva CEM (2014/30/UE)	EN 50011	
		EN 61000-6-3	
		EN 61800-3	
Directiva de tensión baja (2014/35/UE)	EN 50178		
	EN 61800-5-1		
Estándares de seguridad	Seguridad de la maquinaria	EN ISO 13849-1, CEI 62061, CEI 60204-1	
	Seguridad funcional	CEI 61508-1 a -7, CEI 61800-5-2	
Función de seguridad		CEI 61800-5-2	CEI 60204-1
		Safe Torque Off (STO)	Categoría de parada 0
Rendimiento de seguridad	<b>ISO 13849-1</b>		
	Categoría	Cat 3	
	Cobertura del diagnóstico	CC: 90 % (media)	
	Tiempo medio entre fallos peligrosos	MTTFd: 14 000 años (alto)	
	Nivel de rendimiento	PL d	
	<b>CEI 61508 / CEI 62061</b>		
	Nivel de integridad de seguridad	SIL 2, SIL CL2	
	Probabilidad de fallo peligroso por hora	PFH: 1E-10/h; 1E-8/h en modelos específicos <sup>1) y 2)</sup> (modo de alta demanda)	
	Probabilidad de fallo peligroso según demanda	PFD: 1E-10; 1E-4 en modelos específicos <sup>1) y 2)</sup> (modo de baja demanda)	
	Tolerancia a fallos del hardware	HFT: 0 (1oo1)	
	Intervalo T1 de prueba de evidencia	20 años	
Tiempo de misión TM	20 años		
Tiempo de reacción	Tiempo de respuesta de entrada a salida	Máximo 20 ms; 60 ms en modelos específicos <sup>1) y 2)</sup>	

Tabla 6.1 Datos técnicos

1) VLT® HVAC Drive FC 102, VLT® Refrigeration Drive FC 103, VLT® AQUA Drive FC 202 y VLT® Automation Drive FC 301/FC 302 con tamaño de alojamiento F:

- 400 V: 450/500 kW (600/650 CV) – 800/1000 kW (1075/1350 CV) (sobrecarga alta / sobrecarga normal).
- 690 V: 630/710 kW (850/950 CV) – 1800/2000 kW (2400/2700 CV) (sobrecarga alta / sobrecarga normal).

2) VLT® Parallel Drive Modules:

- 400 V: 250/315 kW (350/450 CV) – 800/1000 kW (1200/1350 CV) (sobrecarga alta / sobrecarga normal).
- 690 V: 315/400 kW (350/400 CV) – 1000/1200 kW (1150/1350 CV) (sobrecarga alta / sobrecarga normal).

**Índice**

**A**

Abreviaturas..... 4  
 Activación..... 10  
 Ajustes de parámetros..... 10  
 Alarma..... 10

**C**

Canal de apagado..... 9  
 Certificados..... 3  
 Comportamiento de reinicio..... 10  
 Convenciones..... 4

**D**

Datos SISTEMA..... 13  
 Datos técnicos..... 18  
 Dispositivo de seguridad..... 9  
 Dispositivos de seguridad externos..... 10

**F**

Freno mecánico..... 11

**H**

Homologaciones..... 3

**I**

Identificación..... 2  
 Instalación..... 9  
 Interruptor de protección..... 9

**M**

Mantenimiento..... 12

**N**

Normas y conformidad..... 3

**O**

Orden..... 5

**P**

Personal cualificado..... 5  
 Prevención de re arranque..... 10, 11  
 Prevención de re arranque no intencionado..... 10  
 Productos cubiertos..... 2  
 Prueba de puesta en servicio..... 11

**R**

Re arranque automático..... 10, 11

**S**

Salida..... 9  
 Selecciones..... 10  
 Señal..... 5, 9  
 Sensor relacionado con la seguridad..... 9  
 SIL CL2..... 3  
 SIL2..... 3  
 Símbolos..... 4  
 Sistema de control..... 5

**T**

Tarjeta del termistor..... 9  
 Terminación..... 10





.....  
Danfoss no acepta ninguna responsabilidad por posibles errores que pudieran aparecer en sus catálogos, folletos o cualquier otro material impreso y se reserva el derecho de alterar sus productos sin previo aviso, incluidos los que estén bajo pedido, si estas modificaciones no afectan las características convenidas con el cliente. Todas las marcas comerciales de este material son propiedad de las respectivas compañías. Danfoss y el logotipo Danfoss son marcas comerciales de Danfoss A/S. Reservados todos los derechos.  
.....

Danfoss A/S  
Ulsnaes 1  
DK-6300 Graasten  
vlt-drives.danfoss.com

