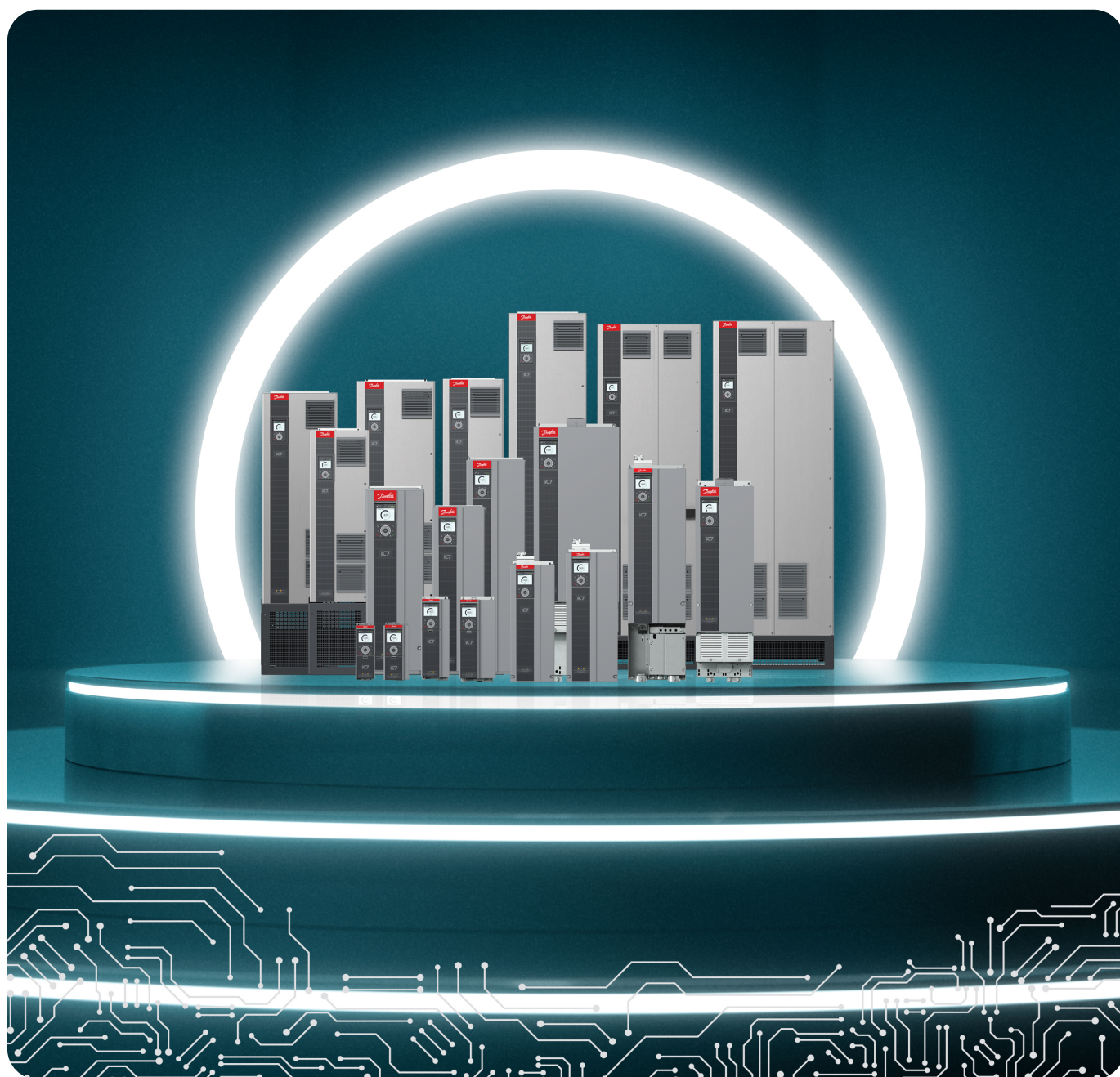




# Seguridad funcional de iC7-Automation

Convertidores de frecuencia, 1,3-1260 A





# Contenidos

## 1 Presentación

1.1 Finalidad de esta Guía de funcionamiento	7
1.2 Recursos adicionales	7
1.3 Abreviaturas	7
1.4 Marcas comerciales	8
1.5 Historial de versiones	8

## 2 Seguridad

2.1 Personal cualificado para trabajar con la seguridad funcional	9
2.2 Consideraciones generales sobre seguridad	9

## 3 Seguridad funcional para convertidores de frecuencia con STO, no actualizable (+BEF1)

3.1 Seguridad funcional de la serie iC7	10
3.1.1 Descripción general	10
3.1.2 Configuración del Sistema de Seguridad	11
3.1.3 Safe Torque Off (STO)	11
3.1.4 Activación del STO	11
3.1.5 Comportamiento de rearme automático/manual	12
3.1.6 Propiedades de STO	12
3.1.7 Feedback del STO	13
3.2 Instalación	14
3.2.1 Instalación de STO para convertidores de frecuencia con el Grupo de Seguridad Funcional 1 (STO - No actualizable)	14
3.2.2 Ejemplos de conexión	16
3.3 Puesta en servicio	17
3.3.1 Instrucciones de seguridad para la puesta en servicio	17
3.3.2 Prueba de puesta en servicio	17
3.3.2.1 Descripción general	17
3.3.2.2 Prueba de puesta en servicio para aplicaciones de STO en el modo de rearme manual	17
3.3.2.3 Prueba de puesta en servicio para aplicaciones de STO en el modo de rearme automático	18
3.4 Funcionamiento y mantenimiento	19
3.4.1 Pruebas funcionales	19
3.4.1.1 Realización de pruebas funcionales	19
3.4.1.2 Prueba funcional utilizando la señal de feedback de STO	19
3.4.1.3 Prueba funcional sin utilizar la señal de feedback de STO	20

3.4.2 Pruebas de diagnóstico	20
3.5 Especificaciones	22
3.5.1 Normativas y rendimiento de seguridad funcional	22
3.5.2 Datos técnicos	23
3.5.3 Condiciones de funcionamiento	24
3.5.4 Especificaciones de los cables	24
<b>4 Seguridad funcional para convertidores de frecuencia, actualizable (+BEF2)</b>	
4.1 Opciones de seguridad funcional	25
4.2 Descripción del sistema de seguridad funcional	25
4.3 Funciones de seguridad	25
4.3.1 Descripción general de los convertidores de frecuencia con STO y SS1-t (+BEF2)	25
4.3.2 Activación del STO	26
4.3.3 Configuración del comportamiento de rearme y reconocimiento	26
4.3.4 Propiedades de la entrada de seguridad	27
4.3.5 Feedback del STO	28
4.4 Parámetros de las funciones de seguridad	30
4.4.1 Descripción general de los parámetros de funciones de seguridad	30
4.4.2 Parámetros generales de seguridad funcional	31
4.4.3 Configuración de fallos	31
4.4.4 Fieldbus seguro	32
4.4.5 Safe Torque Off (STO)	32
4.4.6 Paro Seguro 1 temporizado (SS1-t)	33
4.4.7 Guardar en dispositivo	35
4.4.8 Validación y generación de un informe de puesta en servicio	35
4.5 Fieldbus seguro	36
4.5.1 PROFIsafe	36
4.5.2 Sistema PROFIsafe	36
4.5.3 Trama de PROFIsafe	36
4.5.4 Parametrización para PROFIsafe	38
4.5.5 Tiempo de Watchdog para PROFIsafe	39
4.5.6 Tiempo de respuesta de las funciones de seguridad de PROFIsafe (Safety Function Response Time, SFRT)	39
4.5.7 PROFIdrive con PROFIsafe	40
4.5.8 Control word de PROFIsafe	40
4.5.9 Status word de PROFIsafe	41

4.6	Instalación	42
4.6.1	Instalación de convertidores de frecuencia con STO, SS1-t y soporte de fieldbus seguro (+BEF2)	42
4.6.2	Ejemplos de conexión	43
4.7	Herramientas de configuración	44
4.7.1	Descripción general	44
4.7.2	Configuración del Sistema de Seguridad	44
4.7.3	Preparación para la conexión al PC	45
4.7.4	MyDrive® Insight	45
4.7.4.1	Instalación de MyDrive® Insight	45
4.7.4.2	Copia de seguridad y restauración de parámetros	45
4.7.4.3	Realizar un reset de fábrica	46
4.7.4.4	Actualización de software	46
4.8	Puesta en servicio	47
4.8.1	Seguridad en la puesta en servicio	47
4.8.2	Prueba de puesta en servicio	47
4.8.3	Lista de comprobación de la puesta en servicio	48
4.8.4	Prueba de puesta en servicio para funciones de seguridad STO	49
4.8.5	Prueba de puesta en servicio de funciones de seguridad de Paro Seguro 1 temporizado (SS1-t)	49
4.8.6	Validación y generación de un informe de puesta en servicio	50
4.9	Funcionamiento y mantenimiento	51
4.9.1	Vista general de las pruebas funcionales	51
4.9.2	Diagnóstico	51
4.9.3	Instalación y mantenimiento a gran altitud	52
4.9.4	Sustitución del convertidor	52
4.10	Resolución de problemas	52
4.10.1	LEDs de estado	52
4.10.2	Instancias de la señal de feedback de STO	53
4.10.3	Recuperación de fallos de funciones de seguridad	53
4.10.4	Lista de eventos	53
4.11	Especificaciones	56
4.11.1	Normativas y rendimiento de seguridad funcional	56
4.11.2	Datos técnicos	57
4.11.3	Condiciones de funcionamiento	57
4.11.4	Especificaciones de los cables	58



# 1 Presentación

## 1.1 Finalidad de esta Guía de funcionamiento

Esta guía de funcionamiento proporciona información sobre las características de seguridad funcional de los convertidores iC7 y está dirigida a usuarios que ya conocen la serie Danfoss iC7. Está pensado como un complemento de las guías específicas del convertidor.

La guía incluye instrucciones sobre cómo verificar que las funciones de seguridad funcional integradas estén activas y cómo configurar las funciones de seguridad.

## 1.2 Recursos adicionales

Disponemos de recursos adicionales para ayudar a comprender las características y para instalar y utilizar los productos de la serie iC7 de forma segura.

- Guías de seguridad, que proporcionan información de seguridad importante sobre la instalación de la serie iC7 de convertidores de frecuencia y convertidores de potencia.
- Guías de instalación, que cubren la instalación mecánica y eléctrica de los convertidores de frecuencia, los convertidores de potencia, o de las opciones funcionales de extensión.
- Guías de diseño, que proporcionan información técnica para entender la capacidad de integración de la serie iC7 de convertidores de frecuencia o convertidores de potencia en los sistemas de control y supervisión del motor.
- Guías de funcionamiento, que incluyen instrucciones sobre las opciones de control y otros componentes del convertidor.
- Guías de aplicación, que proporcionan instrucciones para configurar el convertidor de frecuencia o el convertidor de potencia para un uso final específico. Las guías de aplicación de los paquetes de software de la aplicación también proporcionan una visión general de los parámetros y rangos de valores para el funcionamiento de los convertidores de frecuencia o los convertidores de potencia, ejemplos de configuración con ajustes de parámetros recomendados y pasos para la resolución de problemas.
- *Datos que deben conocerse sobre los convertidores de frecuencia*, disponibles para su descarga en [www.danfoss.com](http://www.danfoss.com).
- En [www.danfoss.com](http://www.danfoss.com) encontrará otras publicaciones, planos y guías adicionales.

Las versiones más recientes de las guías del producto de Danfoss están disponibles para su descarga en <https://www.danfoss.com/en/service-and-support/documentation/>.

## 1.3 Abreviaturas

Tabla 1: Abreviaturas relacionadas con la seguridad funcional

Abreviatura	Referencia	Descripción
FIT	–	Fallo en el tiempo (Failure In Time). 1 FIT corresponde a un fallo por cada 1E9 horas de funcionamiento.
HFT	EN IEC 61508-4	Tolerancia a fallos del hardware (Hardware Fault Tolerance): HFT = n significa que n+1 fallos podrían ocasionar una pérdida de las funciones de seguridad.
MTTFd	EN ISO 13849-1	Tiempo medio hasta un fallo peligroso (Mean time to failure - dangerous). Unidad: Años. Los años se dividen en Bajo, Medio y Alto.



**Tabla 1: Abreviaturas relacionadas con la seguridad funcional - (continuación)**

Abreviatura	Referencia	Descripción
PFH	EN IEC 61508-4	Probabilidad de fallos peligrosos por hora (Probability of dangerous Failures per Hour). 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 IEC 61508-4	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 funciones de seguridad en condiciones no predecibles. Niveles divididos de la «a» a la «e».
PLr	EN ISO 13849-1	Nivel de rendimiento requerido (el nivel de rendimiento necesario para funciones de seguridad determinadas).
SIL	EN IEC 61508-4	Nivel de integridad de seguridad (Safety Integrity Level)
STO	EN IEC 61800-5-2	Safe Torque Off
SS1	EN IEC 61800-5-2	Paro Seguro 1

## 1.4 Marcas comerciales

PROFIBUS® y PROFINET® son marcas registradas de PROFIBUS y PROFINET International (PI).

PROFIdrive® es una marca registrada con licencia de PROFIBUS y PROFINET International (PI).

PROFIsafe® es una marca registrada con licencia de PROFIBUS y PROFINET International (PI).

## 1.5 Historial de versiones

Esta guía se revisa y actualiza de forma periódica. Le agradecemos cualquier sugerencia de mejora.

La versión original de esta guía está redactada en inglés.

**Tabla 2: Historial de versiones**

Versión	Comentarios
AQ319741840653, versión 0501	Se ha actualizado para incluir más información sobre las pruebas funcionales.
AQ319741840653, versión 0401	Actualizado para incluir opciones de seguridad funcional +BEF2 para convertidores de frecuencia iC7-Automation de hasta 1260 A.
AQ319741840653, versión 0301	Actualizaciones menores. La información de esta versión es válida para convertidores de frecuencia iC7-Automation de hasta 1260 A.
AQ319741840653, versión 0201	Actualizaciones menores. La información de esta versión es válida para convertidores de frecuencia iC7-Automation de hasta 106 A.
AQ319741840653, versión 0101	Primera versión. La información de esta versión es válida para convertidores de frecuencia iC7-Automation de hasta 43 A.



## 2 Seguridad

### 2.1 Personal cualificado para trabajar con la seguridad funcional

Solo el personal cualificado puede instalar, configurar, poner en marcha, mantener y retirar funciones y características de seguridad funcionales. El personal cualificado para trabajar con funciones de seguridad funcional corresponde a ingenieros eléctricos o aquellas 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.

Además, deben:

- Estar familiarizados con las normativas básicas de salud, seguridad y prevención de accidentes.
- Haber leído y comprendido las directrices de seguridad proporcionadas en esta guía.
- Tener un buen conocimiento de la normativa general y especializada correspondientes a la aplicación específica.

Los instaladores e integradores de sistemas que incorporen sistemas convertidores de potencia (relacionados con la seguridad) son responsables de:

- El análisis de riesgos y peligros de la aplicación.
- La seguridad general de la aplicación.
- Identificar las funciones de seguridad requeridas y asignar SIL o PL a cada una de las funciones, otros subsistemas, y la validez de las señales y comandos de estos.
- Diseñar sistemas de control adecuados relacionados con la seguridad, como hardware, software y parametrización.

### 2.2 Consideraciones generales sobre seguridad

Al instalar o utilizar el convertidor de frecuencia, preste atención a la información de seguridad que se proporciona en las instrucciones. Para obtener más información sobre las directrices de seguridad para la instalación, consulte la guía de seguridad específica del producto que se incluye en el envío del convertidor de frecuencia. Para obtener más información sobre las directrices de seguridad para el funcionamiento del convertidor, consulte las guías específicas del producto.

#### AVISO

##### PRUEBA DE PUESTA EN SERVICIO

Después de instalar las funciones de seguridad, realice una prueba de puesta en servicio.

Tras la instalación inicial, y tras cada cambio que se efectúe en la instalación o aplicación que implique la seguridad funcional, será necesario llevar a cabo una prueba de puesta en servicio correcta.

Si la prueba de puesta en servicio falla, no se podrá garantizar un funcionamiento seguro.

#### ADVERTENCIA



##### RIESGO DE DESCARGA ELÉCTRICA

Las funciones de seguridad STO no proporcionan seguridad eléctrica. La función de STO por sí sola no es suficiente para aplicar la función de desconexión de emergencia, tal y como se define en la norma IEC 60204-1:2018. El uso de la función STO para aplicar la desconexión de emergencia puede provocar la muerte o lesiones personales.

- La desconexión de emergencia requiere medidas de aislamiento eléctrico, como la desconexión de la alimentación a través de un contactor adicional.

## 3 Seguridad funcional para convertidores de frecuencia con STO, no actualizable (+BEF1)

### 3.1 Seguridad funcional de la serie iC7

#### 3.1.1 Descripción general

Los convertidores de frecuencia con opciones de seguridad funcional **STO, no actualizables (+BEF1)**, proporcionan las funciones de seguridad Safe Torque Off (STO) con una entrada de canal dual aislada galvánicamente y una señal de feedback de STO para fines de diagnóstico.

El convertidor integra la funcionalidad STO a través de los terminales de I/O de seguridad funcional, como se describe en [Tabla 3](#).

El convertidor iC7 con funcionalidad STO está diseñado y homologado conforme a estos requisitos:

- Categoría 3 en EN ISO 13849-1
- Nivel de rendimiento «e» en EN ISO 13849-1
- SIL 3 en IEC 61508 y 61800-5-2

Las funciones de seguridad STO están activas si una o ambas entradas de STO no están conectadas a una señal de +24 V. El convertidor de frecuencia no puede pasar al estado MARCHA. Para obtener más información, consulte el apartado [Tabla 4](#).

Las condiciones previas para el funcionamiento normal (la función STO no está activa) son:

- Las señales STO A y STO B están energizadas.
- No hay fallos internos activos.

Todas las entradas y salidas de control tienen aislamiento galvánico respecto a la tensión de alimentación (PELV) y al resto terminales de tensión alta, a menos que se especifique lo contrario.

Tabla 3: Terminales de I/O de seguridad funcional en convertidores de frecuencia

Terminal X31			Terminal X32		
Numeración	Nombre del terminal	Funciones	Numeración	Nombre del terminal	Funciones
41	24 V	+ Salida de 24 V DC	45	GND (conexión a tierra)	0 V/GND
42	S.INA+	+ Canal A de entrada STO	46	S.INA-	- Canal A de entrada STO
43	S.INB+	+ Canal B de entrada STO	47	S.INB-	- Canal B de entrada STO
44	S.FB+	+ Feedback del STO	48	S.FB-	- Feedback del STO

Tabla 4: Ejemplos de la Función de STO y de la Salida de Feedback de STO

Entradas de STO	Condiciones de funcionamiento	Función STO	Señal de Feedback del STO	Texto de fallo o aviso
Ambas entradas están energizadas con 24 V DC	Funcionamiento normal	Desactivado	Desactivado	Sin fallos ni avisos
Se ha desconectado la alimentación de ambas entradas	Solicitud de STO	Activado	Activado	«STO activado» <sup>(1)</sup>
Solo una entrada energizada	Fallo en la solicitud o debido a un fallo interno	Activado	Desactivado	«STO - Fallo [nombre del canal]» <sup>(2)</sup>

1) Solicitud normal de STO: Puede tratarse de un fallo o un aviso, en función de los ajustes de rearme.

2) Fallo en la solicitud o debido a un fallo interno (siempre un «fallo», no configurable). Indicado una vez transcurrido el tiempo del temporizador de discrepancia (500 ms).

### 3.1.2 Configuración del Sistema de Seguridad

Los convertidores iC7 están equipados con funciones de seguridad tanto obligatorias como configurables que evitan el acceso no autorizado al convertidor, garantizando una conexión segura al convertidor y lo protegen frente a modificaciones no autorizadas del software.

Para obtener más información sobre las funciones de seguridad incluidas en el software de la aplicación, consulte la documentación del software de la aplicación.

Las funciones de seguridad configurables pueden ajustarse según los requisitos de la aplicación. Los parámetros relacionados con la seguridad están protegidos por contraseña.

### 3.1.3 Safe Torque Off (STO)

#### AVISO

- Seleccione y emplee los componentes del sistema de control de seguridad adecuadamente para alcanzar el nivel requerido de seguridad operacional. Antes de integrar y utilizar el 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.

La función de Safe Torque Off (STO) es un componente en un sistema de control de seguridad. La función de STO evita que la unidad genere la potencia requerida para hacer rotar el motor.

Los convertidores iC7 están disponibles con:

- Safe Torque Off (STO), tal y como se define en la norma EN IEC 61800-5-2:2017
- Categoría de paro 0, tal y como se define en la norma EN IEC 60204-1:2018.

La función STO está disponible para los convertidores iC7-Automation con código adicional para opciones de seguridad funcional +BEF1. Las revisiones específicas del hardware se enumeran en el anexo del certificado de seguridad funcional.

### 3.1.4 Activación del STO

La función STO se activa quitando las tensiones en las entradas del STO 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 un Paro Seguro 1. Los dispositivos de seguridad externos deben cumplir los requisitos de Cat./PL o SIL cuando se conectan a las entradas de STO.

Con la configuración predeterminada, el convertidor de frecuencia genera un fallo, produce el disparo de la unidad y detiene el motor en modo de parada libre, cuando la función STO está activada. Será necesario un rearme manual.

Utilice la función del STO para detener el convertidor de frecuencia cuando se requiera una de las funciones de seguridad. En el modo de funcionamiento normal, cuando no se necesite el STO, utilice la función de parada normal.

### 3.1.5 Comportamiento de rearme automático/manual

La función STO impide que se produzcan reinicios no intencionados (comportamiento de prevención de rearme no intencionado).

#### AVISO

La prevención del rearme no intencionado tras la desactivación del STO no cumple los requisitos de SIL 2 o SIL 3.

- Si un rearme no intencionado es crítico para la instalación, deberá controlarse mediante el uso del STO, tanto después de la activación del STO como en situaciones normales de arranque, por ejemplo después de apagar y volver a encender la unidad.

#### ⚠ PRECAUCIÓN

- El comportamiento de rearme por defecto es en **Manual**. Antes de cambiar a **Automático**, asegúrese de que se cumplan los requisitos del párrafo 6.3.3.2.5 de la norma EN ISO 12100:2011.

#### Finalizando el STO y reanudando el funcionamiento normal

1. Vuelva a aplicar un suministro de 24 V DC a las entradas seguras.
2. Proporcione una señal de reset a través de fieldbus, I/O digitales o el panel de control.

Ajuste la función STO como rearmado automático ajustando el valor del par. **7.3.1 Safe Torque Off Response** desde el valor por defecto **Fault** (reset manual) al valor **Warning** (reset automático). El reset automático implica que el STO finaliza y se reanuda el funcionamiento normal al aplicar tensión de 24 V DC a las entradas de STO. No es necesario enviar una señal de reset.

### 3.1.6 Propiedades de STO

Para adaptarse con flexibilidad al sistema de seguridad, las entradas de STO contienen las siguientes propiedades:

- **Aislamiento galvánico de los terminales:** Los bloques de terminales de I/O de seguridad funcional de la tarjeta de control (X31, X32) tienen entradas independientes aisladas galvánicamente para permitir, por ejemplo, el intercambio de las polaridades de los terminales de entrada de STO, como se muestra en [Figura 1](#) y en [Figura 2](#).
- **Filtrado de pulsos de prueba:** Varios módulos de control comprueban sus salidas seguras mediante el patrón de pulsos de prueba (pruebas de encendido/apagado), para detectar fallos debidos a cortocircuitos o circuitos cruzados. Al conectar las entradas de STO con una salida segura de un módulo de control, los pulsos de prueba no deben activar el STO. Por este motivo, los pulsos de prueba no superiores a 2 ms se ignoran en las líneas de entrada de STO.

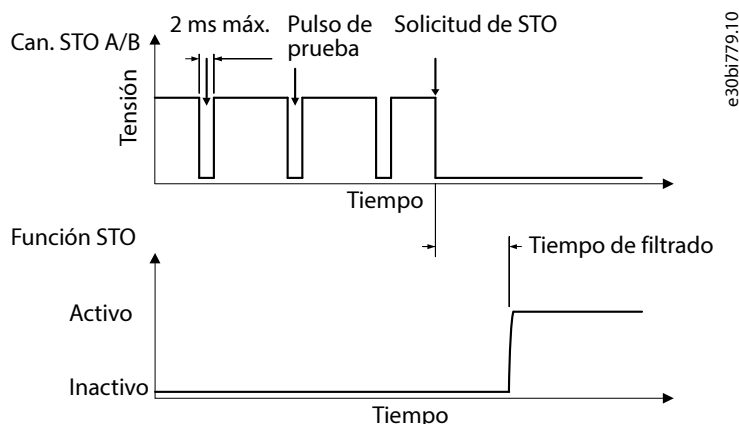


Figura 1: Filtrado del pulsos de prueba

- **Tolerancia de entradas asíncronas:** Las señales de entrada de los terminales de STO no siempre están sincronizadas. Si la discrepancia entre las dos señales es superior a 500 ms, el convertidor indica un fallo de STO como se describe en [Tabla 4](#). Esta función no retrasa la activación de la función STO.

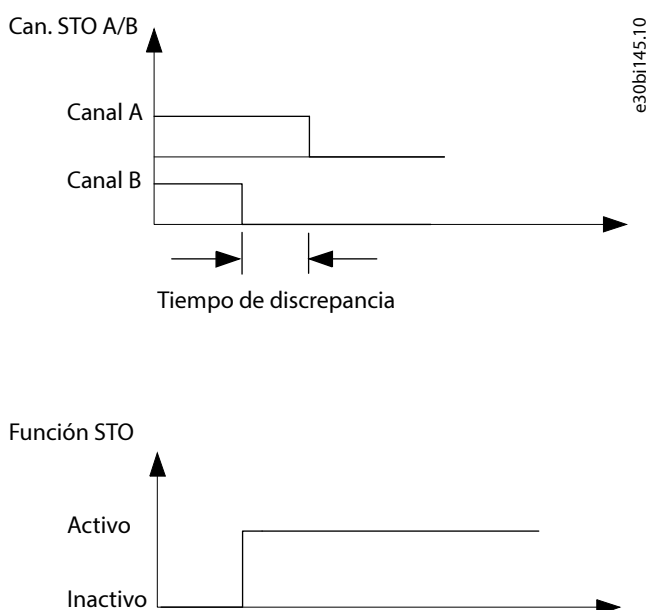


Figura 2: Tiempo de discrepancia

### 3.1.7 Feedback del STO

La señal de feedback de STO es una señal de realimentación de un solo canal que puede emplearse para propósitos de diagnóstico, y para indicar un STO activo. Puede ayudar a lograr una mejor capacidad de seguridad a nivel del sistema, por ejemplo, en casos de retroadaptación, donde se requiere una retroalimentación de diagnóstico al sistema de seguridad.

#### ⚠ PRECAUCIÓN

- La señal de feedback no está diseñada para formar parte de las funciones de seguridad y no tiene un nivel de integridad de seguridad (SIL).

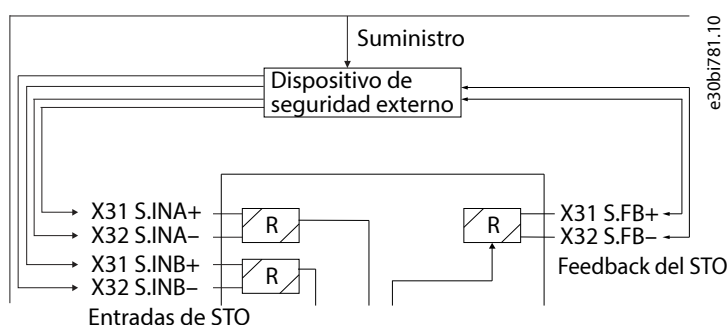


Figura 3: Ejemplo de feedback de STO para convertidores de frecuencia iC7

También se puede utilizar como salida digital para proporcionar una señal de estado. En este caso, la carga podría ser una entrada digital de un PLC.

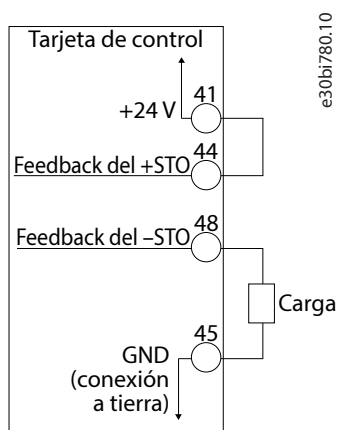


Figura 4: Ejemplo de feedback de STO para convertidores de frecuencia iC7

El valor actual de STO funciona de forma similar a un contactor que se cierra en cuanto ambos canales de entrada de STO no están energizados.

## 3.2 Instalación

### 3.2.1 Instalación de STO para convertidores de frecuencia con el Grupo de Seguridad Funcional 1 (STO - No actualizable)

#### Requisitos previos:

Para la conexión del motor, la conexión de red de CA y el cableado de control, siga las instrucciones de instalación segura de la documentación suministrada con el convertidor.

Todo el cableado relacionado con la seguridad funcional debe realizarse empleando los bloques de terminales X31 y X32. Consulte [Figura 5](#) para conocer la ubicación de los terminales.

#### AVISO

Si se utilizan cables multitrenzados en la instalación, deberán utilizarse mallados u otros medios de protección adecuados para evitar que se produzca un cortocircuito de cualquier conductor con otro pin adyacente.

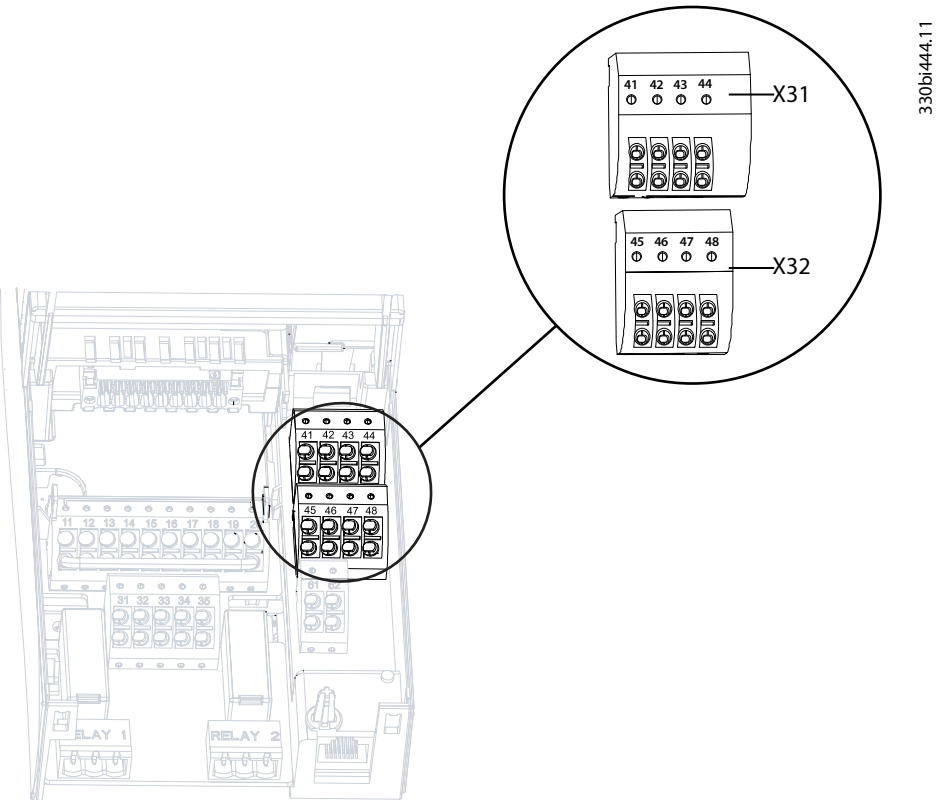


Figura 5: Terminales de seguridad funcional

Tabla 5: Terminales de I/O de seguridad funcional en convertidores de frecuencia

Terminal X31			Terminal X32		
Numeración	Nombre del terminal	Funciones	Numeración	Nombre del terminal	Funciones
41	24 V	+ Salida de 24 V DC	45	GND (conexión a tierra)	0 V/GND
42	S.INA+	+ Canal A de entrada STO	46	S.INA-	- Canal A de entrada STO
43	S.INB+	+ Canal B de entrada STO	47	S.INB-	- Canal B de entrada STO
44	S.FB+	+ Feedback del STO	48	S.FB-	- Feedback del STO

El convertidor de frecuencia se envía sin ningún cableado a los terminales de I/O de seguridad funcional. Como resultado, todas las entradas seguras se desconectan y el STO se activa.

- Si no se necesitan las funciones de seguridad STO, conecte el bloque de terminales como se muestra en [Figura 6](#), o utilice los puentes de STO incluidos en la bolsa de accesorios e instálelos en X31 y X32. Esto garantiza que ambas entradas de STO estén energizadas con 24 V DC para permitir el funcionamiento normal.

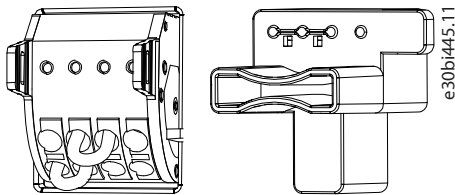


Figura 6: Bloque de terminales cableado (a la izquierda) y conexión del puente STO (a la derecha)



### 3.2.2 Ejemplos de conexión

Debido al aislamiento galvánico de las entradas de STO, varias conexiones y diferentes polaridades son posibles en el cableado. Por ejemplo, conecte un accionamiento de seguridad a los terminales de entrada de STO y ajuste las referencias de tensión como se muestra en [Figura 7](#) y [Figura 8](#). Se admiten configuraciones con el mismo nivel de tensión en ambos canales (+24 V), pero también configuraciones con diferentes niveles de tensión (+24 V y GND).

#### AVISO

##### NIVEL DE TENSIÓN PELIGROSO

- Para evitar que las tensiones se sumen y alcancen un nivel peligroso, la referencia GND PELV del convertidor de frecuencia y del dispositivo de seguridad externo deben estar interconectados.

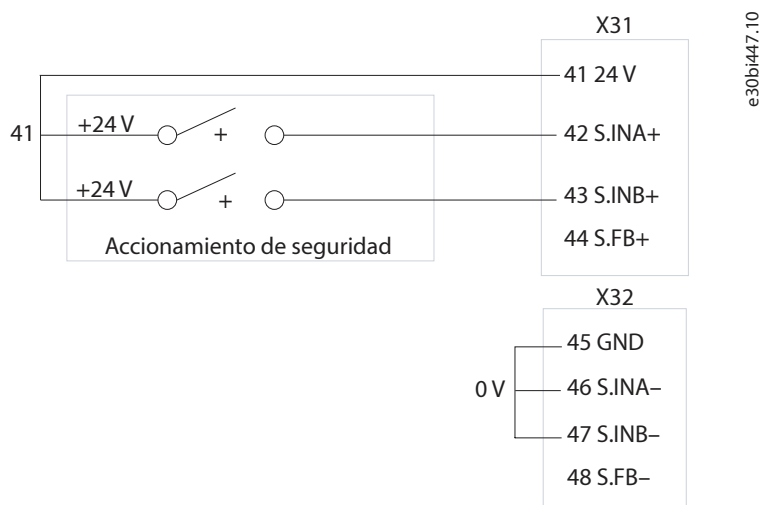


Figura 7: Ejemplo de conexión STO para utilizar las mismas polaridades (canal A y canal B = 24 V)

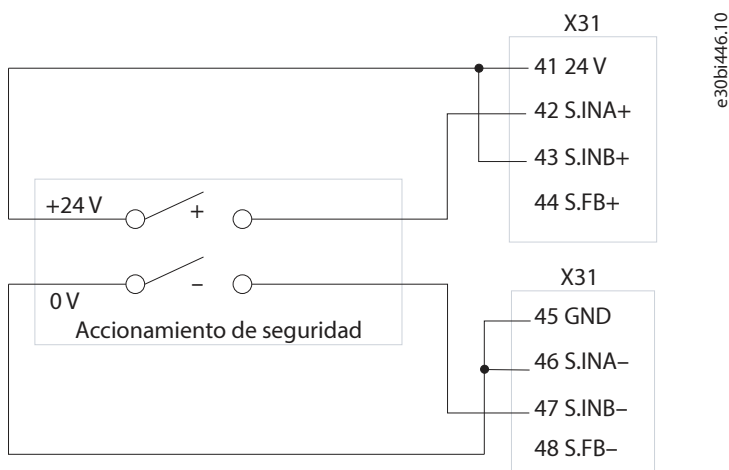


Figura 8: Ejemplo de conexión STO para el uso de diferentes polaridades

Para otros ejemplos de cableado, consulte la documentación del software de la aplicación.

## 3.3 Puesta en servicio

### 3.3.1 Instrucciones de seguridad para la puesta en servicio

Consulte [2.2 Consideraciones generales sobre seguridad](#) y las guías específicas de cada producto para obtener más instrucciones sobre la seguridad. Siga siempre las instrucciones facilitadas por el fabricante del motor.

#### ADVERTENCIA

##### ROTACIÓN RESIDUAL

La función STO puede utilizarse con motores de inducción, síncronos y de imanes permanentes. 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:  $\text{ángulo} = 360 / (\text{número de pares de polos})$ .

- La aplicación que usa motores síncronos o de magnetización permanente debe tener en cuenta esta rotación residual y garantizar que no suponga ningún riesgo para la seguridad. Esta situación no es relevante para los motores de inducción.

### 3.3.2 Prueba de puesta en servicio

#### 3.3.2.1 Descripción general

Después de la instalación y antes de la primera puesta en funcionamiento, será necesario realizar una prueba de puesta en servicio utilizando el STO. La prueba de puesta en servicio también será necesaria después de cada modificación de la instalación o de la aplicación que implique el uso de STO.

#### AVISO

##### PRUEBA DE PUESTA EN SERVICIO

Después de instalar las funciones de seguridad, realice una prueba de puesta en servicio.

Tras la instalación inicial, y tras cada cambio que se efectúe en la instalación o aplicación que implique la seguridad funcional, será necesario llevar a cabo una prueba de puesta en servicio correcta.

Si la prueba de puesta en servicio falla, no se podrá garantizar un funcionamiento seguro.

Para llevar a cabo una prueba de puesta en servicio:

- Consulte [3.3.2.2 Prueba de puesta en servicio para aplicaciones de STO en el modo de rearme manual](#) si el STO está ajustado en modo de rearme manual (el parámetro [7.3.1 Respuesta a Safe Torque Off](#) está ajustado en el ajuste por defecto **Fallo, es necesario reset** (reset manual).
- Consulte [3.3.2.3 Prueba de puesta en servicio para aplicaciones de STO en el modo de rearme automático](#) si el STO está ajustado en modo de rearme automático (parámetro [7.3.1 Respuesta a Safe Torque Off](#) está ajustado en **Aviso, no se requiere reset** (reset automático).

#### 3.3.2.2 Prueba de puesta en servicio para aplicaciones de STO en el modo de rearme manual

Tabla 6: Prueba de puesta en servicio en modo de rearme manual

Procedimiento de prueba		Homologado
1	Conecte la alimentación del convertidor de frecuencia.	<input type="checkbox"/>
2	Compruebe que no haya ningún fallo de seguridad.	<input type="checkbox"/>
3	Ponga en marcha el motor.	<input type="checkbox"/>

Tabla 6: Prueba de puesta en servicio en modo de rearme manual - (continuación)

Procedimiento de prueba		Homologado
4	Retire el suministro de tensión de 24 V DC a los dos terminales de entrada de STO utilizando el dispositivo de seguridad mientras el convertidor de frecuencia acciona el motor (es decir, sin interrumpir la alimentación de red).	<input type="checkbox"/>
5	Compruebe que el motor funcione por inercia. El motor puede tardar mucho tiempo en pararse.	<input type="checkbox"/>
6	Si hay un panel de control montado, compruebe si se muestra <b>STO activado</b> en el panel de control. Si el panel de control no está montado, compruebe si <b>STO activado</b> aparece en el registro de eventos.	<input type="checkbox"/>
7	Si se utiliza el feedback de STO, verifique que la función STO está activada comprobando el estado del feedback de STO. Consulte <a href="#">Figura 12</a> .	<input type="checkbox"/>
8	Vuelva a aplicar 24 V DC a las entradas de STO.	<input type="checkbox"/>
9	Asegúrese de que el motor permanezca en estado de inercia y que todos los relés conectados permanezcan activos.	<input type="checkbox"/>
10	Envíe una señal de reset a través de fieldbus, I/O digitales o el panel de control.	<input type="checkbox"/>
11	Asegúrese de que el motor esté operativo y funcione en el rango de velocidad original.	<input type="checkbox"/>

### 3.3.2.3 Prueba de puesta en servicio para aplicaciones de STO en el modo de rearme automático

Tabla 7: Prueba de puesta en servicio en modo de rearme automático

Procedimiento de prueba		Homologado
1	Conecte la alimentación del convertidor de frecuencia.	<input type="checkbox"/>
2	Compruebe que no haya ningún fallo de seguridad.	<input type="checkbox"/>
3	Ponga en marcha el motor.	<input type="checkbox"/>
4	Retire el suministro de tensión de 24 V DC a los dos terminales de entrada de STO utilizando el dispositivo de seguridad mientras el convertidor de frecuencia acciona el motor (es decir, sin interrumpir la alimentación de red).	<input type="checkbox"/>
5	Compruebe que el motor funcione por inercia. El motor puede tardar mucho tiempo en pararse.	<input type="checkbox"/>
6	Si hay un panel de control montado, compruebe si se muestra <b>STO activado</b> en el panel de control. Si el panel de control no está montado, compruebe si <b>STO activado</b> aparece en el registro de eventos.	<input type="checkbox"/>
7	Si se utiliza el feedback de STO, verifique que la función STO está activada comprobando el estado del feedback de STO. Consulte <a href="#">Figura 12</a> .	<input type="checkbox"/>
8	Vuelva a aplicar 24 V DC a las entradas de STO.	<input type="checkbox"/>
9	Asegúrese de que el motor esté operativo y funcione en el rango de velocidad original.	<input type="checkbox"/>

## 3.4 Funcionamiento y mantenimiento

### 3.4.1 Pruebas funcionales

#### 3.4.1.1 Realización de pruebas funcionales

Para cumplir con la norma EN IEC 61800-5-2 y las normas de seguridad a nivel de sistema, y para evitar la acumulación de posibles fallos de reposo en el convertidor, es necesario realizar pruebas periódicas de STO.

- Es **imprescindible** con PL e o SIL 3 que se realicen pruebas de funcionamiento cada 3 meses para detectar cualquier fallo o mal funcionamiento de la funcionalidad STO.
- Es **imprescindible** con PL d o SIL 2 que se realicen pruebas de funcionamiento cada 12 meses para detectar cualquier fallo o mal funcionamiento de la funcionalidad STO.
- Se **recomienda**, aunque no es imprescindible, con PL c o SIL 1 que se realicen pruebas de funcionamiento cada 12 meses para detectar cualquier fallo o mal funcionamiento de la funcionalidad STO.

#### AVISO

Si la prueba funcional falla, no puede garantizarse un funcionamiento seguro.

1. Realice la prueba de funcionamiento siguiendo los pasos descritos en [3.4.1.2 Prueba funcional utilizando la señal de feedback de STO](#) o [3.4.1.3 Prueba funcional sin utilizar la señal de feedback de STO](#).

#### 3.4.1.2 Prueba funcional utilizando la señal de feedback de STO

La señal de feedback estará activa siempre que la función STO se active de forma interna mediante los dos canales de STO redundantes (A+B). Es un indicador sencillo de que ambos canales están funcionando.

Tabla 8: Prueba funcional utilizando la señal de feedback de STO

Procedimiento de prueba		Homologado
1	Conecte la alimentación del convertidor de frecuencia.	<input type="checkbox"/>
2	Compruebe que no haya ningún fallo de seguridad.	<input type="checkbox"/>
3	Ponga en marcha el motor.	<input type="checkbox"/>
4	Compruebe que la salida de feedback de STO no indique un STO activo.	<input type="checkbox"/>
5	Active la función STO quitando el suministro de tensión de 24 V DC al <b>canal A y B de entrada de STO</b> mientras el convertidor de frecuencia acciona el motor (es decir, sin interrumpir la alimentación de red).	<input type="checkbox"/>
6	Compruebe que el motor funcione por inercia. El motor puede tardar mucho tiempo en pararse.	<input type="checkbox"/>
7	Compruebe que la salida de feedback de STO indique un STO activo. La salida indica un STO activo solo cuando ambos canales están presentes.	<input type="checkbox"/>
8	Proporcione una orden de marcha para comprobar que la función de STO bloquee el funcionamiento del convertidor. El motor no debe arrancar.	<input type="checkbox"/>
9	Vuelva a aplicar 24 V DC a las entradas de STO.	<input type="checkbox"/>
10	<b>Paso opcional, solo con la configuración del reset en modo manual:</b> Envíe una señal de reset a través del fieldbus, I/O digitales o el panel de control.	<input type="checkbox"/>
11	Asegúrese de que el motor esté operativo y funcione en el rango de velocidad original.	<input type="checkbox"/>

### 3.4.1.3 Prueba funcional sin utilizar la señal de feedback de STO

Como solución alternativa, también es posible comprobar la función de STO sin la señal de realimentación. En este caso, ambos canales deben comprobarse por separado.

Tabla 9: Prueba funcional sin utilizar la señal de feedback de STO

Procedimiento de prueba		Homologado
1	Conecte la alimentación del convertidor de frecuencia.	<input type="checkbox"/>
2	Compruebe que no haya ningún fallo de seguridad.	<input type="checkbox"/>
3	Ponga en marcha el motor.	<input type="checkbox"/>
4	Retire el suministro de tensión de 24 V DC a los terminales del <b>canal A de la entrada de STO</b> mientras el convertidor de frecuencia acciona el motor (es decir, sin interrumpir la alimentación de red).	<input type="checkbox"/>
5	Compruebe que el motor funcione por inercia. El motor puede tardar mucho tiempo en pararse.	<input type="checkbox"/>
6	Si hay un panel de control montado, compruebe si se muestra <b>Fallo STO canal A</b> en el panel de control.	<input type="checkbox"/>
7	Si el panel de control no está montado, compruebe si <b>Fallo STO canal A</b> aparece en el registro de eventos.	<input type="checkbox"/>
8	Proporcione una orden de marcha para comprobar que la función de STO bloquee el funcionamiento del convertidor. El motor no debe arrancar.	<input type="checkbox"/>
9	Vuelva a aplicar 24 V DC a las entradas de STO.	<input type="checkbox"/>
10	Envíe una señal de reset a través del fieldbus, I/O digitales o el panel de control.	<input type="checkbox"/>
11	Asegúrese de que el motor esté operativo y funcione en el rango de velocidad original.	<input type="checkbox"/>
12	Retire el suministro de tensión de 24 V DC a los terminales del <b>canal B de la entrada de STO</b> mientras el convertidor de frecuencia acciona el motor (es decir, sin interrumpir la alimentación de red).	<input type="checkbox"/>
13	Compruebe que el motor funcione por inercia. El motor puede tardar mucho tiempo en pararse.	<input type="checkbox"/>
14	Si hay un panel de control montado, compruebe si se muestra <b>Fallo STO canal B</b> en el panel de control.	<input type="checkbox"/>
15	Si el panel de control no está montado, compruebe si <b>Fallo STO canal B</b> aparece en el registro de eventos.	<input type="checkbox"/>
16	Proporcione una orden de marcha para comprobar que la función de STO bloquee el funcionamiento del convertidor. El motor no debe arrancar.	<input type="checkbox"/>
17	Vuelva a aplicar 24 V DC a las entradas de STO.	<input type="checkbox"/>
18	Envíe una señal de reset a través del fieldbus, I/O digitales o el panel de control.	<input type="checkbox"/>
19	Asegúrese de que el motor esté operativo y funcione en el rango de velocidad original.	<input type="checkbox"/>

### 3.4.2 Pruebas de diagnóstico

Si se utiliza la señal de feedback de STO, realice una prueba adicional conforme a SIL 3 cada 24 meses para detectar cualquier fallo en la funcionalidad de feedback de STO.

Tabla 10: Prueba de diagnóstico para la señal de feedback de STO

Procedimiento de prueba		Homologado
1	Conecte la alimentación del convertidor de frecuencia.	<input type="checkbox"/>
2	Compruebe que no haya ningún fallo de seguridad.	<input type="checkbox"/>
3	Ponga en marcha el motor.	<input type="checkbox"/>
4	Compruebe que la salida de feedback de STO no indique un STO activo.	<input type="checkbox"/>
5	Retire el suministro de tensión de 24 V DC a los terminales del <b>canal A de la entrada de STO</b> mientras el convertidor de frecuencia acciona el motor (es decir, sin interrumpir la alimentación de red).	<input type="checkbox"/>
6	Compruebe que el motor funcione por inercia. El motor puede tardar mucho tiempo en pararse.	<input type="checkbox"/>
7	Si hay un panel de control montado, compruebe si se muestra <b>Fallo STO canal A</b> en el panel de control.	<input type="checkbox"/>
8	Si el panel de control no está montado, compruebe si <b>Fallo STO canal A</b> aparece en el registro de eventos.	<input type="checkbox"/>
9	Compruebe que la salida de feedback de STO no indique un STO activo. (La salida indica un STO completo solo cuando están ambos canales presentes.)	<input type="checkbox"/>
10	Proporcione una orden de marcha para comprobar que la función de STO bloquee el funcionamiento del convertidor. El motor no debe arrancar.	<input type="checkbox"/>
11	Vuelva a aplicar 24 V DC a las entradas de STO.	<input type="checkbox"/>
12	Envíe una señal de reset a través del fieldbus, I/O digitales o el panel de control.	<input type="checkbox"/>
13	Asegúrese de que el motor esté operativo y funcione en el rango de velocidad original.	<input type="checkbox"/>
14	Retire el suministro de tensión de 24 V DC a los terminales del <b>canal B de la entrada de STO</b> mientras el convertidor de frecuencia acciona el motor (es decir, sin interrumpir la alimentación de red).	<input type="checkbox"/>
15	Compruebe que el motor funcione por inercia. El motor puede tardar mucho tiempo en pararse.	<input type="checkbox"/>
16	Si hay un panel de control montado, compruebe si se muestra <b>Fallo STO canal B</b> en el panel de control.	<input type="checkbox"/>
17	Si el panel de control no está montado, compruebe si <b>Fallo STO canal B</b> aparece en el registro de eventos.	<input type="checkbox"/>
18	Compruebe que la salida de feedback de STO no indique un STO activo. (La salida indica un STO completo solo cuando están ambos canales presentes.)	<input type="checkbox"/>
19	Proporcione una orden de marcha para comprobar que la función de STO bloquee el funcionamiento del convertidor. El motor no debe arrancar.	<input type="checkbox"/>
20	Vuelva a aplicar 24 V DC a las entradas de STO.	<input type="checkbox"/>
21	Envíe una señal de reset a través del fieldbus, I/O digitales o el panel de control.	<input type="checkbox"/>
22	Asegúrese de que el motor esté operativo y funcione en el rango de velocidad original.	<input type="checkbox"/>

## 3.5 Especificaciones

### 3.5.1 Normativas y rendimiento de seguridad funcional

Todas las funciones de seguridad de los convertidores de frecuencia iC7 cumplen con los requisitos de las normativas que aparecen indicadas en este capítulo.

Tabla 11: Normativas y rendimiento de seguridad funcional

Directiva o norma		Versión
Directivas de la Unión Europea	Directiva de máquinas (2006/42/CE)	EN ISO 13849-1:2015, EN ISO 13849-2:2012
		EN IEC 61800-5-2:2007
	Directiva EMC (2014/30/UE)	EN IEC 61800-3:2018 – segundo entorno
		EN IEC 61326-3-1:2017
	Directiva sobre baja tensión (2014/35/UE)	EN IEC 61800-5-1:2017
Normativas de seguridad	Seguridad de la maquinaria	EN ISO 13849-1:2015, IEC 60204-1:2018
	Seguridad funcional	IEC 61508-1:2010, IEC 61508-2:2010, EN IEC 61800-5-2:2017
Funciones de seguridad		EN IEC 61800-5-2:2017 Safe Torque Off (STO)
		IEC 60204-1:2018 Categoría de paro 0
Rendimiento de seguridad	EN ISO 13849-1:2015	
	Categoría	Cat 3
	Cobertura de la prueba de diagnóstico (funcional)	>90 % (Medio)
	Nivel de rendimiento	Hasta PL e
	Intervalo máximo de prueba de diagnóstico para el nivel de rendimiento relacionado	PL e: 3 meses
		PL d: 12 meses
	Tiempo medio entre fallos peligrosos	Alto (100 años por canal)
	IEC 61508:2010	
	Nivel de integridad de seguridad (Safety Integrity Level)	Hasta SIL 3
	Intervalo máximo de pruebas de diagnóstico para el correspondiente nivel de integridad de seguridad	SIL 3: 3 meses
		SIL 2: 12 meses
	Probabilidad de fallos peligrosos por hora	PFH: < 8 FIT
	Probabilidad de fallo peligroso bajo demanda	PFD: < 5·10 <sup>-4</sup>
	HFT	Tolerancia a fallos del hardware = 1
	Clasificación de subsistemas	tipo A
	Intervalo T1 de prueba de evidencia	20 años
	Tiempo de misión TM	20 años



Tabla 11: Normativas y rendimiento de seguridad funcional - (continuación)

Directiva o norma		Versión
Tiempo de reacción	Tiempo de respuesta de entrada a salida	<30 ms
	Tiempo de reacción frente a fallo	<30 ms
Modo de funcionamiento	Alta demanda, baja demanda y continua	

1) Tiempo de respuesta entre entrada y salida empleando cables apantallados. De lo contrario, puede añadirse a este valor un tiempo máximo de 20 ms considerando las peores condiciones de EMC.

### 3.5.2 Datos técnicos

Las entradas y salidas de control tendrán aislamiento galvánico respecto a la tensión de alimentación (PELV) y al resto terminales con niveles altos de tensión, a menos que se especifique lo contrario.

Tabla 12: Entrada digital de 24 V para la entrada del STO

Función	Datos
Tipo de entrada	Referenciada en un punto/flotante
Lógica	PNP
Nivel de tensión	0-24 V DC
Nivel de tensión, 0 lógico PNP	<5 V
Nivel de tensión, 1 lógico PNP	>11 V
Tensión máxima en la entrada en funcionamiento	30 V
Tensión máxima de la entrada en estado seguro	60 V
Intensidad de entrada	8 mA > I <sub>c</sub> > 5 mA @ 24 V
Resistencia de entrada equivalente	3 kΩ < R <sub>i</sub> < 4,7 kΩ @ 24 V
Aislamiento	Funcional
Protección contra polaridad inversa	Sí
Intensidad de entrada máxima en estado desactivado	0,1 mA

Tabla 13: Salidas digitales de 24 V para feedback de STO

Función	Datos
Tipo de salida	Drenador/fuente
Tensión nominal	Colector abierto de 24 V DC / 60 V máximo
Intensidad nominal	50 mA
Aislamiento	Sí
Protección de sobrecarga	Sí
Protección contra polaridad inversa	Sí
Tensión de estado activada	>17,4 V
Corriente de fuga en estado desactivado	0,1 mA

**Tabla 14: Tensiones auxiliares**

Función		Datos
Salida de 24 V, seguridad funcional (X31, X32)	Tensión de salida	24 V ±15 %
	Carga máxima	100 mA

### 3.5.3 Condiciones de funcionamiento

**Tabla 15: Condiciones de funcionamiento para la seguridad funcional**

Función	Datos
Temperatura de funcionamiento	Según las especificaciones del convertidor de frecuencia.
Temperatura de almacenamiento	De -40 °C a +70 °C (de -40 °F a +158 °F)
Humedad del aire	Según las especificaciones del convertidor de frecuencia (sin condensación).
Altitud de funcionamiento	Según las especificaciones del convertidor de frecuencia.
Condiciones ambientales	El producto debe instalarse en un entorno que cumpla la norma EN IEC 61800-5-1:2017 PD2 - sin condensación. Para entornos de condensación PD2, el producto debe instalarse en un armario IP54/ NEMA 12 según la norma EN IEC 60529 AMD 2:2013 o equivalente.

Consulte las condiciones de funcionamiento de cada convertidor en la guía de diseño o en la guía de funcionamiento específicas del producto. Las versiones más recientes de las guías del producto de Danfoss están disponibles para su descarga en <https://www.danfoss.com/en/service-and-support/documentation/>.

### 3.5.4 Especificaciones de los cables

**Tabla 16: Tamaño de los cables para los conectores X31, X32**

Tipo de cable	Sección transversal [mm <sup>2</sup> (AWG)]	Longitud de desforrado [mm (in)]
Sólido	0,5-1,5 (24-16)	10 (0,4)
Flexibles	0,5-1,5 (24-16)	10 (0,4)
Flexible con casquillo sin manguito de plástico	0,5-1,5 (24-16)	10 (0,4)
Flexible con casquillo con manguito de plástico	0,5 (24)	10 (0,4)

## 4 Seguridad funcional para convertidores de frecuencia, actualizable (+BEF2)

### 4.1 Opciones de seguridad funcional

Las opciones de seguridad funcional +BEF2 incluyen las funciones de seguridad Safe Torque Off (STO) y Paro Seguro 1 temporizado (SS1-t). Los convertidores con +BEF2 también incluyen una unidad de seguridad avanzada, que permite configurar los parámetros de seguridad funcional utilizando MyDrive® Insight.

### 4.2 Descripción del sistema de seguridad funcional

Se utiliza una unidad de seguridad avanzada adicional para implementar funciones de seguridad de acuerdo con lo establecido en la norma EN IEC 61800-5-2 en los convertidores de frecuencia iC7-Automation con +BEF2.

La unidad de seguridad avanzada gestiona las I/O seguras y la supervisión de las funciones de seguridad activas. La unidad de seguridad avanzada no gestiona los controles del convertidor de frecuencia. El convertidor de frecuencia puede controlarse, por ejemplo, con la aplicación del convertidor o el sistema de control de procesos externo. La unidad de seguridad avanzada admite actualmente convertidores de frecuencia conectados a redes de tipo TN o TT. Está previsto que haya más tipos de redes compatibles en versiones futuras.

La unidad de seguridad avanzada puede controlarse con las I/O digitales y a través de un fieldbus seguro, cuando corresponda.

### 4.3 Funciones de seguridad

#### 4.3.1 Descripción general de los convertidores de frecuencia con STO y SS1-t (+BEF2)

Los convertidores de frecuencia con STO y SS1-t (+BEF2) proporcionan las siguientes funciones de seguridad:

- Safe Torque Off (STO), tal y como se define en la norma EN IEC 61800-5-2:2017
- Categoría de paro 0, tal y como se define en la norma EN IEC 60204-1:2018.
- Paro Seguro 1 temporizado (SS1-t), según se define en la norma EN IEC 61800-5-2:2017.
- Categoría de paro 1, tal como se define en la norma EN IEC 60204-1:2018.

La función de Safe Torque Off (STO) es un componente en un sistema de control de seguridad. La función de STO evita que la unidad genere la potencia requerida para hacer rotar el motor.

Con SS1-t, el motor decelera dentro de un tiempo de deceleración especificado. La función STO se activa al final de un tiempo de deceleración.

Ambas funciones de seguridad están diseñadas y homologadas conforme a estos requisitos:

- Categoría 3 en EN ISO 13849-1
- Nivel de rendimiento «e» en EN ISO 13849-1
- SIL 3 en IEC 61508 y EN 61800-5-2

Las dos funciones están disponibles para los convertidores de frecuencia iC7 con código adicional para opciones de seguridad funcional +BEF2. Las revisiones específicas del hardware se enumeran en el anexo del certificado de seguridad funcional.

Los convertidores de frecuencia están equipados con una entrada de doble canal, aislada galvánicamente, y una señal de feedback de STO con fines de diagnóstico.

Todas las entradas y salidas de control están aisladas galvánicamente de la tensión de alimentación (PELV) y del resto de terminales de tensión alta, a menos que se especifique lo contrario.

### AVISO

Seleccione y emplee los componentes del sistema de control de seguridad adecuadamente para alcanzar el nivel requerido de seguridad operacional. Antes de integrar y utilizar el 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.

#### 4.3.2 Activación del STO

La función STO se activa por uno de los siguientes factores:

- Una solicitud externa.
- Una vulneración de otra de las funciones de seguridad.
- Un fallo detectado por diagnósticos internos.

La función de Paro Seguro 1 (SS1-t) activa la función STO cuando ha transcurrido un retardo de tiempo específico de la aplicación (supervisión de tiempo).

Utilice la función del STO para detener el convertidor cuando se requiera una de las funciones de seguridad. En el modo de funcionamiento normal, cuando no se necesite el STO, utilice la función de parada normal.

#### 4.3.3 Configuración del comportamiento de rearme y reconocimiento

Las funciones de seguridad se pueden ajustar para que requieran una confirmación de eventos relacionados con la seguridad. Estos eventos incluyen el encendido del dispositivo o la desactivación de las funciones de seguridad.

Las opciones de configuración son:

- **Rearme directo:** La transición al estado operativo no requiere ninguna acción.
- **Reconocimiento no seguro necesario:** Se requiere una confirmación a través de una entrada no segura seleccionada o fieldbus.
- **Reconocimiento seguro necesario:** Se requiere una confirmación a través de una entrada segura seleccionada o fieldbus seguro.



**IMPORTANTE:** Si el problema persiste y el dispositivo permanece en modo de fallo, póngase en contacto con Danfoss.

### AVISO

La prevención por defecto del rearme no intencionado tras la desactivación del STO no cumple los requisitos de SIL 2 o SIL 3. Esto se aplica cuando se configura el rearme manual mediante el parámetro **7.3.1 Safe Torque Off Response**.

- Si un rearme no intencionado es crítico para la instalación, deberá controlarse mediante el uso del STO, tanto después de la activación del STO como en situaciones normales de arranque, por ejemplo después de apagar y volver a encender la unidad.
- Si el reconocimiento del STO forma parte de las funciones de seguridad, el reconocimiento de puesta en marcha manual debe ajustarse mediante un parámetro de seguridad funcional general. Consulte [4.4.2 Parámetros generales de seguridad funcional](#) para obtener más información sobre el parámetro **Reconocimiento de puesta en marcha manual**.

## ⚠ PRECAUCIÓN

El comportamiento de reinicio predeterminado se establece como manual (parámetro **7.3.1 Safe Torque Off Response** = «*Fault*»). Dado que el convertidor de frecuencia siempre se inicia en un estado de seguridad, también es necesario confirmar la liberación de STO después de encender el dispositivo.

- Esto se puede evitar seleccionando el re arranque automático, que borra el estado de seguridad una vez finalizada la puesta en marcha (parámetro **7.3.1 Safe Torque Off Response** = «*Warning*»). Antes de cambiar a Automático, asegúrese de que se cumplan los requisitos del párrafo 6.3.3.2.5 de la norma EN ISO 12100:2011. De forma alternativa, la confirmación manual de la puesta en marcha puede ajustarse mediante un parámetro de seguridad funcional general. Consulte el [4.4.2 Parámetros generales de seguridad funcional](#) para conocer más información.

### Finalizando el STO y reanudando el funcionamiento normal

1. Retire la solicitud de STO.

Dependiendo de la configuración, esto se puede hacer volviendo a aplicar un suministro de 24 V DC a las entradas seguras o eliminando la solicitud del STO a través del fieldbus seguro.

2. Proporcione una señal de reset a través de fieldbus, I/O digitales o el panel de control.

Ajuste la función STO como **Aviso** ajustando el valor del parámetro **7.3.1 Safe Torque Off Response** desde el valor por defecto **Fault** (reset manual) al valor **Warning** (reset automático). El **Aviso** implica que el STO finaliza y se reanuda el funcionamiento normal al aplicar tensión de 24 V DC a las entradas seguras. No es necesario enviar una señal de reset.

### 4.3.4 Propiedades de la entrada de seguridad

Para adaptarse con flexibilidad al sistema de seguridad, las entradas seguras contienen las siguientes propiedades:

- **Aislamiento galvánico de los terminales:** Los bloques de terminales de I/O de seguridad funcional de la tarjeta de control tienen entradas independientes aisladas galvánicamente para permitir, por ejemplo, el intercambio de las polaridades de los terminales de entrada segura, como se muestra en [Figura 9](#) y en [Figura 10](#).
- **Filtrado de pulsos de prueba:** Varios módulos de control comprueban sus salidas seguras utilizando patrones de pulsos de prueba (pruebas de encendido/apagado), para identificar fallos debidos a cortocircuitos o circuitos cruzados. Al interconectar la entrada segura del convertidor con una salida segura del módulo de control, el convertidor responde a las señales de prueba. Un cambio de señal durante un patrón de pulsos de prueba se configura con el parámetro **Tiempo de señal estable** (rango 1-5000 ms). Los pulsos de prueba de la longitud configurada en el parámetro **Tiempo de señal estable** se ignoran en las líneas de entrada segura. También es posible filtrar pulsos cortos, lo que podría provocar la activación incorrecta de las funciones de seguridad.

Consulte [4.4.2 Parámetros generales de seguridad funcional](#) para obtener más información sobre el parámetro **Tiempo de señal estable**.

## AVISO

- El tiempo de señal estable prolonga el tiempo de respuesta de las funciones de seguridad. Las funciones de seguridad se activan una vez transcurrido el tiempo de respuesta.
- Si la señal a la entrada de seguridad no es estable, el convertidor responde con un fallo.

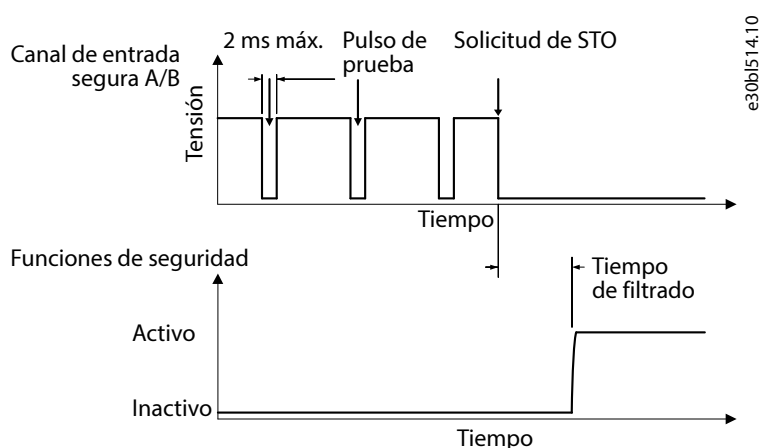


Figura 9: Filtrado del pulsos de prueba

- **Tolerancia de entradas asíncronas:** Las señales de entrada de los terminales de entrada segura no siempre están sincronizadas. Si la discrepancia entre las dos señales es superior a 500 ms, el convertidor indica un fallo de IO como se describe en [4.10.2 Instancias de la señal de feedback de STO](#). Esta característica no retrasa la activación de las funciones de seguridad.

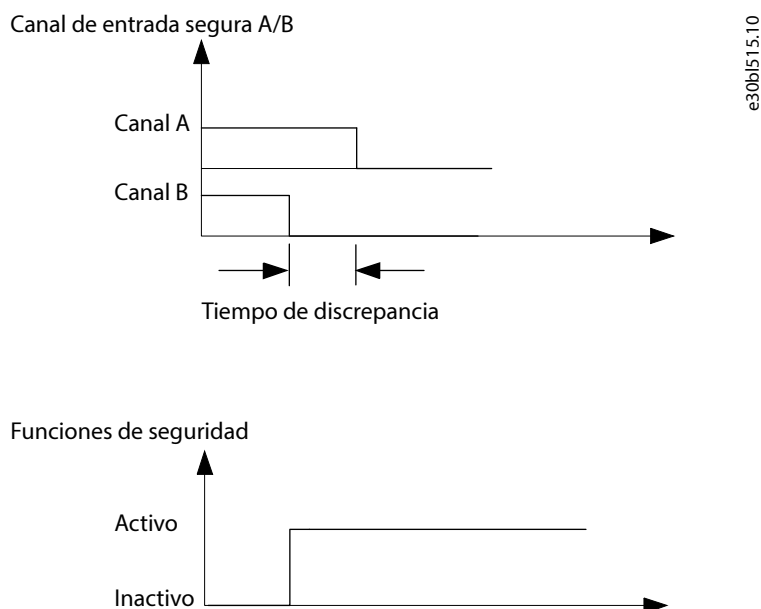


Figura 10: Tiempo de discrepancia

### 4.3.5 Feedback del STO

La señal de feedback de STO es una señal de realimentación de un solo canal que puede emplearse para propósitos de diagnóstico, y para indicar un STO activo. Puede ayudar a lograr una mejor capacidad de seguridad a nivel del sistema, por ejemplo, en casos de retroadaptación, donde se requiere una retroalimentación de diagnóstico al sistema de seguridad.

#### ⚠ PRECAUCIÓN

- La señal de feedback no está diseñada para formar parte de las funciones de seguridad y no tiene un nivel de integridad de seguridad (SIL).

Tabla 17: Instancias de feedback de STO

Estado	Estado de feedback <sup>(1)</sup>	Información adicional
Función estándar	No energizado	El motor está en marcha y no hay funciones de seguridad activas. El feedback de STO no está energizado.
Se ha logrado el estado de STO	Energizado	Se solicita la función STO y se alcanza el estado seguro. Se logra el estado de STO y se establece la conexión con todas las unidades de potencia. La salida de STO no está energizada.
Configuración necesaria	No energizado	Las entradas seguras deben tener una configuración validada para garantizar que todas las unidades de potencia hayan alcanzado el estado de entradas seguras. Las unidades de potencia conectadas forman parte de la configuración y, sin una configuración validada, la entrada segura no puede asumir si se ha establecido una conexión con todas las unidades de potencia.
Actualización del software	No energizado	Durante la actualización del software, el estado de la salida segura no es fiable. La salida de STO no está energizada.
Bootloader y puesta en marcha	No energizado	El bootloader no se comunica y no conoce el estado de la salida de STO en las unidades de potencia. En la puesta en marcha, la comunicación aún no se ha establecido y la tarjeta de entrada segura no conoce el estado de la salida segura de las unidades de potencia.
Fallo interno	No energizado	Indica un problema grave, por ejemplo, en el circuito de STO. No se puede suponer que las I/O de seguridad sepan que todas las salidas de STO estén sin tensión.
Fallo interno crítico	No energizado	Se activa cuando se produce un problema crítico interno, por ejemplo, un fallo de CPU o RAM. No se puede garantizar el funcionamiento y no se puede asumir que las salidas seguras puedan desconectarse.

1) **Energizado:** STO\_FB+ ⇒ Circuito cerrado de STO\_FB- cerrado = paso de corriente = «0» lógico con configuración low side del driver. **No energizado:** STO\_FB+ ⇒ Circuito abierto de STO\_FB- = sin paso de corriente = «1» lógico con configuración low side del driver.

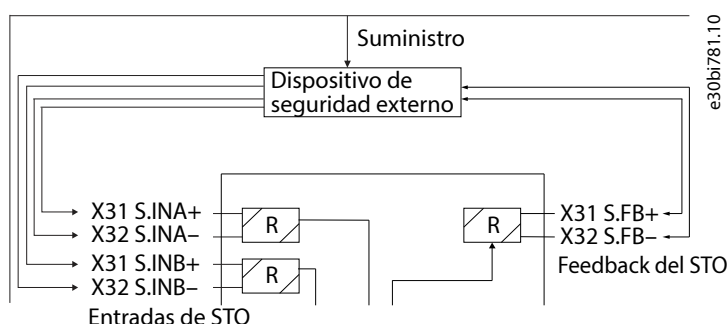


Figura 11: Ejemplo de feedback de STO para convertidores de frecuencia iC7

También se puede utilizar como salida digital para proporcionar una señal de estado. En este caso, la carga podría ser una entrada digital de un PLC.



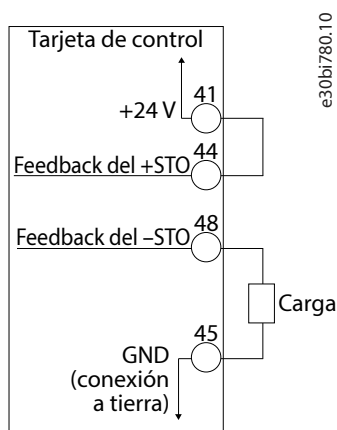


Figura 12: Ejemplo de feedback de STO para convertidores de frecuencia iC7

El valor actual de STO funciona de forma similar a un contactor que se cierra en cuanto ambos canales de entrada de STO no están energizados.

## 4.4 Parámetros de las funciones de seguridad

### 4.4.1 Descripción general de los parámetros de funciones de seguridad

La configuración de la seguridad funcional se realiza en MyDrive® Insight, en *Configuración y servicio > Seguridad funcional > Configuración de seguridad*. Para cambiar los parámetros relacionados con la seguridad funcional es necesario iniciar sesión como administrador.

Los parámetros relacionados con el software de la aplicación, por ejemplo, el comportamiento de rearme automático/manual después de la desactivación de la función STO, se incluyen en el grupo de parámetros **Seguridad funcional**. Los valores por defecto de fábrica y otros ajustes predeterminados no son válidos para las aplicaciones de seguridades como tales, y todos los valores de parámetros deben comprobarse para garantizar que la configuración sea adecuada para la aplicación. Para obtener más información sobre el ajuste de los parámetros, consulte la documentación del software de la aplicación.

**!** IMPORTANTE: Después de la puesta en marcha inicial y la modificación de la configuración o de los parámetros de seguridad funcional, se debe realizar una prueba de la puesta en servicio para verificar la funcionalidad de cada una de las funciones de seguridad. Para obtener más información, consulte el [4.8.4 Prueba de puesta en servicio para funciones de seguridad STO](#) y la [4.8.5 Prueba de puesta en servicio de funciones de seguridad de Paro Seguro 1 temporizado \(SS1-t\)](#).

La configuración de las características de seguridad funcional debe realizarse de acuerdo con la instalación y el cableado del sistema de seguridad, y consta de los siguientes pasos:

1. Configuración de los parámetros generales
2. Configuración de fallos
3. Configuración de fieldbus seguro
4. Configuración de STO
5. Configuración de SS1
6. Guardar en el dispositivo
7. Verificación de los parámetros
8. Validar informe
9. Informe de puesta en servicio

## 4.4.2 Parámetros generales de seguridad funcional

Tabla 18: Parámetros generales de seguridad funcional

Nombre del parámetro <sup>(1)</sup>	Selecciones	Valor predeterminado	Descripción
Tiempo de señal estable (A)	1–5000 ms	10	Retardo hasta que un cambio de señal a <b>Baja</b> se detecta como estable. Este parámetro especifica un retardo además del tiempo especificado para la interpretación de la señal de entrada en el convertidor.
Entrada de reconocimiento de fallos de I/O (B)	No seleccionado	No seleccionado	Especifica la entrada digital segura que puede asociarse al reconocimiento de los fallos de I/O.
	Entrada segura (X31/X32)		
Flanco de activación para la confirmación de fallo de I/O (C)	Flanco ascendente	Flanco ascendente	Especifica el flanco para el reconocimiento de los fallos de I/O.
	Flanco descendente		
Comportamiento de reinicio tras eliminar fallos de I/O (D)	Reconocimiento no seguro necesario	Reconocimiento no seguro necesario	Especifica el comportamiento de reinicio en caso de fallo de I/O.
	Reconocimiento seguro necesario		
Entrada de reconocimiento de puesta en marcha (E)	No seleccionado	No seleccionado	Especifica la entrada digital segura que puede asociarse al reconocimiento de la puesta en marcha.
	Entrada segura (X33)		
Flanco de activación para el reconocimiento de la puesta en marcha (F)	Flanco ascendente	Flanco ascendente	Especifica el flanco para el reconocimiento de los fallos de I/O.
	Flanco descendente		
Reconocimiento de puesta en marcha manual (G)	Rearme directo	Rearme directo	Especifica el comportamiento de reinicio tras reconocimiento de puesta en marcha.
	Reconocimiento no seguro necesario		
	Reconocimiento seguro necesario		

1) Los parámetros se identifican con letras en la sección Configuración de seguridad de MyDrive® Insight. La letra se indica entre paréntesis después del nombre de cada parámetro de esta tabla.

## 4.4.3 Configuración de fallos

Tabla 19: Parámetros de configuración de fallos

Nombre del parámetro <sup>(1)</sup>	Selecciones	Valor predeterminado	Descripción
Mapeo de fallos de IO (A)	STO	STO	Mapeo de las instancias de fallos de IO.
	Primera instancia de SS1		

1) Los parámetros se identifican con letras en la sección Configuración de seguridad de MyDrive® Insight. La letra se indica entre paréntesis después del nombre de cada parámetro de esta tabla.

## 4.4.4 Fieldbus seguro

Tabla 20: Parámetros generales de seguridad funcional

Nombre del parámetro <sup>(1)</sup>	Selecciones	Valor predeterminado	Descripción
Dirección de fieldbus seguro (A)	1-65535	1	La dirección del dispositivo en el subsistema de fieldbus seguro.
Configuración de fieldbus seguro (B)	FALSO/VERDADERO (Casilla de verificación <b>Habilitado</b> no seleccionada/seleccionada).	FALSO (Casilla de verificación <b>Habilitado</b> no seleccionada.)	Especifica si el fieldbus seguro está habilitado.

1) Los parámetros se identifican con letras en la sección Configuración de seguridad de MyDrive® Insight. La letra se indica entre paréntesis después del nombre de cada parámetro de esta tabla.

## 4.4.5 Safe Torque Off (STO)

Las funciones de seguridad de Safe Torque Off (STO) permiten desactivar la salida del convertidor para que este no pueda generar par en el eje del motor.

La función STO corresponde a un paro no controlado de acuerdo con la categoría de paro 0 de la norma IEC 60204-1. Los eventos que pueden activar la función STO son:

- Una solicitud externa.
- Una vulneración de otra de las funciones de seguridad.
- Un fallo detectado por diagnósticos internos.

### AVISO

El convertidor de frecuencia siempre se inicia en un estado seguro, que se elimina automáticamente una vez finalizada la puesta en marcha.

- Cuando el parámetro **Comportamiento de rearme tras desactivar el STO** se configura para requerir un reconocimiento, el reconocimiento también es necesario cuando se enciende el dispositivo y no solo cuando se han desactivado funciones de seguridad.

Tabla 21: Parámetros de STO

Nombre del parámetro <sup>(1)</sup>	Selecciones	Valor predeterminado	Descripción
Configuración de la activación (A)	No energizado (función siempre activada)	Entrada segura (X31/X32)	Especifica la entrada digital segura que puede asociarse a la activación de las funciones de seguridad.
	Entrada segura (X31/X32)		
	Energizado (función siempre desactivada)		
Comportamiento de rearme tras desactivar el STO (B)	Rearme directo	Rearme directo	Especifica el comportamiento de rearme para STO.
	Reconocimiento no seguro necesario		
	Reconocimiento seguro necesario		

**Tabla 21: Parámetros de STO - (continuación)**

Nombre del parámetro <sup>(1)</sup>	Selecciones	Valor predeterminado	Descripción
Asignación de entrada digital para el reinicio del reconocimiento de STO	No seleccionado	No seleccionado	Especifica la entrada digital segura que se puede asociar al reinicio del reconocimiento de STO.
	Entrada segura (X31/X32)		
Flanco de activación para el reinicio del reconocimiento de STO (D)	Flanco ascendente	Flanco ascendente	Especifica el cambio en la entrada digital segura, que está asociada al reinicio del reconocimiento del STO.
	Flanco descendente		

1) Los parámetros se identifican con letras en la sección *Configuración de seguridad de MyDrive® Insight*. La letra se indica entre paréntesis después del nombre de cada parámetro de esta tabla.

#### 4.4.6 Paro Seguro 1 temporizado (SS1-t)

Las funciones de seguridad de Paro Seguro 1 temporizado (SS1-t) activan la deceleración a velocidad cero de forma controlada y activan las funciones de seguridad Safe Torque Off (STO) después de un tiempo especificado.

Las características de las funciones de seguridad son:

- Las funciones de seguridad de Paro Seguro 1 se corresponden con un paro de categoría 1 (paro controlado) de acuerdo con la norma EN IEC 60204-1.
- El motor se queda sin par y elimina los movimientos peligrosos.

La función SS1-t opera con el modo de control de tiempo y activa la función STO cuando ha transcurrido un retardo de tiempo específico de la aplicación.

Es posible configurar dos instancias independientes de la función SS1 con juegos de parámetros individuales.

### PRECAUCIÓN

- Recuerde configurar los parámetros **7.4.1 Respuesta a Paro Seguro 1** y **7.4.3 Rampa de deceleración segura** en el grupo de parámetros **7.4 SS1 SS2**.
- Con los ajustes por defecto para los parámetros del grupo **7.4 SS1 SS2**, la función STO se activa después de que haya transcurrido el **Tiempo máximo** del temporizador sin ninguna rampa de decremento del motor al activar la función SS1.

Los parámetros se identifican con letras en la sección *Configuración de seguridad de MyDrive® Insight*. La letra se indica entre paréntesis después del nombre de cada parámetro en [Tabla 22](#).

**Tabla 22: Parámetros de SS1**

Nombre del parámetro	Selecciones	Valor predeterminado	Descripción
<b>Instancia 1 SS1</b>			
Configuración de la activación (A)	No energizado (función siempre activada)	Energizado (función siempre desactivada)	Especifica la entrada digital segura que puede asociarse a la activación de las funciones de seguridad.
	Entrada segura (X31/X32)		
	Energizado (función siempre desactivada)		
Tiempo máximo (B)	2–3600000 ms	2 ms	El tiempo máximo del procedimiento de parada.
Retardo antes de la monitorización (C) <sup>(1)</sup>	1–60000 ms	1 ms	El tiempo para ignorar la deceleración tras la activación de SS1.

Tabla 22: Parámetros de SS1 - (continuación)

Nombre del parámetro	Selecciones	Valor predeterminado	Descripción
Retardo para la detección del estado de limitación (D) <sup>(1)</sup>	1–60000 ms	1 ms	El tiempo durante el cual la velocidad debe estar dentro de los límites antes de activar el estado final (activación temprana).
Límite de deceleración (E) <sup>(1)</sup>	1/500 revoluciones / (s*s)	0	El límite para la deceleración. a_SS1 = 0 significa «Sin monitorización de deceleración».
Límite para la velocidad (F) <sup>(1)</sup>	2^16 revoluciones/s	1	El límite dentro de la velocidad se acepta como 0.
<b>Instancia 2 SS1</b>			
Configuración de la activación (A)	No energizado (función siempre activada)	Energizado (función siempre desactivada)	Especifica la entrada digital segura que puede asociarse a la activación de las funciones de seguridad.
	Entrada segura (X31/X32)		
	Energizado (función siempre desactivada)		
Tiempo máximo (B)	2–3600000 ms	2 ms	El tiempo máximo del procedimiento de parada.
Retardo antes de la monitorización (C) <sup>(1)</sup>	1–60000 ms	1 ms	El tiempo para ignorar la deceleración tras la activación de SS1.
Retardo para la detección del estado de limitación (D) <sup>(1)</sup>	1–60000 ms	1 ms	El tiempo durante el cual la velocidad debe estar dentro de los límites antes de activar el estado final (activación temprana).
Límite de deceleración (E) <sup>(1)</sup>	1/500 revoluciones / (s*s)	0	El límite para la deceleración. a_SS1 = 0 significa «Sin monitorización de deceleración».
Límite para la velocidad (F) <sup>(1)</sup>	2^16 revoluciones/s	1	El límite dentro de la velocidad se acepta como 0.

1) Los parámetros C-F no se pueden configurar para SS1-t.

## AVISO

La función de retardo SS1 no supervisa la parada del convertidor. El tiempo relevante para la seguridad permite que el convertidor se detenga antes de que se active la función Safe Torque Off y garantiza que el sistema se detenga antes de que se active la función Safe Torque Off.

Si se produce un fallo, el convertidor no se detiene. El convertidor girará por inercia después del retardo de tiempo, independientemente de la velocidad del convertidor.


El uso del retardo SS1 puede hacer que el motor siga girando cuando se activa la función Safe Torque Off.

- El análisis de riesgos de la máquina debe indicar que este comportamiento se puede tolerar.
- Puede ser necesario un enclavamiento.

## 4.4.7 Guardar en dispositivo

Después de configurar los parámetros de seguridad para la aplicación, guárdelos en el dispositivo.


1. En MyDrive® Insight, vaya a *Configuración y Servicio* > *Seguridad funcional* > *Configuración de seguridad* > *Guardar en dispositivo*.
2. Haga clic en *Aceptar*.

 Los parámetros se verifican y el estado se actualiza desde **Preparado** a **Verificar**.

## 4.4.8 Validación y generación de un informe de puesta en servicio

Para convertidores con opciones de seguridad funcional +BEF2, se puede generar un informe de puesta en servicio utilizando MyDrive® Insight. El informe de puesta en servicio describe los valores establecidos para los parámetros relacionados con la seguridad en el convertidor.

1. En MyDrive® Insight, diríjase a *Configuración* > *del dispositivo y Servicio* > *Seguridad funcional* > *Validar informe*.
2. Diríjase a *Configuración* > *del dispositivo y Servicio* > *Seguridad funcional* > *Informe de puesta en servicio* para ver el informe de puesta en servicio.


 Después de la puesta en servicio de todas las funciones de seguridad, haga clic en el icono de descarga en la esquina superior derecha para descargar el informe como archivo PDF. Se recomienda guardar una copia del informe de puesta en servicio en una ubicación externa.

3. Guardar los informes de las pruebas de aceptación en el libro de registros de la máquina.

El informe debe incluir:

- o Una descripción de la aplicación de seguridades.
- o Una descripción y revisiones de los componentes de seguridad utilizados en la aplicación de seguridades.
- o Lista de todas las funciones de seguridad que se utilizan en la aplicación de seguridades.
- o Una lista de todos los parámetros relacionados con la seguridad y sus valores. También se recomienda enumerar los parámetros y valores no relacionados con la seguridad.
- o Documentación de las actividades de puesta en marcha, con referencias a informes de fallos y resolución de los fallos.
- o Los resultados de la prueba para cada una de las funciones de seguridad, todos los valores de los parámetros de seguridad, incluido el valor CRC de la configuración de seguridad, las fechas de las pruebas y la confirmación por parte del personal encargado de las pruebas.

4. Validar el informe de puesta en servicio.
  - a. Compruebe que la información de hardware y configuración sea correcta y que las versiones de software de los componentes y subsistemas relacionados con la seguridad sean correctas.
  - b. Compruebe que la información del módulo puesto en servicio coincida con la información del plan de puesta en servicio y el informe de puesta en servicio.

 **IMPORTANTE:** Después de cada cambio o mantenimiento del sistema, se deben guardar nuevos informes de pruebas de aceptación en el libro de registros de la máquina.

## 4.5 Fieldbus seguro

### 4.5.1 PROFIsafe

PROFIsafe es un protocolo de seguridad adicional que se añade a un sistema de transmisión estándar (PROFINET/PROFIBUS). PROFIsafe utiliza varias tecnologías para garantizar la validez y el estado de la comunicación de fieldbus, lo que hace que sea fiable para su uso con dispositivos de seguridad.

Estas medidas incluyen:

- Numeración consecutiva.
- Monitorización del tiempo de watchdog con reconocimiento.
- Nombre en código por relación de comunicación.
- Comprobación de redundancia cíclica para la integridad de los datos.

La comunicación a través de los sistemas de transmisión no seguros se denomina «black channel».

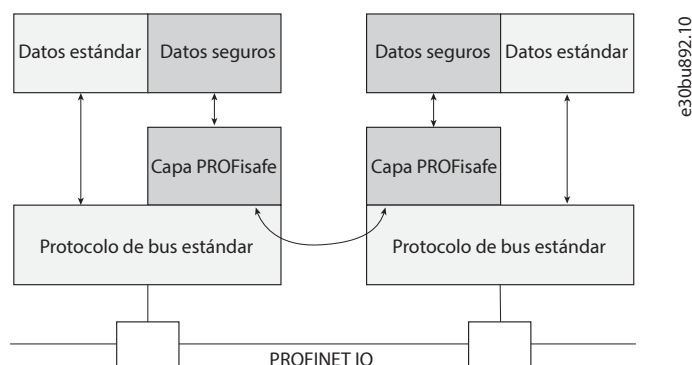


Figura 13: Comunicación PROFIsafe

### 4.5.2 Sistema PROFIsafe

El convertidor puede comunicarse con el PLC de seguridad a través de PROFINET. Los datos intercambiados incluyen datos relacionados con la seguridad y datos de proceso no seguros. Para datos relacionados con la seguridad, pasa por la trama de PROFIsafe y coincide con el formato PROFIdrive.

El convertidor es compatible con PROFIsafe V2.4 y V2.6. La versión V2.6 es compatible con la versión V2.4. Para ofrecer la máxima flexibilidad y comodidad, el archivo GSD contiene 2 módulos. Seleccione uno de los siguientes módulos de acuerdo con los requisitos para configurar la comunicación entre el PLC y el convertidor:

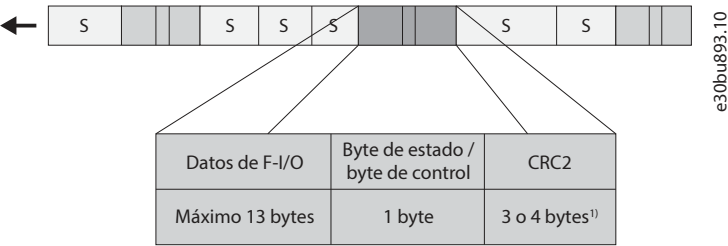
- Standard Telegram 30 (PROFIsafe 2.4): Suma de comprobación CRC de 3 bytes
- Standard Telegram 30 (PROFIsafe 2.6.1): Suma de comprobación CRC de 4 bytes

### 4.5.3 Trama de PROFIsafe

La trama de PROFIsafe, que se intercambia entre el PLC de seguridad (host F) y el dispositivo de seguimiento de seguridad (Dispositivo F), incluye:

- Datos de I/O de seguridad (F-I/O), que se utilizan para controlar el proceso de seguridad del convertidor.
- Un byte de estado/control utilizado para la comunicación PROFIsafe.
- Una señal CRC, que garantiza la validez de la trama.





1) PROFIsafe V2.4 corresponde a 3 bytes y PROFIsafe V2.6 corresponde a 4 bytes.

Figura 14: Estructura de la trama de PROFIsafe (S=trama estándar)

Para indicar, monitorizar y configurar el estado de seguridad del dispositivo F, consulte las descripciones de los bytes de estado y control en [Tabla 23](#) y [Tabla 24](#).

Para obtener más información, consulte *PROFIsafe - Perfil para tecnología de seguridad en las especificaciones técnicas de PROFIBUS DP y PROFINET IO*.

Tabla 23: Descripción del byte de estado de PROFIsafe

Bit	Señal	Descripción
0	iPar_OK	Sin uso.
1	Device_Fault	Fallo en el dispositivo F
2	CE_CRC	Fallo de comunicación: CRC
3	WD_timeout	Fallo de comunicación: tiempo límite de watchdog
4	FV_activated	Valores a prueba de fallos (FV) activados.
5	Toggle_d	Bit de conmutación (dispositivo F)
6	Cons_nr_R	La numeración consecutiva se ha restablecido.
7	–	Reservado

Tabla 24: Descripción del byte de control de PROFIsafe

Bit	Señal	Descripción
0	iPar_EN	Sin uso.
1	OA_Req	Reconocimiento del operador
2	R_cons_nr	Resetear numeración consecutiva
3	–	Reservado
4	Activate_FV	Valores a prueba de fallos (FV) que deben activarse.
5	Toggle_h	Bit de conmutación (host F)
6	–	Reservado
7	–	Reservado

#### 4.5.4 Parametrización para PROFIsafe

Cuando se utiliza PROFIsafe, el protocolo requiere que se envíen parámetros de seguridad específicos (parámetros F) del host F al dispositivo F. Estos valores de parámetros deben ajustarse en el convertidor a través de MyDrive® Insight y en el host F a través de su herramienta de configuración. Durante la puesta en marcha, los valores del host F se transmiten al convertidor de frecuencia y este los compara con los valores del propio convertidor. Los valores configurados para el host F y el dispositivo F deben ser los mismos para que se inicie la comunicación de seguridad.

La capa de seguridad se inicia siempre que el canal de comunicación (PROFINET) establezca la comunicación de forma cíclica. Una inicialización fallida del protocolo PROFIsafe no afectará a la comunicación cíclica de PROFINET. La comunicación cíclica de PROFINET se puede utilizar para leer información de diagnóstico si falla la parametrización de PROFIsafe.

Tabla 25: Ajustes en el PLC de seguridad

Valor	Descripción
Dirección de origen F	Dirección de PROFIsafe del PLC.
Dirección de destino F	El valor debe ser el mismo que la dirección de destino F en el convertidor de frecuencia.
F_WD_Time	El valor debe ser el mismo que F_WD_Time en el convertidor de frecuencia.
Telegrama de seguridad y datos de F-I/O del telegrama de seguridad	El valor debe ser el mismo que el telegrama de seguridad del convertidor. Los datos de F-I/O deben estar asignados como se describe en las tablas de <a href="#">4.5.8 Control word de PROFIsafe</a> y <a href="#">4.5.9 Status word de PROFIsafe</a> .

Los siguientes parámetros relacionados con PROFIsafe no se pueden editar en el convertidor. Deben tener el mismo valor en la comunicación del PLC de seguridad con el chip de la gateway del convertidor a través de PROFIsafe. Los valores de la siguiente tabla se definen en el archivo de descripción GSD del fieldbus, que Danfoss proporciona para el chip de la gateway del convertidor, y no deben modificarse.

**!** IMPORTANTE: El convertidor tiene el tipo 1 de F-Address-Check, lo que significa que el convertidor solo comprueba F\_DestAdd.

**!** IMPORTANTE: Realice una prueba de puesta en servicio para garantizar que los iParameter del convertidor sean correctos.

Tabla 26: Parámetros F no editables

Parámetro	Valor	Unidad	Descripción
F check iPar	0 = NoCheck	–	Comprobación iPar específica del fabricante.
F CRC length	0 = 3 bytes o 4 bytes CRC <sup>(1)</sup>	–	Longitud de la señal CRC2.
F block ID	1 = F iPar CRC dentro del bloque de parámetros F	–	Identificación del tipo de bloque de parámetros.
F Par version	1 = Modo V2	–	Número de versión de los parámetros F.
F SIL	8 = SIL 3	–	Nivel SIL utilizado del dispositivo F.

1) Dependiendo de la versión de PROFIsafe: V2.4, CRC de 3 bytes; V2.6, CRC de 4 bytes.

## 4.5.5 Tiempo de Watchdog para PROFIsafe

Utilice el tiempo de watchdog del parámetro F (F\_WD\_Time) para determinar un tiempo de Watchdog para la comunicación entre el host F y el dispositivo F.

El tiempo mínimo de watchdog tiene 4 partes:

- DAT = Tiempo de reconocimiento del dispositivo (Device Acknowledgment Time). El dispositivo F recibe una trama, la procesa y prepara una nueva trama para enviarla.
- Bus = el tiempo de transferencia de la trama desde el convertidor de frecuencia al host F.
- HAT = Tiempo de reconocimiento del host (Host Acknowledgment Time). El host F recibe una trama, la procesa y genera una nueva trama.
- Bus = el tiempo de transferencia de la trama desde el host F al convertidor de frecuencia.

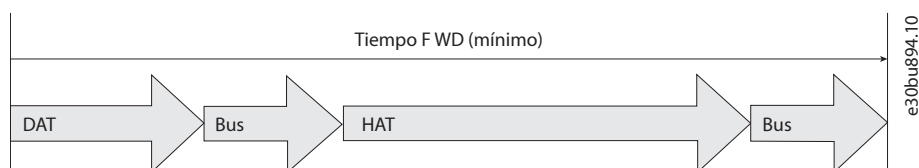


Figura 15: Tiempo de Watchdog para PROFIsafe

En ocasiones es difícil determinar el tiempo de transferencia del bus que se utiliza para calcular el tiempo de watchdog. Para obtener más información sobre los tiempos de ciclo, consulte las guías de usuario del fieldbus específico. El valor de F\_WD\_Time se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:  $F\_WD\_Time = DAT + HAT + 2 \times BT$

Tabla 27: Partes del tiempo de watchdog

Símbolo	Nombre	Descripción
DAT	Tiempo de reconocimiento del dispositivo	60 ms para el sistema completo de convertidores de frecuencia.
HAT	Tiempo de reconocimiento del host	Específica de la aplicación.
BT	Tiempo de ciclo de bus	El tiempo de ciclo del bus.

El parámetro F F\_WD\_Time debe tener un valor ligeramente superior a la suma de DAT, HAT y dos veces el tiempo de transferencia del bus. Se recomienda no superar el valor calculado en más del 30 %. Ajustar un tiempo de watchdog más corto no afecta a la seguridad de un sistema, pero puede provocar un fallo en el convertidor.

Por ejemplo, si HAT es de 4 ms y el tiempo de ciclo de PROFINET es de 4 ms, F\_WD\_Time debe establecerse en:

$$F\_WD\_Time = (DAT + HAT + 2 \times BT) \times 1.3 = (60ms + 4ms + 2 \times 4ms) \times 1.3 = 94ms$$



NOTA: Si se producen interferencias electromagnéticas extremas, los sistemas de comunicación utilizan mecanismos de reintentos para aumentar la solidez del sistema. Antes de establecer el F\_WD\_Time, se recomienda encontrar el número de reintentos de cada conexión y ajustar el tiempo mínimo de watchdog si fuera necesario.

## 4.5.6 Tiempo de respuesta de las funciones de seguridad de PROFIsafe (Safety Function Response Time, SFRT)

PROFIsafe especifica un tiempo de respuesta de las funciones de seguridad (Safety Function Response Time, SFRT), durante el cual el sistema de seguridad debe reaccionar ante un fallo en el sistema. El SFRT incluye todos los retardos individuales, incluidos los tiempos de transferencia del bus. Todos estos elementos tienen retardos mínimos y máximos, y es probable que el retardo real se encuentre entre estos valores. Por motivos de seguridad, cada ciclo de comunicación tiene su propio tiempo de watchdog WDTIME; tras el cual se activa el estado seguro si se produce un fallo en ese ciclo de comunicación.

El tiempo de respuesta de las funciones de seguridad se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$SFRT = \sum_{i=1}^n WCDT_i + \max_{i=1,2,\dots,n} (WDTIME_i - WCDT_i)$$

Tabla 28: Componentes del cálculo del tiempo de respuesta de las funciones de seguridad

Abreviatura	Definición
SFRT	Tiempo de respuesta de las funciones de seguridad (Safety Function Response Time)
WCDT <sub>i</sub>	Tiempo de retardo del peor caso posible de la entidad i (Worst Case Delay Time of entity i)
WDTIME <sub>i</sub>	Tiempo de watchdog de la entidad i (Watchdog Time of entity i). Consulte <a href="#">4.5.5 Tiempo de Watchdog para PROFIsafe</a> .

Si se añaden los tiempos de retardo del peor caso posible a los componentes del sistema de seguridad, se obtiene el tiempo de retardo total del peor caso, como se indica en [Tabla 29](#).

Tabla 29: Parámetros de tiempo

Dispositivo	Tiempo de retardo del peor de los casos	Tiempo de watchdog
El sistema completo de convertidores de frecuencia	120 ms	Recomendado 250 ms o más

#### 4.5.7 PROFIdrive con PROFIsafe

El convertidor es compatible con el Standard Telegram 30 de PROFIsafe. En las siguientes secciones se describe el PROFIdrive con el Standard Telegram de 30 bits de PROFIsafe. En un programa PLC, dirija las funciones de seguridad utilizando bits y no bytes.

El byte 0 es específico de PROFIdrive con PROFIsafe y el byte 1 es específico del proveedor.

#### 4.5.8 Control word de PROFIsafe

Tabla 30: Control word de PROFIsafe

Byte	Bit	Nombre	Información adicional
Byte 0	0	STO	–
	1	SS1_INSTANCE_1	–
	2-6	No compatible	Los bits que no son compatibles se establecen en 0.
	7	INTERNAL_EVENT_ACK	–
Byte 1	0	ACK_SAFETY	–
	1-7	No compatible	Los bits que no son compatibles se establecen en 0.

- Byte 0 Bit 0, STO
  - Bit 0.0=0, Safe Torque Off (cero-activo).
  - Bit 0.0=1, Sin Safe Torque Off.
- Byte 0 Bit 1, SS1\_INSTANCE\_1
  - Bit 0.1=0, paro seguro 1 (cero-activo).
  - Bit 0.1=1, Sin paro seguro 1.

- Byte 0 Bit 7, INTERNAL\_EVENT\_ACK
  - Cuando este valor de bit cambia de 1 a 0 (flanco 1→0), se emite una confirmación al buffer de fallos de seguridad. Las entradas de fallo en el buffer de fallos de seguridad se desplazan a la última situación de fallo reconocida. Los fallos que todavía están presentes o que no se pueden reconocer vuelven a aparecer en la situación de fallo actual. Para obtener más información, consulte la descripción del perfil PROFIdrive en [www.profibus.com](http://www.profibus.com).
- Byte 1 Bit 0, ACK\_SAFETY
  - Reconocimiento de las funciones de seguridad (1 → 0) para STO

## 4.5.9 Status word de PROFIsafe

Tabla 31: Status word de PROFIsafe

Byte	Bit	Nombre	Información adicional
Byte 0	0	POWER_REMOVED	Si STO se activa por entrada digital segura o porque ha expirado el temporizador SS1, este bit también indica «activo».
	1	SS1_INSTANCE_1	Si SS1 se activa mediante entrada digital segura, este bit también indica «activo».
	2-6	No compatible	Los bits que no son compatibles se establecen en 0.
	7	INTERNAL_EVENT	–
Byte 1	0	SAFETY_EVENT	–
	1-2	No compatible	Los bits que no son compatibles se establecen en 0.
	3	SAFE_INPUT	Estado de los terminales X31/X32 para entrada segura
	4-7	No compatible	Los bits que no son compatibles se establecen en 0.

- Byte 0 Bit 0, STO
  - Bit 0.0=0, Safe Torque Off inactivo.
  - Bit 0.0=1, Safe Torque Off activo (uno-activo).
- Byte 0 Bit 1, SS1\_INSTANCE\_1
  - Bit 0.1=0, paro seguro 1 instancia 1 inactiva.
  - Bit 0.1=1, paro seguro 1 instancia 1 (uno-activo).
- Byte 0 Bit 7, INTERNAL\_EVENT
  - Bit 0.7=0, no hay fallo de seguridad.
  - Bit 0.7=1, fallo de seguridad detectado.
- Byte 1 Bit 0 SAFETY\_EVENT
  - 1: Una de las funciones de seguridad no reconocida está activa (STO). El nodo de seguridad del convertidor espera una confirmación a través de ACK\_SAFETY o de la entrada segura local.
  - 0: Reconocimiento no necesario.
- Byte 1 Bit 3 SAFE\_INPUT
  - 1: Entrada segura local en el estado solicitado.
  - 0: La entrada segura local no está en el estado solicitado.

## 4.6 Instalación

### 4.6.1 Instalación de convertidores de frecuencia con STO, SS1-t y soporte de fieldbus seguro (+BEF2)

#### Requisitos previos:

Para la conexión del motor, la conexión de red de CA y el cableado de control, siga las instrucciones de instalación segura de la documentación suministrada con el convertidor.

Todo el cableado relacionado con la seguridad funcional debe realizarse en los bloques de terminales X31 y X32. Consulte [Figura 16](#) para conocer la ubicación de los terminales.

#### AVISO

Si se utilizan cables multitrenzados en la instalación, deberán utilizarse mallados u otros medios de protección adecuados para evitar que se produzca un cortocircuito de cualquier conductor con otro pin adyacente.

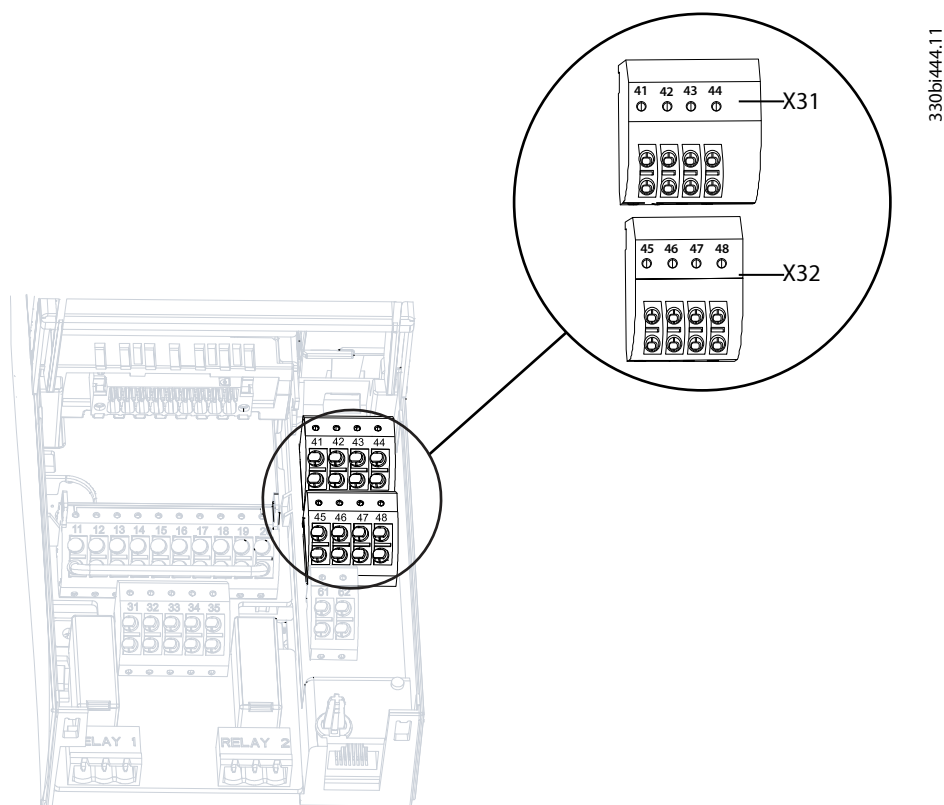


Figura 16: Terminales de seguridad funcional

Tabla 32: Terminales de I/O de seguridad funcional en convertidores de frecuencia

Terminal X31			Terminal X32		
Numeración	Nombre del terminal	Funciones	Numeración	Nombre del terminal	Funciones
41	24 V	+ Salida de 24 V DC	45	GND (conexión a tierra)	0 V/GND
42	S.INA+	+ Canal A de entrada segura	46	S.INA-	- Canal A de entrada segura

Tabla 32: Terminales de I/O de seguridad funcional en convertidores de frecuencia - (continuación)

Terminal X31			Terminal X32		
Numeración	Nombre del terminal	Funciones	Numeración	Nombre del terminal	Funciones
43	S.INB+	+ Canal B de entrada segura	47	S.INB-	- Canal B de entrada segura
44	S.FB+	+ Feedback del STO	48	S.FB-	- Feedback del STO

El convertidor de frecuencia se envía sin ningún cableado a los terminales de I/O de seguridad funcional. Como resultado, todas las entradas seguras se desenergizan y la función STO se activa en la configuración por defecto.

- Si no se necesitan las funciones de seguridad STO:
  - Conecte el bloque de terminales como se muestra en [Figura 17](#), o utilice los puentes STO de la bolsa de accesorios y móntelos en X31 y X32. Esto garantizará que ambas entradas seguras estén energizadas con 24 V DC para permitir el funcionamiento normal.

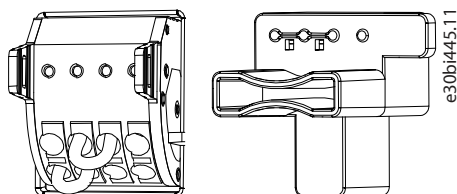


Figura 17: Bloque de terminales cableado (a la izquierda) y conexión del puente STO (a la derecha)

- Configure el parámetro de STO **Configuración de activación (A)** como **Energizado (función siempre desactivada)**. Para obtener más información sobre el parámetro, consulte [4.4.2 Parámetros generales de seguridad funcional](#).

## 4.6.2 Ejemplos de conexión

Debido al aislamiento galvánico de las entradas de STO, varias conexiones y diferentes polaridades son posibles en el cableado. Por ejemplo, conecte un accionamiento de seguridad a los terminales de entrada de STO y ajuste las referencias de tensión como se muestra en [Figura 18](#) y [Figura 19](#). Se admiten configuraciones con el mismo nivel de tensión en ambos canales (+24 V), pero también configuraciones con diferentes niveles de tensión (+24 V y GND).

### AVISO

#### NIVEL DE TENSIÓN PELIGROSO

- Para evitar que las tensiones se sumen y alcancen un nivel peligroso, la referencia GND PELV del convertidor de frecuencia y del dispositivo de seguridad externo deben estar interconectados.

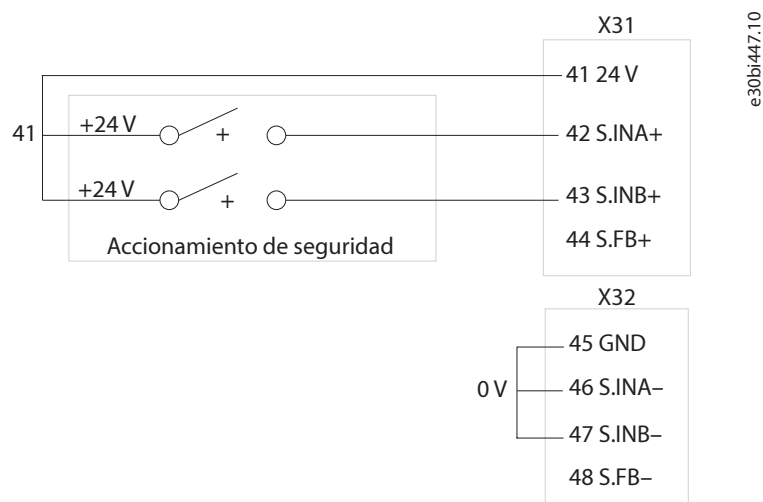


Figura 18: Ejemplo de conexión STO para utilizar las mismas polaridades (canal A y canal B = 24 V)

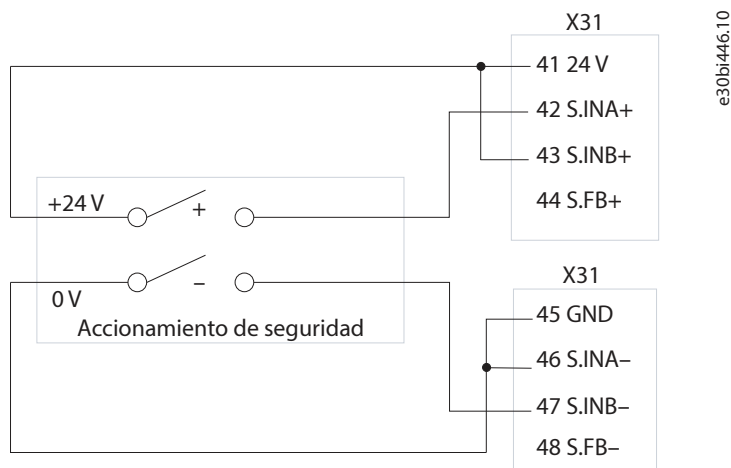


Figura 19: Ejemplo de conexión STO para el uso de diferentes polaridades

Para otros ejemplos de cableado, consulte la documentación del software de la aplicación.

## 4.7 Herramientas de configuración

### 4.7.1 Descripción general

MyDrive® Insight es una herramienta de software independiente de la plataforma para la puesta en servicio, ingeniería y monitorización de convertidores. MyDrive® Insight también se utiliza para configurar los parámetros del convertidor.

MyDrive® Insight es la única herramienta que permite configurar las funciones y características de seguridad estándar de los convertidores de frecuencia iC7. Las funciones de seguridad avanzadas y los buses de campo seguros requieren MyDrive® Insight.

Para obtener información detallada sobre las funciones de MyDrive® Insight, consulte la ayuda en línea de MyDrive® Insight.

### 4.7.2 Configuración del Sistema de Seguridad

Los convertidores iC7 están equipados con funciones de seguridad tanto obligatorias como configurables que evitan el acceso no autorizado al convertidor, garantizando una conexión segura al convertidor y lo protegen frente a modificaciones no autorizadas del software.

Para obtener más información sobre las funciones de seguridad incluidas en el software de la aplicación, consulte la documentación del software de la aplicación.



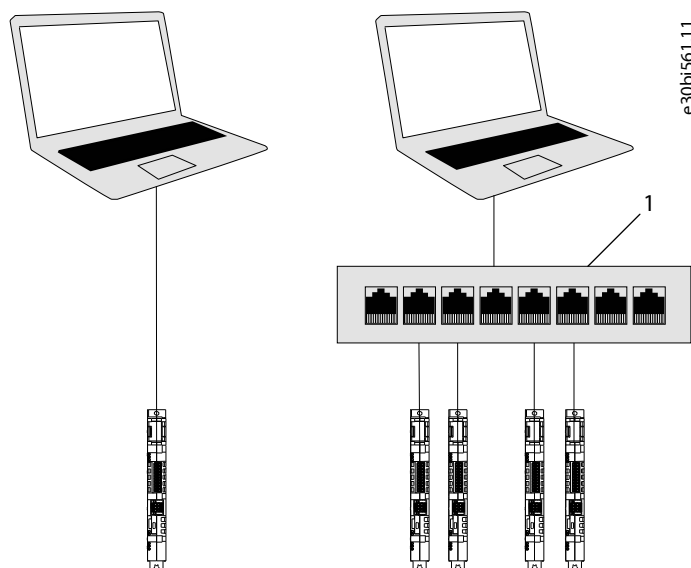
Las funciones de seguridad configurables pueden ajustarse según los requisitos de la aplicación. Los parámetros relacionados con la seguridad están protegidos por contraseña.

### 4.7.3 Preparación para la conexión al PC

Utilice estas instrucciones para conectar el convertidor o varios convertidores a un PC con un cable RJ45.

1. Conecte un cable RJ45 al PC.

Para conectar varios convertidores al mismo tiempo, utilice un conmutador Ethernet entre el PC y la unidad de control.



1 Conmutador Ethernet

Figura 20: Conexión del convertidor de frecuencia a un PC

2. Conecte el cable procedente del PC o del conmutador Ethernet al puerto Ethernet X0 de la unidad de control del convertidor.
3. Consulte la guía de aplicación para obtener información sobre los siguientes pasos.

### 4.7.4 MyDrive® Insight

#### 4.7.4.1 Instalación de MyDrive® Insight

1. Para instalar la herramienta, vaya a <https://suite.mydrive.danfoss.com/content/tools>.
2. Instale MyDrive® Insight.

Para obtener más información sobre cómo utilizar la herramienta, consulte la ayuda en línea de MyDrive® Insight.

3. Utilice MyDrive® Insight para conectar el convertidor a un PC.

#### 4.7.4.2 Copia de seguridad y restauración de parámetros

La funcionalidad de copia de seguridad y restauración de parámetros de MyDrive® Insight se puede utilizar para realizar copias de seguridad y restaurar todos o parte de los parámetros del convertidor.

1. Inicie sesión en MyDrive® Insight® como administrador.
2. Diríjase a *Dispositivo > Configuración y servicio > Parámetros > Activo*.
3. Haga clic en *Crear copia de seguridad/Restaurar* en la barra de menús.

**Qué hacer a continuación:** Para obtener más información, consulte la documentación de MyDrive® Insight.

#### 4.7.4.3 Realizar un reset de fábrica

El reset de fábrica se puede realizar por separado para cada grupo de parámetros o para todos los ajustes.

1. En MyDrive® Insight, vaya a *Configuración > del dispositivo y Servicio > Restaurar > Seleccione Restaurar contenido*.
  - Para restablecer todos los ajustes, seleccione *Todos los ajustes*.
  - Para restablecer solo los ajustes de seguridad funcional, seleccione *Variables de configuración de seguridad funcional*.

➡ Después de realizar un reset de fábrica, todos los parámetros se encontrarán en estado **Sin puesta en servicio** y sus valores se restablecerán a los valores por defecto. Un reset de fábrica también restablece el nombre de usuario y la contraseña a sus valores por defecto. Los parámetros deben volver a configurarse o, alternativamente, restaurarse desde una copia de seguridad.

#### AVISO

Después de realizar un reset de fábrica, se deben comprobar y ajustar de nuevo todos los parámetros.

- También deben comprobarse los parámetros de las funciones de seguridad que no se utilicen. Por ejemplo, los parámetros también deben comprobarse para las funciones SS1, incluso si solo se utiliza la función STO y viceversa.

#### 4.7.4.4 Actualización de software

Requisitos previos:

#### AVISO

- El convertidor no debe estar en marcha durante el proceso de actualización.
- La actualización del software relacionado con la seguridad funcional requiere iniciar sesión en MyDrive® Insight con la cuenta de administrador por defecto del convertidor.

No apague ni reinicie los dispositivos durante una actualización de software. Se recomienda encarecidamente crear una copia de seguridad de los parámetros actuales antes de actualizar cualquier software, en caso de que sea necesario restaurar los parámetros después de completar la actualización del software. Para obtener más información, consulte [4.7.4.2 Copia de seguridad y restauración de parámetros](#).

1. Inicie sesión en MyDrive® Insight como administrador.
2. En MyDrive® Insight, vaya a *Dispositivo > Configuración y Servicio > Actualización del software*.
3. Para actualizar el software, seleccione el archivo que desea actualizar en el convertidor.
4. Si procede, seleccione *Permitir que los dispositivos se reinicien* para permitir que los dispositivos se reinicien una vez finalizada la actualización. Esta selección es opcional.
5. Compruebe la versión instalada, la versión disponible y el estado.
6. Haga clic en *Actualizar*.
7. Compruebe el mensaje de alerta y haga clic en *Sí/No*.
8. Haga clic en *Finalizado* para confirmar y finalizar la actualización.
9. Compruebe que la actualización del software se haya realizado correctamente.
  - a. Vaya a *Información del dispositivo > Información ampliada del dispositivo* y verifique la versión del firmware.
  - b. Ejecute la prueba de puesta en servicio.

Una prueba de puesta en servicio será necesaria después de cada modificación de la instalación o de una aplicación que implique funciones de seguridad. Para obtener más información, consulte el apartado [4.8.2 Prueba de puesta en servicio](#).

**Qué hacer a continuación:** Para obtener más información, consulte la documentación de MyDrive® Insight.

## Resolución de problemas relacionados con la actualización de software

1. Reinicie el dispositivo.
2. Compruebe que el dispositivo esté en estado normal y que no haya errores.
3. Compruebe la versión y la compatibilidad del paquete de software y vuelva a intentar la actualización del software.

Si el problema persiste y el dispositivo permanece en modo de fallo, póngase en contacto con Danfoss.

## 4.8 Puesta en servicio

### 4.8.1 Seguridad en la puesta en servicio

Durante la puesta en servicio o una nueva puesta en servicio del sistema, tenga en cuenta lo siguiente:

- Asegure el emplazamiento de acuerdo con la normativa, por ejemplo, barreras o señales de advertencia. Solo personal cualificado puede poner en marcha o volver a poner en marcha el sistema.
- Consulte la documentación del sistema de control de la máquina para obtener información y las especificaciones detalladas.
- Asegúrese de que no se produzcan lesiones personales ni daños materiales durante la puesta en servicio o la nueva puesta en servicio, ni siquiera si la planta o la máquina se mueven involuntariamente.
- Antes de iniciar la puesta en servicio, lea todas las directrices y precauciones de seguridad de la documentación específica del convertidor.
- Respete las leyes y la legislación vigentes cuando utilice un sistema sin seguridad o con seguridad reducida.
- Tenga en cuenta que el informe de puesta en servicio se centra en la seguridad funcional iC7 y no es necesariamente suficiente para probar y documentar todas las funciones de seguridad del sistema o la máquina.

### 4.8.2 Prueba de puesta en servicio

La prueba de puesta en servicio para sistemas con funciones de seguridad se centra en validar la funcionalidad de las funciones de seguridad configuradas en el sistema de convertidores. El objetivo de la prueba es verificar la correcta configuración de las funciones de seguridad definidas y examinar la respuesta de funciones de monitorización específicas a las entradas explícitas de valores fuera de los límites de tolerancia. Las pruebas deben cubrir todas las funciones de seguridad específicas del convertidor que se ejecutan en la configuración final.

Se requiere una prueba de puesta en servicio:

- Después de la configuración de cada máquina
- Después de cualquier cambio en la configuración de seguridad del convertidor
- Después de realizar cambios en la máquina (según lo establecido en las normas y reglamentos aplicables)
- Después de sustituir el convertidor completo o cualquier hardware o software relacionado con la seguridad.

Durante y después de la puesta en servicio:

- Documente cada paso de la prueba.
- Anote la suma de comprobación de la configuración de seguridad del convertidor en los registros.
- No deje disponible el sistema hasta que haya superado con éxito todos los pasos individuales de la prueba.
- Reinicie el convertidor y compruebe que el motor funciona con normalidad.

## AVISO

### PRUEBA DE PUESTA EN SERVICIO

Después de instalar las funciones de seguridad, realice una prueba de puesta en servicio.

Tras la instalación inicial, y tras cada cambio que se efectúe en la instalación o aplicación que implique la seguridad funcional, será necesario llevar a cabo una prueba de puesta en servicio correcta.

Si la prueba de puesta en servicio falla, no se podrá garantizar un funcionamiento seguro.

### 4.8.3 Lista de comprobación de la puesta en servicio

El integrador de sistemas/fabricante de la máquina debe realizar una prueba de puesta en servicio de las funciones de seguridad iC7 para verificar y documentar la corrección de la configuración de seguridad. El integrador de sistemas/fabricante de la máquina demuestra de este modo que ha comprobado la eficacia y la integridad de las funciones de seguridad utilizadas. Las pruebas de puesta en servicio deben realizarse en función del análisis de riesgos. Deben cumplirse todas las normas y reglamentos aplicables.

Antes de la prueba de puesta en servicio:

- Compruebe que la máquina esté bien cableada.
- Todos los dispositivos de seguridad, como dispositivos de supervisión de puertas de seguridad, barreras de luz o conmutadores de paro de emergencia, están conectados y listos para funcionar.
- Todos los parámetros del motor y los parámetros de control están configurados correctamente en el convertidor.

Tabla 33: Lista de comprobación de puesta en servicio para los convertidores de frecuencia con +BEF2

Tipo de comprobación	Tarea	Homologado
Instalación mecánica	Compruebe que las unidades se hayan instalado de acuerdo con la documentación incluida en el envío.	<input type="checkbox"/>
	Compruebe que las condiciones de funcionamiento estén dentro del rango permitido.	<input type="checkbox"/>
	Compruebe que se hayan retirado los materiales de embalaje y las herramientas de la zona de instalación.	<input type="checkbox"/>
Instalación eléctrica	Compruebe que estén instalados los fusibles de red (potencia de entrada) adecuados.	<input type="checkbox"/>
	El cableado de I/O está correctamente sujeto con abrazaderas, marcado, apretado y protegido.	<input type="checkbox"/>
Puesta en servicio de la seguridad funcional	Compruebe que el sistema esté en estado operativo cuando se requieran las funciones de seguridad.	<input type="checkbox"/>
	Asegúrese de que el método de reconocimiento se haya configurado adecuadamente para la aplicación (por ejemplo, reconocimiento manual o automático).	<input type="checkbox"/>
	Active las funciones de seguridad solicitándolas.	<input type="checkbox"/>
	Compruebe que el sistema funcione como es debido.	<input type="checkbox"/>

## 4.8.4 Prueba de puesta en servicio para funciones de seguridad STO

Tabla 34: Prueba de puesta en servicio de STO

Procedimiento de prueba		Homologado
1	Conecte la alimentación del convertidor de frecuencia.	<input type="checkbox"/>
2	Asegúrese de que el resto de parámetros de la función STO estén configurados correctamente.	<input type="checkbox"/>
3	Compruebe que no haya ningún fallo de seguridad.	<input type="checkbox"/>
4	Asegúrese de que el motor funcione y se detenga correctamente.	<input type="checkbox"/>
5	Retire el suministro de tensión de 24 V DC a los terminales de entrada seguros utilizando el dispositivo de seguridad mientras el convertidor de frecuencia acciona el motor (es decir, sin interrumpir la alimentación de red). Como alternativa, puede activar la función STO a través del fieldbus seguro.	<input type="checkbox"/>
6	Asegúrese de que el STO del convertidor se active inmediatamente después de la solicitud de STO.	<input type="checkbox"/>
7	Si se utiliza el feedback de STO, compruebe el estado del feedback de STO para verificar que el STO está activado. Consulte <a href="#">Figura 12</a> .	<input type="checkbox"/>
8	Compruebe que el motor funcione por inercia. El motor puede tardar mucho tiempo en pararse.	<input type="checkbox"/>
9	Si hay un panel de control instalado, compruebe si se muestra <b>STO activado</b> en el panel de control. Si el panel de control no está instalado, compruebe si <b>STO activado</b> aparece en el registro de eventos.	<input type="checkbox"/>
10	Vuelva a aplicar 24 V DC a las entradas de STO o desactive la solicitud de STO a través del fieldbus seguro.	<input type="checkbox"/>
11	<b>Si el convertidor de frecuencia está configurado para rearme directo:</b> Al desactivar la solicitud de STO, el motor vuelve a estar operativo y funciona dentro del rango de velocidad original. <b>Si no se utiliza el reconocimiento automático:</b> Establezca un reconocimiento (por ejemplo, con un botón de reconocimiento). El reconocimiento se configura en los parámetros de seguridad.	<input type="checkbox"/>
12	Compruebe que no hay errores no deseados en el convertidor.	<input type="checkbox"/>
13	Asegúrese de que el motor esté operativo y funcione en el rango de velocidad original.	<input type="checkbox"/>

## 4.8.5 Prueba de puesta en servicio de funciones de seguridad de Paro Seguro 1 temporizado (SS1-t)

Tabla 35: Prueba de puesta en servicio para aplicaciones STO que utilizan la función Paro Seguro 1 temporizado (SS1-t)

Procedimiento de prueba		Homologado
1	Conecte la alimentación del convertidor de frecuencia.	<input type="checkbox"/>
2	Asegúrese de que los parámetros de la función SS1-t estén configurados correctamente.	<input type="checkbox"/>
3	Compruebe que no haya ningún fallo de seguridad.	
4	Asegúrese de que el motor funcione y se detenga correctamente.	<input type="checkbox"/>
5	Solicite la función SS1-t desenergizando las entradas que tiene asignadas. Como alternativa, puede activar la función a través del fieldbus seguro.	<input type="checkbox"/>
6	Compruebe que el motor decelera dentro del tiempo máximo configurado. El tiempo configurado se muestra en el informe de puesta en servicio.	<input type="checkbox"/>


Tabla 35: Prueba de puesta en servicio para aplicaciones STO que utilizan la función Paro Seguro 1 temporizado (SS1-t) - (continuación)

Procedimiento de prueba		Homologado
7	Si hay un panel de control instalado, compruebe si se muestra <b>STO activado</b> en el panel de control.	<input type="checkbox"/>
	Si el panel de control no está instalado, compruebe si <b>STO activado</b> aparece en el registro de eventos.	
8	Si se utiliza el feedback de STO, compruebe el estado del feedback de STO para verificar que el STO está activado. Consulte <a href="#">Figura 12</a> .	<input type="checkbox"/>
9	Energice las entradas asignadas a la función STO o desactive la solicitud de STO a través del fieldbus.	<input type="checkbox"/>
10	<p><b>Si el convertidor de frecuencia está configurado para rearme directo:</b> Al desactivar la solicitud de funciones de seguridad, el motor vuelve a estar operativo y funciona dentro del rango de velocidad original.</p> <p><b>Si no se utiliza el reconocimiento automático:</b> Establezca un reconocimiento (por ejemplo, con un botón de reconocimiento).</p> <p>El reconocimiento se configura en los parámetros de seguridad.</p>	<input type="checkbox"/>
11	Asegúrese de que el motor esté operativo y funcione en el rango de velocidad original.	<input type="checkbox"/>

#### 4.8.6 Validación y generación de un informe de puesta en servicio

Para convertidores con opciones de seguridad funcional +BEF2, se puede generar un informe de puesta en servicio utilizando MyDrive® Insight. El informe de puesta en servicio describe los valores establecidos para los parámetros relacionados con la seguridad en el convertidor.

1. En MyDrive® Insight, diríjase a *Configuración > del dispositivo y Servicio > Seguridad funcional > Validar informe*.
2. Diríjase a *Configuración > del dispositivo y Servicio > Seguridad funcional > Informe de puesta en servicio* para ver el informe de puesta en servicio.

 Después de la puesta en servicio de todas las funciones de seguridad, haga clic en el icono de descarga en la esquina superior derecha para descargar el informe como archivo PDF. Se recomienda guardar una copia del informe de puesta en servicio en una ubicación externa.

3. Guardar los informes de las pruebas de aceptación en el libro de registros de la máquina.

El informe debe incluir:

- o Una descripción de la aplicación de seguridades.
- o Una descripción y revisiones de los componentes de seguridad utilizados en la aplicación de seguridades.
- o Lista de todas las funciones de seguridad que se utilizan en la aplicación de seguridades.
- o Una lista de todos los parámetros relacionados con la seguridad y sus valores. También se recomienda enumerar los parámetros y valores no relacionados con la seguridad.
- o Documentación de las actividades de puesta en marcha, con referencias a informes de fallos y resolución de los fallos.
- o Los resultados de la prueba para cada una de las funciones de seguridad, todos los valores de los parámetros de seguridad, incluido el valor CRC de la configuración de seguridad, las fechas de las pruebas y la confirmación por parte del personal encargado de las pruebas.

4. Validar el informe de puesta en servicio.
  - a. Compruebe que la información de hardware y configuración sea correcta y que las versiones de software de los componentes y subsistemas relacionados con la seguridad sean correctas.
  - b. Compruebe que la información del módulo puesto en servicio coincida con la información del plan de puesta en servicio y el informe de puesta en servicio.

**!** IMPORTANTE: Después de cada cambio o mantenimiento del sistema, se deben guardar nuevos informes de pruebas de aceptación en el libro de registros de la máquina.

## 4.9 Funcionamiento y mantenimiento

### 4.9.1 Vista general de las pruebas funcionales

Para cumplir con la norma EN IEC 61800-5-2 y las normas de seguridad a nivel de sistema, y para evitar la acumulación de posibles fallos de reposo en el convertidor, es necesario realizar pruebas periódicas de la función de seguridad.

- Es **imprescindible** con PL e o SIL 3 que se realicen pruebas de funcionamiento cada 3 meses para detectar cualquier fallo o mal funcionamiento de la función de seguridad.
- Es **imprescindible** con PL d o SIL 2 que se realicen pruebas de funcionamiento cada 12 meses para detectar cualquier fallo o mal funcionamiento de la función de seguridad.

El tiempo de misión del sistema de seguridad del convertidor de frecuencia es de 20 años. Después de 20 años, se debe sustituir toda la unidad.

Realice la prueba de funcionamiento como una prueba de puesta en servicio tal como se describe en [4.8.2 Prueba de puesta en servicio](#).

#### AVISO

Si la prueba funcional falla, no puede garantizarse un funcionamiento seguro.

#### ADVERTENCIA

##### FALLO DE COMPONENTES EN FUNCIONES RELACIONADAS CON LA SEGURIDAD

Si se produce un fallo de un componente en funciones relacionadas con la seguridad, el convertidor debe ser sustituido por personal autorizado.

- No está permitido modificar ni reparar los circuitos de seguridad de ninguna manera.

### 4.9.2 Diagnóstico

Los convertidores de frecuencia iC7 incluyen muchas funciones de diagnóstico para garantizar la integridad de las funciones de seguridad. Los diagnósticos son, por ejemplo, la monitorización de la temperatura, la monitorización de la tensión interna y la supervisión de las funciones de seguridad. El convertidor genera códigos de fallo relacionados con la seguridad funcional, si los hubiera. Para conocer los códigos de fallo relacionados con la seguridad, consulte [4.10.4 Lista de eventos](#).

El intervalo de prueba de diagnóstico (Diagnostic Test Interval, DTI) depende de las funciones de seguridad y de las funciones de diagnóstico. El DTI máximo y el tiempo de reacción ante fallos (FRT) para cada una de las funciones de seguridad se indican en [4.11.1 Normativas y rendimiento de seguridad funcional](#).

Si el diagnóstico relacionado con la seguridad funcional detecta un fallo, las funciones de seguridad relevantes siempre se establecen en un estado seguro.

Una serie de fallos de hardware no detectados puede provocar que, aunque exista una solicitud de STO externa, no se produzca la desenergización del motor. Los valores PFH/PFD y MTTF especificados en [4.11.1 Normativas y rendimiento de seguridad funcional](#) indican la probabilidad de que se produzca este fallo. Cualquier otro fallo interno relacionado con el STO provoca directamente una activación no solicitada de la función STO, o afecta solo a uno de los dos canales de STO redundantes.

### 4.9.3 Instalación y mantenimiento a gran altitud

Si el convertidor se utiliza a una gran altitud, deben tomarse medidas adicionales para garantizar la integridad del sistema de seguridad. Dado que el sistema de seguridad incluye controladores que se ven afectados por la radiación cósmica, debe tenerse en cuenta que el flujo de rayos cósmicos es más elevada a gran altitud. Cuanto mayor sea el flujo de rayos cósmicos, mayor será el riesgo de que la tasa de errores de software (SER) se vea afectada en los controladores.

Dado que la SER afecta a los valores PFD y PFH del convertidor, el rendimiento del sistema de seguridad se ve afectado por las grandes altitudes. Los valores de PFD y PFH se indican para diferentes altitudes.

Tabla 36: Valores de PFD y PFH y Altitud

Altitud	Probabilidad media de fallo peligroso según demanda (PFDavg)	Frecuencia media de fallos peligrosos por hora (1/h) (PFH)
Hasta 1000 m (3300 pies)	$2 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-9}$
Hasta 2000 m (6600 pies)	$3 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-8}$
Hasta 4400 m (14 400 pies)	$5 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-8}$

### 4.9.4 Sustitución del convertidor

Si un fallo interno provoca un defecto permanente, se debe sustituir el convertidor. Los componentes del sistema de seguridad no se pueden reparar.

Después de sustituir el convertidor averiado, debe ponerse en servicio. Consulte las guías específicas del producto para obtener detalles e instrucciones sobre la puesta en servicio del convertidor, y siga también los procedimientos descritos en el capítulo [Puesta en servicio](#).

## 4.10 Resolución de problemas

### 4.10.1 LEDs de estado

Tabla 37: LEDs de estado

LED	Color	Estado	Significado
Preparado	Blanco	Apagado	Compruebe si: <ul style="list-style-type: none"> <li>El convertidor está apagado.</li> <li>El convertidor no está preparado.</li> </ul>
		Intermitente	El convertidor se pone en marcha.
		Estable	No hay fallos activos y el convertidor está listo para funcionar.
Aviso	Naranja	Apagado	No hay ningún aviso.
		Estable	El convertidor no está listo para funcionar. Compruebe si: <ul style="list-style-type: none"> <li>Configuración de seguridad necesaria.</li> <li>STO activo o reconocimiento del STO necesario.</li> <li>Fallo de I/O o reconocimiento de fallo de I/O necesario.</li> <li>La respuesta del STO está configurada como fallo (con aplicación).</li> </ul>
Fallo	Roja	Apagado	No hay fallos activos y el convertidor de frecuencia está listo para funcionar.
		Estable	El convertidor está en estado de fallo. La condición de fallo puede haberse activado por una de las siguientes razones: <ul style="list-style-type: none"> <li>Fallo de conexión de la unidad de potencia y de control</li> <li>Errores de hardware o software en el convertidor</li> </ul>



## 4.10.2 Instancias de la señal de feedback de STO

Para obtener más información sobre la señal de feedback de STO, consulte [Tabla 17](#).

## 4.10.3 Recuperación de fallos de funciones de seguridad

Un fallo en un circuito de seguridad puede provocar la activación del estado seguro o a prueba de fallos. La activación de la STO se determina mediante la lista de eventos de MyDrive® Insight y en el panel de control.

Con un estado a prueba de fallos, la función STO se activa y se muestra un código de fallo relevante. Realice un reset del fallo antes de llevar a cabo el funcionamiento normal.

1. Compruebe el motivo del evento en el registro de eventos de MyDrive® Insight.
  2. Consulte [\\_](#) para obtener instrucciones sobre cómo solucionar la causa del fallo.
  3. Reseteo el fallo.
    - Si el fallo está configurado para rearme directo: Al desactivar el botón de Paro de Emergencia, el motor se pone en funcionamiento, trabajando dentro del rango de velocidad original.
    - Si el convertidor sigue sin funcionar después de eliminar el fallo, compruebe el registro de eventos en MyDrive® Insight.
    - Si se requiere un reconocimiento seguro o no seguro, realice la confirmación a través de un canal configurado enviando una señal de reconocimiento a través de fieldbus, I/O digital o del panel de control.
- El reconocimiento se configura en los parámetros de seguridad.

Si un fallo en el sistema de seguridad o alguna de las funciones de seguridad impide la recuperación de fallos, póngase en contacto con un representante local de Danfoss. Proporcione el informe de puesta en servicio de la configuración de los parámetros de seguridad. Para obtener más información, consulte la documentación de MyDrive® Insight.

## 4.10.4 Lista de eventos

Tabla 38: Grupo 0x54FE

Número	Nombre	Motivo	Solución
4628	Función STO activada.	Se ha activado la desconexión segura de par.	Si el STO se activa involuntariamente, compruebe lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>• cableado de entrada</li> <li>• activación externa</li> <li>• Temporización de pulsos de prueba externos</li> <li>• parámetros de seguridad relevantes</li> </ul>

Tabla 39: Grupo 0x61FF

Número	Nombre	Motivo	Solución
4608	Fallo interno	Se ha detectado un fallo interno en el sistema de seguridad.	Reinicie el sistema. Si el problema persiste, póngase en contacto con el servicio de atención al cliente de Danfoss.
4609	Fallo de IO detectado	Se ha detectado un fallo de IO en el sistema de seguridad. Consulte los detalles del evento para obtener más información.	Compruebe las conexiones del circuito de IO de seguridad. Si se utiliza un pulso de prueba externo, asegúrese de que la temporización esté dentro de las especificaciones. Consulte <a href="#">3.1.6 Propiedades de STO</a> .

**Tabla 39: Grupo 0x61FF - (continuación)**

Número	Nombre	Motivo	Solución
4611	SS1	Se ha activado el Paro Seguro 1, instancia 1.	Si SS1 se activa involuntariamente, compruebe lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>• cableado de entrada</li> <li>• activación externa</li> <li>• Temporización de pulsos de prueba externos</li> <li>• parámetros de seguridad relevantes</li> </ul>
4612	SS1	Se ha activado el Paro Seguro 1, instancia 2.	Si SS1 se activa involuntariamente, compruebe lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>• cableado de entrada</li> <li>• activación externa</li> <li>• Temporización de pulsos de prueba externos</li> <li>• parámetros de seguridad relevantes</li> </ul>
4613	Aviso detectado	Se ha detectado un fallo no crítico. Puede continuar funcionando.	Consulte los registros de eventos y los mensajes de la interfaz de usuario para obtener información adicional.
4614	Reconocimiento de puesta en marcha necesario	Reconocimiento de puesta en marcha necesario.	Dependiendo de la configuración, el reconocimiento se puede realizar a través de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrada segura</li> <li>• MyDrive® Insight</li> <li>• Interfaz de Fieldbus</li> <li>• Panel de control</li> </ul>
4615	La configuración no coincide	El sistema de seguridad detectado difiere del sistema puesto en servicio.	Si se sustituye una unidad de seguridad avanzada, vuelva a poner en servicio el sistema.
4616	No hay parámetros de seguridad válidos disponibles	Los parámetros de seguridad no son válidos o no están presentes en el dispositivo.	Compruebe la configuración de seguridad en MyDrive® Insight. Asegúrese de que todos los pasos de configuración se hayan verificado y validado correctamente. Es necesario volver a poner en servicio el módulo seguro.
4617	PsAlarmFdestAddMismatch	La dirección de destino de seguridad no coincide.	Asegúrese de que las direcciones del PLC y del convertidor coincidan.
4226	PsAlarmWdTimeout	Tiempo límite en la comunicación con el módulo seguro. F_WD_Time o F_WD_Time_2 transcurrido.	Aumente el valor de F_WD_Time o F_WD_Time_2.
4633	Actualización de software en el módulo de seguridad	La unidad de seguridad avanzada se encuentra en estado de actualización de software.	El dispositivo permanece en un estado seguro hasta que la actualización del software finaliza correctamente.
4634	Reset de fábrica	Acción de reset de fábrica activada por el usuario.	Después de realizar el reset de fábrica, es necesario volver a establecer la configuración de seguridad.

**Tabla 39: Grupo 0x61FF - (continuación)**

Número	Nombre	Motivo	Solución
4635	Configuración de seguridad modificada	Acción de parametrización de seguridad activada por el usuario.	Se ha modificado la configuración de seguridad. Asegúrese de que la configuración sea correcta antes de continuar. Los cambios importantes en la configuración de seguridad pueden requerir un reinicio del sistema.
4636	Reconocimiento de fallo de I/O requerido	Debido a la configuración, se necesita un reconocimiento de I/O.	Si están activadas, las funciones de seguridad pueden requerir una confirmación para continuar el funcionamiento después de que se haya resuelto un fallo de señal.
4637	Reconocimiento de STO necesario	Debido a la configuración, es necesaria la confirmación de STO.	Si están activadas, las funciones de seguridad pueden requerir una confirmación para continuar el funcionamiento después de que se haya eliminado una condición de STO.
4650	Fallo en las comprobaciones de dependencia de parámetros	Se ha producido un fallo en la comprobación de los parámetros de seguridad.	Asegúrese de que la configuración de seguridad sea válida. Los posibles errores pueden estar relacionados con: <ul style="list-style-type: none"> <li>• asignación de las señales de entrada</li> <li>• asignación de las señales de salida</li> <li>• parámetros de temporización</li> </ul>
4651	Comprobación del rango de parámetros	El valor de un parámetro está fuera del rango permitido. El ID de la variable se proporciona como detalle.	Asegúrese de que el valor de la variable dada esté establecido dentro del rango permitido.
4652	Se ha producido un fallo en los pasos de parametrización	Error al intentar modificar los parámetros de seguridad.	Compruebe si hay información detallada en MyDrive® Insight. Asegúrese de que el cambio de parámetro de seguridad solicitado sea válido. Compruebe que el sistema de convertidores no tenga activas condiciones especiales no relacionadas, como la actualización de software o la puesta en servicio del convertidor. Intente reiniciar el sistema de convertidores. Si el problema persiste, póngase en contacto con el servicio de atención al cliente de Danfoss.
4730	Información	Información adicional de la unidad de seguridad avanzada. Consulte los detalles.	El módulo de seguridad ha generado una indicación que debe notificarse al usuario. Puede encontrar más información a través de los detalles del evento de MyDrive® Insight.

## 4.11 Especificaciones

### 4.11.1 Normativas y rendimiento de seguridad funcional

Todas las funciones de seguridad de los convertidores de frecuencia iC7 cumplen con lo establecido en las normativas que aparecen indicadas en este capítulo.

Tabla 40: Normativas y rendimiento de seguridad funcional

Directiva o norma		Versión
Directivas de la Unión Europea	Directiva de máquinas (2006/42/CE)	EN ISO 13849-1:2015, EN ISO 13849-2:2012
		EN IEC 61800-5-2:2007
	Directiva EMC (2014/30/UE)	EN IEC 61800-3:2018 – segundo entorno
		EN IEC 61326-3-1:2017
	Directiva sobre baja tensión (2014/35/UE)	EN IEC 61800-5-1:2017
Normativas de seguridad	Seguridad de la maquinaria	EN ISO 13849-1:2015, IEC 60204-1:2018
	Seguridad funcional	IEC 61508-1:2010, IEC 61508-2:2010, IEC61508-3:2010, EN IEC 61800-5-2:2017
Funciones de seguridad		EN IEC 61800-5-2:2017 Safe Torque Off (STO), Paro Seguro 1 (SS1-t)
		IEC 60204-1:2018 Categoría de paro 0, Categoría de paro 1
Rendimiento de seguridad	IEC 61508:2010	
	Nivel de integridad de seguridad (Safety Integrity Level)	SIL 3
	Tolerancia a fallos del hardware (HFT)	1
	Clasificación de subsistemas	Tipo B
	Probabilidad media de fallos peligrosos bajo demanda (PFDavg) <sup>(1)(2)</sup>	$<1,5 \cdot 10^{-4}$
	Frecuencia media de fallos peligrosos por hora (1/h) (PFH) <sup>(1)(2)</sup>	$<7,5 \cdot 10^{-9}$
	Intervalo de prueba de evidencia (T1)	20 años
	Tiempo de misión (TM)	20 años
	ISO 13849-1:2015	
	Categoría	Cat 3
	Nivel de rendimiento (PL)	PL e
	Tiempo medio entre fallos peligrosos (MTTFd)	Alto (>100 años)
	Cobertura del diagnóstico (DCavg)	>90 %
Tiempo de reacción	Tiempo de reacción frente a fallo (FRT)	<40 ms
Tiempo de respuesta	Tiempo de respuesta (desde la entrada hasta el estado seguro)	<30 ms <sup>(3)</sup>
Modo de funcionamiento		Demanda alta, demanda baja

1) A nivel del mar

2) , las pruebas de ensayo solo se pueden realizar en las instalaciones Danfoss cuando se reacondiciona el convertidor.

3) Tiempo de respuesta entre entrada y salida empleando cables apantallados. De lo contrario, puede añadirse a este valor un tiempo máximo de 20 ms considerando las peores condiciones de EMC.

## 4.11.2 Datos técnicos

Tabla 41: Entrada digital de 24 V para convertidores de frecuencia con STO, SS1-t y soporte de fieldbus seguro (+BEF2)

Función	Datos
Tipo de entrada	Referenciada en un punto/flotante
Lógica	PNP
Nivel de tensión	0-24 V DC
Nivel de tensión, 0 lógico PNP	<5 V
Nivel de tensión, 1 lógico PNP	>11 V
Tensión máxima en la entrada en funcionamiento	30 V
Tensión máxima de la entrada en estado seguro	60 V
Intensidad de entrada	8 mA > I <sub>c</sub> > 5 mA @ 24 V
Resistencia de entrada equivalente	3 kΩ < R <sub>i</sub> < 4,7 kΩ @ 24 V
Aislamiento	Funcional
Protección contra polaridad inversa	Sí
Intensidad de entrada máxima en estado desactivado	<2 mA

Tabla 42: Salidas digitales de 24 V para feedback de STO

Función	Datos
Tipo de salida	Drenador/fuente
Tensión nominal	Colector abierto de 24 V DC / 60 V máximo
Intensidad nominal	50 mA
Aislamiento	Sí
Protección de sobrecarga	Sí
Protección contra polaridad inversa	Sí
Tensión de estado activada	>17,4 V
Corriente de fuga en estado desactivado	0,1 mA

Tabla 43: Tensiones auxiliares

Función		Datos
Salida de 24 V, seguridad funcional (X33)	Tensión de salida	24 V ±15 %
	Carga máxima	100 mA

## 4.11.3 Condiciones de funcionamiento

Tabla 44: Condiciones de funcionamiento para la seguridad funcional

Función	Datos
Temperatura de funcionamiento	Según las especificaciones del convertidor de frecuencia.
Temperatura de almacenamiento	De -40 °C a +70 °C (de -40 °F a +158 °F)

**Tabla 44: Condiciones de funcionamiento para la seguridad funcional - (continuación)**

Función	Datos
Humedad del aire	Según las especificaciones del convertidor de frecuencia (sin condensación).
Altitud de funcionamiento	Según las especificaciones del convertidor de frecuencia.
Condiciones ambientales	El producto debe instalarse en un entorno que cumpla la norma EN IEC 61800-5-1:2017 PD2 - sin condensación. Para entornos de condensación PD2, el producto debe instalarse en un armario IP54/ NEMA 12 según la norma EN IEC 60529 AMD 2:2013 o equivalente.

Consulte las condiciones de funcionamiento de cada convertidor en la guía de diseño o en la guía de funcionamiento específicas del producto. Las versiones más recientes de las guías del producto de Danfoss están disponibles para su descarga en <https://www.danfoss.com/en/service-and-support/documentation/>.

#### 4.11.4 Especificaciones de los cables

**Tabla 45: Tamaño de los cables para los conectores X31, X32**

Tipo de cable	Sección transversal [mm <sup>2</sup> (AWG)]	Longitud de desforrado [mm (in)]
Sólido	0,5-1,5 (24-16)	10 (0,4)
Flexibles	0,5-1,5 (24-16)	10 (0,4)
Flexible con casquillo sin manguito de plástico	0,5-1,5 (24-16)	10 (0,4)
Flexible con casquillo con manguito de plástico	0,5 (24)	10 (0,4)





**Danfoss A/S**  
Ulsnaes 1  
DK-6300 Graasten  
[drives.danfoss.com](http://drives.danfoss.com)

.....

Toda información sobre productos, incluyendo, entre otros, información sobre la selección de productos, su aplicación o uso, diseño, peso, dimensiones, capacidad u otros datos técnicos en catálogos, descripciones, prospectos, anuncios, etc., independientemente de si se proporciona por escrito, oralmente, electrónicamente, en línea o mediante descarga, se considera indicativa y solo es vinculante en la medida en que Danfoss la mencione expresamente en la oferta o confirmación del pedido. Danfoss no asume ninguna responsabilidad por posibles errores en catálogos, folletos, vídeos u otro material. Danfoss se reserva el derecho a realizar cambios en sus productos sin previo aviso, siempre que esto pueda hacerse sin cambiar significativamente la forma o la función de los productos. Todas las marcas comerciales de este material pertenecen a Danfoss A/S o a empresas del grupo Danfoss. Danfoss y todos los logotipos de Danfoss son marcas comerciales de Danfoss A/S. Todos los derechos reservados.

.....

M00323  
AQ319741840653es-000501  
Danfoss A/S © 2024.12



1 3 6 R 0 2 6 8