



Guía de diseño VLT[®] HVAC Drive FC 102

355-800 kW, tamaño de envoltente E



Índice

1 Introducción	4
1.1 Propósito de la Guía de diseño	4
1.2 Recursos adicionales	4
1.3 Versión del documento y del software	4
1.4 Convenciones	4
2 Seguridad	5
2.1 Símbolos de seguridad	5
2.2 Personal cualificado	5
2.3 Medidas de seguridad	5
3 Homologaciones y certificados	7
3.1 Homologaciones normativas / de cumplimiento	7
3.2 Clasificaciones de protección de las envolventes	9
4 Vista general de producto	11
4.1 Dimensión de las envolventes por potencia de salida	11
4.2 Vista general de las envolventes, 380-480 V	12
4.3 Vista general de las envolventes, 525-690 V	13
5 Funciones del producto	14
5.1 Funciones de funcionamiento automatizadas	14
5.2 Funciones de aplicación personalizadas	17
5.3 Funciones específicas del convertidor VLT® HVAC Drive	21
5.4 Controlador de cascada básico	33
5.5 Vista general del freno dinámico	34
5.6 Vista general de la función de carga compartida	35
5.7 Vista general de la regeneración	36
5.8 Vista general de la refrigeración mediante canal posterior	37
6 Vista general de opciones y accesorios	39
6.1 Dispositivos de fieldbus	39
6.2 Extensiones funcionales	40
6.3 Control de movimientos y tarjetas de relé	41
6.4 Resistencias de frenado	41
6.5 Filtros senoidales	42
6.6 Filtros dU/dt	42
6.7 Filtros de modo común	42
6.8 Filtros armónicos	42
6.9 Kits de alta potencia	42

7 Especificaciones	43
7.1 Datos eléctricos, 380-480 V	43
7.2 Datos eléctricos, 525-690 V	45
7.3 Fuente de alimentación de red	47
7.4 Salida del motor y datos del motor	47
7.5 Condiciones ambientales	47
7.6 Especificaciones del cable	48
7.7 Entrada/salida de control y datos de control	48
8 Dimensiones exteriores y de los terminales	52
8.1 Dimensiones exteriores y de los terminales del E1h	52
8.2 Dimensiones exteriores y de los terminales del E2h	58
8.3 Dimensiones exteriores y de los terminales del E3h	64
8.4 Dimensiones exteriores y de los terminales del E4h	71
9 Consideraciones de instalación mecánica	78
9.1 Almacenamiento	78
9.2 Elevación de la unidad	78
9.3 Entorno de funcionamiento	78
9.4 Configuraciones de montaje	80
9.5 Refrigeración	80
9.6 Reducción de potencia	81
10 Consideraciones de instalación eléctrica	84
10.1 Instrucciones de seguridad	84
10.2 Diagrama de cableado E1h-E4h	85
10.3 Conexiones	86
10.4 Terminales y cableado de control	87
10.5 Fusibles y magnetotérmicos	90
10.6 Motor	90
10.7 Frenado	93
10.8 Dispositivos de corriente diferencial (RCD) y monitor de resistencia de aislamiento (IRM)	96
10.9 Corriente de fuga	96
10.10 Alimentación aislada de tierra (IT)	97
10.11 Rendimiento	98
10.12 Ruido acústico	98
10.13 Condiciones dU/dt	99
10.14 Vista general de compatibilidad electromagnética (CEM)	101
10.15 Instalación conforme a CEM	105
10.16 Resumen de armónicos	108

11 Principios básicos de funcionamiento de un convertidor	111
11.1 Descripción del funcionamiento	111
11.2 Controles de la unidad	111
12 Ejemplos de aplicaciones	121
12.1 Configuraciones de cableado para adaptación automática del motor (AMA)	121
12.2 Configuraciones de cableado para referencia analógica de velocidad	121
12.3 Configuraciones de cableado de arranque/parada	122
12.4 Configuración de cableado para el reinicio de alarma externa	123
12.5 Configuración de cableado para velocidad de referencia mediante un potenciómetro manual	123
12.6 Configuración de cableado para aceleración/desaceleración	124
12.7 Configuración de cableado para la conexión de red RS485	124
12.8 Configuración de cableado de un termistor del motor	125
12.9 Configuración de cableado para un controlador de cascada	126
12.10 Configuración de cableado para un ajuste de relé con Smart Logic Control	127
12.11 Configuración de cableado para una bomba de velocidad fija/variable	127
12.12 Configuración de cableado para alternancia de bomba principal	128
13 Cómo encargar un convertidor de frecuencia	129
13.1 Configurador de convertidores de frecuencia	129
13.2 Números de pedido para opciones y accesorios	131
13.3 Números de pedido para filtros y resistencias de frenado	133
13.4 Repuestos	133
14 Anexo	134
14.1 Abreviaturas y símbolos	134
14.2 Definiciones	135
Índice	137

1 Introducción

1.1 Propósito de la Guía de diseño

Esta guía de diseño está dirigida a:

- Ingenieros de proyectos y sistemas.
- Asesores de diseño.
- Especialistas de productos y aplicaciones.

La guía de diseño proporciona información técnica para entender la capacidad de integración del convertidor en los sistemas de control y seguimiento del motor.

VLT® es una marca registrada.

1.2 Recursos adicionales

Tiene a su disposición otros recursos para comprender el funcionamiento avanzado del convertidor, su programación y su conformidad con las directivas.

- Este *Manual de funcionamiento* ofrece información detallada acerca de la instalación y el arranque del convertidor.
- La *Guía de programación* proporciona información detallada sobre cómo trabajar con parámetros e incluye muchos ejemplos de aplicación.
- El *Manual de funcionamiento de Safe Torque Off para convertidores VLT®* describe cómo utilizar los convertidores de frecuencia Danfoss en aplicaciones de seguridad funcional. Este manual se suministra junto al convertidor de frecuencia cuando se incluye la opción de Safe Torque Off.
- La *Guía de diseño de la resistencia de frenado VLT® Brake Resistor MCE 101* describe cómo seleccionar la resistencia de frenado óptima.
- Hay equipos opcionales disponibles cuyos datos pueden variar respecto a lo descrito en estas publicaciones. Asegúrese de leer las instrucciones suministradas con las opciones para los requisitos específicos.

Danfoss proporciona publicaciones y manuales complementarios. Consulte el drives.danfoss.com/knowledge-center/technical-documentation/ para ver un listado.

1.3 Versión del documento y del software

Este manual se revisa y se actualiza de forma periódica. Le agradecemos cualquier sugerencia de mejoras. La *Tabla 1.1* muestra las versiones de documento y software.

Edición	Comentarios	Versión de software
MG16Z1xx	Primera versión	4.44

Tabla 1.1 Versión del documento y del software

1.4 Convenciones

- Las listas numeradas indican procedimientos.
- Las listas de viñetas indican otra información y descripción de ilustraciones.
- El texto en cursiva indica:
 - Referencia cruzada.
 - Vínculo.
 - Nota al pie.
 - Nombre del parámetro, nombre del grupo de parámetros y opción del parámetro.
- Todas las dimensiones de las figuras se indican en mm (in).
- Un asterisco (*) indica el ajuste predeterminado de un parámetro.

2 Seguridad

2.1 Símbolos de seguridad

En esta guía se han utilizado los siguientes símbolos:

⚠️ ADVERTENCIA

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

⚠️ PRECAUCIÓN

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

AVISO!

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

2.2 Personal cualificado

Este equipo únicamente puede ser manejado o instalado por personal cualificado.

El personal cualificado es aquel personal formado que está autorizado para realizar la instalación, la puesta en marcha y el mantenimiento de equipos, sistemas y circuitos conforme a la legislación y la regulación vigentes. Asimismo, el personal debe estar familiarizado con las instrucciones y medidas de seguridad descritas en este manual.

2.3 Medidas de seguridad

⚠️ ADVERTENCIA

TENSIÓN ALTA

Los convertidores de frecuencia contienen tensión alta cuando están conectados a una entrada de red de CA, a un suministro de CC, a una carga compartida o a motores permanentes. Si la instalación, la puesta en marcha y el mantenimiento del convertidor de frecuencia son realizados por personal no cualificado, pueden causarse lesiones graves o incluso la muerte.

- La instalación, la puesta en marcha y el mantenimiento del convertidor de frecuencia deberán estar a cargo exclusivamente de personal cualificado.

⚠️ ADVERTENCIA

TIEMPO DE DESCARGA

El convertidor contiene condensadores de enlace de CC que podrán seguir cargados aunque el convertidor esté apagado. Puede haber tensión alta presente aunque las luces del indicador LED de advertencia estén apagadas. Si, después de desconectar la alimentación, no espera 40 minutos antes de realizar cualquier trabajo de reparación o tarea de mantenimiento, pueden producirse lesiones graves e incluso mortales.

1. Pare el motor.
2. Desconecte la red de CA y las fuentes de alimentación de enlace de CC remotas, incluidas las baterías de emergencia, los SAI y las conexiones de enlace de CC a otros convertidores de frecuencia.
3. Desconecte o bloquee el motor.
4. Espere 40 minutos para que los condensadores se descarguen por completo.
5. Antes de realizar cualquier trabajo de reparación o mantenimiento, utilice un dispositivo de medición de tensión adecuado para asegurarse de que los condensadores se han descargado por completo.

⚠️ ADVERTENCIA

PELIGRO DE CORRIENTE DE FUGA

Las corrientes de fuga superan los 3,5 mA. No realizar la conexión toma a tierra adecuada del convertidor de frecuencia puede ser causa de lesiones graves e incluso de muerte.

- La correcta conexión a tierra del equipo debe estar garantizada por un instalador eléctrico certificado.

AVISO!

OPCIÓN DE SEGURIDAD DE PANTALLA DE ALIMENTACIÓN

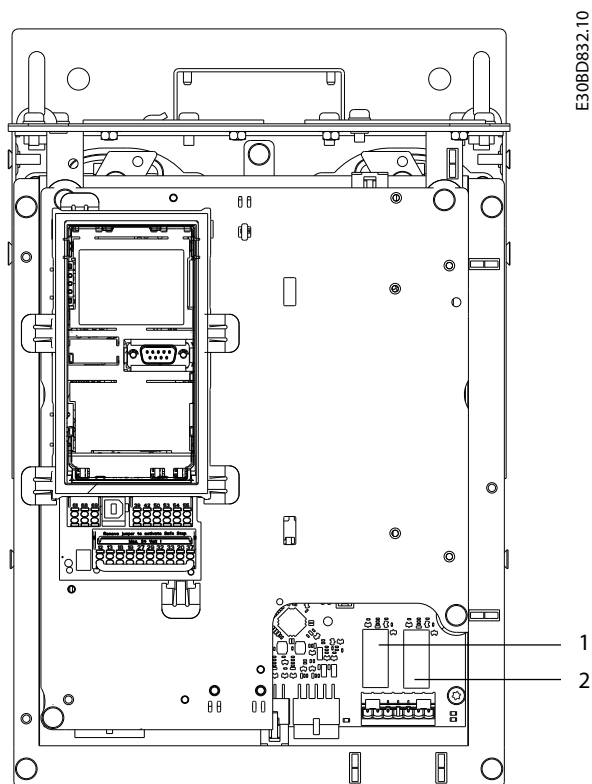
Existe una opción de pantalla de alimentación disponible para los alojamientos con clasificación de protección IP21/IP54 (tipo 1 / tipo 12). La pantalla de la alimentación es una cubierta instalada en el interior del alojamiento para protección contra contactos accidentales con los terminales de potencia, conforme a las normas BGV A2 y VBG-4.

2.3.1 Instalación conforme a ADN

2

Para evitar la formación de chispas conforme al Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por vías navegables (ADN), deberán tomarse precauciones con los convertidores de frecuencia que tengan una clasificación de protección IP00 (chasis), IP20 (chasis), IP21 (tipo 1) o IP54 (tipo 12).

- No instale un conmutador de alimentación.
- Asegúrese de que *parámetro 14-50 Filtro RFI* está ajustado en [1] *Sí*.
- Retire todos los conectores de relé marcados como *RELAY*. Consulte el *Ilustración 2.1*.
- Compruebe qué opciones de relé están instaladas, si es que las hay. La única opción de relé permitida es VLT® Extended Relay Card MCB 113.



1, 2	Conectores de relé
------	--------------------

Ilustración 2.1 Ubicación de los conectores de relé

3 Homologaciones y certificados

En esta sección se incluye una breve descripción de las distintas homologaciones y certificaciones que se pueden encontrar en los convertidores Danfoss. No todas las homologaciones corresponden a todos los convertidores.

3.1 Homologaciones normativas / de cumplimiento

AVISO!

LIMITACIONES IMPUESTAS A LA FRECUENCIA DE SALIDA

A partir de la versión 6.72 del software, la frecuencia de salida del convertidor de frecuencia está limitada a 590 Hz, debido a las normativas de control de exportaciones. La versiones de software 6.xx también limitan la frecuencia de salida máxima a 590 Hz, pero dichas versiones no se pueden actualizar a versiones inferiores ni superiores.

3.1.1.1 Marca CE

La marca CE (Comunidad Europea) indica que el fabricante del producto cumple todas las directivas aplicables de la UE. Las directivas europeas aplicables al diseño y a la fabricación de convertidores de frecuencia se enumeran en la *Tabla 3.1*.

AVISO!

La marca CE no regula la calidad del producto. Las especificaciones técnicas no pueden deducirse de la marca CE.

Directiva de la UE	Versión
Directiva de tensión baja	2014/35/EU
Directiva CEM	2014/30/EU
Directiva de máquinas ¹⁾	2014/32/EU
Directiva ErP	2009/125/EC
Directiva ATEX	2014/34/EU
Directiva RoHS	2002/95/EC

Tabla 3.1 Directivas de la UE aplicables a los convertidores de frecuencia

1) La conformidad con la Directiva de máquinas solo se exige en los convertidores de frecuencia dotados de una función de seguridad integrada.

AVISO!

Los convertidores con una función de seguridad integrada, como Safe Torque Off (STO), deben cumplir la Directiva de máquinas.

Las declaraciones de conformidad están disponibles previa solicitud.

Directiva de tensión baja

Los convertidores deben incluir la marca CE de conformidad con la Directiva de baja tensión, vigente desde el 1 de enero de 2014. La Directiva de baja tensión se aplica a todos los equipos eléctricos situados en los intervalos de tensión 50-1000 V CA y 75-1500 V CC.

La finalidad de esta directiva es garantizar la seguridad personal y evitar los daños materiales cuando se manejen, para su aplicación prevista, equipos eléctricos correctamente instalados y mantenidos.

Directiva CEM

El propósito de la Directiva CEM (compatibilidad electromagnética) es reducir las interferencias electromagnéticas y mejorar la inmunidad de los equipos e instalaciones eléctricos. Los requisitos de protección básicos de la Directiva CEM exigen que aquellos dispositivos que generan interferencias electromagnéticas (EMI), o los dispositivos cuyo funcionamiento pueda verse afectado por las EMI, se diseñen para limitar la generación de interferencias electromagnéticas. Estos dispositivos deben tener un grado adecuado de inmunidad a las EMI cuando se instalan correctamente, se mantienen y se usan conforme a lo previsto.

Los dispositivos eléctricos que se utilizan independientemente o como parte de un sistema deben disponer de la marca CE. Los sistemas no necesitan la marca CE pero deben cumplir con los requisitos básicos de protección de la Directiva CEM.

Directiva de máquinas

La finalidad de la Directiva de máquinas es garantizar la seguridad personal y evitar daños materiales en los equipos mecánicos utilizados para su aplicación prevista. La Directiva de máquinas es aplicable a una máquina que conste de un conjunto de componentes o dispositivos interconectados de los cuales al menos uno sea capaz de realizar un movimiento mecánico.

Aquellos convertidores que poseen una función de seguridad integrada deben cumplir la Directiva de máquinas. Los convertidores sin función de seguridad no se ven afectados por la Directiva de máquinas. Si un convertidor está integrado en un sistema de maquinaria, Danfoss puede proporcionar información sobre los aspectos de seguridad relativos al convertidor.

Cuando los convertidores se utilizan en máquinas con al menos una parte móvil, el fabricante de la máquina debe proporcionar una declaración de cumplimiento de todas las normas y medidas de seguridad pertinentes.

3.1.1.2 Directiva ErP

La directiva ErP es la Directiva europea de diseño ecológico de productos relacionados con la energía, incluidos los convertidores de frecuencia. El objetivo de la directiva es incrementar el rendimiento energético y el nivel de protección del medio ambiente, mientras se aumenta la seguridad del suministro energético. El impacto medioambiental de los productos relacionados con la energía incluye el consumo de energía en todo el ciclo de vida útil del producto.

3.1.1.3 Certificado UL

El sello del Underwriters Laboratory (UL) certifica la seguridad de los productos y sus declaraciones ambientales a partir de pruebas estandarizadas. Los convertidores con tensión T7 (525-690 V) tienen certificación UL únicamente para el intervalo 525-600 V. El convertidor de frecuencia cumple los requisitos de retención de memoria térmica establecidos por la norma UL 61800-5-1. Para obtener más información, consulte el capítulo 10.6.2 *Protección térmica del motor*.

3.1.1.4 CSA/cUL

La homologación CSA/cUL corresponde a convertidores de frecuencia con una tensión nominal de 600 V o menos. La norma garantiza que, cuando el convertidor se instale conforme al manual de instalación/funcionamiento suministrado, el equipo cumplirá los requisitos UL de seguridad térmica y eléctrica. Este sello certifica que el producto ha superado todas las pruebas y especificaciones de ingeniería requeridas. Podrá emitirse un certificado de conformidad si así se solicita.

3.1.1.5 EAC

El sello de conformidad EAC (EurAsian Conformity) indica que el producto cumple todos los requisitos y normas técnicas aplicables al producto por parte de la Unión Aduanera Euroasiática, que está compuesta por los estados miembros de la Unión Económica Euroasiática.

El logotipo de la EAC debe constar tanto en la etiqueta del producto como en la del embalaje. Todos los productos utilizados dentro del área de la EAC deberán comprarse a Danfoss dentro del área de la EAC.

3.1.1.6 UKrSEPRO

El certificado UKrSEPRO garantiza la calidad y seguridad tanto de los productos como de los servicios, así como la estabilidad del proceso de fabricación conforme a la normativa ucraniana. El certificado UkrSepro es necesario para el despacho de aduana de cualquier producto que entre o salga del territorio de Ucrania.

3.1.1.7 TUV

TUV SUD es una organización europea de seguridad que certifica la seguridad funcional de los convertidores conforme a la norma EN/CEI 61800-5-2. TUV SUD somete los productos a pruebas y hace un seguimiento de su producción para garantizar que las empresas sigan cumpliendo las normativas.

3.1.1.8 RCM

La marca de conformidad reglamentaria australiana (*Regulatory Compliance Mark*, RCM) indica la conformidad de los equipos de telecomunicaciones y radiocomunicaciones/CEM con las normas de etiquetado CEM de la Agencia Australiana de Telecomunicaciones (Australian Communications and Media Authority, ACMA). En la actualidad, el sello RCM constituye una marca única que agrupa las marcas de conformidad A-Tick y C-Tick. Su uso es obligatorio para poder comercializar dispositivos eléctricos y electrónicos en Australia y Nueva Zelanda.

3.1.1.9 Marítima

Las aplicaciones marinas (barcos y plataformas de extracción de hidrocarburos) deben estar certificadas por una o varias sociedades de certificación naval para recibir la correspondiente licencia y poder contratar un seguro. Los convertidores Danfoss de la serie VLT® HVAC Drive están certificados por hasta 12 sociedades de clasificación naval diferentes.

Para consultar o imprimir las homologaciones y certificados, diríjase a la zona de descargas en <http://drives.danfoss.com/industries/marine-and-offshore/marine-type-approvals/#/>.

3.1.2 Normativa de control de exportación

Los convertidores pueden estar sujetos a normativas regionales y/o nacionales de control de exportaciones.

Aquellos convertidores sujetos a normativas de control de exportaciones se clasificarán con un código ECCN.

El código ECCN se incluye en los documentos adjuntos al convertidor.

En caso de reexportación, recaerá en el exportador la responsabilidad de garantizar la conformidad con las normativas pertinentes de control de exportaciones.

3.2 Clasificaciones de protección de las envolventes

Los convertidores de la serie VLT® están disponibles con varios tipos de protección para adaptarse a las necesidades de cada aplicación. Las clasificaciones de protección se basan en dos normas internacionales:

- El tipo UL confirma que las protecciones cumplan las normas NEMA (de la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos de EE. UU.) Los requisitos de construcción y prueba para protecciones se estipulan en la Publicación de normas NEMA 250-2003 y UL 50, decimoprimer edición.
- Clasificaciones IP (*Ingress Protection*) redactadas por la CEI (Comisión Electrotécnica Internacional) en el resto del mundo.

Los convertidores de frecuencia estándar de la serie VLT® de Danfoss están disponibles con varios tipos de alojamiento para adaptarse a los requisitos de IP00 (chasis) IP20 (chasis protegido), IP21 (tipo UL 1) o IP54 (tipo UL 12). En el presente manual, el tipo UL se identifica como «Tipo». Por ejemplo, IP21/Tipo 1.

Norma UL

Tipo 1: protecciones construidas para su uso en interiores que ofrecen un grado de protección al personal frente a contactos imprevistos con las unidades protegidas y un grado de protección frente a la caída de suciedad.

Tipo 12: los alojamientos de uso general están previstos para uso en interiores a fin de proteger las unidades frente a:

- fibras
- pelusa
- polvo y suciedad
- salpicaduras leves
- pérdidas
- goteo y condensación externa de líquidos no corrosivos

No puede haber orificios a través de la protección, ni tampoco troqueles o aberturas de conducto, excepto cuando se utilizan con juntas resistentes al aceite para montar mecanismos herméticos al aceite y al polvo. Las puertas también disponen de juntas resistentes al aceite. Además, las protecciones para controladores de combinación tienen puertas con bisagras, que se balancean horizontalmente y necesitan una herramienta para abrirse.

Estándar IP

La *Tabla 3.2* muestra una referencia cruzada entre las dos normas. La *Tabla 3.3* explica cómo leer el número IP y define los niveles de protección. Los convertidores de frecuencia cumplen los requisitos de ambas.

NEMA y UL	IP
Chasis	IP00
Chasis protegido	IP20
Tipo 1	IP21
Tipo 12	IP54

Tabla 3.2 Referencia cruzada de los números NEMA e IP

1.º dígito	2.º dígito	Nivel de protección
0	–	Sin protección.
1	–	Protegido a 50 mm (2,0 in). No es posible que una mano acceda al alojamiento.
2	–	Protegido a 12,5 mm (0,5 in). No es posible que ningún dedo acceda al alojamiento.
3	–	Protegido a 2,5 mm (0,1 in). No es posible que ninguna herramienta acceda al alojamiento.
4	–	Protegido a 1,0 mm (0,04 in). No es posible que ningún cable acceda al alojamiento.
5	–	Protegido contra polvo, entrada limitada
6	–	Protegido totalmente contra polvo
–	0	Sin protección
–	1	Protegido frente a goteo vertical de agua
–	2	Protegido frente a goteo de agua en un ángulo de 15°
–	3	Protegido frente a agua en un ángulo de 60°
–	4	Protegido frente a salpicaduras de agua
–	5	Protegido frente a chorros de agua
–	6	Protegido frente a chorros de agua potentes
–	7	Protegido frente a inmersión temporal
–	8	Protegido frente a inmersión permanente

Tabla 3.3 Desglose del número IP

4 Vista general de producto

4.1 Dimensión de las envolventes por potencia de salida

kW ¹⁾	CV ¹⁾	Envolventes disponibles
355	500	E1h/E3h
400	600	E1h/E3h
450	600	E1h/E3h
500	650	E2h/E4h
560	750	E2h/E4h

Tabla 4.1 Potencias de salida de las envolventes, 380-480 V

1) Todas las potencias de salida se determinan con sobrecarga alta (150 % corriente durante 60 s). La salida se mide a 400 V (kW) y 460 V (CV).

kW ¹⁾	CV ¹⁾	Envolventes disponibles
450	450	E1h/E3h
500	500	E1h/E3h
560	600	E1h/E3h
630	650	E1h/E3h
710	750	E2h/E4h
800	950	E2h/E4h

Tabla 4.2 Potencias de salida de las envolventes, 525-690 V

1) Todas las potencias de salida se determinan con sobrecarga alta (150 % corriente durante 60 s). La salida se mide a 690 V (kW) y 575 V (CV).

4.2 Vista general de las envolventes, 380-480 V

4

Tamaño de la protección	E1h	E2h	E3h	E4h
Potencia de salida ¹⁾				
Salida a 400 V (kW)	355-460	500-560	355-460	500-560
Salida a 460 V (CV)	500-600	650-750	500-600	650-750
Clasificación de protección				
IP	IP21/54	IP21/54	IP20 ²⁾	IP20 ²⁾
Tipo UL	Tipo 1/12	Tipo 1/12	Chasis	Chasis
Opciones de hardware ³⁾				
Canal posterior de acero inoxidable	O	O	O	O
Apantallamiento de red	O	O	-	-
Calefactor	O	O	-	-
Filtro RFI (clase A1)	O	O	O	O
Safe Torque Off	S	S	S	S
Sin LCP	O	O	O	O
LCP gráfico	O	O	O	O
Fusibles	S	S	O	O
Acceso a disipador	O	O	O	O
Chopper de frenado	O	O	O	O
Terminales regenerativos	O	O	O	O
Terminales de carga compartida	-	-	O	O
Fusibles + carga compartida	-	-	O	O
Desconexión	O	O	-	-
Magnetotérmicos	-	-	-	-
Contactores	-	-	-	-
Suministro externo de 24 V CC (SMPS, 5 A)	-	-	-	-
Dimensiones				
Altura, mm (in)	2043 (80,4)	2043 (80,4)	1578 (62,1)	1578 (62,1)
Anchura, mm (in)	602 (23,7)	698 (27,5)	506 (19,9)	604 (23,9)
Profundidad, mm (in)	513 (20,2)	513 (20,2)	482 (19,0)	482 (19,0)
Peso, kg (lb)	295 (650)	318 (700)	272 (600)	295 (650)

Tabla 4.3 Convertidores E1h-E4h, 380-480 V

1) Todas las potencias de salida se determinan con sobrecarga alta (150 % corriente durante 60 s).

2) Si la envolvente está configurada con carga compartida o terminales de regeneración, la clasificación de protección será IP00. En caso contrario, la clasificación de protección es IP20.

3) S = estándar, O = opcional, y una raya indica que la opción no está disponible.

4.3 Vista general de las envolventes, 525-690 V

Tamaño de la protección	E1h	E2h	E3h	E4h
Potencia de salida ¹⁾				
Salida a 690 V (kW)	450–630	710–800	450–630	710–800
Salida a 575 V (CV)	450–650	750–950	450–650	750–950
Clasificación de protección				
IP	IP21/54	IP21/54	IP20 ²⁾	IP20 ²⁾
Tipo UL	Tipo 1/12	Tipo 1/12	Chasis	Chasis
Opciones de hardware³⁾				
Canal posterior de acero inoxidable	O	O	O	O
Apantallamiento de red	O	O	–	–
Calefactor	O	O	–	–
Filtro RFI (clase A1)	–	–	–	–
Safe Torque Off	S	S	S	S
Sin LCP	O	O	O	O
LCP gráfico	O	O	O	O
Fusibles	S	S	O	O
Acceso a disipador	O	O	O	O
Chopper de frenado	O	O	O	O
Terminales regenerativos	O	O	O	O
Terminales de carga compartida	–	–	O	O
Fusibles + carga compartida	–	–	O	O
Desconexión	O	O	–	–
Magnetotérmicos	–	–	–	–
Contactores	–	–	–	–
Suministro externo de 24 V CC (SMPS, 5 A)	–	–	–	–
Dimensiones				
Altura, mm (in)	2043 (80,4)	2043 (80,4)	1578 (62,1)	1578 (62,1)
Anchura, mm (in)	602 (23,7)	698 (27,5)	506 (19,9)	604 (23,9)
Profundidad, mm (in)	513 (20,2)	513 (20,2)	482 (19,0)	482 (19,0)
Peso, kg (lb)	295 (650)	318 (700)	272 (600)	295 (650)

Tabla 4.4 Convertidores E1h-E4h, 525-690 V

1) Todas las potencias de salida se determinan con sobrecarga alta (150 % corriente durante 60 s).

2) Si la envolvente está configurada con carga compartida o terminales de regeneración, la clasificación de protección será IP00. En caso contrario, la clasificación de protección es IP20.

3) S = estándar, O = opcional, y una raya indica que la opción no está disponible.

5 Funciones del producto

5.1 Funciones de funcionamiento automatizadas

Las funciones operativas automatizadas estarán activas mientras el convertidor de frecuencia esté en funcionamiento. La mayoría no necesitan programación ni configuración. El convertidor tiene todo un abanico de funciones de protección integradas para protegerse a sí mismo y al motor cuando está en funcionamiento.

Para obtener más detalles sobre cualquier configuración requerida y, en especial, sobre los parámetros del motor, consulte la *Guía de programación*.

5.1.1 Protección ante cortocircuitos

Motor (entre fases)

El convertidor está protegido contra cortocircuitos en el lado del motor con la medición de la corriente en cada una de las tres fases del motor. Un cortocircuito entre dos fases de salida provoca una sobreintensidad en el inversor. El inversor se apaga cuando la intensidad de cortocircuito excede el valor permitido (*Alarma 16, Trip Lock*).

Lado de alimentación

Un convertidor que funciona correctamente limita la corriente que puede consumir de la fuente de alimentación. En cualquier caso, se recomienda utilizar fusibles y/o magnetotérmicos en el lado de la fuente de alimentación, a modo de protección en caso de avería de componentes internos del convertidor (primer fallo). Los fusibles del lado de alimentación son obligatorios para la conformidad con UL.

AVISO!

Para garantizar la conformidad con las normas CEI 60364 (CE) o NEC 2009 (UL), es obligatorio utilizar fusibles y/o magnetotérmicos.

Resistencia de frenado

El convertidor está protegido contra cortocircuitos en la resistencia de frenado.

Carga compartida

Para proteger el bus de CC contra cortocircuitos y los convertidores contra sobrecargas, instale los fusibles de CC en serie con los terminales de carga compartida de todas las unidades conectadas.

5.1.2 Protección contra sobretensión

Sobretensión generada por el motor

La tensión del enlace de CC aumenta cuando el motor actúa como generador. Esto ocurre en los siguientes casos:

- La carga hace rotar el motor a una frecuencia de salida constante del convertidor de frecuencia, es decir, la carga genera energía.
- Durante la desaceleración (rampa de deceleración), si el momento de inercia es alto, la fricción es baja y el tiempo de deceleración es demasiado corto para que la energía sea disipada como una pérdida en el sistema de convertidores.
- Un ajuste incorrecto de la compensación de deslizamiento produce una tensión más alta en el bus de CC.
- Fuerza contraelectromotriz desde el funcionamiento del motor PM. Si queda en inercia a unas r/min altas, la fuerza contraelectromotriz del motor PM puede superar, potencialmente, la tolerancia de tensión máxima del convertidor y provocar daños. Para evitar esta situación, el valor del *parámetro 4-19 Frecuencia salida máx.* se limita automáticamente de acuerdo con un cálculo interno basado en el valor del *parámetro 1-40 f_{cem} a 1000 RPM*, el *parámetro 1-25 Veloc. nominal motor* y el *parámetro 1-39 Polos motor*.

AVISO!

Para evitar que el motor supere la velocidad (p. ej., debido a efectos excesivos de autorrotación), equipe el convertidor de frecuencia con una resistencia de frenado.

La sobretensión se puede controlar o bien con una función de freno (*parámetro 2-10 Función de freno*) o con un control de sobretensión (*parámetro 2-17 Control de sobretensión*).

Funciones de freno

Conecte una resistencia de frenado para disipar el exceso de energía de freno. La conexión de una resistencia de frenado permite una mayor tensión de CC durante el frenado.

El freno de CA es una alternativa para mejorar el frenado sin usar una resistencia de frenado. Esta función controla una sobremagnetización del motor cuando funciona como generador. El aumento de las pérdidas eléctricas en el motor permite que la función OVC aumente el par de frenado sin superar el límite de sobretensión.

AVISO!

El freno de CA no es tan eficaz como el freno dinámico con resistencia.

Control de sobretensión (OVC)

Al prolongar automáticamente el tiempo de deceleración, el OVC reduce el riesgo de desconexión del convertidor debido a una sobretensión en el enlace de CC.

AVISO!

El OVC se puede activar para un motor PM con núcleo de control, PM VVC⁺, flujo OL y flujo CL para motores PM.

5.1.3 Detección de que falta una fase del motor

La función Falta una fase del motor (*parámetro 4-58 Función Fallo Fase Motor*) está activada de manera predeterminada para evitar daños en el motor en caso de caída de fase. El ajuste predeterminado es 1000 ms, pero se puede ajustar para una detección más rápida.

5.1.4 Detección de desequilibrio en la tensión de alimentación

El funcionamiento en condiciones graves de desequilibrio de la tensión de alimentación reduce la vida útil del motor y el convertidor. Si el motor se utiliza continuamente cerca del valor nominal de carga, las condiciones se consideran duras. El ajuste predeterminado desconecta el convertidor de frecuencia en caso de desequilibrio de la tensión de alimentación (*parámetro 14-12 Función desequil. alimentación*).

5.1.5 Conmutación en la salida

Está permitido añadir un conmutador a la salida entre el motor y el convertidor, pero pueden aparecer mensajes de fallo. Danfoss no recomienda utilizar esta función con convertidores de 525-690 V conectados a una red de alimentación IT.

5.1.6 Protección de sobrecarga

Límite de par

La función de límite de par protege el motor ante sobrecargas, independientemente de la velocidad. El límite de par se controla en *parámetro 4-16 Modo motor límite de par* y *parámetro 4-17 Modo generador límite de par*. El intervalo anterior a la advertencia de límite de par realice la desconexión se controla en *parámetro 14-25 Retardo descon. con lím. de par*.

Límite de intensidad

El límite de intensidad se controla en el *parámetro 4-18 Límite intensidad* y el intervalo anterior a la desconexión del convertidor de frecuencia se controla en el *parámetro 14-24 Retardo descon. con lím. de int.*

Límite de velocidad

Límite mínimo de velocidad: el *Parámetro 4-11 Límite bajo veloc. motor [RPM]* o el *parámetro 4-12 Límite bajo veloc. motor [Hz]* limitan el intervalo de velocidad operativa mínima del convertidor.

Límite máximo de velocidad: el *Parámetro 4-13 Límite alto veloc. motor [RPM]* o el *parámetro 4-19 Frecuencia salida máx.* limitan la velocidad máxima de salida que puede proporcionar el convertidor.

Relé termoelectrónico (ETR)

El ETR es un dispositivo electrónico que simula un relé bimetálico basado en mediciones internas. Las características se muestran en la *Ilustración 5.1*.

Límite tensión

El inversor se apaga para proteger los transistores y los condensadores del enlace de CC cuando se alcanza un determinado nivel de tensión de codificación fija.

Sobretemperatura

El convertidor tiene sensores de temperatura integrados y reacciona inmediatamente a valores críticos mediante los límites de codificación fija.

5.1.7 Protecc. rotor bloqueado

Puede haber situaciones en las que el rotor se bloquee debido a una carga excesiva o a otros factores. El rotor bloqueado no puede producir una refrigeración suficiente, lo que a su vez puede sobrecalentar el bobinado del motor. El convertidor de frecuencia puede detectar la situación de rotor bloqueado con un control de flujo de PM en lazo abierto y control PM VVC⁺ (*parámetro 30-22 Protecc. rotor bloqueado*).

5.1.8 Reducción de potencia automática

El convertidor de frecuencia comprueba constantemente los siguientes niveles críticos:

- Alta temperatura en la tarjeta de control o el disipador.
- Carga del motor alta.
- Tensión del enlace de CC alta.
- Velocidad del motor baja.

Como respuesta a un nivel crítico, el convertidor de frecuencia ajusta la frecuencia de conmutación. Para temperaturas internas altas y velocidades de motor bajas, el convertidor de frecuencia también puede forzar el patrón de PWM a SFAVM.

AVISO!

La reducción de potencia automática es diferente cuando parámetro 14-55 Filtro de salida está ajustado en [2] Filtro senoidal fijo.

5.1.9 Optimización automática de la energía

La optimización automática de energía (AEO) dirige el convertidor de frecuencia para que controle continuamente la carga del motor y ajuste la tensión de salida para aumentar al máximo la eficacia. Con una carga ligera, la tensión disminuye y la intensidad del motor se reduce al mínimo. El motor obtiene:

- Mayor rendimiento.
- Calentamiento reducido.
- Funcionamiento más silencioso.

No es necesario seleccionar una curva de V/Hz porque el convertidor de frecuencia ajusta automáticamente la tensión del motor.

5.1.10 Modulación automática de frecuencia de conmutación

El convertidor de frecuencia genera pulsos eléctricos cortos para formar un patrón de onda de CA. La frecuencia de conmutación es el ritmo de estos pulsos. Una frecuencia de conmutación baja (ritmo de pulsos lento) causa ruido audible en el motor, de modo que es preferible una frecuencia de conmutación más elevada. Una frecuencia de conmutación alta, sin embargo, genera calor en el convertidor de frecuencia, lo que puede limitar la cantidad de corriente disponible en el motor.

La modulación automática de frecuencia de conmutación regula estas condiciones automáticamente para ofrecer la frecuencia de conmutación más elevada sin sobrecalentar el convertidor de frecuencia. Al ofrecer una frecuencia de conmutación alta regulada, se silencia el ruido de funcionamiento del motor a velocidades bajas, cuando el control del ruido audible es crítico, y se produce una plena potencia de salida al motor cuando la demanda lo requiere.

5.1.11 Reducción automática de potencia por alta frecuencia de conmutación

El convertidor de frecuencia está diseñado para un funcionamiento continuo a plena carga a frecuencias de conmutación comprendidas entre 1,5 y 2 kHz para 380-480 V, y entre 1 y 1,5 kHz para 525-690 V. El rango de frecuencia depende del nivel de potencia y de la tensión nominal. Una frecuencia de conmutación que supere el

rango máximo permitido genera un aumento del calor en el convertidor de frecuencia y requiere que se reduzca la potencia de la intensidad de salida.

Una característica automática del convertidor de frecuencia es que el control de la frecuencia de conmutación depende de la carga. Esta característica permite al motor obtener la máxima frecuencia de conmutación permitida por la carga.

5.1.12 Rendimiento de fluctuación de potencia

El convertidor de frecuencia soporta fluctuaciones de la alimentación como:

- Transitorios.
- Cortes momentáneos.
- Caídas cortas de tensión.
- Sobretensiones.

El convertidor de frecuencia compensa automáticamente las tensiones de entrada de $\pm 10\%$ del valor nominal para ofrecer un par y una tensión nominal del motor completos. Con el reinicio automático seleccionado, el convertidor de frecuencia se enciende automáticamente tras una desconexión de tensión. Con la función de motor en giro, el convertidor de frecuencia se sincroniza con el giro del motor antes del arranque.

5.1.13 Amortiguación de resonancia

La amortiguación de resonancia elimina el ruido de resonancia del motor a alta frecuencia. Está disponible la amortiguación de frecuencia automática o seleccionada manualmente.

5.1.14 Ventiladores controlados por temperatura

El funcionamiento de los ventiladores de refrigeración interna se regula mediante sensores ubicados en el convertidor de frecuencia. Los ventiladores de refrigeración suelen no funcionar durante el funcionamiento a baja carga, así como en el modo reposo y en espera. Estos sensores reducen el ruido, aumentan el rendimiento y alargan la vida útil del ventilador.

5.1.15 Conformidad con CEM

Las interferencias electromagnéticas (EMI) y las interferencias de radiofrecuencia (RFI) son perturbaciones que pueden afectar al circuito eléctrico a causa de la inducción o radiación electromagnética de una fuente externa. El convertidor de frecuencia está diseñado para cumplir con la norma de productos CEM para convertidores de frecuencia CEI 61800-3 y la norma europea EN 55011. Los

cables del motor deben estar apantallados y correctamente acabados para cumplir con los niveles de emisión de la norma EN 55011. Para obtener más información sobre el rendimiento de CEM, consulte el capítulo 10.14.1 Resultados de las pruebas de CEM.

5.1.16 Aislamiento galvánico de los terminales de control

Todos los terminales de control y los terminales de relé de salida están galvánicamente aislados de la alimentación, lo cual protege completamente los circuitos de control de la intensidad de entrada. Los terminales de relé de salida necesitan su propia toma de tierra. Estos aislamientos cumplen con los estrictos requisitos de protección de tensión muy baja (PELV) para el aislamiento.

Los componentes que conforman el aislamiento galvánico son:

- Fuente de alimentación, incluyendo aislamiento de señal.
- Accionamiento de puerta para los IGBT, los transformadores de disparo y los optoacopladores.
- Los transductores de efecto Hall de intensidad de salida.

5.2 Funciones de aplicación personalizadas

Las funciones de aplicación personalizadas son las funciones más comunes programadas en el convertidor de frecuencia para un rendimiento mejorado del sistema. Requieren una programación o configuración mínimas. Consulte la *guía de programación* para obtener instrucciones sobre la activación de estas funciones.

5.2.1 Adaptación automática del motor

La adaptación automática del motor (AMA) es un procedimiento de prueba automatizado utilizado para medir las características eléctricas del motor. El AMA proporciona un modelo electrónico preciso del motor y permite al convertidor de frecuencia calcular el rendimiento y la eficacia óptimos. Llevar a cabo el procedimiento AMA también aumenta al máximo la función de optimización automática de energía del convertidor de frecuencia. El AMA se realiza sin que el motor esté girando y sin desacoplar la carga del motor.

5.2.2 Controlador PID integrado

El controlador proporcional, integral y derivativo (PID) integrado elimina la necesidad de dispositivos de control auxiliares. El controlador PID mantiene un control constante de los sistemas de lazo cerrado en los que se deben mantener regulados la presión, el flujo, la temperatura u otros requisitos del sistema.

El convertidor de frecuencia puede utilizar dos señales de realimentación de dos dispositivos diferentes, lo cual permite regular el sistema con requisitos de realimentación diferentes. El convertidor de frecuencia toma decisiones de control comparando las dos señales para optimizar el rendimiento del sistema.

5.2.3 Protección térmica del motor

La protección térmica del motor se puede proporcionar mediante:

- Medición directa de la temperatura mediante un
 - sensor KTY o PTC en los bobinados del motor, con conexión a una entrada analógica o digital estándar.
 - PT100 o PT1000 en los bobinados y cojinetes del motor, conectado a VLT® Sensor Input Card MCB 114.
 - Entrada de termistor PTC en la tarjeta VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 (homologada para ATEX).
- Mediante un conmutador termomecánico (tipo Klixon) en una entrada digital.
- Relé termoelectrónico (ETR) integrado

El ETR calcula la temperatura del motor midiendo la intensidad, la frecuencia y el tiempo de funcionamiento. El convertidor de frecuencia muestra la carga térmica del motor en forma de porcentaje y puede emitir una advertencia cuando llega a un valor de consigna de sobrecarga programable.

Las opciones programables en la sobrecarga permiten que el convertidor de frecuencia detenga el motor, reduzca la salida o ignore la condición. Incluso a velocidades bajas, el convertidor de frecuencia cumple con las normas de sobrecarga electrónica del motor I2t de clase 20.

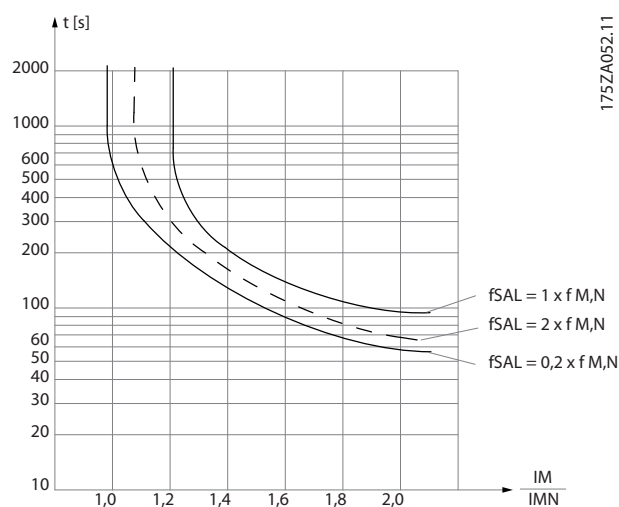


Ilustración 5.1 Características ETR

el eje X muestra la relación entre los valores I_{motor} e I_{motor} nominal. El eje Y muestra el intervalo en segundos antes de que el ETR se corte y desconecte el convertidor de frecuencia. Las curvas muestran la velocidad nominal característica, al doble de la velocidad nominal y al 0,2 x de la velocidad nominal.

A una velocidad inferior, el ETR se desconecta con un calentamiento inferior debido a una menor refrigeración del motor. De ese modo, el motor queda protegido frente a un posible sobrecalentamiento, incluso a baja velocidad. La función ETR calcula la temperatura del motor en función de la intensidad y la velocidad reales. La temperatura calculada puede verse como un parámetro de lectura de datos en el *parámetro 16-18 Térmico motor*. También está disponible una versión especial del ETR para motores EX-e en zonas ATEX. Esta función hace posible introducir una curva específica para proteger el motor Ex-e. Consulte las instrucciones de configuración en la *guía de programación*.

5.2.4 Protección térmica del motor para motores Ex-e

El convertidor está equipado con una función de control térmico ETR ATEX para el funcionamiento de motores Ex-e conforme a la norma EN-60079-7. Cuando se combina con un dispositivo de control PTC homologado para ATEX, como la opción VLT® MCB 112 PTC o un dispositivo externo, la instalación no requiere la aprobación individual por parte de una organización homologada.

La función de control térmico ATEX ETR permite el uso de un motor Ex-e en lugar de un motor Ex-d, que resulta más caro, pesado y voluminoso. Esta función garantiza que el convertidor limite la intensidad del motor para evitar un sobrecalentamiento.

Requisitos relativos al motor Ex-e

- Asegúrese de que el motor Ex-e esté homologado para su uso en áreas peligrosas (zona ATEX 1/21, zona ATEX 2/22) con convertidores de frecuencia. El motor debe estar certificado para la zona de riesgo específica.
- Instale el motor Ex-e en la zona 1/21 o 2/22 del área de riesgo, conforme a su homologación.

AVISO!

Instale el convertidor fuera del área peligrosa.

- Asegúrese de que el motor Ex-e cuente con un dispositivo de protección de sobrecarga homologado por ATEX. Dicho dispositivo controlará la temperatura de los bobinados del motor. En caso de alcanzarse un nivel de temperatura crítico o de producirse una avería, el dispositivo desconectará el motor.
 - La opción VLT® PTC Thermistor MCB 112 ofrece un control de la temperatura del motor homologado para ATEX. Un requisito previo es que el convertidor cuente con 3-6 termistores PTC en serie, de conformidad con las normas DIN 44081 o 44082.
 - De forma alternativa, también puede usarse un dispositivo externo de protección PTC con certificación ATEX.
- Se requiere un filtro senoidal cuando se dan las siguientes circunstancias:
 - Los cables largos (picos de tensión) o un aumento de la tensión de red producen tensiones que exceden la tensión máxima permitida en los terminales del motor.
 - La frecuencia de conmutación mínima del convertidor no cumple los requisitos indicados por el fabricante del motor. La frecuencia de conmutación mínima del convertidor se muestra como valor predeterminado en el *parámetro 14-01 Frecuencia conmutación*.

Compatibilidad del motor y el convertidor

En el caso de motores certificados conforme a la norma EN-60079-7, el fabricante del motor facilita una serie de límites y normas en la hoja de datos o en la placa de características del motor. Durante la planificación, instalación, puesta en servicio, funcionamiento y mantenimiento, respete los límites y reglas indicados por el fabricante en lo referente a:

- Frecuencia de conmutación mínima.
- Corriente máxima.

- Frecuencia mínima del motor.
- Frecuencia máxima del motor.

En la *Ilustración 5.2* se indica la ubicación de estos requisitos en la placa de características del motor.

CE 1180		Ex-e II T3			
CONVERTER SUPPLY					
VALID FOR 380 - 415V FWP 50Hz					
3 ~ Motor					
1	MIN. SWITCHING FREQ. FOR PWM CONV. 3kHz				
2	$I = 1.5I_{MN}$ $t_{ON} = 10s$ $t_{COOL} = 10min$				
3	MIN. FREQ. 5Hz	MAX. FREQ. 85 Hz			
4					
PWM-CONTROL					
f [Hz]	5	15	25	50	85
I_x/I_{MN}	0.4	0.8	1.0	1.0	0.95
PTC	°C DIN 44081/-82				
Manufacture xx		EN 60079-0		EN 60079-7	

1	Frecuencia de conmutación mínima
2	Corriente máxima
3	Frecuencia mínima del motor
4	Frecuencia máxima del motor

Ilustración 5.2 Placa de características del motor con los requisitos del convertidor

A la hora de acoplar el convertidor y el motor, Danfoss especifica los siguientes requisitos adicionales para garantizar la adecuada protección térmica del motor:

- No supere la proporción máxima permitida entre el tamaño del convertidor y el del motor. El valor normal es $I_{VT, n} \leq 2I_{M, n}$
- Tenga en cuenta todas las caídas de tensión del convertidor al motor. Si el motor funciona con una tensión más baja de la indicada en las características u/f, puede aumentar la corriente, lo cual activará una alarma.

Para obtener más información, consulte el ejemplo de aplicación disponible en el *capítulo 12 Ejemplos de aplicaciones*.

5.2.5 Corte de red

Durante un corte de red, el convertidor de frecuencia sigue funcionando hasta que la tensión del enlace de CC desciende por debajo del nivel mínimo de parada. Generalmente, dicho nivel es un 15 % inferior a la tensión de alimentación nominal más baja. La tensión de red antes

del corte y la carga del motor determinan el tiempo necesario para la parada de inercia del convertidor.

El convertidor de frecuencia se puede configurar (*parámetro 14-10 Fallo aliment.*) para diferentes tipos de comportamientos durante un corte de red:

- Bloqueo por alarma cuando el enlace de CC se agote.
- Inercia con función de motor en giro cuando vuelva la alimentación (*parámetro 1-73 Motor en giro*).
- Energía regenerativa.
- Rampa de deceleración controlada.

Función de Motor en giro

Esta selección hace posible «atrapar» un motor que, por un corte de red, gira sin control. Esta opción es importante para centrifugas y ventiladores.

Energía regenerativa

Esta selección garantiza que el convertidor de frecuencia funcione mientras haya energía en el sistema. En cortes de alimentación breves, el funcionamiento se restablece cuando vuelve la alimentación, sin que se detenga la aplicación o se pierda el control en ningún momento. Se pueden seleccionar diferentes variantes de energía regenerativa.

Configure el comportamiento del convertidor de frecuencia en caso de corte de red en el *parámetro 14-10 Fallo aliment.* y el *parámetro 1-73 Motor en giro*.

5.2.6 Rearranque automático

El convertidor de frecuencia puede programarse para reiniciar el motor automáticamente tras una pequeña desconexión, como una fluctuación o pérdida de potencia momentáneas. Esta característica elimina la necesidad de reinicio manual y mejorar el funcionamiento automatizado para sistemas controlados remotamente. Se pueden limitar tanto la cantidad de intentos de reinicio como la duración entre intentos.

5.2.7 Par completo a velocidad reducida

El convertidor de frecuencia sigue una curva V/Hz variable para ofrecer un par del motor completo incluso a velocidades reducidas. El par de salida completo puede coincidir con la velocidad de funcionamiento máxima diseñada del motor. Este convertidor actúa de forma diferente a los convertidores de par variable y a los convertidores de par constante. Los convertidores de frecuencia de par variable ofrecen un par motor reducido a baja velocidad. Los convertidores de frecuencia de par constante proporcionan un exceso de tensión, calor y ruido del motor a una velocidad inferior a la máxima.

5.2.8 Bypass de frecuencia

En algunas aplicaciones, el sistema puede tener velocidades de funcionamiento que crean una resonancia mecánica. Esto puede generar un ruido excesivo y puede dañar los componentes mecánicos del sistema. El convertidor de frecuencia dispone de cuatro anchos de banda de frecuencia de bypass programables, que permiten al motor evitar velocidades que generen resonancia en el sistema.

5.2.9 Pre calentador del motor

Para precalentar un motor en un entorno húmedo o frío, puede suministrarse continuamente una pequeña cantidad de corriente CC al motor para protegerlo de la condensación y de un arranque en frío. Esta función puede eliminar la necesidad de resistencia calefactora.

5.2.10 Ajustes programables

El convertidor de frecuencia tiene cuatro ajustes que se pueden programar independientemente. Utilizando un ajuste múltiple, es posible alternar entre funciones programadas independientemente activadas por entradas digitales o una orden de serie. Los ajustes independientes se utilizan, por ejemplo, para cambiar las referencias, para el funcionamiento día/noche o verano/invierno o para controlar varios motores. En el LCP se muestra el ajuste activo.

Los datos de ajuste se pueden copiar de un convertidor de frecuencia a otro descargando la información desde el LCP extraíble.

5.2.11 Smart Logic Control (SLC)

El Smart Logic Control (SLC) es una secuencia de acciones definidas por el usuario (consulte el *parámetro 13-52 Acción Controlador SL [x]*) y ejecutadas por el SLC cuando este evalúa como VERDADERO el evento asociado definido por el usuario (consulte el *parámetro 13-51 Evento Controlador SL [x]*).

La condición para que se produzca un evento puede ser un estado determinado o que la salida de una regla lógica o un operando comparador pase a ser VERDADERO. Esta condición da lugar a una acción asociada, como se muestra en la *Ilustración 5.3*.

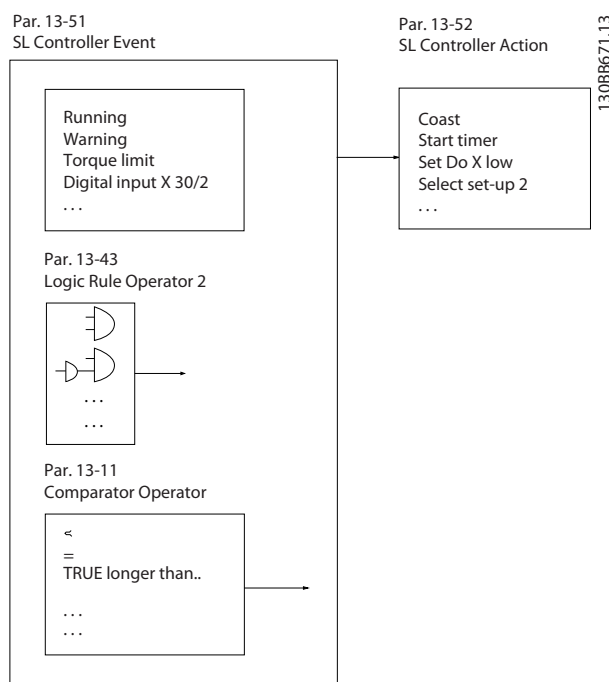
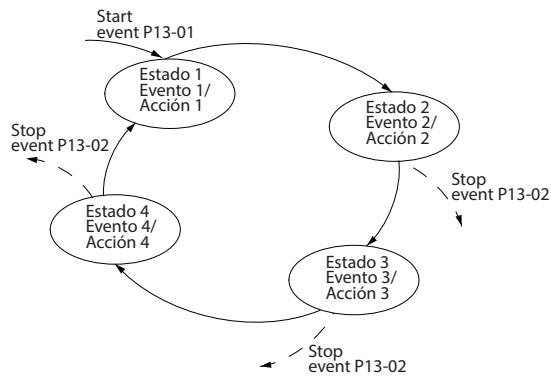


Ilustración 5.3 Evento y acción SLC

Los eventos y acciones están numerados y enlazados en parejas (estados), lo que significa que cuando el evento [0] se cumple (cuando alcanza el valor TRUE), se ejecuta la acción [0]. Después de ejecutarse la primera acción, se evalúan las condiciones del siguiente evento. Si dicho evento se evalúa como verdadero, entonces se ejecutará la acción correspondiente. En cada momento solo se evalúa un evento. Si un evento se evalúa como falso, no sucede nada en el SLC durante el intervalo de exploración actual y no se evaluarán otros eventos. Cuando se inicia el SLC, solo evalúa el evento [0] en cada intervalo de exploración. El SLC ejecuta una acción [0] e inicia la evaluación del siguiente evento solo si el evento [0] se considera verdadero. Se pueden programar de 1 a 20 eventos y acciones.

Cuando se haya ejecutado el último evento o acción, la secuencia volverá a comenzar desde el evento o acción [0]. En la *Ilustración 5.4* se muestra un ejemplo con cuatro eventos/acciones:

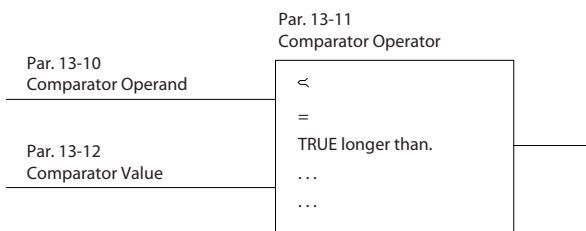


130BA062.13

Ilustración 5.4 Orden de ejecución cuando están programados 4 eventos/acciones

Comparadores

Los comparadores se usan para comparar variables continuas (frecuencia o intensidad de salida, entrada analógica, etc.) con valores fijos predeterminados.

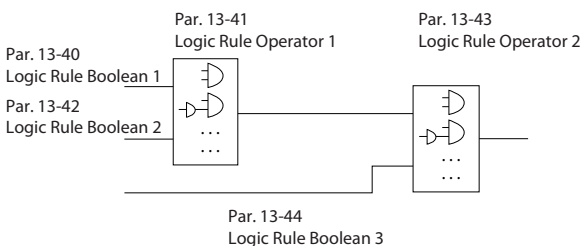


130BB672.10

Ilustración 5.5 Comparadores

Reglas lógicas

Se pueden combinar hasta tres entradas booleanas (entradas VERDADERO/FALSO) de temporizadores, comparadores, entradas digitales, bits de estado y eventos mediante los operadores lógicos Y, O y NO.



130BB673.10

Ilustración 5.6 Reglas lógicas

5.2.12 Safe Torque Off

La función de Safe Torque Off (STO) se utiliza para detener el convertidor de frecuencia en situaciones de parada de emergencia. El convertidor puede utilizar la función STO con motores síncronos, asíncronos y de magnetización permanente.

Para obtener más información acerca de la función Safe Torque Off, incluidas su instalación y puesta en servicio, consulte el *Manual de funcionamiento de Safe Torque Off*.

Responsabilidad

El cliente debe garantizar que el personal sabe cómo instalar y hacer funcionar la función de Safe Torque Off porque:

- Ha leído y comprendido las normas de seguridad relativas a la salud, la seguridad y la prevención de accidentes.
- Ha entendido las indicaciones generales y de seguridad incluidas en el *Manual de funcionamiento de Safe Torque Off*.
- Conoce a la perfección las normas generales y de seguridad de la aplicación específica.

5.3 Funciones específicas del convertidor VLT® HVAC Drive

Un convertidor de frecuencia saca partido de que las bombas y los ventiladores centrífugos sigan las leyes de proporcionalidad de dichas aplicaciones. Para obtener más información, consulte el capítulo 5.3.1 *Uso de un convertidor para ahorrar energía*.

5.3.1 Uso de un convertidor para ahorrar energía

La gran ventaja de emplear un convertidor para controlar la velocidad de los ventiladores y las bombas está en el ahorro de electricidad. Si se compara con sistemas de control y tecnologías alternativas, un convertidor es el sistema de control de energía óptimo para controlar sistemas de ventiladores y bombas.

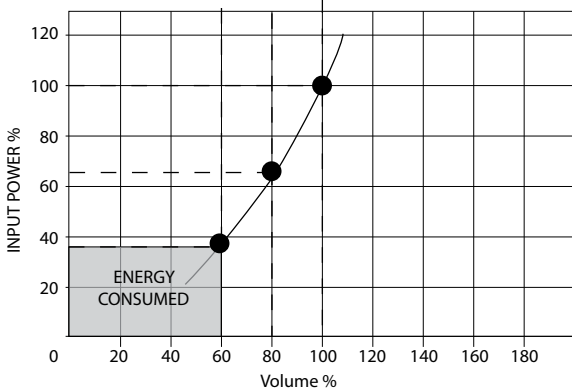
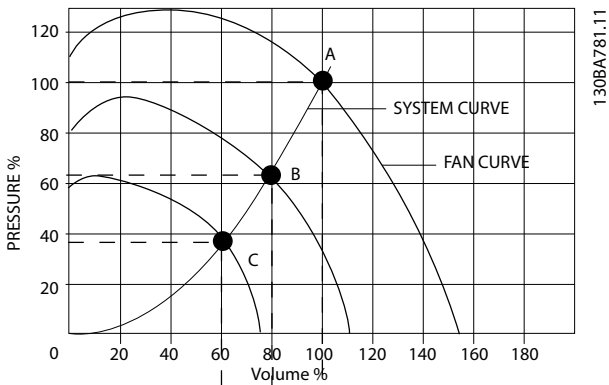


Ilustración 5.7 Ahorro de energía con una capacidad de ventilador reducida

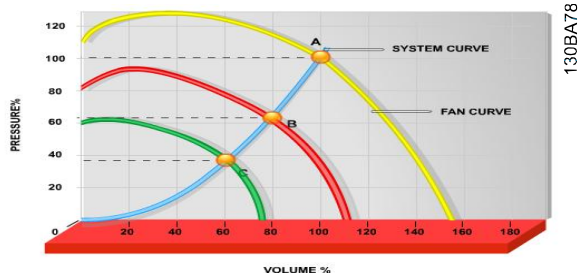


Ilustración 5.8 Curvas de ventilador para bajos volúmenes de ventilación.

Ejemplo de ahorro de energía

Como se muestra en la *Ilustración 5.9*, el caudal se controla cambiando las RPM.. Al reducir la velocidad solo un 20 % respecto a la velocidad nominal, el caudal también se reduce en un 20 %. El caudal es directamente proporcional a las r/min. El consumo eléctrico, sin embargo, se reduce en un 50 %.

Si el sistema únicamente funciona con un caudal del 100 % durante unos días al año, mientras que el promedio

es inferior al 80 % del caudal nominal, el ahorro de energía es incluso superior al 50 %.

La *Ilustración 5.9* describe la dependencia del caudal, la presión y el consumo de energía de las r/min.

Q = Caudal	P = Energía
Q ₁ = Caudal nominal	P ₁ = Potencia nominal
Q ₂ = Caudal reducido	P ₂ = Potencia reducida
H = Presión	n = control de velocidad
H ₁ = Presión nominal	n ₁ = Velocidad nominal
H ₂ = Presión reducida	n ₂ = Velocidad reducida

Tabla 5.1 Leyes de proporcionalidad

Caudal: $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$

Presión: $\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$

Potencia: $\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$

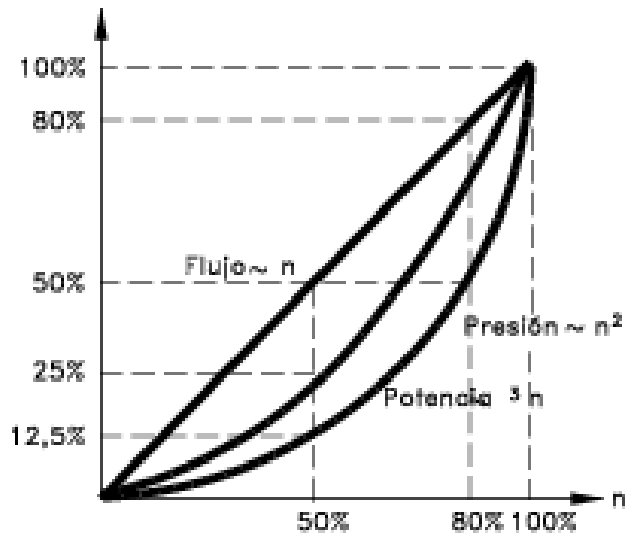
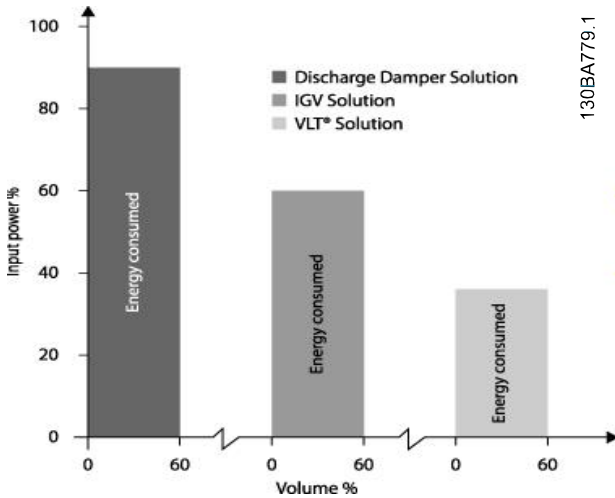


Ilustración 5.9 Leyes de proporcionalidad

Comparación de ahorro de energía

El Danfoss convertidor ofrece un gran ahorro en comparación con los productos tradicionales de ahorro de energía. El convertidor de frecuencia regula la velocidad del ventilador en función de la carga térmica del sistema y funciona como un sistema de gestión de edificios (BMS).

El gráfico (*Ilustración 5.10*) muestra el ahorro de energía típico que puede obtenerse con 3 productos conocidos cuando el volumen del ventilador se reduce hasta un 60 %. Como muestra el gráfico, puede conseguirse en equipos convencionales más del 50 % del ahorro energético.



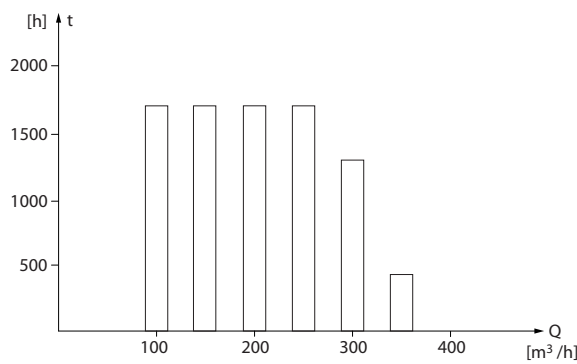
Los amortiguadores de descarga reducen el consumo de energía. Las aletas guidoras variables de entrada ofrecen un 40 % de reducción pero su instalación es costosa. El Danfoss convertidor reduce el consumo de energía en más de un 50 % y es fácil de instalar.

Ejemplo con caudal variable durante 1 año

La Ilustración 5.11 se basa en las características de una bomba según la hoja de datos de una bomba. El resultado obtenido muestra un ahorro de energía superior al 50 % para el caudal dado, durante un año. El periodo de amortización depende del precio por kWh y del precio del convertidor de frecuencia. En este ejemplo, es inferior a un año comparado con las válvulas y la velocidad constante.

5

Ilustración 5.10 Tres sistemas de ahorro de energía convencionales



$$P_{\text{eje}} = P_{\text{salida de eje}}$$

Ilustración 5.11 Distribución del caudal durante 1 año

m³/h	Distribución		Regulación por válvula		Control de la unidad	
	%	Horas	Potencia	Consumo	Potencia	Consumo
			A ₁ -B ₁	kWh	A ₁ -C ₁	kWh
350	5	438	42,5	18615	42,5	18615
300	15	1314	38,5	50589	29,0	38106
250	20	1752	35,0	61320	18,5	32412
200	20	1752	31,5	55188	11,5	20148
150	20	1752	28,0	49056	6,5	11388
100	20	1752	23,0	40296	3,5	6132
Σ	100	8760	-	275064	-	26801

Tabla 5.2 Cálculo del ahorro energético

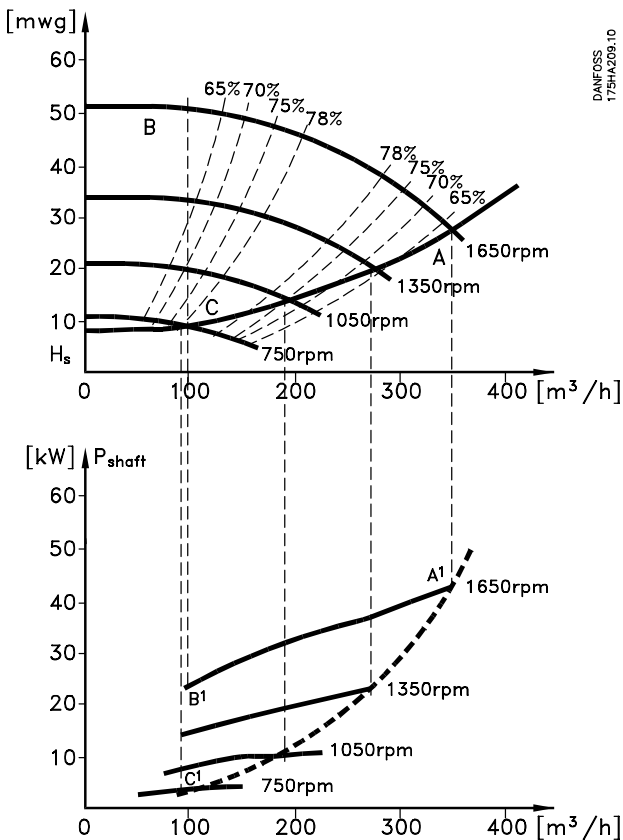
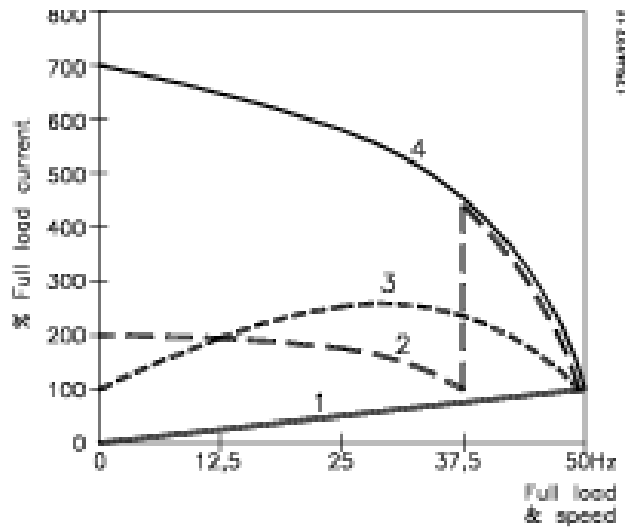


Ilustración 5.12 Ahorro energético en una aplicación de bomba

motor no se necesitan si se usa un convertidor. Como se muestra en la Ilustración 5.13, un convertidor no consume más corriente que la nominal.



1 = VLT® HVAC Drive
2 = Arrancador en estrella / triángulo
3 = Arrancador suave
4 = Arranque directamente con la alimentación de red

Ilustración 5.13 Consumo de corriente con un convertidor de frecuencia.

5.3.2 Uso de un convertidor para obtener un mejor control

Si se utiliza un convertidor para controlar el caudal o la presión de un sistema, se obtiene un control mejorado. Un convertidor de frecuencia puede variar la velocidad de un ventilador o una bomba, de forma que puede obtenerse un control variable del caudal y la presión gracias al control de PID integrado. Además, un convertidor puede adaptar rápidamente la velocidad de un ventilador o de una bomba a las nuevas condiciones de caudal o presión del sistema.

Compensación de $\cos \phi$

Normalmente, el VLT® HVAC Drive tiene un $\cos \phi$ igual a 1 y proporciona una corrección del factor de potencia para el $\cos \phi$ del motor, lo que significa que no hay necesidad de considerar el $\cos \phi$ del motor cuando se dimensiona la unidad de corrección del factor de potencia.

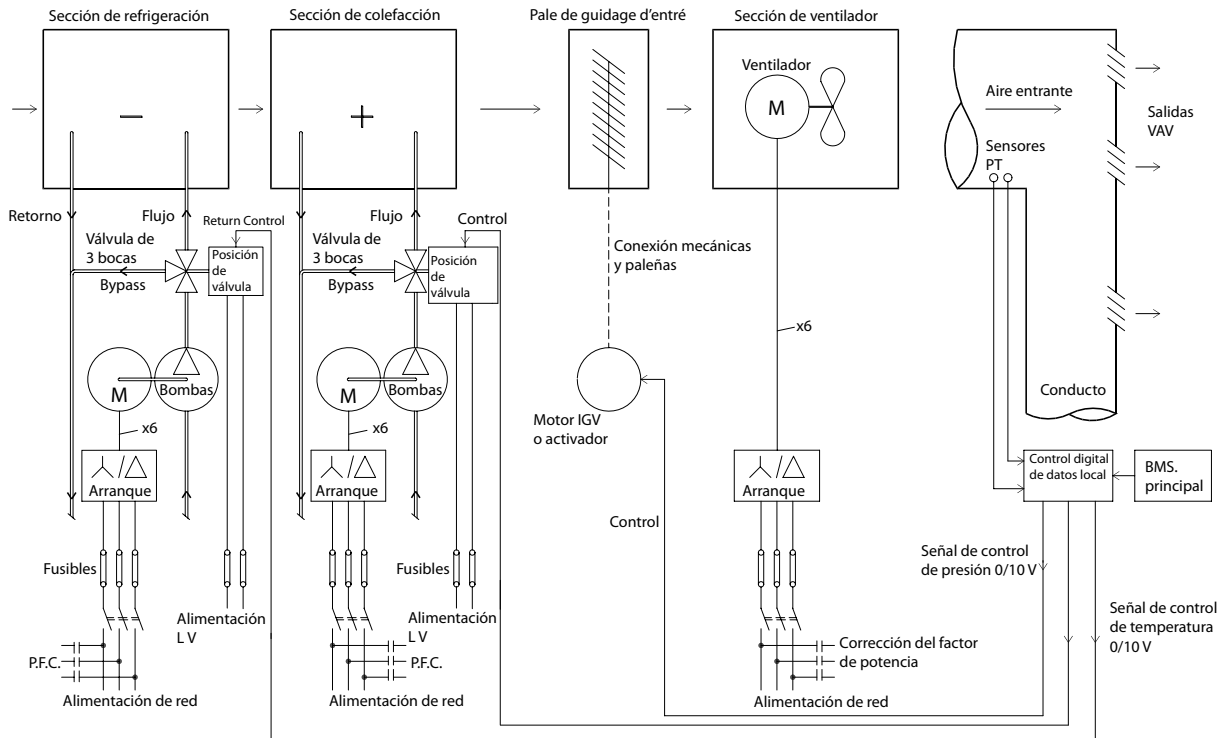
No es necesario un arrancador en estrella/triángulo ni un arrancador suave

Cuando se necesita arrancar motores relativamente grandes, en muchos países es necesario usar equipos que limitan la tensión de arranque. En sistemas más tradicionales, se suele utilizar un arrancador en estrella/triángulo o un arrancador suave. Estos arrancadores de

5.3.3 Uso de un convertidor para ahorrar dinero

El convertidor de frecuencia elimina la necesidad de algunos equipos que se usarían normalmente. Los dos sistemas mostrados en la *Ilustración 5.14* y la *Ilustración 5.15* tienen aproximadamente el mismo precio.

Conste sin convertidor



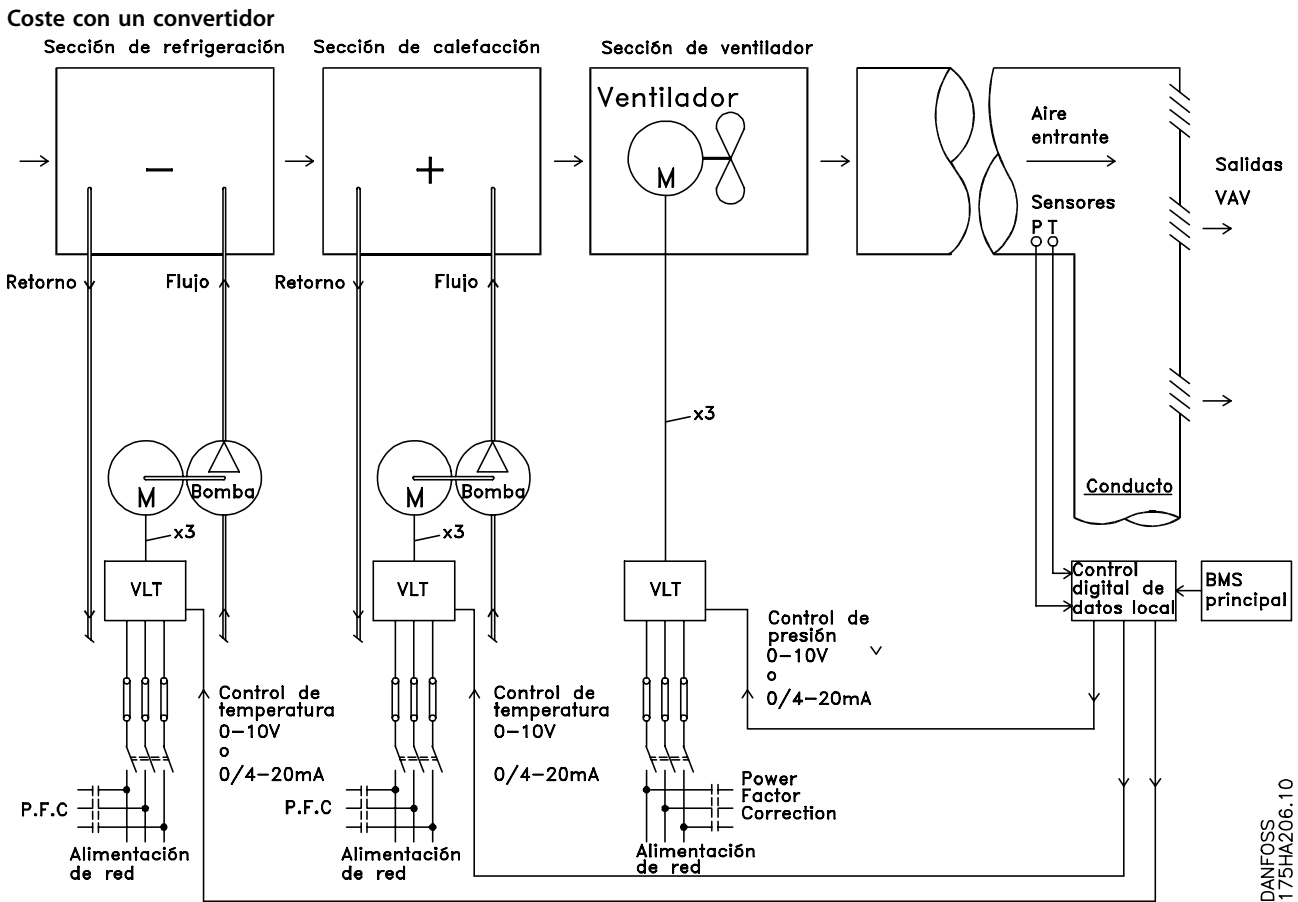
175HA205.12

5

DDC	Control digital directo
VAV	Volumen de aire variable
Sensor P	Presión
EMS	Sistema de gestión de energía
Sensor T	Temperatura

Ilustración 5.14 Sistema de ventilador tradicional

5



DDC	Control digital directo
VAV	Volumen de aire variable
BMS	Sistema de gestión de edificios

Ilustración 5.15 Sistema de ventilador controlado por convertidores

5.3.4 Soluciones HVAC VLT®

5.3.4.1 Volumen de aire variable

Los sistemas de volumen de aire variable (VAV) sirven para controlar la ventilación y la temperatura de un edificio en función de sus necesidades específicas. Se considera que los sistemas centrales VAV constituyen el método de mayor rendimiento energético para el acondicionamiento de aire en edificios. Los sistemas centrales son más eficaces que los sistemas distribuidos.

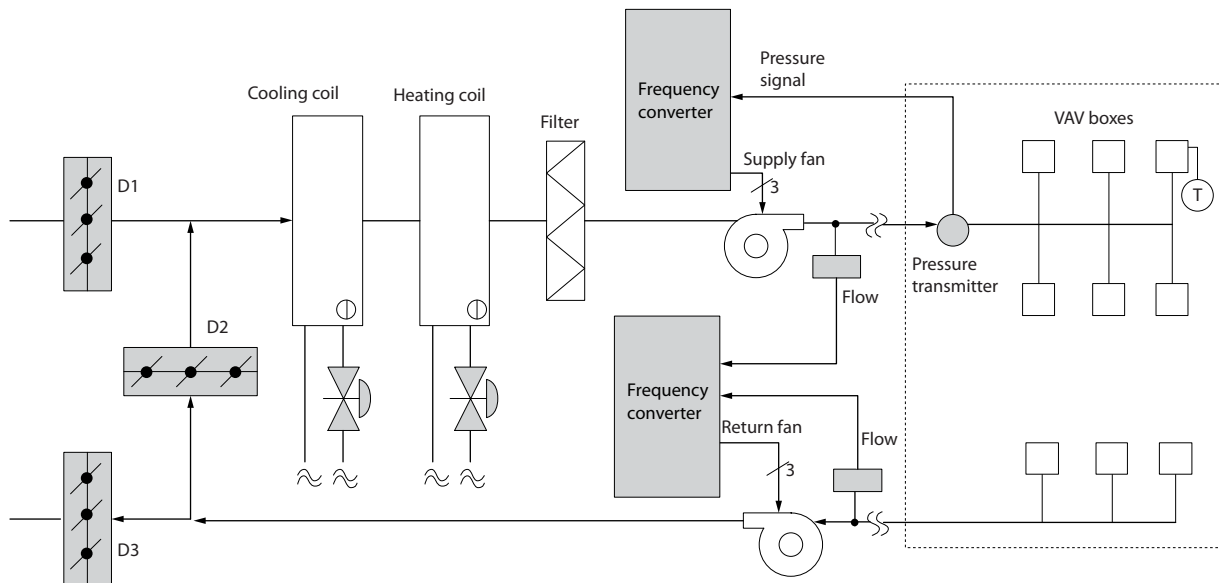
Este rendimiento se deriva del uso de ventiladores y enfriadores de mayor tamaño, cuyo rendimiento es muy superior al de los enfriadores de aire distribuidos y motores pequeños. También se produce un ahorro como consecuencia de la disminución de los requisitos de mantenimiento.

Solución VLT®

Mientras que los amortiguadores y los IGV sirven para mantener una presión constante en los conductos, una solución de convertidor ahorra más energía y reduce la complejidad de la instalación. En lugar de crear un descenso de presión artificial o provocar una reducción en el rendimiento del ventilador, el convertidor reduce la velocidad del ventilador para proporcionar el caudal y la presión que precisa el sistema.

Los dispositivos centrífugos, como los ventiladores, reducen la presión y el caudal que producen a medida que disminuye su velocidad. Por lo tanto, el consumo de energía se reduce.

Normalmente se controla el ventilador de retorno para mantener una diferencia fija entre el flujo de aire de alimentación y el de retorno. Para eliminar la necesidad de controladores adicionales, puede utilizarse el controlador PID avanzado del convertidor HVAC.



13088455.10

Ilustración 5.16 Convertidores utilizados en un sistema de volumen de aire variable

Si desea obtener más información, solicite al distribuidor de Danfoss la nota sobre la aplicación *Volumen de aire variable: mejora de los sistemas de ventilación VAV*.

5.3.4.2 Volumen de aire constante

Los sistemas de volumen de aire constante (CAV) son sistemas centralizados de ventilación que se utilizan para abastecer grandes zonas comunes con la mínima cantidad de aire acondicionado. Estos sistemas son anteriores a los sistemas VAV y también pueden encontrarse en edificios comerciales antiguos divididos en varias zonas. Estos sistemas precalientan el aire fresco con unidades de tratamiento del aire (AHU) que tienen bobinas de calefacción. Muchos se utilizan también para edificios con aire acondicionado y disponen de bobinas de refrigeración. Los ventilosconvectores suelen emplearse para satisfacer los requisitos de calefacción y refrigeración de zonas individuales.

Solución VLT®

Un convertidor permite obtener importantes ahorros energéticos y, al mismo tiempo, mantener un control adecuado del edificio. Los sensores de temperatura y de CO₂ pueden utilizarse como señales de realimentación para los convertidores. Tanto si se utiliza para controlar la temperatura como la calidad del aire, o ambas cosas, un sistema CAV puede controlarse para funcionar de acuerdo con las condiciones reales del edificio. A medida que disminuye el número de personas en el área controlada, disminuye la necesidad de aire nuevo. El sensor de CO₂ detecta niveles inferiores y reduce la velocidad de los ventiladores de alimentación. El ventilador de retorno se modula para mantener un valor de consigna de presión estática o una diferencia fija entre los caudales de aire de alimentación y de retorno.

Las necesidades de control de la temperatura varían en función de la temperatura externa y del número de personas de la zona controlada. Cuando la temperatura desciende por debajo del valor de consigna, el ventilador de alimentación puede disminuir su velocidad. El ventilador de retorno se modula para mantener un valor de consigna de presión estática. Si se reduce el caudal de aire, también se reduce la energía utilizada para calentar o enfriar el aire nuevo, lo que supone un ahorro adicional.

Varias características del convertidor de frecuencia HVAC especializado de Danfoss pueden emplearse para mejorar el rendimiento de un sistema CAV. Uno de los aspectos que hay que tener en cuenta para controlar un sistema de ventilación es la mala calidad del aire. Es posible ajustar la frecuencia mínima programable para mantener un mínimo de alimentación de aire, al margen de la señal de realimentación o de referencia. El convertidor también incluye un controlador PID de tres zonas y tres valores de consigna que permite controlar tanto la temperatura como la calidad del aire. Aunque se alcance una temperatura adecuada, el convertidor mantiene una alimentación de aire suficiente como para ajustarse a los requisitos

del sensor de calidad de aire. El controlador puede verificar y comparar dos señales de realimentación para controlar el ventilador de retorno manteniendo un diferencial de caudal de aire fijo entre los conductos de alimentación y de retorno.

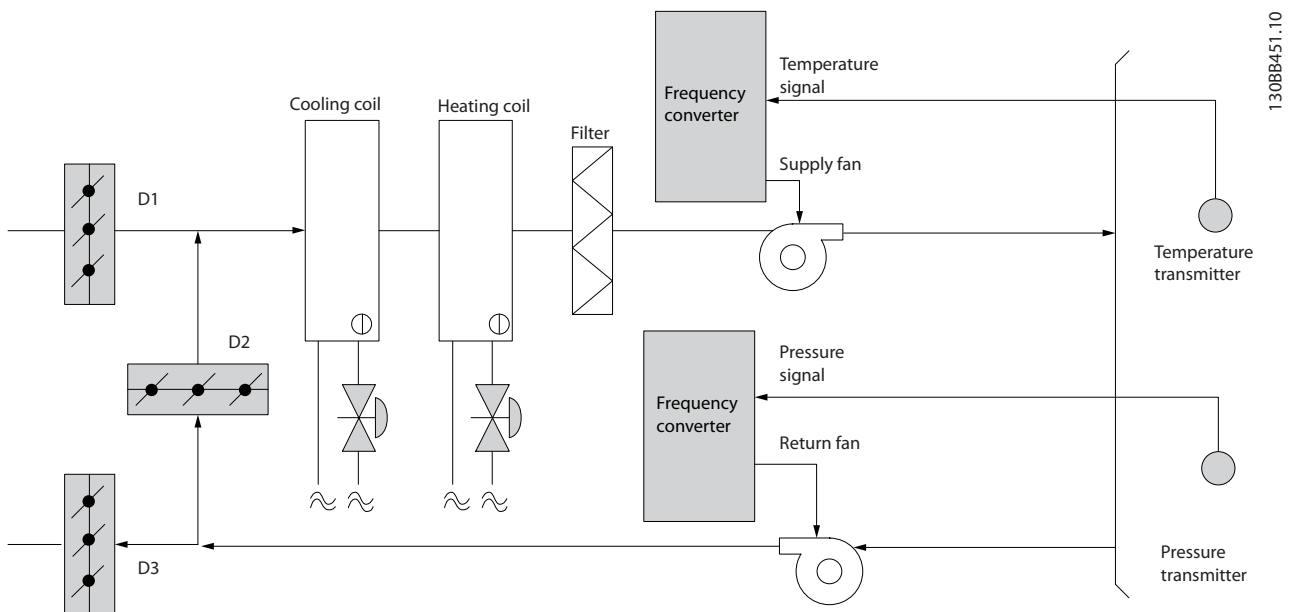


Ilustración 5.17 Convertidor utilizado en un sistema de volumen de aire constante

Si desea obtener más información, solicite al distribuidor de Danfoss la nota sobre la aplicación *Volumen de aire constante: mejora de los sistemas de ventilación CAV*.

5.3.4.3 Ventilador de torre de refrigeración

Los ventiladores de torres de refrigeración sirven para refrigerar el agua del condensador en sistemas enfriadores refrigerados por agua. Estos enfriadores refrigerados por agua constituyen el medio más eficaz para obtener agua fría. Son hasta un 20 % más eficaces que los enfriadores de aire. Según el clima, las torres de refrigeración a menudo constituyen el método de mayor rendimiento energético para refrigerar el agua del condensador de un enfriador.

Las torres de refrigeración enfrían el agua del condensador por evaporación. El agua del condensador se esparce con un pulverizador sobre la «bandeja» de la torre de refrigeración para aumentar su área superficial. El ventilador de la torre distribuye el aire a la bandeja y al agua rociada para ayudar a que esta se evapore. La evaporación extrae energía del agua reduciendo su temperatura. El agua enfriada se recoge en el depósito de la torre de refrigeración, donde vuelve a bombearse al condensador de los enfriadores y el ciclo vuelve a empezar.

Solución VLT®

Con un convertidor de frecuencia, es posible controlar la velocidad de los ventiladores de las torres de refrigeración para mantener la temperatura del agua del condensador. También pueden utilizarse convertidores de frecuencia para encender y apagar el ventilador cuando sea necesario. Con el convertidor de frecuencia Danfoss VLT® AQUA Drive, cuando la velocidad de los ventiladores de torre de refrigeración desciende por debajo de un valor determinado, el efecto de refrigeración disminuye. Cuando se utiliza una caja de engranajes para controlar la frecuencia del ventilador de torre, puede ser necesaria una velocidad mínima del 40-50 %. El ajuste de frecuencia mínima programable por el usuario está disponible para mantener esta frecuencia mínima, incluso si la realimentación o la referencia de velocidad solicita una velocidad inferior.

El convertidor de frecuencia se puede programar para entrar en modo «reposo» y detener el ventilador hasta que se requiera una velocidad mayor. Por otro lado, en algunas torres de refrigeración hay ventiladores con frecuencias no deseadas que pueden provocar vibraciones. Estas frecuencias pueden suprimirse fácilmente programando los rangos de frecuencias de bypass en el convertidor de frecuencia.

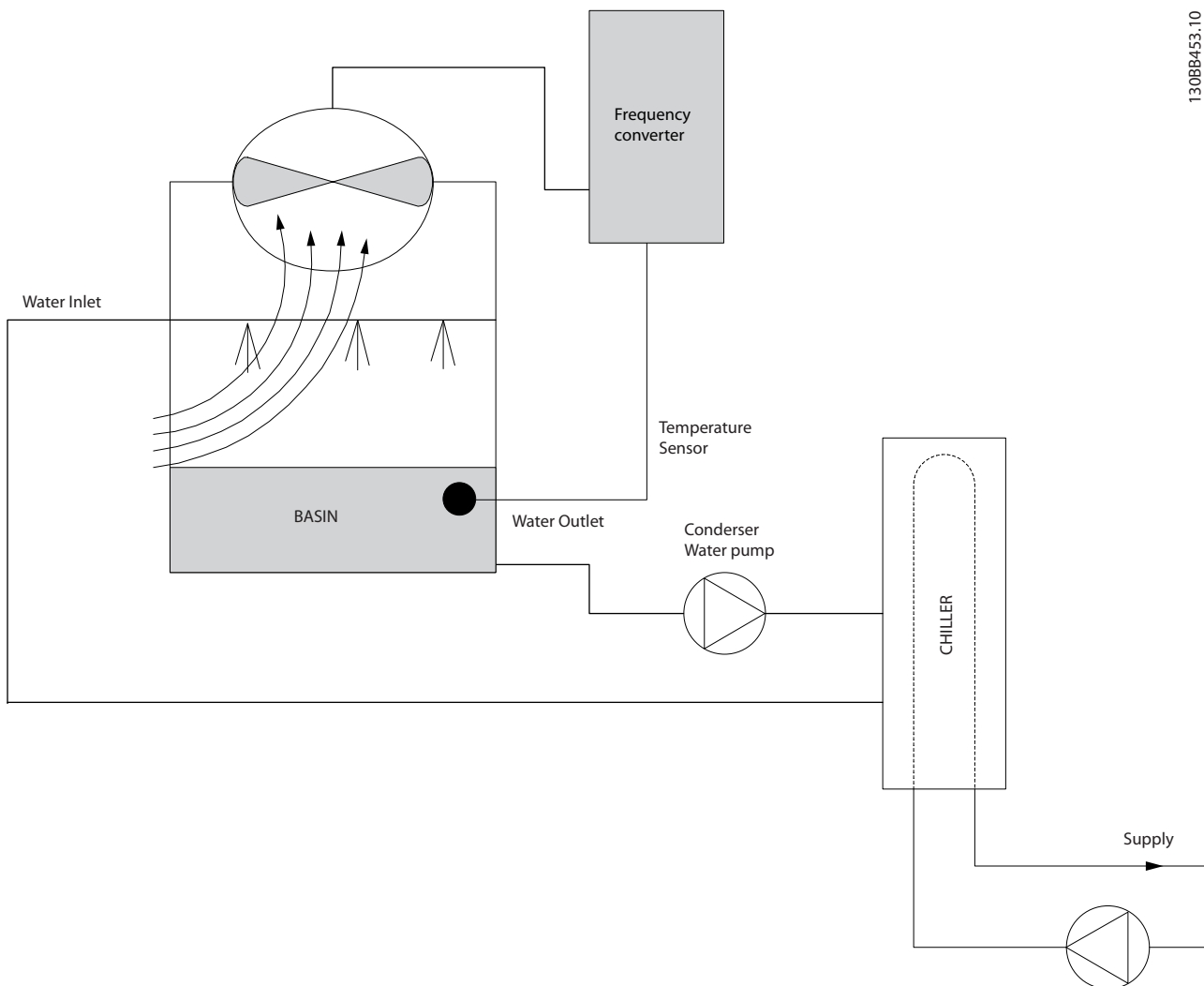


Ilustración 5.18 Convertidores de frecuencia utilizados con un ventilador de torre de refrigeración

Si desea obtener más información, solicite al distribuidor de Danfoss la nota sobre la aplicación *Ventilador de torre de refrigeración: mejora del control del ventilador en torres de refrigeración*.

5.3.4.4 Bombas del condensador

Las bombas de agua del condensador se usan principalmente para impulsar la circulación del agua a través de la sección de condensación de los enfriadores refrigerados por agua fría y sus respectivas torres de refrigeración. El agua del condensador absorbe el calor de la sección de condensación y lo libera a la atmósfera en la torre de refrigeración. Estos sistemas constituyen el medio más eficaz para obtener agua fría. Son hasta un 20 % más eficaces que los enfriadores de aire.

Solución VLT®

Se pueden añadir convertidores de frecuencia a las bombas de agua del condensador en lugar de equilibrarlas con una válvula de estrangulamiento o de calibrar el rodete de la bomba.

El uso de un convertidor de frecuencia en lugar de una válvula de estrangulamiento permite ahorrar la energía que absorbería la válvula. Este cambio puede suponer un ahorro de entre un 15 y un 20 %, o incluso mayor. La calibración del rodete de la bomba es irreversible. Si las condiciones cambian y se necesita un caudal mayor, será necesario cambiar el rodete.

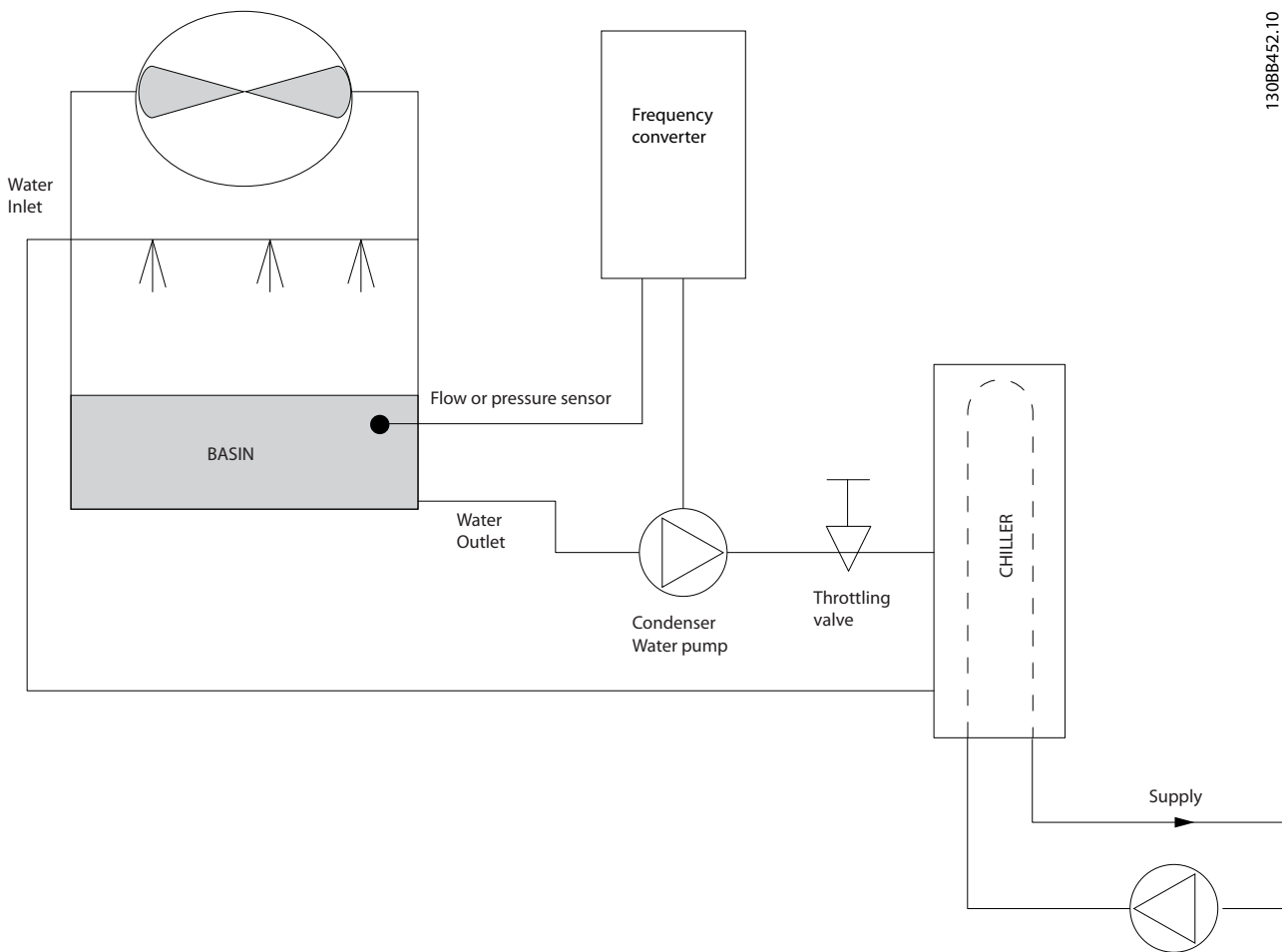


Ilustración 5.19 Convertidor de frecuencia utilizado con una bomba de condensador

Si desea obtener más información, solicite al distribuidor de Danfoss la nota sobre la aplicación *Bombas de condensador: mejora de los sistemas de bombeo de agua del condensador*.

5.3.4.5 Bombas primarias

Las bombas primarias de un sistema de bombeo primario / secundario pueden mantener un caudal constante a través de dispositivos que presentan dificultades de funcionamiento o control cuando se exponen a un caudal variable. La técnica de bombeo primario/secundario desacopla el lazo de producción primario del lazo de distribución secundario. El desacoplamiento permite que algunos dispositivos, como los enfriadores, puedan mantener un caudal de diseño uniforme y funcionar correctamente aunque el caudal varíe en el resto del sistema. A medida que disminuye el caudal del evaporador de un enfriador, el agua comienza a enfriarse en exceso. Cuando esto ocurre, el enfriador intenta reducir su capacidad de refrigeración. Si el caudal disminuye demasiado o con demasiada rapidez, el enfriador no podrá esparcir suficientemente la carga y el dispositivo de seguridad de baja temperatura del evaporador desconectará el enfriador, lo que hará necesario un reinicio manual. Esta situación es habitual en grandes instalaciones, especialmente cuando se instalan dos o varios enfriadores en paralelo y no se utiliza bombeo primario ni secundario.

Solución VLT®

Para reducir los gastos de funcionamiento, puede incorporarse un convertidor al sistema primario que sustituya la válvula de estrangulamiento y/o la calibración de los rodetes. Existen dos métodos de control comunes:

- Puede utilizarse un medidor de caudal en la descarga de cada enfriador para controlar la bomba directamente, dado que se conoce el caudal deseado y este es uniforme. Mediante el uso del controlador PID, el convertidor de

frecuencia mantiene siempre el caudal adecuado e incluso compensa la resistencia cambiante del lazo de tuberías primario cuando se activan y desactivan los enfriadores y sus bombas.

- El operador puede recurrir a la determinación de la velocidad local disminuyendo la frecuencia de salida hasta que se alcance el caudal de diseño. Utilizar un convertidor de frecuencia para reducir la velocidad de las bombas es parecido a equilibrar los rodetes de las bombas, salvo que es más eficaz. El compensador de contracción simplemente disminuye la velocidad de la bomba hasta que se alcanza el caudal correcto y, entonces, fija la velocidad. La bomba funciona a esta velocidad siempre que el enfriador entre en funcionamiento. Dado que el lazo primario no tiene válvulas de control ni otros dispositivos que puedan cambiar la curva del sistema y que la variación procedente de la conexión y desconexión por etapas de bombas y enfriadores es pequeña, dicha velocidad fija sigue siendo correcta. En caso de que más adelante haya que aumentar el caudal del sistema, bastará con que el convertidor de frecuencia aumente la velocidad de la bomba en lugar de tener que cambiar el rodete.

5

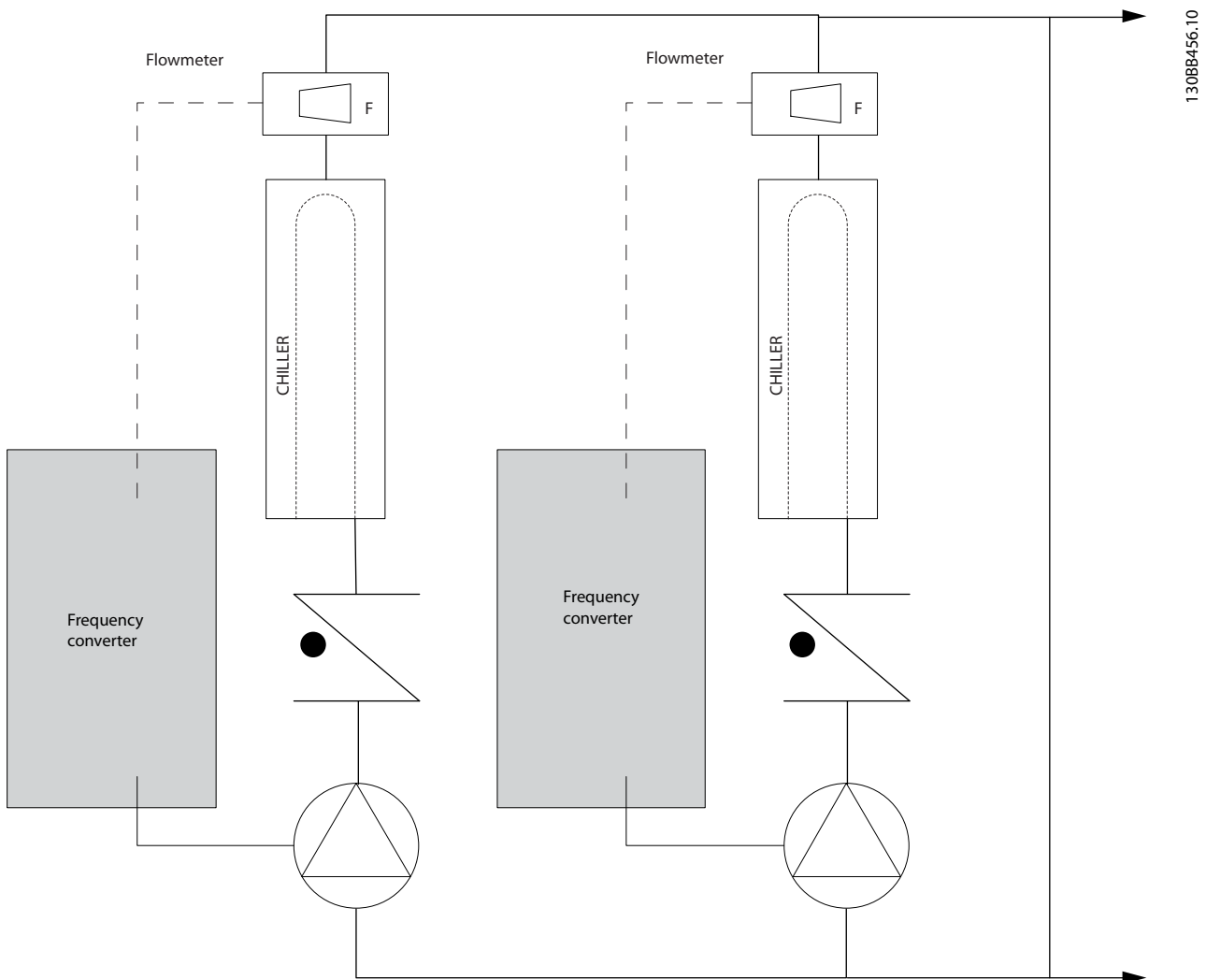


Ilustración 5.20 Convertidores utilizados con bombas primarias en un sistema de bombeo primario/secundario

Si desea obtener más información, solicite al distribuidor de Danfoss la nota sobre la aplicación *Bombas primarias: mejora del bombeo primario en sistemas Pri/Sec.*

5.3.4.6 Bombas secundarias

Las bombas secundarias de un sistema de bombeo primario / secundario de agua fría sirven para distribuir el agua refrigerada a las cargas procedentes del lazo de producción primario. El sistema de bombeo primario / secundario sirve para desacoplar hidráulicamente un lazo de tuberías de otro. En este caso, la bomba primaria mantiene constante el caudal de los enfriadores mientras varía el caudal de las secundarias, lo cual aumenta el control y ahorra energía.

Si no se emplea el concepto de diseño primario/secundario y se diseña un sistema de volumen variable, cuando el caudal descienda demasiado o demasiado rápidamente, el enfriador no podrá distribuir la carga correctamente. El dispositivo de seguridad de baja temperatura del evaporador desconectará el enfriador, lo que requerirá un reinicio manual. Esta situación es habitual en grandes instalaciones, especialmente cuando se instalan dos o más enfriadores en paralelo.

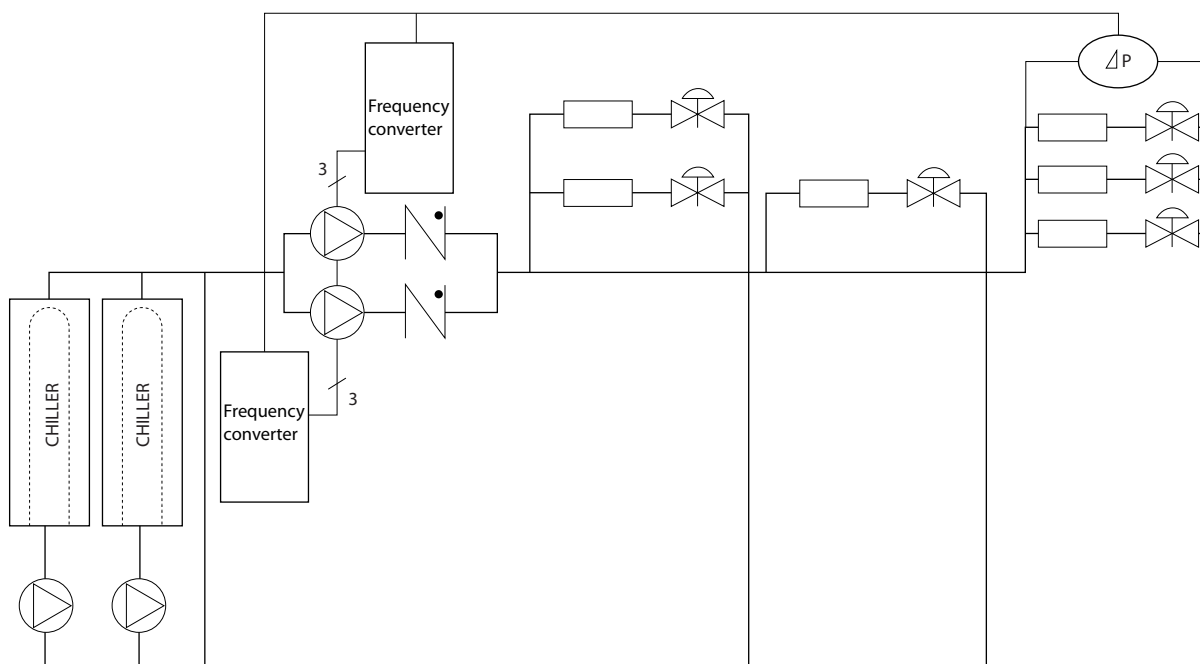
Solución VLT®

Mientras el sistema primario/secundario con válvulas bidireccionales mejora el control de energía y del sistema, el uso de convertidores de frecuencia aumenta aún más el ahorro energético y el potencial de control. Con la incorporación de convertidores de frecuencia, y colocando el sensor adecuado en el lugar adecuado, las bombas pueden adaptar su velocidad a la curva del sistema en lugar de a la curva de la bomba. De este modo, se malgasta menos energía y se elimina la mayor parte de la sobrepresurización a la que en ocasiones se ven sometidas las válvulas bidireccionales.

Una vez satisfechas las cargas controladas, se cierran las válvulas bidireccionales, lo cual aumenta la presión diferencial medida en toda la carga y la válvula bidireccional. Cuando esta presión diferencial comienza a subir, se aminora la velocidad de la bomba para mantener el cabezal de control o valor de consigna. Este valor se calcula sumando la caída de presión conjunta de la carga y de la válvula bidireccional en las condiciones de diseño.

AVISO!

Si se utilizan varias bombas en paralelo, deben funcionar a la misma velocidad para aumentar al máximo el ahorro energético, ya sea con varios convertidores de frecuencia individuales especializados o con un solo convertidor controlando varias bombas en paralelo.



130BB454.10

Ilustración 5.21 Convertidores utilizados con bombas secundarias en un sistema de bombeo primario/secundario

Si desea obtener más información, solicite al distribuidor de Danfoss la nota sobre la aplicación *Bombas secundarias: mejora del bombeo secundario en sistemas Pri/Sec.*

5.4 Controlador de cascada básico

El controlador de cascada básico se utiliza en aplicaciones de bombeo en las que es necesario mantener una cierta presión (altura) o nivel en un amplio rango dinámico. Hacer funcionar una bomba grande a velocidad variable y en un amplio rango no es una solución ideal debido al bajo rendimiento de las bombas a baja velocidad. En la práctica, el límite es el 25 % de la velocidad nominal de la bomba a plena carga.

En el controlador de cascada básico, el convertidor de frecuencia controla un motor de velocidad variable (guía) como bomba de velocidad variable, y puede activar y desactivar hasta dos bombas de velocidad constante adicionales. Conecte las bombas de velocidad constante adicionales directamente a la alimentación o mediante arrancadores suaves. Variando la velocidad de la bomba inicial, se consigue el control de velocidad variable de todo el sistema. La velocidad variable mantiene la presión constante, lo que se traduce en una menor fatiga del sistema y en un funcionamiento más silencioso en los sistemas de bombeo.

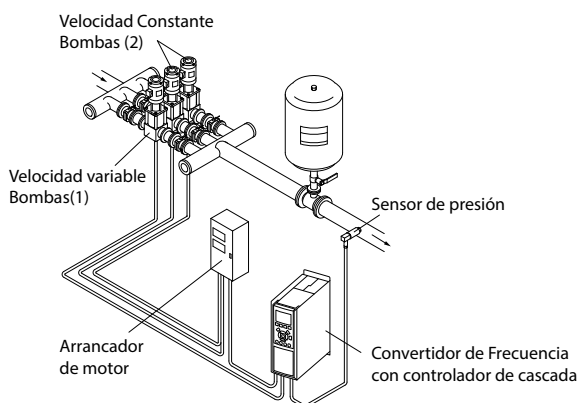


Ilustración 5.22 Controlador de cascada básico

Bomba principal fija

Los motores deben tener el mismo tamaño. El controlador de cascada básico permite que el convertidor de frecuencia controle hasta tres bombas de igual tamaño utilizando sus dos relés internos. Cuando la bomba variable (principal) está conectada directamente al convertidor de frecuencia, los dos relés internos controlan las otras dos bombas. Cuando está activada la alternancia de la bomba principal, las bombas se conectan a los relés internos y el convertidor de frecuencia es capaz de hacer funcionar dos bombas.

Alternancia de bomba principal

Los motores deben tener el mismo tamaño. Esta función permite alternar el convertidor de frecuencia entre las bombas del sistema (máximo 2 bombas). En este modo, el tiempo de funcionamiento entre bombas se iguala, de manera que se reduce la necesidad de mantenimiento de

las bombas y se incrementa la fiabilidad y el tiempo de vida útil del sistema. La alternancia de la bomba principal puede tener lugar por una orden o conexión por etapas (añadiendo otra bomba).

La orden puede ser una alternancia manual o una señal de evento de alternancia. Si se selecciona el evento de alternancia, la alternancia de bomba principal se produce cada vez que se produzca el evento. Entre las selecciones se incluyen:

- Cuando concluye un temporizador de alternancia.
- A una hora determinada del día.
- Cuando la bomba principal pasa al modo de reposo.

La carga actual del sistema determina la conexión por etapas.

Un parámetro individual limita la alternancia para que solo se produzca si la capacidad total requerida es superior al 50 %. La capacidad total de bombeo está determinada por la capacidad de la bomba principal más las capacidades de las bombas de velocidad fija.

Gestión del ancho de banda

En los sistemas de control en cascada, para evitar el cambio frecuente de bombas de velocidad fija, la presión deseada del sistema se mantiene normalmente dentro de un ancho de banda en lugar de mantenerse a un nivel constante. El ancho de banda de conexión por etapas proporciona el ancho de banda requerido para el funcionamiento. Cuando se produce un cambio grande y rápido en la presión del sistema, la anulación de ancho de banda anula el ancho de banda de conexión por etapas para evitar una respuesta inmediata a un cambio en la presión de corta duración. Se puede programar un temporizador de anulación de ancho de banda para evitar la conexión por etapas hasta que la presión del sistema se haya estabilizado y se haya establecido el control normal.

Cuando el controlador de cascada está activado y el convertidor de frecuencia emite una alarma de desconexión, la altura del sistema se mantiene activando y desactivando por etapas las bombas de velocidad fija. Para evitar una frecuente conexión y desconexión por etapas y minimizar las fluctuaciones de la presión, se utiliza un ancho de banda de velocidad fija más amplio, en lugar del ancho de banda por etapas.

5.4.1.1 Conexión por etapas de bombas con alternancia de bomba principal

Con la alternancia de bomba principal activada, se controlan un máximo de dos bombas. En una orden de alternancia, el PID se detiene, la bomba principal realiza una rampa hasta la frecuencia mínima ($f_{min.}$) y, después de un retardo, realiza una rampa hasta la frecuencia máxima ($f_{max.}$). Cuando la velocidad de la bomba principal alcanza la frecuencia de desactivación por etapas, se excluye la bomba de velocidad fija (se desactiva por etapas). La

bomba principal continúa en rampa de aceleración y después realiza una rampa de deceleración hasta la parada y los dos relés son desconectados.

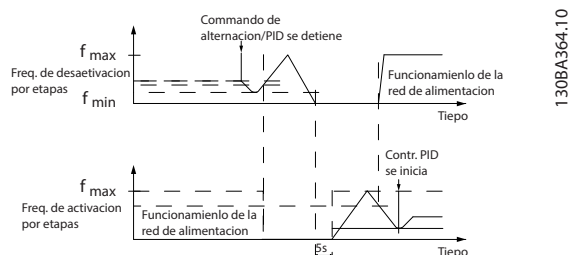


Ilustración 5.23 Alternancia bomba principal

5

Tras un retardo de tiempo, el relé de la bomba de velocidad fija se conecta (por etapas) y esta bomba se convierte en la nueva bomba principal. La nueva bomba principal realiza una rampa de aceleración hasta la velocidad máxima y después decelera hasta la velocidad mínima. Cuando la rampa de deceleración alcanza la frecuencia de conexión por etapas, se conecta a la alimentación (por etapas) la antigua bomba principal como nueva bomba de velocidad fija.

Si la bomba principal ha estado funcionando a la frecuencia mínima ($f_{\min.}$) durante un lapso de tiempo programado, con una bomba de velocidad fija funcionando, la bomba principal contribuye poco al sistema. Cuando expira el lapso de tiempo programado, se elimina la bomba principal para evitar problemas de calentamiento de agua.

5.4.1.2 Estado y funcionamiento del sistema

Si la bomba principal pasa a modo reposo, la función se muestra en el LCP. Es posible alternar la bomba principal estando en modo reposo.

Cuando el controlador de cascada está activado, el estado de funcionamiento de cada bomba y del propio controlador de cascada se muestran en el LCP. La información mostrada incluye:

- El estado de las bombas es una lectura de datos de estado de los relés asignados a cada bomba. La pantalla muestra las bombas que están desactivadas, apagadas, funcionando en el convertidor y funcionando con la alimentación de red o el arrancador del motor.
- El estado de cascada es una lectura de datos del estado del controlador de cascada. La pantalla muestra lo siguiente:
 - El controlador de cascada está desactivado.
 - Todas las bombas están desactivadas.

- Una emergencia ha detenido todas las bombas.
- Todas las bombas están en funcionamiento.
- Las bombas de velocidad fija se están conectando/desconectando por etapas.
- Alternancia de bomba principal.

- La desconexión por etapas cuando no hay caudal asegura que todas las bombas de velocidad fija sean detenidas individualmente hasta que desaparezca el estado de falta de caudal.

5.5 Vista general del freno dinámico

El frenado dinámico desacelera el motor mediante uno de los siguientes métodos:

- **Freno de CA**
La energía del freno se distribuye en el motor mediante la modificación de las condiciones de pérdida (*parámetro 2-10 Función de freno = [2]*). La función de freno de CA no puede utilizarse en aplicaciones con alta frecuencia de reseteo, ya que esta situación sobrecalienta el motor.
- **Freno de CC**
Una intensidad de CC sobremodulada añadida a la intensidad de CA funciona como un freno de corriente parásita (*parámetro 2-02 Tiempo de frenado CC \neq 0 s*).
- **Freno con resistencia**
Un IGBT del freno mantiene una sobretensión bajo un umbral determinado dirigiendo la energía del freno desde el motor a la resistencia de frenado conectado (*parámetro 2-10 Función de freno = [1]*) Para obtener más información sobre la selección de la resistencia de frenado, consulte la *Guía de diseño de la resistencia de frenado VLT® Brake Resistor MCE 101*.

En los convertidores de frecuencia equipados con la opción de freno, se incluye un IGBT del freno junto con los terminales 81(R-) y 82(R+) para la conexión de una resistencia de frenado externa.

La función del IGBT del freno consiste en limitar la tensión del enlace de CC cuando se exceda el límite máximo de tensión. Para limitar la tensión, conmuta la resistencia montada externamente a través del bus de CC para eliminar el exceso de tensión de CC presente en los condensadores del bus.

Colocar externamente la resistencia de frenado tiene las ventajas de seleccionar la resistencia en función de las necesidades de la aplicación, disipar la energía fuera del panel de control y proteger al convertidor de frecuencia

del sobrecalentamiento si la resistencia de frenado está sobrecargada.

La señal de puerta del IGBT del freno se origina en la tarjeta de control y se envía al IGBT de freno mediante la

tarjeta de potencia y la tarjeta de accionamiento de puerta. Asimismo, las tarjetas de potencia y control vigilan el IGBT del freno por si se produjesen cortocircuitos. La tarjeta de potencia también controla la posibilidad de sobrecargas en la resistencia de frenado.

5.6 Vista general de la función de carga compartida

La carga compartida es una función que permite la conexión de los circuitos CC de varios convertidores, de forma que se crea un sistema de varios convertidores para hacer funcionar una carga mecánica. La función de carga compartida tiene los siguientes beneficios:

Ahorro de energía

Un motor que funciona en modo regenerativo puede dar suministro a convertidores que funcionan en modo motor.

Menores necesidades de repuestos

Normalmente, solo se necesitará una resistencia de frenado para todo el sistema de convertidores, en lugar de una resistencia de frenado por cada convertidor.

Fuente de alimentación de seguridad

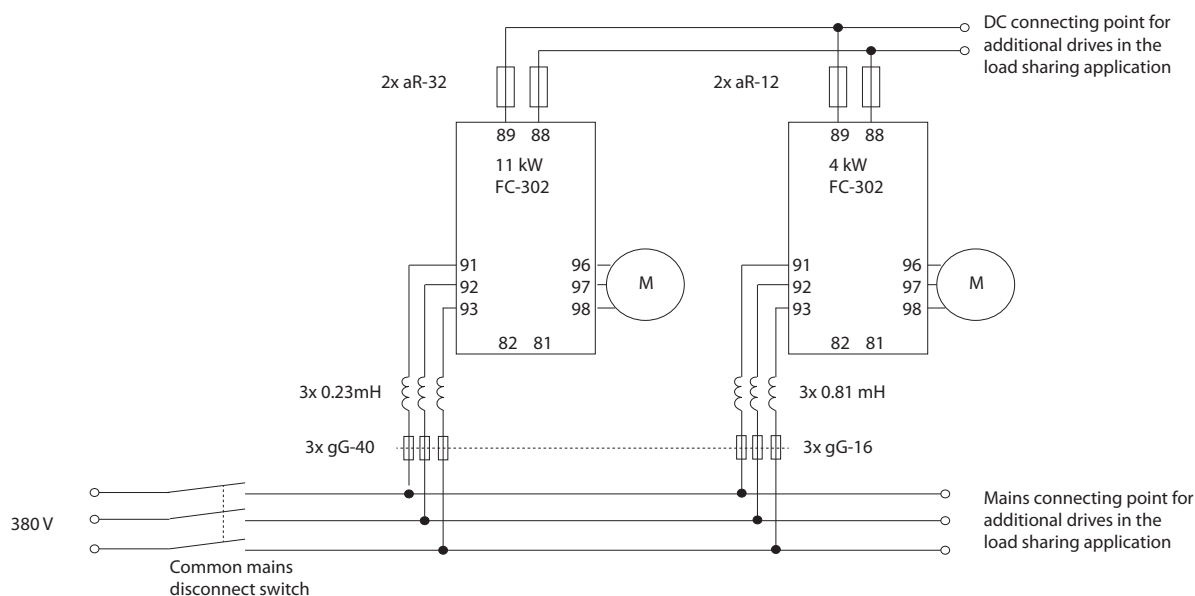
En caso de fallo de red, todos los convertidores vinculados pueden recibir alimentación a través del enlace de CC desde una fuente de alimentación de seguridad. La aplicación puede seguir en funcionamiento o someterse a un proceso de desconexión controlada.

Requisitos previos

Deben reunirse los siguientes requisitos previos para poder valorarse la posibilidad de la carga compartida:

- El convertidor deberá contar con terminales de carga compartida.
- Los productos deben ser de la misma serie. Solo podrán utilizarse convertidores VLT® HVAC Drive con otros convertidores VLT® HVAC Drive.
- Los convertidores deberán colocarse físicamente cerca entre ellos para permitir que la longitud del cableado entre unos y otros no supere los 25 m (82 ft).
- Los convertidores deben tener la misma tensión nominal.
- Al añadir una resistencia de frenado en una configuración de carga compartida, todos los convertidores deberán contar con chopper de frenado.
- Deben añadirse fusibles a los terminales de carga compartida.

En la *Ilustración 5.24*, puede consultar el diagrama de una aplicación de carga compartida en la que se aplican las mejores prácticas.



130BF758.10

Ilustración 5.24 Diagrama de una aplicación de carga compartida en la que se aplican las mejores prácticas.

Carga compartida

Las unidades con la opción de carga compartida integrada contienen terminales (+) 89 CC y (-) 88 CC. Dentro del convertidor de frecuencia, estos terminales se conectan al bus de CC frente al reactor del enlace de CC y los condensadores del bus.

Los terminales de carga compartida pueden conectarse en dos configuraciones diferentes.

- Los terminales enlazan los circuitos de bus de CC de múltiples convertidores de frecuencia. Esta configuración permite que una unidad en modo regenerativo comparta su exceso de tensión de bus con otra unidad que está haciendo funcionar un motor. La carga compartida de esta forma puede reducir la necesidad de resistencias de frenado dinámicas externas, al tiempo que se ahorra energía. El número de unidades que se pueden conectar de este modo es infinito, siempre que todas las unidades tengan la misma clasificación de tensión. Adicionalmente, y en función del tamaño y del número de unidades, puede ser necesario instalar bobinas y fusibles de CC en las conexiones del enlace de CC, y reactores de CA en la alimentación. Intentar dicha configuración requiere un estudio específico.
- El convertidor recibe la alimentación exclusivamente a partir de una fuente de CC. Esta configuración requiere:
 - Una fuente de CC.
 - Un medio para realizar una carga suave del bus de CC en el encendido.

5.7 Vista general de la regeneración

La regeneración suele darse en aplicaciones con frenado continuo, como grúas o elevadores, transportadoras descendentes y centrífugas en las que la energía se extrae de un motor desacelerado.

El exceso de energía se elimina del convertidor mediante una de las siguientes opciones:

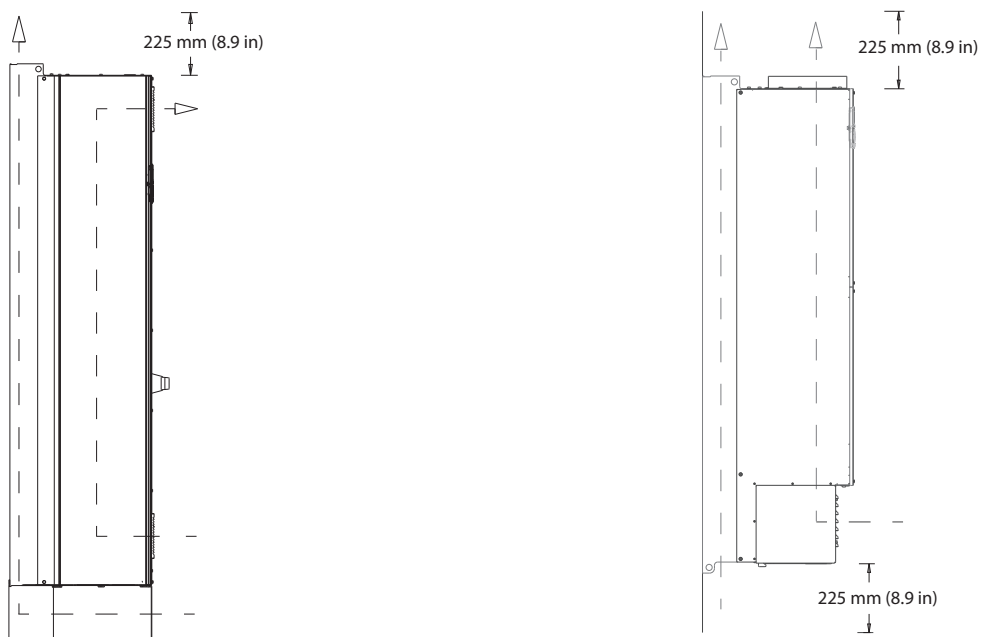
- El chopper de frenado permite que el exceso de energía se disipe en forma de calor dentro de las bobinas de la resistencia de frenado.
- Los terminales de regeneración permiten que se conecte al convertidor una unidad de regeneración de otro fabricante, de forma que la energía sobrante pueda devolverse a la red eléctrica.

La devolución de la energía sobrante a la red eléctrica constituye el uso más eficaz de la energía regenerada en las aplicaciones de frenado continuo.

5.8 Vista general de la refrigeración mediante canal posterior

Un exclusivo conducto de canal posterior lleva el aire de refrigeración sobre los disipadores con un flujo de aire mínimo a través del área de los componentes electrónicos. Hay un cierre IP 54/tipo 12 entre el conducto de refrigeración de canal posterior y el área de los componentes electrónicos del convertidor de frecuencia VLT®. Esta refrigeración de canal posterior permite evacuar directamente al exterior del alojamiento el 90 % de las pérdidas caloríficas. Este diseño mejora la fiabilidad y prolonga la vida útil de los componentes al reducir de forma drástica las temperaturas internas y la contaminación de los componentes electrónicos. En la *Ilustración 5.25* se muestra la configuración estándar del flujo de aire de un convertidor E1h-E4h.

Hay distintos kits de refrigeración de canal posterior disponibles para redirigir el flujo de aire en función de necesidades particulares. En la *Ilustración 5.26* se muestran dos opciones de configuración del flujo de aire para un convertidor E1h-E4h.

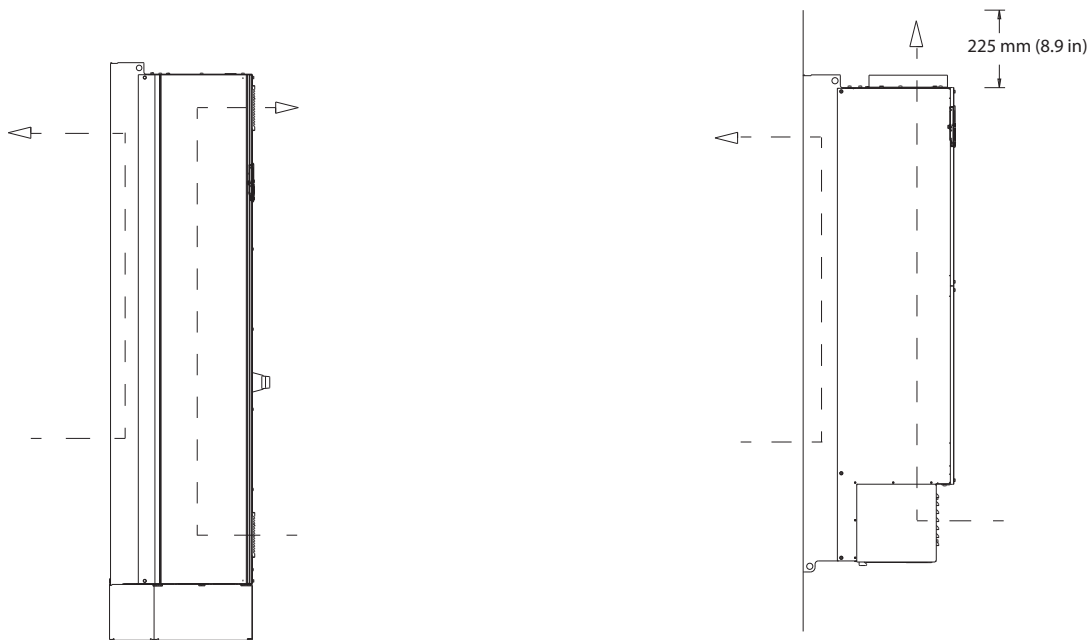


1308F699.10

5

Ilustración 5.25 Configuraciones estándar del flujo de aire para alojamientos E1h/E2h (izquierda) y E3h/E4h (derecha)

5



130BF700.10

Ilustración 5.26 Opciones de configuración del flujo de aire a través de la pared trasera para alojamientos E1h/E2h (izquierda) y E3h/E4h (derecha)

6 Vista general de opciones y accesorios

6.1 Dispositivos de fieldbus

En este apartado se describen los dispositivos de fieldbus disponibles para la serie VLT® HVAC Drive. Mediante un dispositivo de fieldbus se reduce el coste del sistema, se consigue una comunicación más rápida y eficaz, y se ofrece una interfaz de usuario más sencilla. Para obtener los números de pedido, consulte el *capítulo 13.2 Números de pedido para opciones y accesorios*.

6.1.1 VLT® PROFIBUS DP V1 MCA 101

La opción MCA 101 aporta:

- Un gran nivel de compatibilidad y disponibilidad, servicio técnico para los principales proveedores de PLC y compatibilidad con futuras versiones.
- Comunicación rápida y eficaz, instalación transparente, diagnóstico avanzado, y parametrización y autoconfiguración de los datos de proceso a través del archivo GSD.
- Parametrización acíclica mediante equipos de configuración PROFIBUS DP V1, PROFIdrive o las máquinas de estado de perfil FC de Danfoss.

6.1.2 VLT® DeviceNet MCA 104

La opción MCA 104 aporta:

- La validez del perfil de convertidor de frecuencia de ODVA mediante el uso de las instancias de I/O 20/70 y 21/71 garantiza la compatibilidad con los sistemas existentes.
- Cuenta con las rígidas políticas de comprobación de conformidad de ODVA, que garantizan la interoperabilidad de los productos.

6.1.3 VLT® LonWorks MCA 108

LonWorks es un sistema de fieldbus desarrollado para la automatización de edificios. Permite la comunicación entre unidades individuales del mismo sistema (punto a punto), así como la descentralización del control.

- No es necesaria una gran estación principal (maestro/esclavo).
- Las unidades reciben las señales directamente.
- Permite el uso de la interfaz de topología libre Echelon (cableado e instalación flexibles).

- Admite I/O incrustadas y opciones de I/O (fácil implementación de I/O descentralizadas).
- Las señales de los sensores pueden pasar rápidamente a otro controlador a través de los cables de bus.
- Certificado como conforme con las especificaciones de la versión 3.4 de LonMark.

6.1.4 VLT® BACnet MCA 109

El protocolo abierto de comunicación para su uso en sistemas automatizados de edificios en todo el mundo. El protocolo BACnet es un protocolo internacional que integra de forma eficaz todas las partes de los equipos de automatización de edificios, desde el accionamiento de sistemas hasta el sistema de control de edificios.

- BACnet es el estándar mundial en automatización de edificios.
- Norma Internacional ISO 16484-5.
- Sin necesidad de pagar licencias, el protocolo puede utilizarse en sistemas de automatización de edificios de cualquier tamaño.
- La opción BACnet permite que el convertidor de frecuencia se comunique con los sistemas de control de edificios que utilizan el protocolo BACnet.
- BACnet se suele utilizar para calefacción, ventilación, refrigeración y control de sistemas de climatización.
- El protocolo BACnet se integra fácilmente en las redes de equipos de control existentes.

6.1.5 VLT® PROFINET MCA 120

La opción MCA 120 combina el rendimiento más elevado con el mayor grado de transparencia. Esta opción se ha diseñado de manera que se puedan reutilizar muchas de las características de la opción VLT® PROFIBUS MCA 101, lo que reduce al mínimo el esfuerzo del usuario para migrar PROFINET y garantiza la inversión en el programa PLC.

- Tipos de PPO iguales a los del VLT® PROFIBUS DP V1 MCA 101 para una sencilla migración a PROFINET.
- Servidor web incorporado para diagnóstico remoto y lectura de parámetros básicos del convertidor de frecuencia.
- Admite MRP.

- Admite DP-V1. Este diagnóstico permite un manejo sencillo, rápido y estandarizado de la información de errores y avisos en el PLC, lo que mejora el ancho de banda del sistema.
- Compatible con PROFISAFE cuando se combina con la opción de seguridad VLT® Safety Option MCB 152.
- Aplicación de acuerdo con la clase de conformidad B.

6.1.6 VLT® EtherNet/IP MCA 121

EtherNet es el futuro estándar para las comunicaciones de las fábricas. La opción EtherNet/IP VLT® EtherNet/IP MCA 121 se basa en la tecnología más avanzada disponible para uso industrial y satisface incluso las necesidades más exigentes. EtherNet/IP™ amplía la opción comercial estándar de Ethernet al Protocolo Industrial Común (CIP™), el mismo protocolo de capa superior y modelo de objetos que se encuentra en DeviceNet.

La opción MCA 121 presenta funciones avanzadas, como:

- Conmutador de alto rendimiento integrado, que permite la topología en línea y elimina la necesidad de conmutadores externos.
- Anillo DLR (desde octubre de 2015).
- Funciones avanzadas de conmutación y diagnóstico.
- Servidor web integrado.
- Cliente de correo electrónico para notificación de servicio.
- Comunicación unicast y multicast.

6.1.7 VLT® Modbus TCP MCA 122

La opción MCA 122 establece una conexión con redes basadas en Modbus TCP. Puede manejar intervalos de conexión mínimos de hasta 5 ms en ambas direcciones, posicionándolo entre los dispositivos Modbus TCP de comportamiento más rápido del mercado. Para la redundancia del maestro, incluye intercambio en caliente entre dos maestros. Asimismo, la unidad presenta las siguientes funciones:

- Servidor web incorporado para diagnóstico remoto y lectura de parámetros básicos del convertidor de frecuencia.
- Notificación de correo electrónico que puede configurarse para enviar un mensaje a uno o varios receptores en el caso de que se produzcan determinadas advertencias o alarmas, o cuando estas se hayan solucionado.
- Conexión dual maestro PLC para redundancia.

6.1.8 VLT® BACnet/IP MCA 125

La opción VLT® BACnet/IP MCA 125 permite una integración rápida y sencilla del convertidor en los sistemas de gestión de edificios (BMS), mediante el protocolo BACnet/IP o ejecutando BACnet en Ethernet. Puede leer y compartir puntos de datos y transferir los valores reales y solicitados a los sistemas o desde estos.

La opción MCA 125 tiene dos terminales Ethernet, lo que hace posible una configuración en cadena sin necesidad de conmutadores externos. El conmutador integrado administrado con tres puertos de la opción VLT® BACnet/IP MCA 125 incluye dos puertos Ethernet externos y uno interno. Este conmutador permite utilizar una estructura de línea para el cableado de Ethernet. Esta opción hace posible controlar en paralelo varios motores de magnetización permanente de alto rendimiento y controlar los puntos necesarios en las aplicaciones HVAC habituales. Además de las funciones estándar, la opción MCA 125 incluye:

- COV (cambio de valor).
- Múltiple lectura/escritura de propiedades.
- Notificaciones de alarmas/advertencias.
- Posibilidad de cambiar los nombres de los objetos BACnet para una mayor facilidad de uso.
- Objeto BACnet Loop.
- Transferencia de datos segmentada.
- Tendencias, en función del tiempo o de los eventos.

6.2 Extensiones funcionales

En este apartado se describen las opciones de extensión funcional disponibles para la serie VLT® HVAC Drive. Para obtener los números de pedido, consulte el *capítulo 13.2 Números de pedido para opciones y accesorios*.

6.2.1 VLT® General Purpose I/O Module MCB 101

La opción MCB 101 ofrece un número ampliado de entradas y salidas de control:

- Tres entradas digitales de 0-24 V: 0 lógico <5 V; 1 lógico >10 V.
- Dos entradas analógicas de 0-10 V: resolución de 10 bits más signo.
- Dos salidas digitales NPN/PNP en contrafase.
- Una salida analógica de 0/4-20 mA.
- Conexión con resorte.

6.2.2 VLT® Relay Card MCB 105

La opción MCB 105 amplía las opciones de relé con tres salidas de relé adicionales.

- Protección de la conexión del cable de control.
- Conexión del cable de control con resorte.

Frecuencia máxima de conmutación (carga nominal / carga mínima)

6 minutos⁻¹/20 s⁻¹

Carga máxima del terminal

Carga resistiva CA-1: 240 V CA, 2 A

6.2.3 Opción VLT® Analog I/O Option MCB 109

La opción analógica de entrada/salida VLT® Analog I/O Option MCB 109 se instala fácilmente en el convertidor para actualizar a un rendimiento y control avanzados con entradas/salidas adicionales. Esta opción también actualiza el convertidor con un sistema de alimentación auxiliar mediante batería de emergencia para su reloj interno. Esta batería de emergencia permite un uso estable de todas las acciones temporizadas ejecutadas por el convertidor.

- Tres entradas analógicas, cada una de ellas configurable como entrada de tensión y de temperatura.
- Conexión de señales analógicas de 0 a 10 V, así como de entradas de temperatura PT1000 y NI1000.
- Tres salidas analógicas, cada una de ellas configurable como salida de 0-10 V.

6.2.4 VLT® PTC Thermistor Card MCB 112

La tarjeta del termistor PTC VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 ofrece un control adicional del estado del motor en comparación con la función ETR integrada y el terminal del termistor.

- Protege el motor contra el sobrecalentamiento.
- Autorizado según la directiva ATEX para su uso con motores EX d.
- Utiliza la función de Safe Torque Off, homologada conforme a la norma SIL 2 CEI 61508.

6.2.5 Opción VLT® Sensor Input MCB 114

La opción MCB 114 evita el sobrecalentamiento del motor controlando la temperatura de sus cojinetes y bobinados.

- Tres entradas de sensor de detección automática para sensores PT100/PT1000 de 2 o 3 cables.
- Una entrada analógica adicional de 4-20 mA.

6.3 Control de movimientos y tarjetas de relé

En este apartado se describen las opciones de tarjeta de relé y control de movimientos disponibles para la serie VLT® HVAC Drive. Para obtener los números de pedido, consulte el capítulo 13.2 *Números de pedido para opciones y accesorios*.

6.3.1 VLT® Extended Relay Card MCB 113

La opción MCB 113 añade entradas y salidas para una mayor flexibilidad.

- Siete entradas digitales.
- Dos salidas analógicas.
- Cuatro relés SPDT.
- Cumple con las recomendaciones de NAMUR.
- Posibilidad de aislamiento galvánico.

6.4 Resistencias de frenado

En aplicaciones en las que el motor se utiliza como freno, se genera energía en el motor y se devuelve al convertidor de frecuencia. Si la energía no puede ser transportada de nuevo al motor, se incrementará la tensión en la línea de CC del convertidor. En aplicaciones con frenados frecuentes y/o cargas de inercia elevada, este aumento puede producir una desconexión por sobretensión en el convertidor de frecuencia y, finalmente, una parada del sistema. Se utilizan resistencias de frenado para disipar el exceso de energía resultante del frenado regenerativo. La resistencia se selecciona conforme a su valor en ohmios, su velocidad de disipación de potencia y su tamaño físico. Danfoss ofrece una amplia variedad de resistencias diferentes especialmente diseñadas para los convertidores de frecuencia de Danfoss. Para conocer los números de pedido y obtener más información sobre la selección de la resistencia de frenado, consulte la *Guía de diseño de la resistencia de frenado VLT® Brake Resistor MCE 101*.

6.5 Filtros senoidales

Cuando un convertidor de frecuencia controla un motor, se oyen ruidos de resonancias procedentes del motor. Este ruido, resultado del diseño del motor, aparece cada vez que se activa uno de los conmutadores del inversor en el convertidor de frecuencia. La frecuencia del ruido de resonancia corresponde a la frecuencia de conmutación del convertidor de frecuencia.

Danfoss suministra un filtro senoidal para amortiguar el ruido acústico del motor. El filtro reduce el tiempo de aceleración de la tensión, la tensión pico de carga (U_{PICO}) y la corriente de rizado (ΔI) al motor, lo que significa que la corriente y la tensión se vuelven casi senoidales. Así se reduce al mínimo el ruido acústico del motor.

La corriente de rizado en las bobinas del filtro senoidal también produce algo de ruido. Resuelva este problema integrando el filtro en un armario o alojamiento.

Para conocer los números de pedido y obtener más información sobre filtros senoidales, consulte la *Guía de diseño de los filtros de salida*.

6.6 Filtros dU/dt

Danfoss suministra filtros dU/dt, que son filtros de paso bajo de modo diferencial que reducen las tensiones pico entre fases en el terminal del motor y reducen el tiempo de subida a un nivel que rebaja la presión sobre el aislamiento de los bobinados del motor. Este es un problema habitual en configuraciones con cables de motor cortos.

En comparación con los filtros senoidales, la frecuencia de corte de los filtros dU/dt es mayor a la de conmutación.

Para conocer los números de pedido y obtener más información sobre filtros dU/dt, consulte la *Guía de diseño de los filtros de salida*.

6.7 Filtros de modo común

Los núcleos de modo común de alta frecuencia (núcleos HF-CM) reducen la interferencia electromagnética y eliminan el daño generado a los cojinetes por las descargas eléctricas. Son núcleos magnéticos nanocristalinos especiales que tienen un rendimiento de filtrado superior en comparación con los núcleos de ferrita habituales. El núcleo HF-CM actúa como un inductor de modo común entre fases y tierra.

Instalados alrededor de las tres fases del motor (U, V y W), los filtros de modo común reducen las intensidades de modo común de alta frecuencia. Como resultado, se

reduce la interferencia electromagnética de alta frecuencia del cable de motor.

Para conocer los números de pedido, consulte la *Guía de diseño de los filtros de salida*.

6.8 Filtros armónicos

Los filtros armónicos VLT® *Advanced Harmonic Filter AHF 005* y *AHF 010* no deben compararse con filtros de trampa armónica tradicionales. Los filtros armónicos de Danfoss han sido especialmente diseñados para adaptarse a los convertidores de frecuencia de Danfoss.

Conectando los filtros armónicos AHF 005 o AHF 010 delante de un convertidor de frecuencia de Danfoss, la distorsión de corriente armónica total devuelta a la alimentación se reduce al 5 y 10 %, respectivamente.

Para conocer los números de pedido y obtener más información sobre la selección de la resistencia de frenado, consulte la *Guía de diseño de los filtros armónicos VLT® Advanced Harmonic Filters AHF 005/AHF 010*.

6.9 Kits de alta potencia

Existen kits de alta potencia disponibles para estas envolventes, como los de refrigeración de pared posterior, los de calefactor y los de pantalla de alimentación. Consulte el *capítulo 13.2 Números de pedido para opciones y accesorios* para obtener una breve descripción y conocer los números de pedido de todos los kits disponibles.

7 Especificaciones

7.1 Datos eléctricos, 380-480 V

VLT® HVAC Drive FC 102	N355	N400	N560
Sobrecarga normal (Sobrecarga normal = 110 % corriente en 60 s)	NO	NO	NO
Eje de salida típico a 400 V [kW]	355	400	450
Eje de salida típico a 460 V [CV]	500	600	600
Eje de salida típico a 480 V [kW]	400	500	530
Tamaño de la protección	E1h/E3h	E1h/E3h	E1h/E3h
Intensidad de salida (trifásica)			
Continua (a 400 V) [A]	658	745	800
Intermitente (60 s de sobrecarga) (a 400 V) [A]	724	820	880
Continua (a 460/480 V) [A]	590	678	730
Intermitente (60 s de sobrecarga) (a 460/480 V) [A]	649	746	803
kVA continua (a 400 V) [kVA]	456	516	554
kVA continua (a 460 V) [kVA]	470	540	582
kVa continua (a 480 V) [kVa]	511	587	632
Intensidad de entrada máxima			
Continua (a 400 V) [A]	634	718	771
Continua (a 460/480 V) [A]	569	653	704
Tamaño y número máximo de cables por fase (E1h)			
- Alimentación y motor sin freno [mm ² (AWG)] ¹⁾	5 × 240 (5 × 500 mcm)	5 × 240 (5 × 500 mcm)	5 × 240 (5 × 500 mcm)
- Alimentación y motor con freno [mm ² (AWG)] ¹⁾	4 × 240 (4 × 500 mcm)	4 × 240 (4 × 500 mcm)	4 × 240 (4 × 500 mcm)
- Freno o regeneración [mm ² (AWG)] ¹⁾	2 × 185 (2 × 350 mcm)	2 × 185 (2 × 350 mcm)	2 × 185 (2 × 350 mcm)
Tamaño y número máximo de cables por fase (E3h)			
- Alimentación y motor [mm ² (AWG)] ¹⁾	6 × 240 (6 × 500 mcm)	6 × 240 (6 × 500 mcm)	6 × 240 (6 × 500 mcm)
- Freno [mm ² (AWG)] ¹⁾	2 × 185 (2 × 350 mcm)	2 × 185 (2 × 350 mcm)	2 × 185 (2 × 350 mcm)
- Carga compartida o regeneración [mm ² (AWG)] ¹⁾	4 × 185 (4 × 350 mcm)	4 × 185 (4 × 350 mcm)	4 × 185 (4 × 350 mcm)
Fusibles de red externos máximos [A] ²⁾	800	800	800
Pérdida estimada de potencia a 400 V [W] ^{3) 4)}	6928	8036	8783
Pérdida de potencia estimada a 460 V [W] ³⁾⁴⁾	5910	6933	7969
Rendimiento ⁴⁾	0,98	0,98	0,98
Frecuencia de salida	0-590 Hz	0-590 Hz	0-590 Hz
Desconexión por sobrettemperatura del disipador [°C (°F)]	110 (230)	110 (230)	110 (230)
Desconexión por sobrettemperatura de la tarjeta de control [°C (°F)]	80 (176)	80 (176)	80 (176)
Desconexión por sobrettemperatura de la tarjeta de potencia [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)
Desconexión por sobrettemperatura de la tarjeta de potencia del ventilador [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)
Desconexión por sobrettemperatura de la tarjeta de carga de arranque activa [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)

Tabla 7.1 Especificaciones técnicas, alimentación de red 3 × 380-480 V CA

VLT® HVAC Drive FC 102	N500	N560
Sobrecarga normal (Sobrecarga normal = 110 % corriente en 60 s)	NO	NO
Eje de salida típico a 400 V [kW]	500	560
Eje de salida típico a 460 V [CV]	650	750
Eje de salida típico a 480 V [kW]	560	630
Tamaño de la protección	E2h/E4h	E2h/E4h
Intensidad de salida (trifásica)		
Continua (a 400 V) [A]	880	990
Intermitente (60 s de sobrecarga) (a 400 V) [A]	968	1089
Continua (a 460/480 V) [A]	780	890
Intermitente (60 s de sobrecarga) (a 460/480 V) [A]	858	979
kVA continua (a 400 V) [kVA]	610	686
kVA continua (a 460 V) [kVA]	621	709
kVa continua (a 480 V) [kVa]	675	771
Intensidad de entrada máxima		
Continua (a 400 V) [A]	848	954
Continua (a 460/480 V) [A]	752	848
Tamaño y número máximo de cables por fase (E2h)		
- Alimentación y motor sin freno [mm ² (AWG)] ¹⁾	6 × 240 (6 × 500 mcm)	6 × 240 (6 × 500 mcm)
- Alimentación y motor con freno [mm ² (AWG)] ¹⁾	5 × 240 (5 × 500 mcm)	5 × 240 (5 × 500 mcm)
- Freno o regeneración [mm ² (AWG)] ¹⁾	2 × 185 (2 × 350 mcm)	2 × 185 (2 × 350 mcm)
Tamaño y número máximo de cables por fase (E4h)		
- Alimentación y motor [mm ² (AWG)] ¹⁾	6 × 240 (6 × 500 mcm)	6 × 240 (6 × 500 mcm)
- Freno [mm ² (AWG)] ¹⁾	2 × 185 (2 × 350 mcm)	2 × 185 (2 × 350 mcm)
- Carga compartida o regeneración [mm ² (AWG)] ¹⁾	4 × 185 (4 × 350 mcm)	4 × 185 (4 × 350 mcm)
Fusibles de red externos máximos [A] ²⁾	1200	1200
Pérdida estimada de potencia a 400 V [W] ^{3) 4)}	9473	11102
Pérdida de potencia estimada a 460 V [W] ³⁾⁴⁾	7809	9236
Rendimiento ⁴⁾	0,98	0,98
Frecuencia de salida	0-590 Hz	0-590 Hz
Desconexión por sobretemperatura del disipador [°C (°F)]	110 (230)	100 (212)
Desconexión por sobretemperatura de la tarjeta de control [°C (°F)]	80 (176)	80 (176)
Desconexión por sobretemperatura de la tarjeta de potencia [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)
Desconexión por sobretemperatura de la tarjeta de potencia del ventilador [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)
Desconexión por sobretemperatura de la tarjeta de carga de arranque activa [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)

Tabla 7.2 Especificaciones técnicas, alimentación de red 3 × 380-480 V CA

1) Calibre de cables estadounidense.

2) Consulte la clasificación de los fusibles en capítulo 10.5 Fusibles y magnetotérmicos.

3) La pérdida de potencia típica se calcula en condiciones normales y se espera que esté comprendida dentro de ±15 % (la tolerancia está relacionada con las distintas condiciones de cable y tensión). Estos valores están basados en el rendimiento típico de un motor (en el límite de IE/IE3). Los motores que tienen un rendimiento inferior contribuyen a la pérdida de potencia del convertidor de frecuencia. Esto es aplicable al dimensionamiento de la refrigeración del convertidor de frecuencia. Si la frecuencia de conmutación es superior a los ajustes predeterminados, las pérdidas de potencia pueden aumentar. Se incluyen los consumos de energía habituales del LCP y de la tarjeta de control. Para conocer los datos de pérdida de potencia conforme a la norma EN 50598-2, consulte www.danfoss.com/vltenergyefficiency. Las opciones y carga del cliente pueden sumar hasta 30 W a las pérdidas, aunque normalmente una tarjeta de control a plena carga y las opciones para las ranuras A o B solo añaden 4 W cada una.

4) Se mide utilizando cables de motor apantallados de 5 m (16,4 ft) y en condiciones de carga y frecuencia nominales. Rendimiento medido en corriente nominal. Para conocer la clase de rendimiento energético, consulte el capítulo 7.5 Condiciones ambientales. Para conocer las pérdidas a carga parcial, consulte www.danfoss.com/vltenergyefficiency.

7.2 Datos eléctricos, 525-690 V

VLT® HVAC Drive FC 102	N450	N500	N560	N630
Sobrecarga normal (Sobrecarga normal = 110 % corriente en 60 s)	NO	NO	NO	NO
Eje de salida típico a 550 V [kW]	355	400	450	500
Eje de salida típico a 575 V [CV]	450	500	600	650
Eje de salida típico a 690 V [kW]	450	500	560	630
Tamaño de la protección	E1h/E3h	E1h/E3h	E1h/E3h	E1h/E3h
Intensidad de salida (trifásica)				
Continua (a 550 V) [A]	470	523	596	630
Intermitente (sobrecarga de 60 s) (a 550 V) [A]	517	575	656	693
Continua (a 575 / 690 V) [A]	450	500	570	630
Intermitente (sobrecarga de 60 s) (a 575/690 V) [A]	495	550	627	693
kVA continua (a 550 V) [kVA]	448	498	568	600
kVA continua (a 575 V) [KVA]	448	498	568	627
kVA continua (a 690 V) [KVA]	538	598	681	753
Intensidad de entrada máxima				
Continua (a 550 V) [A]	453	504	574	607
Continua (a 575 V) [A]	434	482	549	607
Continua (a 690 V) [A]	434	482	549	607
Tamaño y número máximo de cables por fase (E1h)				
- Alimentación y motor sin freno [mm ² (AWG)] ¹⁾	5 × 240 (5 × 500 mcm)	5 × 240 (5 × 500 mcm)	5 × 240 (5 × 500 mcm)	6 × 240 (6 × 500 mcm)
- Alimentación y motor con freno [mm ² (AWG)] ¹⁾	4 × 240 (4 × 500 mcm)	4 × 240 (4 × 500 mcm)	4 × 240 (4 × 500 mcm)	5 × 240 (5 × 500 mcm)
- Freno o regeneración [mm ² (AWG)] ¹⁾	2 × 185 (2 × 350 mcm)	2 × 185 (2 × 350 mcm)	2 × 185 (2 × 350 mcm)	2 × 185 (2 × 350 mcm)
Tamaño y número máximo de cables por fase (E3h)				
- Alimentación y motor [mm ² (AWG)] ¹⁾	6 × 240 (6 × 500 mcm)	6 × 240 (6 × 500 mcm)	6 × 240 (6 × 500 mcm)	6 × 240 (6 × 500 mcm)
- Freno [mm ² (AWG)] ¹⁾	2 × 185 (2 × 350 mcm)	2 × 185 (2 × 350 mcm)	2 × 185 (2 × 350 mcm)	2 × 185 (2 × 350 mcm)
- Carga compartida o regeneración [mm ² (AWG)] ¹⁾	4 × 185 (4 × 350 mcm)	4 × 185 (4 × 350 mcm)	4 × 185 (4 × 350 mcm)	4 × 185 (4 × 350 mcm)
Fusibles de red externos máximos [A] ²⁾	800	800	800	800
Pérdida estimada de potencia a 600 V [W] ^{3) 4)}	6062	6879	8076	9208
Pérdida estimada de potencia a 690 V [W] ^{3) 4)}	5939	6715	7852	8921
Rendimiento ⁴⁾	0,98	0,98	0,98	0,98
Frecuencia de salida [Hz]	0-590	0-590	0-590	0-590
Desconexión por sobret temperatura del disipador [°C (°F)]	110 (230)	110 (230)	110 (230)	110 (230)
Desconexión por sobret temperatura de la tarjeta de control [°C (°F)]	80 (176)	80 (176)	80 (176)	80 (176)
Desconexión por sobret temperatura de la tarjeta de potencia [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)	85 (185)
Desconexión por sobret temperatura de la tarjeta de potencia del ventilador [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)	85 (185)
Desconexión por sobret temperatura de la tarjeta de carga de arranque activa [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)	85 (185)	85 (185)

Tabla 7.3 Especificaciones técnicas, alimentación de red 3 × 525-690 V CA

VLT® HVAC Drive FC 102	N710	N800
Sobrecarga normal (Sobrecarga normal = 110 % corriente en 60 s)	NO	NO
Eje de salida típico a 550 V [kW]	560	670
Eje de salida típico a 575 V [CV]	750	950
Eje de salida típico a 690 V [kW]	710	800
Tamaño de la protección	E2h/E4h	E2h/E4h
Intensidad de salida (trifásica)		
Continua (a 550 V) [A]	763	889
Intermitente (sobrecarga de 60 s) (a 550 V) [A]	839	978
Continua (a 575 / 690 V) [A]	730	850
Intermitente (sobrecarga de 60 s) (a 575/690 V) [A]	803	935
kVA continua (a 550 V) [kVA]	727	847
kVA continua (a 575 V) [KVA]	727	847
kVA continua (a 690 V) [KVA]	872	1016
Intensidad de entrada máxima		
Continua (a 550 V) [A]	735	857
Continua (a 575 V) [A]	704	819
Continua (a 690 V) [A]	704	819
Tamaño y número máximo de cables por fase (E2h)		
- Alimentación y motor sin freno [mm ² (AWG)] ¹⁾	6 × 240 (6 × 500 mcm)	6 × 240 (6 × 500 mcm)
- Alimentación y motor con freno [mm ² (AWG)] ¹⁾	5 × 240 (5 × 500 mcm)	5 × 240 (5 × 500 mcm)
- Freno o regeneración [mm ² (AWG)] ¹⁾	2 × 185 (2 × 350 mcm)	2 × 185 (2 × 350 mcm)
Tamaño y número máximo de cables por fase (E4h)		
- Alimentación y motor [mm ² (AWG)] ¹⁾	6 × 240 (6 × 500 mcm)	6 × 240 (6 × 500 mcm)
- Freno [mm ² (AWG)] ¹⁾	2 × 185 (2 × 350 mcm)	2 × 185 (2 × 350 mcm)
- Carga compartida o regeneración [mm ² (AWG)] ¹⁾	4 × 185 (4 × 350 mcm)	4 × 185 (4 × 350 mcm)
Fusibles de red externos máximos [A] ²⁾	1200	1200
Pérdida estimada de potencia a 600 V [W] ^{3) 4)}	10346	12723
Pérdida estimada de potencia a 690 V [W] ^{3) 4)}	10066	12321
Rendimiento ⁴⁾	0,98	0,98
Frecuencia de salida [Hz]	0-590	0-590
Desconexión por sobrettemperatura del disipador [°C (°F)]	110 (230)	110 (230)
Desconexión por sobrettemperatura de la tarjeta de control [°C (°F)]	80 (176)	80 (176)
Desconexión por sobrettemperatura de la tarjeta de potencia [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)
Desconexión por sobrettemperatura de la tarjeta de potencia del ventilador [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)
Desconexión por sobrettemperatura de la tarjeta de carga de arranque activa [°C (°F)]	85 (185)	85 (185)

Tabla 7.4 Especificaciones técnicas, alimentación de red 3 × 525-690 V CA

1) Calibre de cables estadounidense.

2) Consulte la clasificación de los fusibles en capítulo 10.5 Fusibles y magnetotérmicos.

3) La pérdida de potencia típica se calcula en condiciones normales y se espera que esté comprendida dentro de ±15 % (la tolerancia está relacionada con las distintas condiciones de cable y tensión). Estos valores están basados en el rendimiento típico de un motor (en el límite de IE/IE3). Los motores que tienen un rendimiento inferior contribuyen a la pérdida de potencia del convertidor de frecuencia. Esto es aplicable al dimensionamiento de la refrigeración del convertidor de frecuencia. Si la frecuencia de conmutación es superior a los ajustes predeterminados, las pérdidas de potencia pueden aumentar. Se incluyen los consumos de energía habituales del LCP y de la tarjeta de control. Para conocer los datos de pérdida de potencia conforme a la norma EN 50598-2, consulte www.danfoss.com/vltenergyefficiency. Las opciones y carga del cliente pueden sumar hasta 30 W a las pérdidas, aunque normalmente una tarjeta de control a plena carga y las opciones para las ranuras A o B solo añaden 4 W cada una.

4) Se mide utilizando cables de motor apantallados de 5 m (16,4 ft) y en condiciones de carga y frecuencia nominales. Rendimiento medido en corriente nominal. Para conocer la clase de rendimiento energético, consulte el capítulo 7.5 Condiciones ambientales. Para conocer las pérdidas a carga parcial, consulte www.danfoss.com/vltenergyefficiency.

7.3 Fuente de alimentación de red

Fuente de alimentación de red (L1, L2 y L3)

Tensión de alimentación 380-480 V ±10 %, 525-690 V ±10 %

Tensión de red baja / corte de tensión de red:

durante un episodio de tensión de red baja o un corte de red, el convertidor de frecuencia sigue funcionando hasta que la tensión del enlace de CC desciende por debajo del nivel de parada mínimo, que generalmente es un 15 % inferior a la tensión de alimentación nominal más baja del convertidor de frecuencia. No se puede esperar un arranque y un par completo con una tensión de red inferior al 10 % por debajo de la tensión de alimentación nominal más baja del convertidor.

Frecuencia de alimentación 50/60 Hz ±5 %

Máximo desequilibrio transitorio entre fases de red 3,0 % de la tensión de alimentación nominal¹⁾

Factor de potencia real (λ) ≥0,9 nominal con carga nominal

Factor de potencia de desplazamiento (cos Φ) prácticamente uno (>0,98)

Conmutación en la alimentación de entrada L1, L2 y L3 (arranques) Una vez cada dos minutos, como máximo

Entorno según la norma EN 60664-1 Categoría de sobretensión III / grado de contaminación 2

El convertidor es adecuado para utilizarse en un circuito capaz de proporcionar una intensidad nominal de cortocircuito (SCCR) máxima de 100 kA a 480/600 V.

1) Cálculos basados en las normas UL / CEI 61800-3.

7.4 Salida del motor y datos del motor

Salida del motor (U, V y W)

Tensión de salida 0-100 % de la tensión de alimentación

Frecuencia de salida 0-590 Hz¹⁾

Conmutación en la salida Ilimitada

Tiempos de rampa 0,01-3600 s

1) Dependiente de la potencia y de la tensión.

Características de par

Par de arranque (par constante) Máximo del 150 % durante 60 s¹⁾²⁾

Par de sobrecarga (par constante) Máximo del 150 % durante 60 s¹⁾²⁾

1) Porcentaje relativo a la corriente nominal del convertidor de frecuencia.

2) Una vez cada 10 minutos.

7.5 Condiciones ambientales

Ambiente

Envolvente E1h/E2h IP21 / Tipo 1 e IP54 / Tipo 12

Envolvente E3h/E4h IP20/chasis

Prueba de vibraciones (estándar/reforzada) 0,7 g / 1,0 g

Humedad relativa 5-95 % (CEI 721-3-3; clase 3K3 [sin condensación] durante el funcionamiento)

Entorno agresivo (CEI 60068-2-43) prueba H₂S Clase Kd

Gases agresivos (CEI 60721-3-3) Clase 3C3

Método de prueba conforme a CEI 60068-2-43 H2S (10 días)

Temperatura ambiente (con modo de conmutación SFAVM)

- con reducción de potencia Máximo 55 °C (131 °F)¹⁾

- con potencia de salida completa de motores EFF2 típicos (hasta un 90 % de la intensidad de salida) Máximo 50 °C (122 °F)¹⁾

- a plena intensidad de salida continua del convertidor de frecuencia Máximo 45 °C (113 °F)¹⁾

Temperatura ambiente mínima durante el funcionamiento a escala completa 0 °C (32 °F)

Temperatura ambiente mínima con rendimiento reducido 10 °C (50 °F)

Temperatura durante el almacenamiento/transporte De -25 a 65/70 °C (de -13 a 149/158 °F)

Altitud máxima sobre el nivel del mar sin reducción de potencia 1000 m (3281 ft)

Altitud máxima sobre el nivel del mar con reducción de potencia 3000 m (9842 ft)

1) Para obtener más información sobre la reducción de potencia, consulte el capítulo 9.6 Reducción de potencia.

Normas CEM, emisión EN 61800-3

Normas CEM, inmunidad EN 61800-3

Clase de rendimiento energético¹⁾ IE2

1) Determinada conforme a la norma EN 50598-2 en:

- Carga nominal.
- 90 % de la frecuencia nominal.
- Ajustes de fábrica de la frecuencia de conmutación.
- Ajustes de fábrica del patrón de conmutación.

7.6 Especificaciones del cable

Longitudes de cable y secciones transversales para cables de control¹⁾

Longitud máxima del cable de motor, apantallado/blindado 150 m (492 ft)

Longitud máxima del cable de motor, cable no apantallado / no blindado 300 m (984 ft)

Sección transversal máxima al motor, la alimentación, la carga compartida y el freno Consulte el capítulo 7 Especificaciones

Sección transversal máxima para los terminales de control (cable rígido) 1,5 mm² / 16 AWG (2 × 0,75 mm²)

Sección transversal máxima para los terminales de control (cable flexible) 1 mm² / 18 AWG

Sección transversal máxima para los terminales de control (cable con núcleo recubierto) 0,5 mm²/20 AWG

Sección transversal mínima para los terminales de control 0,25 mm² / 23 AWG

1) Para obtener detalles sobre los cables de alimentación, consulte el capítulo 7.1 Datos eléctricos, 380-480 V y el capítulo 7.2 Datos eléctricos, 525-690 V.

7.7 Entrada/salida de control y datos de control

Entradas digitales

Entradas digitales programables 4 (6)

Número de terminal 18, 19, 27¹⁾, 29¹⁾, 32, 33

Lógica PNP o NPN

Nivel de tensión 0-24 V CC

Nivel de tensión, 0 lógico PNP <5 V CC

Nivel de tensión, 1 lógico PNP >10 V CC

Nivel de tensión, 0 lógico NPN >19 V CC

Nivel de tensión, 1 lógico NPN <14 V CC

Tensión máxima de entrada 28 V CC

Resistencia de entrada, R_i Aproximadamente 4 kΩ

Todas las entradas digitales están galvánicamente aisladas de la tensión de alimentación (PELV) y de otros terminales de tensión alta.

1) Los terminales 27 y 29 también pueden programarse como salidas.

Entradas analógicas

N.º de entradas analógicas 2

Número de terminal 53, 54

Modos Tensión o intensidad

Selección de modo Conmutadores A53 y A54

Modo tensión Conmutador A53 / A54 = (U)

Nivel de tensión De -10 V a +10 V (escalable)

Resistencia de entrada, R_i Aproximadamente 10 kΩ

Tensión máxima ±20 V

Modo de intensidad Conmutador A53 / A54 = (I)

Nivel de intensidad De 0/4 a 20 mA (escalable)

Resistencia de entrada, R_i Aproximadamente 200 Ω

Corriente máxima 30 mA

Resolución de entradas analógicas	10 bit (signo +)
Precisión de las entradas analógicas	Error máximo del 0,5 % de la escala total
Ancho de banda	100 Hz

Las entradas analógicas están galvánicamente aisladas de la tensión de alimentación (PELV) y de los demás terminales de tensión alta.

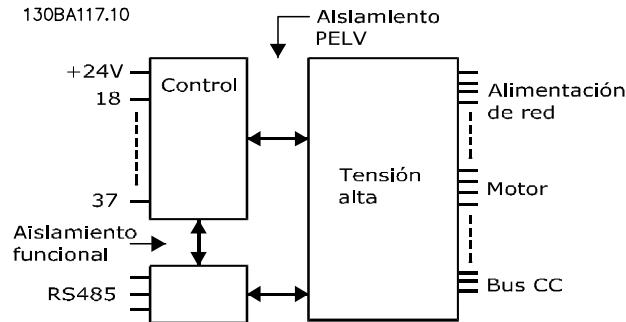


Ilustración 7.1 Aislamiento PELV

Entradas de pulsos	
Entradas de pulsos programables	2
Número de terminal de pulso	29, 33
Frecuencia máxima en el terminal 29 y 33 (en contrafase)	110 kHz
Frecuencia máxima en el terminal 29 y 33 (colector abierto)	5 kHz
Frecuencia mínima en los terminales 29 y 33	4 Hz
Nivel de tensión	Consulte capítulo 7.7.1 Entradas digitales.
Tensión máxima de entrada	28 V CC
Resistencia de entrada, R _i	Aproximadamente 4 kΩ
Precisión de la entrada de pulsos (0,1-1 kHz)	Error máximo: un 0,1 % de la escala completa

Salida analógica	
Número de salidas analógicas programables	1
Número de terminal	42
Rango de intensidad en la salida analógica	0/4-20 mA
Carga de resistencia máxima a común en la salida analógica	500 Ω
Precisión en la salida analógica	Error máximo: 0,8 % de escala completa
Resolución en la salida analógica	8 bit

La salida analógica está galvánicamente aislada de la tensión de alimentación (PELV) y de los demás terminales de tensión alta.

Tarjeta de control, comunicación serie RS485	
Número de terminal	68 (P, TX+, RX+), 69 (N, TX-, RX-)
N.º de terminal 61	Común para los terminales 68 y 69

El circuito de comunicación serie RS485 se encuentra separado funcionalmente de otros circuitos centrales y galvánicamente aislado de la tensión de alimentación (PELV).

Salidas digitales	
Salidas digitales / de pulsos programables	2
Número de terminal	27, 29 ¹⁾
Nivel de tensión en la salida digital / salida de frecuencia	0-24 V
Intensidad de salida máxima (disipador o fuente)	40 mA
Carga máxima en salida de frecuencia	1 kΩ
Carga capacitiva máxima en salida de frecuencia	10 nF
Frecuencia de salida mín. en salida de frecuencia	0 Hz
Frecuencia de salida máxima en salida de frecuencia	32 kHz
Precisión de salida de frecuencia	Error máximo: un 0,1 % de la escala completa
Resolución de salidas de frecuencia	12 bits

1) Los terminales 27 y 29 también pueden programarse como entradas.

La salida digital está galvánicamente aislada de la tensión de alimentación (PELV) y de los demás terminales de tensión alta.

Tarjeta de control, salida de 24 V CC

Número de terminal	12, 13
Carga máxima	200 mA

El suministro externo de 24 V CC está galvánicamente aislado de la tensión de alimentación (PELV), aunque tiene el mismo potencial que las entradas y salidas analógicas y digitales.

Relay outputs

Programmable relay outputs	2
Maximum cross-section to relay terminals	2.5 mm ² (12 AWG)
Minimum cross-section to relay terminals	0.2 mm ² (30 AWG)
Length of stripped wire	8 mm (0.3 in)
Relay 01 terminal number	1-3 (break), 1-2 (make)
Maximum terminal load (AC-1) ¹⁾ on 1-2 (NO) (Resistive load) ²⁾³⁾	400 V AC, 2 A
Maximum terminal load (AC-15) ¹⁾ on 1-2 (NO) (Inductive load @ cosφ 0.4)	240 V AC, 0.2 A
Maximum terminal load (DC-1) ¹⁾ on 1-2 (NO) (Resistive load)	80 V DC, 2 A
Maximum terminal load (DC-13) ¹⁾ on 1-2 (NO) (Inductive load)	24 V DC, 0.1 A
Maximum terminal load (AC-1) ¹⁾ on 1-3 (NC) (Resistive load)	240 V AC, 2 A
Maximum terminal load (AC-15) ¹⁾ on 1-3 (NC) (Inductive load @ cosφ 0.4)	240 V AC, 0.2 A
Maximum terminal load (DC-1) ¹⁾ on 1-3 (NC) (Resistive load)	50 V DC, 2 A
Maximum terminal load (DC-13) ¹⁾ on 1-3 (NC) (Inductive load)	24 V DC, 0.1 A
Minimum terminal load on 1-3 (NC), 1-2 (NO)	24 V DC 10 mA, 24 V AC 2 mA
Environment according to EN 60664-1	Overvoltage category III/pollution degree 2
Relay 02 terminal number	4-6 (break), 4-5 (make)
Maximum terminal load (AC-1) ¹⁾ on 4-5 (NO) (Resistive load) ²⁾³⁾	400 V AC, 2 A
Maximum terminal load (AC-15) ¹⁾ on 4-5 (NO) (Inductive load @ cosφ 0.4)	240 V AC, 0.2 A
Maximum terminal load (DC-1) ¹⁾ on 4-5 (NO) (Resistive load)	80 V DC, 2 A
Maximum terminal load (DC-13) ¹⁾ on 4-5 (NO) (Inductive load)	24 V DC, 0.1 A
Maximum terminal load (AC-1) ¹⁾ on 4-6 (NC) (Resistive load)	240 V AC, 2 A
Maximum terminal load (AC-15) ¹⁾ on 4-6 (NC) (Inductive load @ cosφ 0.4)	240 V AC, 0.2 A
Maximum terminal load (DC-1) ¹⁾ on 4-6 (NC) (Resistive load)	50 V DC, 2 A
Maximum terminal load (DC-13) ¹⁾ on 4-6 (NC) (Inductive load)	24 V DC, 0.1 A
Minimum terminal load on 4-6 (NC), 4-5 (NO)	24 V DC 10 mA, 24 V AC 2 mA
Environment according to EN 60664-1	Overvoltage category III/pollution degree 2

The relay contacts are galvanically isolated from the rest of the circuit by reinforced isolation (PELV).

- 1) IEC 60947 part 4 and 5.
- 2) Overvoltage Category II.
- 3) UL applications 300 V AC 2 A.

Tarjeta de control, salida de +10 V CC

Número de terminal	50
Tensión de salida	10,5 V ±0,5 V
Carga máxima	25 mA

El suministro de 10 V CC está galvánicamente aislado de la tensión de alimentación (PELV) y de los demás terminales de tensión alta.

Características de control

Resolución de frecuencia de salida a 0-1000 Hz	±0,003 Hz
Tiempo de respuesta del sistema (terminales 18, 19, 27, 29, 32 y 33)	≤2 ms
Rango de control de velocidad (lazo abierto)	1:100 de velocidad síncrona
Precisión de velocidad (lazo abierto)	30-4000 r/min: error máximo de ±8 r/min

Todas las características de control se basan en un motor asíncrono de 4 polos.

Rendimiento de la tarjeta de control

Intervalo de exploración	5 ms
--------------------------	------

Tarjeta de control, comunicación serie USB

USB estándar	1.1 (velocidad máxima)
--------------	------------------------

Conector USB	Conector de dispositivos USB tipo B
--------------	-------------------------------------

AVISO!

La conexión al PC se realiza por medio de un cable USB de dispositivo o host estándar.

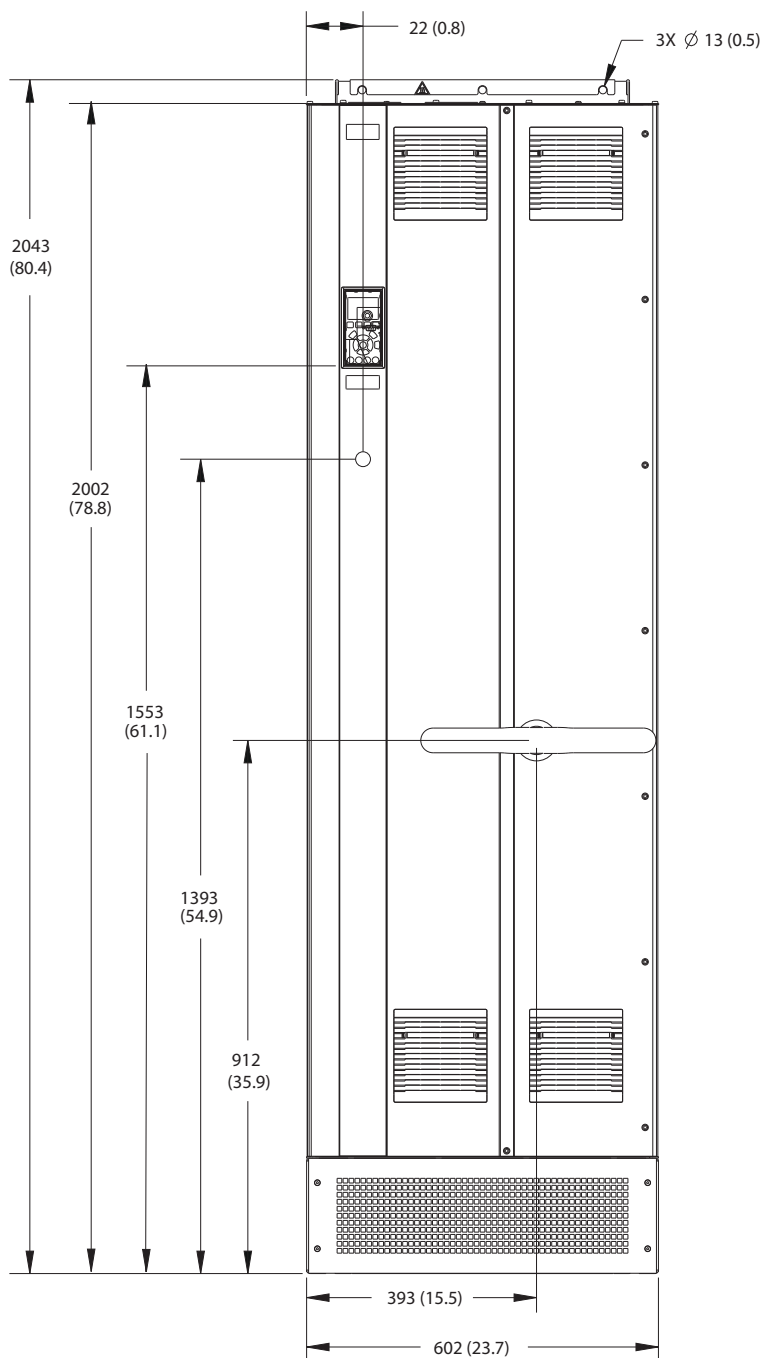
La conexión USB se encuentra galvánicamente aislada de la tensión de alimentación (PELV) y del resto de los terminales de tensión alta.

La conexión USB no está galvánicamente aislada de la conexión toma a tierra. Utilice únicamente un ordenador portátil o PC aislado como conexión al terminal USB del convertidor de frecuencia o un convertidor / cable USB aislado.

8 Dimensiones exteriores y de los terminales

8.1 Dimensiones exteriores y de los terminales del E1h

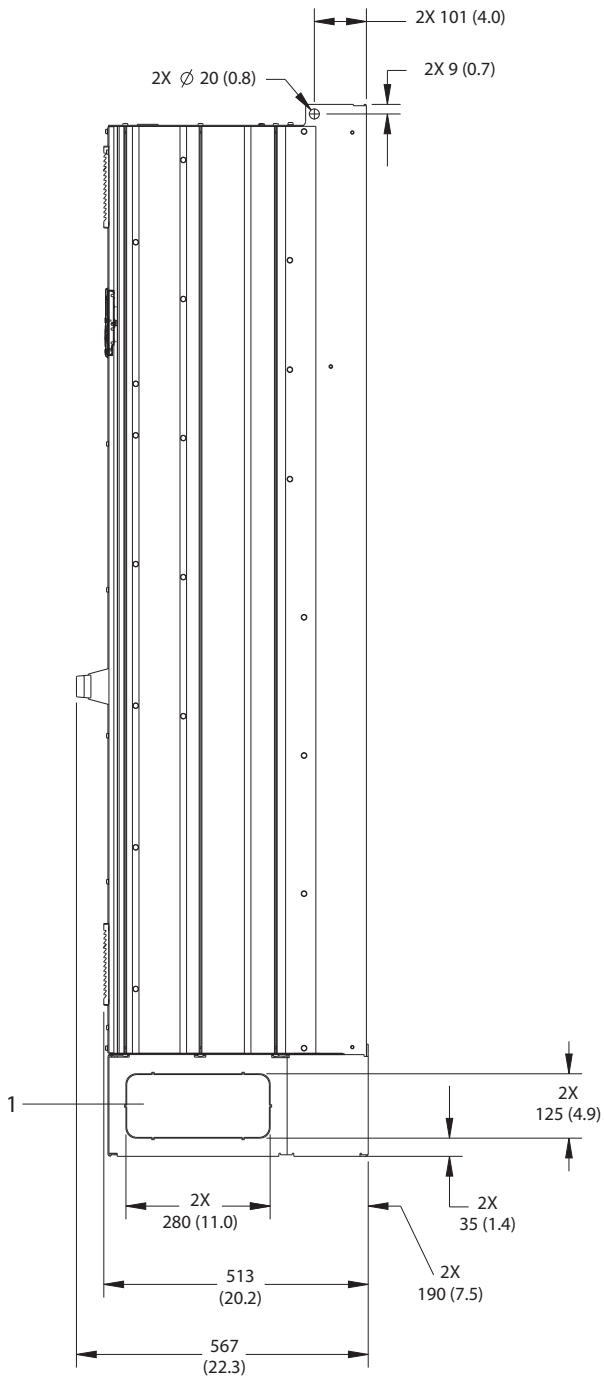
8.1.1 Dimensiones exteriores del E1h



130BF648.10

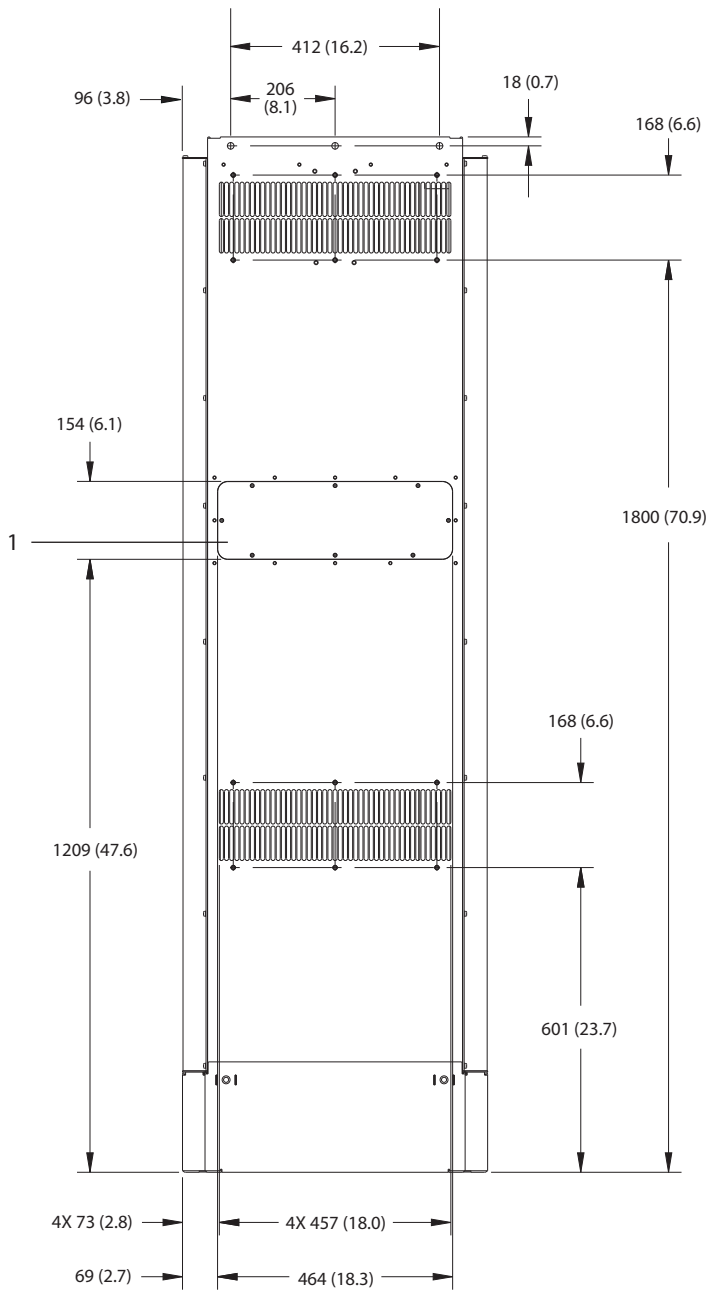
8

Ilustración 8.1 Vista frontal del E1h



1	Panel de troquel
---	------------------

Ilustración 8.2 Vista lateral del E1h

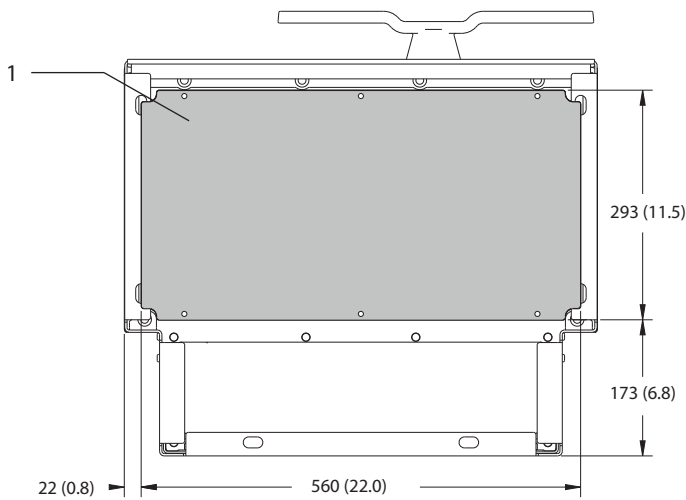
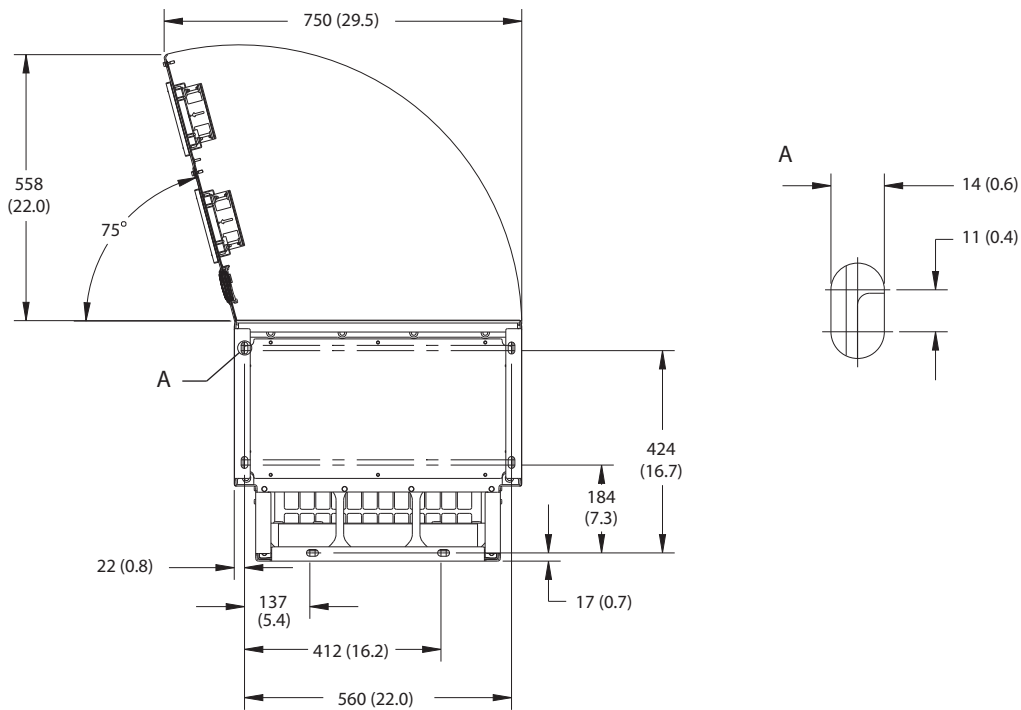


8

1	Panel de acceso al disipador (opcional)
---	---

Ilustración 8.3 Vista trasera del E1h

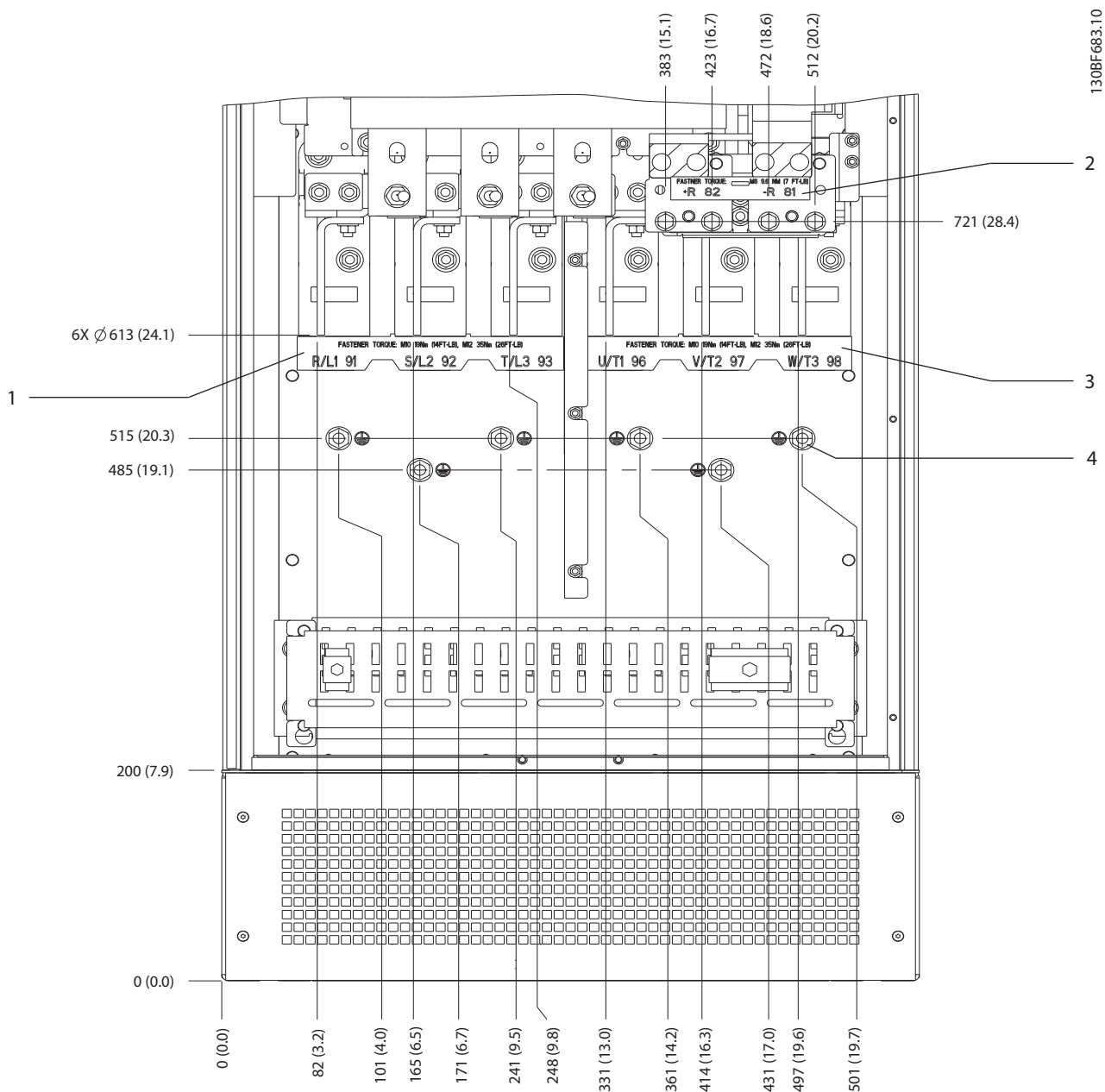
130BF651.10



1	Placa prensacables
---	--------------------

Ilustración 8.4 Dimensiones de la placa del prensacables y del espacio de la puerta del alojamiento E1h

8.1.2 Dimensiones de los terminales del E1h



1	Terminales de alimentación	3	Terminales de motor
2	Terminales de freno o regeneración	4	Terminales de conexión toma a tierra, tuerca M10

Ilustración 8.5 Dimensiones de los terminales del E1h (vista frontal)

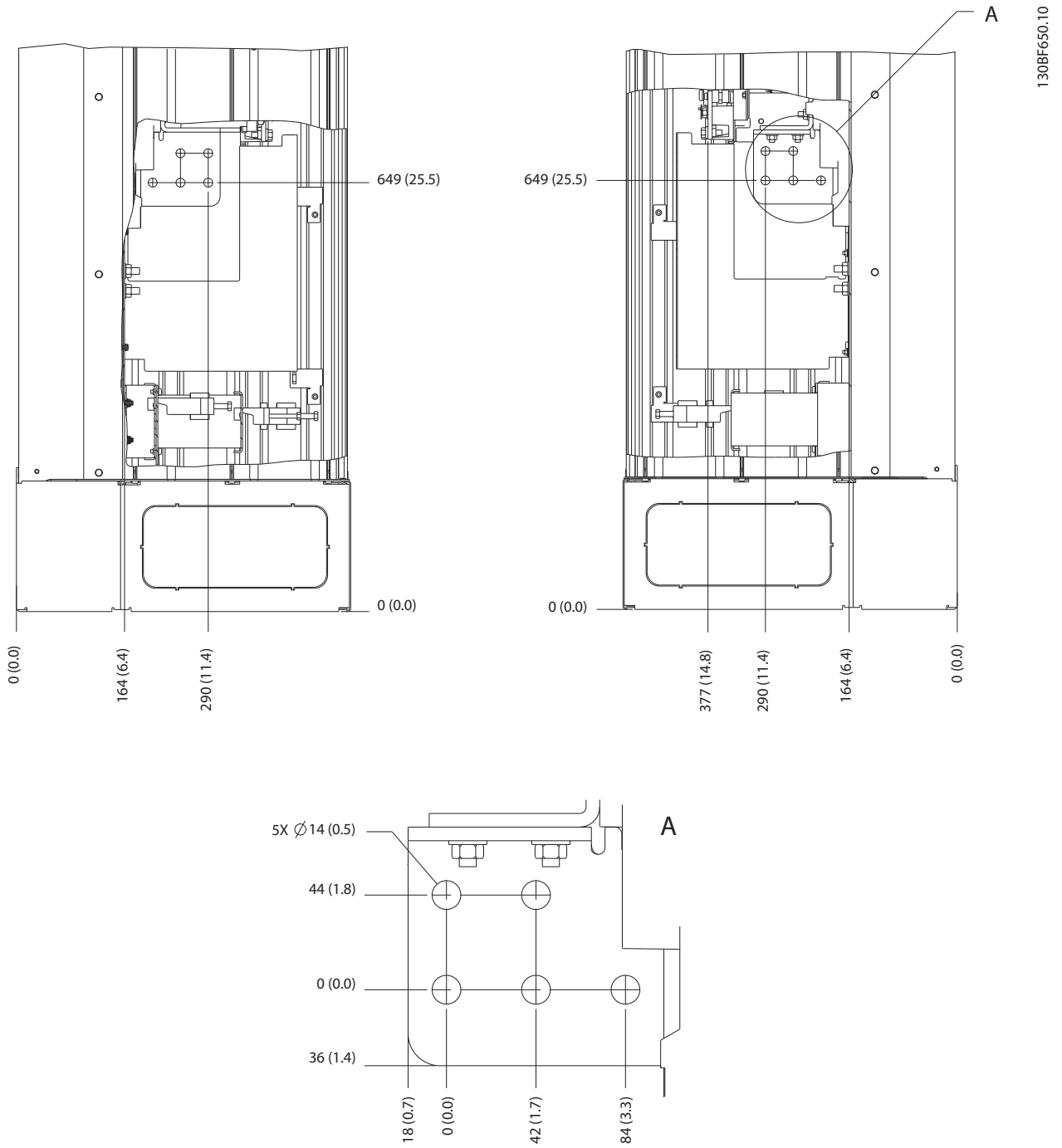
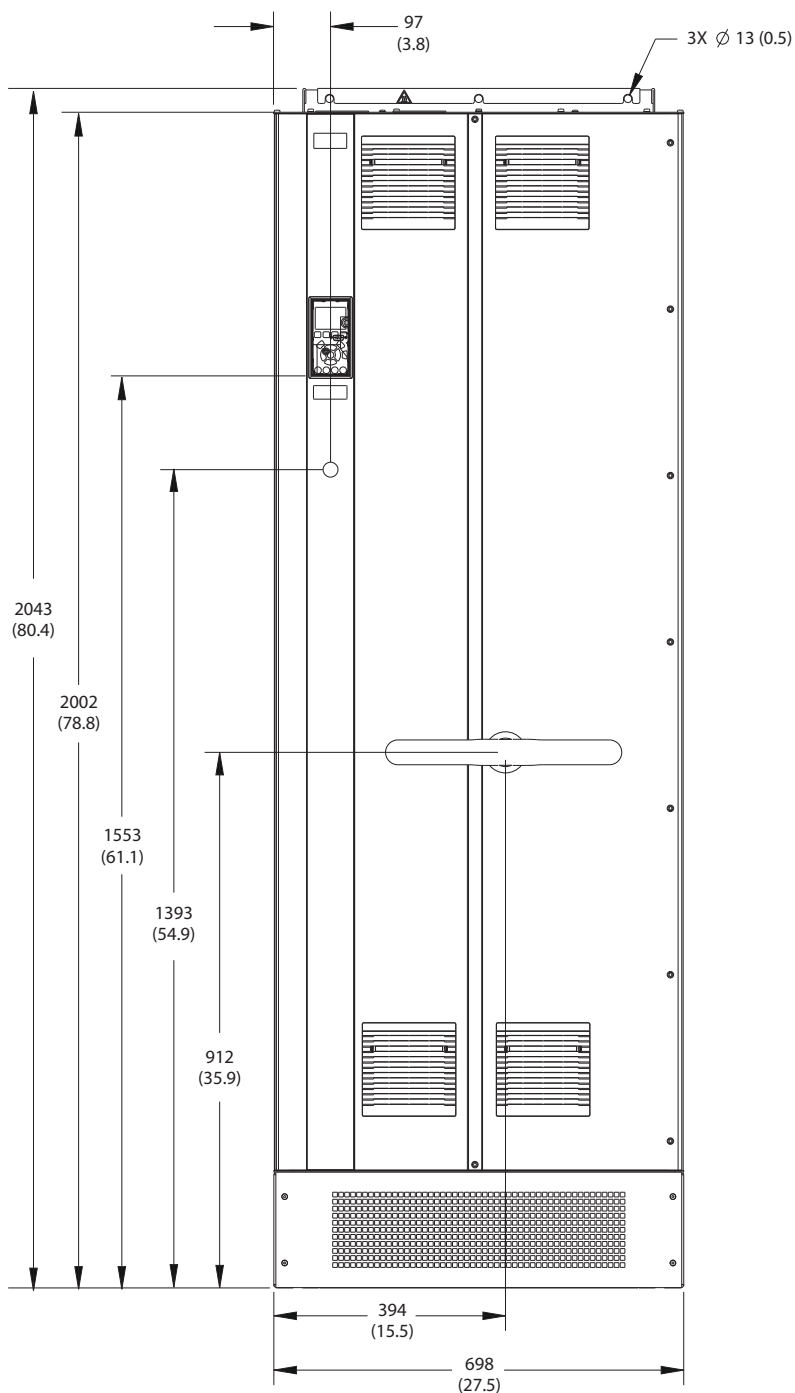


Ilustración 8.6 Dimensiones de los terminales del E1h (vistas laterales)

8.2 Dimensiones exteriores y de los terminales del E2h

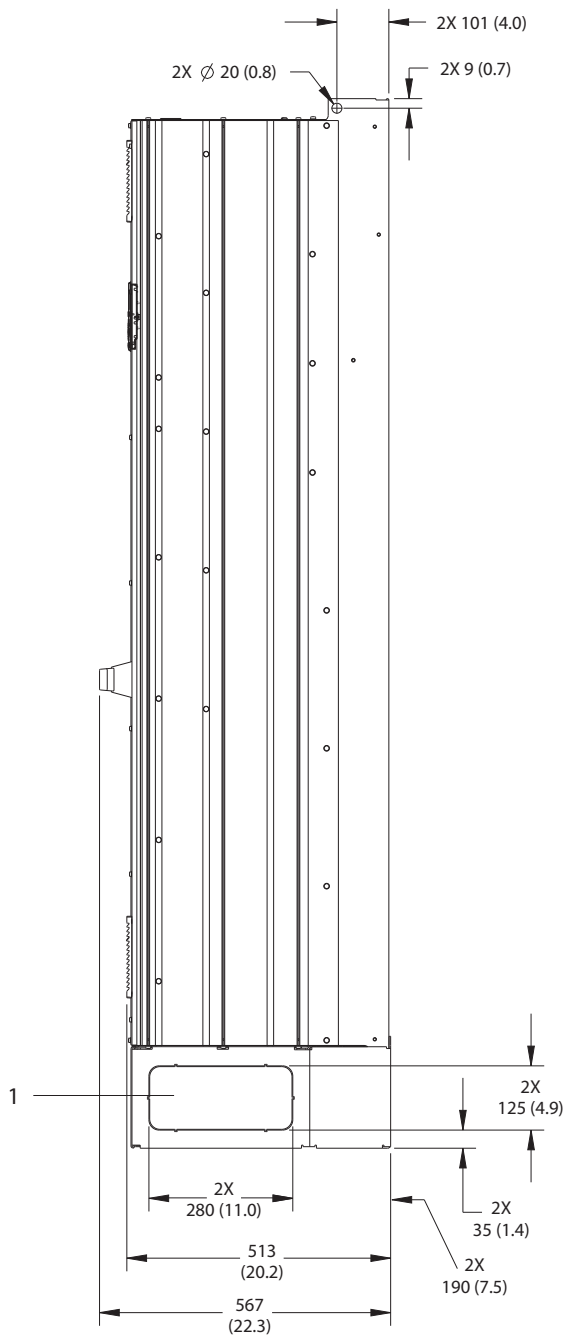
8.2.1 Dimensiones exteriores del E2h



130BF654.10

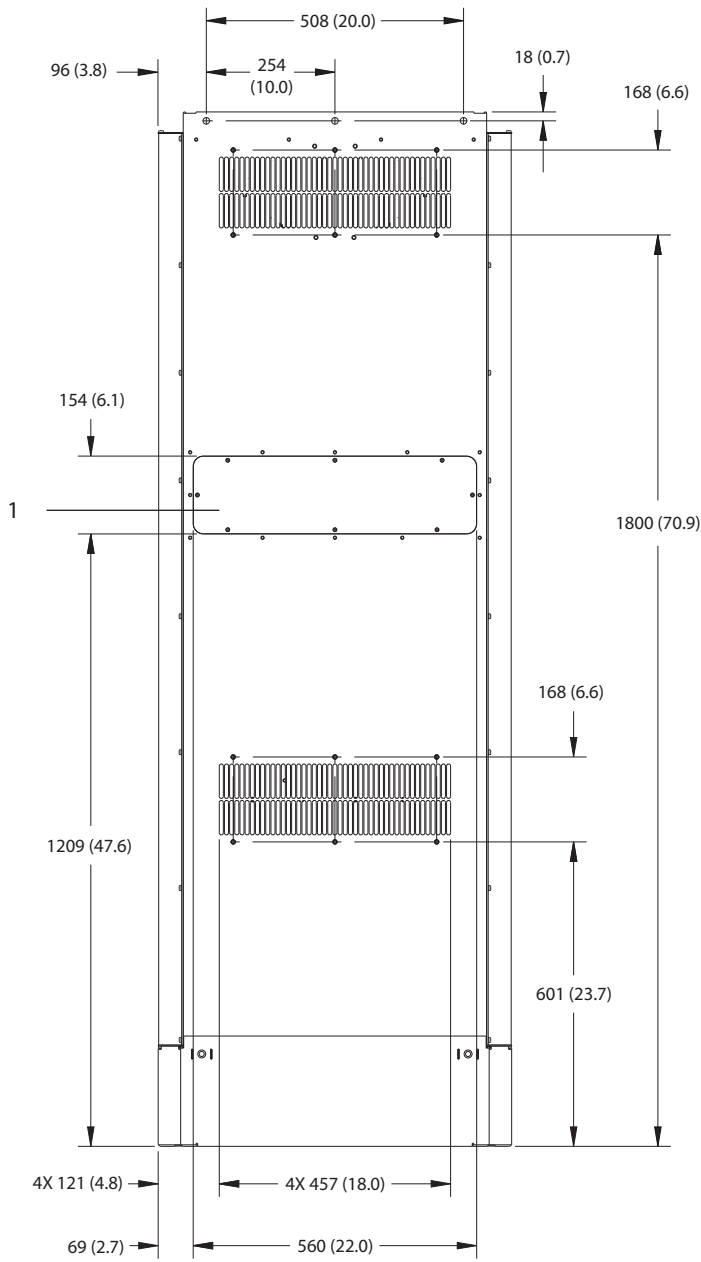
8

Ilustración 8.7 Vista frontal del E2h



1	Panel de troquel
---	------------------

Ilustración 8.8 Vista lateral del E2h

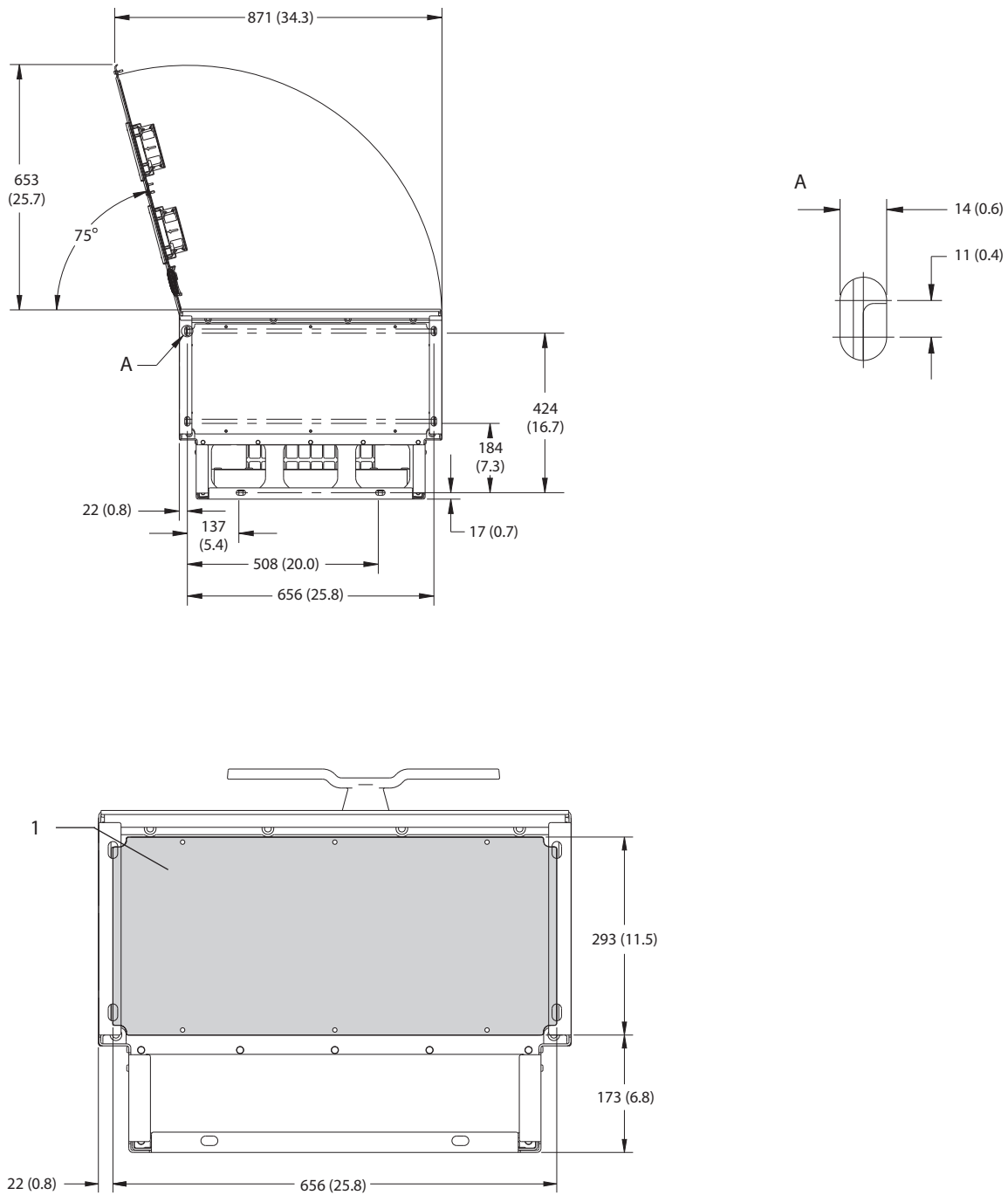


8

1	Panel de acceso al disipador (opcional)
---	---

Ilustración 8.9 Vista trasera del E2h

1308F652.10



8

1	Placa prensacables
---	--------------------

Ilustración 8.10 Dimensiones de la placa del prensacables y del espacio de la puerta del alojamiento E2h

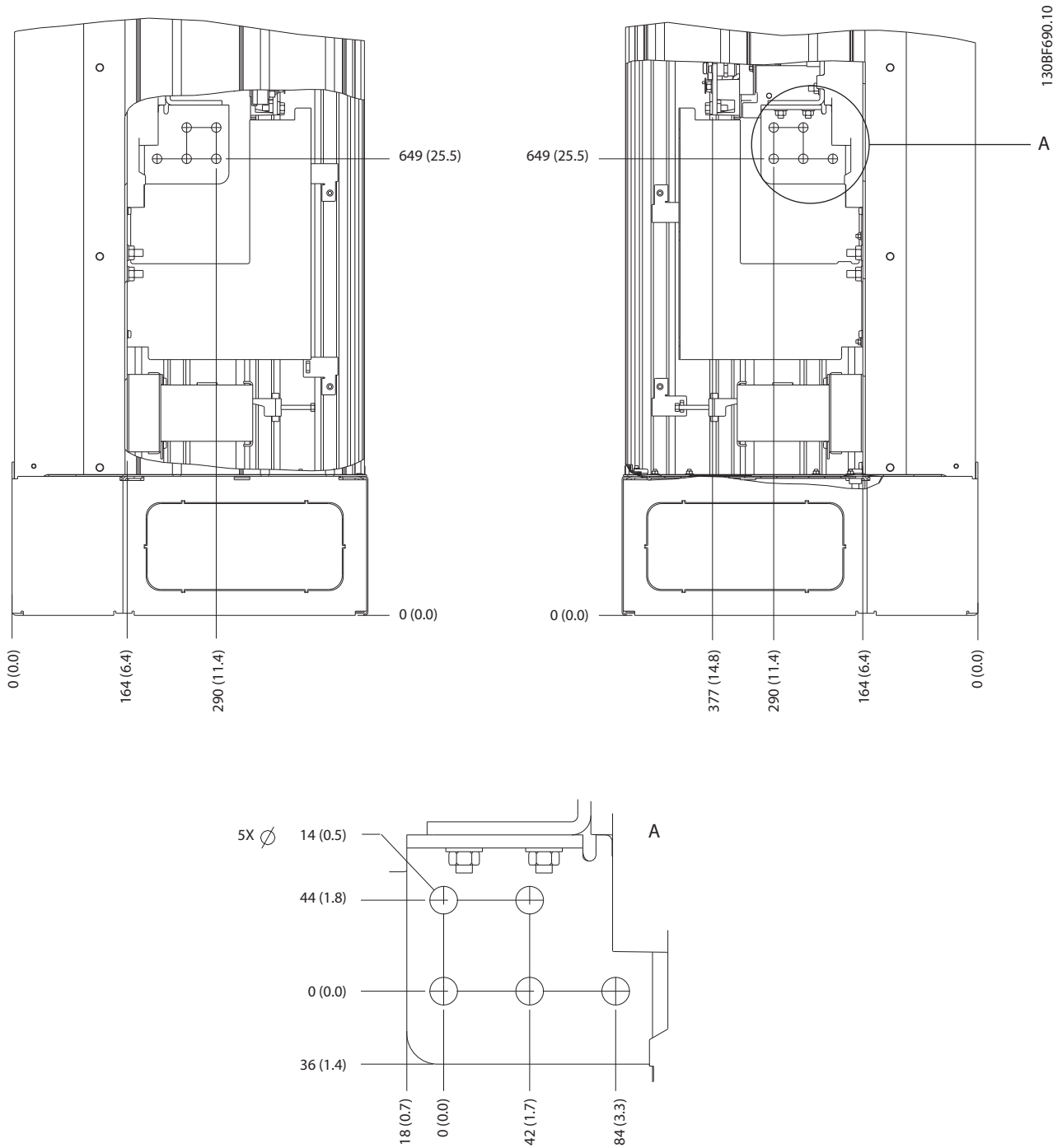
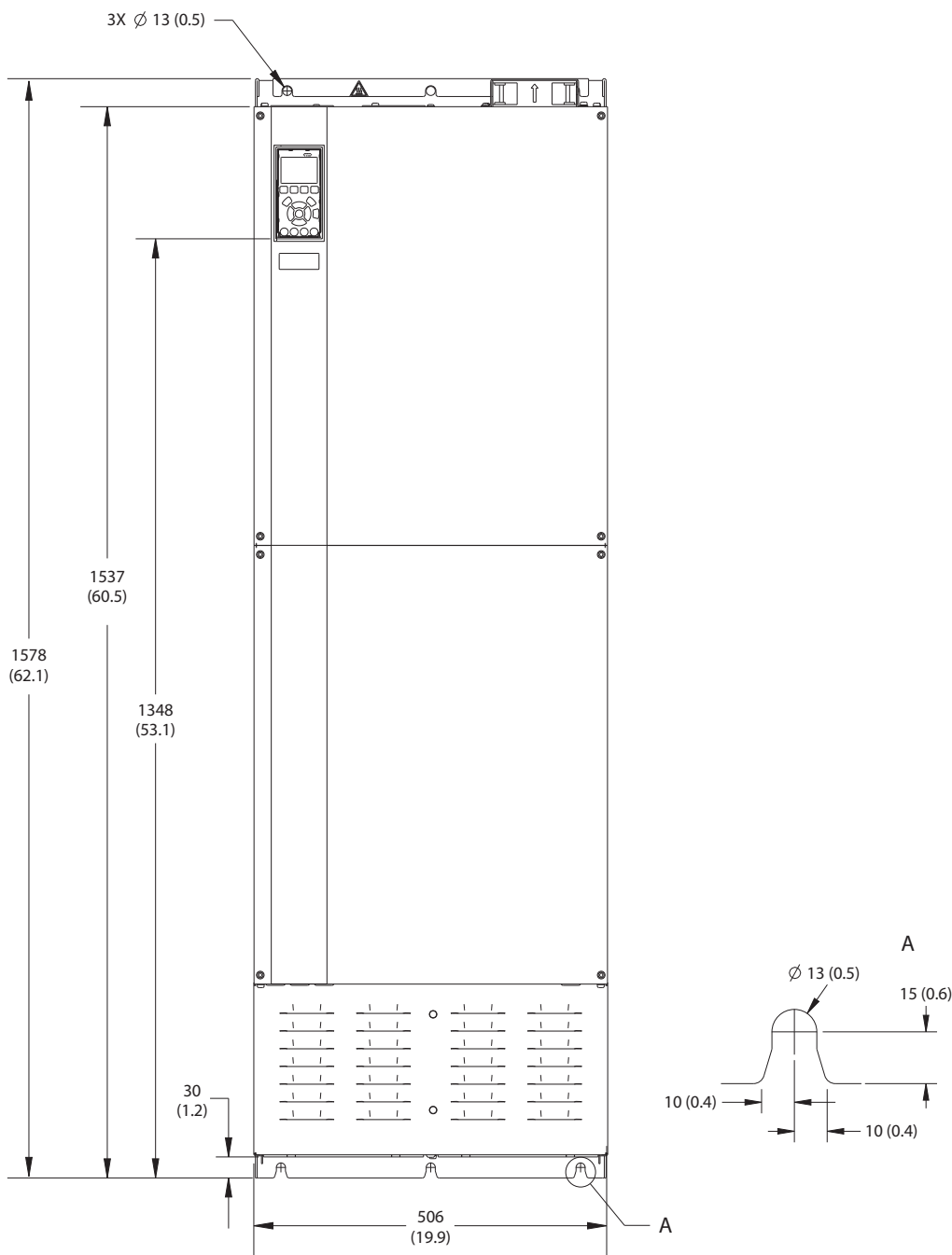


Ilustración 8.12 Dimensiones de los terminales del E2h (vistas laterales)

8.3 Dimensiones exteriores y de los terminales del E3h

8.3.1 Dimensiones exteriores del E3h



130BF656.10

8

Ilustración 8.13 Vista frontal del E3h

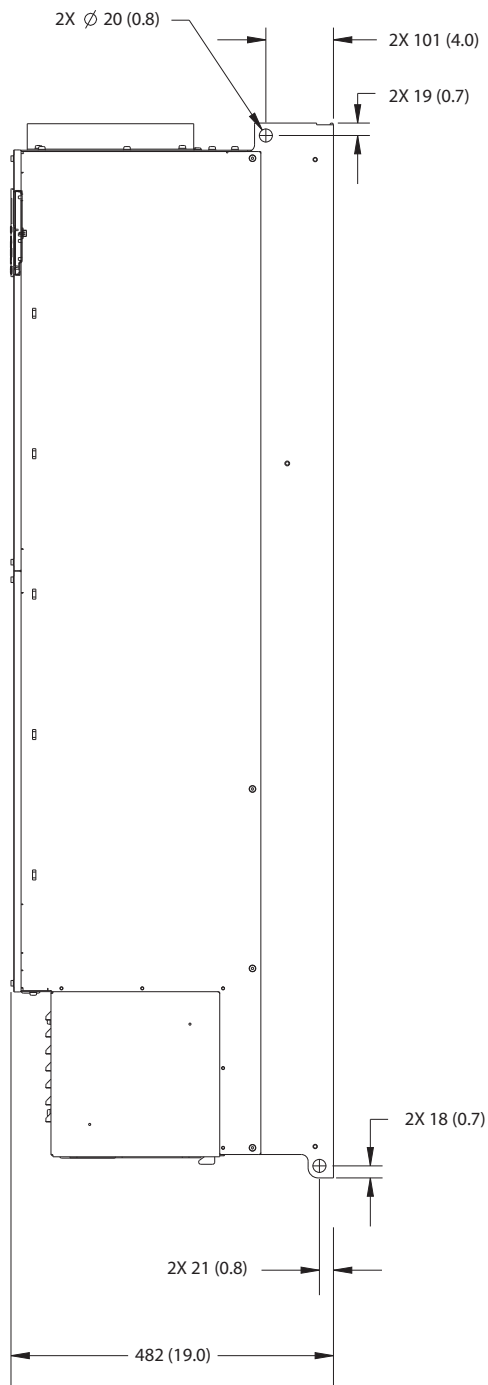
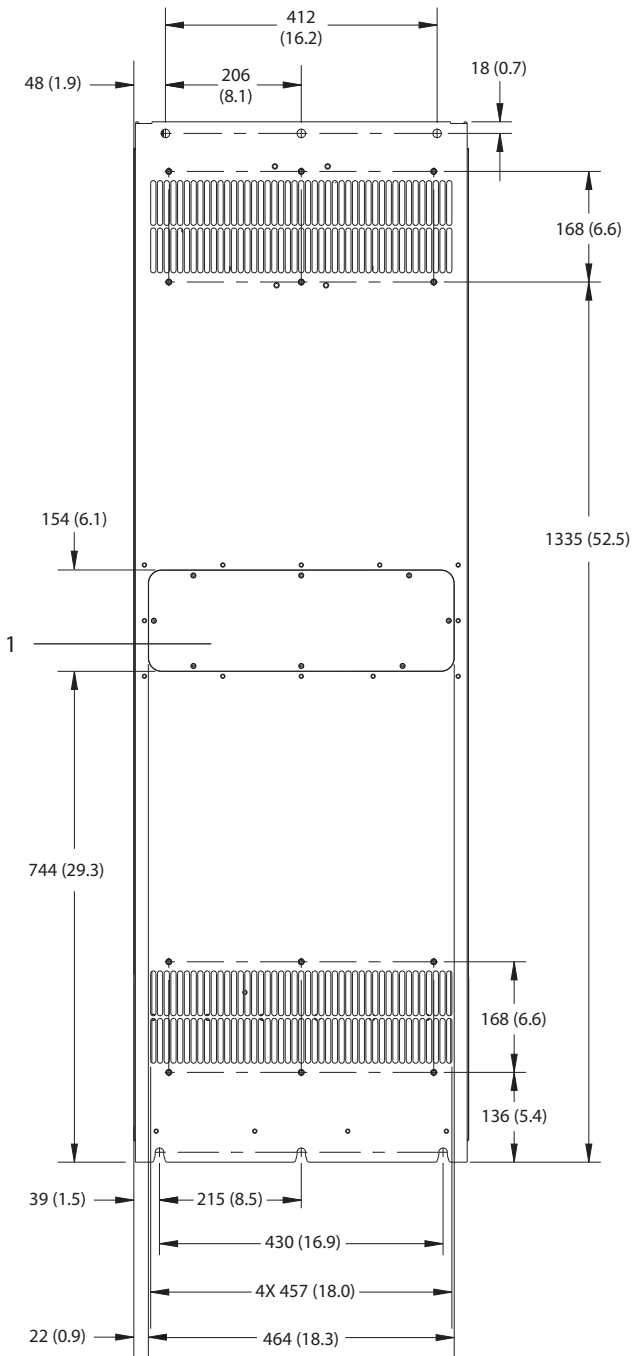


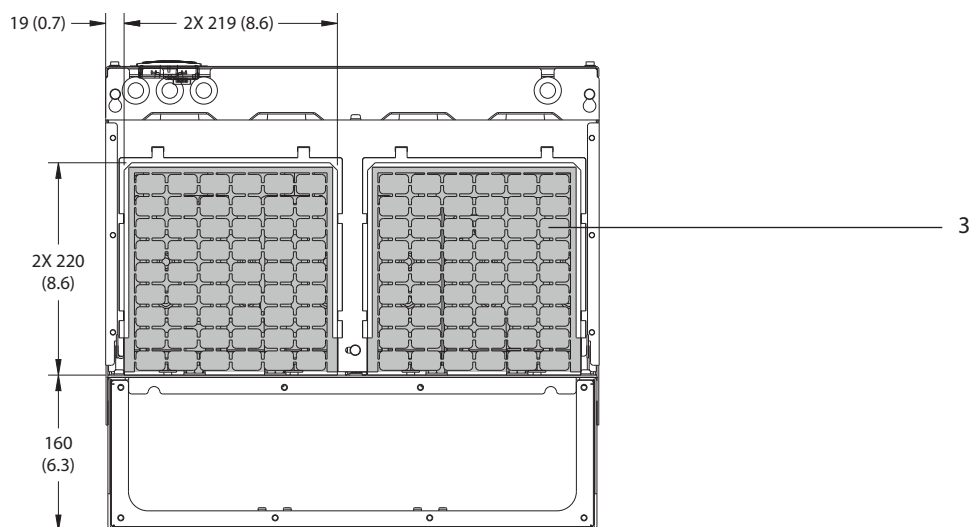
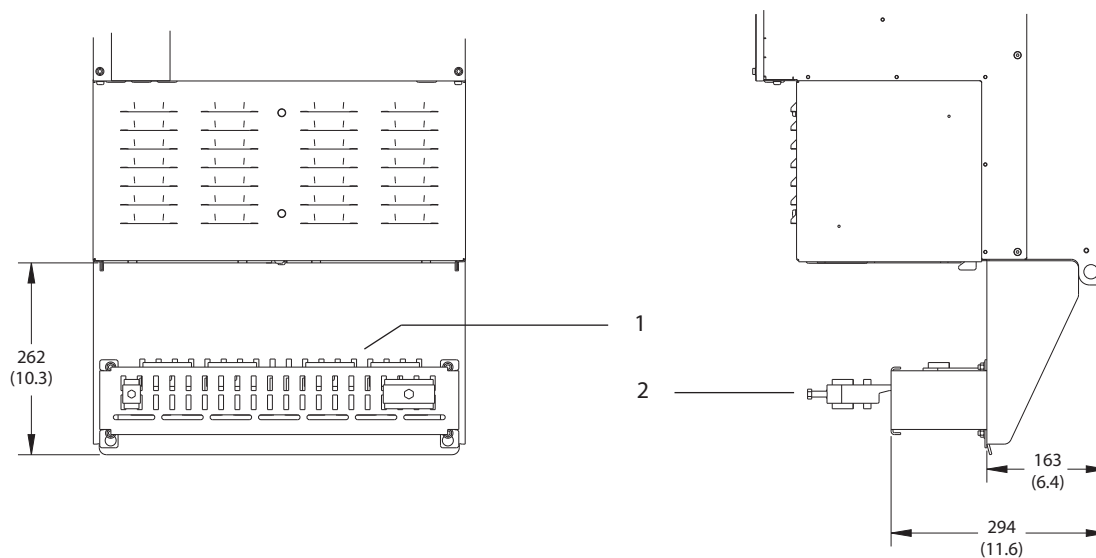
Ilustración 8.14 Vista lateral del E3h

8



1	Panel de acceso al disipador (opcional)
---	---

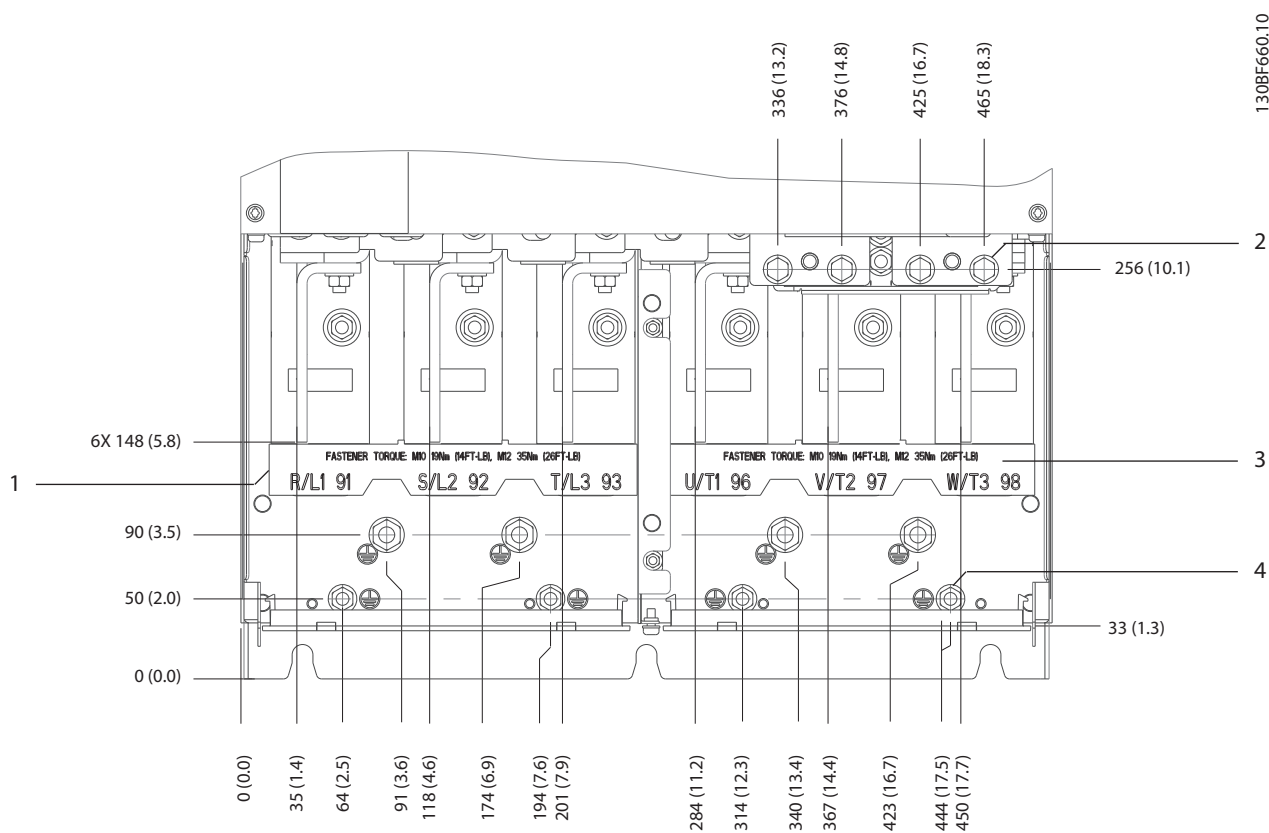
Ilustración 8.15 Vista trasera del E3h



1	Terminación de pantalla RFI (estándar con la opción RFI)
2	Abrazadera de cable / CEM
3	Placa prensacables

Ilustración 8.16 Dimensiones de la placa del prensacables y de la terminación de pantalla RFI del alojamiento E3h

8.3.2 Dimensiones de los terminales del E3h



8

1	Terminales de alimentación	3	Terminales de motor
2	Terminales de freno o regeneración	4	Terminales de conexión toma a tierra, tuercas M8 y M10

Ilustración 8.17 Dimensiones de los terminales del E3h (vista frontal)

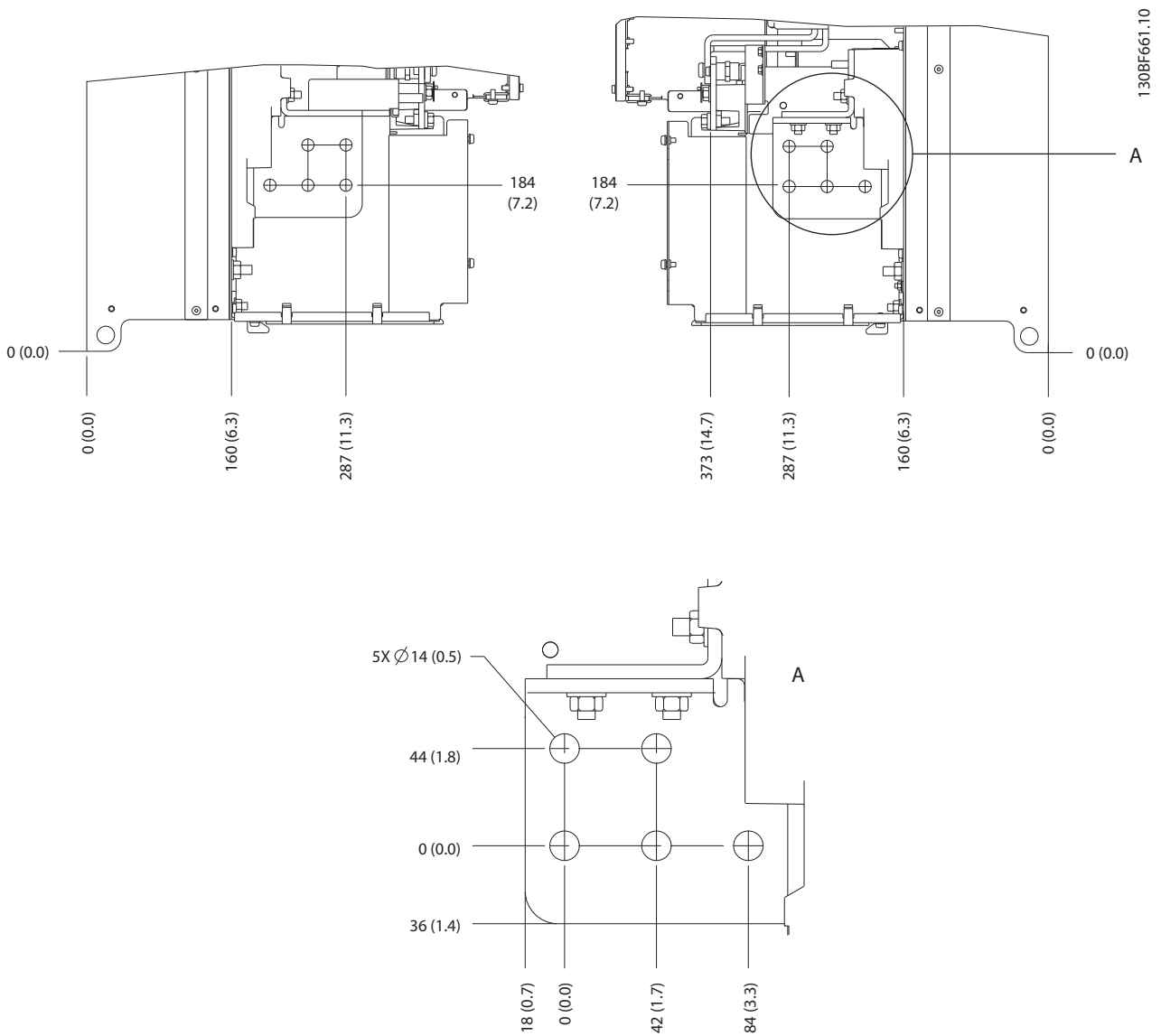


Ilustración 8.18 Dimensiones de los terminales de alimentación, motor y conexión toma a tierra del E3h (vistas laterales)

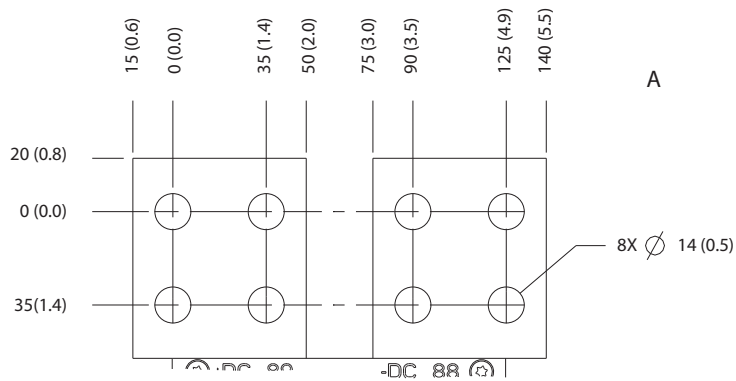
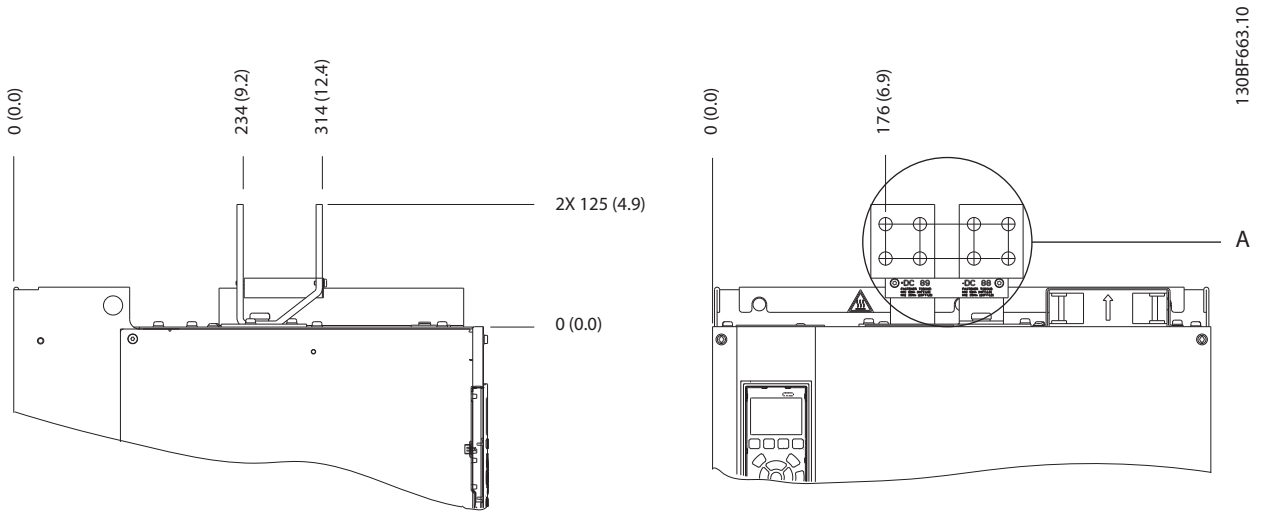
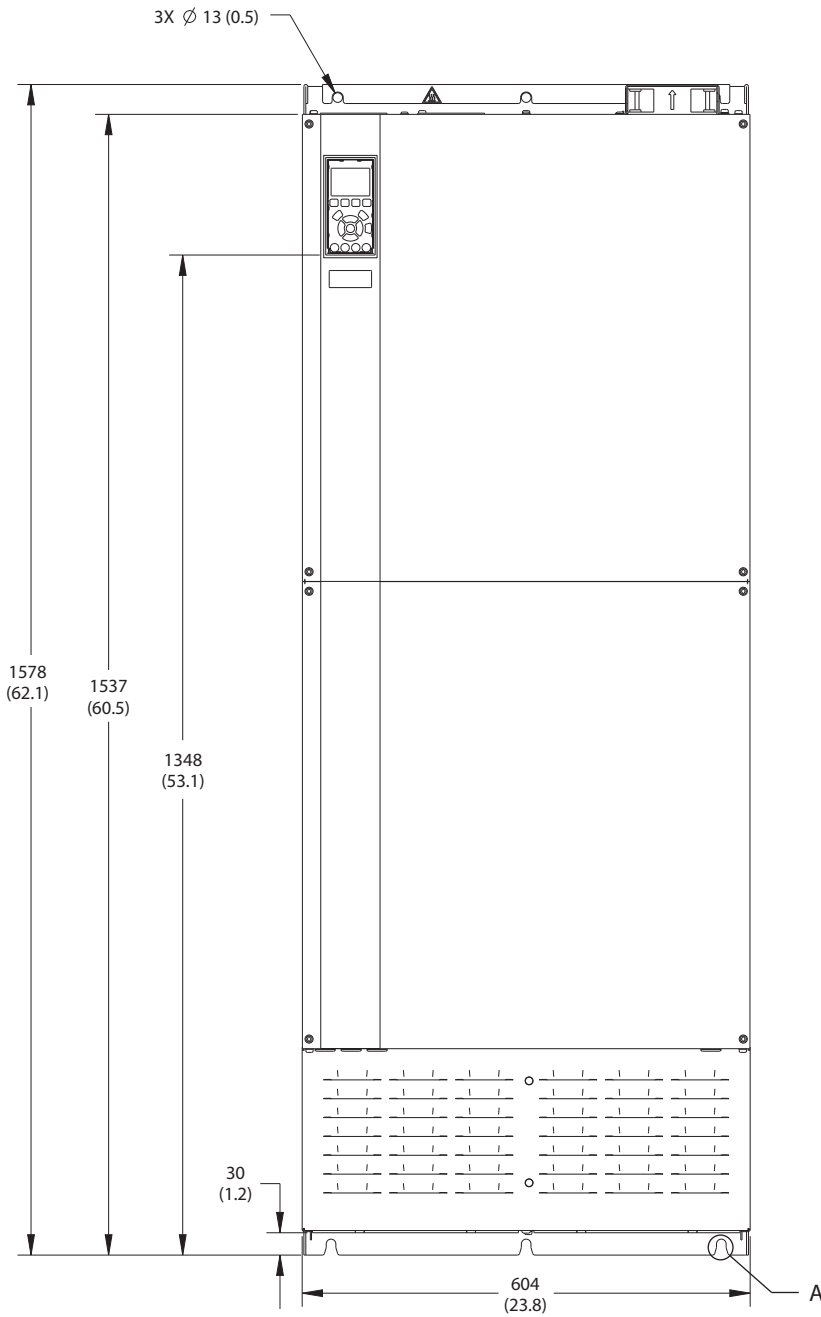


Ilustración 8.19 Dimensiones de los terminales de carga compartida / regeneración del E3h

8.4 Dimensiones exteriores y de los terminales del E4h

8.4.1 Dimensiones exteriores del E4h



130BF664.10

Ilustración 8.20 Vista frontal del E4h

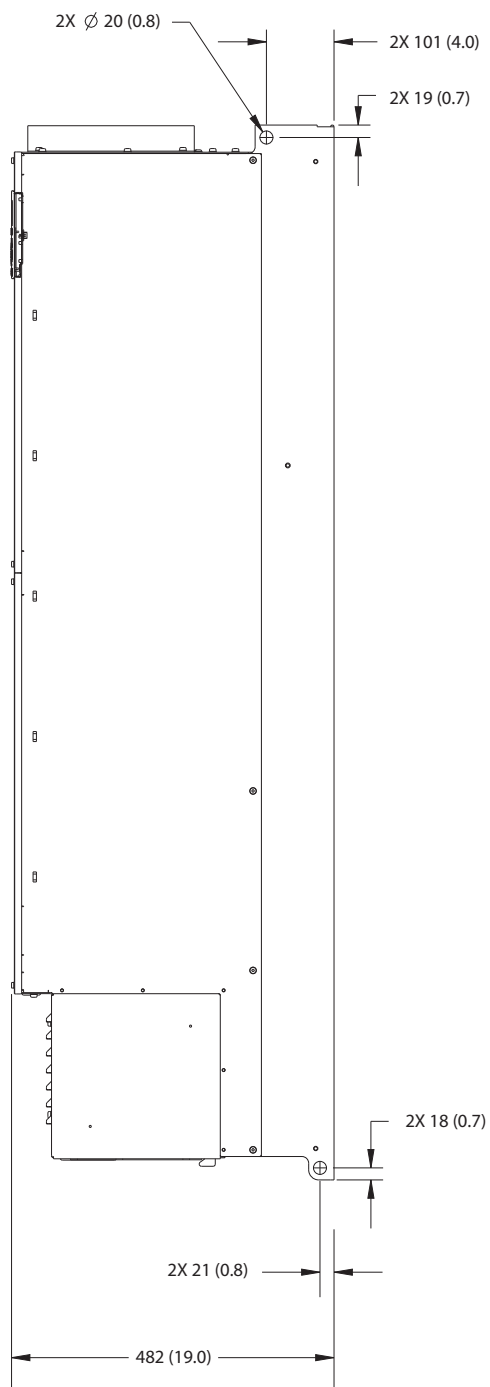
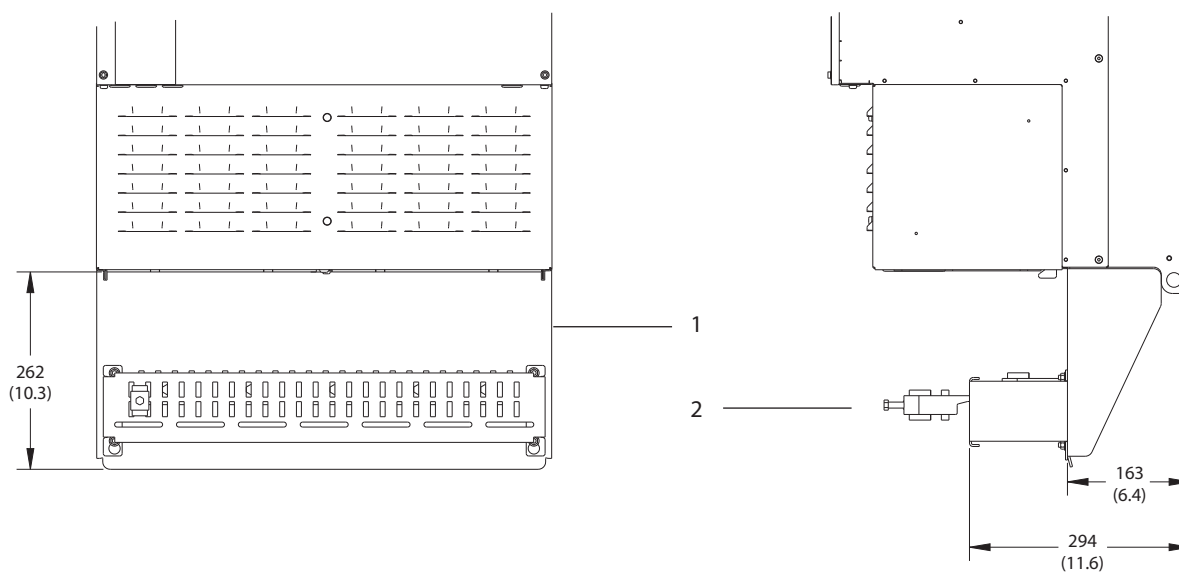
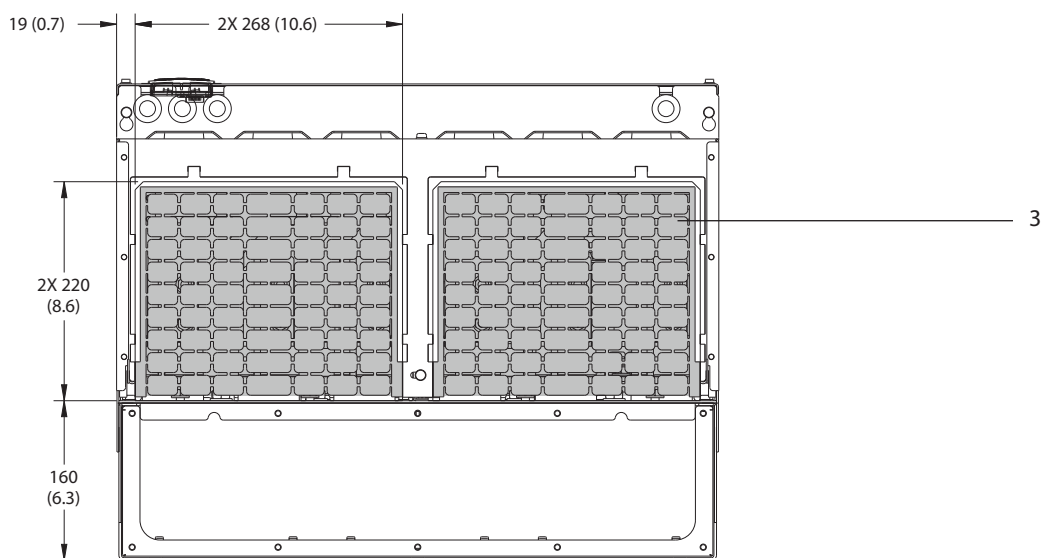


Ilustración 8.21 Vista lateral del E4h



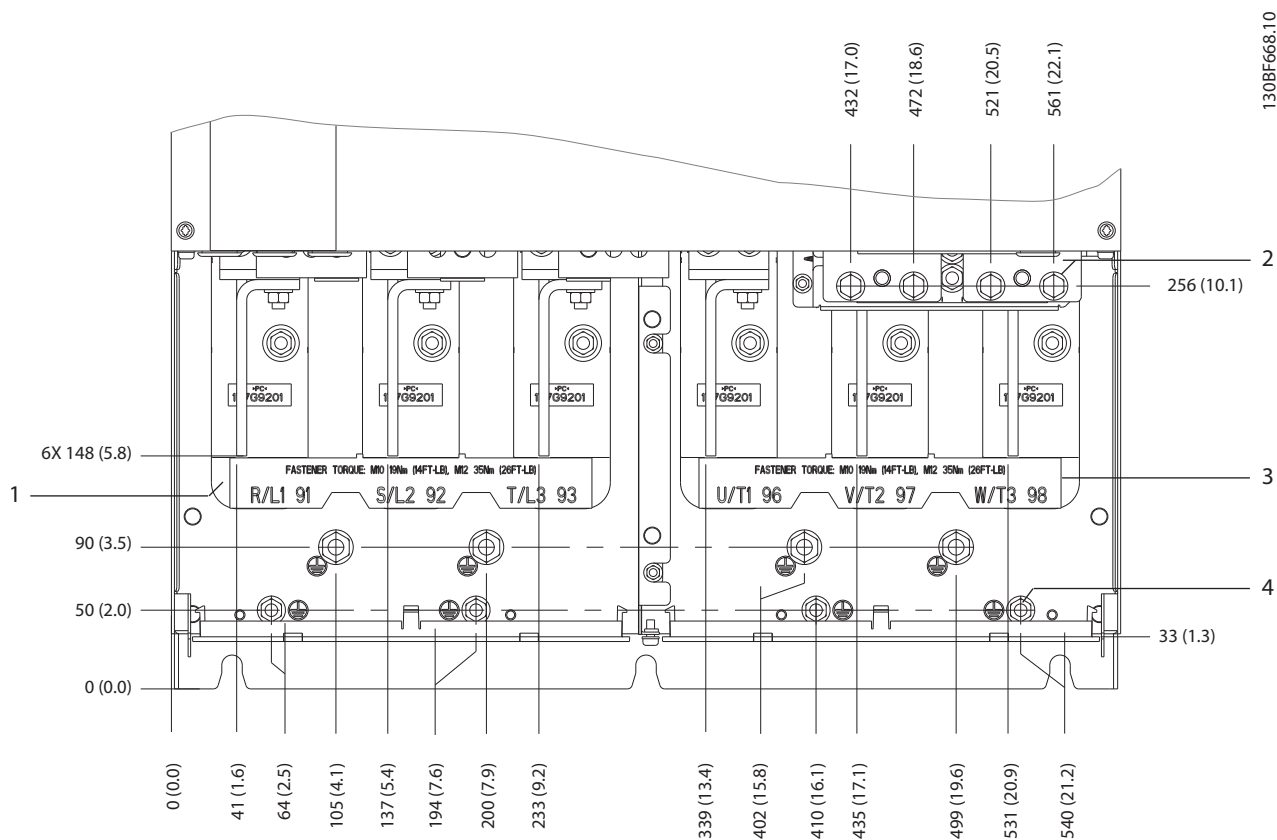
8



1	Terminación de pantalla RFI (estándar con la opción RFI)
2	Abrazadera de cable / CEM
3	Placa prensacables

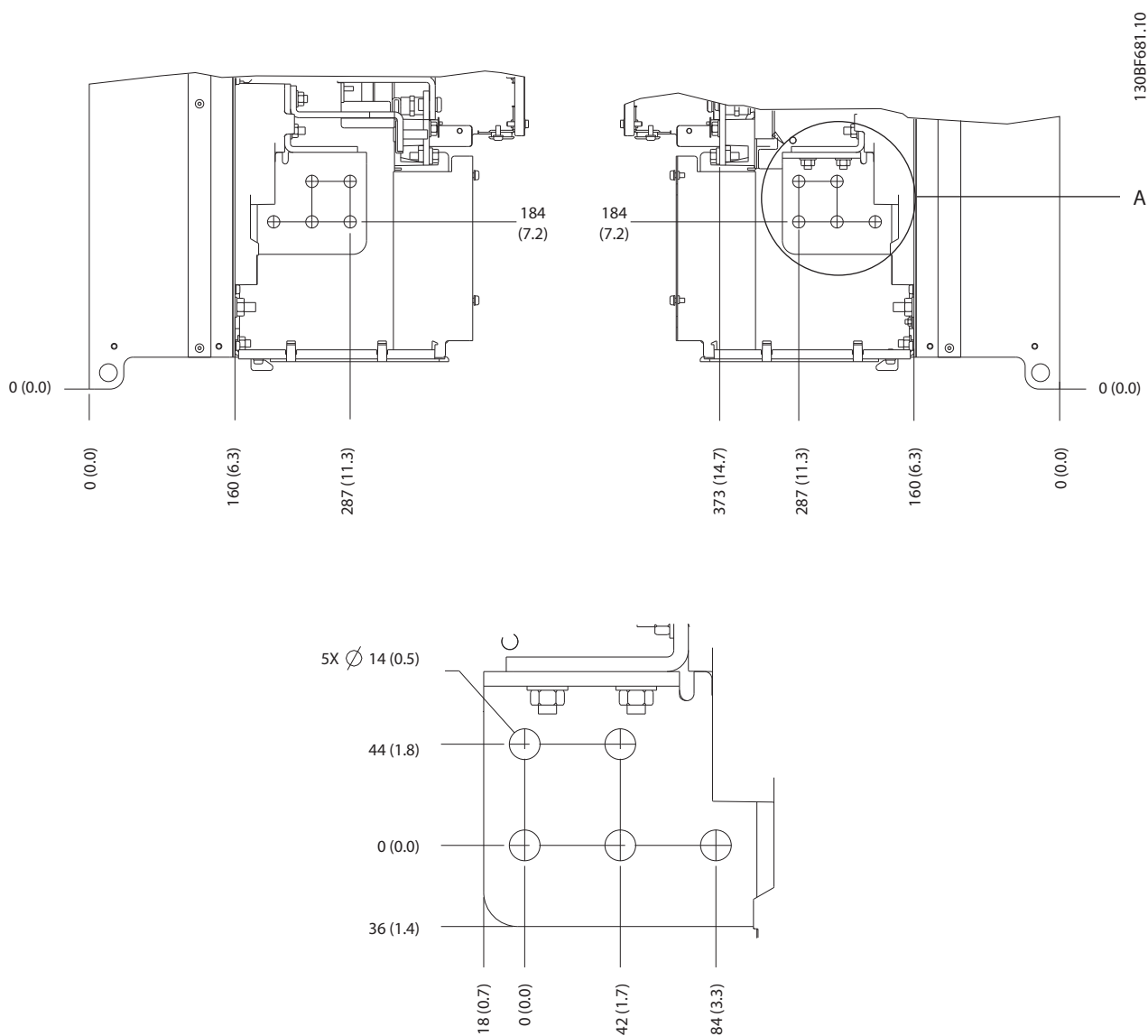
Ilustración 8.23 Dimensiones de la placa del prensacables y de la terminación de pantalla RFI del alojamiento E4h

8.4.2 Dimensiones de los terminales del E4h



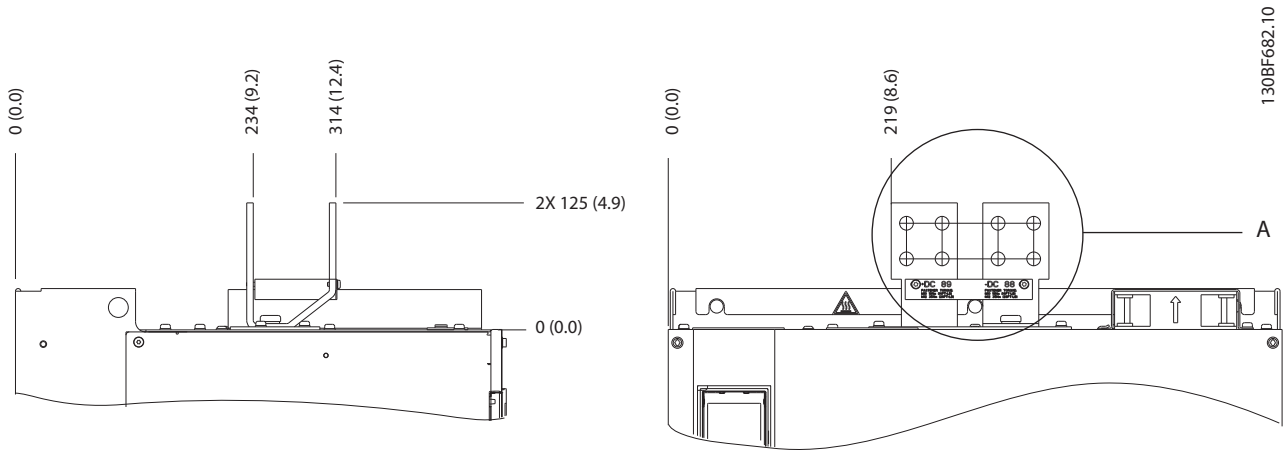
1	Terminales de alimentación	3	Terminales de motor
2	Terminales de freno o regeneración	4	Terminales de conexión toma a tierra, tuercas M8 y M10

Ilustración 8.24 Dimensiones de los terminales del E4h (vista frontal)



8

Ilustración 8.25 Dimensiones de los terminales de alimentación, motor y conexión toma a tierra del E4h (vistas laterales)



130BF682.10

8

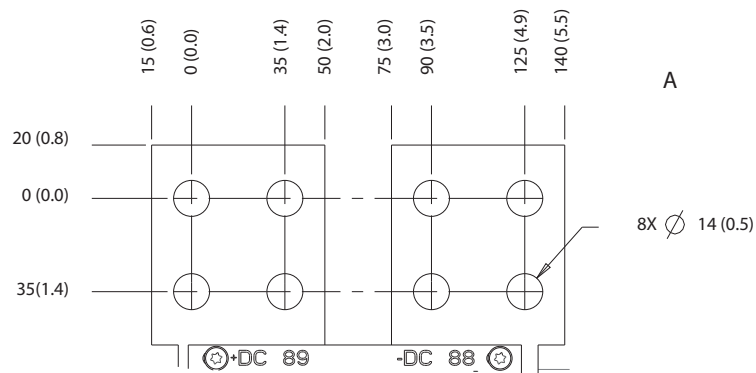


Ilustración 8.26 Dimensiones de los terminales de carga compartida / regeneración del E4h

9 Consideraciones de instalación mecánica

9.1 Almacenamiento

Conserve el convertidor en un lugar seco. Mantenga el equipo sellado en su embalaje hasta la instalación. Consulte la temperatura ambiente recomendada en el *capítulo 7.5 Condiciones ambientales*.

El conformado periódico (carga del condensador) no será necesario durante el almacenamiento, a menos que este supere los 12 meses.

9.2 Elevación de la unidad

Eleve siempre el convertidor de frecuencia mediante las argollas de elevación dispuestas para tal fin. Utilice una barra para evitar doblar las anillas de elevación.

ADVERTENCIA

RIESGO DE MUERTE O LESIONES

Respete todas las normas de seguridad locales para la elevación de cargas pesadas. Si no se siguen las recomendaciones y las normativas de seguridad locales, pueden producirse lesiones graves o incluso la muerte.

- Asegúrese de que el equipo de elevación se encuentre en buen estado.
- Consulte el *capítulo 4 Vista general de producto* para conocer el peso de los diferentes tamaños de envoltentes.
- Diámetro máximo de la barra: 20 mm (0,8 in).
- Ángulo existente entre la parte superior del convertidor de frecuencia y el cable de elevación: 60° o superior.

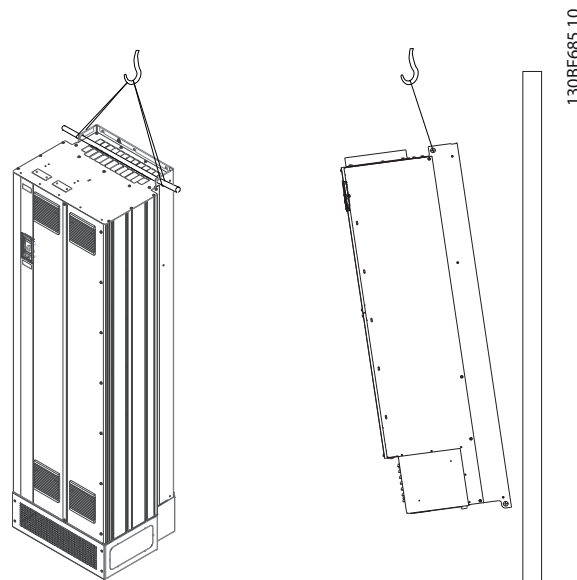


Ilustración 9.1 Método recomendado de elevación

9.3 Entorno de funcionamiento

En entornos con líquidos, partículas o gases corrosivos transmitidos por el aire, asegúrese de que la clasificación IP / de tipo del equipo se corresponde con el entorno de instalación. Para obtener especificaciones sobre las condiciones ambientales, consulte el *capítulo 7.5 Condiciones ambientales*.

AVISO!

CONDENSACIÓN

La humedad puede condensarse en los componentes electrónicos y provocar cortocircuitos. Evite la instalación en áreas con escarcha. Instale un calefactor de ambiente cuando el convertidor esté más frío que el aire ambiental. El funcionamiento en modo de espera reducirá el riesgo de condensación mientras la disipación de potencia mantenga los circuitos sin humedad.

AVISO!**CONDICIONES AMBIENTALES EXTREMAS**

Las temperaturas frías o calientes ponen en riesgo el rendimiento y la longevidad de la unidad.

- No utilice el equipo en entornos donde la temperatura ambiente sea superior a 55 °C (131 °F).
- El convertidor puede funcionar a bajas temperaturas hasta -10 °C (14 °F). No obstante, solo se garantiza un funcionamiento correcto con la carga nominal a temperaturas de 0 °C (32 °F) o superiores.
- Si la temperatura supera los límites de temperatura ambiente, será necesaria una climatización adicional del alojamiento o del lugar de instalación.

9.3.1 Gases

Los gases agresivos, como el sulfuro de hidrógeno, el cloro o el amoníaco, pueden dañar los componentes mecánicos y eléctricos. La unidad utiliza placas de circuitos con barnizado protector para reducir los efectos de los gases agresivos. Para conocer las especificaciones y clasificaciones de los barnizados de protección, consulte el capítulo 7.5 Condiciones ambientales.

9.3.2 Polvo

Al instalar el convertidor en entornos con mucho polvo, tenga en cuenta lo siguiente:

Mantenimiento periódico

Cuando el polvo se acumula en los componentes electrónicos, este actúa como una capa aislante. Dicha capa reduce la capacidad de refrigeración de los componentes y su temperatura aumenta. Ese entorno más caliente reduce la vida útil de los componentes electrónicos.

Evite que se acumule polvo en el disipador y los ventiladores. Para obtener más información de servicio y mantenimiento, consulte el manual de funcionamiento.

Ventiladores de refrigeración

Los ventiladores proporcionan un flujo de aire para refrigerar el convertidor. En presencia de mucho polvo, este puede dañar los cojinetes del ventilador y producir una avería prematura del mismo. También puede acumularse polvo en las aspas del ventilador y generar un desequilibrio que impida la correcta refrigeración de la unidad.

9.3.3 Entornos potencialmente explosivos**▲ADVERTENCIA****ATMÓSFERA EXPLOSIVA**

No instale el convertidor de frecuencia en un entorno potencialmente explosivo. Instale la unidad en un armario situado fuera de dicha área. Si lo hace, aumentará el riesgo de muerte o de sufrir lesiones graves.

Los sistemas que funcionan en entornos potencialmente explosivos deben cumplir condiciones especiales. La directiva 94/9/CE de la UE (ATEX 95) clasifica el funcionamiento de los dispositivos electrónicos en entornos potencialmente explosivos.

- La clase «d» determina que, en caso de producirse una chispa, esta se contendrá en una zona protegida.
- La clase «e» prohíbe que se genere cualquier tipo de chispa.

Motores con protección de clase «d»

No requieren aprobación. Son necesarios un cableado y una contención especiales.

Motores con protección de clase «e»

Cuando se combina con un dispositivo de control PTC homologado para ATEX, como la VLT® PTC Thermistor Card MCB 112, la instalación no requiere la aprobación individual por parte de una organización homologada.

Motores con protección de clase «d/e»

El propio motor tiene una clase de protección de ignición «e», mientras que el cable de motor y el entorno de conexión cumplen con la clasificación «d». Para atenuar la tensión pico elevada, utilice un filtro senoidal en la salida del convertidor.

Al utilizar un convertidor de frecuencia en una atmósfera potencialmente explosiva, recurra a lo siguiente:

- Motores con protección de ignición de clase «d» o «e».
- Sensor de temperatura PTC para supervisar la temperatura del motor.
- Cables de motor cortos.
- Filtros de salida senoidales cuando no se utilicen cables de motor apantallados.

AVISO!**SUPERVISIÓN DEL SENSOR DEL TERMISTOR DEL MOTOR**

Los convertidores con la opción VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 cuentan con la certificación PTB para entornos potencialmente explosivos.

9.4 Configuraciones de montaje

En la *Tabla 9.1* se enumeran las configuraciones de montaje disponibles para cada envolvente. Consulte el *manual de funcionamiento* para obtener instrucciones específicas de instalación sobre pedestal o montaje en pared. Consulte también la *capítulo 8 Dimensiones exteriores y de los terminales*.

AVISO!

Un montaje incorrecto puede provocar un sobrecalentamiento y disminuir el rendimiento.

Montaje	E1h	E2h	E3h	E4h
Pedestal	X	X	-	-
Pared	-	-	X	X

Tabla 9.1 Configuraciones de montaje disponibles para las envolventes E1h-E4h

Consideraciones de montaje:

- Coloque la unidad lo más cerca posible del motor. Consulte el *capítulo 7.6 Especificaciones del cable* para obtener la longitud máxima del cable de motor.
- Garantice la estabilidad de la unidad montándola sobre una superficie sólida.
- Las envolventes E3h y E4h pueden montarse:
 - Verticalmente en la placa posterior del panel (instalación típica).
 - Verticalmente en posición invertida en la placa posterior del panel.¹⁾
 - Horizontalmente sobre su parte posterior, montada en la placa posterior del panel.¹⁾
 - Horizontalmente sobre un lateral, montada en la parte inferior del panel.¹⁾
- Asegúrese de que el lugar donde va a realizar el montaje soporte el peso de la unidad.
- Asegúrese de dejar un espacio suficiente alrededor de la unidad para permitir una adecuada refrigeración. Consulte el *capítulo 5.8 Vista general de la refrigeración mediante canal posterior*.
- Asegúrese de dejar el debido acceso para abrir la puerta.
- Asegúrese de permitir la entrada de cables desde la parte inferior.

1) Para instalaciones atípicas, póngase en contacto con la fábrica.

9.5 Refrigeración

AVISO!

Un montaje incorrecto puede provocar un sobrecalentamiento y disminuir el rendimiento. Para realizar un montaje correcto, consulte el *capítulo 9.4 Configuraciones de montaje*.

- Asegúrese de que exista un espacio libre por encima y por debajo para la refrigeración por aire. Espacio libre requerido: 225 mm (9 in).
- Asegúrese de que exista un caudal de flujo de aire suficiente. Consulte la *Tabla 9.2*.
- Tenga en cuenta la reducción de potencia para temperaturas entre 45 °C (113 °F) y 50 °C (122 °F) y una elevación de 1000 m (3300 ft) sobre el nivel del mar. Para obtener información detallada sobre la reducción de potencia, consulte el *capítulo 9.6 Reducción de potencia*.

El convertidor de frecuencia utiliza un sistema de refrigeración de canal posterior que elimina el aire de refrigeración del disipador. El aire de refrigeración del disipador extrae aproximadamente el 90 % del calor a través del canal posterior del convertidor de frecuencia. Redirija el aire del canal posterior desde el panel o la sala mediante:

- **Refrigeración de tuberías**
Hay kits de refrigeración de canal posterior disponibles para dirigir el aire de refrigeración del disipador fuera del panel en convertidores de frecuencia IP20/chasis instalados en armarios Rittal. El uso de estos kits reduce el calor en el panel y también pueden colocarse ventiladores de puerta más pequeños.
- **Refrigeración trasera**
La instalación en la unidad de las cubiertas inferior y superior permite extraer de la habitación el aire de refrigeración del canal posterior.

AVISO!

En las envolventes E3h y E4h (IP20/Chasis), se requiere al menos un ventilador de puerta para eliminar el calor no contenido en el canal posterior del convertidor. También elimina cualquier pérdida adicional generada por el resto de componentes internos del convertidor de frecuencia. A fin de seleccionar el tamaño de ventilador adecuado, calcule el flujo de aire total necesario.

Asegúrese de que exista el flujo de aire necesario sobre el disipador.

Bastidor	Ventilador de puerta / ventilador superior [m ³ /hr (cfm)]	Ventilador del disipador [m ³ /hr (cfm)]
E1h	510 (300)	994 (585)
E2h	552 (325)	1053-1206 (620-710)
E3h	595 (350)	994 (585)
E4h	629 (370)	1053-1206 (620-710)

Tabla 9.2 Caudal de flujo de aire

9.6 Reducción de potencia

La reducción de potencia se utiliza en algunas situaciones para reducir la intensidad de salida, a fin de evitar que el convertidor genere un calor excesivo dentro del alojamiento. Tenga en cuenta la reducción de potencia cuando se cumplan alguna de las condiciones siguientes:

- Funcionamiento a baja velocidad.
- A baja presión atmosférica (funcionamiento a altitudes elevadas).
- Temperatura ambiente alta.
- Frecuencia de conmutación alta.
- Cables de motor largos.
- Cables con una gran sección transversal.

Si se dan estas condiciones, Danfoss recomienda subir al siguiente nivel de potencia.

9.6.1 Reducción de potencia por funcionamiento a baja velocidad

Cuando se conecta un motor a un convertidor de frecuencia, es necesario comprobar si la refrigeración del motor es la adecuada. El nivel de refrigeración depende de la carga del motor, así como de la velocidad y del tiempo de funcionamiento.

Aplicaciones de par constante

Se puede producir un problema con valores bajos de r/min en aplicaciones de par constante. En una aplicación de par constante, un motor puede sobrecalentarse a velocidades bajas debido a una escasez de aire de refrigeración proveniente del ventilador integrado en el motor.

Si el motor funciona continuamente a unas r/min menores que la mitad del valor nominal, es necesario suministrar

más aire de enfriamiento al motor. Si no puede suministrarse aire de refrigeración adicional, puede utilizarse en su lugar un motor diseñado para aplicaciones de par constante / bajas r/min.

Aplicaciones de par variable (cuadrático)

No hay necesidad de un enfriamiento adicional ni de una reducción de potencia del motor en aplicaciones de par variable, en las que el par es proporcional a la raíz cuadrada de la velocidad y la potencia es proporcional al cubo de la velocidad. Las bombas centrífugas y los ventiladores son aplicaciones comunes de par variable.

9.6.2 Reducción de potencia por altitud

La capacidad de refrigeración del aire disminuye al disminuir la presión atmosférica.

No es necesario reducir la potencia a una altitud igual o inferior a 1000 m (3281 ft). Por encima de los 1000 m (3281 ft), debe reducirse la temperatura ambiente (T_{AMB}) o la intensidad de salida máxima ($I_{MÁX.}$). Consulte la *Ilustración 9.2*.

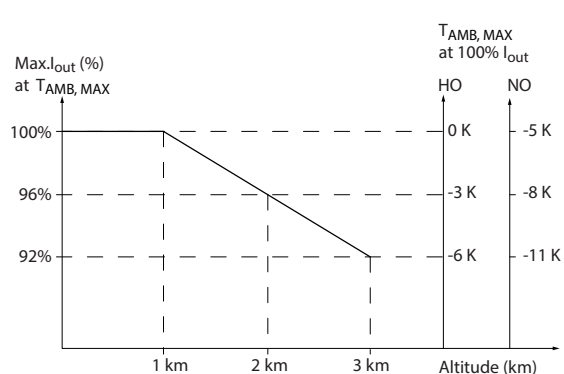


Ilustración 9.2 Reducción de potencia de la intensidad de salida en función de la altitud a $T_{AMB, MÁX.}$

La *Ilustración 9.2* muestra que a una temperatura de 41,7 °C (107 °F), está disponible el 100 % de la corriente nominal de salida. A una temperatura de 45 °C (113 °F) ($T_{AMB, MÁX.} = -3$ K), está disponible el 91 % de la corriente nominal de salida.

9.6.3 Reducción de potencia en función de la temperatura ambiente y frecuencia de conmutación

AVISO!

REDUCCIÓN DE POTENCIA DE FÁBRICA

En los convertidores Danfoss la potencia ya está reducida para la temperatura de funcionamiento (55 °C (131 °F) $T_{AMB,MÁX.}$ y 50 °C (122 °F) $T_{AMB,AVG}$).

Utilice los gráficos de la *Tabla 9.3* y la *Tabla 9.4* para determinar si debe reducirse la intensidad de salida en función de la frecuencia de conmutación y la temperatura ambiente. Al hacer referencia a los gráficos, I_{sal} indica el porcentaje de la corriente nominal de salida y f_{sw} indica la frecuencia de conmutación.

Protección	Patrón de conmutación	Sobrecarga alta HO, 150 %	Sobrecarga normal NO, 110 %
E1h-E4h De N355 a N560 380-480 V	60 AVM	<p>Graph showing output current percentage (I_{out} [%]) vs switching frequency (f_{sw} [kHz]) for 60 AVM under 150% HO. The y-axis ranges from 60 to 110, and the x-axis from 0 to 7. Three curves are shown for ambient temperatures: 50 °C (122 °F), 55 °C (131 °F), and 55 °C (131 °F). The curves show a constant output until 2 kHz, then a linear decrease. A vertical line at 7 kHz is labeled 130BX477.11.</p>	<p>Graph showing output current percentage (I_{out} [%]) vs switching frequency (f_{sw} [kHz]) for 60 AVM under 110% NO. The y-axis ranges from 50 to 110, and the x-axis from 0 to 7. Three curves are shown for ambient temperatures: 45 °C (113 °F), 50 °C (122 °F), and 55 °C (131 °F). The curves show a constant output until 2 kHz, then a linear decrease. A vertical line at 7 kHz is labeled 130BX478.11.</p>
	SFAVM	<p>Graph showing output current percentage (I_{out} [%]) vs switching frequency (f_{sw} [kHz]) for SFAVM under 150% HO. The y-axis ranges from 60 to 110, and the x-axis from 0 to 5. Three curves are shown for ambient temperatures: 45 °C (113 °F), 50 °C (122 °F), and 55 °C (131 °F). The curves show a constant output until 2 kHz, then a linear decrease. A vertical line at 5 kHz is labeled 130BX479.11.</p>	<p>Graph showing output current percentage (I_{out} [%]) vs switching frequency (f_{sw} [kHz]) for SFAVM under 110% NO. The y-axis ranges from 50 to 110, and the x-axis from 0 to 5. Four curves are shown for ambient temperatures: 40 °C (104 °F), 45 °C (113 °F), 50 °C (122 °F), and 55 °C (131 °F). The curves show a constant output until 2 kHz, then a linear decrease. A vertical line at 5 kHz is labeled 130BX480.11.</p>

Tabla 9.3 Tablas de reducción de potencia para convertidores con clasificación nominal de 380-480 V

Protección	Patrón de conmutación	Sobrecarga alta HO, 150 %	Sobrecarga normal NO, 110 %
E1h-E4h De N450 a N800 525-690 V	60 AVM		
	SFAVM		

Tabla 9.4 Tablas de reducción de potencia para convertidores de frecuencia con clasificación de 525-690 V

10 Consideraciones de instalación eléctrica

10.1 Instrucciones de seguridad

Consulte el *capítulo 2 Seguridad* para conocer las instrucciones generales de seguridad.

⚠️ ADVERTENCIA

TENSIÓN INDUCIDA

La tensión inducida desde los cables de motor de salida de diferentes convertidores de frecuencia que están juntos puede cargar los condensadores del equipo, incluso aunque este esté apagado y bloqueado. No colocar los cables del motor de salida separados o no utilizar cables apantallados puede provocar lesiones graves o incluso la muerte.

- Coloque los cables de motor de salida separados o utilice cables apantallados.
- Bloquee todos los convertidores de frecuencia de forma simultánea.

⚠️ ADVERTENCIA

RIESGO DE DESCARGA

El convertidor de frecuencia puede generar una corriente de CC en el conductor de conexión toma a tierra y producir lesiones graves o incluso la muerte.

- Cuando se utilice un dispositivo de protección de corriente residual (RCD) como protección antidescargas eléctricas, este solo podrá ser de tipo B en el lado de la fuente de alimentación.

Si no se respeta la recomendación, el RCD no proporcionará la protección prevista.

Protección de sobrecorriente

- En aplicaciones con varios motores, es necesario un equipo de protección adicional entre el

convertidor de frecuencia y el motor, como protección contra cortocircuitos o protección térmica del motor.

- Es necesario un fusible de entrada para proporcionar protección de sobrecorriente y contra cortocircuitos. Si no vienen instalados de fábrica, los fusibles deben ser suministrados por el instalador. Véase los valores nominales máximos de los fusibles en *capítulo 10.5 Fusibles y magnetotérmicos*.

Tipo de cable y clasificaciones

- Todos los cableados deben cumplir las normas nacionales y locales sobre los requisitos de sección transversal y temperatura ambiente.
- Recomendación de conexión de cable de alimentación: cable de cobre con una temperatura nominal mínima de 75 °C (167 °F).

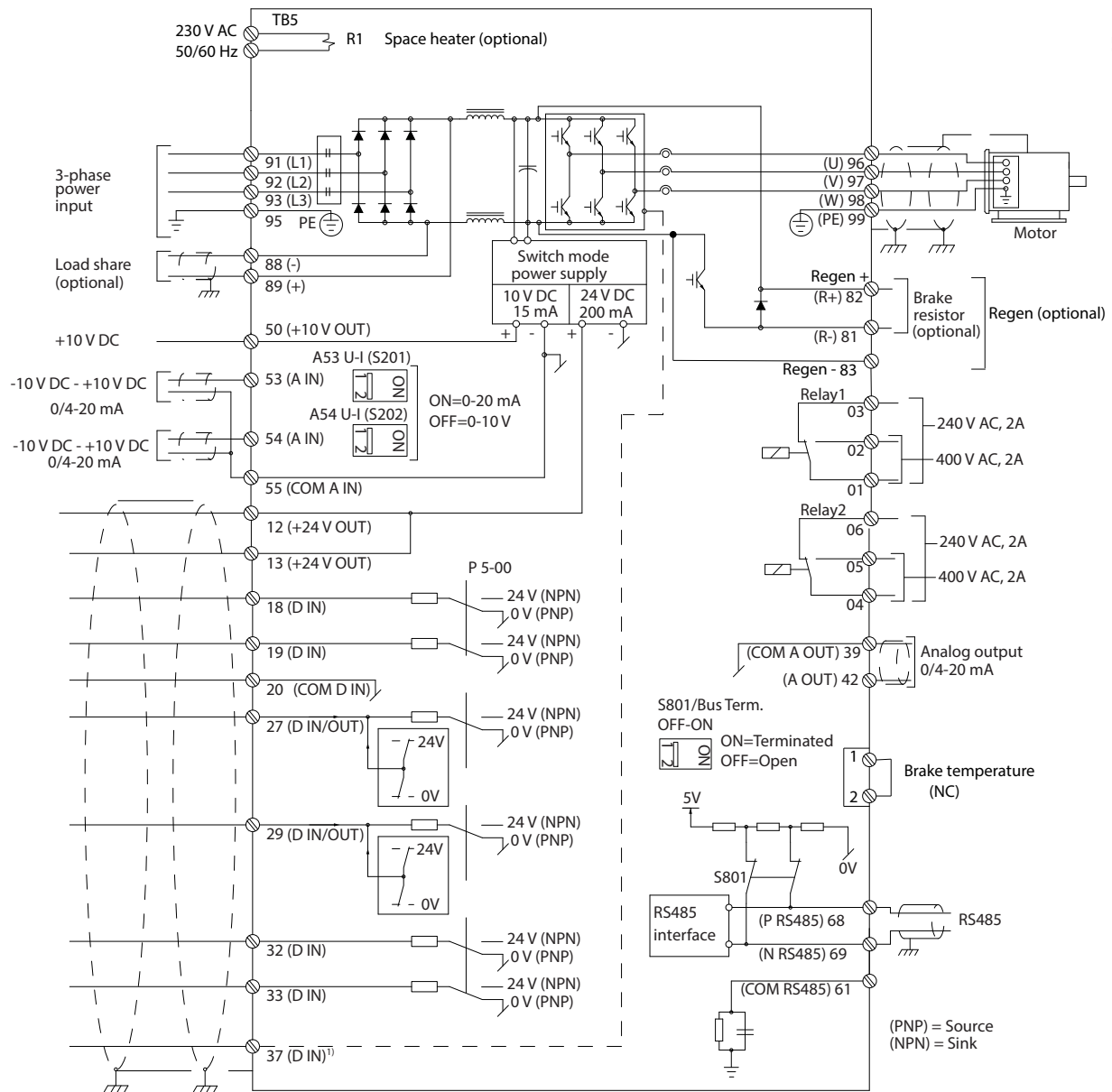
Consulte el *capítulo 7.6 Especificaciones del cable* para obtener información sobre los tamaños y tipos de cable recomendados.

⚠️ PRECAUCIÓN

DAÑOS MATERIALES

La protección contra sobrecarga del motor no está incluida en los ajustes predeterminados. Para añadir esta función, ajuste el *parámetro 1-90 Protección térmica motor* como *[Desc. ETR]* o *[Advert. ETR]*. Para el mercado norteamericano, la función ETR proporciona protección de sobrecarga del motor de clase 20, conforme a las normas NEC. Si no se ajusta el *parámetro 1-90 Protección térmica motor* como *[Desc. ETR]* o *[Advert. ETR]*, no se dispone de protección de sobrecarga del motor y pueden producirse daños materiales en caso de sobrecalentamiento del motor.

10.2 Diagrama de cableado E1h-E4h



10

Ilustración 10.1 Diagrama de cableado E1h-E4h

A = analógico, D = digital

1) El terminal 37 (opcional) se utiliza para la función Safe Torque Off. Para conocer las instrucciones de instalación de la función Safe Torque Off, consulte la Guía de funcionamiento de la función Safe Torque Off.

10.3 Conexiones

10.3.1 Conexiones de potencia

AVISO!

Todos los cableados deben cumplir las normas locales y nacionales sobre secciones transversales de cables y temperatura ambiente. Para las aplicaciones UL, se requieren conductores de cobre de 75 °C (167 °F). Las aplicaciones que no son UL pueden utilizar conductores de cobre de 75 °C (167 °F) y 90 °C (194 °F).

Las conexiones para los cables de alimentación están situadas como en la *Ilustración 10.2*. Consulte el *capítulo 7.1 Datos eléctricos, 380-480 V* y el *capítulo 7.2 Datos eléctricos, 525-690 V* para elegir las dimensiones correctas de longitud y sección transversal del cable de motor.

Para la protección del convertidor de frecuencia, utilice los fusibles recomendados, a no ser que la unidad tenga fusibles incorporados. Los fusibles recomendados se enumeran en el *capítulo 10.5 Fusibles y magnetotérmicos*. Asegúrese de que el fusible se ajuste a las normativas locales.

Si se incluye un seccionador de alimentación, la conexión de la red de alimentación se conectará al mismo.

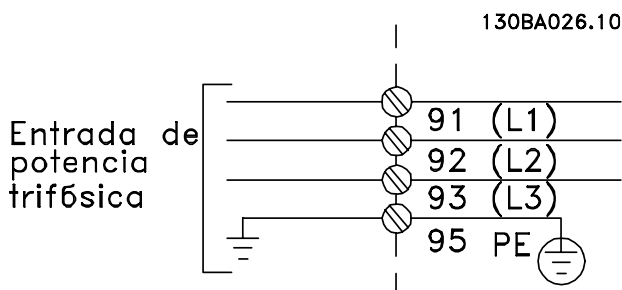


Ilustración 10.2 Conexiones de cable de alimentación

AVISO!

El cable de motor debe estar apantallado o blindado. Si se utiliza un cable no apantallado/blindado, no se estarán cumpliendo algunos de los requisitos de CEM. Utilice un cable de motor apantallado/blindado para cumplir con las especificaciones de emisión CEM. Para obtener más información, consulte el *capítulo 10.15 Instalación conforme a CEM*.

Apantallamiento de cables

Evite la instalación con extremos de pantalla retorcidos (cables de pantalla retorcidos y embornados). Eliminan el efecto de apantallamiento a frecuencias elevadas. Si necesita interrumpir el apantallamiento para instalar un

aislamiento de motor o un contactor, continúe el apantallamiento con la menor impedancia de AF posible.

Conecte el apantallamiento de los cables de motor a la placa de desacoplamiento del convertidor de frecuencia y al chasis metálico del motor.

Realice las conexiones de la pantalla con la mayor superficie posible (abrazadera de cables) utilizando los dispositivos de instalación suministrados con el convertidor de frecuencia.

Longitud y sección transversal del cable

Las pruebas de CEM efectuadas en el convertidor de frecuencia se han realizado con una longitud de cable determinada. Mantenga el cable de motor tan corto como sea posible para reducir el nivel de interferencias y las corrientes de fuga.

Frecuencia de conmutación

Si los convertidores de frecuencia se utilizan con filtros senoidales para reducir el ruido acústico de un motor, la frecuencia de conmutación debe ajustarse según las instrucciones del *parámetro 14-01 Frecuencia conmutación*.

Terminal	96	97	98	99	
-	U	V	W	PE ¹⁾	Tensión del motor un 0-100 % de la tensión de red. Tres cables que salen del motor.
-	U1 W2	V1 U2	W1 V2	PE ¹⁾	Conexión en triángulo. Seis cables que salen del motor.
-	U1	V1	W1	PE ¹⁾	Conexión en estrella U2, V2 y W2 U2, V2 y W2 tienen que interconectarse de forma independiente.

Tabla 10.1 Conexión del cable de motor

1) Conexión a tierra protegida

AVISO!

Para los motores sin papel de aislamiento de fase o cualquier otro refuerzo de aislamiento adecuado para su funcionamiento con suministro de tensión, utilice un filtro senoidal en la salida del convertidor.

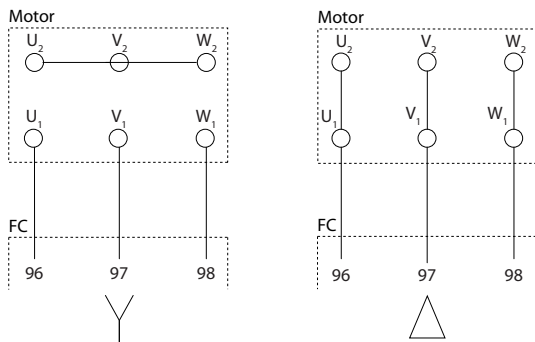


Ilustración 10.3 Conexión del cable de motor

10.3.2 Conexión de bus de CC

El terminal de bus de CC se utiliza para reserva de CC, con el enlace de CC alimentado desde una fuente externa.

Terminal	Función
88, 89	Bus de CC

Tabla 10.2 Terminales de bus de CC

10.3.3 Carga compartida

La carga compartida enlaza los circuitos intermedios de CC de varios convertidores de frecuencia. Para obtener una vista general, consulte el capítulo 5.6 Vista general de la función de carga compartida.

La carga compartida requiere equipos y condiciones de seguridad adicionales. Consulte con Danfoss las recomendaciones para el pedido y la instalación.

Terminal	Función
88, 89	Carga compartida

Tabla 10.3 Terminales de carga compartida

El cable de conexión debe estar apantallado y la longitud máxima desde el convertidor de frecuencia hasta la barra de CC está limitada a 25 m (82 ft).

10.3.4 Cable de freno

El cable de conexión a la resistencia de frenado debe estar apantallado y la longitud máxima desde el convertidor de frecuencia hasta la barra de CC está limitada a 25 m (82 ft).

- Utilice abrazaderas de cables para conectar el apantallamiento a la placa posterior conductora del convertidor de frecuencia y al armario metálico de la resistencia de frenado.
- Elija un cable de freno cuya sección transversal se adecue al par de frenado.

Terminal	Función
81, 82	Terminales de resistencia de frenado

Tabla 10.4 Terminales de resistencia de frenado

Para obtener más detalles, consulte la Guía de diseño de la resistencia de frenado VLT® Brake Resistor MCE 101.

AVISO!

De producirse un cortocircuito en el IGBT del freno, evite la disipación de potencia en la resistencia de frenado utilizando un contactor o conmutador de red para desconectar de la alimentación el convertidor de frecuencia. El contactor debe estar controlado exclusivamente por el convertidor.

10.4 Terminales y cableado de control

10.4.1 Recorrido de los cables de control

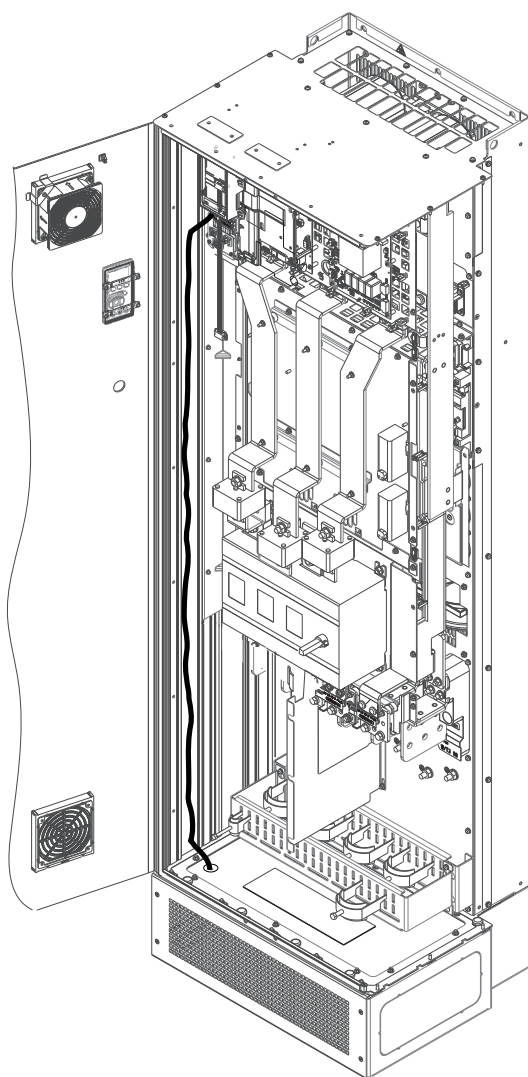
Sujete y dirija todos los cables de control como se muestra en la Ilustración 10.4. Recuerde conectar los apantallamientos de un modo correcto para asegurar una óptima inmunidad eléctrica.

- Aísle el cableado de control de los cables de alta potencia.
- Cuando el convertidor esté conectado a un termistor, asegúrese de que el cableado de control del termistor esté apantallado y reforzado o doblemente aislado. Se recomienda un suministro externo de 24 V CC.

Conexión del fieldbus

La conexiones se hacen a las opciones correspondientes de la tarjeta de control. Consulte las instrucciones del fieldbus correspondiente. El cable debe sujetarse y dirigirse junto con otros cables de control dentro de la unidad. Consulte el Ilustración 10.4.

10

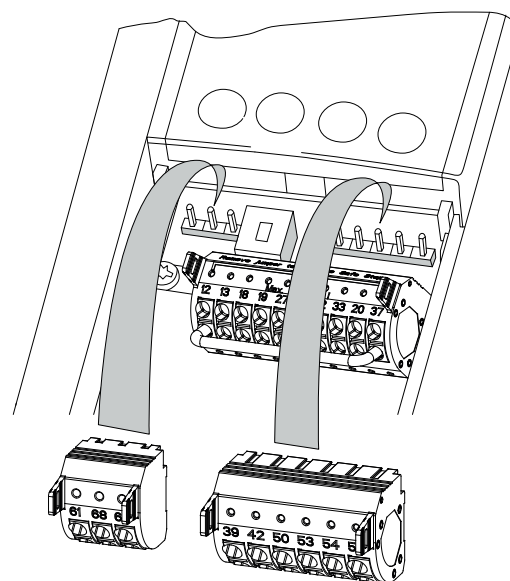


E30BF888.10

Ilustración 10.4 Trayecto del cableado de la tarjeta de control

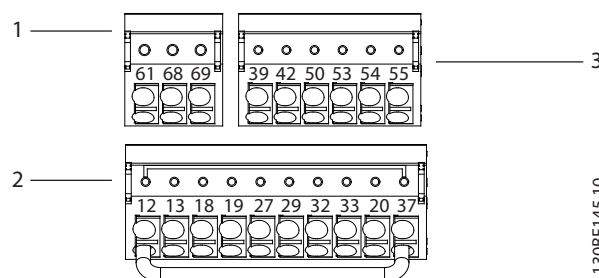
10.4.2 Terminales de control

La Ilustración 10.5 muestra los terminales extraíbles del convertidor de frecuencia. Las funciones de los terminales y los ajustes predeterminados están resumidos en las siguientes tablas: *Tabla 10.5 - Tabla 10.7.*



130BF144.10

Ilustración 10.5 Ubicación de los terminales de control



130BF145.10

1	Terminales de comunicación serie
2	Terminales de entrada/salida digital
3	Terminales de entrada/salida analógica

Ilustración 10.6 Números de los terminales ubicados en los conectores

Terminales de comunicación serie			
Terminal	Parámetro	Ajustes predeterminados	Descripción
61	-	-	Filtro RC integrado para el apantallamiento de cables. SOLO para conectar la pantalla si se producen problemas de CEM.

Terminales de comunicación serie			
Terminal	Parámetro	Ajustes predeterminados	Descripción
68 (+)	Grupo de parámetros 8-3* Ajuste puerto FC	–	Interfaz RS485. En la tarjeta de control, se incluye un conmutador (BUS TER.) para la resistencia de terminación de bus. Consulte la <i>Guía de diseño del convertidor VLT® AQUA Drive FC 202 110-1400 kW</i> .
69 (-)	Grupo de parámetros 8-3* Ajuste puerto FC	–	
Relés			
01, 02, 03	Parámetro 5-40 Relé de función [0]	[0] Sin función	Salida de relé en forma de C. Para tensión de CA o CC y cargas resistivas o inductivas.
04, 05, 06	Parámetro 5-40 Relé de función [1]	[0] Sin función	

Tabla 10.5 Descripciones de los terminales de comunicación serie

Terminales de entrada/salida digital			
Terminal	Parámetro	Ajustes predeterminados	Descripción
12, 13	–	+24 V CC	Tensión de suministro externo de 24 V CC para entradas digitales y transductores externos. La intensidad máxima de salida es de 200 mA para todas las cargas de 24 V.
18	Parámetro 5-10 Terminal 18 Entrada digital	[8] Arranque	Entradas digitales.
19	Parámetro 5-11 Terminal 19 entrada digital	[10] Cambio de sentido	
32	Parámetro 5-14 Terminal 32 entrada digital	[0] Sin función	
33	Parámetro 5-15 Terminal 33 entrada digital	[0] Sin función	

Terminales de entrada/salida digital			
Terminal	Parámetro	Ajustes predeterminados	Descripción
27	Parámetro 5-12 Terminal 27 Entrada digital	[2] Inercia	Para entrada o salida digital. El ajuste predeterminado es entrada.
29	Parámetro 5-13 Terminal 29 Entrada digital	[14] Velocidad fija	
20	–	–	Común para entradas digitales y potencial de 0 V para una fuente de alimentación de 24 V.
37	–	STO	Cuando no se use la función opcional STO, será necesario un puente entre el terminal 12 (o 13) y el 37. Este ajuste permite al convertidor de frecuencia funcionar con los valores de programación ajustados en fábrica.

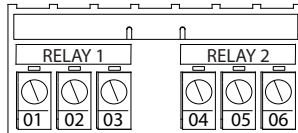
Tabla 10.6 Descripciones de los terminales de entrada/salida digital

Terminales de entrada/salida analógica			
Terminal	Parámetro	Ajustes predeterminados	Descripción
39	–	–	Común para salida analógica.
42	Parámetro 6-50 Terminal 42 salida	[0] Sin función	Salida analógica programable. 0-20 mA o 4-20 mA a un máximo de 500 Ω.
50	–	+10 V CC	Tensión de alimentación analógica de 10 V CC para potenciómetro o termistor. Máximo 15 mA.
53	Grupo de parámetros 6-1* Entrada analógica 1	Referencia	Entrada analógica. Para tensión o corriente. Los conmutadores A53 y A54 seleccionan mA o V.
54	Grupo de parámetros 6-2* Entrada analógica 2	Realimentación	

Terminales de entrada/salida analógica			
Terminal	Parámetro	Ajustes predeterminados	Descripción
55	-	-	Común para entradas analógicas.

Tabla 10.7 Descripciones de los terminales de entrada/salida analógica

Terminales de relé:



130BF156.10

Ilustración 10.7 Terminales del relé 1 y el relé 2

- Relé 1 y relé 2. La ubicación de las salidas depende de la configuración del convertidor de frecuencia. Consulte la *guía de funcionamiento*.
- Terminales ubicados en equipo opcional integrado. Consulte las instrucciones suministradas con la opción del equipo.

10.5 Fusibles y magnetotérmicos

Los fusibles garantizan que la posibilidad de daños en el convertidor de frecuencia se limite a daños en el interior de la unidad. Para garantizar la conformidad con la norma EN 50178, utilice como recambios fusibles Bussmann idénticos. Consulte la *Tabla 10.8*.

AVISO!

El uso de fusibles en el lateral de la fuente de alimentación es obligatorio para garantizar que las instalaciones cumplan las normas CEI 60364 (CE) o NEC 2009 (UL).

Tensión de entrada (V)	Número de pedido Bussmann
380-480	170M7309
525-690	170M7342

Tabla 10.8 Opciones de fusible

Los fusibles incluidos en la *Tabla 10.8* son adecuados para su uso en circuitos capaces de proporcionar 100 000 A_{rms} (simétricos), en función de la clasificación de tensión del convertidor de frecuencia. Con los fusibles adecuados, la intensidad nominal de cortocircuito (SCCR) del convertidor es de 100 000 A_{rms} . Los convertidores E1h y E2h incluyen fusibles internos para alcanzar los 100 kA de SCCR y cumplir los requisitos de la norma UL 61800-5-1 para convertidores con protección. Los convertidores E3h y E4h deben incluir fusibles de tipo aR para alcanzar la SCCR de 100 kA.

AVISO!

INTERRUPTOR DE DESCONEXIÓN

Todas las unidades encargadas y suministradas con interruptor de desconexión instalado en fábrica requieren fusibles de circuito derivado de clase L para cumplir la SCCR de 100 kA del convertidor. Si se utiliza un magnetotérmico, la clasificación de SCCR será de 42 kA. La tensión de entrada y la potencia de salida del convertidor determinan el fusible concreto de clase L. La tensión de entrada y la potencia de salida se indican en la placa de características del producto. Para obtener más información sobre la placa de características, consulte el *manual de funcionamiento*.

Tensión de entrada (V)	Potencia de salida (kW)	Clasificación de cortocircuito (A)	Protección requerida
380-480	315-400	42000	Magnetotérmico
		100000	Fusible de clase L, 800 A
380-480	450-500	42000	Magnetotérmico
		100000	Fusible de clase L, 1200 A
525-690	355-560	40000	Magnetotérmico
		100000	Fusible de clase L, 800 A
525-690	630-710	42000	Magnetotérmico
		100000	Fusible de clase L, 1200 A

10.6 Motor

10.6.1 Cable de motor

Todos los tipos de motores trifásicos asíncronos estándar pueden utilizarse con una unidad de convertidor. El motor se debe conectar a los terminales siguientes:

- U/T1/96
- V/T2/97
- W/T3/98
- Conecte el terminal 99 a tierra

Según los ajustes de fábrica, el motor gira en sentido horario con la salida del convertidor conectada del siguiente modo:

Terminal	Función
96	Alimentación U/T1
97	V/T2
98	W/T3
99	Tierra

Tabla 10.9 Terminales del cable del motor

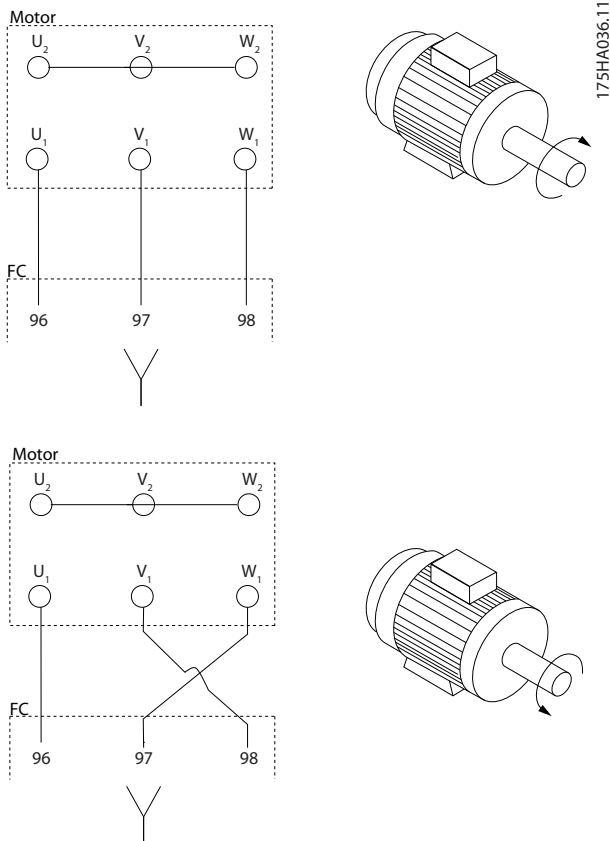


Ilustración 10.8 Cambio de giro del motor

- Terminal U/T1/96 conectado a la fase U
- Terminal V/T2/97 conectado a la fase V
- Terminal W/T3/98 conectado a la fase W

El sentido de giro puede cambiarse invirtiendo dos fases en el cable de motor o modificando el ajuste de *parámetro 4-10 Dirección veloc. motor*.

La verificación de la rotación del motor puede efectuarse mediante el *parámetro 1-28 Comprob. rotación motor* y siguiendo los pasos que se indican en la *Ilustración 10.8*.

10.6.2 Protección térmica del motor

El relé termoelectrónico del convertidor de frecuencia ha recibido la aprobación UL para protección de sobrecarga de motor único cuando el *parámetro 1-90 Protección térmica motor* se ajusta en *Descon. ETR* y el *parámetro 1-24 Intensidad motor* está ajustado a la corriente nominal del motor (consulte la placa de características del motor).

Para la protección térmica del motor, también se puede utilizar la opción de VLT® PTC Thermistor Card MCB 112. Esta tarjeta cuenta con la certificación ATEX para proteger motores en las zonas con peligro de explosiones: zona 1/21 y zona 2/22. Si el *parámetro 1-90 Protección térmica motor* está ajustado en *[20] ATEX ETR* y se combina con el uso de MCB 112, se puede controlar un motor Ex-e en zonas con riesgo de explosión. Consulte la *guía de programación* para más detalles sobre cómo configurar el convertidor de frecuencia para un funcionamiento seguro de motores Ex-e.

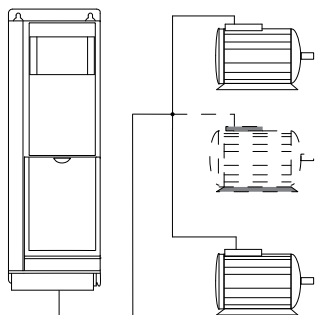
10.6.3 Conexión en paralelo de motores

El convertidor puede controlar varios motores conectados en paralelo. Para conocer diferentes configuraciones de motores conectados en paralelo, consulte la *Ilustración 10.9*.

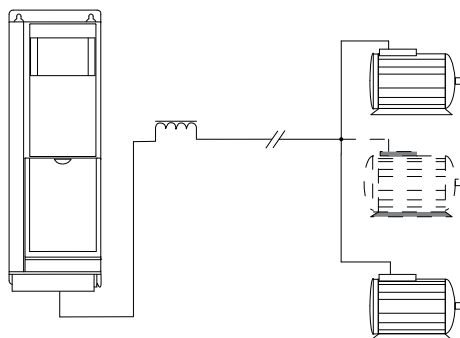
Al utilizar la conexión del motor en paralelo, deben observarse los siguientes puntos:

- Ejecute las aplicaciones con motores paralelos en modo U/F (voltios por hercios).
- El modo VVC⁺ se puede utilizar en algunas aplicaciones.
- El consumo de corriente total de los motores no debe superar la corriente nominal de salida I_{INV} del convertidor.
- Al arrancar, y con valores bajos de r/min, pueden surgir problemas si los tamaños de los motores son muy diferentes, ya que la resistencia óhmica del estátor, relativamente alta en los motores pequeños, necesita tensiones más altas en el arranque y a pocas revoluciones.
- El relé termoelectrónico (ETR) del convertidor de frecuencia no puede utilizarse como protección de sobrecarga del motor. Proporciona una mayor protección del motor mediante termistores en cada bobinado del motor o en los relés térmicos individuales.
- Cuando los motores se encuentran conectados en paralelo, *parámetro 1-02 Realimentación encoder motor Flux* no se puede utilizar y *parámetro 1-01 Principio control motor* debe estar ajustado a *[0] U/f*.

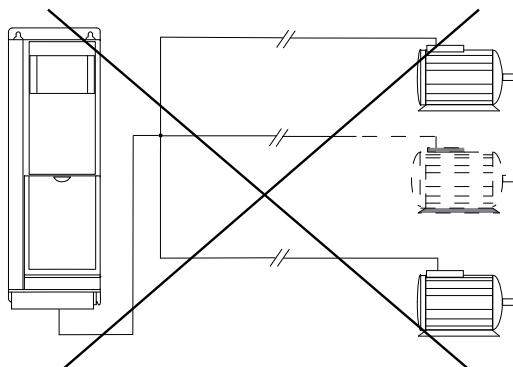
130BB838.12



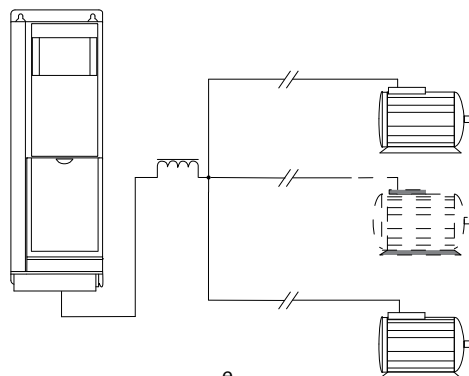
a



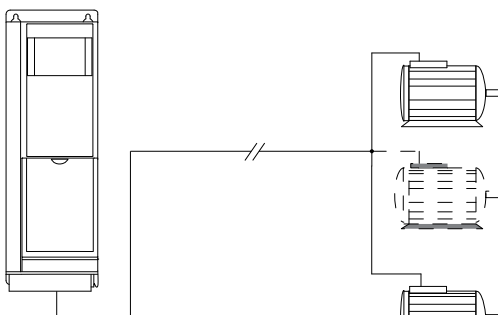
d



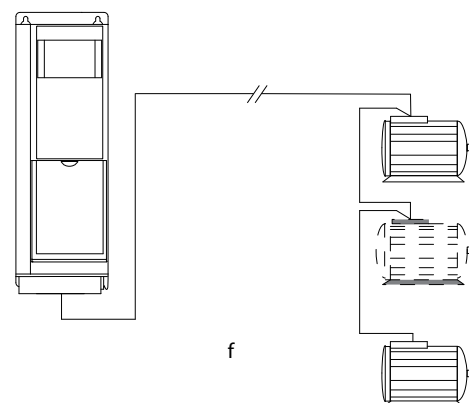
b



e



c



f

10

A	Las instalaciones con cables conectados a un punto común, como se muestra en A y B, solo son recomendables para longitudes de cable cortas.
B	Tenga en cuenta la longitud máxima del cable del motor especificada en el capítulo 7.6 Especificaciones del cable.
C	La longitud total del cable de motor detallada en el capítulo 7.6 Especificaciones del cable es válida siempre y cuando se mantengan cortos los cables paralelos, a menos de 10 m (32 ft) cada uno.
D	Tenga en cuenta la caída de tensión en todos los cables de motor.
E	Tenga en cuenta la caída de tensión en todos los cables de motor.

F	La longitud total del cable de motor detallada en el <i>capítulo 7.6 Especificaciones del cable</i> es válida siempre y cuando los cables paralelos se mantengan en menos de 10 m (32 ft) cada uno.
---	---

Ilustración 10.9 Conexiones en paralelo diferentes de motores

10.6.4 Aislamiento del motor

Para longitudes del cable de motor inferiores o iguales a la longitud del cable máxima incluida en la lista del *capítulo 7.6 Especificaciones del cable*, utilice las clasificaciones de aislamiento del motor indicadas en la *Tabla 10.10*. Si un motor tiene una clasificación de aislamiento inferior, Danfoss recomienda la utilización de un filtro dU/dt o senoidal.

Tensión nominal de red	Aislamiento del motor
$U_N \leq 420 \text{ V}$	Estándar $U_{LL} = 1300 \text{ V}$
$420 \text{ V} < U_N \leq 500 \text{ V}$	Reforzada $U_{LL} = 1600 \text{ V}$
$500 \text{ V} < U_N \leq 600 \text{ V}$	U_{LL} reforzada = 1800 V
$600 \text{ V} < U_N \leq 690 \text{ V}$	U_{LL} reforzada = 2000 V

Tabla 10.10 Clasificaciones del aislamiento del motor

10.6.5 Corrientes en los cojinetes del motor

Deben instalarse cojinetes aislados NDE (no acoplados) para eliminar las corrientes circulantes en los cojinetes en todos los motores instalados con el convertidor. Para reducir al mínimo las corrientes en el eje y los rodamientos de la transmisión (DE), asegure una adecuada conexión a tierra del convertidor de frecuencia, el motor, la máquina accionada y la conexión entre el motor y la máquina.

Estrategias estándar de mitigación:

- Utilizar un cojinete aislado.
- Seguir procedimientos de instalación adecuados.
 - Comprobar que el motor y el motor de carga estén alineados.
 - Seguir las directrices de instalación EMC.
 - Reforzar la PE de modo que la impedancia de alta frecuencia sea inferior en la PE que los cables de alimentación de entrada
 - Disponer una buena conexión de alta frecuencia entre el motor y el convertidor de frecuencia. Utilizar un cable apantallado con una conexión de 360° en el motor y el convertidor de frecuencia.
 - Asegurarse de que la impedancia desde el convertidor de frecuencia hasta la tierra sea inferior a la impedancia de

conexión a tierra de la máquina. Este procedimiento puede resultar difícil para las bombas.

- Realizar una conexión a tierra directa entre el motor y el motor de carga.
- Reducir la frecuencia de conmutación de IGBT.
- Modificar la forma de onda del inversor, AVM de 60 ° frente a SFAVM.
- Instalar un sistema de conexión a tierra del eje o usar un acoplador aislante.
- Aplicar un lubricante conductor.
- Usar el ajuste mínimo de velocidad, si es posible.
- Tratar de asegurar que la tensión de red esté equilibrada con la conexión a tierra. Este procedimiento puede resultar difícil para sistemas de patilla conectados a tierra, IT, TT o TN-CS.
- Usar un filtro senoidal o dU/dt.

10.7 Frenado

10.7.1 Selección de resistencias de frenado

En determinadas aplicaciones como, por ejemplo, en sistemas de ventilación de túneles o de estaciones subterráneas de ferrocarril, sería deseable poder detener el motor más rápidamente que mediante rampa de deceleración o dejándolo girar libremente. En tales aplicaciones, suele utilizarse un freno dinámico con una resistencia de frenado. El uso de una resistencia de frenado garantiza que la energía sea absorbida por esta y no por el convertidor de frecuencia. Para obtener más información, consulte la *Guía de diseño de la resistencia de frenado VLT® Brake Resistor MCE 101*.

Si no se conoce la cantidad de energía cinética transferida a la resistencia en cada periodo de frenado, la potencia media puede calcularse a partir del tiempo de ciclo y del tiempo de frenado (ciclo de trabajo intermitente). El ciclo de trabajo intermitente de la resistencia es un indicador del ciclo de trabajo con el que funciona la misma. En la *Ilustración 10.10* se muestra un ciclo de frenado típico.

Los proveedores de motores suelen utilizar S5 al declarar la carga admisible, que es una expresión del ciclo de trabajo intermitente. El ciclo de trabajo intermitente de la resistencia se calcula como se indica a continuación:

$$\text{Ciclo de trabajo} = t_b/T$$

$$R_{br} [\Omega] = \frac{U_{cc}^2}{P_{pico}}$$

donde

$$P_{pico} = P_{motor} \times M_{br} [\%] \times \eta_{motor} \times \eta_{VLT} [W]$$

Como puede verse, la resistencia de frenado depende de la tensión del enlace de CC (U_{cc}).

Tamaño	Freno activo	Advertencia antes de corte	Corte (desconexión)
380-480 V ¹⁾	810 V	828 V	855 V
525-690 V	1084 V	1109 V	1130 V

Tabla 10.13 Límites de freno del FC 202

Tamaño	Freno activo	Advertencia antes de corte	Corte (desconexión)
380-480 V ¹⁾	810 V	828 V	855 V
525-690 V	1084 V	1109 V	1130 V

Tabla 10.14 Límites de freno del FC 202

1) En función de la magnitud de potencia

AVISO!

Compruebe que la resistencia de frenado tolere una tensión de 410 V, 820 V, 850 V, 975 V o 1130 V. Las resistencias de frenado de Danfoss son aptas para su uso en todos los convertidores de Danfoss.

Danfoss recomienda la resistencia de freno R_{rec} . Este cálculo garantiza que el convertidor de frecuencia pueda frenar con el par de frenado máximo ($M_{br(\%)}$) del 150 %. La fórmula puede expresarse como:

$$R_{rec} [\Omega] = \frac{U_{cc}^2 \times 100}{P_{motor} \times M_{br(\%)} \times \eta_{VLT} \times \eta_{motor}}$$

η_{motor} suele estar en 0,90

, mientras que η_{VLT} está normalmente en 0,98

Para convertidores de frecuencia de 200 V, 480 V, 500 V y 600 V, R_{rec} al 160 % de par de frenado se escribe como:

$$200V : R_{rec} = \frac{107780}{P_{motor}} [\Omega]$$

$$500V : R_{rec} = \frac{464923}{P_{motor}} [\Omega]$$

$$600V : R_{rec} = \frac{630137}{P_{motor}} [\Omega]$$

$$690V : R_{rec} = \frac{832664}{P_{motor}} [\Omega]$$

AVISO!

La resistencia seleccionada del circuito de freno no debería ser superior a la recomendada por Danfoss. Las envolventes de tipo E1h-E4h contienen un chopper de frenado.

AVISO!

Si se produce un cortocircuito en el transistor de freno, la disipación de potencia en la resistencia de frenado solo se puede impedir por medio de un contactor o un conmutador de alimentación que desconecte la alimentación eléctrica del convertidor, o mediante un contacto en el circuito de freno. Una disipación de potencia ininterrumpida en la resistencia de frenado puede causar sobrecalentamiento, desperfectos o un incendio.

⚠️ ADVERTENCIA

RIESGO DE INCENDIO

Las resistencias de frenado alcanzan temperaturas muy elevadas durante o después del frenado y deben colocarse en un entorno seguro para evitar el riesgo de incendio.

10.7.2 Control con Función de freno

Puede utilizarse un relé o salida digital para proteger la resistencia de frenado contra sobrecargas o sobrecalentamientos mediante la generación de un fallo en el convertidor. Si el IGBT del freno está sobrecargado o sobrecalentado, la señal digital o de relé desde el freno al convertidor desconectará el IGBT del freno. Esta señal digital o de relé no protege contra cortocircuitos en el IGBT del freno. Danfoss recomienda una forma de desconectar el freno si se produce un cortocircuito en el IGBT del freno.

Además, el freno permite leer la potencia instantánea y la potencia media de los últimos 120 segundos. El freno también puede controlar la potencia y asegurar que no se supere el límite seleccionado en el *parámetro 2-12 Límite potencia de freno (kW)*. El *parámetro 2-12 Límite potencia de freno (kW)* selecciona la función que se realiza cuando la potencia que se transmite a la resistencia de frenado sobrepasa el límite ajustado en el *Parámetro 2-13 Ctrol. Potencia freno*.

AVISO!

El control de la potencia de frenado no es una función de seguridad; se necesita un conmutador térmico conectado a un contactor externo para lograr ese objetivo. El circuito de resistencia de frenado no tiene protección de fuga a tierra.

Puede seleccionarse el *Control de sobretensión (OVC)* como función de freno alternativa en *parámetro 2-17 Control de sobretensión*. Esta función está activada para todas las unidades y asegura que, si la tensión del enlace de CC aumenta, la frecuencia de salida también aumenta para limitar la tensión del enlace de CC y así evitar una desconexión.

AVISO!

OVC no puede activarse cuando está funcionando un motor PM, mientras *parámetro 1-10 Construcción del motor* está ajustado en [1] *PM no saliente SPM*.

10.8 Dispositivos de corriente diferencial (RCD) y monitor de resistencia de aislamiento (IRM)

Como protección adicional, utilice relés RCD, conexiones a tierra de protección múltiple o una conexión a tierra, siempre que se cumpla la normativa local en materia de seguridad.

En caso de fuga a tierra, puede desarrollarse una corriente de CC en la corriente defectuosa. Si se utilizan relés RCD, deben cumplirse los reglamentos locales. Los relés deben ser adecuados para proteger equipos trifásicos con un puente rectificador y para una pequeña descarga en el momento de la conexión. Consulte el capítulo 10.9 *Corriente de fuga* para obtener más detalles.

10.9 Corriente de fuga

Siga las normas locales y nacionales sobre la conexión protectora a tierra del equipo con una corriente de fuga superior a 3,5 mA.

La tecnología del convertidor implica una conmutación de alta frecuencia con una elevada potencia. Esta conmutación de alta frecuencia genera una corriente de fuga en la conexión a tierra.

La corriente de fuga a tierra está compuesta por varias contribuciones y depende de las diversas configuraciones del sistema, incluidos:

- Filtrado RFI.
- Longitud del cable de motor.
- Apantallamiento de cables de motor.
- Potencia del convertidor.

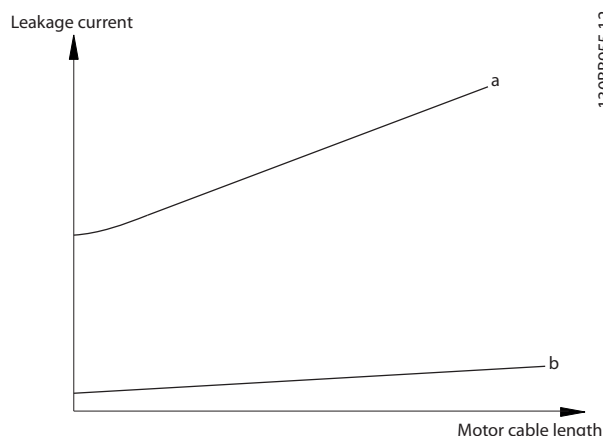


Ilustración 10.11 La longitud del cable de motor y el tamaño de potencia influyen en la corriente de fuga. Magnitud de potencia a > magnitud de potencia b

La corriente de fuga también depende de la distorsión de la línea.

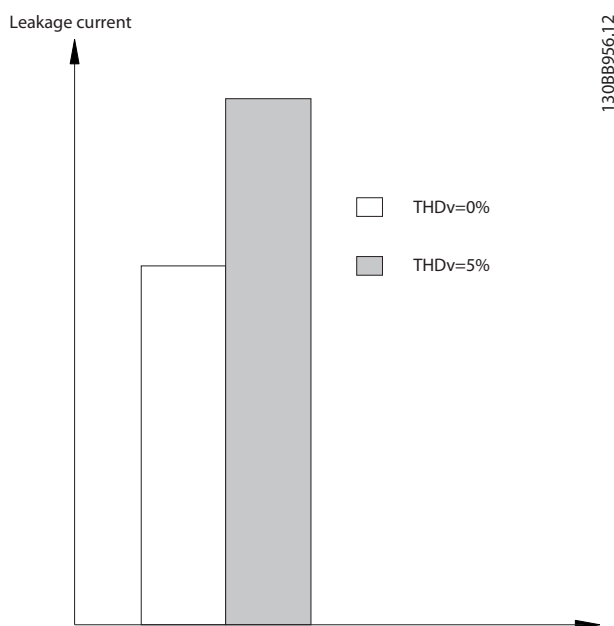


Ilustración 10.12 La distorsión de la línea influye en la corriente de fuga

Si la corriente de fuga supera los 3,5 mA, el cumplimiento de la norma EN/CEI 61800-5-1 (estándar de producto de sistemas Power Drive) requiere una atención especial.

Refuerce la conexión a tierra con los siguientes requisitos de conexión a tierra de protección:

- Cable de conexión toma a tierra (terminal 95) con sección transversal de al menos 10 mm² (8 AWG).
- Dos cables de conexión a tierra independientes que cumplan con las normas de dimensionamiento.

Consulte las normas EN/CEI 61800-5-1 y EN 50178 para obtener más información.

Uso de RCD

En caso de que se usen dispositivos de corriente diferencial (RCD), llamados también disyuntores de fuga a tierra, habrá que cumplir las siguientes indicaciones:

- Utilice únicamente RCD de tipo B, que son capaces de detectar intensidades de CA y CC.
- Utilice RCD con retardo para evitar fallos provocados por las intensidades a tierra de los transitorios.
- La dimensión de los RCD debe ser conforme a la configuración de sistema y las consideraciones medioambientales.

La corriente de fuga incluye varias frecuencias que proceden tanto de la frecuencia de alimentación como de la frecuencia de conmutación. Que la frecuencia de conmutación se detecte depende del tipo de RCD utilizado.

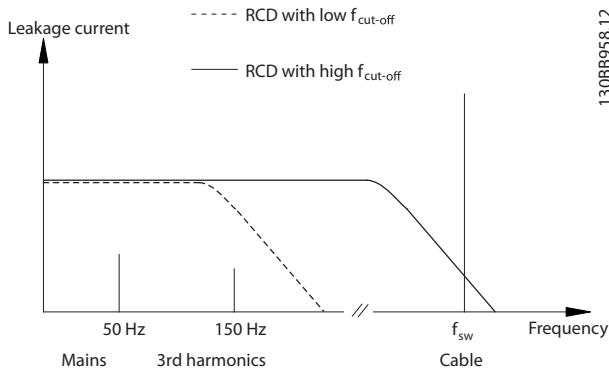


Ilustración 10.13 Contribuciones principales a la corriente de fuga

La cantidad de corriente de fuga detectada por el RCD depende de la frecuencia de corte del RCD.

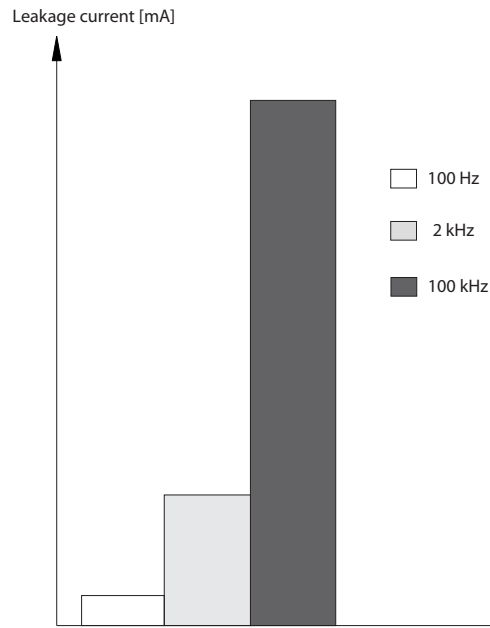


Ilustración 10.14 Influencia de la frecuencia de corte del RCD sobre la corriente de fuga

10.10 Alimentación aislada de tierra (IT)

Alimentación de red aislada de tierra

Si la alimentación del convertidor proviene de una fuente de red aislada (red IT, triángulo flotante o triángulo conectado a tierra) o de redes TT/TN-S con toma de tierra, se recomienda desconectar el interruptor RFI mediante el parámetro 14-50 Filtro RFI en el convertidor y el parámetro 14-50 Filtro RFI en el filtro. Para obtener más detalles, consulte CEI 364-3. En la posición OFF, se desconectan los condensadores de filtro entre el chasis y el enlace de CC para impedir que este último se dañe y reducir las corrientes de capacidad de conexión a tierra (conforme a la norma CEI 61800-3).

Si se necesita un rendimiento de CEM óptimo, se conectan motores paralelos o la longitud del cable del motor es de unos 25 m (82 ft), Danfoss recomienda ajustar el parámetro 14-50 Filtro RFI a [Activado]. Consulte también la Nota sobre la aplicación «VLT® on IT Mains» (VLT® en alimentación IT). Es importante utilizar monitores de aislamiento diseñados para su uso con componentes electrónicos de potencia (CEI 61557-8).

Danfoss no recomienda utilizar contactor de salida para convertidores de 525-690 V conectados a una red de alimentación IT.

10.11 Rendimiento

Rendimiento del convertidor (η_{VLT})

La carga del convertidor apenas influye en su rendimiento. En general, el rendimiento será el mismo a la frecuencia nominal del motor $f_{M,N}$, tanto si este suministra el 100 % del par nominal del eje como si solo suministra el 75 % en caso de cargas parciales.

El rendimiento del convertidor no cambiará aunque se elijan otras características U/f distintas. Sin embargo, las características U/f influyen en el rendimiento del motor.

El rendimiento disminuye un poco si la frecuencia de conmutación se ajusta en un valor superior a 5 kHz. El rendimiento se reduce ligeramente si la tensión de red es de 480 V o si el cable de motor tiene más de 30 m (98 ft) de longitud.

Cálculo del rendimiento del convertidor

Calcule el rendimiento del convertidor de frecuencia para diferentes velocidades y cargas basándose en la *Ilustración 10.15*. El factor en este gráfico debe multiplicarse por el factor de rendimiento específico indicado en las tablas de especificaciones en *capítulo 7.1 Datos eléctricos, 380-480 V* y *capítulo 7.2 Datos eléctricos, 525-690 V*.

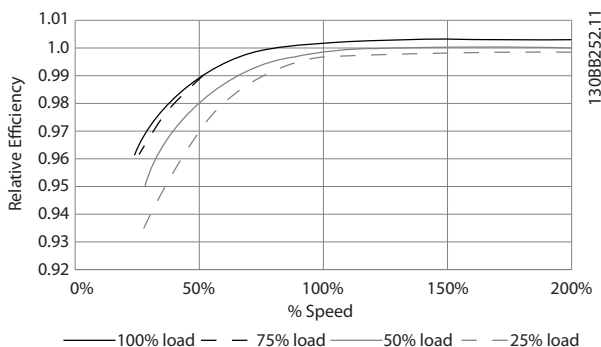


Ilustración 10.15 Curvas de rendimiento típico

Ejemplo: supongamos un convertidor de frecuencia de 160 kW, 380-480 V CA al 25 % de su carga y al 50 % de la velocidad. En la *Ilustración 10.15* se indica 0,97 y el rendimiento nominal para un convertidor de frecuencia de 160 kW es de 0,98. El rendimiento real es: $0,97 \times 0,98 = 0,95$.

Rendimiento del motor (η_{MOTOR})

El rendimiento de un motor conectado al convertidor de frecuencia depende del nivel de magnetización. En general, el rendimiento es igual de bueno que si funcionara conectado a la alimentación. El rendimiento del motor depende del tipo de motor.

En un rango del 75-100 % del par nominal, el rendimiento del motor es prácticamente constante, tanto cuando lo controla el convertidor de frecuencia como cuando funciona directamente con la alimentación de red.

En los motores pequeños, la influencia de la característica U/f sobre el rendimiento es mínima. Sin embargo, en

motores a partir de 11 kW (14,75 CV) se obtienen ventajas considerables.

Normalmente, la frecuencia de conmutación no afecta al rendimiento de los motores pequeños. Los motores de 11 kW (14,75 CV) y superiores obtienen un rendimiento mejorado (1-2 %) porque la forma sinusoidal de la intensidad del motor es casi perfecta a frecuencias de conmutación altas.

Rendimiento del sistema ($\eta_{SISTEMA}$)

Para calcular el rendimiento del sistema, el rendimiento del convertidor (η_{VLT}) se multiplica por el rendimiento del motor (η_{MOTOR}):

$$\eta_{SISTEMA} = \eta_{VLT} \times \eta_{MOTOR}$$

10.12 Ruido acústico

El ruido acústico del convertidor de frecuencia procede de tres fuentes:

- Bobinas del circuito intermedio de CC.
- Ventiladores internos.
- La bobina de choque del filtro RFI.

La *Tabla 10.15* enumera los valores de ruido acústico habituales calculados a una distancia de 1 m (9 ft) de la unidad.

Tamaño de la protección	dBa a velocidad de ventilador máxima
E1h-E4h	80

Tabla 10.15 Ruido acústico

Los resultados de las pruebas se obtuvieron conforme a la norma ISO 3744 de magnitud de ruido audible en un entorno controlado. Se ha cuantificado el tono del ruido para el registro de datos de ingeniería de rendimiento del hardware conforme al anexo D de la norma ISO 1996-2.

Un nuevo algoritmo de control de ventilador para las envolventes tipo E1h-E4h ayuda a mejorar el rendimiento del ruido audible al permitir que el operador seleccione distintos modos de funcionamiento del ventilador en función de unas condiciones específicas. Para obtener más información, consulte el *parámetro 30-50 Heat Sink Fan Mode*.

10.13 Condiciones dU/dt

AVISO!

Para evitar el desgaste prematuro de los motores que no están diseñados para utilizarse con convertidores de frecuencia, como los motores sin papel de aislamiento de fase o cualquier otro refuerzo de aislamiento, Danfoss recomienda encarecidamente colocar un filtro dU/dt o un filtro senoidal en la salida del convertidor. Para obtener información más detallada sobre los filtros dU/dt o senoidales, consulte la *Guía de diseño de los filtros de salida*.

Cuando se conmuta un transistor en el puente del inversor, la tensión aplicada al motor se incrementa según una relación du/dt que depende de:

- El cable de motor (tipo, sección transversal, longitud apantallado / no apantallado).
- La inductancia.

La inducción natural produce una sobremodulación U_{PICO} en la tensión del motor antes de que se autoestabilice en un nivel dependiente de la tensión en el circuito intermedio. Tanto el tiempo de subida como la tensión pico U_{PICO} influyen en la vida útil del motor. En particular, los motores sin aislamiento de fase en la bobina se ven afectados si la tensión pico es demasiado alta. La longitud

del cable del motor afecta al tiempo de incremento y a la tensión pico. Por ejemplo, si el cable de motor es corto (unos pocos metros), el tiempo de incremento y la tensión pico serán más bajos. Si el cable de motor es largo (100 m [328 ft]), el tiempo de subida y la tensión pico serán mayores.

La tensión pico en los terminales del motor está originada por la conmutación de los dispositivos IGBT. El convertidor cumple con las especificaciones de la norma CEI 60034-25 en relación con los motores diseñados para ser controlados mediante convertidores de frecuencia. El convertidor cumple también con la norma CEI 60034-17 relativa a los motores Norm controlados por convertidores de frecuencia.

Gama de alta potencia

A las tensiones de red adecuadas, los tamaños de potencia indicados en las siguientes tablas, desde la *Tabla 10.16* hasta la *Tabla 10.21*, cumplen con los requisitos de la norma CEI 60034-17 relativa a motores normales controlados por convertidores de frecuencia, con la norma CEI 60034-25 relativa a motores diseñados para ser controlados por convertidores y con la norma NEMA MG 1-1998 Parte 31.4.4.2 para motores alimentados por inversores. Los tamaños de potencia de las siguientes tablas, desde la *Tabla 10.16* hasta la *Tabla 10.21*, no cumplen la norma NEMA MG 1-1998 Parte 30.2.2.8 para motores de propósito general.

10

380-480 V

Potencia [kW (CV)]	Cable [m (ft)]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	Tensión pico [V]	dU/dt [V/µs]
355-450 (500-600)	5 (16)	460	0,23	1038	2372
	30 (98)	460	0,72	1061	644
	150 (492)	460	0,46	1142	1160
	300 (984)	460	1,84	1244	283
500-560 (650-750)	5 (16)	460	0,42	1042	1295
	30 (98)	460	0,57	1200	820
	150 (492)	460	0,63	1110	844
	300 (984)	460	2,21	1175	239

Tabla 10.16 Resultados de las pruebas dU/dt NEMA para envoltentes E1h-E4h con cables no apantallados y sin filtro de salida, 380-480 V

Potencia [kW (CV)]	Cable [m (ft)]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	Tensión pico [V]	dU/dt [V/µs]
355-450 (500-600)	5 (16)	460	0,33	1038	2556
	30 (98)	460	1,27	1061	668
	150 (492)	460	0,84	1142	1094
	300 (984)	460	2,25	1244	443
500-560 (650-750)	5 (16)	460	0,53	1042	1569
	30 (98)	460	1,22	1200	1436
	150 (492)	460	0,90	1110	993
	300 (984)	460	2,29	1175	411

Tabla 10.17 Resultados de las pruebas dU/dt CEI para envoltentes E1h-E4h con cables no apantallados y sin filtro de salida, 380-480 V

Potencia [kW (CV)]	Cable [m (ft)]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	Tensión pico [V]	dU/dt [V/µs]
355-450 (500-600)	5 (16)	460	0,17	1017	3176
	30 (98)	460	-	-	-
	150 (492)	460	0,41	1268	1311
500-560 (650-750)	5 (16)	460	0,17	1042	3126
	30 (98)	460	-	-	-
	150 (492)	460	0,22	1233	2356

Tabla 10.18 Resultados de las pruebas dU/dt NEMA para envoltentes E1h-E4h con cables apantallados y sin filtro de salida, 380-480 V

Potencia [kW (CV)]	Cable [m (ft)]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	Tensión pico [V]	dU/dt [V/µs]
355-450 (500-600)	5 (16)	460	0,26	1017	3128
	30 (98)	460	-	-	-
	150 (492)	460	0,70	1268	1448
500-560 (650-750)	5 (16)	460	0,27	1042	3132
	30 (98)	460	-	-	-
	150 (492)	460	0,52	1233	1897

Tabla 10.19 Resultados de las pruebas dU/dt CEI para envoltentes E1h-E4h con cables apantallados y sin filtro de salida, 380-480 V

525-690 V

Potencia [kW (CV)]	Cable [m (ft)]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	Tensión pico [V]	dU/dt [V/µs]
450-630 (450-650)	30 (98)	690	0,37	1625	3494
	50 (164)	690	0,86	2030	1895
710-800 (750-950)	5 (16)	690	0,25	1212	3850
	20 (65)	690	0,33	1525	3712
	50 (164)	690	0,82	2040	1996

Tabla 10.20 Resultados de las pruebas dU/dt CEI para envoltentes E1h-E4h con cables no apantallados y sin filtro de salida, 525-690 V

Potencia [kW (CV)]	Cable [m (ft)]	Tensión de red [V]	Tiempo de subida [µs]	Tensión pico [V]	dU/dt [V/µs]
450-630 (450-650)	5 (16)	690	0,23	1450	5217
	48 (157)	690	0,38	1637	3400
	150 (492)	690	0,94	1762	1502
710-800 (750-950)	5 (16)	690	0,26	1262	3894
	48 (157)	690	0,46	1625	2826
	150 (492)	690	0,94	1710	1455

Tabla 10.21 Resultados de las pruebas dU/dt CEI para envoltentes E1h-E4h con cables apantallados y sin filtro de salida, 525-690 V

AVISO!
RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

NEMA no facilita resultados de dU/dt para 690 V.

10.14 Vista general de compatibilidad electromagnética (CEM)

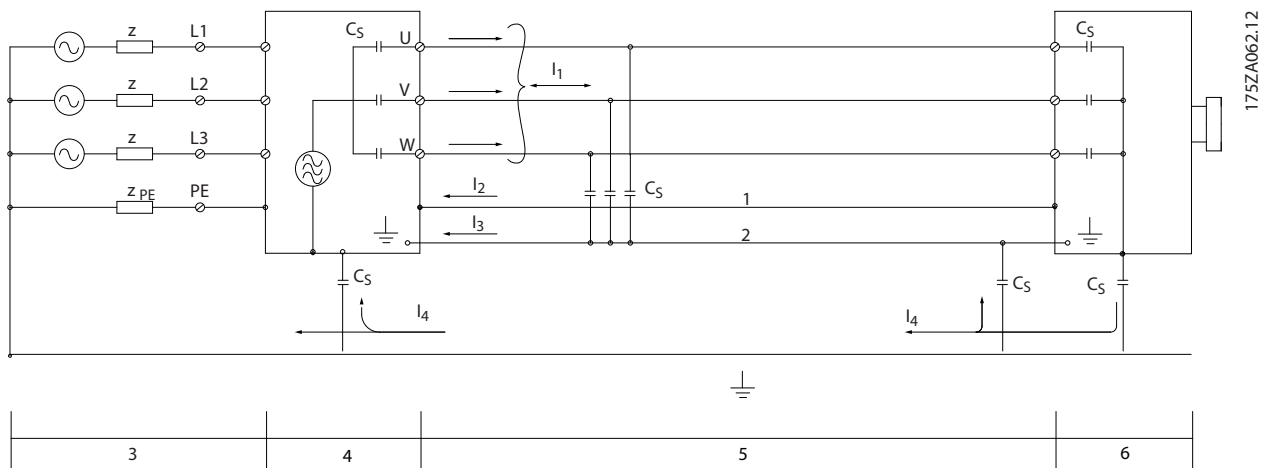
Los dispositivos eléctricos generan interferencias y también se ven afectados por las interferencias de otras fuentes. La compatibilidad electromagnética (CEM) de estos efectos depende de la potencia y de las características armónicas de los dispositivos.

La interacción incontrolada entre dispositivos eléctricos en un sistema puede degradar la compatibilidad y perjudicar su funcionamiento fiable. Las interferencias pueden adoptar la forma de:

- Descargas electrostáticas
- Fluctuaciones rápidas de tensión
- Interferencia de alta frecuencia

Muy a menudo aparecen interferencias eléctricas a frecuencias situadas en el intervalo de 150 kHz a 30 MHz. Las interferencias generadas por el convertidor y transmitidas por el aire, con frecuencias en el rango de 30 MHz a 1 GHz, tienen su origen en el inversor, el cable del motor y el motor.

Las corrientes capacitivas en el cable del motor, junto con una alta dU/dt de la tensión del motor, generan corrientes de fuga. Consulte el *Ilustración 10.16*. Los cables de motor apantallados tienen una mayor capacitancia entre los cables de fase y la pantalla, y, a su vez, entre la pantalla y la conexión toma a tierra. Esta capacitancia del cable añadida, junto a otra capacitancia parásita y a la inductancia del motor, varía el nivel de emisiones electromagnéticas producidas por la unidad. Esta variación en el nivel de emisiones electromagnéticas se produce principalmente en emisiones inferiores a 5 MHz. La mayor parte de la corriente de fuga (I_1) se reconduce a la unidad a través de la conexión a tierra de protección (I_3), de manera que solo queda un pequeño campo electromagnético (I_4) desde el cable apantallado del motor. El apantallamiento reduce la interferencia radiada, aunque incrementa la interferencia de baja frecuencia en la alimentación.



1	Cable de conexión toma a tierra	C_s	Posibles trayectos de derivación de capacitancia parásita (varían en función de las distintas instalaciones)
2	Pantalla	I_1	Corriente de fuga de modo común
3	Fuente de alimentación de red de CA	I_2	Cable de motor apantallado
4	Convertidor	I_3	Conexión toma a tierra de seguridad (cuarto conductor en los cables de motor)
5	Cable de motor apantallado	I_4	Corriente accidental de modo común
6	Motor	-	-

Ilustración 10.16 Modelo eléctrico que muestra posibles corrientes de fuga

10.14.1 Resultados de las pruebas de CEM

Los siguientes resultados se han obtenido mediante un convertidor de frecuencia (con opciones, en su caso), un cable de control apantallado, un cuadro de control con potenciómetro, un motor y un cable de motor apantallado.

Tipo de filtro RFI		Emisión conducida			Emisión irradiada	
Estándares y requisitos	EN 55011	Clase B Entorno doméstico, establecimientos comerciales e industria ligera	Clase A, grupo 1 Entorno industrial	Clase A, grupo 2 Entorno industrial	Clase B Entorno doméstico, establecimientos comerciales e industria ligera	Clase A, grupo 1 Entorno industrial
	EN/CEI 61800-3	Categoría C1 Primer ambiente Doméstico y oficina	Categoría C2 Primer ambiente Doméstico y oficina	Categoría C3 Segundo ambiente Industrial	Categoría C1 Primer ambiente Doméstico y oficina	Categoría C2 Primer ambiente Doméstico y oficina
H2						
FC 102	355-560 kW 380-480 V	No	No	150 m (492 ft)	No	No
	450-800 kW 525-690 V	No	No	150 m (492 ft)	No	No
H4						
FC 102	355-560 kW 380-480 V	No	150 m (492 ft)	150 m (492 ft)	No	Sí
	450-800 kW 525-690 V	No	30 m (98 ft)	150 m (492 ft)	No	No

Tabla 10.22 Resultados de las pruebas de CEM (emisión e inmunidad)

AVISO!

Este tipo de sistema Power Drive no está previsto para utilizarse en una red pública de baja tensión que alimenta instalaciones domésticas. Son muy probables interferencias de radiofrecuencias si se usa en ese tipo de red, y puede que sean necesarias medidas de mitigación adicionales.

10.14.2 Requisitos en materia de emisiones

De acuerdo con la norma de productos CEM para convertidores de frecuencia de velocidad ajustable EN/CEI 61800-3:2004, los requisitos de CEM dependen del entorno en el que está instalado el convertidor. Estos entornos junto con los requisitos de tensión de red están definidos en *Tabla 10.23*.

Los convertidores cumplen con los requisitos de CEM descritos en la norma CEI/EN 61800-3 (2004)+AM1 (2011), categoría C3, para equipos con más de 100 A de consumo de corriente por fase e instalados en el segundo ambiente. Las pruebas de conformidad se efectúan con un cable de motor apantallado de 150 m (492 ft).

Categoría (EN 61800-3)	Definición	Emisión conducida (EN 55011)
C1	Primer ambiente (hogar y oficina) con una tensión de alimentación inferior a 1000 V	Clase B
C2	Primer ambiente (hogar y oficina) con tensión de alimentación inferior a 1000 V, no enchufable ni desplazable, y con necesidad de un profesional para instalar o poner en marcha el sistema.	Clase A, grupo 1
C3	Segundo ambiente (industrial) con tensión de alimentación inferior a 1000 V	Clase A, grupo 2
C4	Segundo ambiente con lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> Tensión de alimentación igual o superior a 1000 V Corriente nominal igual o superior a 400 A Previstos para su uso en sistemas complejos 	Sin límite. Debe elaborarse un plan de CEM.

Tabla 10.23 Requisitos en materia de emisiones

Cuando se utilizan las normas de emisiones generales, los convertidores deben ser conformes con la *Tabla 10.24*

Ambiente	Estándar general	Requisito en materia de emisiones conducidas realizado conforme a los límites de la norma EN 55011.
Primer ambiente (hogar y oficina)	Norma de emisiones para entornos residenciales, comerciales e industria ligera EN/CEI 61000-6-3.	Clase B
Segundo ambiente (entorno industrial)	Norma de emisiones para entornos industriales EN/CEI 61000-6-4.	Clase A, grupo 1

Tabla 10.24 Límites de emisión estándar generales

10.14.3 Requisitos de inmunidad

Los requisitos de inmunidad de los convertidores dependen del entorno en el que estén instalados. Los requisitos para el entorno industrial son más exigentes que los del entorno doméstico y de oficina. Todos los convertidores de frecuencia de Danfoss cumplen con los requisitos para el entorno industrial y el entorno doméstico y de oficina.

Para documentar la inmunidad ante transitorios de ráfagas, se han realizado las siguientes pruebas de inmunidad con un convertidor de frecuencia (con opciones, en su caso), un cable de control apantallado y un panel de control con potenciómetro, cable de motor y motor. Las pruebas se realizaron de acuerdo con las siguientes normas básicas. Para obtener más detalles, consulte *Tabla 10.25*

- **EN 61000-4-2 (CEI 61000-4-2):** descargas electrostáticas (ESD): simulación de descargas electrostáticas de seres humanos.
- **EN 61000-4-3 (CEI 61000-4-3):** Radiación del campo electromagnético entrante, simulación modulada en amplitud de los efectos de equipos de radar y de comunicación por radio, así como de comunicaciones móviles.
- **EN 61000-4-4 (CEI 61000-4-4):** Transitorios de conexión/desconexión: Simulación de la interferencia introducida por el acoplamiento de un contactor, relés o dispositivos similares.
- **EN 61000-4-5 (CEI 61000-4-5):** Transitorios de sobretensión: Simulación de transitorios introducidos al caer rayos cerca de las instalaciones.
- **EN 61000-4-6 (CEI 61000-4-6):** RF modo común: simulación del efecto del equipo transmisor de radio conectado a cables de conexión.

Norma básica	Ráfaga CEI 61000-4-4	Sobretensión CEI 61000-4-5	ESD CEI 61000-4-2	Campo electromagnético radiado CEI 61000-4-3	Tensión de RF modo común CEI 61000-4-6
Criterios de aceptación	B	B	B	A	A
Línea	4 kV CM	2 kV/2 Ω DM (modo diferencial, MD) 4 kV/12 Ω CM	–	–	10 V _{RMS}
Motor	4 kV CM	4 kV/2 Ω ¹⁾	–	–	10 V _{RMS}
Freno	4 kV CM	4 kV/2 Ω ¹⁾	–	–	10 V _{RMS}
Carga compartida	4 kV CM	4 kV/2 Ω ¹⁾	–	–	10 V _{RMS}
Cables de control	2 kV CM	2 kV/2 Ω ¹⁾	–	–	10 V _{RMS}
Bus estándar	2 kV CM	2 kV/2 Ω ¹⁾	–	–	10 V _{RMS}
Cables de relé	2 kV CM	2 kV/2 Ω ¹⁾	–	–	10 V _{RMS}
Opciones de bus de campo y de aplicación	2 kV CM	2 kV/2 Ω ¹⁾	–	–	10 V _{RMS}
Cable del LCP	2 kV CM	2 kV/2 Ω ¹⁾	–	–	10 V _{RMS}
24 V CC externa	2 V CM	0,5 kV/2 Ω DM 1 kV/12 Ω CM	–	–	10 V _{RMS}
Protección	–	–	8 kV AD 6 kV CC	10 V/m	–

Tabla 10.25 Tabla sobre inmunidad CEM, intervalo de tensión: 380-480 V, 525-600 V y 525-690 V

¹⁾ Inyección en el apantallamiento del cable

AD: descarga por el aire; CD: descarga por contacto; CM: modo común; DM: modo diferencial

10.14.4 Compatibilidad CEM

AVISO!

RESPONSABILIDAD DEL OPERADOR

De acuerdo con la norma EN 61800-3 para sistemas de convertidor de velocidad variable, el operador será responsable de garantizar el cumplimiento con CEM. Los fabricantes pueden ofrecer soluciones para que el funcionamiento se ajuste a la norma. Los operadores serán responsables de la aplicación de estas soluciones, así como del pago de los costes asociados.

Existen dos opciones para garantizar la compatibilidad electromagnética.

- Eliminar o minimizar la interferencia en la fuente de interferencia emitida.
- Aumentar la inmunidad a la interferencia de los dispositivos afectados por su recepción.

Filtros RFI

El objetivo es obtener sistemas que funcionen de forma estable sin interferencias de radiofrecuencia entre sus componentes. Para conseguir un alto nivel de inmunidad, use convertidores con filtros RFI de alta calidad.

AVISO!

RADIOINTERFERENCIA

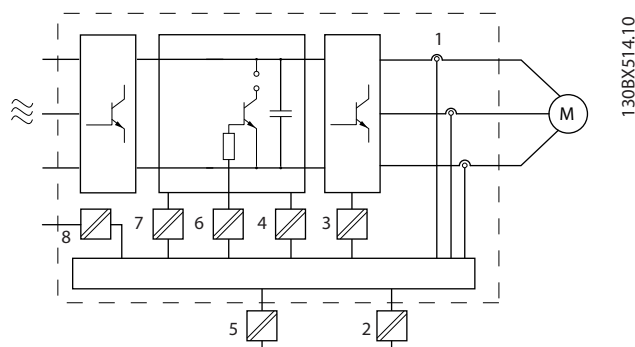
En un entorno doméstico, este producto puede producir radiointerferencias, en cuyo caso hay que tomar medidas de mitigación adicionales.

Conformidad PELV y de aislamiento galvánico

Todos los terminales de control y de relé de los convertidores E1h-E4h cumplen con los requisitos de PELV (salvo la conexión a tierra en triángulo por encima de 400 V).

El aislamiento galvánico (garantizado) se consigue cumpliendo los requisitos relativos a un mayor aislamiento y proporcionando las distancias necesarias en los circuitos. Estos requisitos se describen en la norma EN 61800-5-1.

El aislamiento eléctrico se proporciona tal y como se indica (consulte la *Ilustración 10.17*). Los componentes descritos cumplen con los requisitos de aislamiento galvánico y PELV.



130BX514.10

1	Transductores de corriente
2	Aislamiento galvánico para la interfaz del bus estándar RS485.
3	Accionamiento de puerta para los IGBT
4	Fuente de alimentación (SMPS), que incluye aislamiento de la señal de V _{CC} e indica la tensión de corriente intermedia.
5	Aislamiento galvánico para la opción de seguridad de 24 V
6	Optoacoplador, módulo de freno (opcional)
7	Circuitos de flujo de corriente interna, RFI y medición de temperatura.
8	Relés del cliente

Ilustración 10.17 Aislamiento galvánico

10.15 Instalación conforme a CEM

Para conseguir una instalación conforme a CEM, siga las instrucciones que se proporcionan en el *manual de funcionamiento*. Para obtener un ejemplo de instalación correcta en cuanto a CEM, consulte la *Ilustración 10.18*.

AVISO!

EXTREMOS DE PANTALLA TRENZADOS (CABLES DE PANTALLA RETORCIDOS Y EMBORNADOS)

Los extremos de pantalla trenzados en espiral aumentan la impedancia de la pantalla a las frecuencias superiores, lo que reduce el efecto de pantalla y aumenta la corriente de fuga. Evite los extremos de pantalla trenzados mediante el uso de bridas de pantalla integradas.

- Para el uso con relés, cables de control, interfaz de señales, fieldbus o freno, conecte la pantalla al alojamiento por ambos lados. Si la trayectoria de conexión toma a tierra tiene una alta impedancia o si está bajo tensión, rompa la conexión de la pantalla en un extremo para evitar los lazos de corriente a tierra.
- Devuelva las corrientes a la unidad mediante una placa de montaje metálica. Asegúrese de que la placa de montaje y el chasis del convertidor de frecuencia hagan buen contacto eléctrico a través de los tornillos de montaje.
- Utilice cables apantallados para los cables de salida del motor. Como alternativa, también

puede utilizar cables de motor no apantallados dentro de un conducto metálico.

AVISO!**CABLES APANTALLADOS**

Si no se utilizan cables apantallados ni conductos metálicos, la unidad y la instalación no cumplirán los límites normativos de los niveles de emisión de radiofrecuencias.

- Asegúrese de que los cables de motor y de freno sean lo más cortos posibles para reducir el nivel de interferencias de todo el sistema.
- Los cables con un nivel de señal sensible no deben colocarse junto a los cables de motor y de freno.
- Para líneas de comunicación y de control/órdenes, siga los protocolos estándar de comunicación que correspondan. Por ejemplo, para USB deben utilizarse cables apantallados, pero para RS485/Ethernet pueden usarse cables UTP apantallados o sin apantallar.
- Asegúrese de que todas las conexiones de terminales de control sean PELV.

AVISO!**INTERFERENCIA DE CEM**

Utilice cables apantallados para el cableado de control y del motor, y cables separados para la entrada de alimentación, el cableado del motor y el cableado de control. No aislar los cables de control, del motor o de potencia puede provocar un comportamiento inesperado o un rendimiento inferior. Se requiere un espacio libre mínimo de 200 mm (7,9 in) entre los cables de entrada de alimentación, de motor y de control.

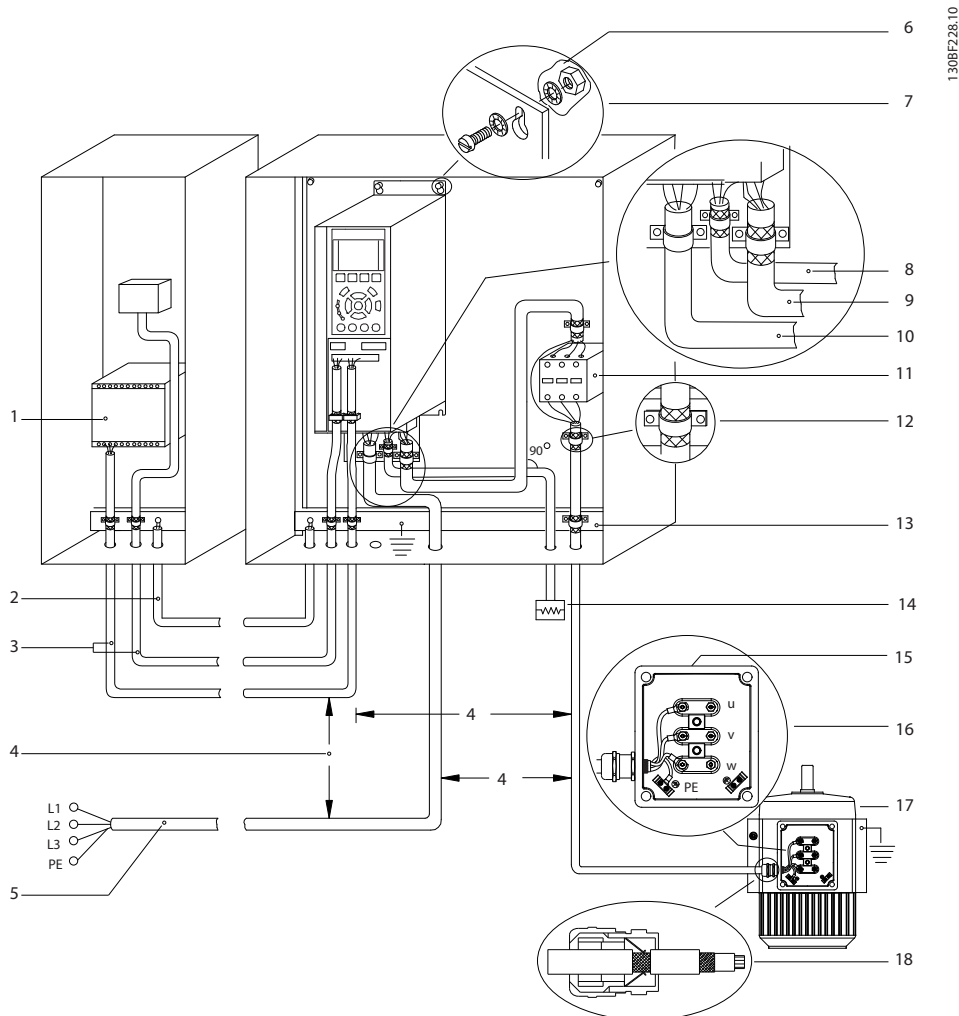
AVISO!**INSTALACIÓN EN ALTITUDES ELEVADAS**

Existe un riesgo de sobretensión. El aislamiento entre los componentes y las piezas esenciales puede resultar insuficiente y no ajustarse a los requisitos de PELV. Reduzca el riesgo de sobretensión usando dispositivos de protección externa o aislamiento galvánico. Para instalaciones situadas a más de 2000 m (6500 ft) de altitud, consulte a Danfoss sobre el cumplimiento de los requisitos de PELV.

AVISO!

CONFORMIDAD CON PELV

Evite las descargas eléctricas mediante el uso de una fuente de alimentación eléctrica con tensión de protección muy baja (PELV) y cumpliendo con las normativas locales y nacionales de PELV.



130BF228.10

10

1	PLC	10	Cable de red (no apantallado)
2	Cable de eualizador de un mínimo de 16 mm ² (6 AWG).	11	Contactor de salida, y así sucesivamente
3	Los cables de control	12	Aislamiento de cable pelado
4	Espacio mínimo de 200 mm (7,9 in) entre los cables de control, de motor y de red.	13	Barra conductora de tierra a común. Siga las normativas locales y nacionales para la conexión a tierra de alojamientos.
5	Fuente de alimentación de red	14	Resistencia de frenado
6	Superficie no aislada (sin pintar)	15	Caja metálica
7	Arandelas de estrella	16	Conexión al motor
8	Cable de freno (apantallado)	17	Motor
9	Cable de motor (apantallado)	18	Prensacables CEM

Ilustración 10.18 Ejemplo de instalación correcta en cuanto a CEM

10.16 Resumen de armónicos

Las cargas no lineales, como las que se encuentran en los convertidores de frecuencia, no consumen corriente de forma uniforme de la línea de suministro. Esta corriente no senoidal tiene componentes que son múltiplos de la frecuencia de corriente fundamental. Estos componentes se conocen como armónicos. Es importante controlar la distorsión armónica total en la fuente de alimentación de red. Aunque las corriente armónicas no afectan directamente al consumo de energía eléctrica, generan calor en el cableado y los transformadores que puede afectar a otros dispositivos de la misma línea de suministro.

10.16.1 Análisis de armónicos

Dado que los armónicos aumentan las pérdidas de calor, es importante tenerlos en cuenta a la hora de diseñar los sistemas, para evitar sobrecargar el transformador, los inductores y el cableado. Cuando sea necesario, realice un análisis de los armónicos del sistema para determinar los efectos sobre el equipo.

Mediante un análisis de series de Fourier, una corriente no senoidal se transforma en corrientes de onda senoidal con diferentes frecuencias, es decir, con diferentes corrientes armónicas I_n con 50 Hz o 60 Hz como frecuencia fundamental.

Abreviatura	Descripción
f_1	Frecuencia fundamental (50 Hz o 60 Hz)
I_1	Corriente a la frecuencia básica
U_1	Tensión a la frecuencia básica
I_n	Intensidad a la n -ésima frecuencia armónica
U_n	Tensión a la n -ésima frecuencia armónica
n	Orden armónico

Tabla 10.26 Abreviaturas relativas a armónicos

	Corriente básica (I_1)	Corriente armónica (I_n)			
		I_5	I_7	I_{11}	
Corriente	I_1	I_5	I_7	I_{11}	
Frecuencia	50 Hz	250 Hz	350 Hz	550 Hz	

Tabla 10.27 Corrientes básicas y corrientes armónicas

Corriente	Corriente armónica				
	I_{RMS}	I_1	I_5	I_7	I_{11-49}
Intensidad de entrada	1,0	0,9	0,5	0,2	<0,1

Tabla 10.28 Corrientes armónicas en comparación con la corriente de entrada RMS

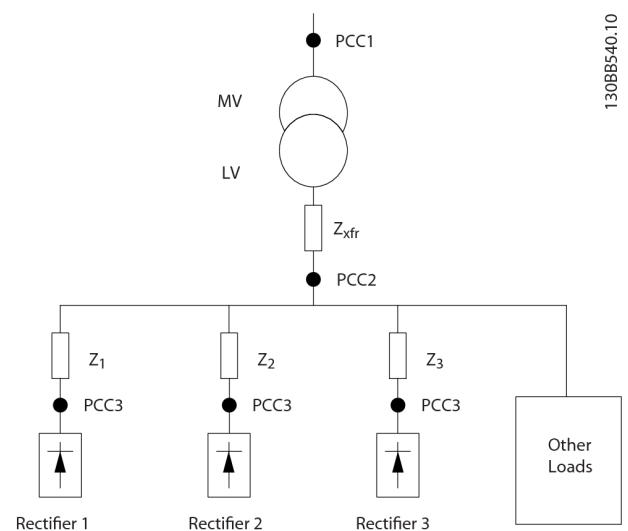
La distorsión de la tensión de alimentación de red depende de la magnitud de las corrientes armónicas multiplicada por la impedancia interna de la red para la

frecuencia dada. La distorsión de tensión total (THDi) se calcula según los distintos armónicos de tensión individual usando esta fórmula:

$$THDi = \frac{\sqrt{U_{25}^2 + U_{27}^2 + \dots + U_{2n}^2}}{U}$$

10.16.2 Efecto de los armónicos en un sistema de distribución de potencia

En la *Ilustración 10.19*, un transformador está conectado en el lado primario a un punto de acoplamiento común PCC1, en la fuente de alimentación de media tensión. El transformador tiene una impedancia Z_{xfr} y alimenta una serie de cargas. El punto de acoplamiento común al que se conectan todas las cargas es PCC2. Cada carga está conectada a través de cables con una impedancia Z_1 , Z_2 y Z_3 .



PCC	Punto de acoplamiento común
MV	Media tensión
LV	Tensión baja
Z_{xfr}	Impedancia del transformador
$Z\#$	Modelización de la resistencia y la inductancia en el cableado

Ilustración 10.19 Sistema de distribución pequeño

Las corrientes armónicas consumidas por cargas no lineales causan distorsión de la tensión debido a la caída de tensión en las impedancias del sistema de distribución. Impedancias más elevadas se traducen en mayores niveles de distorsión de tensión.

La distorsión de corriente está relacionada con el rendimiento del aparato, el cual está relacionado con la

carga individual. La distorsión de tensión está relacionada con el rendimiento del sistema. No es posible determinar la distorsión de tensión en el PCC conociendo únicamente el rendimiento armónico de la carga. Para predecir la distorsión en el PCC, deben conocerse tanto la configuración del sistema de distribución como las impedancias relevantes.

Un término empleado comúnmente para describir la impedancia de una red es la relación de cortocircuito R_{sc} , definida como la relación entre la potencia aparente de cortocircuito de la fuente de alimentación en el PCC (S_{sc}) y

la potencia aparente nominal de la carga. $(S_{equ}).R_{sc} = \frac{S_{sc}}{S_{equ}}$

donde $S_{sc} = \frac{U^2}{Z_{fuente\ de\ alimentación}}$ y $S_{equ} = U \times I_{equ}$

Efectos negativos de los armónicos

- Las corrientes armónicas contribuyen a las pérdidas del sistema (en el cableado y el transformador).
- La distorsión de tensión armónica provoca interferencias en otras cargas e incrementa las pérdidas en otras cargas.

10.16.3 Normas CEI sobre armónicos

En la mayor parte de Europa, la base para la evaluación objetiva de la calidad de la alimentación del sistema es la Ley sobre compatibilidad electromagnética de dispositivos (EMVG). La conformidad con esta normativa garantiza que todos los dispositivos y redes conectados a los sistemas de distribución eléctrica cumplan su objetivo sin causar problemas.

Standard	Definición
EN 61000-2-2, EN 61000-2-4, EN 50160	Definen los límites de la tensión de red requeridos en las redes eléctricas públicas e industriales.
EN 61000-3-2, 61000-3-12	Regulan la interferencia de la red producida por los dispositivos conectados en productos de menor intensidad.
EN 50178	Controla los equipos electrónicos que se usan en las instalaciones de potencia.

Tabla 10.29 Normas de diseño EN para la calidad de la alimentación del sistema

Existen dos normas europeas que se aplican a los armónicos situados en el rango de frecuencias desde 0 Hz hasta 9 kHz:

EN 61000-2-2 (Niveles de compatibilidad para las perturbaciones conducidas de baja frecuencia y la transmisión de señales en las redes de suministro público en baja tensión)

La norma EN 61000-2-2 indica los requisitos de los niveles de compatibilidad para PCC (punto de acoplamiento común) de los sistemas CA de tensión baja en redes públicas de suministro eléctrico. Solo se especifican límites para la tensión armónica y la distorsión armónica total de la tensión. La norma EN 61000-2-2 no define límites para las corrientes armónicas. En situaciones donde la distorsión armónica total THD(V)=8 %, los límites de PCC son idénticos a los límites especificados en la norma EN 61000-2-4 de clase 2.

EN 61000-2-4 (Niveles de compatibilidad para las perturbaciones conducidas de baja frecuencia y la transmisión de señales en las instalaciones industriales)

La norma EN 61000-2-4 indica los requisitos de los niveles de compatibilidad en redes privadas e industriales. Asimismo, la norma define las siguientes tres clases de entornos electromagnéticos:

- La Clase 1 se refiere a los niveles de compatibilidad inferiores a la red pública de suministro eléctrico, que afectan a equipos sensibles a alteraciones (equipos de laboratorio, algunos equipos de automatización y ciertos dispositivos de protección).
- La Clase 2 se refiere a los niveles de compatibilidad iguales a la red pública de suministro eléctrico. Esta clase se aplica a los PCC de la red pública de suministro eléctrico y a los IPC (puntos internos de acoplamiento) de las redes de suministro industriales o de otras redes privadas. Cualquier equipo diseñado para funcionar en una red pública de suministro eléctrico está permitido en esta clase.
- La Clase 3 se refiere a niveles de compatibilidad superiores a los de la red pública de suministro eléctrico. Esta clase solo se aplica a los IPC de entornos industriales. Utilice esta clase cuando se cuente con los siguientes equipos:
 - Convertidores grandes.
 - Máquinas de soldadura.
 - Grandes motores que arranquen con frecuencia.
 - Cargas que cambian rápidamente.

Normalmente, una clase no puede definirse por adelantado sin tener en cuenta el equipo y los procesos que se utilizarán en el entorno. Los convertidores de alta potencia VLT® cumplen los límites de la Clase 3 en condiciones normales del sistema de suministro ($R_{sc} > 10$ o v_k Línea < 10 %).

Orden armónico (h)	Clase 1 (V _h %)	Clase 2 (V _h %)	Clase 3 (V _h %)
5	3	6	8
7	3	5	7
11	3	3,5	5
13	3	3	4,5
17	2	2	4
17 < h ≤ 49	2,27 x (17/h) – 0,27	2,27 x (17/h) – 0,27	4,5 x (17/h) – 0,5

Tabla 10.30 Niveles de compatibilidad de los armónicos

	Clase 1	Clase 2	Clase 3
THDv	5%	8%	10%

Tabla 10.31 Niveles de compatibilidad de la distorsión de tensión armónica total, THDv

10.16.4 Conformidad en materia de armónicos

Los convertidores de Danfoss cumplen las siguientes normas:

- IEC61000-2-4
- IEC61000-3-4
- G5/4

10.16.5 Mitigación de armónicos

En casos en los que es necesaria la supresión adicional de armónicos, Danfoss ofrece los siguientes equipos de mitigación:

- Convertidores de frecuencia de 12 pulsos VLT®
- Filtros AHF VLT®
- Convertidores de frecuencia de bajos armónicos VLT®
- Filtros activos VLT®

La selección de la solución correcta depende de varios factores:

- La red (distorsión de fondo, desequilibrio de red, resonancia y tipo de fuente de alimentación [transformador/generador]).
- Aplicación (perfil de carga, número de cargas y tamaño de la carga).
- Requisitos/reglamentos locales/nacionales (como IEEE 519, CEI o G5/4).
- Coste total de propiedad (coste inicial, eficiencia y mantenimiento).

10.16.6 Cálculo de armónicos

Utilice el software de cálculo gratuito MCT 31 de Danfoss para determinar el grado de contaminación de tensión de la red y las precauciones necesarias. El software VLT® *Harmonic Calculation MCT 31* está disponible en www.danfoss.com.

11 Principios básicos de funcionamiento de un convertidor

Este capítulo ofrece una visión general de los principales conjuntos y circuitos de un convertidor de frecuencia Danfoss. En él se describen las funciones eléctricas internas y de procesamiento de señal. También se incluye una descripción de la estructura de control interna.

11.1 Descripción del funcionamiento

Un convertidor de frecuencia es un controlador electrónico que suministra una cantidad regulada de alimentación de CA a un motor de inducción trifásico. Al suministrar frecuencia y tensión variables al motor, el convertidor de frecuencia varía la velocidad del motor o mantiene una velocidad constante aunque cambie la carga en el motor. Asimismo, el convertidor puede detener y arrancar un motor sin la tensión mecánica asociada a los arranques directos.

En su forma básica, el convertidor se puede dividir en las siguientes cuatro secciones principales:

Rectificador

El rectificador consiste en una serie de SCR o diodos que convierten la tensión de CA trifásica en tensión pulsatoria de CC.

Enlace de CC (bus de CC)

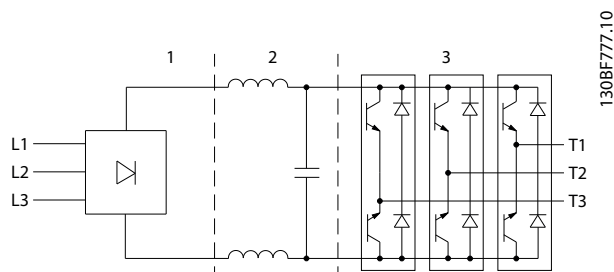
El enlace de CC consiste en una serie de inductores y bancos de condensadores que estabilizan la tensión pulsatoria de CC.

Inversor

El inversor utiliza los IGBT para convertir la tensión de CC en tensión variable y frecuencia variable de CA.

Control

El área de control consiste en un programa que hace funcionar el hardware para que produzca la tensión variable que controla y regula el motor de CA.



1	Rectificador (SCR/diodos)
2	Enlace de CC (bus de CC)
3	Inversor (IGBT)

Ilustración 11.1 Procesamiento interno

11.2 Controles de la unidad

Los siguientes procesos se utilizan para controlar y regular el motor:

- Referencia/entrada de usuario.
- Gestión de la realimentación.
- Estructura de control definida por el usuario.
 - Modo lazo abierto / lazo cerrado.
 - Control del motor (velocidad, par o proceso).
- Algoritmos de control (VVC⁺, control de flujo sin realimentación, flujo con realimentación del motor y control de corriente interna VVC⁺).

11.2.1 Referencias/entradas de usuario

El convertidor utiliza una fuente de entrada (también denominada referencia) para controlar y regular el motor. El convertidor recibe esta entrada de una de las siguientes maneras:

- Manualmente mediante el LCP. Este método se conoce como «local» [Hand On].
- A distancia, mediante las entradas digitales/analógicas y diferentes interfaces serie (RS485, USB o un fieldbus opcional). Este método se conoce como «remoto» [Auto On] y es el ajuste de entrada predeterminado.

Referencia activa

El término «referencia activa» hace referencia a la fuente de entrada activa. La referencia activa se configura en el parámetro 3-13 Lugar de referencia. Consulte Ilustración 11.2 y Tabla 11.1.

Para obtener más información, consulte la Guía de programación.

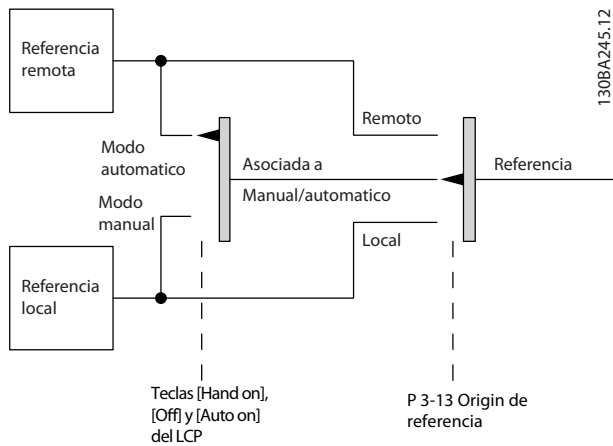


Ilustración 11.2 Selección de la referencia activa

Teclas del LCP	Parámetro 3-13 Lugar de referencia	Activo Referencia
[Hand On]	Conex. a manual/auto	Local
[Hand On]⇒(Off)	Conex. a manual/auto	Local
[Auto On]	Conex. a manual/auto	Remoto
[Auto On]⇒(Off)	Conex. a manual/auto	Remoto
Todas las teclas	Local	Local
Todas las teclas	Remoto	Remoto

Tabla 11.1 Configuraciones de referencia remota y referencia local

11.2.2 Manejo de referencias a distancia

El manejo de referencias a distancia se aplica tanto al funcionamiento en lazo abierto como en lazo cerrado. Consulte el *Ilustración 11.3*.

Es posible programar hasta 8 referencias internas distintas en el convertidor de frecuencia. La referencia interna activa puede seleccionarse de forma externa utilizando entradas de control digitales o mediante el bus de comunicación serie.

También pueden suministrarse referencias externas al convertidor, generalmente a través de una entrada de control analógico. Todas las fuentes de referencias y la referencia de bus se suman para producir la referencia externa total. La referencia activa puede seleccionarse entre las siguientes:

- Referencia externa
- Referencia interna
- Valor de consigna
- Suma de la referencia externa, la referencia interna y el valor de consigna

La referencia activa puede escalarse. La referencia escalada se calcula de la siguiente forma:

$$Referencia = X + X \times \left(\frac{Y}{100}\right)$$

X es la referencia externa, la referencia interna o la suma de ambas e Y es el *parámetro 3-14 Referencia interna relativa* en [%].

Si Y, *parámetro 3-14 Referencia interna relativa*, se ajusta a 0 %, el escalado no afectará a la referencia.

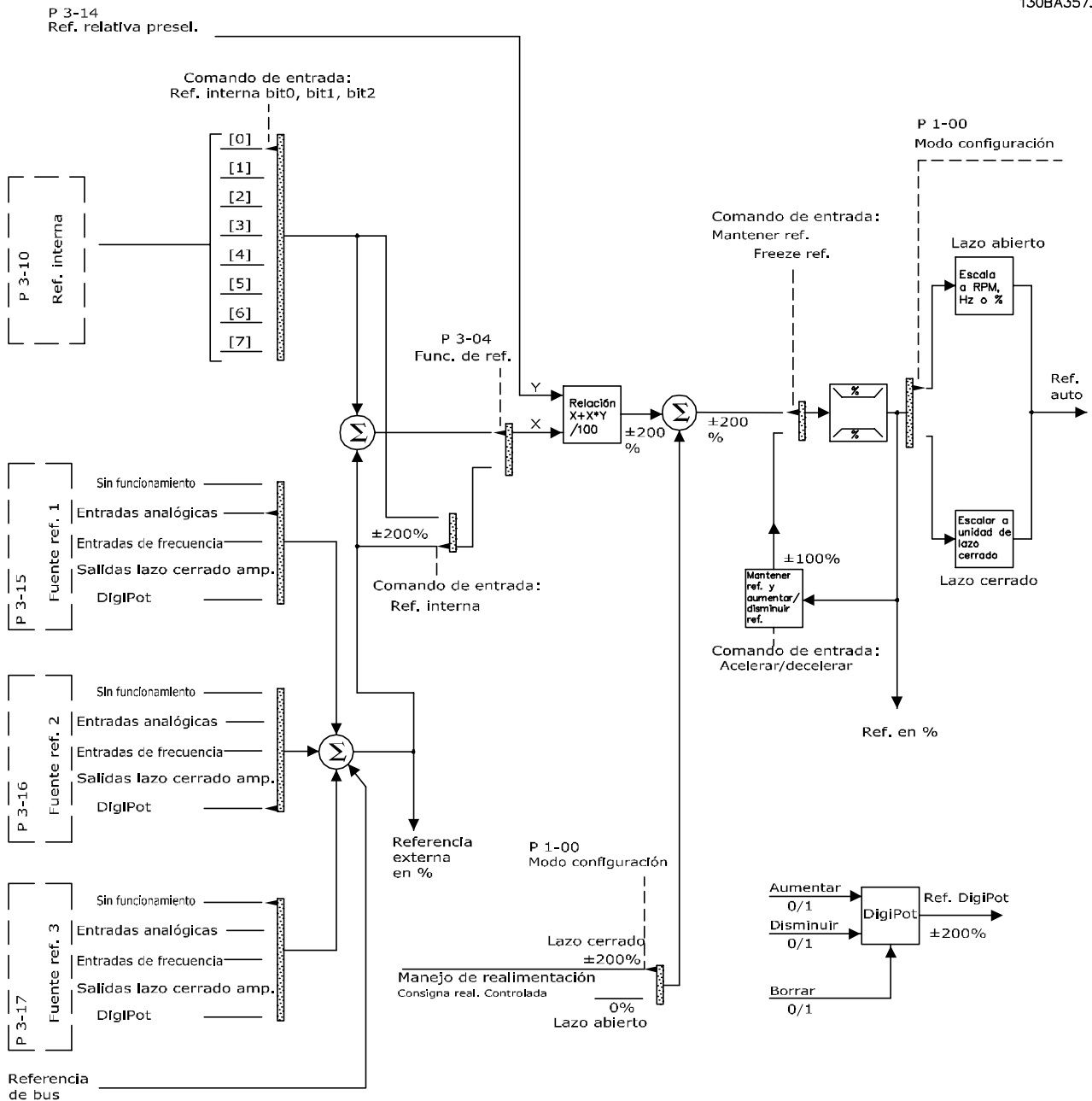


Ilustración 11.3 Manejo de referencias a distancia

11.2.3 Manejo de la realimentación

La gestión de la realimentación puede configurarse para trabajar con aplicaciones que requieran un control avanzado, tales como múltiples consignas y múltiples tipos de realimentaciones. Consulte el *Ilustración 11.4*. Son habituales tres tipos de control:

Zona única (valor de consigna único)

Este tipo de control es una configuración de realimentación básica. El valor de consigna 1 se añade a cualquier otra referencia (si la hubiese) y se selecciona la señal de realimentación.

Multizona (valor de consigna único)

Este tipo de control utiliza dos o tres sensores de realimentación pero solo un valor de consigna. La realimentación puede sumarse, restarse o puede hallarse su promedio. Adicionalmente, puede usarse el valor máximo o el mínimo. El valor de consigna 1 se utiliza exclusivamente en esta configuración.

Multizona (realimentación / valor de consigna)

El par valor de consigna / realimentación que tenga la mayor diferencia controla la velocidad del convertidor de frecuencia. El valor máximo intenta mantener todas las zonas en sus respectivos valores de consigna o por debajo, mientras que el valor mínimo intenta mantener todas las zonas en sus respectivos valores de consigna o por encima de estos.

Ejemplo

Una aplicación de dos zonas y dos valores de consigna. El valor de consigna de la zona 1 es 15 bar y su realimentación es de 5,5 bar. El valor de consigna de la zona 2 es 4,4 bar y la realimentación es de 4,6 bar. Si se selecciona el máximo, el valor de consigna y la realimentación de la zona 2 se envían al controlador PID, puesto que este tiene la diferencia más pequeña (la realimentación es más alta que el valor de consigna, de manera que se obtiene una diferencia negativa). Si se selecciona el mínimo, el valor de consigna y la realimentación de la zona 1 se envían al controlador PID, puesto que este tiene la mayor diferencia (la realimentación es más baja que el valor de consigna, de manera que se obtiene una diferencia positiva).

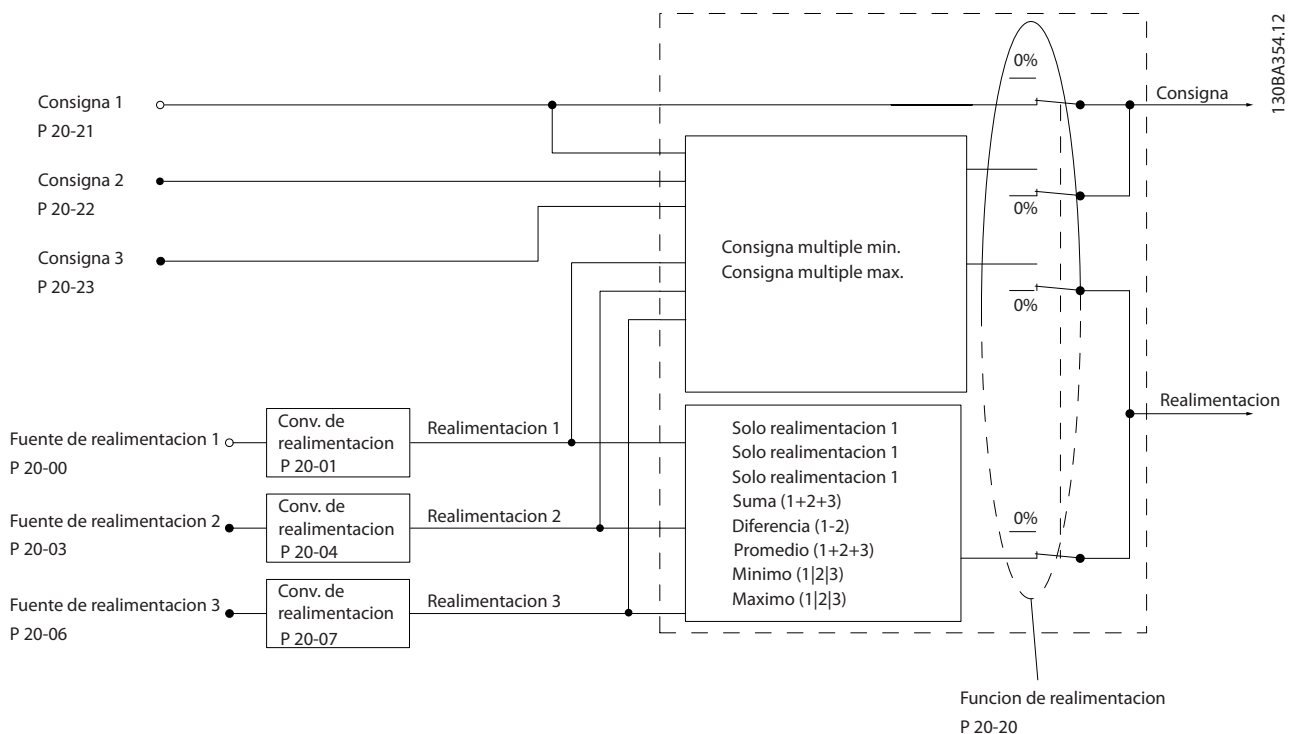
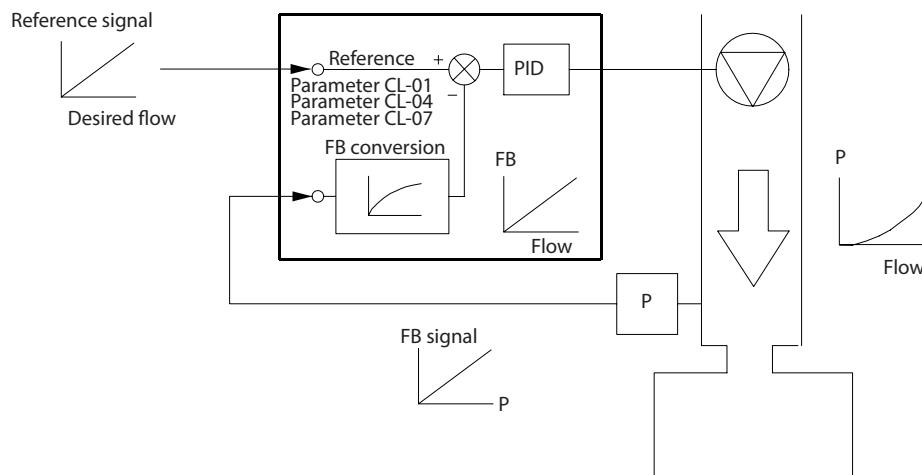


Ilustración 11.4 Diagrama de bloques de procesamiento de señal de realimentación

Conversión de realimentación

En algunas aplicaciones, resulta útil convertir la señal de realimentación. Un ejemplo de ello es el uso de una señal de presión para proporcionar realimentación de caudal. Puesto que la raíz cuadrada de la presión es proporcional al caudal, la raíz cuadrada de la señal de presión suministra un valor proporcional al caudal. Consulte la Ilustración 11.5.

11



130BF834.10

Ilustración 11.5 Conversión de realimentación

11.2.4 Aspectos generales de la estructura de control

La estructura de control es un proceso de software que controla el motor conforme a las referencias definidas por el usuario (por ejemplo, RPM) y en función de que se use realimentación o no (lazo cerrado / lazo abierto). El operador define el control en el *parámetro 1-00 Modo Configuración*.

Las estructuras de control son así:

Estructura de control de lazo abierto

- Velocidad (r/min)
- Par (Nm)

Estructura de control de lazo cerrado

- Velocidad (r/min)
- Par (Nm)
- Proceso (unidades definidas por el usuario; por ejemplo: pies, lpm, psi, %, bar)

11.2.5 Estructura de control de lazo abierto

En el modo de lazo abierto, el convertidor utiliza una o más referencias (locales o remotas) para controlar la velocidad o el par del motor. Hay dos tipos de control de lazo abierto:

- Control de velocidad. Sin realimentación desde el motor.
- Control de par. Utilizado en modo VVC⁺. La función se utiliza en aplicaciones mecánicamente robustas, pero su precisión es limitada. La función de par de lazo abierto funciona solo en una dirección de velocidad. El par se calcula en función de la medida de corriente del convertidor de frecuencia. Consulte la *capítulo 12 Ejemplos de aplicaciones*.

En la configuración que se muestra en la *Ilustración 11.6*, el convertidor de frecuencia funciona en modo de lazo abierto. Recibe datos de entrada desde el LCP (modo manual) o mediante una señal remota (modo automático). La señal (referencia de velocidad) se recibe y condiciona conforme a lo siguiente:

- Límites de velocidad del motor máximo y mínimo programados (en RPM y Hz).
- Tiempos de deceleración y aceleración.
- Sentido de giro del motor.

A continuación, se transmite la referencia para controlar el motor.

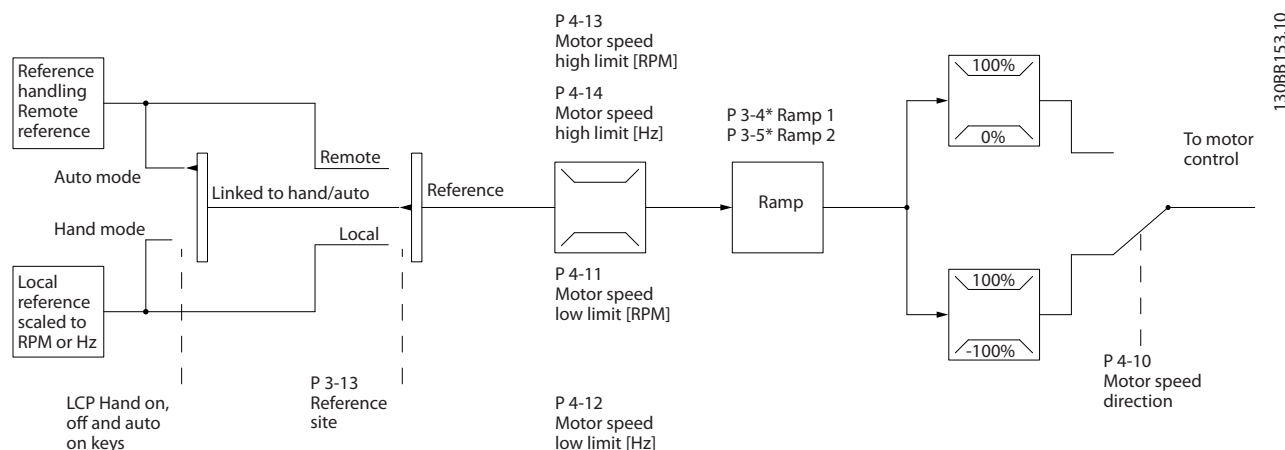


Ilustración 11.6 Diagrama de bloques de una estructura de control de lazo abierto

11.2.6 Estructura de control de lazo cerrado

En el modo de lazo cerrado, el convertidor utiliza una o más referencias (locales o remotas) y sensores de realimentación para controlar el motor. El convertidor de frecuencia recibe una señal de realimentación desde un sensor en el sistema. A continuación, compara esta señal con un valor de referencia y determina si existe alguna discrepancia entre ambas señales. Finalmente, el convertidor ajusta la velocidad del motor para corregir la discrepancia.

Por ejemplo, consideremos una aplicación de bombas en la que la velocidad de la bomba se controla para que la presión estática en una tubería sea constante (consulte la *Ilustración 11.7*). El convertidor de frecuencia recibe una señal de realimentación desde un sensor en el sistema. A continuación, compara esta señal con un valor de referencia y determina la discrepancia entre ambas señales, si la hubiese. Finalmente, ajusta la velocidad del motor para compensar dicha discrepancia.

El valor de consigna de presión estática es la señal de referencia al convertidor de frecuencia. Un sensor de presión estática mide la presión estática real en la tubería y suministra esta información al convertidor de frecuencia en forma de señal de realimentación. Si la señal de realimentación es mayor que el valor de consigna, el convertidor de frecuencia disminuye la velocidad para reducir la presión. De forma similar, si la presión en la tubería es inferior al valor de consigna, el convertidor de frecuencia acelera para aumentar la presión suministrada por la bomba.

Hay tres tipos de control de lazo cerrado:

- Control de velocidad. Este tipo de control requiere una realimentación PID de velocidad hacia una entrada. Un control de lazo cerrado de velocidad, debidamente optimizado, tiene una precisión mayor que un control de lazo abierto. El control de velocidad selecciona qué entrada se utilizará como realimentación PID de velocidad en el *parámetro 7-00 Fuente de realim. PID de veloc.*
- Control de par. Utilizado en modo de flujo con realimentación de encoder, este control ofrece un rendimiento superior en los cuatro cuadrantes y a todas las velocidades del motor. La función de control de par se utiliza en aplicaciones en las que el par de salida de eje motor controla la aplicación como control de tensión. El control de par se selecciona en *parámetro 1-00 Modo Configuración*, bien en [4] *VVC+ open loop* o [2] *Flux control closed loop with motor speed feedback*. El ajuste de par se realiza mediante la

configuración de una referencia analógica, digital o controlada mediante bus. El factor de límite máximo de velocidad se define en el *parámetro 4-21 Fuente del factor de límite de velocidad*. Al efectuar el control de par, se recomienda llevar a cabo un procedimiento AMA completo, ya que los datos correctos del motor son esenciales para obtener un rendimiento óptimo.

- Control de proceso. Se utiliza para controlar parámetros de aplicación que pueden medirse mediante varios sensores (presión, temperatura y flujo) y verse afectados por el motor conectado a través de una bomba o ventilador.

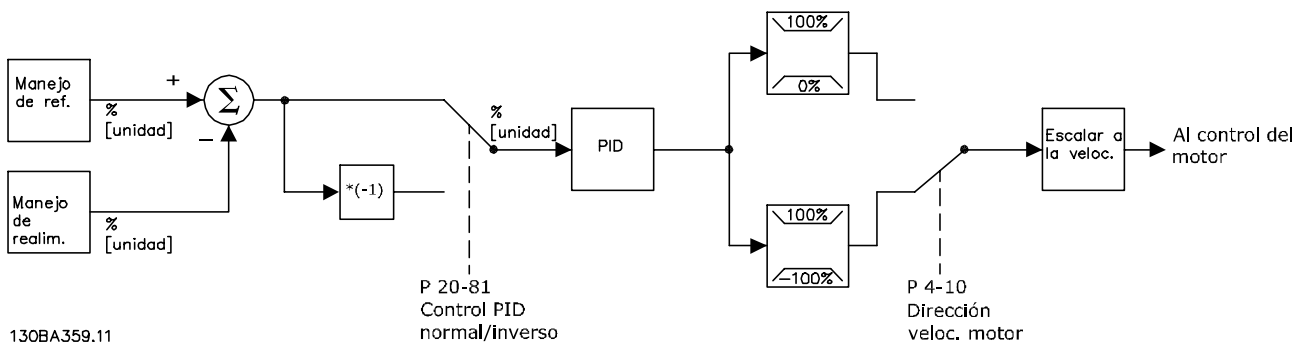


Ilustración 11.7 Diagrama de bloques del controlador de lazo cerrado

Funciones programables

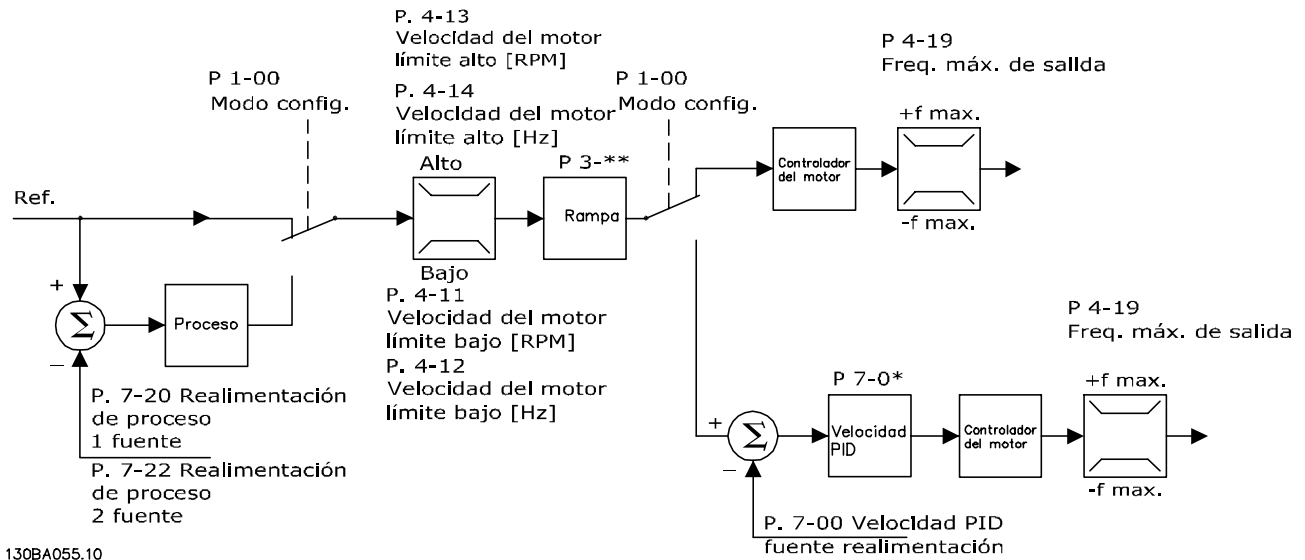
Aunque los valores predeterminados del convertidor de frecuencia de lazo cerrado normalmente proporcionan un rendimiento satisfactorio, a menudo puede optimizarse el control del sistema ajustando los parámetros de PID. Para dicha optimización, se facilita el *Auto tune*.

- Regulación inversa: la velocidad del motor se incrementa cuando existe una señal de realimentación alta.
- Frecuencia de arranque: permite que el sistema alcance rápidamente el estado de funcionamiento antes de que el controlador PID tome el control.
- Filtro de paso bajo integrado: reduce el ruido de la señal de realimentación.

11.2.7 Procesamiento de control

Consulte los *Parámetros activos / inactivos en distintos modos de control de la unidad* en la *Guía de programación* para tener una vista general de qué configuración de control está disponible, según la selección de motor de CA o motor de PM no saliente.

11.2.7.1 Estructura de control en el VVC+



130BA055.10

Ilustración 11.8 Estructura de control en configuraciones de lazo abierto y cerrado VVC+

En la Ilustración 11.8, se recibe la referencia resultante del sistema de manejo de referencias y se transfiere a la limitación de rampa y de velocidad antes de enviarse al control del motor. La salida del control del motor se limita entonces según el límite de frecuencia máxima.

El Parámetro 1-01 Principio control motor se ajusta a [1] VVC+ y el parámetro 1-00 Modo Configuración se ajusta a [0] Veloc. lazo abierto. Si parámetro 1-00 Modo Configuración se ajusta a [1] Veloc. lazo cerrado, la referencia resultante pasará desde la limitación de rampa y limitación de velocidad a un control de PID de velocidad. Los parámetros del control de PID de velocidad se encuentran en el grupo de parámetros 7-0* Ctrlador PID vel. La referencia resultante del control de PID de velocidad se envía al control de motor limitado por el límite de frecuencia.

Seleccione [3] Proceso en el parámetro 1-00 Modo Configuración para utilizar el control de PID de proceso para el control de lazo cerrado de, por ejemplo, la velocidad o la presión de la aplicación controlada. Los parámetros del PID de proceso se encuentran en los grupos de parámetros 7-2* Ctrl. realim. proc. y 7-3* Ctrl. PID proceso.

11.2.7.2 Estructura de control en control de flujo sin realimentación

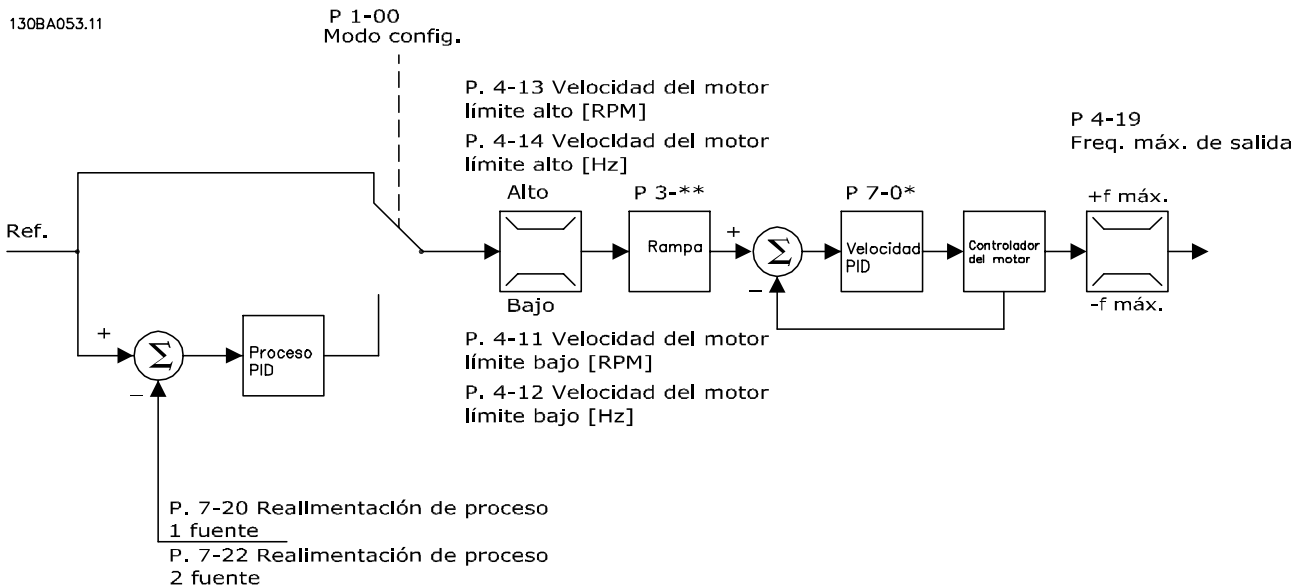


Ilustración 11.9 Estructura de control en configuraciones de lazo abierto y lazo cerrado de control de flujo sin realimentación

En la Ilustración 11.9, la referencia resultante del sistema de manejo de referencias pasa a través de los límites de rampa y velocidad, tal y como determinan los ajustes de parámetros indicados.

El Parámetro 1-01 Principio control motor se ajusta a [2] Flux sensorless y el parámetro 1-00 Modo Configuración se ajusta a [0] Veloc. lazo abierto. Se genera una realimentación de velocidad estimada para el PID de velocidad con el fin de controlar la frecuencia de salida. El PID de velocidad debe establecerse con sus parámetros P, I y D (grupo de parámetros 7-0* Ctrlador PID vel.).

Seleccione [3] Proceso en el parámetro 1-00 Modo Configuración para utilizar el control de PID de procesos para el control de lazo cerrado de la velocidad o la presión en la aplicación controlada. Los parámetros del PID de proceso se encuentran en los grupos de parámetros 7-2* Ctrl. realim. proc. y 7-3* Ctrl. PID proceso.

11.2.7.3 Estructura de control en Flux con Realimentación del motor

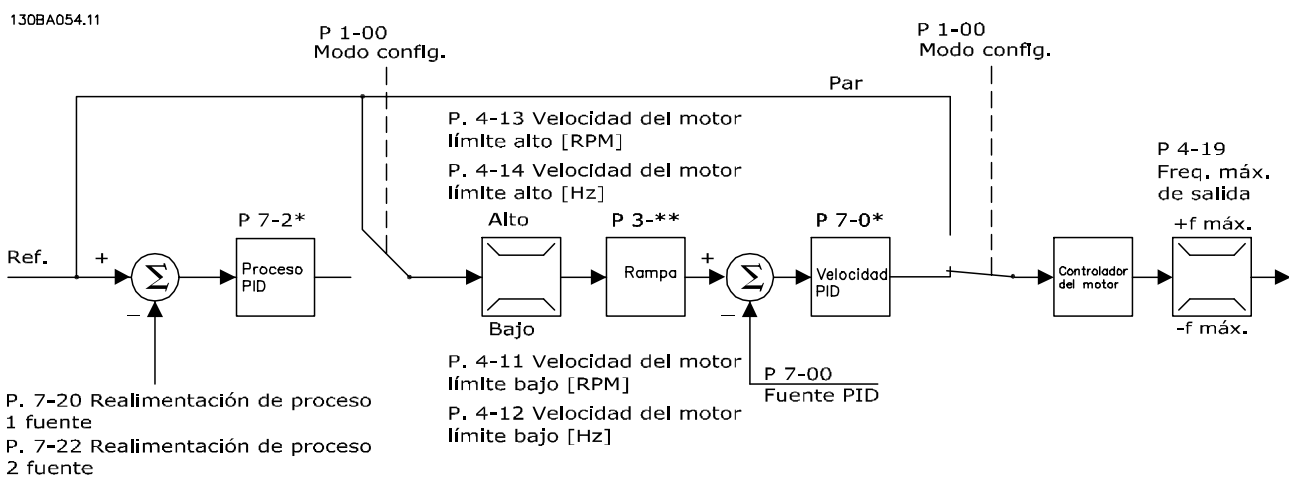


Ilustración 11.10 Estructura de control en configuración de flujo con realimentación del motor

En la Ilustración 11.10, el control del motor en esta configuración se basa en una señal de realimentación procedente de un encoder o resolver montado directamente en el motor (que se ajusta en el parámetro 1-02 Realimentación encoder motor

Flux). La referencia resultante puede utilizarse como entrada para el control de PID de velocidad, o directamente como referencia de par.

El *Parámetro 1-01 Principio control motor* se ajusta a [3] *Lazo Cerrado Flux* y el *parámetro 1-00 Modo Configuración* se ajusta a [1] *Veloc. lazo cerrado*. Los parámetros del control de PID de velocidad se encuentran en el *grupo de parámetros 7-0* Ctrlador PID vel.*

El control de par solamente puede seleccionarse en la configuración *Lazo Cerrado Flux* (*parámetro 1-01 Principio control motor*). Cuando se selecciona este modo, la referencia utiliza la unidad Nm. No requiere realimentación de par, ya que el par real se calcula a partir de la medida de intensidad del convertidor de frecuencia.

El control de PID de procesos puede utilizarse para el control de lazo cerrado de la velocidad o la presión en la aplicación controlada. Los parámetros del PID de proceso se encuentran en los *grupos de parámetros 7-2* Ctrl. realim. proc.* y *7-3* Ctrl. PID proceso.*

11.2.7.4 Control de corriente interna en modo VVC⁺

Cuando la relación par/intensidad del motor supera los límite de par ajustados en el *parámetro 4-16 Modo motor límite de par*, el *parámetro 4-17 Modo generador límite de par* y el *parámetro 4-18 Límite intensidad*, se activa el control del límite de corriente integral.

Cuando el convertidor de frecuencia está al límite de intensidad durante el funcionamiento del motor o el funcionamiento regenerativo, intentará situarse lo más rápidamente posible por debajo de los límites de par predeterminados sin perder el control del motor.

12 Ejemplos de aplicaciones

Los ejemplos de esta sección pretenden ser una referencia rápida para aplicaciones comunes.

- Los ajustes de parámetros son los valores regionales predeterminados, salvo que se indique lo contrario (seleccionado en *parámetro 0-03 Ajustes regionales*).
- Los parámetros asociados con los terminales y sus ajustes se muestran al lado de los dibujos.
- Cuando se necesiten ajustes de conmutador para los terminales analógicos A53 o A54, también se mostrarán dichos ajustes.
- Con la función de STO, puede ser necesario un puente entre el terminal 12 y el 37 al usar los valores de programación ajustados en fábrica.

12.1 Configuraciones de cableado para adaptación automática del motor (AMA)

		Parámetros	
FC		Función	Ajuste
+24 V	12	Parámetro 1-29 Adaptación automática del motor (AMA)	[1] Act. AMA completo
+24 V	13		
D IN	18		
D IN	19		
COM	20	Parámetro 5-12 Terminal 27 Entrada digital	[2]* Inercia
D IN	27		
D IN	29		
D IN	32		
D IN	33	*=Valor por defecto	
Notas/comentarios: ajuste el grupo de parámetros 1-2* Datos de motor conforme a la placa de características del motor.			
+10 V	50		
A IN	53		
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
COM	39		

Tabla 12.1 Configuración de cableado para AMA con T27 conectado

		Parámetros	
FC		Función	Ajuste
+24 V	12	Parámetro 1-29 Adaptación automática del motor (AMA)	[1] Act. AMA completo
+24 V	13		
D IN	18		
D IN	19		
COM	20	Parámetro 5-12 Terminal 27 Entrada digital	[0] Sin función
D IN	27		
D IN	29		
D IN	32		
D IN	33	*=Valor por defecto	
Notas/comentarios: ajuste el grupo de parámetros 1-2* Datos de motor conforme a la placa de características del motor.			
+10 V	50		
A IN	53		
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
COM	39		

Tabla 12.2 Configuración de cableado para AMA sin T27 conectado

12.2 Configuraciones de cableado para referencia analógica de velocidad

		Parámetros	
FC		Función	Ajuste
+10 V	50	Parámetro 6-10 Terminal 53 escala baja V	0,07 V*
A IN	53		
A IN	54	Parámetro 6-11 Terminal 53 escala alta V	10 V*
COM	55	Parámetro 6-14 Term. 53 valor bajo ref./realim	0 r/min
A OUT	42		
COM	39	Parámetro 6-15 Term. 53 valor alto ref./realim	1500 r/min
*=Valor por defecto			
Notas/comentarios:			

Tabla 12.3 Configuraciones de cableado para referencia analógica de velocidad (tensión)

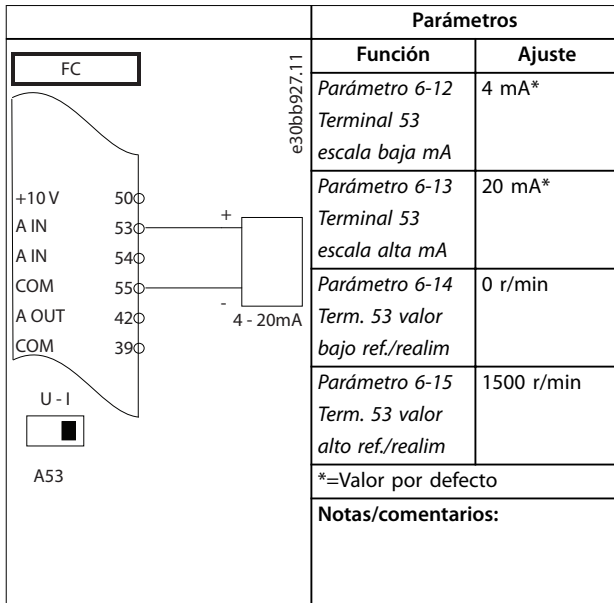


Tabla 12.4 Configuraciones de cableado para referencia analógica de velocidad (Corriente)

12.3 Configuraciones de cableado de arranque/parada

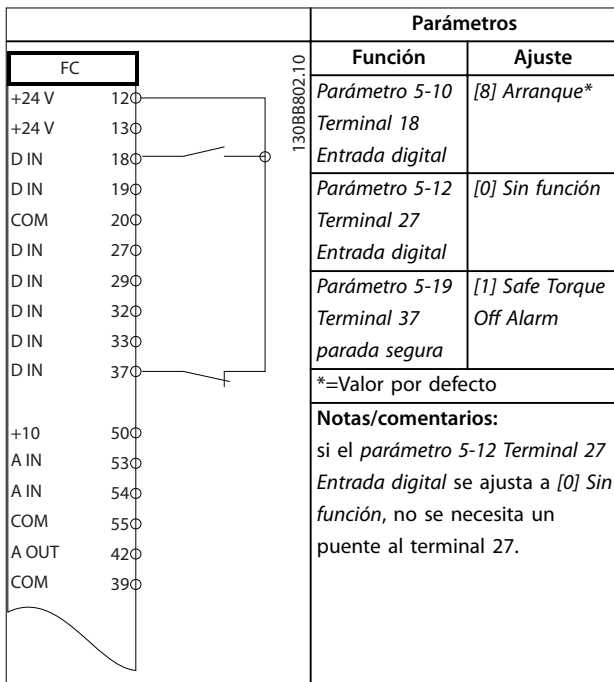


Tabla 12.5 Configuraciones de cableado de la orden de arranque/parada con Safe Torque Off

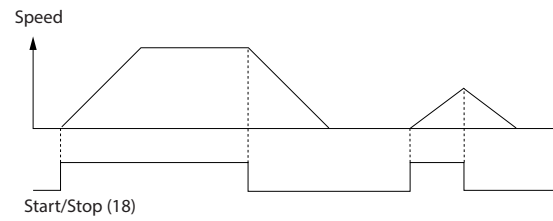


Ilustración 12.1 Arranque/parada con Safe Torque Off

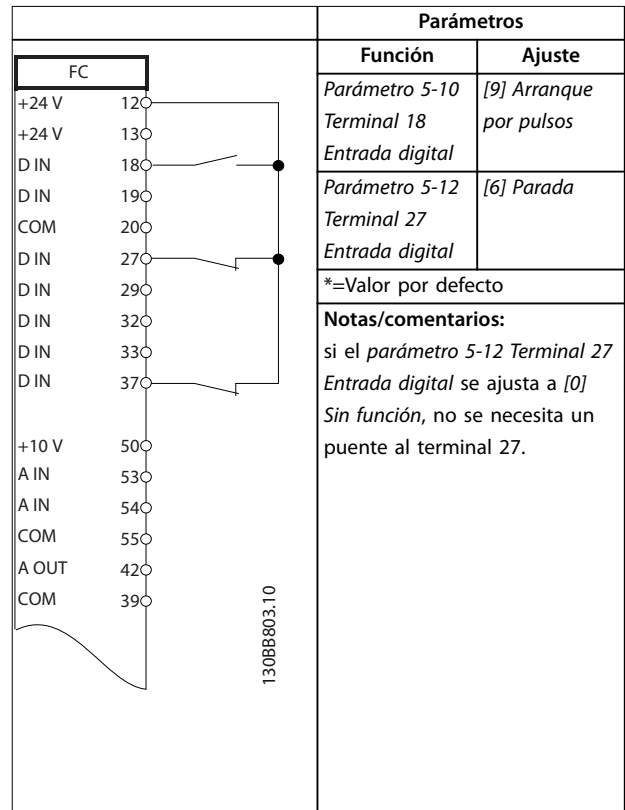


Tabla 12.6 Configuración de cableado del arranque/parada por pulsos

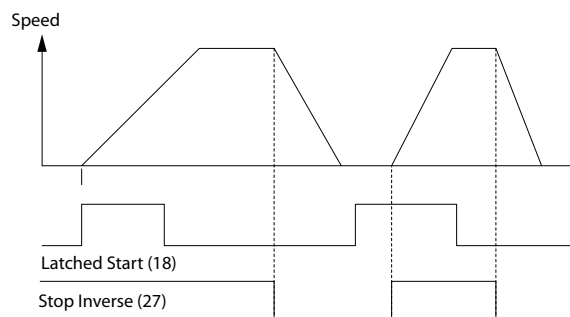


Ilustración 12.2 Arranque por pulsos / parada inversa

		Parámetros	
FC		Función	Ajuste
+24 V	12	Parámetro 5-10	[8] Arranque
+24 V	13	Terminal 18	
D IN	18	Entrada digital	
D IN	19	Parámetro 5-11	[10] Cambio de sentido*
COM	20	Terminal 19	
D IN	27	entrada digital	
D IN	29	Parámetro 5-12	[0] Sin función
D IN	32	Terminal 27	
D IN	33	Entrada digital	
+10 V	50	Parámetro 5-14	[16] Ref.interna
A IN	53	Terminal 32	LSB
A IN	54	Parámetro 5-15	[17] Ref.interna
COM	55	Terminal 33	MSB
A OUT	42	Parámetro 3-10	
COM	39	Referencia interna	
		Ref. interna 0	25%
		Ref. interna 1	50%
		Ref. interna 2	75%
		Ref. interna 3	100%
		*=Valor por defecto	
		Notas/comentarios:	

Tabla 12.7 Configuración de cableado para arranque/parada con cambio de sentido y cuatro velocidades predeterminadas

12.4 Configuración de cableado para el reinicio de alarma externa

		Parámetros	
FC		Función	Ajuste
+24 V	12	Parámetro 5-11	[1] Reinicio
+24 V	13	Terminal 19	
D IN	18	entrada digital	
D IN	19		
COM	20	*=Valor por defecto	
D IN	27	Notas/comentarios:	
D IN	29		
D IN	32		
D IN	33		
D IN	37		
+10 V	50		
A IN	53		
A IN	54		
COM	55		
A OUT	42		
COM	39		

Tabla 12.8 Configuración de cableado para el reinicio de alarma externa

12.5 Configuración de cableado para velocidad de referencia mediante un potenciómetro manual

		Parámetros	
FC		Función	Ajuste
+10 V	50	Parámetro 6-10	0,07 V*
A IN	53	Terminal 53	
A IN	54	escala baja V	
COM	55	Parámetro 6-11	10 V*
A OUT	42	Terminal 53	
COM	39	escala alta V	
		Parámetro 6-14	0 r/min
		Term. 53 valor bajo ref./realim	
		Parámetro 6-15	1500 r/min
		Term. 53 valor alto ref./realim	
		*=Valor por defecto	
		Notas/comentarios:	

Tabla 12.9 Configuración de cableado para velocidad de referencia (Usando un potenciómetro manual)

12.6 Configuración de cableado para aceleración/desaceleración

FC		Parámetros	
		Función	Ajuste
+24 V	12	Parámetro 5-10	[8] Arranque*
+24 V	13	Terminal 18	
D IN	18	Entrada digital	
D IN	19	Parámetro 5-12	[19] Mantener referencia
COM	20	Terminal 27	
D IN	27	Entrada digital	
D IN	29	Parámetro 5-13	[21]
D IN	32	Terminal 29	Aceleración
D IN	33	Entrada digital	
D IN	37	Parámetro 5-14	[22] Deceleración
		Terminal 32	entrada digital
		*=Valor por defecto	
		Notas/comentarios:	

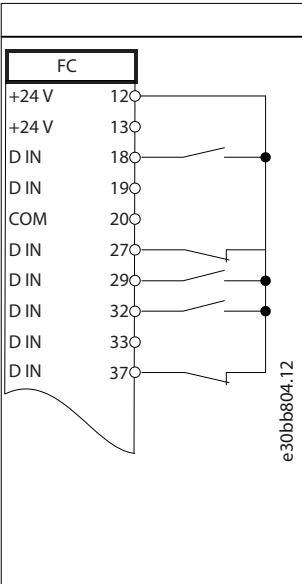


Tabla 12.10 Configuración de cableado para aceleración/desaceleración

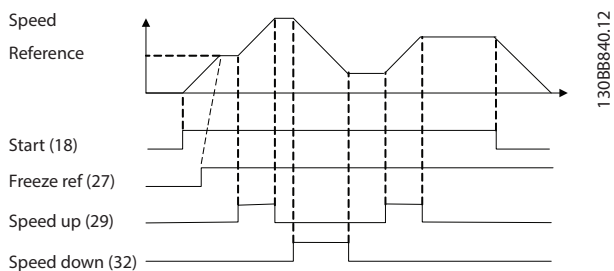


Ilustración 12.3 Aceleración/desaceleración

12.7 Configuración de cableado para la conexión de red RS485

FC		Parámetros	
		Función	Ajuste
+24 V	12	Parámetro 8-30	FC*
+24 V	13	Protocolo	
D IN	18	Parámetro 8-31	1*
D IN	19	Dirección	
COM	20	Parámetro 8-32	9600*
D IN	27	Velocidad en baudios	
D IN	29		
D IN	32		
D IN	33		
D IN	37		
		*=Valor por defecto	
		Notas/comentarios: seleccione el protocolo, la dirección y la velocidad en baudios en los parámetros.	

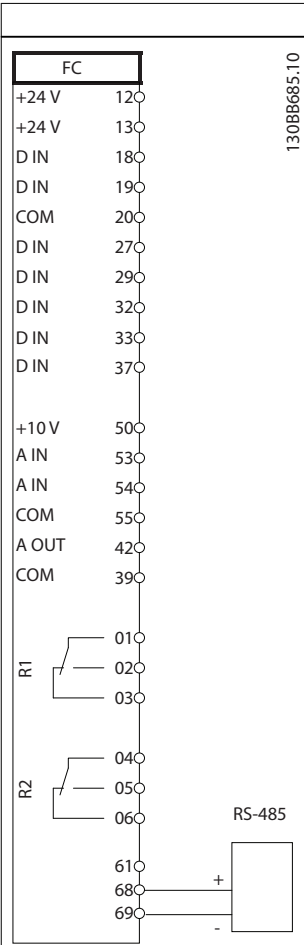


Tabla 12.11 Configuración de cableado para la conexión de red RS485

12.8 Configuración de cableado de un termistor del motor

AVISO!

Los termistores deben utilizar aislamiento reforzado o doble para cumplir los requisitos de aislamiento PELV.

		Parámetros	
		Función	Ajuste
		<i>Parámetro 1-90</i> Protección térmica motor	[2] Descon. termistor
		<i>Parámetro 1-93</i> Fuente de termistor	[1] Entrada analógica 53
		*=Valor por defecto	
		Notas/comentarios: si solo se necesita una advertencia, ajuste el parámetro 1-90 Protección térmica motor en [1] Advert. termistor.	

Tabla 12.12 Configuración de cableado de un termistor del motor

12.9 Configuración de cableado para un controlador de cascada

La *Ilustración 12.4* muestra un ejemplo del controlador de cascada integrado básico con una bomba de velocidad variable (principal) y dos bombas de velocidad fija, un transmisor de 4-20 mA y un enclavamiento de seguridad del sistema.

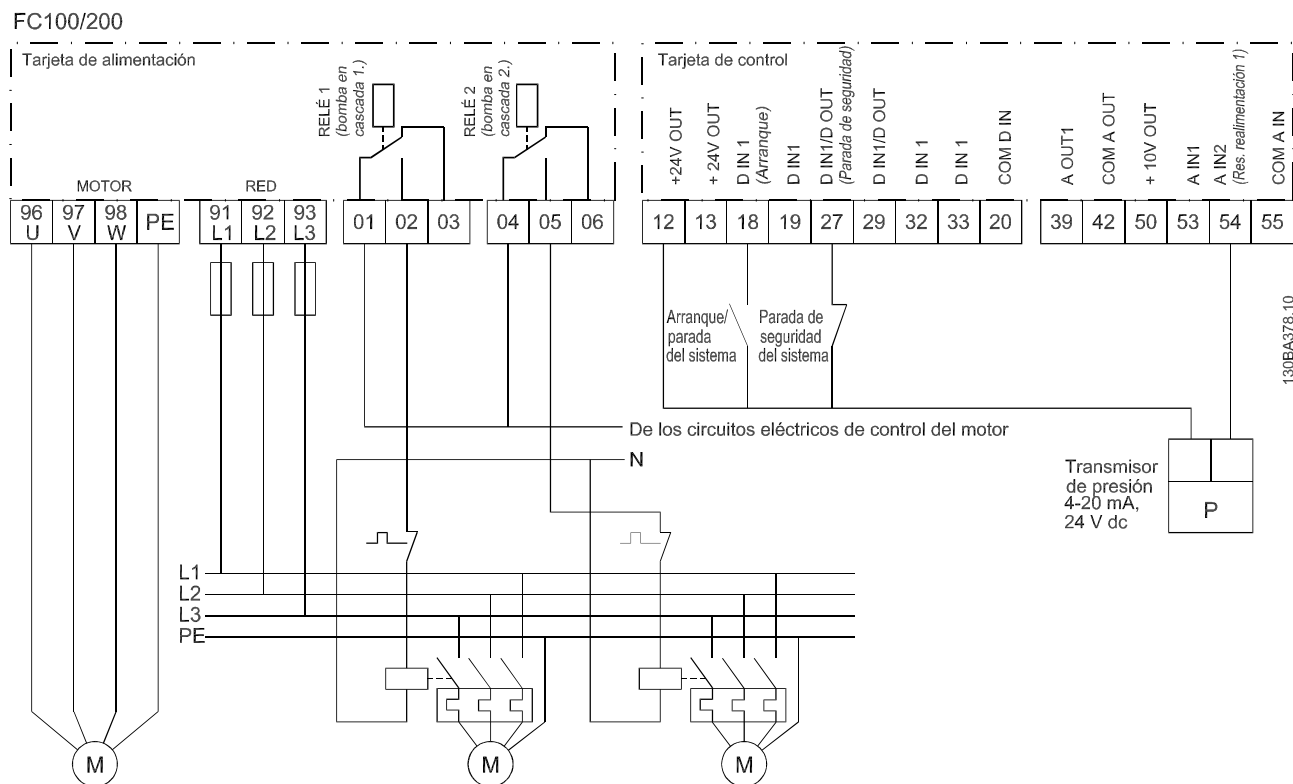


Ilustración 12.4 Diagrama de cableado del controlador de cascada

12.10 Configuración de cableado para un ajuste de relé con Smart Logic Control

		Parámetros																																				
		Función	Ajuste																																			
<table border="1"> <tr><td>FC</td><td></td></tr> <tr><td>+24 V</td><td>12</td></tr> <tr><td>+24 V</td><td>13</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>18</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>19</td></tr> <tr><td>COM</td><td>20</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>27</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>29</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>32</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>33</td></tr> <tr><td>D IN</td><td>37</td></tr> <tr><td>+10 V</td><td>50</td></tr> <tr><td>A IN</td><td>53</td></tr> <tr><td>A IN</td><td>54</td></tr> <tr><td>COM</td><td>55</td></tr> <tr><td>A OUT</td><td>42</td></tr> <tr><td>COM</td><td>39</td></tr> </table>		FC		+24 V	12	+24 V	13	D IN	18	D IN	19	COM	20	D IN	27	D IN	29	D IN	32	D IN	33	D IN	37	+10 V	50	A IN	53	A IN	54	COM	55	A OUT	42	COM	39	130B8839-1.0	<p>Parámetro 4-30 Función de pérdida de realim. del motor</p> <p>Parámetro 4-31 Error de velocidad en realim. del motor</p> <p>Parámetro 4-32 Tiempo lím. pérdida realim. del motor</p> <p>Parámetro 7-00 Fuente de realim. PID de veloc.</p> <p>Parámetro 17-11 Resolución (PPR)</p> <p>Parámetro 13-00 Modo Controlador SL</p> <p>Parámetro 13-01 Evento arranque</p> <p>Parámetro 13-02 Evento parada</p> <p>Parámetro 13-10 Operando comparador</p> <p>Parámetro 13-11 Operador comparador</p> <p>Parámetro 13-12 Valor comparador</p> <p>Parámetro 13-51 Evento Controlador SL</p> <p>Parámetro 13-52 Acción Controlador SL</p> <p>Parámetro 5-40 Relé de función</p>	<p>[1] Advertencia</p> <p>100 r/min</p> <p>5 s</p> <p>[2] MCB 102</p> <p>1024*</p> <p>[1] Sí</p> <p>[19] Advertencia</p> <p>[44] Botón Reset</p> <p>[21] Número advert.</p> <p>[1] ≈ (igual)*</p> <p>90</p> <p>[22] Comparador 0</p> <p>[32] Aj. sal. dig. A baja</p> <p>[80] Salida digital SL A</p>
FC																																						
+24 V	12																																					
+24 V	13																																					
D IN	18																																					
D IN	19																																					
COM	20																																					
D IN	27																																					
D IN	29																																					
D IN	32																																					
D IN	33																																					
D IN	37																																					
+10 V	50																																					
A IN	53																																					
A IN	54																																					
COM	55																																					
A OUT	42																																					
COM	39																																					
<table border="1"> <tr><td>R1</td><td>01</td></tr> <tr><td></td><td>02</td></tr> <tr><td></td><td>03</td></tr> <tr><td>R2</td><td>04</td></tr> <tr><td></td><td>05</td></tr> <tr><td></td><td>06</td></tr> </table>		R1	01		02		03	R2	04		05		06																									
R1	01																																					
	02																																					
	03																																					
R2	04																																					
	05																																					
	06																																					
			*=Valor por defecto																																			

	Parámetros	
	Función	Ajuste
Notas/comentarios:		
<p>si se supera el límite del monitor de realimentación, se emite la advertencia 90, Control encoder. El SLC supervisa la advertencia 90, Control encoder y si esta se evalúa como verdadera, se activa el relé 1.</p> <p>Los equipos externos pueden necesitar reparación. Si el valor del error de realimentación vuelve a ser inferior al límite en un intervalo de 5 s, el convertidor de frecuencia continúa funcionando y la advertencia desaparece. Reinicie el relé 1 pulsando [Reset] en el LCP.</p>		

Tabla 12.13 Configuración de cableado para un ajuste de relé con Smart Logic Control

12.11 Configuración de cableado para una bomba de velocidad fija/variable

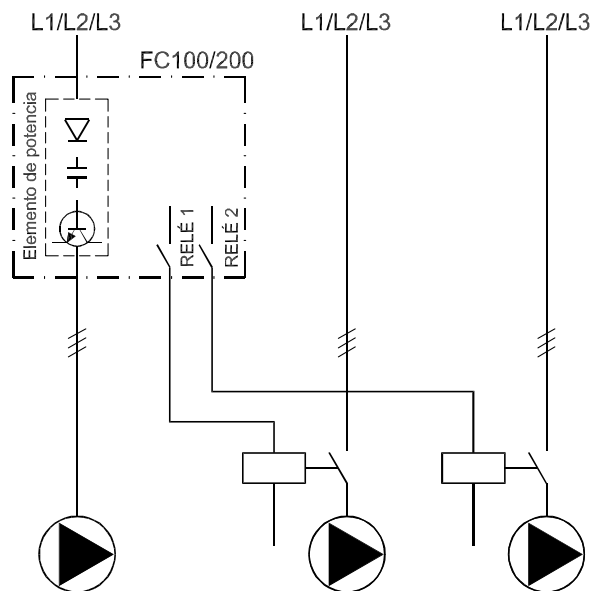


Ilustración 12.5 Diagrama de cableado de bombas de velocidad fija variable

130BA376.11

12.12 Configuración de cableado para alternancia de bomba principal

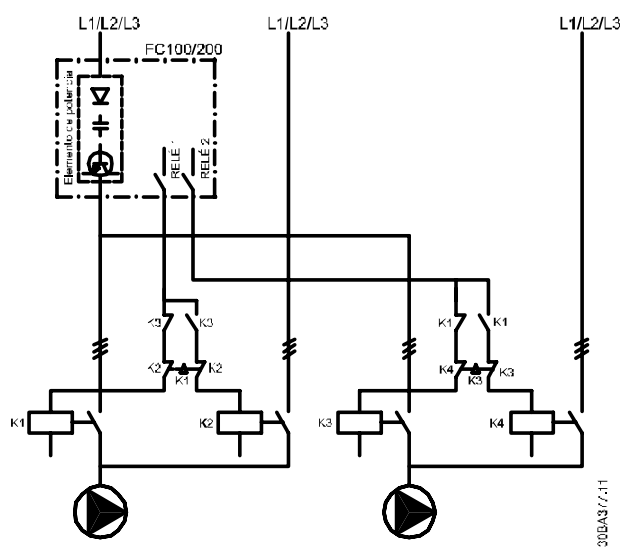


Ilustración 12.6 Diagrama de cableado de alternancia de bomba principal.

Cada bomba debe estar conectada a dos contactores (K1/K2 y K3/K4) con un sistema de enclavamiento mecánico. Deben utilizarse relés térmicos u otros dispositivos de protección contra sobrecarga del motor conformes a las normas locales y/o a las necesidades individuales.

- El relé 1 (R1) y el relé 2 (R2) son los relés integrados en el convertidor.
- Cuando todos los relés están sin alimentación, el primer relé integrado que recibe alimentación conecta el contactor correspondiente a la bomba controlada por el relé. Por ejemplo, el relé 1 conecta el contactor K1, que se convierte en la bomba principal.
- El K1 bloquea el K2 mediante el sistema de enclavamiento mecánico, evitando que se conecte la alimentación a la salida del convertidor de frecuencia (a través del K1).
- Un interruptor de corte auxiliar en el K1 evita que el K3 se conecte.
- El relé 2 controla el contactor K4 para controlar el encendido/apagado de la bomba de velocidad fija.
- En la alternancia, ambos relés dejan de recibir alimentación y, a continuación, el relé 2 recibe alimentación como primer relé.

13 Cómo encargar un convertidor de frecuencia

13.1 Configurador de convertidores de frecuencia

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
F	C	-								T											X	X	S	X	X	X	X	A		B		C						D

130BC530.10

Tabla 13.1 Código descriptivo

Grupos de productos	1-3
Serie del convertidor de frecuencia	4-6
Generación de código	7
Potencia de salida	8-10
Fases	11
Tensión de red	12
Protección Tipo de envoltorio Clase de protección Tensión de alimentación de control	13-15
Configuración de hardware	16-23
Filtro RFI / convertidor de frecuencia de bajos armónicos / 12 pulsos	16-17
Freno	18
Pantalla (LCP)	19
PCB barnizada	20
Opción de alimentación	21
Adaptación A	22
Adaptación B	23
Versión de software	24-27
Idioma del software	28
Opción A	29-30
Opciones B	31-32
Opciones C0, MCO	33-34
Opciones C1	35
Software de opción C	36-37
Opciones D	38-39

Tabla 13.2 Ejemplo de código descriptivo para pedir un convertidor

Configure el convertidor correcto para la aplicación adecuada con ayuda del configurador de convertidores de frecuencia disponible en internet. El configurador de convertidores de frecuencia puede encontrarse en el sitio de internet: www.danfoss.com/Spain. El configurador crea un código descriptivo y un número de ventas de ocho dígitos para su envío a la oficina local de ventas. También puede establecerse una lista de proyectos con varios productos y enviársela a un representante de ventas de Danfoss.

Un ejemplo de código descriptivo sería:

FC-102N355T5E20H4BGCXXXSXXXXA0BXCXXXX0

El significado de los caracteres de la cadena puede encontrarse en la *Tabla 13.3*. En el ejemplo anterior, se incluyen un Profibus DP V1 y una opción de alimentación de seguridad de 24 V.

Los convertidores se suministran automáticamente con un paquete de idioma correspondiente a la región desde la que se realiza el pedido. Cuatro paquetes regionales de idioma cubren los siguientes idiomas:

Paquete de idioma 1

Inglés, alemán, francés, danés, holandés, español, sueco, italiano y finlandés.

Paquete de idioma 2

Inglés, alemán, chino, coreano, japonés, tailandés, chino tradicional e indonesio.

Paquete de idioma 3

Inglés, alemán, esloveno, búlgaro, serbio, rumano, húngaro, checo y ruso.

Paquete de idioma 4

Inglés, alemán, español, inglés americano, griego, portugués brasileño, turco y polaco.

Para realizar el pedido con un paquete de idioma diferente, póngase en contacto con su oficina local de ventas de Danfoss.

Descripción	Posición	Opción posible
Grupo de productos	1-3	FC-
Serie del convertidor de frecuencia	4-6	102: FC 102
Potencia de salida	8-10	N355: 355 kW (500 CV) N400: 400 kW (600 CV) N450: 450 kW (450-600 CV) N500: 500 kW (500-650 CV) N560: 560 kW (600-750 CV) N630: 630 kW (650 CV) N710: 710 kW (750 CV) N800: 800 kW (950 CV)
Fases	11	Trifásico (T)
Tensión de red	11-12	T5: 380-480 V CA T7: 525-690 V CA
Protección	13-15	E00: IP00/Chasis (solo las envolventes E3h/E4h con carga compartida / regeneración superior) E20: IP20/chasis E21: IP21/Tipo 1 E54: IP54 / Tipo 12 E2M: IP21/Tipo 1 con pantalla de alimentación E5M: IP54/Tipo 12 con pantalla de alimentación H21: IP21/Tipo 1 con resistencia calefactora H54: IP54/Tipo 12 con resistencia calefactora C20: IP20/Tipo 1 con canal posterior de acero inoxidable C21: IP21/Tipo 1 con canal posterior de acero inoxidable C54: IP54/Tipo 12 con canal posterior de acero inoxidable C2M: IP21/Tipo 1 con pantalla de alimentación y canal posterior de acero inoxidable C5M: IP54/Tipo 12 con pantalla de alimentación y canal posterior de acero inoxidable C2H: IP21/Tipo 1 con resistencia calefactora y canal posterior de acero inoxidable C5H: IP54/Tipo 12 con resistencia calefactora y canal posterior de acero inoxidable
Filtro RFI	16-17	H2: Filtro RFI, clase A2 (C3) H4: Filtro RFI, clase A1 (C2)
Freno	18	X: Sin interruptor de freno B: Chopper de frenado instalado T: Safe Torque Off (STO) U: Interruptor de freno + Safe Torque Off R: Terminales regenerativos S: Chopper de frenado y terminales de regeneración (solo en envolventes E3h/E4h)
Display	19	X: Sin LCP G: LCP gráfico (LCP-102) J: Sin LCP, con USB en la puerta L: Panel gráfico LCP, con USB en la puerta
PCB barnizada	20	C: PCB barnizada R: PCB 3C3 barnizada y reforzada
Opción de alimentación	21	X: sin opción de alimentación 3: Desconexión de la alimentación y fusibles 7: Fusibles A: Fusibles y terminales de carga compartida (solo en envolventes E3h/E4h) D: Terminales de carga compartida (solo en envolventes E3h/E4h)
Hardware, adaptación A	22	X: sin opción
Hardware, adaptación B	23	X: sin opción Q: Acceso a disipador
Versión de software	24-28	SXXX: última edición - software estándar S009: software portador

Descripción	Posición	Opción posible
Idioma del software	28	X: Paquete de idioma estándar

Tabla 13.3 Código descriptivo de pedido de las envolventes E1h-E4h

Descripción	Posición	Opción posible
Opción A	29-30	AX: sin opción A A0: VLT® PROFIBUS DP V1 MCA 101 A4: VLT® DeviceNet MCA 104 AG: VLT® LonWorks MCA 108 AJ: VLT® BACnet MCA 109 AK: VLT® BACnet/IP MCA 125 AL: VLT® PROFINET MCA 120 AN: VLT® EtherNet/IP MCA 121 AQ: VLT® POWERLINK MCA 122
Opciones B	31-32	BX: sin opción B0: Opción VLT® Analog I/O Option MCB 109 B2: VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 B4: Opción VLT® Sensor Input MCB 114 BK: VLT® General Purpose I/O Module MCB 101 BP: VLT® Relay Card MCB 105
Opciones C0/ E0	33-34	CX: sin opción
Opciones C1 / A/B en adaptador de opción C	35	X: sin opción R: VLT® Extended Relay Card MCB 113
Software de opción C / Opciones E1	36-37	XX: Sin opción de software
Opciones D	38-39	DX: sin opción D0: suministro externo de 24 V CC VLT® 24 V DC Supply MCB-107

Tabla 13.4 Opciones de código descriptivo de pedido de las envolventes E1h-E4h

13.2 Números de pedido para opciones y accesorios

Tipo	Descripción	Número de pedido
Hardware diverso		
Entrada superior de PROFIBUS	Entrada superior para la clasificación de protección de envolventes IP54.	176F1742
USB en la puerta	Kit de cable prolongador de USB que permite acceder a los controles de la unidad a través del ordenador portátil sin necesidad de abrir el convertidor de frecuencia.	130B1156
Barra de conexión a toma de tierra	Puntos de conexión toma a tierra adicionales para los convertidores E1h y E2h.	176F6609
Pantalla de alimentación, E1h	Apantallamiento (cubierta) montado frente a los terminales de potencia para protección contra contactos accidentales.	176F6619
Pantalla de alimentación, E2h	Apantallamiento (cubierta) montado frente a los terminales de potencia para protección contra contactos accidentales.	176F6620
Bloques de terminales	Atornillar los bloques de terminales para sustituir los terminales con resorte. (un conector de 10 contactos, un conector de 6 contactos y otro conector de 3 contactos)	130B1116
Kits de refrigeración de canal posterior		
Entrada inferior / salida superior, E3h	Permite que el aire de refrigeración entre por la parte inferior y salga por la parte superior del convertidor. Este kit solo se utiliza para la envoltura E3h con placa base de 600 mm (21,6 in).	176F6606

Entrada inferior / salida superior, E3h	Permite que el aire de refrigeración entre por la parte inferior y salga por la parte superior del convertidor. Este kit solo se utiliza para la envolvente E3h con placa base de 800 mm (31,5 in).	176F6607	
Entrada inferior / salida superior, E4h	Permite que el aire de refrigeración entre por la parte inferior y salga por la parte superior del convertidor. Este kit solo se utiliza para la envolvente E4h con placa base de 800 mm (31,5 in).	176F6608	
Entrada/salida posterior, E1h	Permite que el aire de refrigeración entre y salga por la parte posterior del convertidor. Este kit solo se utiliza para las envolventes E1h.	176F6617	
Entrada/salida posterior, E2h	Permite que el aire de refrigeración entre y salga por la parte posterior del convertidor. Este kit solo se utiliza para las envolventes E2h.	176F6618	
Entrada/salida posterior, E3h	Permite que el aire de refrigeración entre y salga por la parte posterior del convertidor. Este kit solo se utiliza para las envolventes E3h.	176F6610	
Entrada/salida posterior, E4h	Permite que el aire de refrigeración entre y salga por la parte posterior del convertidor. Este kit solo se utiliza para las envolventes E4h.	176F6611	
Entrada inferior / salida posterior, E3h	Permite que el aire de refrigeración entre por la parte inferior y salga por la parte posterior del convertidor. Este kit solo se utiliza para la envolvente E3h con placa base de 600 mm (21,6 in).	176F6612	
Entrada inferior / salida posterior, E3h	Permite que el aire de refrigeración entre por la parte inferior y salga por la parte posterior del convertidor. Este kit solo se utiliza para la envolvente E3h con placa base de 800 mm (31,5 in).	176F6613	
Entrada inferior / salida posterior, E4h	Permite que el aire de refrigeración entre por la parte inferior y salga por la parte posterior del convertidor. Este kit solo se utiliza para la envolvente E4h con placa base de 800 mm (31,5 in).	176F6614	
Entrada posterior / salida superior, E3h	Permite que el aire de refrigeración entre por la parte posterior y salga por la parte superior del convertidor. Este kit solo se utiliza para las envolventes E3h.	176F6615	
Entrada posterior / salida superior, E4h	Permite que el aire de refrigeración entre por la parte posterior y salga por la parte superior del convertidor. Este kit solo se utiliza para las envolventes E4h.	176F6616	
LCP			
LCP 101	Panel de control local numérico (NLCP).	130B1124	
LCP 102	Panel de control local gráfico (GLCP).	130B1107	
Cable del LCP	Cable LCP individual, 3 m (9 pies).	175Z0929	
Kit LCP, IP21	Kit de montaje en panel con LCP gráfico, sujeciones, cable de 3 m (9 pies) y junta.	130B1113	
Kit LCP, IP21	Kit de montaje en panel con LCP numérico, sujeciones y junta incluidos.	130B1114	
Kit LCP, IP21	Kit de montaje en panel para todos los LCP, con sujeciones, cable de 3 m (9 pies) y junta.	130B1117	
Opciones para la ranura A (dispositivos de fieldbus)		Sin revestimiento barnizado	Barnizado
MCA 101	Opción Profibus DP V0/V1.	130B1100	130B1200
MCA 104	Opción DeviceNet.	130B1102	130B1202
MCA 108	Opción LonWorks.	130R1106	130R1206
MCA 109	Opción BACnet.	130R1144	130R1244
MCA 120	Opción PROFINET.	130B1135	130B1235
MCA 121	Opción Ethernet / IP.	130B1119	130B1219
MCA 122	Opción Modbus TCP.	130B1196	130B1296
MCA 125	Opción BACnet/IP		
Opciones para la ranura B (extensiones funcionales)			

MCB 101	Opción de entrada/salida general.	130B1125	130B1212
MCB 105	Opción de relé.	130B1110	130B1210
MCB 109	Opción de I/O analógica.	130B1143	130B1243
MCB 112	Tarjeta de termistor ATEX PTC.	-	130B1137
MCB 114	Entrada de sensor PT100.	130B1172	130B1272
Opciones para la ranura C (tarjetas de relé y de control de movimientos)			
MCB 113	Tarjeta de relé ampliada.	130B1164	130B1264
Opción para ranura D		Sin revesti- miento barnizado	Barnizado
MCB 107	Alimentación de seguridad de 24 V CC.	130B1108	130B1208
Opciones externas			
EtherNet/IP	Ethernet maestro.	175N2584	

Tabla 13.5 Opciones y accesorios

Tipo	Descripción	Número de pedido
Software para PC		
MCT 10	Software de configuración MCT 10: 1 usuario.	130B1000
MCT 10	Software de configuración MCT 10: 5 usuarios.	130B1001
MCT 10	Software de configuración MCT 10: 10 usuarios.	130B1002
MCT 10	Software de configuración MCT 10: 25 usuarios.	130B1003
MCT 10	Software de configuración MCT 10: 50 usuarios.	130B1004
MCT 10	Software de configuración MCT 10: 100 usuarios.	130B1005
MCT 10	Software de configuración MCT 10: usuarios ilimitados.	130B1006

Tabla 13.6 Opciones de software

Las opciones se pueden pedir como opciones integradas de fábrica. Para obtener información sobre el fieldbus y la compatibilidad de opciones de aplicaciones con versiones de software anteriores, póngase en contacto con el distribuidor de Danfoss.

13.3 Números de pedido para filtros y resistencias de frenado

Consulte las siguientes guías de diseño para obtener las especificaciones de dimensionamiento y los números de pedido de los filtros y las resistencias de frenado:

- *Guía de diseño de la resistencia de frenado VLT® Brake Resistor MCE 101.*
- *Guía de diseño de los filtros armónicos VLT® Advanced Harmonic Filter AHF 005/AHF 010.*
- *Guía de diseño de los filtros de salida.*

13.4 Repuestos

Consulte la tienda VLT® o el configurador de convertidores de frecuencia (www.danfoss.com/Spain) para obtener información sobre los repuestos disponibles para su aplicación.

14 Anexo

14.1 Abreviaturas y símbolos

60° AVM	Modulación asíncrona de vectores de 60°
A	Amperio
CA	Corriente alterna
AD	Descarga por el aire
AEO	Optimización automática de la energía
AI	Entrada analógica
AIC	Corriente interruptiva en amperios
AMA	Adaptación automática del motor
AWG	Calibre de cables estadounidense
°C	Grados Celsius
CB	Magnetotérmico
CD	Descarga constante
CDM	Módulo de convertidor de frecuencia completo: el convertidor de frecuencia, la sección de alimentación y los componentes auxiliares
CE	Conformidad europea (normas europeas de seguridad)
CM	Modo común (MC)
CT	Par constante
CC	Corriente continua
DI	Entrada digital
DM	Modo diferencial (MD)
D-TYPE	Dependiente del convertidor de frecuencia
CEM	Compatibilidad electromagnética
EMF	Fuerza contraelectromotriz
ETR	Relé termoelectrónico
°F	Grados Fahrenheit
$f_{VELOCIDAD FIJA}$	La frecuencia del motor cuando se activa la función de velocidad fija
f_M	Frecuencia del motor
$f_{MÁX.}$	Frecuencia de salida máxima que el convertidor de frecuencia aplica a su salida
$f_{MÍN.}$	Frecuencia mínima del motor desde el convertidor de frecuencia
$f_{M,N}$	Frecuencia nominal del motor
FC	Convertidor de frecuencia
HIPERFACE®	HIPERFACE® es una marca registrada de Stegmann
HO	Sobrecarga alta
CV	Caballos de vapor
HTL	Pulsos del encoder HTL (10-30 V), (lógica de transistor de tensión alta)
Hz	Hercio
I_{INV}	Intensidad nominal de salida del convertidor
$I_{LIM.}$	Límite de intensidad
$I_{M,N}$	Corriente nominal del motor
$I_{VLT, MÁX.}$	Intensidad de salida máxima
$I_{VLT,N}$	Corriente nominal de salida suministrada por el convertidor
kHz	Kilohercio

LCP	Panel de control local
Bit menos significativo (lsb)	Bit menos significativo
m	Metro
mA	Miliamperio
MCM	Mille Circular Mil, unidad norteamericana de sección de cables
MCT	Herramienta de control de movimientos
mH	Inductancia en milihenrios
mm	Milímetro
ms	Milisegundo
Bit más significativo (msb)	Bit más significativo
η_{VLT}	Rendimiento del convertidor de frecuencia definido como la relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada
nF	Capacitancia en nanofaradios
NLCP	Panel de control local numérico
Nm	Newton metro
NO	Sobrecarga normal
n_s	Velocidad del motor síncrono
Parámetros en línea y fuera de línea	Los cambios realizados en los parámetros en línea se activan inmediatamente después de cambiar el valor de dato
$P_{br,cont.}$	Potencia nominal de la resistencia de frenado (potencia media durante el frenado continuo)
PCB	Placa de circuito impreso
PCD	Datos de proceso
PDS	Sistema Power Drive: un CDM y un motor
PELV	Tensión de protección muy baja
P_m	Potencia nominal de salida del convertidor de frecuencia como sobrecarga alta (HO)
$P_{M,N}$	Potencia nominal del motor
Motor PM	Motor de magnetización permanente
PID de proceso	Controlador PID (diferencial proporcional integrado), que mantiene la velocidad, la presión y la temperatura, entre otras magnitudes
$R_{br, nom}$	Valor de resistencia nominal que garantiza una potencia de frenado en el eje del motor del 150/160 % durante 1 minuto
RCD	Dispositivo de corriente diferencial
Regeneración	Terminales regenerativos
$R_{min.}$	Resistencia de frenado mínima permitida por el convertidor de frecuencia
RMS	Media cuadrática
RPM	Revoluciones por minuto
R_{rec}	Resistencia recomendada de las resistencia de frenado de Danfoss

s	Segundo
SCCR	Intensidad nominal de cortocircuito
SFAVM	Modulación asíncrona de vectores orientada al flujo del estátor
STW	Código de estado
SMPS	Fuente de alimentación del modo de conmutación
THD	Distorsión armónica total
T _{LÍM.}	Límite de par
TTL	Pulsos del encoder TTL (5 V), lógica de transistor
U _{M,N}	Tensión nominal del motor
UL	Underwriters Laboratories (organización de EE. UU. para la certificación de seguridad)
V	Voltios
VT	Par variable
VVC ⁺	Control vectorial de la tensión +

Tabla 14.1 Abreviaturas y símbolos

14.2 Definiciones

Resistencia de frenado

La resistencia de frenado es un módulo capaz de absorber la potencia de frenado generada durante el frenado regenerativo. Esta potencia de frenado regenerativo aumenta la tensión del enlace de CC y un chopper de frenado garantiza que la potencia se transmita a la resistencia de frenado.

Par de arranque

$$n_s = \frac{2 \times \text{par.} \cdot 1 - 23 \times 60 \text{ s}}{\text{par.} \cdot 1 - 39}$$

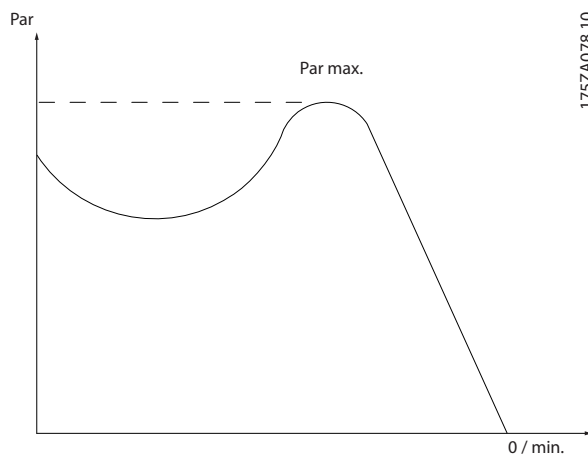


Ilustración 14.1 Gráfico de par de arranque

Inercia

El eje del motor se encuentra en modo libre. Sin par en el motor.

Características de par constante (CT)

Características de par constante utilizadas para todas las aplicaciones, como cintas transportadoras, bombas de desplazamiento y grúas.

Inicialización

Si se lleva a cabo una inicialización (*parámetro 14-22 Modo funcionamiento*), el convertidor de frecuencia vuelve a los ajustes predeterminados.

Ciclo de trabajo intermitente

Una clasificación de trabajo intermitente es una secuencia de ciclos de trabajo. Cada ciclo está formado por un periodo en carga y un periodo sin carga. El funcionamiento puede ser de trabajo periódico o de trabajo no periódico.

Factor de potencia

El factor de potencia real (lambda) tiene en cuenta todos los armónicos y siempre es inferior al factor de potencia (cos φ), que solo tiene en cuenta el armónico fundamental de corriente y de tensión.

$$\cos\phi = \frac{P \text{ (kW)}}{P \text{ (kVA)}} = \frac{U\lambda \times I\lambda \times \cos\phi}{U\lambda \times I\lambda}$$

Cos φ también se conoce como «factor de potencia de desplazamiento».

Tanto lambda como cos φ están indicados para los convertidores de frecuencia VLT® de Danfoss en el *capítulo 7.3 Fuente de alimentación de red*.

El factor de potencia indica hasta qué punto el convertidor de frecuencia impone una carga a la alimentación de red. Cuanto menor es el factor de potencia, mayor es I_{RMS} para el mismo rendimiento en kW.

Además, un factor de potencia elevado indica que las corrientes armónicas son bajas.

Todos los convertidores de frecuencia de Danfoss tienen bobinas de CC integradas en el enlace de CC para producir un factor de potencia alto y reducir el THD en la fuente de alimentación principal.

Entrada de pulsos / codificador incremental

Un sensor digital externo utilizado para proporcionar información sobre la velocidad y la dirección del motor. Los encoders se utilizan para realimentación de precisión para alta velocidad en aplicaciones altamente dinámicas.

Ajuste

Guarde ajustes de parámetros en cuatro configuraciones distintas. Cambiar entre estos cuatro ajustes de parámetros y editar un ajuste mientras otro está activo.

Compensación de deslizamiento

El convertidor de frecuencia compensa el deslizamiento del motor añadiendo un suplemento a la frecuencia que sigue a la carga medida del motor, manteniendo la velocidad del mismo casi constante.

Smart logic control (SLC)

SLC es una secuencia de acciones definidas por el usuario que se ejecuta cuando el SLC evalúa como verdaderos los eventos asociados definidos por el usuario. (*Grupo de parámetros 13-** Lógica inteligente*).

Bus estándar FC

Incluye el bus RS485 bus con el protocolo FC o el protocolo MC. Consulte el *parámetro 8-30 Protocolo*.

Termistor

Resistencia dependiente de la temperatura que se sitúa en el punto donde ha de controlarse la temperatura (convertidor o motor).

Desconexión

Estado al que se pasa en situaciones de fallo; por ejemplo, si el convertidor de frecuencia se sobrecalienta o cuando este protege el motor, el proceso o el mecanismo. Se impide el arranque hasta que desaparece la causa del fallo y se anula el estado de desconexión, de una de las siguientes maneras:

- Activando el reinicio.
- Programando el convertidor de frecuencia para que se reinicie automáticamente.

La desconexión no debe utilizarse para la seguridad personal.

Bloqueo por alarma

Estado al que se pasa en situaciones de fallo cuando el convertidor de frecuencia se protege a sí mismo y requiere una intervención física. Un bloqueo por alarma solo puede cancelarse cortando la alimentación, eliminando la causa del fallo y volviendo a conectar el convertidor. Se impide el arranque hasta anularse el estado de desconexión mediante la activación del reinicio.

Características VT

Características de par variable utilizadas en bombas y ventiladores.

Índice

A

Abreviaturas..... 135

Adaptación automática del motor
 Configuración de cableado..... 121
 Descripción general..... 17

Advert..... 5, 84

Aislamiento..... 93

Aislamiento galvánico..... 17, 49, 105

Alimentación
 Corte..... 19
 Especificaciones..... 47
 Especificaciones de alimentación..... 47
 Fluctuaciones..... 16
 Pantalla..... 5

Alimentación aislada de tierra (IT)..... 97

Almacenamiento..... 78

Almacenamiento del condensador..... 78

Altitud..... 81

Ambiente..... 47, 78

Amortiguación de resonancia..... 16

Análisis de series de Fourier..... 108

Analógica
 Configuraciones de cableado para velocidad de referencia
 121
 Descripciones de entrada/salida y ajustes predeterminados
 90
 Especificaciones de entrada..... 48
 Especificaciones de salida..... 49

Apantallamiento
 Alimentación..... 5
 Cables..... 86
 Extremos trenzados..... 105
 Terminación RFI..... 67

Armónicos
 Definición de factor de potencia..... 135
 Descripción general..... 108
 Filtro..... 42
 Mitigación..... 110
 Normas CEI..... 109
 Normas EN..... 109

Arrancador suave..... 24

Atmósfera explosiva..... 79

Auto on..... 111

B

Bomba
 Condensadores..... 29
 Conexión por etapas..... 34
 Primario..... 30
 Rendimiento..... 33
 Secundario..... 32

Bombas del condensador..... 29

Bombas primarias..... 30

Bombas secundarias..... 32

Bus de CC
 Descripción del funcionamiento..... 111
 Terminales..... 87

Bypass de frecuencia..... 20

C

Cables
 Abertura..... 52
 Apantallado..... 106
 Apantallamiento
 de motor..... 90
 Conexiones de potencia..... 86
 Especificaciones..... 48
 Freno..... 87
 Recorrido..... 87
 Tamaño y número máximo por fase..... 43, 44
 Tipo de cable y clasificaciones..... 84

Cables..... 84
 consulte también *Cables*

Cables de pantalla retorcidos y embornados..... 105

Cálculos
 Ciclo de trabajo de la resistencia..... 93
 Par de frenado..... 95
 Referencia escalada..... 112
 Relación de cortocircuito..... 109
 Resistencia de frenado..... 94
 Software de cálculo de armónicos..... 110
 THDi..... 108

Calentador
 Diagrama de cableado..... 85
 Uso..... 78

Carga compartida
 Advertencia..... 5
 Descripción general..... 35
 Diagrama de cableado..... 85
 Protección ante cortocircuitos..... 14
 Terminales..... 36, 87

CEM
 Aspectos generales..... 101
 Compatibilidad..... 105
 Directiva..... 7
 Instalación..... 107
 Interferencia..... 106
 Resultados de pruebas..... 102

Certificación marítima..... 8

Certificado TUV..... 8

Certificado UKrSEPRO..... 8

Ciclo de trabajo
 Cálculo..... 93
 Definición..... 135

Clasificación de protección NEMA..... 9

Clasificación IP..... 9

Código descriptivo..... 129

Compensación de $\cos \varphi$ 24

Compensación de deslizamiento.....	135	Desequilibrio de tensión.....	15
Compuertas.....	26	Determinación de la velocidad local.....	31
Comunicación serie.....	89	DeviceNet.....	39, 132
Condensación.....	78	Diagrama de cableado	
Condiciones ambientales		Alternancia de bomba principal.....	128
Descripción general.....	78	Bomba de velocidad fija variable.....	127
Especificaciones.....	47	Controlador de cascada.....	126
Conexión a tierra.....	17, 96	E1h-E4h.....	85
Configuración de cableado de arranque/parada.....	122, 123	Digital	
Configuración de cableado para el reinicio de alarma externa		Descripciones de entrada/salida y ajustes predeterminados	
.....	123	89
Configuraciones de montaje.....	80	Especificaciones de entrada.....	48
Conformado periódico.....	78	Especificaciones de salida.....	49
Conformidad		Dimensiones	
Con el acuerdo ADN.....	6	Exterior del E1h.....	52
Directivas.....	7	Exterior del E2h.....	58
Conmutadores		Exteriores del E3h.....	64
A53 y A54.....	48, 89	Exteriores del E4h.....	71
Desconexión.....	90	Terminales del E1h.....	56
Control		Terminales del E2h.....	62
Características.....	50	Terminales del E3h.....	68
Descripción del funcionamiento.....	111	Terminales del E4h.....	75
Estructuras.....	115	Vista general de la serie de productos.....	12
Tipos de.....	116, 117	Dimensiones de los terminales	
Control ATEX.....	18, 79	E1h.....	56
Control de proceso.....	117	E2h.....	62
Controlador de cascada		E3h.....	68
Diagrama de cableado.....	126	E4h.....	75
Convenciones.....	4	Dimensiones exteriores	
Convertidor		E1h.....	52
Configurador.....	129	E2h.....	58
Dimensiones de la serie de productos.....	12	E3h.....	64
Potencias de salida.....	12	E4h.....	71
Requisitos de espacio libre.....	80	Directiva de máquinas.....	7
Corriente		Directiva ErP.....	8
Conexión toma a tierra transitoria.....	97	Disipador	
Control de corriente interno.....	120	Desconexión por sobretensión.....	43
armónica.....	108	Flujo de aire necesario.....	81
de fuga.....	96	Limpieza.....	79
fundamental.....	108	Panel de acceso.....	54
nominal de salida.....	134	Dispositivo de corriente diferencial.....	96, 97
Distorsión.....	109	DU/dt.....	99
Fórmula para el límite de intensidad.....	134	E	
Mitigación del motor.....	93	Elevación.....	78
Corriente de fuga.....	5, 96	Emisión conducida.....	102
Cortocircuito		Emisión irradiada.....	102
Cálculo de la relación.....	109	Energía	
Clasificación de SCCR.....	90	Ahorro.....	21, 22, 23
Definición.....	136	Clase de rendimiento energético.....	47
Frenado.....	35, 95	Energía regenerativa.....	19
Protección ante cortocircuitos.....	14	Entorno comercial.....	102
D		Entorno residencial.....	102
Desconexión.....	90	Entrada de usuario.....	111
		Espacio de la puerta.....	52

Especificaciones de entrada.....	48	Guía de programación.....	4
Especificaciones de USB.....	51		
EtherNet/IP.....	40		
F		H	
Fieldbus.....	39, 87	Hand on.....	111
Filtro de modo común.....	42	Homologación CSA/cUL.....	8
Filtro senoidal.....	42, 86	Humedad.....	78
Filtros		I	
Filtro armónico.....	42	IGV.....	26
Filtro de modo común.....	42	Instalación	
Filtro dU/dt.....	42	Eléctrico.....	84
Filtro RFI.....	105	Personal cualificado.....	5
Filtro senoidal.....	42, 86	Requisitos.....	80
Pedidos.....	133	Instalación a gran altitud.....	106
Flujo		Interferencias de radiofrecuencia.....	17
Estructura de control en control de flujo sin realimentación		Interferencias electromagnéticas.....	17
.....	119	Inversor.....	111
Estructura de control en flujo con realimentación del motor.....	119	K	
Flujo de aire		Kits.....	42
Caudales.....	81	L	
Configuraciones.....	37	Leyes de proporcionalidad.....	22
Fórmula		M	
Intensidad de salida.....	134	Magnetotérmico.....	14, 90, 97
Límite de intensidad.....	134	Mantenimiento.....	79
Potencia nominal de la resistencia de frenado.....	134	Marca RCM.....	8
Rendimiento del convertidor.....	134	Marcado CE.....	7
Frecuencia de conmutación		Modbus.....	40
Conexiones de potencia.....	86	Modo de lazo abierto	
Filtro senoidal.....	42, 86	Descripción general.....	115
Reducción de potencia.....	15, 82	Diagrama de bloques.....	115
Uso con RCD.....	97	Modo de lazo cerrado	
Frenado		Descripción general.....	115
Control con función de freno.....	95	Diagrama de bloques.....	116
dinámico.....	34	Modulación.....	16, 134, 135
Gráfico de capacidad.....	94	Modulación automática de frecuencia de conmutación.....	16
Límites.....	95	Módulo de opción de E/S general.....	40
Uso como función de freno alternativa.....	96		
Freno con resistencia.....	34		
Freno de CA.....	34		
Freno de CC.....	34		
Función de Motor en giro.....	15, 16, 19		
Funcionamiento a baja velocidad.....	81		
Fusibles			
Especificaciones.....	90		
Para las conexiones de potencia.....	86		
Protección de sobreintensidad.....	84		
Recomendación para la alimentación de red.....	14		
G			
Gases.....	79		
Gestión del ancho de banda.....	33		
Guía de funcionamiento.....	4		

Motor		PROFIBUS.....	39, 132
Aislamiento.....	93	PROFINET.....	39
Cables.....	86, 90, 96	Protección	
Clases de protección.....	79	Clasificación de protección.....	12
Conexión en paralelo.....	91	Cortocircuito.....	14
Configuración de cableado de termistor.....	125	Desequilibrio de la tensión de alimentación.....	15
Corriente de fuga.....	96	Función de freno.....	14
Definición de par de arranque.....	135	Sobrecarga.....	15
Detección de caída de fase.....	15	Sobrecorriente.....	84
Diagrama de cableado.....	85	Sobretensión.....	14
Especificaciones de salida.....	47	Térmico motor.....	17
Ex-d.....	41	Protección de sobreintensidad.....	84
Ex-e.....	18	Protección del armario.....	9
Mitigación de corrientes en los cojinetes.....	93	Pulso	
Par completo.....	19	Configuración de cableado de arranque/parada.....	122
Placa de características.....	19	Especificaciones de entrada.....	49
Protección térmica.....	17, 91	Punto de acoplamiento común.....	108
Realimentación.....	119		
Rotación.....	91		
N		R	
Normativa de control de exportación.....	8	Realimentación	
		Conversión.....	114
O		Manejo.....	113
Opción de entrada de sensor.....	41	Señal.....	116
Opciones		Rectificador.....	111
Control de movimiento.....	41	Reducción de potencia.....	15, 16, 48, 80, 81
Disponibilidad de las envolventes.....	12	Referencia	
Extensiones funcionales.....	40	Entrada de velocidad.....	121, 122
Fieldbus.....	39	Manejo a distancia de.....	112
Pedidos.....	131, 133	activa.....	111
Tarjetas de relé.....	41	remota.....	112
Optimización automática de la energía.....	16	Referencia activa.....	111
		Referencia escalada.....	112
P		Referencia remota.....	112
Panel de troquel.....	53	Refrigeración	
Paquetes de idioma.....	129	Advertencia de polvo.....	79
Par		Requisitos.....	80
Característica.....	47	Ventilador de torre.....	28
Control.....	117	Vista general de la refrigeración mediante canal posterior 37
Par de arranque.....	135	Refrigeración de tuberías.....	80
Pedidos.....	129	Refrigeración del canal posterior.....	37, 80
PELV.....	17, 49, 105	Regen	
Personal cualificado.....	5	Disponibilidad.....	12
PID		Regeneración	
Control.....	24	Descripción general.....	36
Controlador.....	17, 114, 117	Terminales.....	56
Controlador PID de tres valores de consigna.....	27	Reinicio.....	19
Placa prensacables.....	52	Relay	
Potencia		Specifications.....	50
Clasificación.....	11	Relé	
Conexiones.....	86	(STO).....	41
Especificaciones.....	43	Instalación conforme al acuerdo ADN.....	6
Factor.....	135	Opción de tarjeta de relé ampliada.....	41
Potenciómetro.....	89, 123	Tarjeta.....	41
Pre calentamiento.....	20	Terminales.....	90

Relé termoelectrónico (ETR).....	84	Sobrecarga	
Rendimiento		Límites.....	15
Cálculo.....	98	Problema con los armónicos.....	108
Fórmula para el rendimiento del convertidor.....	134	termoelectrónica.....	17
Utilización del AMA.....	17	Sobrecarga termoelectrónica.....	17
Repuestos.....	133	Sobretemperatura.....	136
Requisitos de inmunidad.....	103	Sobretensión	
Requisitos en materia de emisiones.....	102	Frenado.....	41
Resistencia de frenado		Función de freno alternativa.....	96
Definición.....	135	Protección.....	14
Descripción general.....	41	STO.....	4
Diagrama de cableado.....	85	consulte también <i>Safe Torque Off</i>	
Fórmula para la potencia nominal.....	134	Suministro externo de 24 V CC.....	89
Guía de diseño.....	4		
Pedidos.....	133		
Selección.....	93		
Terminales.....	87		
RFI		T	
Filtro.....	105	Tarjeta de control	
Ubicación de la terminación de pantalla del E3h.....	67	Desconexión por temperatura ambiente.....	43
Ubicación de la terminación de pantalla del E4h.....	74	Especificaciones.....	51
Uso de conmutador con alimentación IT.....	97	Especificaciones de RS485.....	49
Rotor.....	15	Tarjeta de relé ampliada.....	41
RPM.....	22	Tarjeta del termistor PTC.....	41
RS485		Temperatura.....	79, 82
Bus estándar FC.....	135	Tensión alta.....	5
Configuración de cableado.....	124	Tensión baja	
Diagrama de cableado.....	85	Directiva.....	7
Terminales.....	89	Red de suministro público.....	102
Ruido acústico.....	98	Terminales	
S		Carga compartida.....	87
Safe Torque Off		Comunicación serie.....	89
Configuración de cableado.....	122	Descripciones de control y ajustes predeterminados.....	88
Cumplimiento de la Directiva de máquinas.....	7	Entrada/salida analógica.....	90
Descripción general.....	21	Entrada/salida digital.....	89
Diagrama de cableado.....	85	Resistencia de frenado.....	87
Guía de diseño.....	4	RS485.....	89
Ubicación del terminal.....	89	Terminal 37.....	89
Salida		de relé.....	90
Conmutador.....	15	Terminales de control.....	88
Contactor.....	97, 107	Termistor	
Especificaciones.....	49	Configuración de cableado.....	125
Seguridad		Definición.....	136
Instrucciones.....	5, 84	Recorrido de los cables.....	87
Sello EAC.....	8	Ubicación del terminal.....	89
Sensor de CO ₂	27	Tiempo de descarga.....	5
Sistema CAV.....	27	Tiempo de subida.....	99
Sistema de gestión de edificios (BMS).....	22	Transductor.....	89
Sistemas centralizados VAV.....	26	Transformador.....	108
Smart Logic Control		Triángulo.....	24
Configuración de cableado.....	127	U	
Descripción general.....	20	UL	
		Clasificación de protección del alojamiento.....	9
		Logotipo del certificado.....	8

V

VAV.....	26
Velocidad	
Configuración de cableado para aceleración/desaceleración.....	124
Configuración de cableado para velocidad de referencia.....	123
Control.....	116
Realimentación PID.....	116
Ventiladores	
Flujo de aire necesario.....	81
controlados por temperatura.....	16
Versiones de software.....	133
Volumen de aire constante.....	27
Volumen de aire variable.....	26
VVC+.....	118, 120



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

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

