

Líderes



**CENTELSA**  
CABLES DE ENERGÍA Y DE TELECOMUNICACIONES S.A.

# CABLES & TECNOLOGÍA

BOLETÍN TÉCNICO - NOVIEMBRE 2012

# CABLES PARA MOTORES CON VARIADORES DE FRECUENCIA VFD

# VFD

Variable Frequency Drive



# 1. ANTECEDENTE TÉCNICO

Un variador de frecuencias, se conoce como el inversor a un circuito electrónico, que transforma la corriente continua (CC) en corriente alterna (CA). Los controladores electrónicos de velocidad para motores de CA, por lo general convierten primero el suministro de CA en CC mediante el uso de un rectificador y posteriormente lo convierten una vez más utilizando un puente inversor, en una fuente de frecuencia y tensión de CA variables.

El motor de inducción de CA, es sencillo, de bajo costo y tiene un extenso uso a nivel mundial.

Pero para poder controlar la velocidad de un motor de inducción de CA, se requiere de un controlador más complejo que usualmente se denomina Convertidor de Frecuencia o Variador de Frecuencia (VFD, Variable Frequency Drives). La velocidad de estos motores depende de la frecuencia aplicada, así como del arreglo del devanado y en menor medida de la carga. Por lo tanto, para controlar la velocidad de un motor de inducción es necesario controlar la frecuencia de la fuente de alimentación. La conexión entre el rectificador y el inversor se denomina circuito intermedio:

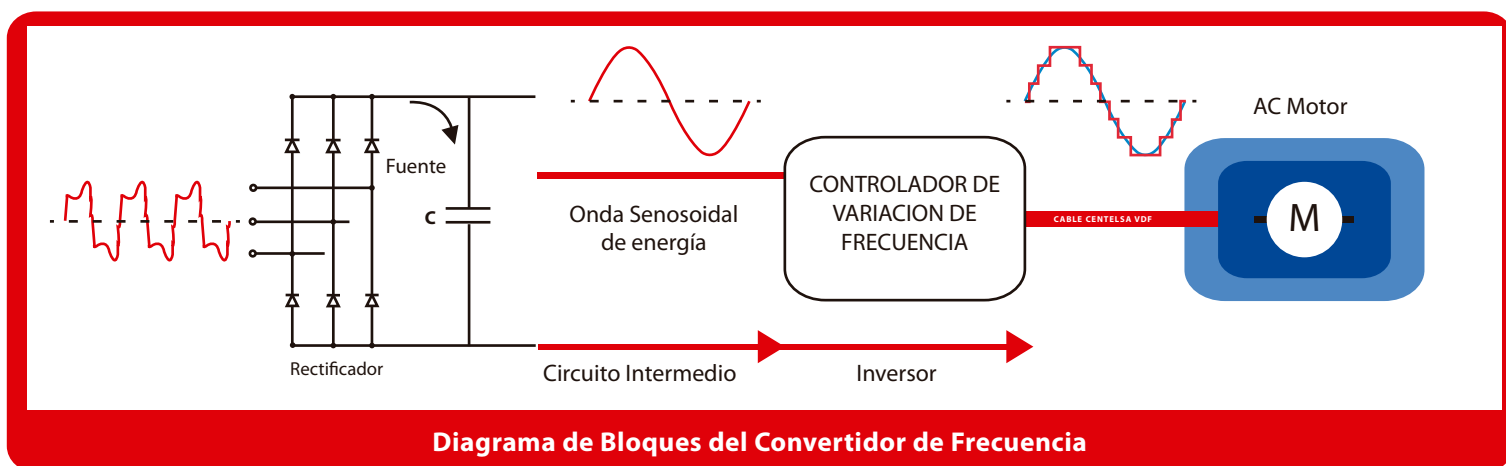


Diagrama de Bloques del Convertidor de Frecuencia

Los motores con variadores de frecuencia se utilizan ampliamente en diferentes aplicaciones y por diversas razones; dentro de las cuales prima que son grandes ahorradores de energía y prolongan la vida útil de los motores debido a su arranque más eficaz (*velocidad y esfuerzo de torsión de ajuste exacto*). El control es alcanzado variando la frecuencia al motor.

Sin embargo, esta cualidad de arranque exige que se utilicen cables aptos para esta aplicación que garanticen un sistema confiable, pues la tensión de salida de un ancho de pulso modulación (PWM) unidad de frecuencia variable, consiste en un tren de pulsos de conmutación en la frecuencia portadora. Debido al tiempo de subida rápida de estos pulsos, los efectos de líneas de transmisión del cable entre el convertidor de frecuencia (VFD) y el motor se vuelven aspectos de consideración, más aun cuando la impedancia de línea de transmisión

del cable y del motor son diferentes ya que los pulsos tienden a reflejarse de vuelta a los terminales del motor. Las tensiones resultantes pueden producir hasta el doble de la tensión nominal para el tendido de cables en solitario, sobretensión que no solo afecta el cable si no también el bobinado del motor, generando fallas en los aislamientos.

La utilización de equipos electrónicos y cargas no lineales (drives) hacen que la habitual señal portadora a 60hz, sufra alteraciones en la onda tanto de voltaje como de corriente y a diferentes frecuencias, generando las distorsiones por armónicos (THD Total Harmonic Distorsion). Una Onda sinusoidal perfecta de 60 Hz tendrá 0% de THD; así que cualquier otra señal que no sea la línea de frecuencia fundamental (60 Hz) será considerada una distorsión armónica.

Los problemas producidos por los armónicos son la sobrecarga de los conductores neutros, sobrecalentamiento de los transformadores, disparos intempestivos de los interruptores automáticos y sobrecarga de los condensadores de corrección del factor de potencia. Algunos equipos que generan armónicos son:

- ▶ Fuentes de alimentación de funcionamiento conmutado (SMPS).
- ▶ Estabilizadores electrónicos de dispositivos de iluminación fluorescente.
- ▶ Pequeñas unidades de Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI o UPS).
- ▶ Motores de velocidad variable.
- ▶ Grandes unidades de UPS.

Por todo lo anterior, los cables VDF **CENTElsa** son la solución para estas aplicaciones especiales donde la flexibilidad, simetría y apantallamientos en los cables es indispensable. Los conductores de tierra aislados y

colocados simétricamente reducen los desequilibrios inducidos de voltaje (interferencias de modo común asociadas a la generación de acoples por compatibilidad electromagnética – CEM) y llevan las interferencias de modo común de regreso al drive.

El diseño de los cables VDF **CENTElsa** para motores de frecuencia variable CA los hace aptos para soportar entornos difíciles caracterizados por:

- ▶ Altos picos de tensión.
- ▶ Niveles de ruido altos.
- ▶ Introducción de Armónicos.
- ▶ Condiciones ambientales adversas.

Los cables VDF **CENTElsa**, se diseñaron para el uso de motores con impulsiones variables de frecuencia, sujetos a las distorsiones no lineales de energía y pueden instalarse en bandejas, ductos o directamente enterrados.

## 2. DISEÑO DE CABLES VDF

El diseño de los cables VDF, consiste en conductores extraflexibles con el conductor de tierra distribuido entre los intersticios generados en la reunión de las fases aisladas. Es así como cada intersticio alberga 1/3 del área del calibre total del conductor de tierra; logrando una simetría física y eléctrica en el cable. Esta uniformidad garantiza un sistema de tierra más balanceado.

El aislamiento ideal para los cables VDF son los materiales termoestabilizados como el polietileno reticulado (XLPE) debido a su resistencia al fenómeno de descarga corona.

La descarga de corona es causada por el campo eléctrico intenso que rodea los conductores. Las descargas dañan el cable degradando el material de aislamiento. Es comprobado que los aislamientos termoestables como el polietileno reticulado proporcionan una resistencia mucho mejor a las descargas de corona que el PVC.

La pantalla es la encargada de evitar que se disipe o libere el ruido propio generado por el cable energizado e impedir que ingrese el ruido externo existente del sistema.



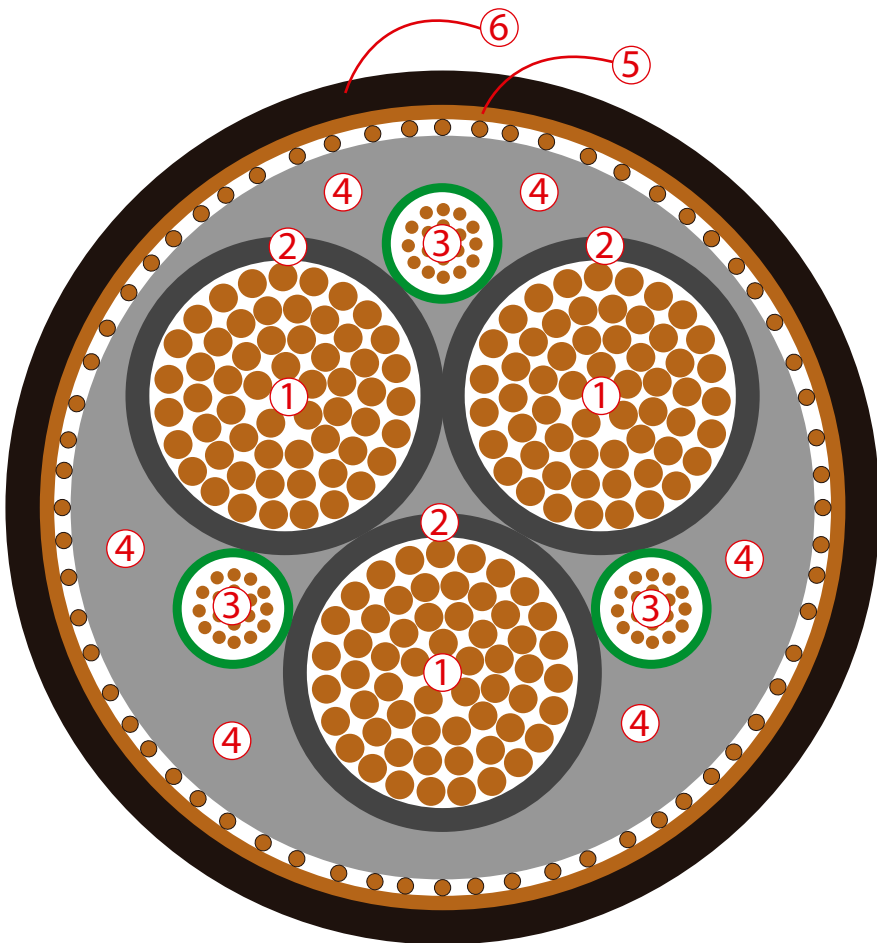
**Diseño de Cable VDF**  
con pantalla en hilos y cinta de cobre

**Diseño de Cable VDF**  
con pantalla en cinta de cobre y malla  
de cobre estañada



## 2.1. Diseño Estándar:

- ① **Conductor** de cobre extraflexible.
- ② **Aislamiento** termoestable 90°C en XLPE o EPR tanto para las fases como el conductor de tierra distribuido simétricamente.
- ③ **Conductor de Tierra** distribuido simétricamente en tres conductores de 1/3 del área total del calibre de tierra.
- ④ **Cubierta Interna** en PVC retardante a la llama (FR).
- ⑤ **Pantalla** en cinta de cobre o malla de cobre estañada o sin estañar.
- ⑥ **Chaqueta** en PVC, de excelente resistencia química a los aceites, resistente a los rayos UV (SR) y apto para instalación en bandejas portacables (tipo TC).
  - ▶ Voltaje: 600V.
  - ▶ Zonas Clasificadas: Clase 1 División 2.



## 2.2. Diseños Opcionales:

- ▶ **Aislamientos** termoestable 90°C en XLPE FR NH o EPR FR NH libre de halógenos, retardante a la llama y de baja emisión de humos.
- ▶ **Cubiertas Internas** en PVC FR LS, retardante a la llama (FR) y de baja emisión de humos (LS).
- ▶ **Pantallas:**
  - Pantalla en cinta de cobre con espesor reforzado tipo PC1.
  - Pantalla en cinta de cobre más hilos de cobre de aplicación en tipo malla .
  - Pantalla en cinta de cobre más hilos de cobre de aplicación concéntrica.
  - Pantallas en foil de aluminio con malla de cobre estañado.
- ▶ **Armadura** Interlock de aluminio.
- ▶ **Chaquetas:**
  - Chaqueta en polietileno retardante a la llama y libre de halógenos (PE FR NH).
  - Chaqueta en PVC a la llama y de baja emisión de humos (PVC-LS).
- ▶ **Voltajes:**
  - En Baja Tensión hasta 2000V .
  - En Media Tensión hasta 15kV al 133%.

## 3. APLICACIONES

Las aplicaciones típicas para los cables VFD son:

- ▶ Unidades de frecuencia variable (VFD).
- ▶ Variadores de velocidad (VSD).
- ▶ Motores de Bombas, Ventiladores Industriales, Tornos y Ascensores.

En Colombia **CENTElsa** ha incursionado con gran éxito en la fabricación de estos cables para diferentes proyectos como la nueva planta de FAMILIA, el ingenio PROVIDENCIA y la planta de ARGOS:



Código CENTELSA	DESCRIPCIÓN
205110	POTENCIA Tipo VFD 3x4/0+2AWG PT XLPE/ PVC TC
204227	POTENCIA VFD XLPE Cu 3x1/0+3x10AWG PC PVC TC
204228	POTENCIA VFD XLPE Cu 3x2/0+3x10AWG PC PVC TC
204229	POTENCIA VFD XLPE Cu 3x4/0+3x8AWG PC PVC TC
204223	POTENCIA VFD XLPE Cu 4x12+4x18AWG PC PVC TC
204226	POTENCIA VFD XLPE Cu 4x2+4x14AWG PC PVC TC
204225	POTENCIA VFD XLPE Cu 4x4+4x14AWG PC PVC TC
204224	POTENCIA VFD XLPE Cu 4x8+4x14AWG PC PVC TC
204230	POTENCIA VFD XLPE Cu 3x250kcmil+3x6AWG PC PVC TC
204231	POTENCIA VFD XLPE Cu 3x350kcmil+3x6AWG PC PVC TC
204232	POTENCIA VFD XLPE Cu 3x500kcmil+3x6AWG PC PVC TC
204684	POTENCIA VFD XLPE-FR Cu 4x10+4x16AWG PC PVC TC

## 4. NORMAS



# RETIE

▶ **ASTM B 172:**

Standard Specification for Rope-Lay-Stranded Copper Conductors Having Brunch-Stranded Members, for Electrical Conductors.

▶ **ASTM B174:**

Standard Specification for Brunch-Stranded Copper Conductors for Electrical Conductors.

▶ **UL 44:**

Thermoset-Insulated Wires and Cables.

▶ **UL 1277:**

Electrical Power and Control Tray Cables with Optional Optical-Fiber Members.

▶ **UL 2277:**

Outline Of Investigation For Flexible Motor Supply Cable And Wind Turbine Tray Cable.

▶ **NTC 5916:**

Cables eléctricos de Potencia y Control para uso en bandejas portacables con elementos de fibra óptica opcionales.

## 5. TABLAS

**Tabla No. 1: Tipos de Pantallas en Cables**

	<b>CINTA DE COBRE</b>	<b>MALLA EN HILOS DE COBRE</b>	<b>PANTALLA EN CINTA DE COBRE + HILOS DE COBRE</b>
	<b>ESPESOR DE: 0,0635 mm</b>	<b>HILOS DE: 0,16mm a 0,32 mm</b>	<b>CINTA DE COBRE+HILOS DE COBRE</b>
<b>APLICACIÓN</b>	<b>Helicoidal con traslape</b>	<b>Hilos agrupados y aplicados en forma de Malla o Trenza</b>	<b>Cinta de cobre aplicada helicoidalmente sobre o debajo de los hilos de cobre</b>
<b>CUBRIMIENTO</b>	<b>100%</b>	<b>50 - 85%</b>	<b>100%</b>
<b>FLEXIBILIDAD</b>	<b>Buena</b>	<b>Extraflexible</b>	<b>Medianamente</b>
<b>USOS</b>	<b>Cables Media Tensión, Control, Potencia, Baja Tensión y Cables VDF</b>	<b>Cables Instrumentación, Coaxiales y Cables VDF</b>	<b>Cables Control y Cables VDF</b>

**Nota:** Los cables VFD **CENTElsa** con mallas en trenza de cobre, son los más flexibles y por ende más resistentes a la vibración propia de los motores.

**Tabla No. 2: CABLES VFD con pantalla en cinta de cobre 600V TC SR**

FASES			TIERRA DISTRIBUIDA EN TRES CONDUCTORES			DATOS GENERALES					DATOS DE INSTALACIÓN		
Calibre Conductor	Espesor de Aislamiento	Diámetro Nominal Fases Aisladas	Calibre Tierras	Espesor de aislamiento	Diámetro Nominal Tierras Aisladas	Diámetro de Reunido Fases y Tierras	Diámetro Sobre Cubierta Interna	Diámetro sobre la pantalla en cinta de cobre	Diámetro final Aproximado	Peso Total Aproximado	* Capacidad de corriente	** Máxima Tensión de Halado	*** Radio mínimo de Curvatura
AWG / kcmil	mm	mm	AWG / kcmil	mm	mm	mm	mm	AWG / kcmil	mm	kg/km	A	kg - F	mm
12	0.76	4.06	18	0.76	2.81	8.75	10.75	10.94	14.1	311	30	69	169
10	0.76	4.70	14	0.76	3.56	10.13	12.13	12.32	15.5	423	40	111	186
8	1.14	6.30	14	0.76	3.56	13.58	15.58	15.77	18.9	615	55	177	227
6	1.14	7.30	12	0.76	4.06	15.73	17.73	17.92	22.1	887	75	279	265
4	1.14	8.30	12	0.76	4.06	17.89	19.89	20.08	24.3	1183	95	444	291
2	1.14	9.86	10	0.76	4.70	21.25	23.25	23.44	27.6	1693	130	705	331
1/0	1.40	12.36	10	0.76	4.70	26.64	28.64	28.83	33.0	2484	170	1125	396
2/0	1.40	13.50	10	0.76	4.70	29.09	31.09	31.28	35.5	2972	195	1416	426
4/0	1.40	16.94	8	1.14	6.30	36.51	38.51	38.70	44.4	4660	260	2253	533
250	1.65	18.72	6	1.14	7.30	40.34	42.34	42.53	48.3	5572	290	2661	579
350	1.65	21.54	6	1.14	7.30	46.42	48.42	48.61	54.4	7374	350	3723	652
500	1.65	27.85	6	1.14	7.30	60.02	62.02	62.21	68.0	10627	430	5319	815

**Nota:**

1. Los datos aquí establecidos son aproximados y están sujetos a tolerancias de fabricación.
2. Las columnas resaltadas en amarillo, aplican para cables VFD 600V independiente del tipo de Apantallamiento.

\* Capacidad de corriente basada en el NEC (National Electrical Code), temperatura del conductor 90°C, temperatura ambiente 30°C.

\*\* Tensión de halado calculada solo sobre los conductores.

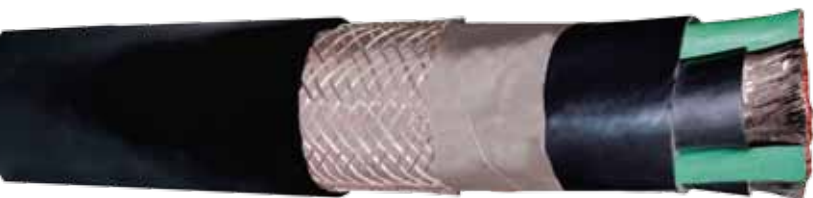
\*\*\* Radio mínimo de curvatura durante el proceso de instalación.

## 6. CONCLUSIÓN

Los diseñadores de drives y de los motores para VFD hacen grandes esfuerzos para controlar y reducir al mínimo los efectos explicados en los anteriores puntos. Aunque no puedan ser eliminados totalmente, sus efectos pueden ser reducidos seleccionando los

componentes diseñados específicamente para los sistemas de VFD y es por eso que **CENTElsa** brinda al mercado, esta nueva familia de cables especializados para esta tecnología.

**Diseño de Cable VDF con pantalla en cinta de cobre**



**Diseño de Cable VDF con pantalla en foil de aluminio y malla de cobre estañada**



# **CENTELSA**

*CABLES DE ENERGIA Y DE TELECOMUNICACIONES S.A.*

