

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE UN VARIADOR DE  
VELOCIDAD EN UNA BOMBA CENTRÍFUGA DE UN SISTEMA DE  
ENFRIAMIENTO**

**INFORME DE INGENIERÍA**

**Para optar el Título Profesional de :**

**INGENIERO ELECTRICISTA**

**Presentado por :**

**Félix Julio Calle Palomino**

**Promoción 1991-II**

**Lima- Perú  
2001**

*A mis padres Julio e Hilaria que me formaron  
con valores sólidos para tener éxito en la vida.  
A mi esposa Julia del Rosario que ilumina mi  
tránsito por la vida.*

**AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE UN VARIADOR DE VELOCIDAD EN UNA BOMBA CENTRÍFUGA DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO**

## **SUMARIO**

En el presente trabajo se demuestra el ahorro de energía que se puede obtener utilizando un variador de velocidad de corriente alterna, en una bomba centrífuga de un sistema de enfriamiento y se da particular énfasis en las pautas de instalación para su correcto funcionamiento.

En los capítulos I, II se describen los procesos del sistema de enfriamiento antes y después de la instalación del variador de velocidad y en el capítulo III se compara ambos procesos. Se describe la evaluación económica del ahorro de energía en el capítulo IV.

El procedimiento de instalación de los variadores de velocidad recomendado por el fabricante, así como sus efectos en la red eléctrica es analizado en el capítulo V, recomendando alternativas de solución para mitigarlos.

Se obtiene como resultado de instalar un variador de velocidad en el sistema de enfriamiento un ahorro de energía eléctrica de \$ 2133.18 dólares anuales el que justifica el retorno del capital invertido en 1.9 años.

## ÍNDICE

<b>PRÓLOGO</b>	11
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ENFRIAMIENTO CON CONTROL DE FLUJO MANUAL</b>	
1.0 Antecedente	13
1.1 Proceso de enfriamiento antes de ser mejorado	13
1.1.1 Operación de arranque del sistema	14
1.2 Equipos del sistema de enfriamiento	14
1.2.1 Intercambiadores de calor en línea	14
1.2.2 Torre de enfriamiento	15
1.2.3 Ablandador de agua	16
1.2.4 Bomba de agua 20 hp	16
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ENFRIAMIENTO CON CONTROL DE FLUJO DE VELOCIDAD</b>	
2.1 Proceso de enfriamiento con el variador de velocidad	20
2.1.1 Operación del sistema de enfriamiento con variador de velocidad	21
2.2 Variadores de velocidad	21
2.3 Características de variadores de velocidad	21
2.3.1 Sistema del variador de velocidad AC	22

2.4	Tipos de variadores de velocidad	24
2.4.1	Inversores de Tensión Variable (VVI)	24
2.4.2	Modulación con Pulsos (PWM)	26
2.5	Selección del variador de velocidad	27
2.5.1	Carga de torque constante	27
2.5.2	Carga de potencia constante	28
2.5.3	Carga de torque variable.	29
2.6	Características técnicas del variador de velocidad 1336 PLUS	31
2.6.1	General	31
2.6.2	Producto	33
2.7	Diseño	33
2.7.1	Hardware	33
2.7.2	Lógica de control	34
2.7.3	Acondicionamiento del variador de velocidad	35
2.8	Características	35

### **CAPÍTULO III**

#### **ANÁLISIS COMPARATIVO DE AMBOS PROCESOS**

3.1	Curvas características de bombas	38
3.2	Curvas características del sistema	39
3.3	Relaciones básicas	40
3.4	Características del sistema	40
3.5	Efecto de la variación de la velocidad en las curvas características	41
3.6	Eficiencias	42

## VIII

3.7	Métodos de control de flujo	43
3.7.1	Control de flujo mediante regulación de válvula	43
3.7.2	Control de flujo mediante regulación de velocidad	44
3.8	Aplicación del método al sistema de enfriamiento	45

### **CAPÍTULO IV**

#### **EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL AHORRO DE ENERGÍA**

4.1	Cálculo de potencia a la entrada del sistema con variador de velocidad	46
4.2	Costos de Energía de la potencia total en los dos casos	47
4.2.1	Determinación de la potencia total en los dos casos	48
4.3	Cálculo del retorno simple	49
4.4	Análisis financiero	50
4.5	Evaluación financiera	52
4.5.1	Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)	52
4.5.2	Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR)	53
4.6	Relación Beneficio Costo	54

### **CAPÍTULO V**

#### **CONSIDERACIONES DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL VARIADOR DE VELOCIDAD**

5.1	Análisis del sistema eléctrico	55
5.2	Consideraciones de instalación del variador de velocidad	55
5.2.1	Instalación/cableado	55
5.2.2	Fuente de alimentación de CA	57

5.2.3	Acondicionamiento de la potencia de entrada	58
5.2.4	Fusible de entrada	60
5.2.5	Dispositivos de entrada	62
5.2.6	Interferencia eléctrica EMI/RFI	62
5.2.7	Filtro de RIF (Interferencias radioeléctricas)	64
5.2.8	Conexión de tierra	64
5.2.9	Cableado de alimentación eléctrica	67
5.2.10	Cableado de control y señales	73
5.2.11	Dispositivos de salida	75
5.3	Entrega del producto	76
5.3.1	Pruebas estáticas	76
5.3.2	Pruebas dinámicas	77
5.3.3	Pruebas para el arranque (Check List)	78
5.3.4	Equipos utilizados	80
	<b>CONCLUSIONES</b>	82
	<b>ANEXO A</b>	
	Planos eléctricos	85
	<b>ANEXO B</b>	
	Ampliación de conceptos	90
	<b>ANEXO C</b>	
	Equipos de mitigación de disturbios eléctricos	99
	<b>ANEXO D</b>	
	Especificaciones e información suplementaria	116



**BIBLIOGRAFÍA**

## **PRÓLOGO**

En el presente trabajo se comprueba mediante el análisis financiero, el ahorro de energía al instalar un variador de velocidad a una bomba de agua de un sistema de enfriamiento. Se examina las recomendaciones de los fabricantes, previas y durante la instalación, propias del sistema de protección de equipos electrónicos sensibles de carga no lineal y de los efectos de estos en la red eléctrica.

El variador de velocidad (AC Driver) es preferible a otros métodos de ajustar la performance de funcionamiento tales como: reguladores de bypass, válvulas de estrangulamiento, sistema de engranaje en motores, la razón es que son fáciles de automatizar y tienen mantenimiento mínimo.

Se usan desde hace 20 años [6], durante los cuales a sufrido cambios con adelantos recientes en su diseño electrónico, que los han hecho mas eficientes y con una considerable disminución del costo.

Además a la relativamente alta eficacia, se puede instalar el variador de velocidad en sistemas de control de procesos automatizados. Proveen los beneficios de un arranque suave reduciendo el efecto de picos de corriente en el motor. Así variar la velocidad de una bomba con un variador de velocidad ofrece muchos beneficios incluyendo alargar la vida de cojinetes y sellos mecánicos,

reduciendo el consumo de la energía, mejor confiabilidad del sistema y mayor exactitud [6].

Se da particular énfasis a la protección del sistema eléctrico y del variador de velocidad, no es materia de este trabajo el análisis de la red de comunicación con el centro de supervisión ni del software de control empleado para su funcionamiento

# CAPÍTULO I

## DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ENFRIAMIENTO CON CONTROL DE FLUJO MANUAL

### **1.0 Antecedente**

El sistema de enfriamiento del presente trabajo es un proceso que está expuesto al aire libre y mediante tuberías se lleva el agua fría a los intercambiadores de calor.

Tiene un antigüedad de 30 años durante los cuales trabaja en forma continua, pero durante los análisis de pérdidas del área de proceso se observó que se podría obtener mejoras en el ahorro de energía instalando un variador de velocidad a la bomba centrífuga de la torre de enfriamiento.

A continuación se realiza una breve descripción del sistema de control de flujo en el proceso de enfriamiento.

### **1.1 Proceso de enfriamiento antes de ser mejorado**

En nuestro proceso ( ver Fig. 1.1) el calor producido por la reacción química de los componentes de la pasta llega a temperaturas muy altas generando problemas en el proceso final del producto, para lograr un mejor manejo y lograr una mejor calidad de la pasta es necesario disminuir esta temperatura

Esto se logra con 4 enfriadores de calor en línea (es un pequeño cilindro alargado con tubos delgados en su interior, que tienen una chaqueta de agua) en donde la pasta y el agua fría blanda intercambian calor, logrando aumentar la temperatura del agua fría de 21°C a 48°C. Estos intercambiadores son operadas manualmente al abrir y cerrar válvulas según la cantidad de pasta que se necesita. Se cuenta con medidores de temperatura a la entrada y salida de la torre de enfriamiento.

Adicionalmente este sistema de enfriamiento también fue utilizado para enfriar resistencias en el proceso de envasado pero esta carga fue retirada al construirse un sistema propio de enfriamiento.

El agua blanda se utiliza para disminuir problemas de corrosión en las tuberías, la cual es enfriada por una torre de enfriamiento que recircula por toda la tubería de 6" mediante una bomba centrífuga sumergible de 20 Hp la que funciona en forma continua, a plena carga aun cuando se utiliza solo un intercambiador de calor.

### **1.1.1 Operación de arranque del sistema**

La operación del sistema de enfriamiento se inicia antes de arrancar el proceso de producción

- 1.- Se verifica que exista agua en el tanque de agua blanda, de no existir se tiene que preparar el agua blanda.
- 2.- Se encienden manualmente los motores del ventilador y bomba desde el centro de control de motores de la torre de enfriamiento (CCM Cooling Tower).
- 3.- Se verifica que el indicador de presión marque el valor de 65 PSI.
- 4.- Una vez que arranque el proceso se comprueba el funcionamiento correcto en el termómetro que está en línea verificando la temperatura de 21°C.

De producirse una parada en el proceso de producción el sistema de enfriamiento sigue funcionando. Si la parada involucra mas de 2 horas el sistema de enfriamiento se detiene manualmente desde las botoneras locales ubicadas en el centro de control de motores de la torre de enfriamiento (CCM Cooling Tower). Se detiene al finalizar el fin de semana laborable sábado 11pm.

## **1.2 Equipos del sistema de enfriamiento**

La secuencia del proceso de enfriamiento involucra a los siguientes equipos :

### **1.2.1 Intercambiadores de calor en línea**

Son 4 intercambiadores de calor pequeños (1.8m x 6"), diseñados para intercambiar el calor producido por la alta temperatura de la pasta de detergente y el agua fría que

viene desde la torre de enfriamiento.

La pasta ingresa y sale por tuberías de 3" las cuales se distribuyen en tuberías muy delgadas de 1/4" dentro del enfriador, por la cual circula el agua de enfriamiento cuyo ingreso y salida son diferentes al de la pasta.

### **1.2.2 Torre de enfriamiento**

Una torre de enfriamiento es un intercambiador de calor especializado en la que los fluidos aire y agua blanda son llevados en contacto directo uno con el otro para lograr la transferencia de calor ayudado por un ventilador. En nuestro caso el agua caliente que viene de los intercambiadores en línea de 48 °C esta en contacto con el aire que viene del ventilador, logrando enfriarlo hasta 21°C, el cual es bombeado nuevamente hacia los intercambiadores en línea y nuevamente se inicia el ciclo.

#### **Características**

**a) Motor :** El motor de ventilación es a prueba de agua. La conexión de fuerza es 460 V/ 60 Hz/ 3 Fases y potencia 2HP .

**b) Cubierta :** La cubierta y tornillos son completamente no corrosivos y utiliza soportes de acero inoxidable. Una cubierta de gel con inhibición a rayos U.V. provee mayor duración, mejor apariencia y prolonga la vida del servicio. No requiere pintura o mantenimiento.

**c) Hojas del ventilador** Las hojas son de plástico que pueden mover hasta 50 toneladas de aire.

**d) Cuerpo de PVC:** Las laminas onduladas para llenar la torre de enfriamiento son de PVC rígido pesado, que diseñado como un panal de miel lleva al máximo contacto el agua con el calor que transfiere la superficie.

**e) Rociadores:** La distribución del agua es por una tubería de PVC con rociadores rotatorios. La rotación del rociador es ajustable para distribuir el agua óptimamente.

**f) Distribución del agua caliente:** Una vasija abierta sobre el dique de llenado debe recibir el agua caliente de la tubería a través de la las celdas de la torre. Esta vasija

está en proporción integral del tamaño de la torre previendo la necesidad de instalación y sellado. El agua entrará a la base a través de las capas onduladas removibles. La base deberá proveer una adecuada circulación y evitar el sobre flujo. En la base se debe tener huecos en forma simétrica en ambas direcciones y en forma transversal previendo un flujo de gravedad uniforme.

**g) Vasija de agua fría y accesorios:**

La vasija de agua es un pieza simple, adjunta a la estructura de la torre desde la fábrica. Para mayor flexibilidad en la instalación, se debería incluir en ambos lados conexiones por gravedad las cuales deben llegar a una válvula de salida.

**1.2.3 Ablandador de agua**

Su función es proveer el agua que disminuye por evaporación, la adición de agua es controlado automaticamente por una boya de nivel simple.

El tratamiento del agua es necesario en sistemas con evaporación, logrando una mejor calidad del agua suficiente para prevenir escamadura, corrosión y ataque biológico. El aspecto biológico del tratamiento del agua previene de organismos vivientes que crece en el agua de recirculación y se adhiere a cualquier superficie bacteria, limo y algas acometen y destruyen componentes del sistema. La formación de costras tiene su raíz en la evaporación de agua. Al evaporarse el agua de salida deja los sólidos. El reemplazo de agua introduce más sólidos que continuamente van acrecentando la concentración de los sólidos en el agua de recirculación, hasta que no pueda mantener los sólidos en estado disuelto y empezarán a precipitar fuera de la solución como escamas.

**1.2.4 Bomba de agua de 20 hp**

Su función es bombear el fría (21°C) a los intercambiadores de calor en línea, el cual retorna (con 48°C) al sistema de enfriamiento.

Especificaciones Técnicas:

<b>TABLA TECNICA</b>	
Modelo de Bomba	6MQ-L-4-1
Nro de Etapas	5
Diámetro de Canastilla y tubo de Succión x 10'	4"
Largo columna de Descarga	10 pies
Diámetro de columna de Descarga	4"
Linterna Modelo	GSR-6X16-1/2
Caudal (lps)	13 206.07 Gl /m'
ADT (mts)	64 (90 psi) 209.92 pies
Eficiencia (%)	73
Pot. Abs. Pto de Bombeo (hp)	15,1
Pot. Abs. Max (hp)	16,3
Diametro Impulsor (mm)	107 42.12"
Diámetro Exterior Max. (pulg)	5-3/4
<b>Ejecución Metalúrgica</b>	
Tazoncs	Fc.Fdo A4830B grano Fino
Impulsores	Bronce Silicio ASTM b54872
Eje Cuerpo Bomba	Acero Inoxidable AISI 416
Columna Exterior	Acero ASTM A120-67T
Eje Columna	Acero C 1045 R
<b>Datos de Motor</b>	
Marca	WEG

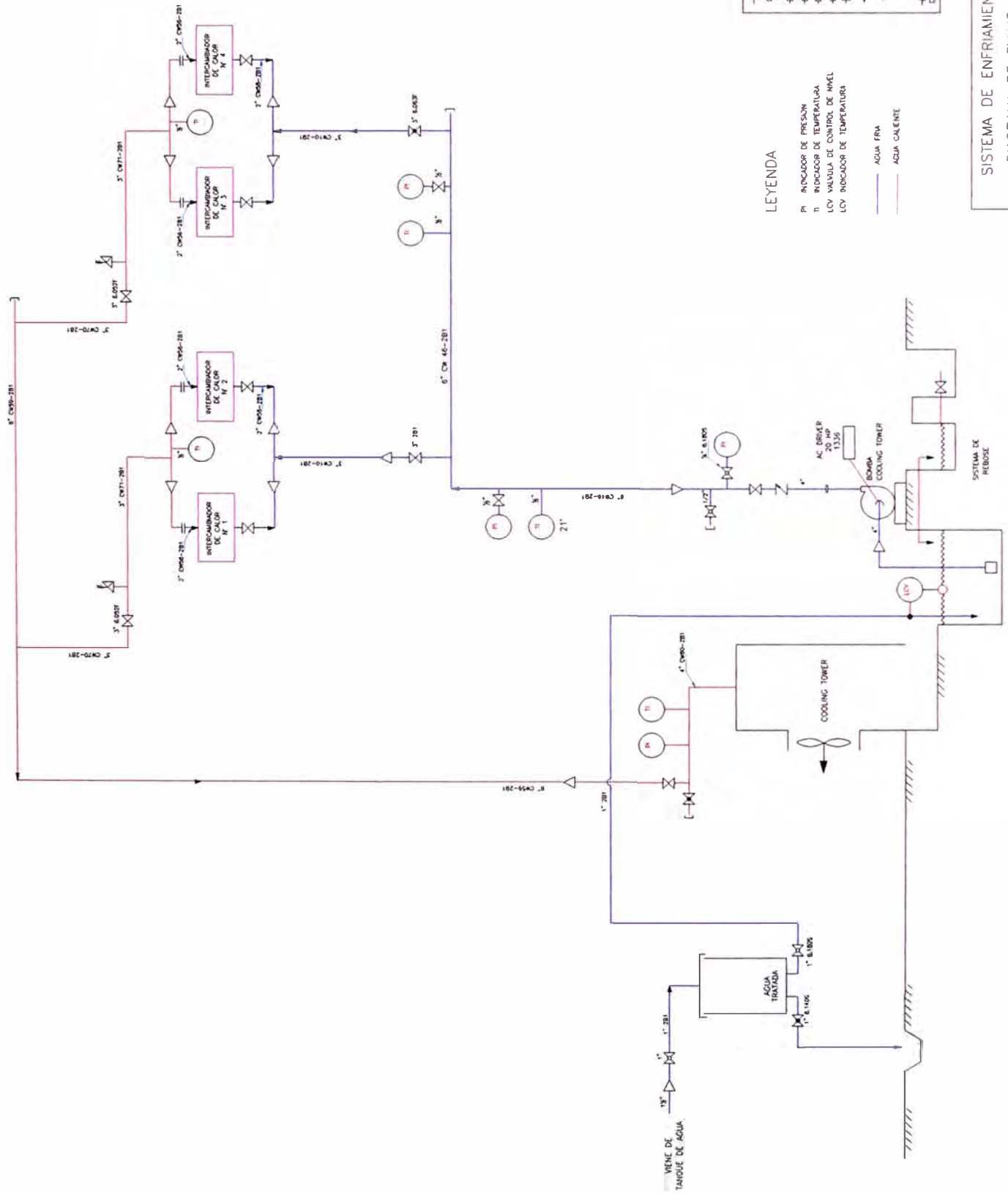


Potencia Nominal Motor (hp)	20
Modelo	TE-31
Frame	160 M
Arranque	Estrella- Triángulo
Construcción	Cerrada
Voltios	220-440
RPM	2850

En la siguiente página se muestra el diagrama de flujo del sistema de enfriamiento

*Fig 1.1*

*Diagrama de flujo del sistema de enfriamiento*



LEYENDA

	INDICADOR DE PRESION
	INDICADOR DE NIVEL
	VALVULA DE FLUJO
	VALVULA DE NIVEL
	VALVULA DE CONTROL DE NIVEL
	VALVULA 3 VAS
	VALVULA DE ALMO
	REDUCTOR
	BOMBA
	INDICADOR DE TEMPERATURA

LEYENDA

- PI INDICADOR DE PRESION
- TI INDICADOR DE TEMPERATURA
- LCV VALVULA DE CONTROL DE NIVEL
- LCV INDICADOR DE TEMPERATURA

— AGUA FRIA  
 — AGUA CALIENTE

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO  
 DIAGRAMA DE FLUJO

## **CAPÍTULO II DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ENFRIAMIENTO CON CONTROL DE FLUJO DE VELOCIDAD**

### **2.1 Proceso de enfriamiento con el variador de velocidad.**

El sistema de enfriamiento es un proceso que prácticamente está funcionando 24 hrs. al día. Considerando que se retiraron cargas al sistema de enfriamiento, este quedó sobredimensionado para el requerimiento de proceso: Por lo que se realizó un estudio para regular la demanda agregando un variador de velocidad para la bomba de agua, de modo que todo el sistema de enfriamiento siga funcionando igual pero con menor costo de energía.

Se instaló un variador de velocidad el cual es controlado desde la sala de control por el operador que se encarga de supervisar todo el proceso de fabricación el cual involucra a otros sistemas, siendo uno de ellos el sistema de enfriamiento.

El supervisor de proceso observa en pantalla la variable de velocidad del variador, la temperatura de la pasta la obtiene desde otro sistema donde su lectura es más exacta. El sistema de control se realiza con protocolos (recetas) del proceso de fabricación del producto que se necesita. Dentro de las recetas se tiene los valores de velocidad y temperatura a los que debe de operar el sistema.

Con la instalación del variador de velocidad se controla el flujo adecuado y necesario para cumplir con el enfriamiento de los intercambiadores de calor.

El proceso de fabricación es flexible, puesto que nos permite regular la temperatura mencionada considerando la temperatura ambiente.

### **2.1.1 Operación del sistema de enfriamiento con variador de velocidad.**

El sistema de enfriamiento debe iniciarse antes de la puesta en marcha del proceso de producción. A continuación se cita brevemente los pasos adecuados para la operación del sistema enfriamiento.

- a.- Se verifica si existe agua en el tanque de agua blanda.
- b.- Se encienden automáticamente desde el cuarto de control.
- c.- Una vez que arranque el proceso se comprueba el correcto funcionamiento verificando la temperatura de la pasta en el cuarto de control.
- d.- En el CCM tiene un botón de Jog (pulsador de arranque sin enclavamiento, utilizado para probar la bomba en caso de mantenimiento o prueba) reemplazando al de arranque y un botón de parada de emergencia.

De producirse una parada el proceso de producción el sistema se detiene desde el cuarto de control. La parada formal del proceso está especificada para el final del ciclo de producción semanal el cual es los días sábados a las 23 horas.

A continuación se hace una descripción del variador de velocidad.

### **2.2 Variadores de velocidad**

Mucha de la energía que actualmente es consumida en las plantas industriales es aplicada en la operación de bombas y ventiladores. Con estos tipos de equipos muchas veces la demanda real, es menor que la capacidad del sistema.

El control directo de la velocidad variable provee un considerable ahorro de energía y mejor eficiencia en el funcionamiento. El control se realiza con el equipo electrónico denominado variador de velocidad.

### **2.3 Características de variadores de velocidad**

Un variador de velocidad convierte las 3 fases, 60 Hz de la energía de entrada a una frecuencia y tensión ajustable para controlar la velocidad de un motor de inducción de jaula de ardilla.

La frecuencia aplicada al motor determina la velocidad del motor basada en la siguiente ecuación:

*Ecuación 2.1*

$$N = \frac{120 f}{P}$$

Donde :

N = velocidad (RPM)

f = frecuencia (Hz)

P = número de polos

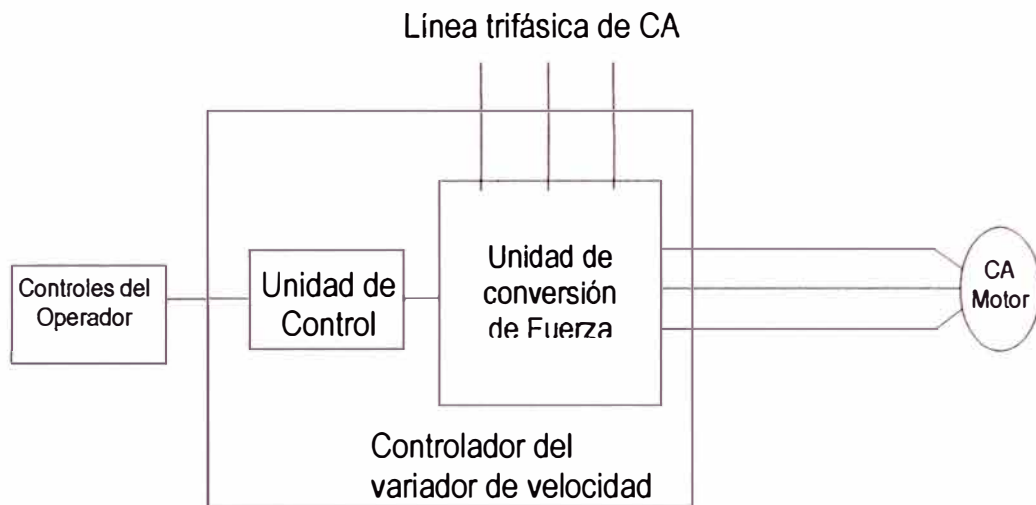
El número de polos es considerado constante por característica del diseño del motor.

El variador de velocidad controla la frecuencia ( f) y tensión aplicada al motor. La velocidad ( N) del motor es proporcional a la frecuencia aplicada. La frecuencia es ajustada por intermedio de un potenciómetro o señal externa dependiendo de la aplicación.

Para mantener constante el torque del motor, el controlador del variador mantiene la tensión y la frecuencia de salida a una relación constante para una velocidad del motor. La cual es llamada relación volts por hertz (V/Hz) del variador de velocidad.

### **2.3.1 Sistema del variador de velocidad AC**

Un variador de velocidad típico consiste de tres partes básicas: controles del operador, controlador del variador y motor AC la Fig.2.1 muestra un sistema de variador de velocidad.



*Fig. 2.1*

*Sistema del variador de velocidad AC.*

Los controles del operador le permiten arrancar, parar, cambiar la dirección y velocidad del controlador con un simple potenciómetro ú otros equipos de operación.

Estos controles pueden ser parte integral o instalados remotamente. Algunas veces se usan controladores programables para esta función.

El controlador del variador convierte la tensión AC fija, en una frecuencia y tensión de la fuente ajustable. El cual consiste de una unidad de control y una unidad de conversión de energía. La unidad de control supervisa la operación del variador y provee un importante sistema de diagnóstico de la información.

La unidad de conversión de la energía realiza varias funciones. Rectifica la tensión fija AC a DC. La tensión resultante es filtrada a través de un filtro pasa bajo LC para obtener un canal de tensión DC. Entonces la unidad de conversión de energía (inversor) produce una tensión y corriente AC con la frecuencia deseada. El motor de AC convierte la frecuencia ajustable en una energía mecánica rotacional.

## **2.4 Tipos de variadores de velocidad**

Las diferencias entre variadores de velocidad no son fácilmente determinadas con la información que entregan los fabricantes. Todos los variadores de velocidad convierten la entrada de tensión AC en alguna forma de tensión DC o AC variable que alimenta al motor.

Los tipos más comunes de variadores de velocidad son, con tensión de entrada variable (VVI) y modulación con ancho de pulso PWM. A continuación se describe brevemente cada uno de ellos.

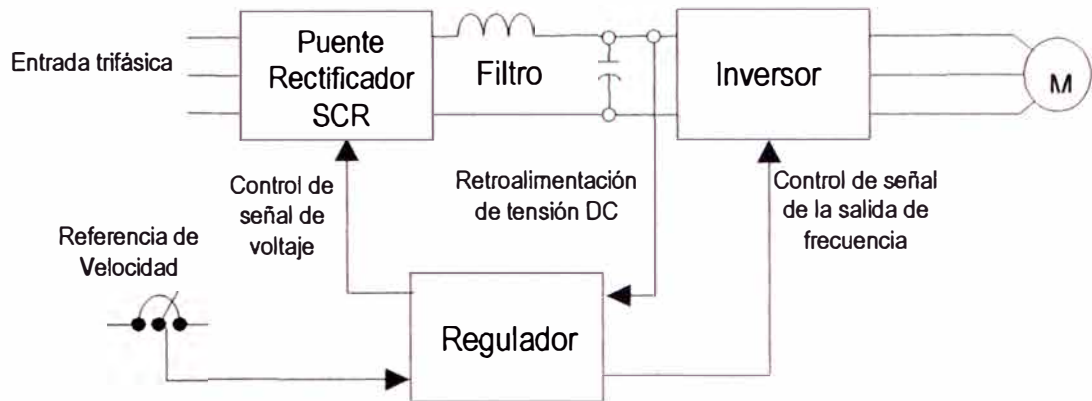
### **2.4.1 Inversores de Tensión Variable (VVI)**

Este tipo de variador de velocidad rectifica la entrada de energía y entrega una tensión variable DC a la sección de conversión de energía llamada sección del inversor. La sección de inversión convierte la tensión variable DC a una tensión y frecuencia variable AC. La sección de inversión es construida con transistores de potencia o tiristores (SCRs) dependiendo de los requerimientos de potencia (HP)

La Fig. 2.2 representa un diagrama de bloques de conversión de la unidad de energía en un variador de tensión variable.

Un puente de rectificación SCR convierte las 3 fases de potencia de entrada a una tensión variable DC el cual es la entrada de la sección de inversión.

La sección de inversión genera tensión y frecuencia variable AC para controlar la velocidad del motor. Un filtro capacitor provee un suministro de tensión que pasa al inversor por lo que la tensión de salida no es afectada por la naturaleza de la carga.



**Fig. 2.2**

*Diagrama de bloques de la unidad de conversión de energía en un variador de velocidad de tensión variable.*

Provee una baja calidad de simulación de la onda senoidal para el motor. La tensión de salida de un variador de velocidad VVI es llamada forma de onda de "seis pasos". y se muestra en la Fig. 2.3



**Fig. 2.3**

*Formas de Onda de Salida de un VVI*

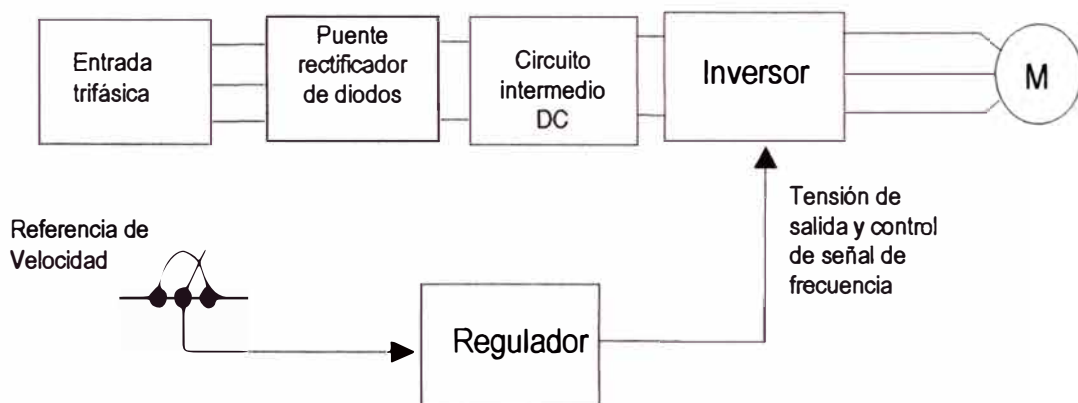


### 2.4.2 Modulación con Pulsos (PWM)

En la figura 2.4 se presenta un diagrama de la unidad y conversión de fuerza en un variador de velocidad con PWM. En este tipo de variador un puente de diodos rectificador provee el circuito intermedio de tensión DC. En el circuito intermedio DC, la tensión DC entra a un filtro pasa bajo LC, las salidas de tensión y frecuencia son controladas electrónicamente por técnicas con modulación de pulsos.

Esencialmente estas técnicas requieren dispositivos de conmutación (transistores, SCR's, IGBT's) on y off muchas veces para generar tensión y frecuencia AC.

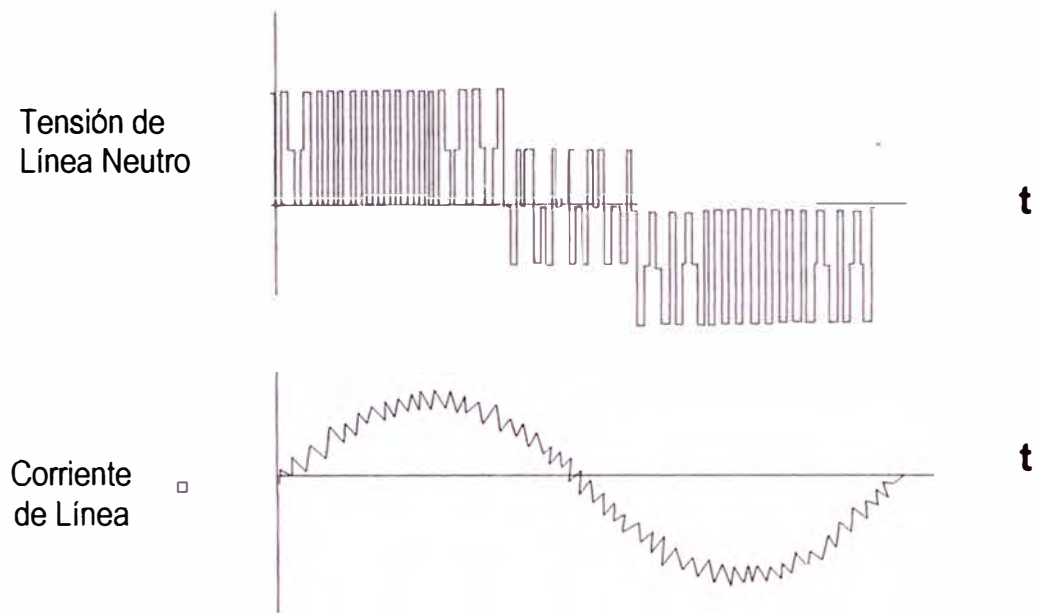
Ofrece el más eficiente control en un motor AC. Los fabricantes de variadores de velocidad AC con PWM tienen diferentes tipos: Propósitos Generales, Tipo Industrial y del tipo con Interface Inteligente.



*Fig. 2.4*  
*Unidad de conversión de energía de un PWM*

Este esquema de conmutación requiere un regulador más complejo que el VVI.

Con el uso de un microprocesador, las funciones complejas de regulación son manejadas con mucha efectividad. La tensión de salida es presentada en la Fig. 2.5.



*Fig. 2.5*  
*Formas de Onda de Salida PWM*

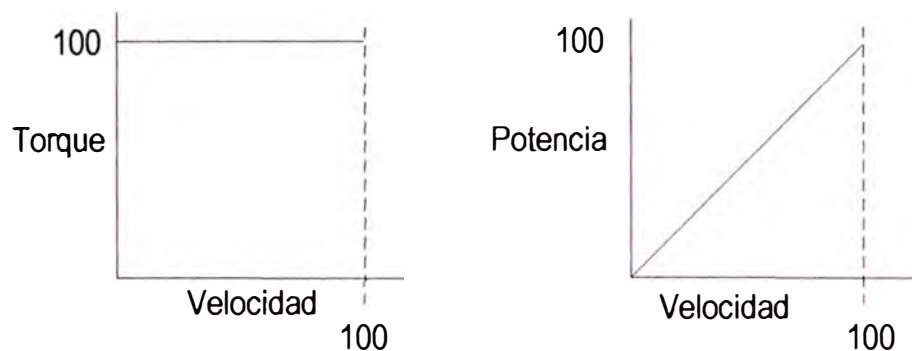
## **2.5 Selección del variador de velocidad**

El proceso de Selección de un variador de velocidad AC tiene como principal consideración el tipo de carga, la velocidad, características del torque así como los HP requeridos. La demanda y costo de una aplicación particular debe ser contrastado con la capacidad del variador de velocidad. Para la evaluación de la carga se debe considerar: tipo de carga, tamaño, motor y rangos de velocidad. A continuación se describen los principales tipos de carga.

### **2.5.1 Carga de torque constante**

Este tipo de carga es una de las mas comunes. En este grupo el torque requerido por la carga es constante a cualquier velocidad.

Las cargas de este tipo son normalmente las de fricción. En otras palabras las características de torque constante es necesario par vencer fricción. En la figura 2.6 se presenta el torque constante y potencia variable demandado por la carga.



*Fig. 2.6*  
*Carga de torque constante*

Como se ve en la fig 2.6 el torque permanece constante mientras la potencia es directamente proporcional a la velocidad, se puede verificar este hecho en la ecuación básica de potencia.

*Ecuación 2.2*

$$\text{HP} = \frac{\text{Torque} \times \text{Velocidad}}{5252}$$

Donde:

Torque = lb-ft.

Velocidad = RPM

5252 = constante de proporcionalidad

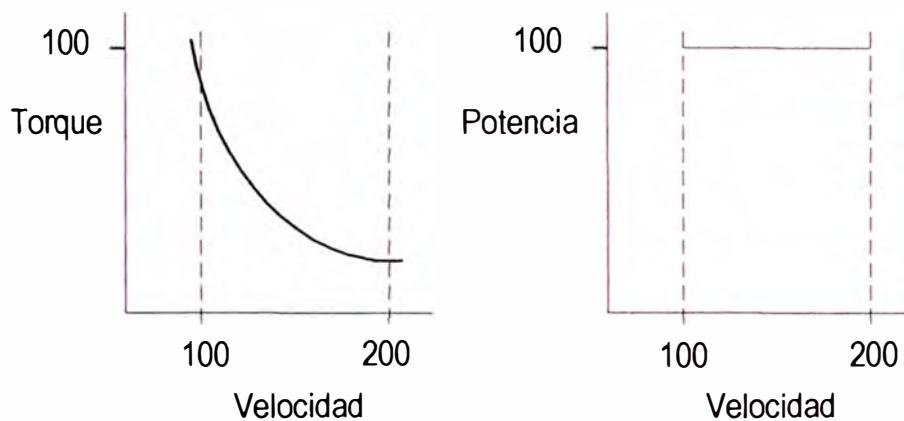
Ejemplos de este tipo de cargas son fajas transportadoras y bobinadores.

El torque constante también es usado cuando se presentan sobresaltos, sobrecargas o altas cargas de inercia.

### **2.5.2 Carga de potencia constante**

En este tipo de cargas la potencia demandada por la carga es constante dentro de un rango de velocidad. De la ecuación 2.2 la carga requiere alto torque a baja velocidad.

Se puede ver que con la potencia mantenida constante el torque decrece así la velocidad aumenta. Por otro lado la velocidad y torque son inversamente proporcionales uno al otro. La Fig. 2.7 presenta la potencia constante y demanda de torque de la carga.



*Fig. 2.7*  
*Carga de potencia constante*

Ejemplos de carga de este tipo son centros con bobinas y máquinas herramientas con eje en movimiento. Un específico ejemplo de esta aplicación puede ser un torno que requiere baja velocidad para corte áspero y altas velocidades para cortes finos donde pequeños materiales es removido. Usualmente muy alto torque de arranque se necesita para una rápida aceleración

### **2.5.3 Carga de torque variable**

Con este tipo de carga, el torque es directamente proporcional a la velocidad, usualmente (velocidad)<sup>2</sup>

Matemáticamente:

$$\text{Torque} = k \ w^2$$

k = Constante de proporcionalidad

La potencia es típicamente proporcional al cubo de la velocidad ( velocidad<sup>3</sup>)

La figura 2.8 muestra el torque y potencia variable demandado por la carga.

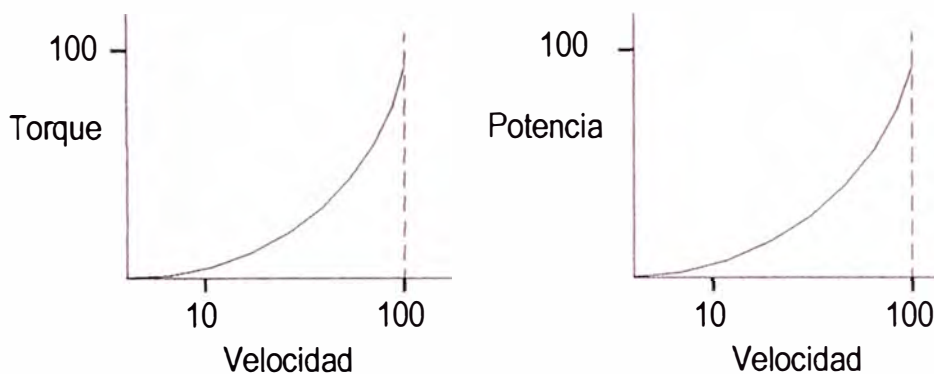


Fig.2.8

*Carga de torque variable*

Ejemplos de carga de torque variable son ventiladores, sopladores y bombas centrífugas. Este tipo de carga necesita mucho menor torque a baja velocidad que a alta velocidad.

<b>CARACTERISTICAS DE TORQUE Y HP</b>	<b>APLICACION</b>
HP constante, torque varía inversamente con la velocidad.	Herramientas de corte de metal, algunos agitadores, máquinas especiales donde la operación a baja velocidad es continua.
Torque constante la velocidad y HP varían.	Máquinas en general, impresiones, etc. (representa el 90 % de aplicaciones)
Exponencial cuadrado, HP y torque varían con el cuadrado de la velocidad,	Todos las bombas centrífugas y algunos ventiladores,
Cargas de alta inercia.	Máquinas que utilizan fuerza de presión.

**Tabla 2.1 Características de Torque según su aplicación**

## **2.6 Características técnicas del variador de velocidad 1336 Plus**

### **2.6.1 General**

Es diseñado de acuerdo a las siguientes características técnicas:

- \* NFPA 70 - US National Electrical Code
- \* NEMA ICS 3.1 - Safety standards for Construction and Guide for Selection, Installation and Operation of Adjustable Speed Drive Systems.
- \* NEMA 250 - Enclosures for Electrical Equipment
- \* UL 508C - Underwriter's Laboratory
- \* CAN/CSA-C22 No. 14-M91. - Canadian Standards Association.
- IEC 146 - International Electrical Code.

#### **a) Requerimientos Regulatorios**

\* El variador de velocidad esta en conformidad a los siguientes requerimientos:

\* NFPA 70

\* IEC 146

\* En conformidad con las siguientes EMC directivas

Emissions Immunity

EN 50081-1 EN 50082-1

EN 50081-2 EN 50082-2

EN 55011 Class A IEC 801-1,2,3,4,6,8

EN 55011 Class B (per EN 50082-1,2)

•IEC 801

•C-UL Estas marcas proveen autorización aceptada por usuarios de Estados Unidos y canadienses.

El fabricante suministrará el producto tal como está listado y clasificado por Underwriter's Laboratories apropiado para el propósito especificado.

Allen-Bradley fabrica variadores de velocidad desde 1980 y continúa la especialización del diseño de PWM para variadores de velocidad.

#### **b) Simplicidad, flexibilidad y prestaciones**

El variador de velocidad 1336 PLUS ofrece flexibilidad, capacidad de control, facilidad de configuración y operación ahorro de energía y un excelente rendimiento para las aplicaciones que requieren un variador de Voltios/ Hertz PWM ( modulación de amplitud de pulsos) trifásico. El variador usa la más moderna tecnología de potencia IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistors), para una operación suave y silenciosa. Esta nueva tecnología hace que sea más compacto, resistente y fácil de instalar.

### **c) Características de rendimiento necesarias para aplicaciones actuales**

Entre las características se incluyen:

- Pantalla de parámetros del proceso
- Límite de corriente para un alto rendimiento y flexibilidad de la aplicación.
- Realimentación del encoder para ajuste de velocidad de 0.1%
- Protección de sobrecarga electrónica programable sensible a la velocidad  $I^2t$ , para proteger el motor en todas las velocidades.
- Arranque en movimiento para activación en un motor en rotación
- Aceleración y desaceleración de curva en S para controlar uniformemente los cambios de velocidad.
- Frecuencia portadora ajustable.
- Protocolo de comunicaciones SCANport para interface del operador y opciones de comunicaciones.
- Pantalla de parámetros del proceso.
- Puesta en marcha automática para un excelente rendimiento del motor.
- Rango de velocidad de 0 a 400 Hz para flexibilidad del proceso.

El módulo de interface de operador hace que la programación y operación del variador de velocidad 1336 PLUS sea una tarea simple.

## **2.6.2 Producto**

### **Requisitos básicos**

El variador de velocidad debe ser autoajutable para aceptar una tensión de entrada entre 200-240/ 380-480/ 500-600VAC, trifásico.

El impulso del factor de desplazamiento tendrá cierto alcance entre 1.0 y 0.95, encima del rango de la velocidad (0.80 para 0.5-5hp/ 0.37-3.7kW, 200-480V). La eficiencia del variador de velocidad debe ser como mínimo de 97% a plena carga y velocidad.

### **Ambiente**

La temperatura ambiente de almacenamiento tiene cierto alcance: - 40 °C a 70 °C (40 a 158 °F). La temperatura ambiente de operación tiene el alcance de: 0 °C a 40 °C (0 a 109 °F). El rango de la humedad relativa es 5% a 95%.

Altitud de operación: hasta 1000 metros (3,300ft).

### **Ajuste del rango de tensión y frecuencia**

La tensión del rendimiento es ajustable desde 0 hasta el rango de tensión de entrada.

El rango de frecuencia de la tensión fundamental es ajustable desde 0 hasta 400Hz. La sección del inversor producirá una onda de pulso de duración modulada (PWM) usando la última generación de IGBTs.

## **2.7 Diseño**

### **2.71 Hardware**



El hardware del variador de velocidad emplea los siguientes componentes de fuerza.

- \* Puente de Diodos en la entrada.
- \* Inductor DC bus en todo rango de 7.5HP (5.5kW) o mayor.
- \* Suministro de Fuerza con lógica de conmutación que opera desde el DC bus.
- \* Protección MOV fase a fase y fase a tierra.
- \* Microprocesador de lógica inversa aislada de circuitos de fuerza.
- \* Última generación de IGBT en la sección del inversor.
- \* La sección del inversor no requerirá conmutación de condensadores.
- \* Interface común personalizada para todos los rangos de fuerza. La interface incluirá un display digital LCD, teclado pequeño de programación y opción para codificación de clave del operador.
- \* Conexión común de control, para todos los rangos.
- \* Funcionamiento óptimo de la onda portadora a 4 kHz hasta 60HP (44 kW), y 2kHz a 75HP (55kW) o mayores.
- \* Interface Periférico habilitado para opciones comunes.

### **2.7.2 Lógica de control**

El variador de velocidad es programable o auto ajustable para su funcionamiento bajo las condiciones siguientes.

- \* Hacer funcionar el variador de velocidad con el motor desconectado.
- \* Parada controlada, cuando se funde el fusible apropiado, si ningún componente falla en el evento de un corto circuito fase a fase ó fase a tierra la condición de falla es anunciada.
- Frecuencia portadora ajustable PWM dentro de un rango de 2-8kHz.

- \* Seleccionable sensorless Vector o modo V/ Hz.
- \* Seleccionable para cargas de torque variable o constante. La selección de torque variable provee hasta 115% del rango de corriente de torque variable durante un minuto. La selección de torque constante provee 150% de corriente de torque constante durante un minuto.
- \* Múltiples rangos de aceleración y desaceleración.
- \* Frecuencia ajustable hasta 400Hz.

### **2.7.3 Acondicionamiento del variador de velocidad**

El variador de velocidad está diseñado para operar en una línea AC que contendría perturbaciones transitorias de línea y distorsión de armónicos hasta el 10%. No se requerirá un transformador del aislamiento en la entrada para protección de transientes normales de línea. Si las condiciones de línea requieren el uso de un transformador de aislamiento, el factor K debería ser 4.0 ó menos. El factor K nos indica que el transformador es adecuado para cargas no lineales, sin exceder la sobretemperatura límite producida por los armónicos de corriente.

## **2.8 Características**

### **Interface**

El variador de velocidad provee un módulo para programar y mostrar las condiciones de operación, ajustes e indicaciones de las fallas. El display es removible con energía sin causar una falla, es visible y operable sin abrir la puerta. El display consta de 2 líneas de 16 caracteres alfanuméricos, el LCD es configurable para mostrar simultáneamente dos valores usando textos personalizados en diferentes lenguajes y escala de unidades. El módulo también provee led's de indicación de dirección del variador de velocidad.

## **Modo de Control**

El variador de velocidad en cuestión puede ser solicitado o recomendado técnicamente por un especialista de acuerdo a la característica de la carga. Así el variador de velocidad puede ser de modo de control Volt/ Hz ( usado donde el voltaje aplicado al motor es a frecuencia regulada, a fin de conseguir la velocidad deseada); o puede obtenerse un variador de velocidad con técnicas de control no vectorial (sensorless vector). Este modo de control es de lazo abierto y tiene un nivel intermedio de control de calidad entre V/Hz y control de campo orientado. Ofrece un torque de arranque superior, como un buen torque de aceleración y gran capacidad de afrontar torques intensos por cargas abruptas, pero no puede ofrecer una regulación de la magnitud del torque producido por el motor.

## **Límite de Corriente**

Límite de corriente programable de 20% a 160% de rango de torque constante. La corriente límite esta activada para todos estados del variador de velocidad; aceleración, velocidad constante y desaceleración. El variador de velocidad emplea regulación PI con una ganancia ajustable para transición suave en y fuera del límite de corriente.

## **Aceleración/ Desaceleración**

Los ajustes separados de aceleración o desaceleración pueden ser desde 0 a 3600 segundos. Se puede acceder remotamente con la opción de interfase de control. Un ajuste programado de la corriente límite puede desactivar una aceleración rápida de cargas de inercia baja.

## **Rendimiento**

Se combinan las características de alto rendimiento con esquemas de comunicación de dispositivos múltiples. El resultado es una combinación del variador de velocidad/motor con mejor respuesta que optimiza el rendimiento de la aplicación.

### **Sobrecarga electrónica sensible a la velocidad**

\* Junto con el **ajuste de frecuencia** estándar de 0.1% del punto de ajuste, existe una serie de opciones de ajustes de velocidad programables.

\* La **compensación de deslizamiento** con ganancia invertida ofrece un aumento del 0.5% en rendimiento, monitoreando con precisión la corriente del motor y compensando la pérdida de velocidad debida a un mayor deslizamiento del motor. Para aplicaciones que requieren compartir la carga entre los motores, también tiene compensación negativa de deslizamiento, o “disminución”.

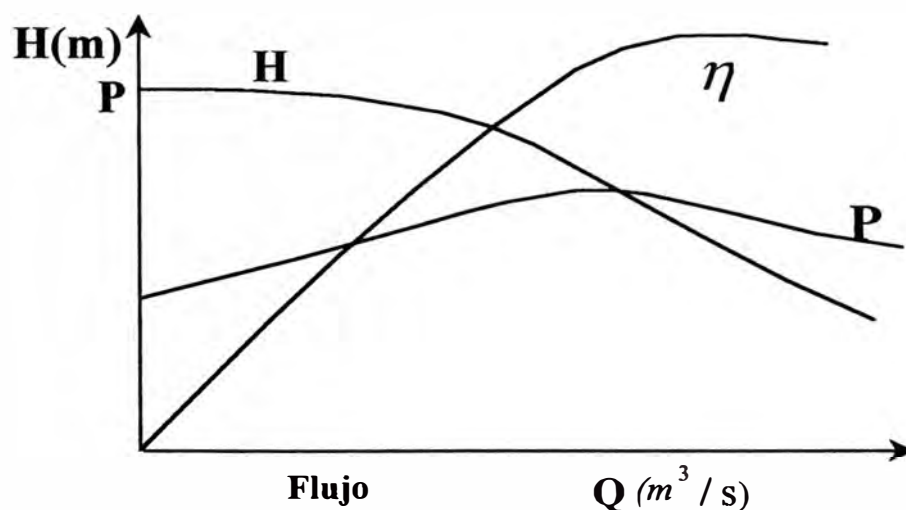
\* La **realimentación del sensor de velocidad** proporciona ajuste de velocidad de lazo cerrado del 0.1%. La respuesta se basa en el tiempo de recuperación y no en la frecuencia, y es independiente de la inercia de la carga. El lazo de velocidad activa proporciona una respuesta uniforme y reduce al mínimo el sobreimpulso y subimpulso bajo condiciones de carga dinámica, ésta función está diseñada para proteger los motores contra sobrecargas no momentáneas, simulando la curva de disparo  $I^2t$  de sobrecarga térmica estándar clase 20 de UL. Pero la **función  $I^2t$**  proporciona aún más protección aumentando su sensibilidad a los disparos cuando la frecuencia de salida del variador de velocidad es baja. Puesto que el motor está a una velocidad más baja, existe un menor enfriamiento y un tiempo de disparo más rápido que proporciona una protección más precisa.

### CAPÍTULO III ANÁLISIS COMPARATIVO DE AMBOS PROCESOS

Se quiere describir conceptos fundamentales del sistema de bombas y comparar el método de control de flujo entre la regulación de válvulas y regulación mediante el control de velocidad.

#### 3.1 Curvas características de bombas

Las curvas características de la bomba (Fig. 3.1) se describen así : El eje Y representa la capacidad del sistema (H), el eje X representa el flujo Q, además se puede mostrar la eficiencia y la potencia.



**Fig. 3.1**  
*Curvas para bombas centrífugas y ventiladores con velocidad fija típica*

### 3.2 Curvas características del sistema

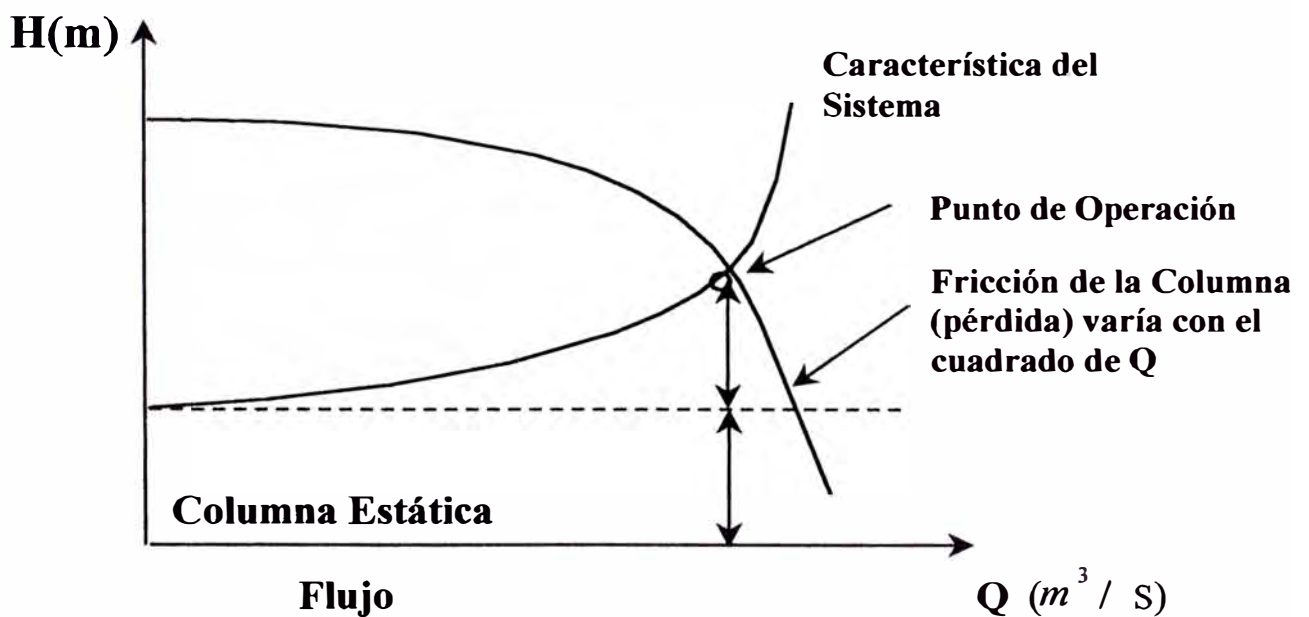
El sistema requiere de las características de H como punto de partida para desarrollar la bomba. La capacidad H se deriva de dos componentes:

#### a) **Columna estática**

Este componente se obtiene cuando el flujo es cero donde representa la elevación de la ganancia y presión inversa.

#### b) **Columna dinámica**

Causado por fricción y puede ser aproximado por una parábola en función del flujo.



*Fig 3.2*  
*Características de las bombas*

### **3.3 Relaciones básicas**

Fundamentalmente la potencia consumida por la bomba es producto de H (estática y dinámica) y el flujo, dividido por la eficiencia de la bomba. La constante de gravitación y la densidad del flujo volumétrico tiene que ser tomada en cuenta.

Generalmente la relación de desplazamiento del fluido controlado es representado por la relación de flujo volumétrico.

*Ecuación de flujo volumétrico*

$$\text{Potencia} = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{\eta}$$

$\rho$  = Densidad (Kg/m<sup>3</sup>)

$g$  = Constante de la gravedad ( 9.81 m/seg<sup>2</sup> )

$H$  = Capacidad Total (m)

$Q$  = Flujo (m<sup>3</sup>/seg )

$\eta$  = Eficiencia de la Bomba

### **3.4 Características del sistema**

Las relaciones entre la velocidad, flujo, capacidad y potencia pueden ser encerrados aproximadamente de acuerdo con la siguiente proporcionalidad.

Según las leyes de afinidad de bombas centrífugas se pueden resumir como sigue :

*Flujo  $Q \propto$  Velocidad.*

*Columna  $H \propto$  Velocidad<sup>2</sup>*

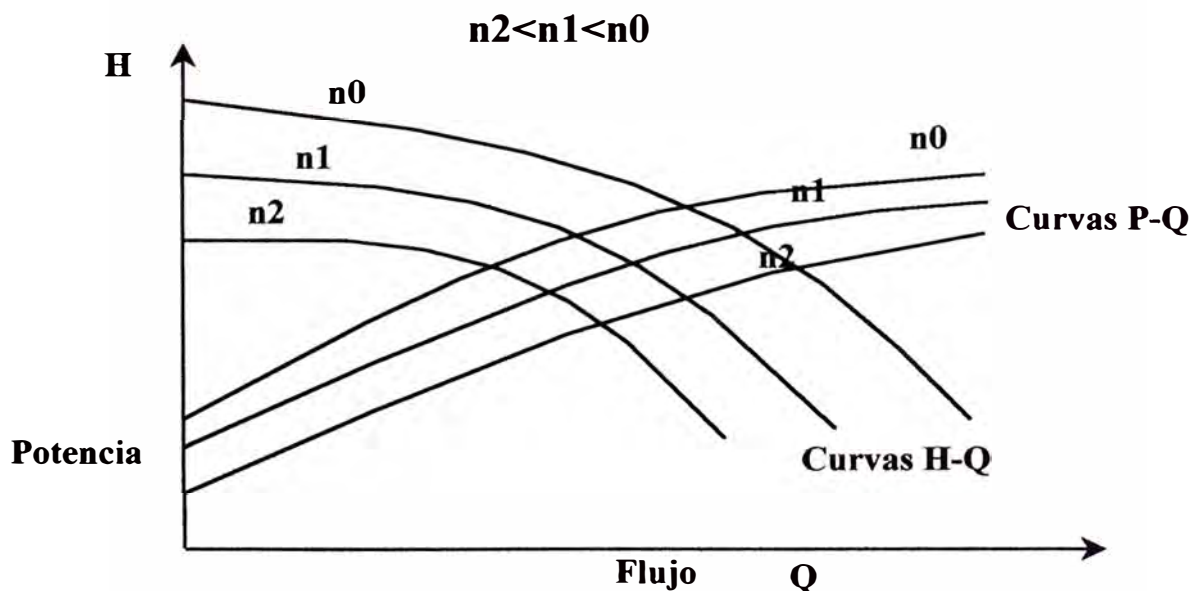
*Potencia  $P \propto$  Velocidad<sup>3</sup>*

Estas ecuaciones de afinidad solo tratan de describir el cambio que ocurre en las

Estas ecuaciones de afinidad solo tratan de describir el cambio que ocurre en las curvas de las bombas cuando se cambia de una velocidad a otra. En aplicaciones normales, el hp requerido por la bomba no es necesariamente reducido al cubo del flujo, y de hecho puede ser considerablemente mayor, esto es porque la capacidad desarrollada por la bomba a flujos reducidos, es función no solo de las características de la bomba, sino también de las características del sistema en el cual el equipo se encuentra instalado.

### **3.5 Efecto de la variación de la velocidad en las curvas características**

La fig 3.3 muestra la relación de la capacidad Total H y el flujo a velocidades menores, esto puede verse en la curva HQ , de igual forma La curva PQ.



*Fig. 3.3*  
*Curvas características de velocidad*

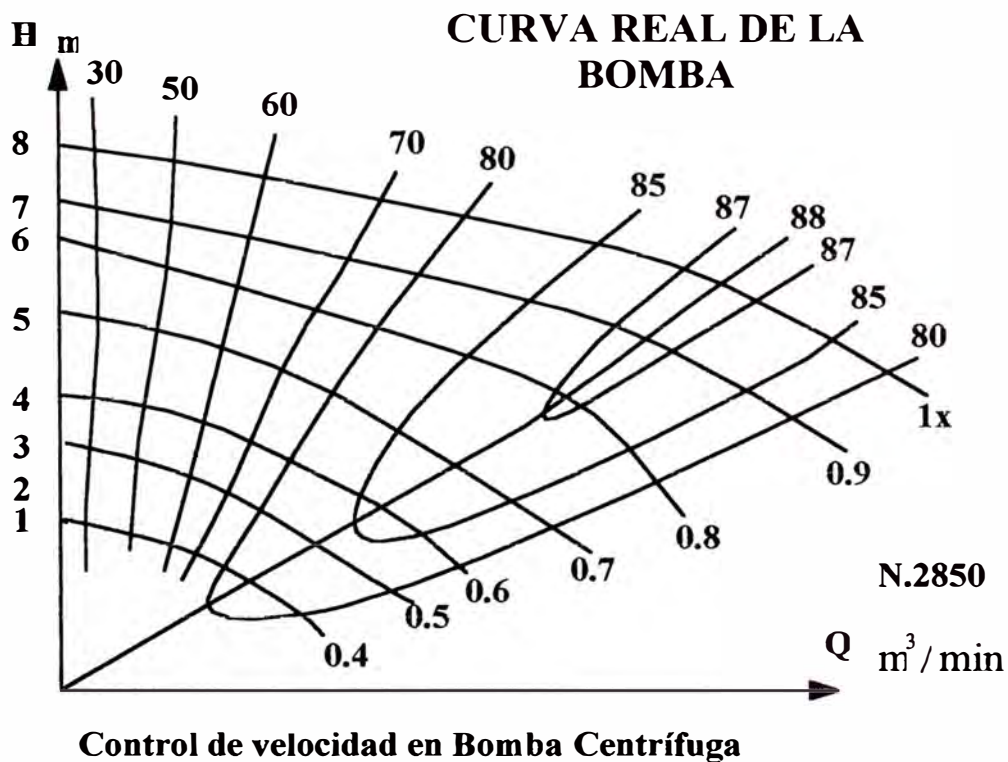


### 3.6 Eficiencias

En sistema controlados por estrangulamiento, la eficiencia a velocidad nominal tiene muchos picos al flujo nominal de aproximadamente 80 % regresando al 50 % o menor a la relación extrema de flujo o H.

Controlando la bomba con variador de velocidad, la eficiencia de la bomba se mantiene cerca del nivel óptimo del flujo requerido.

Referente a la figura la gráfica de las curvas reales de la bomba pueden ser visto para varias relaciones de flujo de velocidad, la curva del sistema muestra valores óptimos de eficiencia. La potencia ahorrada es optimizada estando en la región de operación de la bomba.



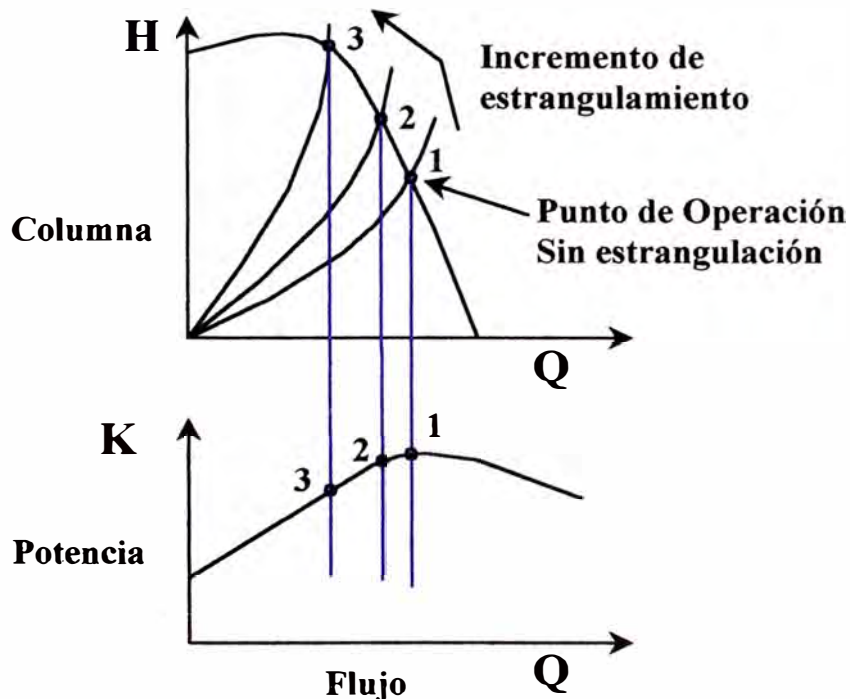
*Fig. 3.4*  
*Curva real de la Bomba*

### 3.7 Métodos de control de flujo

#### 3.71 Control de flujo mediante regulación de válvula

La bomba mantiene la velocidad constante, el flujo es reducido cerrando el control de la válvula, esto reduce la sección transversal del ducto. El control de la válvula incrementa la presión y la energía es disipada en H.

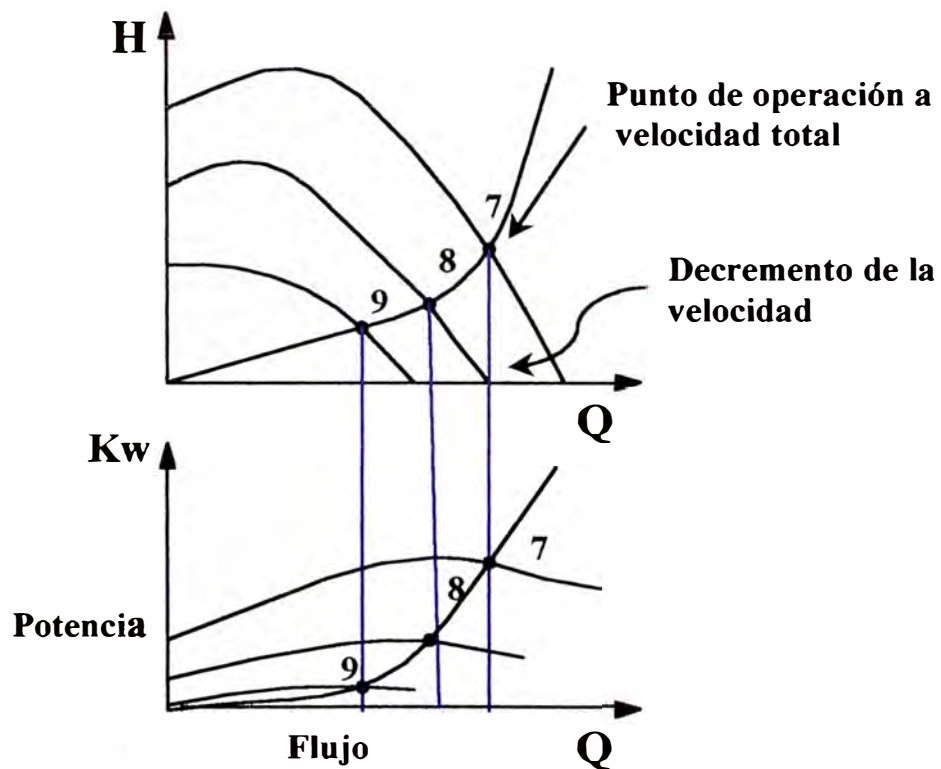
La válvula tiene un pequeño efecto al flujo volumétrico hasta que este sustancialmente cerrada. Esta relación no es lineal. Ambos métodos son ineficientes en uso de potencia, e introducen otros problemas con el desplazamiento del fluido, añadiendo turbulencias de aire, incremento del fluido en la columna.



*Fig. 3.5*  
*Control de flujo mediante regulación de válvula*

### 3.72 Control de flujo mediante regulación de velocidad

Este se lleva a cabo con la instalación del Variador de velocidad para control del motor de la bomba. Este caso produce un control mas lineal y es de efecto favorable en la eficiencia (excepto para la componente de H estática). La potencia consumida disminuye dramáticamente con la reducción del flujo que es proporcional a la velocidad del eje.



*Fig. 3.6*  
**Control de flujo mediante regulación de velocidad**

### **3.8 Aplicación del método al sistema de enfriamiento**

La bomba tiene un impulsor que opera a una velocidad base de 2850 rpm en un sistema con 209.07 ft capacidad (capacidad no estática ) y entrega 206 gpm cuando el sistema no es convencional ( regulado ) .El proceso requiere 5 pies de capacidad estática y rangos de flujo de 195, 144 , 82, 61 gpm que es el 95%, 70 %, 40%, 30% respectivamente. Adicionalmente los cambios en las eficiencias de las bombas debería ser incluido en los cálculos para determinar la potencia de frenado (Bhp, brake horse power).

**Tabla 3.1**

***Comparación de potencia requeridos por los métodos de regulación de flujo mediante válvulas y control con velocidad variable.***

Flujo %	Control con Válvula			Control con Variador		
	H (pies)	Eficiencia Bomba	Bhp	H (pies)	Eficiencia Bomba	Bhp
95	135	85.3	17.8	138	91.6	16.3
70	68	83	16.4	45	91.2	13.5
40	22	76	13.3	20	90.3	8.2
30	12	75	11.2	8	90.1	5.2

## **CAPÍTULO IV**

### **EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL AHORRO DE ENERGÍA**

El ahorro de energía es la ventaja principal de aplicar el control de flujo con un variador de velocidad. Para calcular el ahorro de energía se comparan los 2 métodos: el control de flujo con válvulas y el control de flujo con variador de velocidad.

La obtención de datos para el método de válvulas fue obtenido por las curvas de eficiencia y la bomba del fabricante. En el método del control con variador de velocidad fueron obtenidos por medición directa en el variador de velocidad y con ayuda de un amperímetro ayudado por su curva de eficiencia.

#### **4.1 Cálculo de potencia a la entrada del sistema con variador de velocidad**

$$P(kW) = \frac{P(HP) \times 0.746}{(\eta_m \times \eta_d \times \eta_t)}$$

Donde : P(HP) = HP calculados

$\eta_m$  = Eficiencia del motor de bomba

$\eta_d$  = Eficiencia del VVCA

$\eta_t$  = Eficiencia del reactor de línea

#### 4.2 Costos de energía

Antes de calcular el ahorro de energía se debe calcular primero el promedio de duración del ciclo, el porcentaje del tiempo de los diferentes flujos de operación de la bomba.

Los requerimientos de potencia para cada ciclo pueden ser evaluados para dar el promedio de potencia requerida.

Flujo (gpm)	Control con Válvula					
	H (foot)	Eficiencia Bomba	Bhp	Funcionamiento Horas/año	KW-h/año	\$/año
95	135	85.3	17.8	864	13,450.04	753.20
70	68	83	16.4	1,147	16,912.83	947.12
40	22	76	13.3	2,592	33,838.56	1,894.96
30	12	75	11.2	2,281	25,410.50	1,422.99
				Total =	89,611.94	5,018.27

*Tabla 4.1*  
*Control con válvula*

Flujo (gpm)	Control con variador de velocidad					
	H (foot)	Eficiencia Bomba	Bhp	Funcionamiento Horas/año	KW-h/año	\$/año
95	138	91.6	16.3	864	11,469.51	642.29
70	45	91.2	13.5	1147.4	12,670.38	709.54
40	20	90.3	8.2	2592	17,559.01	983.30
30	8	90,1	5.2	2281	98,20.53	549.95
				Total =	51,519.42	2,885.09

*Tabla 4.2*  
*Control con variador de velocidad*

Comparando los costos totales por año en las tablas 4.1 y 4.2 se tiene que el ahorro es  $5,018.27 - 2,885.09 = \$ 2,133.18$  (dos mil ciento treinta y tres dólares con dieciocho centavos)

#### **4.2.1 Determinación de la potencia total en los dos casos**

Se asume un período de evaluación de un año. Una vez establecido los flujos de comparación con ayuda de las fórmulas de conversión se obtiene los HP, los cuales son convertidos en kWh para cada caso y para cada valor de flujo veamos un ejemplo:

De los resultados obtenidos en el método de control de flujo con variador de velocidad para el 95 % de flujo la potencia es 16.3 hp. Este valor dividido por la eficiencia del motor y drive y multiplicado por el costo de la electricidad nos dará el costo de operación mensual.

Si la eficiencia del drive es 85%, la bomba opera 864 hrs por año y la electricidad cuesta \$ 5.6 Cents por kWh.

$$\frac{16.3 \text{ hp}}{0.916} \times \frac{0.746 \text{ kW}}{\text{hp}} \times \frac{864 \text{ h}}{\text{año}} \times \frac{\$ 0.056}{\text{kWh}} = 642.29 \text{ \$/año}$$

Realizando lo mismo para el flujo 95 % en el método de válvulas se obtiene :

$$\frac{17.8 \text{ hp}}{0.916} \times \frac{0.746 \text{ kW}}{\text{hp}} \times \frac{864 \text{ h}}{\text{año}} \times \frac{\$ 0.056}{\text{kWh}} = 753.20 \text{ \$/año}$$

Se procede de igual manera para los otros flujos.

La suma de kW-hr para cada método y la diferencia total entre ellos nos dá el ahorro de energía.

Los fabricantes de variadores de velocidad pueden realizar rápidamente estos cálculos mediante un programa de cálculo los cuales están disponibles en su página web como:

Allen Bradley : [www.ab.com/](http://www.ab.com/) variador de velocidad

General Electric : [www.ge.com/driver](http://www.ge.com/driver)

Los resultados de estos programas son muy aceptables los cuales nos permiten una rápida evaluación para ver si es rentable la instalación del variador de velocidad.

Es muy importante conducir a una evaluación correcta con información real para asegurar un retorno de inversión aceptable.

### **4.3 Cálculo del retorno simple**

En el cálculo del retorno simple solo se toma en consideración los costos de energía en centavos / kWh según se demuestra en la ecuación



$$\text{Retorno simple} = \frac{\text{Costo total del Proyecto}}{\text{Centavos / kWh x MWh x 10}}$$

Esta ecuación es utilizada con mucha frecuencia como el primer paso de evaluación del proyecto. El resultado es simplemente, el tiempo requerido para pagar utilizando el ahorro de energía, la inversión original del proyecto.

Se está considerando el costo de los equipos que intervienen como variador de velocidad, Reactor de Línea y los costos de instalación.

Reactor de Línea = \$ 500.00  
 Costo de Instalación = \$ 1300.00  
 Costo del variador de velocidad 1336 – \$ 2000.00

En el caso de que hubiera otros costos como: mejoras al sistema de tierra, retiro de condensadores de compensación reactiva; reordenamiento de cargas estos deben ser considerados.

$$\text{Retorno Simple} = \frac{500+1300+ 2000}{2133.18} = 1.78 \text{ años}$$

La inversión se puede recuperar en 1.8 años.

#### **4.4 Análisis financiero**

- 1.- Se considera un ejercicio de 5 años y todos los cálculos están dados en dólares.
- 2.- La inversión es de \$ 2500.00 dólares ( se considera costo de equipos: variador de velocidad y reactor de línea).
- 3.- No se considera costo de operación y mantenimiento.
- 4.- El Valor de Recuperación es una depreciación lineal del 30 %.

$$VR = 0.3 \times 2500 = 750$$

5.- Cálculo de depreciación en dólares.

$$D = \frac{2500 - 750}{5} = 350$$

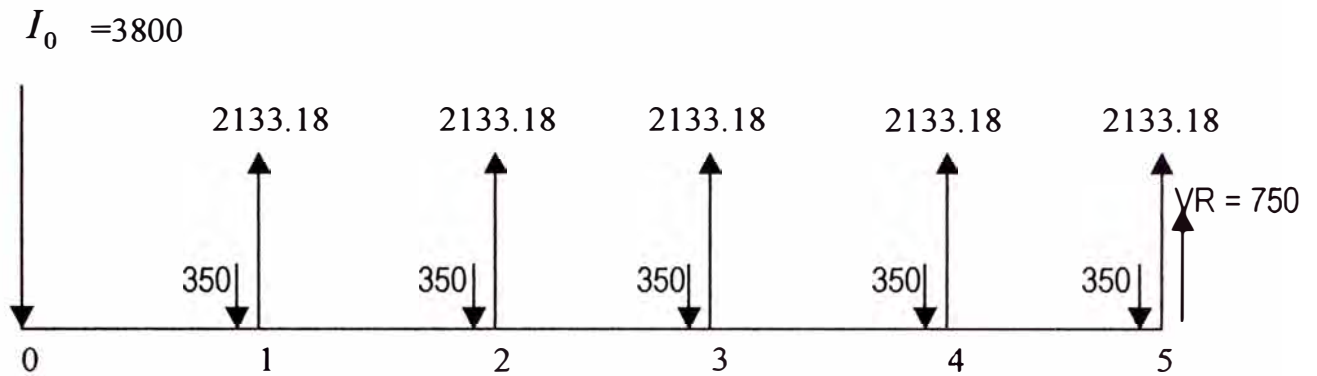
6.- Costo de oportunidad  $i = 10\%$

7.- Ahorro de energía de 2133.18 anual durante 5 años.

A continuación se muestra el cuadro de flujos.

	0	1	2	3	4	5
<b>INGRESOS</b>						
Valor de ahorro de Energía		2133.18	2133.18	2133.18	2133.18	2133.18
Valor de recuperación						750.00
<b>Sub-total</b>		2133.18	2133.18	2133.18	2133.18	2883.18

	0	1	2	3	4	5
<b>EGRESOS</b>						
Inversión	- 3800.00					
Depreciación		350.00	350.00	350.00	350.00	350.00
<b>Saldo</b>	- 3800.00	1783.18	1783.18	1783.18	1783.18	2533.18



#### 4.5 Evaluación financiera

##### 4.5.1 Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=0}^n \left[ \frac{(Y_t - G_t)}{(1+i)^t} \right] \quad (1)$$

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} \quad (2)$$

$VAN$  = Valor Actual Neto Económico

$I_0$  = Inversión en el momento cero

$Y_t$  = Ingresos de operación en el año  $t$

$G_t$  = Egresos de operación en el año  $t$

$i$  = Tasa de actualización

$n$  = Vida Útil del Proyecto

Si  $VAN > 0$ , la inversión es rentable.

Para nuestro caso  $n = 5$  y  $i = 10$

$$VAN = -3800 + \frac{1783.18}{(1+i)^1} + \frac{1783.18}{(1+i)^2} + \frac{1783.18}{(1+i)^3} + \frac{1783.18}{(1+i)^4} + \frac{2533.18}{(1+i)^5}$$

$$VAN = -3800 + 1621.07 + 1473.71 + 1339.72 + 1217.92 + 1572.90$$

$$VAN = 3425.32$$

#### 4.5.2 Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR)

TIR = representa el rendimiento o retorno de la inversión comprometida y se calcula para VAN=0

$$VAN = -3800 + \frac{1783.18}{(1+TIR)^1} + \frac{1783.18}{(1+TIR)^2} + \frac{1783.18}{(1+TIR)^3} + \frac{1783.18}{(1+TIR)^4} + \frac{2533.18}{(1+TIR)^5}$$

Si  $TIR = 50\%$

$$VAN = -3800 + 1188.78 + 792.52 + 528.34 + 352.23 + 333.58$$

$$VAN = -604.54$$

Interpolando :

<b><i>VAN</i></b>	<b><i>TIR</i></b>
3425.32	10%
0	<i>TIR</i>
-604.54	50%

$$\frac{3425.32 - (-604.54)}{0 - (-604.54)} = \frac{10\% - 50\%}{TIR - 50\%}$$

$$\frac{402986}{60454} = \frac{-40\%}{TIR-50}$$

$TIR = 43.99 \%$
------------------

#### 4.6 Relación Beneficio Costo

$B/C = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^a \frac{C_t}{(1+i)^t}}$
---

$B_t$  = Beneficios de operación en el año  $t$

$C_t$  = Costos de operación en el año  $t$

Una inversión es rentable cuando la relación  $B/C > 1$

*Caluclando para  $n = 5, i=10$*

$$B/C = \frac{1783.18}{(1+10)^1} + \frac{1783.18}{(1+10)^2} + \frac{1783.18}{(1+10)^3} + \frac{1783.18}{(1+10)^4} + \frac{2533.18}{(1+10)^5} / 3800$$

$$B/C = \frac{7225.32}{3800} = 1.9$$

$B/C = 1.9$
-------------

## **CAPÍTULO V CONSIDERACIONES DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL VARIADOR DE VELOCIDAD**

Se desea analizar los requerimientos y recomendaciones del fabricante para la instalación y cableado correcto del variador de velocidad

### **5.1 Análisis del sistema eléctrico**

Por el proceso de mantenimiento y mejoras del sistema eléctrico de la planta se mejoró el sistema de protección de tierra y se instalaron nuevos Centros de Control de Motores (CCM's).

El sistema de protección de tierra tiene como principal característica que se trata de un mismo potencial para todos los CCM's. La puesta a tierra de cada centro de control de motores concluyen en una malla de puesta a tierra única. Con la instalación de los CCM's se diseñaron la instalación de variadores de velocidad para los motores mas grandes, entre ellos el de la bomba de la torre de enfriamiento.

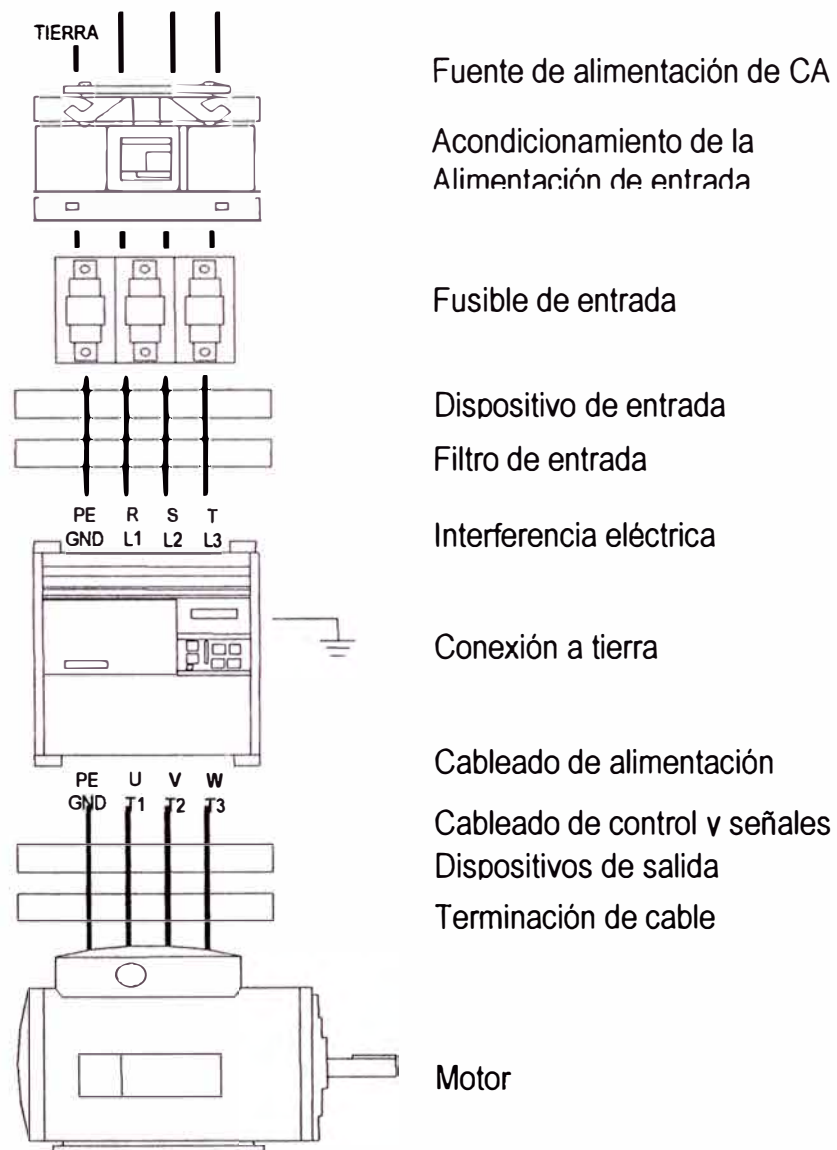
El tener como referencia un solo sistema de tierra para el sistema eléctrico y para los equipos electrónicos como el variador de velocidad, nos garantiza que no exista corrientes parásitas por diferencia de potencial. La práctica de aterrizar la estructura del edificio al mismo sistema de tierra, ayuda a este propósito.

### **5.2 Consideraciones de instalación del variador de velocidad**

#### **5.2.1 Instalación/cableado**

La mayoría de problemas de funcionamiento de un variador de velocidad es por el cableado incorrecto, se deben tomar todas las precauciones para asegurarse que el cableado se debe hacer de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

A continuación en la fig 5.1 que muestra las pautas de instalación del variador de velocidad que se van a desarrollar.



*Fig 5.1*  
*Pautas de instalación*

## **5.2.2 Fuente de alimentación de CA**

### **Sistemas de distribución no balanceada**

Un variador de velocidad es diseñado para operar en un suministro trifásico, cuyas líneas de voltaje son simétricas. Se incluyen dispositivos de supresión de sobretensión para proteger el variador contra sobrevoltajes entre línea y tierra. Cuando exista la posibilidad de voltajes anormalmente altos de fase a tierra (sobre 125% del nominal) o cuando la tierra del suministro está conectada a otro sistema o equipo que podría causar que el potencial de tierra varíe con la operación, se necesita un aislamiento apropiado para el variador. Si existe esta posibilidad, se recomienda enfáticamente usar un transformador de aislamiento.

### **Sistemas de distribución sin conexión a tierra**

Muchos variadores de velocidad están equipados con un VOM (varistor de óxido metálico) que proporciona protección contra sobretensión y protección de fallos fase a fase y fase a tierra, diseñado para cumplir con las especificaciones de IEEE 587. El circuito del VOM ha sido diseñado para supresión de sobretensión solamente transitoria, no para operación continua.

En un sistema sin conexión a tierra, la conexión VOM fase a tierra podría convertirse en un camino continuo de corriente a tierra. El exceder las capacidades nominales de tensión puede causar daño a los VOM.

Las capacidades nominales del VOM se puede observar en el apéndice D.



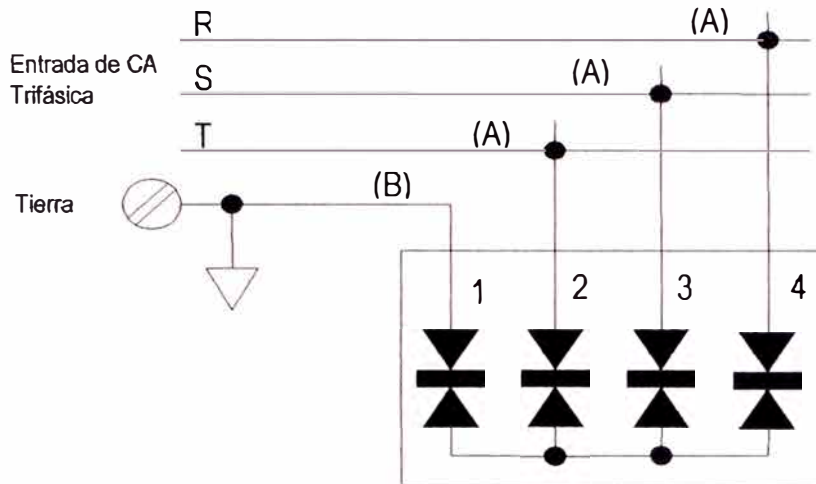


Fig. 5.2  
VOM (varistor de óxido metálico)

### 5.2.3 Acondicionamiento de la potencia de entrada

Si la línea tiene una impedancia de entrada menor debe añadirse una reactancia de línea o un transformador de aislamiento antes del variador para aumentar la impedancia de línea. Si la impedancia de línea es muy baja, los picos transitorios de voltaje o las interrupciones pueden crear picos de corriente excesiva que causarán que se funda el fusible de entrada, o que se produzcan fallos de sobretensión, lo cual puede dañar la estructura de potencia del variador.

Las reglas básicas que ayudan a determinar si debe considerarse la instalación de una reactancia de línea o un transformador de aislamiento son:

1.- Si la fuente de CA experimenta frecuentes interrupciones de alimentación eléctrica o fenómenos transitorios de voltaje significativos, los usuarios deben calcular los kVA máx (vea la fórmula siguiente). Si los kVA del transformador de la fuente exceden los kVAmáx calculados y el variador está instalado cerca de la fuente, esto es indicación de que puede haber energía suficiente detrás de estos

fenómenos transitorios para causar que se funda el fusible de entrada, existan fallos de sobretensión o se dañe la estructura de alimentación eléctrica del variador. En estos casos, debe considerarse la instalación de una reactancia de línea o un transformador de aislamiento.

$$Z \text{ variador} = \frac{V \text{ línea - línea}}{\text{Amps de entrada(variador)}}$$

$$\text{kVA máx} = \frac{(V \text{ línea línea})^2 \text{ \% Fuga de fuente (5 ó 6\% típico)}}{Z \text{ variador} \times 0.01}$$

Aplicando a nuestro sistema:

$$\begin{aligned} V(\text{sistema}) &= 460 \text{ V} & \text{Transformador Principal (fuente)} &= 800 \text{ KVA} \\ I(\text{variador } 20 \text{ HP}) &= 19.3 \end{aligned}$$

$$Z \text{ variador} = 460/16.7 = 19.3$$

$$\text{KVA máx} = 460^2 \times 0.06 / (19.3 \times 0.01) = 65782$$

En nuestro caso los kVA de la fuente( 800) no exceden los kVA máx (65782), por lo que no se necesita un transformador de aislamiento.

**2.** Si la fuente de CA no tiene un neutro o una fase con conexión a tierra se **recomienda enfáticamente** un transformador de aislamiento con el neutro del secundario conectado a tierra. Si los voltajes de línea a tierra en cualquier fase pueden exceder el 125% del voltaje línea a línea nominal se **recomienda enfáticamente** un transformador de aislamiento con el neutro del secundario conectado a tierra.

**3.** Si la línea de CA con frecuencia sufre interrupciones transitorias de potencia o picos de voltaje significativos, se recomienda un transformador de aislamiento o

reactancias de 5% entre el variador y los capacitores. Si los capacitores están permanentemente conectados y no se apagan, se aplican las reglas generales listadas arriba

#### **5.2.4 Fusible de entrada**

El 1336 PLUS no proporciona protección de fusibles para cortocircuitos de la potencia de entrada. En la tabla 5.1 se proporcionan las especificaciones sobre los tamaños y tipos de fusibles recomendados para proporcionar protección de potencia de entrada del variador de velocidad contra cortocircuitos. Los interruptores automáticos derivados o los interruptores de desconexión no pueden proporcionar este nivel de protección para los componentes del variador de velocidad.

Instalaciones europeas	Instalaciones de Norteamérica	No. de catálogo de variador	Capacidad nominal kW (HP)	Cap. Nom. 200-240 V	Cap. Nom. 380-480 V	Cap. Nom. 500-600 V
El Fusible recomendado es clase gG, para aplicaciones industriales en general y protección de circuito del motor. BSS88 ( Norma Británica) de partes 1&2, EN60269-1, para estos variadores debe usarse el tipo gG o su equivalente. Los fusibles que cumplen con las especificaciones BS88 Partes 1&2 son aceptables par als estructuras A-F	Los requisitos UL especifican que para todos los variadores es esta sección deben usarse los fusibles UL Clase CC, T o J 1*. Entre las designaciones típicas tenemos: Tipo CC : KTK , FNQ-R Tipo J: JKS, LPJ Tipo: JJS, JJN	1336S- F05,7	0.37-0.56 (0.5-0.75)	6 A 2	3 A 2	-
		1336S-F10	0.75 ( 1)	10 A 2	6 A 2	6 A 2
		1336S-F15	1.2 (1.5)	15 A 2	6 A 2	-
		1336S-F20	1.5 (2)	15 A 2	10 A 2	10 A 2
		1336S-F30	2.2 (3)	25 A 2	15 A 2	15 A 2
		1336S-F50	3.7 (5)	40 A 2	20 A 2	20 A 2
		1336S-F75	5.5 (7.5)	-	20 A 2	-
		1336S-F100	7.5 (10)	-	30 A 2	-
		1336S-007	5.5 (7.5)	40 A	20 A	15 A
		1336S-010	7.5 (10)	50 A	30 A	20 A
		1336S-015	11 (15)	70 A	35 A	25 A
		1336S-020	15 (20)	100 A	45 A	35 A
		1336S-025	18.5 (25)	100 A	60 A	40 A
		1336S-030	22 (30)	125 A	70 A	50 A
		1336S-040	30 (40)	150A	80 A	60 A
		1336S-050	37 (50)	200 A	100 A	80 A
		1336S-X060	45 (60)	-	100 A	-
		1336S-060	45 (60)	250 A	125 A	90 A
		1336S-075	56 (75)	300 A	150 A	110 A
		1336S-100	75 (100)	400 A	200 A	150 A
1336S-125	93 (125)	450 A	250 A	175 A		
1336S-X150	112 (150)	-	250 A	-		
1336S-150	112 (150)	-	300 A	225 A		
1336S-200	149 (200)	-	400 A	350 A		
1336S-250	187 (250)	-	450 A	400 A		
1336S-X300	224 (300)	-	-	400 A		
El Fusible recomendado es clase gG, para aplicaciones industriales en general y protección de circuito del motor. BSS88 ( Norma Británica) de partes 4, EN60269-1, parte 4 para estos variadores debe usarse el tipo gG o su equivalente. Los fusibles que cumplen con las especificaciones BS88 Partes 4 son aceptables par als estructuras CT,ET, FE,EET	Para todos los variadores en esta sección deben usarse fusibles tipo semiconductor Bussman FWP/Gould Shawmut A-70Q ó QS	1336S-P250 3	187 (250)		450 A 3	-
		1336S-X250	187 (250)		450 A	-
		1336S-300	224 (300)		450 A	400 A
		1336S-P300 3	224 (300)		500 A 3	-
		1336S-350	261 (350)		500 A	450 A
		1336S-P350 3	261 (350)		600 A 3	-
		1336S-400	298 (400)		600 A	500 A
		1336S-P400 3	298 (400)		600 A 3	-
		1336S-450	336(450)		800 A	600 A
		1336S-P450 3	336(450)		700 A 3	-
1336S-P500	373 (500)		800 A	800 A		
1336S-P600	448(600)		900 A	800 A		

1. Se aceptan fusibles de acción rápida y retarda.
2. Se requieren fusibles de retardo de dos elementos.
3. Se proporcionan fusibles con los variadores de estructura F.

Tabla 5.1

Capacidades nominales máximas de fusibles recomendados para línea de entrada de CA (los fusibles son suministrados por el usuario)

### **5.2.5 Dispositivos de entrada**

#### **Arranque y parada del motor**

El circuito de control de arranque/parada del variador de velocidad tiene componentes de estado sólido. Si existen peligros debido al contacto accidental con la maquinaria en movimiento o flujo accidental de líquidos, gases o sólidos, quizás se requiera un circuito de paro cableado adicional, para desconectar la alimentación de línea de CA al variador.

Al desconectarse la alimentación de CA, se producirá una pérdida del efecto de frenado regenerativo inherente y el motor realizará una parada libre. En el caso que se requiera detener completamente al motor, se usará un frenado auxiliar.

#### **Aplicación repetida/desconexión de la potencia de entrada**

El variador de velocidad ha sido diseñado para ser controlado por señales de entrada de control que arrancarán y pararán el motor. No se recomienda un dispositivo que de manera rutinaria desconecte y luego vuelva a conectar la alimentación de línea al variador con el fin de arrancar y parar el motor.

Un sistema instalado o aplicado incorrectamente puede dañar los componentes o reducir su duración. Las causas más comunes son:

- Cableado de la línea de CA a salida del variador o terminales de control.
- Bypass incorrecto o circuitos de salida no aprobados.
- Circuitos de salida que no conectan directamente al motor.

### **5.2.6 Interferencia eléctrica EMI/RFI**

#### **Inmunidad**

Los variadores tienen una buena inmunidad a interferencias generadas externamente. Generalmente no se requieren precauciones especiales, aparte de las prácticas de instalación mencionadas.

### **Emisión**

Se debe prestar atención especial a la configuración de las conexiones de potencia y tierra al variador para evitar interferencias con equipos sensibles cercanos. El cable al motor lleva voltajes conmutados y debe instalarse lejos de equipos sensibles.

El conductor a tierra del cable del motor debe conectarse directamente al terminal de tierra (PE) del variador. El conectar este conductor de tierra a un punto de tierra de un gabinete o barra de bus de tierra puede causar que circule corriente de alta frecuencia en el sistema de tierra del chasis del CCM. El extremo del motor de este conductor de tierra debe estar conectado de manera sólida a la tierra de la caja del motor.

Se puede usar cable blindado para proteger el sistema contra las emisiones radiadas del cable del motor. El blindaje debe conectarse al terminal de tierra del variador (PE) y a la tierra del motor tal como se describe anteriormente.

Los estranguladores para modo común en la salida del variador pueden ayudar a reducir el ruido del modo común en instalaciones donde no se usa cable blindado. Los estranguladores para modo común también pueden usarse en cables analógicos o de comunicación.

Puede usarse un filtro de RFI (interferencias radioeléctricas), el cual en la mayoría de situaciones proporciona una reducción efectiva de las emisiones

radioeléctricas que pueden ser conducidas hacia las líneas principales de alimentación. Si la instalación combina un variador con dispositivos o circuitos sensibles, se recomienda programar la frecuencia de portadora PWM más baja posible para el variador.

### **5.2.7 Filtro de RIF (Interferencias radioeléctricas)**

Los variadores 1336 PLUS pueden instalarse con un filtro de RFI, el cual controla las emisiones de frecuencias de radio hacia las líneas principales de alimentación y el cableado de tierra.

Si se cumplen las recomendaciones y precauciones respecto al cableado e instalación descritas, hay poca probabilidad de que se presenten problemas de interferencia cuando el variador se use con sistemas y circuitos electrónicos industriales convencionales. El Filtro RFI opcional debe de usarse en caso de que se necesiten niveles de emisión muy bajos.

### **5.2.8 Conexión a tierra**

El variador debe estar conectado a la tierra del sistema en el terminal de tierra de alimentación eléctrica ( PE ).

La impedancia de tierra debe cumplir con los requisitos de los reglamentos de seguridad industrial internacionales y locales (NEC, VDE 0160, BSI, etc.) y debe ser inspeccionada y probada a intervalos apropiados y periódicos.

En cualquier gabinete, debe usarse un solo punto de tierra o barra de tierra de baja impedancia. Todos los circuitos deben estar conectados a tierra de manera independiente y directa. El conductor de tierra del suministro de CA también debe estar conectado directamente a este punto de tierra o barra de tierra.

**Circuitos sensibles**

Los conductores de control y señales no deben instalarse cerca ni paralelos a conductores de alimentación eléctrica por lo que se deberá definir rutas separadas para estos circuitos.

**Cable del motor**

El conductor a tierra del cable del motor (extremo del variador) debe estar conectado directamente al terminal de tierra (PE) de variador, no a la barra del sistema. La conexión a tierra directa al variador proporciona una ruta directa para la corriente de alta frecuencia que retorna a la estructura del motor y del conductor a tierra. En el extremo del motor el conductor de tierra debe estar conectado a la tierra de la caja del motor. Si se usan cables blindados, el blindaje debe estar conectado a tierra en ambos extremos.

**Cableado de señal y control discreto**

El cableado de control y señal debe estar conectado en el extremo del equipo, no en el extremo del variador.

**Cableado de encoder y comunicaciones**

Si se usan conexiones de encoder o cables de comunicación, el cableado debe estar separado del cableado de alimentación. Esto puede hacerse con un cable blindado cuidadosamente instalado (cable blindado a tierra en el extremo del variador solamente) o un conducto de acero separado (conectado a tierra en ambos extremos).

Se recomiendan cables Belden 9730, 9842, 8777 (o su equivalente) para instalaciones de cable de encoder de menos de 30 metros (100 pies). Se recomienda



cable Belden 9773 (o su equivalente) para instalaciones de cable de encoder de más de 30 metros (100 pies).

### **Cableado de señal y control discreto**

El cableado de control y señal debe estar conectado a tierra en un solo punto en el sistema, lejos del variador. Esto significa que el terminal de 0 V ó de tierra debe estar conectado a tierra en el extremo del equipo, no en el extremo del variador. Si se usan cables blindados de control y señal, el blindaje también debe estar conectado a tierra en este punto.

Si los cables de control y señal son cortos y están contenidos dentro de un gabinete que no tiene circuitos sensibles, no se necesita usar cableado de control y señal blindado. El cable de señal de control recomendado es:

Belden 8760 (o equiv.)—0.750 mm<sup>2</sup> (18 AWG), doble trenzado, blindado.

Belden 8770 (o equiv.)—0.750 mm<sup>2</sup> (18 AWG), 3 conductores, blindado.

Belden 9460 (o equiv.)—0.750 mm<sup>2</sup> (18 AWG), doble trenzado, blindado.

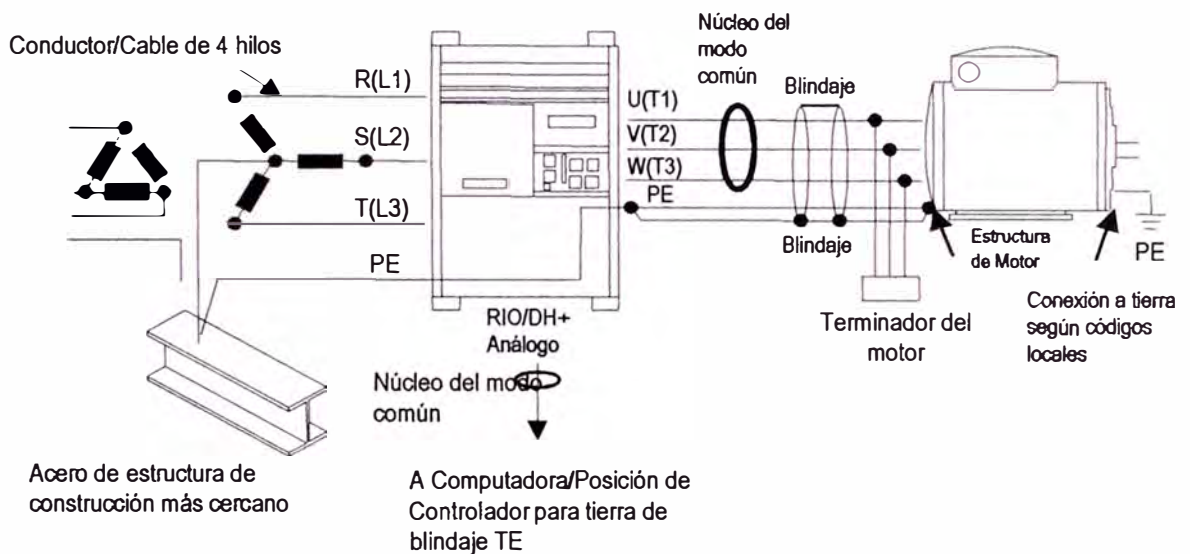
### **Terminación de blindaje – TE (tierra verdadera)**

El bloque de terminales TE (no disponible en variadores de 0.37-7.5 kW (0.5-10 HP) estructura A) se usa para todos los blindajes de señal de control internos al variador. Debe estar conectado a tierra por un cable separado continuo.

El calibre de cable máximo y mínimo aceptado por este bloque es 2.1 y 0.30 mm<sup>2</sup> (14 y 22 AWG). El par máximo es 1.36 N-m (12 lb.-pulg.). Use solamente cable de cobre.

### **Tierra de seguridad – PE**

Esta es la conexión a tierra de seguridad requerida según código. Este punto debe estar conectado al acero de construcción adyacente (viga principal, viga maestra) o a una varilla de tierra del piso, siempre que los puntos de tierra cumplan con los reglamentos de NEC.



**Fig 5.3**  
*Conexión general a tierra*

## **5.2.9 Cableado de alimentación eléctrica**

### **Cables del motor**

Hay una variedad de cables aceptables para instalación de variadores de velocidad. En muchas instalaciones, el cable sin blindaje es adecuado, siempre que pueda estar separado de los circuitos sensibles. Como pauta aproximada, deje un espacio de 0.3 metros por cada 10 metros de longitud. En todos los casos, deben evitarse instalaciones paralelas. No use cables con un espesor de aislamiento menor o igual a 15 milésimas de pulgada. El cable debe tener 4 conductores con el cable de

tierra conectado directamente al terminal de tierra (PE) del variador y al terminal de tierra de la estructura del motor.

### **Cable blindado (con pantalla)**

Se recomienda cable blindado si hay dispositivos o circuitos sensibles montados o conectados a la maquinaria accionada por el motor. El blindaje debe estar conectado a la tierra del variador (extremo del variador) y a la tierra de la estructura del motor (extremo del motor). La conexión debe hacerse a ambos extremos para minimizar la interferencia.

Si se van a utilizar conductos de cables o conductos grandes para distribuir los cables del motor para múltiples variadores, se recomienda usar cable blindado para reducir o capturar el ruido de los cables del motor y minimizar el “acoplamiento cruzado” entre los cables de diferentes variadores. El blindaje debe conectarse a las conexiones a tierra en el extremo del motor y en el extremo del variador.

El cable blindado también proporciona un blindaje efectivo. Lo ideal es que esté conectado a tierra sólo en el variador (PE) y en la estructura del motor. Algunos cables blindados tienen un revestimiento de PVC sobre el blindaje para evitar el contacto accidental con la estructura conectada a tierra. Si, debido al tipo del conector, el blindaje está conectado a tierra en la entrada del gabinete, debe usarse cable blindado dentro del gabinete si los cables de alimentación eléctrica van a estar instalados cerca de las señales de control.

En algunos ambientes peligrosos no está permitido conectar a tierra ambos extremos del blindaje del cable debido a la posibilidad de que alta corriente circule a la frecuencia de entrada si el lazo de tierra es cortado por un campo magnético

fuerte. Esto sólo se aplica en las proximidades de máquinas eléctricas potentes. En dichos casos, consulte con la fábrica para obtener pautas específicas.

### **Tuberías de Cables**

Si se prefieren conductos metálicos para la distribución de cables, se deben seguir las pautas que se indican a continuación:

Los variadores de velocidad normalmente se montan en gabinetes y las conexiones a tierra se hacen en un punto de tierra común en el gabinete. La instalación normal de conductos proporciona conexiones a tierra tanto en la tierra de la estructura del motor (caja de empalmes) como en la tierra del gabinete del variador. Estas conexiones a tierra ayudan a minimizar la interferencia. Esta es una recomendación para la reducción de ruido solamente, y no afecta los requisitos para una conexión a tierra segura. Se pueden instalar no más de tres conjuntos de cables del motor a través de un solo conducto. Esto minimizará las interferencias que pueden reducir la efectividad de los métodos de reducción de ruido descritos. Si se requieren más de tres conexiones de variador/motor por conducto, debe usarse cable blindado tal como se describe anteriormente. Si es posible, cada conducto debe contener sólo un conjunto de cables del motor.

Para evitar un posible peligro de choque causado por voltajes inducidos, los cables no usados en el conducto deben conectarse a tierra en ambos extremos. Por la misma razón, si un variador que comparte un conducto está recibiendo servicio o siendo instalado, todos los variadores de velocidad que usan este conducto deben ser inhabilitados. Esto eliminará el posible peligro de choque de los cables del motor del variador con “acoplamiento cruzado”.

**Longitudes de cables del motor**

Las instalaciones con cables largos al motor pueden requerir la adición de reactancias de salida o terminadores de cables para limitar los reflejos de voltaje en el motor.

A continuación se muestran las tablas 5.2 y 5.3 de longitudes máximas recomendadas por el fabricante Allen Bradley.

Estructura del variador	KW variador (HP)	KW motor (HP)	Sin dispositivos externos				c/terminator 1204-TFB2			c/terminator 1204-TFA1				Reactancia en variador 2					
			Motor				Motor			Motor				Motor					
			A	B	1329	Motor 1329R/L	A ó B		1329	A	B		1329	A	B ó 1329				
			Cuel. cable	Cuel. cable	Cuel. cable	Cuel. Cable 7	Tipo de cable		Cuel. cable	Tipo de cable		Tipo de cable		Cuel. cable	Cuel. cable	Cuel. cable			
				Apant 3		Sin pantalla													
				Apant 3		Sin pantalla													
A 1	0.37 (0.5)	0.37 (0.5)	12.2 (40)	33.5 (110)	91.4 (300)	91.4 (300)	Use 1204-TFA1			30.5 (100)	61.0 (200)	30.5 (100)	61.0 (200)	91.4 (300)	22.9 (75)	182.9 (600)			
	0.75 (1)	0.75 (1)	12.2 (40)	33.5 (110)	91.4 (300)	91.4 (300)				30.5 (100)	30.5 (100)	30.5 (100)	30.5 (100)	91.4 (300)	22.9 (75)	182.9 (600)			
		0.37 (0.5)	12.2 (40)	33.5 (110)	91.4 (300)	91.4 (300)				30.5 (100)	61.0 (200)	182.9 (600)	61.0 (200)	91.4 (300)	22.9 (75)	182.9 (600)			
A 2	1.2 (1.5)	1.2 (1.5)	12.2 (40)	33.5 (110)	91.4 (300)	91.4 (300)				30.5 (100)	30.5 (100)	61.0 (200)	61.0 (200)	91.4 (300)	22.9 (75)	182.9 (600)			
		0.75 (1)	12.2 (40)	33.5 (110)	91.4 (300)	91.4 (300)				30.5 (100)	30.5 (100)	61.0 (200)	61.0 (200)	91.4 (300)	22.9 (75)	182.9 (600)			
		0.37 (0.5)	12.2 (40)	33.5 (110)	114.3 (375)	91.4 (300)				30.5 (100)	30.5 (100)	61.0 (200)	61.0 (200)	121.9 (400)	22.9 (75)	182.9 (600)			
	1.5 (2)	1.5 (2)	7.6 (25)	12.2 (40)	91.4 (300)	91.4 (300)				91.4 (300)	91.4 (300)	91.4 (300)	30.5 (100)	30.5 (100)	91.4 (300)	61.0 (200)	91.4 (300)	22.9 (75)	182.9 (600)
		1.2 (1.5)	7.6 (25)	12.2 (40)	114.3 (375)	182.9 (600)				91.4 (300)	182.9 (600)	182.9 (600)	30.5 (100)	30.5 (100)	91.4 (300)	61.0 (200)	182.9 (600)	22.9 (75)	182.9 (600)
		0.75 (1)	7.6 (25)	12.2 (40)	114.3 (375)	182.9 (600)				182.9 (600)	182.9 (600)	182.9 (600)	30.5 (100)	30.5 (100)	91.4 (300)	61.0 (200)	182.9 (600)	22.9 (75)	182.9 (600)
A 3	3.7(5)	0.37 (0.5)	7.6 (25)	12.2 (40)	114.3 (375)	182.9 (600)				182.9 (600)	182.9 (600)	182.9 (600)	30.5 (100)	30.5 (100)	91.4 (300)	61.0 (200)	182.9 (600)	22.9 (75)	182.9 (600)
		2.2 (3)	7.6 (25)	12.2 (40)	91.4 (300)	91.4 (300)				182.9 (600)	182.9 (600)	182.9 (600)	30.5 (100)	30.5 (100)	91.4 (300)	61.0 (200)	182.9 (600)	22.9 (75)	182.9 (600)
		1.5 (2)	7.6 (25)	12.2 (40)	114.3 (375)	182.9 (600)				182.9 (600)	182.9 (600)	182.9 (600)	30.5 (100)	30.5 (100)	91.4 (300)	61.0 (200)	182.9 (600)	22.9 (75)	182.9 (600)
		0.75 (1)	7.6 (25)	12.2 (40)	114.3 (375)	182.9 (600)	182.9 (600)	182.9 (600)	182.9 (600)	30.5 (100)	30.5 (100)	91.4 (300)	61.0 (200)	182.9 (600)	22.9 (75)	182.9 (600)			
A 3	3.7(5)	0.37 (0.5)	7.6 (25)	12.2 (40)	114.3 (375)	182.9 (600)	182.9 (600)	182.9 (600)	182.9 (600)	30.5 (100)	30.5 (100)	91.4 (300)	61.0 (200)	182.9 (600)	22.9 (75)	182.9 (600)			
		3.7 (5)	7.6 (25)	12.2 (40)	114.3 (375)	182.9 (600)	182.9 (600)	182.9 (600)	182.9 (600)	30.5 (100)	30.5 (100)	91.4 (300)	61.0 (200)	182.9 (600)	22.9 (75)	182.9 (600)			
		2.2 (3)	7.6 (25)	12.2 (40)	114.3 (375)	182.9 (600)	182.9 (600)	182.9 (600)	182.9 (600)	30.5 (100)	30.5 (100)	91.4 (300)	61.0 (200)	182.9 (600)	22.9 (75)	182.9 (600)			
		1.5 (2)	7.6 (25)	12.2 (40)	114.3 (375)	182.9 (600)	182.9 (600)	182.9 (600)	182.9 (600)	30.5 (100)	30.5 (100)	91.4 (300)	61.0 (200)	182.9 (600)	22.9 (75)	182.9 (600)			
		0.75 (1)	7.6 (25)	12.2 (40)	114.3 (375)	182.9 (600)	182.9 (600)	182.9 (600)	182.9 (600)	30.5 (100)	30.5 (100)	91.4 (300)	61.0 (200)	182.9 (600)	22.9 (75)	182.9 (600)			
A 4	5.5-7.5 (7.5-10)	5.5-7.5 (7.5-10)	7.6 (25)	12.2 (40)	114.3 (375)	182.9 (600)	182.9 (600)	182.9 (600)	Use 1204-TFB2				24.4 (80)	182.9 (600)					
B	5.5-22 (7.5-30)	5.5-22 (7.5-30)	7.6 (25)	12.2 (40)	114.3 (375)	182.9 (600)	182.9 (600)	182.9 (600)	Use 1204-TFB2				24.4 (80)	182.9 (600)					
C	30-45 (40-60)	30-45 (40-60)	7.6 (25)	12.2 (40)	114.3 (375)	182.9 (600)	182.9 (600)	182.9 (600)	Use 1204-TFB2				76.2 (250)	182.9 (600)					
D	45-112 (60-150)	45-112 (60-150)	12.2 (40)	30.5 (100)	114.3 (375)	182.9 (600)	182.9 (600)	182.9 (600)	Use 1204-TFB2				61.0 (200)	182.9 (600)					
E	112-187 (150-300)	112-187 (150-300)	12.2 (40)	53.3 (175)	114.3 (375)	182.9 (600)	182.9 (600)	182.9 (600)	Use 1204-TFB2				182.9 (600)	182.9 (600)					
F	187-336 (250-450)	187-336 (250-450)	18.3 (60)	53.3 (175)	114.3 (375)	182.9 (600)	182.9 (600)	182.9 (600)	Use 1204-TFB2				182.9 (600)	182.9 (600)					
G	187-448 (300-600)	187-448 (300-600)	18.3 (60)	53.3 (175)	114.3 (375)	182.9 (600)	182.9 (600)	182.9 (600)	Use 1204-TFB2				182.9 (600)	182.9 (600)					

**Características del motor tipo A:** Sin papel de fase, sistemas de aislamiento de baja calidad voltajes iniciales de corona entre 850 y 1000 volts

**Características del motor tipo B:** Papel de fase colocado correctamente, sistemas de aislamiento de calidad promedio, voltajes iniciales de corona entre 1000 y 1200 volts.

**Motores 1329R :** Estos motores de CA de velocidad de variable tienen "potencia equivalente" para uso con variadores Allen Bradley cada motor proporciona ahorros de energía y a sido diseñado para cumplir o superar los requisitos de la ley general de energía de 1992. Todos los motores 1329R han sido optimizados para funcionar a velocidades variables e incluyen sistemas de aislamiento de grado inversor de alta calidad que cumplen o superan los requisitos de la norma de NEMA MG1 Par 31.40.4.2

\* Se aplica a instalaciones nuevas que usan motores nuevos y variadores nuevos en caso de modificaciones consultar al fabricante.

Tabla 5.2

Restricciones de Longitudes máximas de cables del motor en metros (pies) Variadores de 380 V- 480 V 1



Estructura del variador A4	KW variador (HP)	KW motor (HP)	Sin dispositivos externos			c/terminator 1204-TFB2			c/terminator 1204-TFA1			reactancia en variador				
			Motor			Motor			Motor			Motor				
			A	B	Motor 6 1329R/L	A	B	Motor 6 1329R/L	A	B	Motor 6 1329R/L 6	A	B	Motor 6 1329R/L		
			Cualq cable	Cualq. cable	Cualq. cable	Cualq cable	Cualq. Cables	Cualq. cable	Cualq. cables	Cualq. Cables	Cualq. Cable	Cualq Cable	Cualq. Cable	Cualq. Cable		
A 4	0.75 (1)	0.75 (1)	NR	NR	182.9 (600)	NR	182.9 (600)	335.3 (1100)	NR	61.0 (200)	182.9 (600)	No se recomienda				
		0.37 (0.5)	NR	NR	182.9 (600)	NR	182.9 (600)	335.3 (1100)	NR	61.0 (200)	182.9 (600)					
	1.5 (2)	1.5 (2)	NR	NR	182.9 (600)	NR	182.9 (600)	335.3 (1100)	NR	61.0 (200)	182.9 (600)					
		1.2 (1.5)	NR	NR	182.9 (600)	NR	182.9 (600)	335.3 (1100)	NR	61.0 (200)	182.9 (600)					
		0.75 (1)	NR	NR	182.9 (600)	NR	182.9 (600)	335.3 (1100)	NR	61.0 (200)	182.9 (600)					
		0.37 (0.5)	NR	NR	182.9 (600)	NR	182.9 (600)	335.3 (1100)	NR	61.0 (200)	182.9 (600)					
	2.2 (3)	2.2 (3)	NR	NR	182.9 (600)	NR	182.9 (600)	335.3 (1100)	NR	61.0 (200)	182.9 (600)					
		1.5 (2)	NR	NR	182.9 (600)	NR	182.9 (600)	335.3 (1100)	NR	61.0 (200)	182.9 (600)					
		1.2 (1.5)	NR	NR	182.9 (600)	NR	182.9 (600)	335.3 (1100)	NR	61.0 (200)	182.9 (600)					
		0.75 (1)	NR	NR	182.9 (600)	NR	182.9 (600)	335.3 (1100)	NR	61.0 (200)	182.9 (600)					
		0.37 (0.5)	NR	NR	182.9 (600)	NR	182.9 (600)	335.3 (1100)	NR	61.0 (200)	182.9 (600)					
		0.37 (0.5)	NR	NR	182.9 (600)	NR	182.9 (600)	335.3 (1100)	NR	61.0 (200)	182.9 (600)					
	3.7(5)	3.7 (5)	NR	NR	182.9 (600)	NR	182.9 (600)	335.3 (1100)	NR	61.0 (200)	182.9 (600)					
		2.2 (3)	NR	NR	182.9 (600)	NR	182.9 (600)	335.3 (1100)	NR	61.0 (200)	182.9 (600)					
		1.5 (2)	NR	NR	182.9 (600)	NR	182.9 (600)	335.3 (1100)	NR	61.0 (200)	182.9 (600)					
		1.2 (1.5)	NR	NR	182.9 (600)	NR	182.9 (600)	335.3 (1100)	NR	61.0 (200)	182.9 (600)					
		0.75 (1)	NR	NR	182.9 (600)	NR	182.9 (600)	335.3 (1100)	NR	61.0 (200)	182.9 (600)					
		0.37 (0.5)	NR	NR	182.9 (600)	NR	182.9 (600)	335.3 (1100)	NR	61.0 (200)	182.9 (600)					
	B	5.5-15 (7.5-20)	5.5-15 (7.5-20)	NR	9.1 (30)	182.9 (600)	91.4 (300)	182.9 (600)	5	NR	61.0 (200)		5	30.5 (100)	91.4 (300)	182.9 (600)
	C	8 1.5-45 (25-60)	18.5-45 (25-60)	NR	9.1 (30)	182.9 (600)	91.4 (300)	182.9 (600)	5	NR	61.0 (200)		5	30.5 (100)	91.4 (300)	182.9 (600)
D	56-93 (75-125)	56-93 (75-125)	NR	9.1 (30)	182.9 (600)	91.4 (300)	182.9 (600)	5	NR	61.0 (200)	5	61.0 (200)	91.4 (300)	182.9 (600)		
E	112-224 (150-300)	112-224 (150-300)	NR	9.1 (30)	182.9 (600)	91.4 (300)	182.9 (600)	5	NR	61.0 (200)	5	182.9 (600)	182.9 (600)	182.9 (600)		
F	187-336 (250-450)	187-336 (250-450)	NR	9.1 (30)	182.9 (600)	91.4 (300)	182.9 (600)	5	NR	61.0 (200)	5	182.9 (600)	182.9 (600)	182.9 (600)		
G	224-448 (300-600)	224-448 (300-600)	NR	9.1 (30)	182.9 (600)	91.4 (300)	182.9 (600)	5	NR	61.0 (200)	5	182.9 (600)	182.9 (600)	182.9 (600)		

NR= No se recomienda

1. Los valores mostrados son para voltaje de entrada nominal de 480 V y frecuencia portadora del variador de 2 kHz. Consulte con la fábrica para obtener información sobre operación a frecuencias de portadora superiores a 2 kHz. Multiplique los valores por 0.85 para condiciones altas de línea. Para voltajes de entrada de 380, 400 o 415 VCA multiplique los valores de la tabla por 1.25, 1.2 o 1.15 respectivamente.

2. Una reactancia de 3 % reduce el esfuerzo del motor y del cable pero puede causar una degradación de la calidad de la forma de onda del motor. Las reactancias deben tener una capacidad de aislamiento de encendido en encendido de 2100 volts o superior.

3. Incluye cable en conducto.

4. Los voltajes mostrados son para voltaje de entrada nominal y frecuencia de portadora del variador de 2 kHz. Consulte con la fábrica la información sobre operación a frecuencias de portadora superiores a 2 kHz. Multiplique los valores por 0.85 para condiciones altas de línea

5. Información no disponible al momento de la impresión

6. Estas distancias requieren motores 1329R ó 1329L nuevos. Los motores nuevos a 600 V tienen un valor de aislamiento de 1850 V aproximadamente. Estas distancias sólo son válidas con firmware versión 3.04 ó posterior.

7. Estas restricciones de distancia se deben a la carga de capacitancia del cable y pueden variar de una aplicación a otra.

Tabla 5.3

Restricciones de Longitudes máximas de cables del motor en metros (pies) Variadores de 380 V- 480 V 2

## **Protección de onda reflejada**

El variador se debe instalar tan cerca del motor como sea posible. Las instalaciones con cables de motor de gran longitud pueden exigir la adición de dispositivos externos para limitar las reflexiones de tensión en el motor (fenómeno de onda reflejada). Vea la Tabla 5.2 para las recomendaciones.

**Importante:** Las consideraciones de la onda reflejada y de la corriente capacitiva necesitan tomarse en cuenta al determinar la longitud del cable del motor. El uso de un dispositivo externo para limitar el fenómeno de la onda reflejada puede afectar la precisión de la lectura de la corriente.

Los datos de la onda reflejada aplican a todas las frecuencias de 2 a 8 kHz. En el caso de las capacidades nominales de 230 V, las recomendaciones de longitud máxima de cable son las mismas que las recomendaciones de la corriente capacitiva

## **Acoplamiento de la corriente capacitiva**

La conmutación de la tensión a una alta velocidad causa el acoplamiento de la CA de los cables del motor al terminal de tierra/tierra protectora. La corriente producida por este acoplamiento se conoce como corriente capacitiva. La corriente del variador es la combinación de la corriente capacitiva y de la corriente del motor. Debido a que la corriente del motor se controla para la protección de sobrecarga.

### **5.2.10 Cableado de control y señales**

#### **Conexiones de control**

Si las conexiones de control del variador van a estar vinculadas a un dispositivo o circuito electrónico, el común o línea de 0 V debe tener conexión a tierra en el extremo del dispositivo (fuente) solamente, si fuera posible.



El común de señal de referencia de la velocidad del usuario tienen terminación al común lógico, en un terminal. Esto pone el lado negativo (ó común) de estas señales en el potencial de tierra. Los esquemas de control deben ser examinados para determinar si existen posibles conflictos con este tipo de esquema de conexión a tierra.

### **Terminales de blindaje – TE (tierra verdadera)**

El bloque de terminales TE proporciona un punto de terminación para blindajes de cableado de señal.

El calibre máximo y mínimo de cable aceptado por este bloque es 2.1 y 0.30 mm<sup>2</sup> (14 y 22 AWG). Use cable de cobre solamente y siempre separe el cableado de control y el de alimentación eléctrica.

Si se usa cable sin blindaje, los circuitos de señales de control no deben instalarse paralelos a los cables del motor ni cables de suministro sin filtro con un espacio de menos de 0.3 metros. Deben usarse divisores metálicos de canaletas de cables o conductos separados.

Importante: Cuando se use cableado de señal y control de menos de 600 V instalado por el usuario, este cableado debe instalarse dentro del envoltente del variador, de manera que esté separado de otros cableados y piezas activas no aisladas.

### **Cableado de control**

- Instale todo el cableado de señal en un cable apantallado o en un conducto portacables metálico (bandeja) separado.
- Conecte el cable apantallado sólo en los terminales comunes TB3.

- La longitud del cableado de control no debe ser mayor de 15 metros (50 pies). La longitud del cable de señal de control depende en gran medida del ambiente eléctrico y de las prácticas de instalación.

Para mejorar la inmunidad contra el ruido, el común del bloque de terminales de control tiene que estar conectado al terminal de tierra/tierra protectora.

- Utilice cable Belden 8760 (o equivalente) 18 AWG (0,750 mm<sup>2</sup>), par trenzado, apantallado o de 3 conductores.

### **5.2.11 Dispositivos de salida**

#### **Núcleos del modo común**

Los núcleos del modo común ayudan a reducir el ruido del modo común en la salida del variador y protegen contra las interferencias con otros equipos eléctricos (controladores programables, sensores, circuitos analógicos, etc.). Además, al reducirse la frecuencia de portadora PWM se reducirán los efectos y se disminuirá el riesgo de interferencia de ruido del modo común.

#### **Terminador de cable**

Cuando se usan variadores con cables largos de motor, puede duplicarse el voltaje en los terminales del motor; este fenómeno se conoce como onda reflejada, onda estacionaria o efecto de línea de transmisión.

Deben usarse motores de servicio inversor con capacidades nominales de aislamiento de fase a fase de 1200 volts o más, para minimizar los efectos de la onda reflejada en la vida útil del aislamiento del motor.

Las aplicaciones con motores de servicio no inversor o cualquier motor con cables excepcionalmente largos pueden requerir un inductor de salida o terminador

de cable. Un inductor o terminador ayudará a limitar el reflejo al motor, a niveles menores que la capacidad nominal de aislamiento del motor.

### **Reactancia de salida opcional**

Las reactancias Boletín 1321 ver anexo C pueden usarse para controlar entradas y salidas. Estas reactancias están diseñadas específicamente para aceptar aplicaciones inversoras IGBT con frecuencias de conmutación de hasta 20 kHz. Tienen una resistencia dieléctrica aprobada por UL de 4000 Volts, a diferencia de una capacidad nominal normal de 2500 Volts. Las primeras dos y últimas dos vueltas de cada bobina tienen triple aislamiento, lo cual protege contra la descomposición del aislamiento resultante de alto  $dv/dt$ . Cuando se usan reactancias de línea del motor, se recomienda establecer la frecuencia PWM del variador en su valor más bajo para minimizar las pérdidas en las reactancias.

Importante: Si usa una reactancia de salida, el voltaje efectivo del motor será menor porque el voltaje cae a través de la reactancia, esto también puede significar una reducción del par del motor.

## **5.3 Entrega del Producto**

Se describe los pasos necesarios para tener un proceso de verificación suficiente para tener un arranque sin problemas del variador.

### **5.3.1 Pruebas Estáticas**

<b>CHEQUEAR</b>	<b>COMENTARIOS</b>
Accionamiento de Interruptor fusible de fuerza sin tensión	Si no se baja la llave no se puede abrir la puerta del cubículo
Planos actualizados	Se debe verificar que los números de borneras coincidan con el plano

Variador de velocidad adecuadamente instalado en el cubículo del CCM.	Verificar ajustes de pernos .
Protección a tierra adecuadamente conectadas al variador de velocidad y CCM	
Adecuada ventilación del cubículo.	El variador de velocidad es montado sin cubierta, para tener mejor ventilación.
Adecuada selección de fusibles.	Verificar recomendaciones del fabricante.
Grado de hermeticidad de la puerta.	Sello de neoprene en buen estado.
Rotulados exteriores	Nombre en la puerta para rápida identificación
Rotulados interiores (equipos, borneras)	Verificar si tiene identificación las borneras TB1, TB2, TB3.
Calibre y disposición de cableado de fuerza	Cables adecuados según recomendaciones
Cableado del sistema de control	Cables adecuados según recomendaciones
Accionamiento de manijas y cerrojos de las puertas	Debe abrirse fácilmente con ayuda del desarmador
Prueba de aislamiento y continuidad del sistema de fuerza	Utilizar el Meghómetro.
Prueba de aislamiento y continuidad sistema de control	Utilizar el Meghómetro.
<b>Motor</b>	
Conexión correcta de cables de fuerza al motor	La conexión correcta de cable de tierra es desde el motor al variador de velocidad no al CCM.
Conexión a tierra del motor	
Adecuada ventilación del Motor	

### **5.3.2 Pruebas Dinámicas**

#### **Nombre del CCM: Sistema Cooling Tower**

Todos los interruptores en posición Off

Esta prueba se realizará con los planos actualizados

**Requerimientos de Seguridad:** Guantes de aislamiento, Anteojos de Protección, Zapatos de aislamiento.

CHEQUEAR	COMENTARIOS
Planos del variador de velocidad están actualizados y en el cubículo del CCM	
Alimentar circuito de fuerza	
Llega tensión a los bornes de llegada del relé térmico y los contactores	
Quitar alimentación a circuito de fuerza	
Funcionamiento de circuito eléctrico según lógica de control	
Verificar valores de tensión y velocidad en pantalla	
Verificar funcionamiento de ventilador del variador de velocidad.	
<b>Motor</b>	
Conexión correcta de cables de fuerza al motor	
Conexión a tierra del motor	
Adecuada ventilación del Motor	

### 5.3.3 Pruebas para el arranque ( Check List)

#### Nombre del CCM: Sistema Cooling Tower

Pasos a seguir para el Arranque del variador de velocidad Cooling tower  
Operación inicial

**Requerimientos de Seguridad:** Guantes de aislamiento, Anteojos de Protección, zapatos de seguridad con aislamiento.

**Herramientas :** desarmadores perillero y mediano, Multímetro, Megóhmetro,

**Material :** Candado de seguridad, Tarjetas de Peligro, Plano de entradas y salidas, Manual del usuario 1336 Ac Drive Allen Bradley.

Esta prueba se realizará con los planos actualizados

CHEQUEAR	COMENTARIOS
----------	-------------

1.- <b>Motor desconectado</b> Verificar que los valores de tensión este dentro de los valores previstos	Chequear 460 +/- 5 %
2.- Quitar la energía, y candadear (colocar un candado al interruptor).	Bajar el interruptor fusible principal y colocar candado
3.- Verificar que las entradas de STOP y Enable estén conectadas	Verificar en las borneras TB3
4.- Confirmar que todas las entradas opcionales estén presentes	Si existen verificar en TB3
5.- El HIM interface manual debe estar instalado.	El HIM es suministrado con el variador de velocidad ,es identificado por el SCAN port como adaptador 1.
6.- Retirar la tapa del variador de velocidad	El variador de velocidad está instalado sin tapa dentro del CCM, esta protegido por la tapa del cubículo del CCM.
7.- Aplicar la energía y en el display se deberá observar " stopped " y una frecuencia de 0 Hz	De lo contrario se mostrará un código de falla, par lo cual se deberá recurrir al anexo de descripciones de fallas.
8.- Resetear los valores que viene desde la fábrica.	Los parámetros que vienen por defecto de fábrica puede que no sean compatibles con el procedimiento de arranque.
9.- Verificar el modo de entrada que debe de estar programado en el variador de velocidad.	De fabrica solo vienen programados las entradas de STOP y ENABLE , verificar el propio esquema de control.
10.- Setear los valores máximos de tensión y frecuencia.	Voltios = 480, frecuencia 62 Hz.
11.- Escoger el tipo de control Sensorless u operación V/Hz.	Viene por defecto el tipo Sensorless, utilizar ( control Select).
12.- Setear el comando de frecuencia.	Después que el comando es seteado debe aparecer en el display : stopped 0 HZ.

13.- Verificar los valores mínimo y máximo de la frecuencia.	Verificar mínimo 0 Hz y máximo 60 Hz.
14.- Chequear la dirección de la rotación.	El led de dirección debe mostrarse continuamente
15.- Setear los pasos para el correcto funcionamiento del variador de velocidad cuando el enable y las entradas auxiliares son cambiadas.)	Cuando el variador de velocidad esta operando abriendo la señal enable o una señal auxiliar se abre debe de pararse.
16.- Chequear el modo de STOP y JOG.	Al mantener presionado el botón de jog el motor debe de acelerar a la frecuencia programada. Cuando está operando el botón de stop debe parar el motor.
17.-Chequear los tiempos de aceleración y desaceleración.	Verificar que los tiempos de aceleración y desaceleración es de 10 segs.
<b>18.- Reconectar el Motor</b>	Conectar los cables del motor y cerrar la puerta del cubículo.
19.- Chequear la rotación del motor.	En nuestro caso se utilizo un motor pequeño de 1/2 HP para verificar la rotación.
20.- Seleccionar el SLIP y el valor de FLA	Slip = 0.2 FLA = 18
21.- Sintonización del control de vector Less Ingresar valores de placa del motor : AMP, Volts, Hz, RPM.	Amp= 19, V = 460 V Hz = 60, RPM = 2350
22.- Mejor sintonización del drive se realiza con el motor en marcha.	Se debe realizar sin conectar la carga.
23.- Setear máxima sobrecarga del motor.	Por defecto el drive tiene un seteo de sobrecarga máxima que viene de fábrica.

### 5.3.4 Equipos Utilizados

<i>Nombre del CCM: Cooling</i>			
--------------------------------	--	--	--



<b>Tower</b>				
<b>Lista de equipos y materiales principales</b>				
Cliente				
Lugar:				
<b>Código</b>	<b>Nombre del equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Datos de Fabricación</b>	
<b>en plano</b>			<b>Modelo</b>	<b>Nombre Fabricante</b>
E-2	Fusible 45 A, 500Vac, 80kA	3	Tipo JKS	Shawmut
E-2,E-3	AC Drive BR,480 V,20 HP, Nema 3R,	1	1336S	Allen Bradley
E-2	Reactor de Línea, 600 VAC,	1	1321-3R25-A	Allen Bradley
E-4	Cable de Comunicación	20mt	Belden 9842	Belden
E-3	Botonera Local Jog, Stop	1		Allen Bradley



## CONCLUSIONES

1.- La evaluación del potencial ahorro de energía en la utilización de variadores de velocidad no es un proceso simple por la cantidad de equipos que intervienen.

La información del proceso y equipos son determinantes para la calidad de nuestros cálculos.

2.- Hoy en día que se necesita tener procesos a menor costo y eficientes es necesario considerar la automatización de los procesos para reemplazar los de control tradicional, lo cual implica tener una plataforma de protección del sistema eléctrico adecuado para recibir equipos electrónicos. Uno de los requisitos, es la protección mediante un sistema de tierra adecuado, lo que se recomienda es tener un sistema de tierra con valor alrededor de 1 ohmio ( $1\ \Omega$ ) el cual es recomendable para evitar errores de instrumentación.

3.- El uso de transformadores de aislamiento con factor K (Anexo C) como práctica de diseño es lo más adecuado. En el mercado peruano hay importadores que pueden traer estos equipos con entrega en 2 meses. Los reactores de línea son más pequeños y pueden traerse en aproximadamente 6 semanas. Estos tiempos son muy importantes para la planificación y entrega de los proyectos que involucren estos equipos.

4.- Los cables con apantallamiento (shield) para fuerza son más difíciles de conseguir porque su importación necesita volúmenes grandes lo cual implica prácticamente que

sea difícil de instalar estos cables que son necesarios para disipar los ruidos eléctricos.

5.- La instalación y costo de un reactor de línea es más económico comparado con el de un transformador de aislamiento, sus cualidades de protección son diferentes pero no excluyentes, es decir que dependiendo del análisis del sistema eléctrico puede ser suficiente un reactor de línea.

6.- La instalación de un transformador de aislamiento, aparte de mayor costo, requiere de un lugar adecuado de instalación que puede ser el mismo CCM (Centro de Control de Motores). Esto es considerar en el diseño del CCM, espacio para el reactor de línea y su transformador.

7.- Algunas de las ventajas adicionales al ahorro de energía al utilizar variadores de velocidad de CA ( AC Driver) pueden ser:

- a) La energía se ahorra en el proceso al compararse con aplicaciones de velocidad constante, donde se utiliza algún tipo de control de flujo externo como válvulas de control de estrangulación, recirculación etc.
- b) Las características de arranque suave del motor, además disminuye los esfuerzos mecánicos y eléctricos en el motor, acoplamientos, reductores, cojinetes, etc.
- c) El balanceo e inspección de los equipos rotativos resultan más rápidos y fáciles.
- d) Los periodos de trabajo del sistema motor-variador a velocidades reducidas disminuye el desgaste mecánico de los componentes del sistema y elimina los dispositivos de alto mantenimiento como son las compuertas de entrada de ventiladores, válvulas reguladoras, acoplamientos hidráulicos, etc.

7.- El VVCA se mantiene en línea en problemas de caída de tensión momentáneos, reduciendo los requerimientos de la carga, hasta que el voltaje nominal se restablece acelerando hasta el punto de referencia de velocidad.

8.- Se debe considerar los parámetros temperatura, humedad, altitud del lugar de montaje del variador. La longitud del cable del motor es proporcionada por el fabricante de variadores de velocidad mediante tablas que están en los manuales de instalación para evitar el fenómeno de onda reflejada.

En lo posible el variador de velocidad y el motor deben estar lo más cercano posible.

9.- Todos los variadores de velocidad tiene un voltaje límite. La instalación debe minimizar la ocurrencia de voltajes transitorios y adicionar inductancias entre el voltaje transitorio y la entrada del variador de velocidad.

10.- El impacto de los capacitores de F.P. se reduce disminuyendo el número de capacitores conmutados al mismo tiempo. Si la energía contenida dentro del voltaje transitorio es mayor que el reactor se debe de adicionar un transformador entre los capacitores y el variador de velocidad.

11.- El ahorro de energía es de \$. 2133.18 dólares, la inversión en el proyecto se puede recuperar en 1.8 años.

Los índices económicos de VAN= 3425.32, TIR = 43.99 nos garantizan una buena rentabilidad de la inversión (8). En la relación Beneficio-Costo  $B/C = 1.9$ , como  $B/C > 1$  nos garantiza una rápida recuperación del capital.

# ANEXO A

Planos Eléctricos

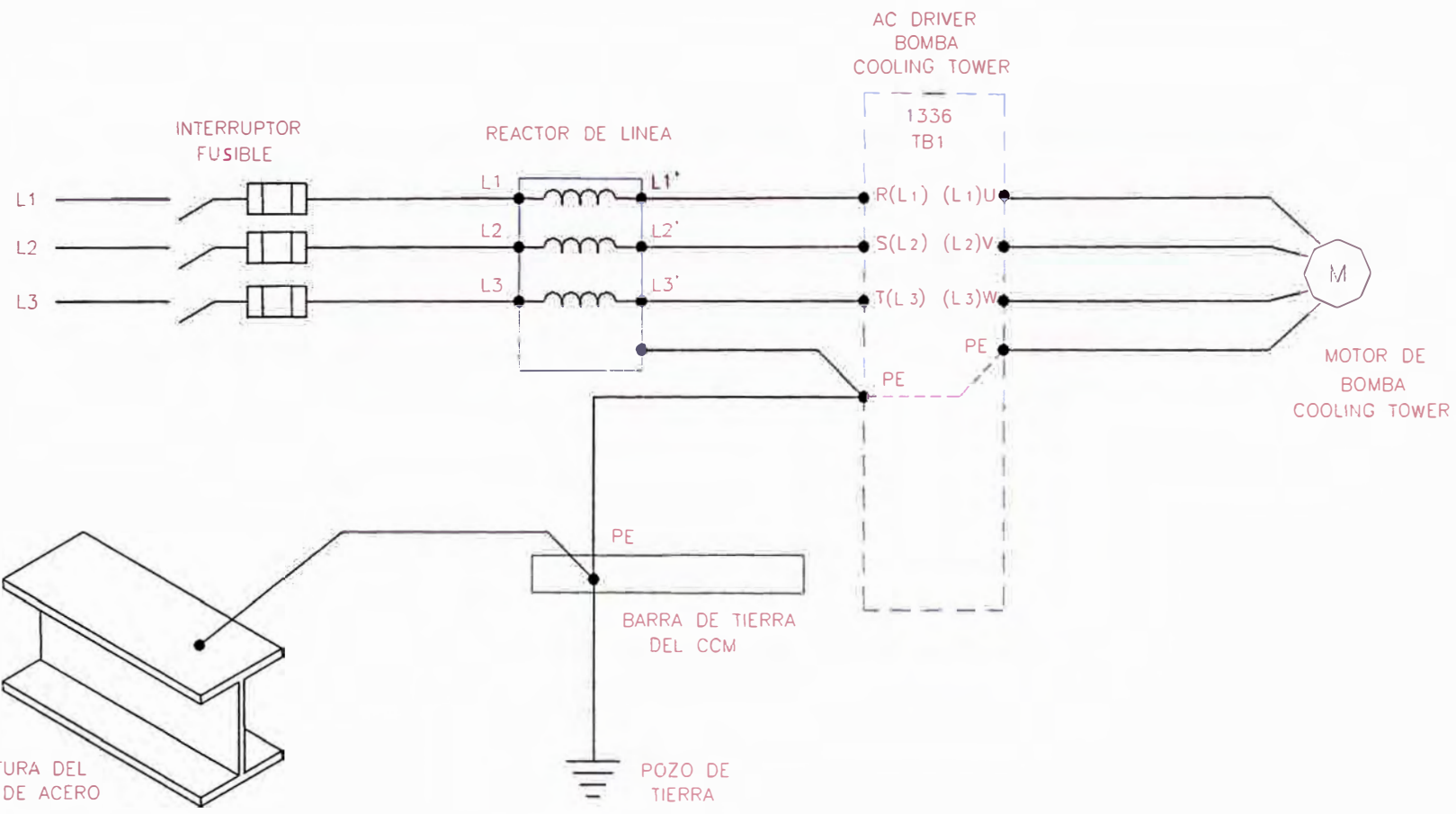
E-1 Distribución eléctrica CCM

E-2 Fuerza

E-3 Control

E-4 Comunicación con PLC ( Cuarto de Control)





SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

ESQUEMA DE FUERZA

E-2

TABLERO PLC

CCM

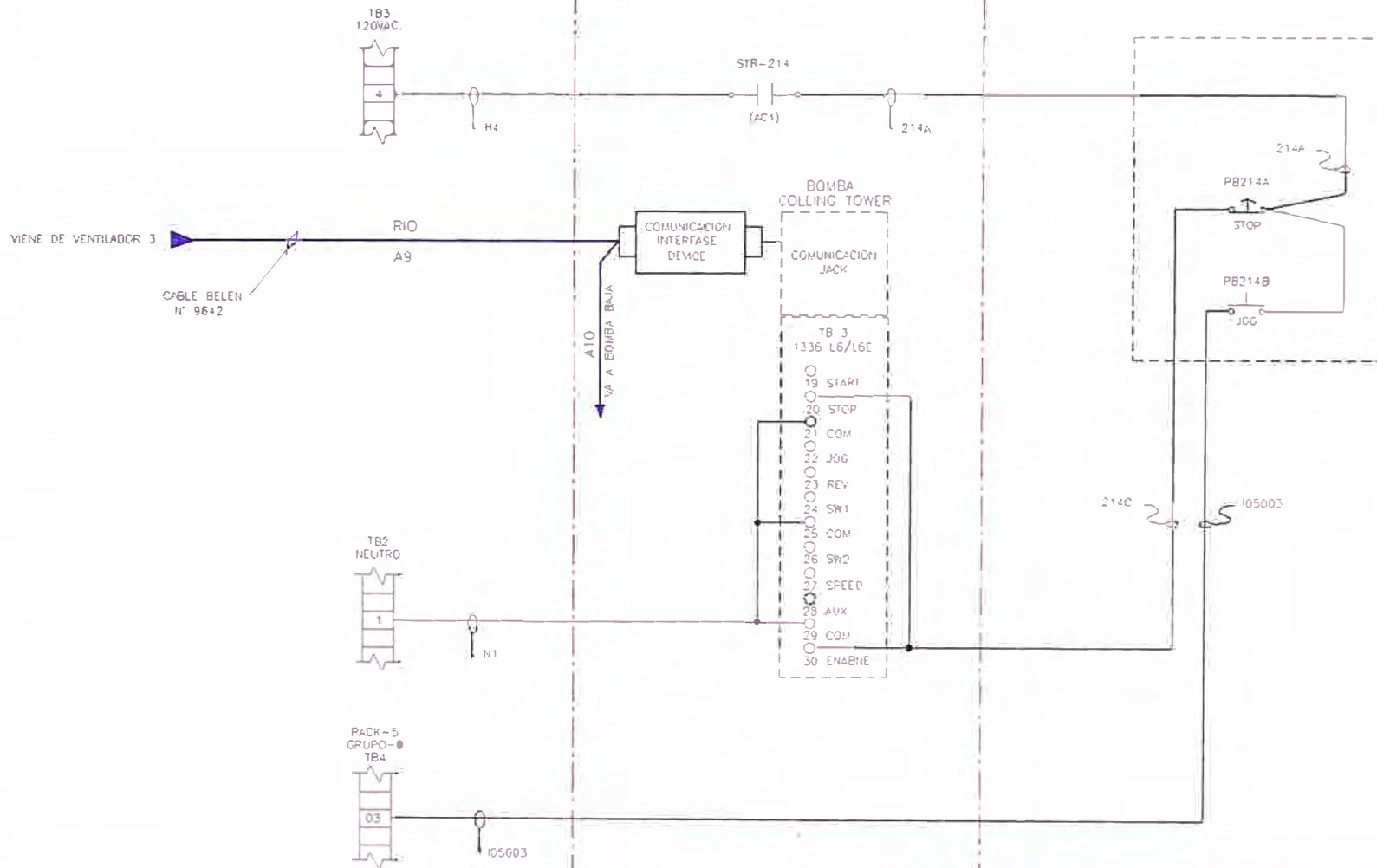
BOTONERA LOCAL

CUBICULO 3A

PB 214



Variador de Velocidad de la Bomba Cooling Tower

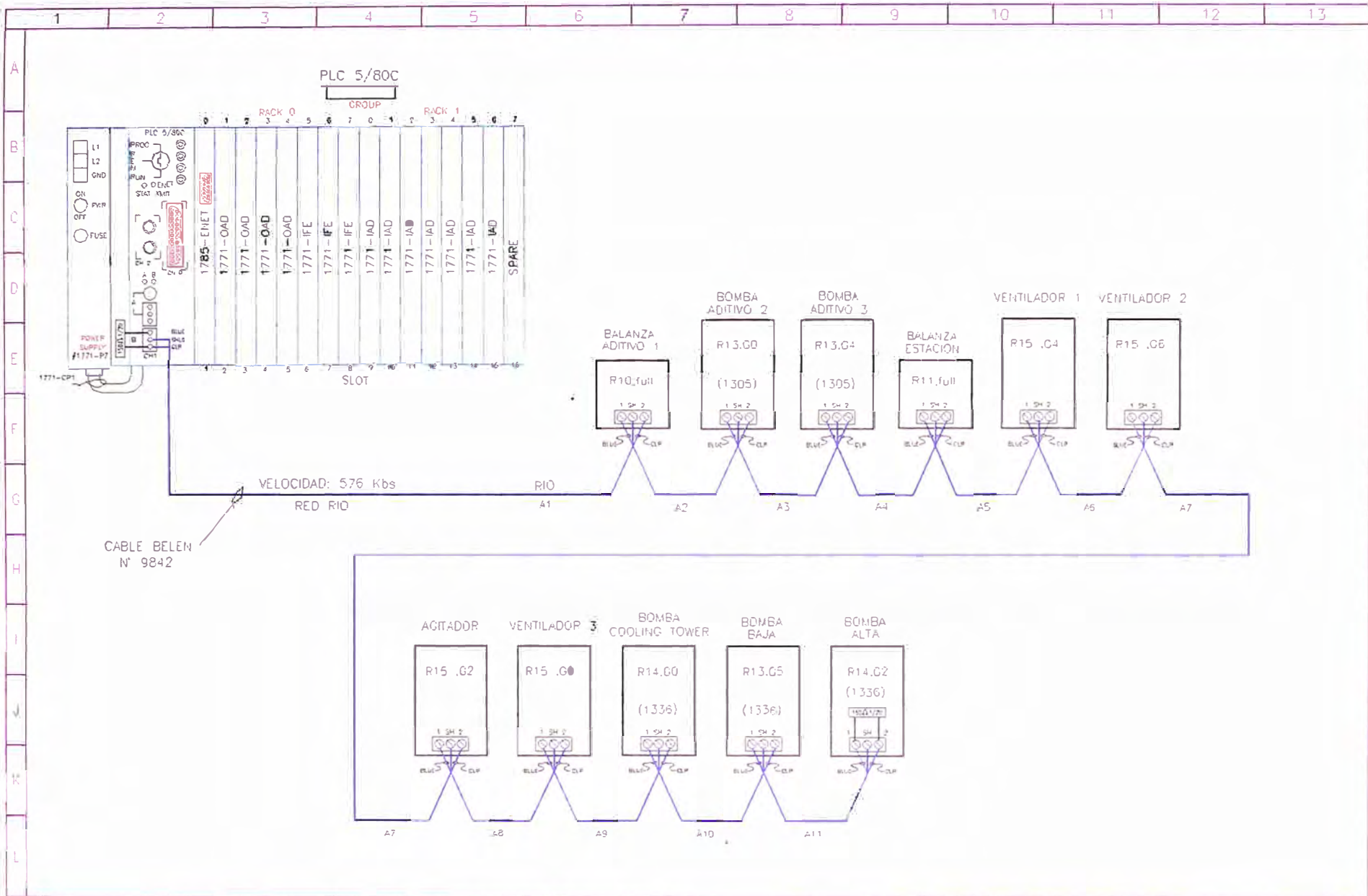


SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

ESQUEMA DE CONTROL

E-3





					Cliente	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		Plano No.
						ARQUITECTURA COMUNICACION		Hojas:
						RIO		E-4
PEX	TECNOLOGIA	ITEM	DESCRIPCION POP	DESCRIPCION POP	DESCRIPCION POP			



# ANEXO B

## **Ampliación de conceptos**

1.0 Onda reflejada

2.0 Reactores y filtros

3.0 Comportamiento de capacitores de corrección de f.d.p con variadores de velocidad.

4.0 Como se producen los armónicos.

5.0 Ruido audible.

## **AMPLIACION DE CONCEPTOS**

### **1.0 Onda Reflejada**

La alta tecnología en la conmutación de los variadores de velocidad es logrado por los IGBT's (Insulated Gate Bipolar Transistors) los cuales al ser instalados a cierta distancia del motor puede producir el fenómeno de onda reflejada.

Estas ondas pueden causar picos transitorios de alto voltaje, que producen condiciones destructivas en el aislamiento del motor el que causa su deterioro y falla.

Conociendo las condiciones en las que se produce este fenómeno y la adecuada selección del motor puede asegurar la vida de servicio del motor al menor costo posible.

El aislamiento de los motores AC actualmente tienen mejor performance en su fabricación en las que se considera nuevas técnicas y estándares que pueden ayudar a variar la velocidad del motor asegurando una mejor operación del producto motor y variador de velocidad.

### **1.1 Como Ocurre la reflexión de Onda**

El cable instalado entre la salida del drive y los terminales del motor, representa una impedancia a los pulsos de voltaje PWM del drive. Estos cables tienen valores significativos de inductancia y capacitancia que son directamente proporcionales a la longitud del cable.

Todas las veces que la impedancia de este cable no encuentra a la impedancia del motor, una onda reflejada puede ocurrir como consecuencia de la tecnología (IGBT, BJT, GTO).

## **2.0 Reactores/Filtros**

Cuando la distancia entre el drive y el motor excede la longitud recomendada por el fabricante se necesita una protección adicional. El cual puede ser un especializado reactor de línea el cual puede ser utilizado como un filtro para reducir los picos de voltaje.

## **3.0 Comportamiento de la conmutación de los capacitores de corrección del f.p. con los variadores de velocidad.**

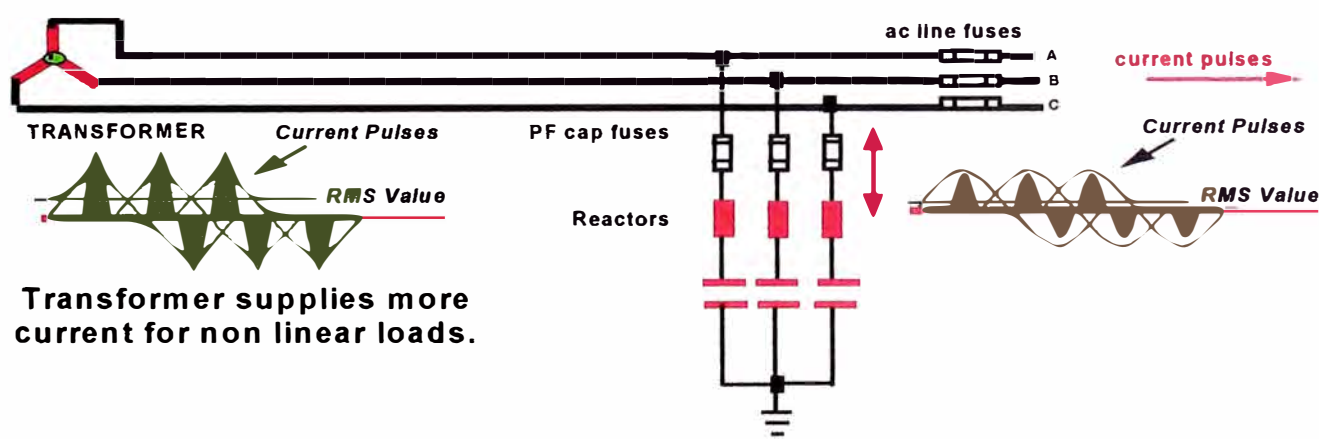
### **3.1 General**

Existen dos efectos concernientes a los capacitores de corrección del f.p. colocados a la entrada de los variadores de velocidad. Una de ellas es la corriente adicional que puede existir en los capacitores y el otro es su conmutación que se realiza para controlar el factor de potencia.

### **3.2 Corriente del capacitor que actúa en la corrección de potencia**

La corriente que fluye a través de los capacitores cuando está conectada directamente al motor, es reactiva y es controlada por la naturaleza reactiva del motor. Cuando los capacitores son instalados a la entrada del motor el f.p. es amortiguado o escondido por la línea de CA de los variadores de velocidad. Desde que cada corriente de capacitor es menor que el controlado por el variador de velocidad, el capacitor comienza a ser una

fuente de voltaje para el variador de velocidad y esto hace que la carga de corriente real empieza a ser no reactiva. Esto ocasiona una mayor demanda de corriente en el capacitor que podría experimentarse cuando capacitor y motor son conectados directamente. En algunos casos se espera un mayor calentamiento de los capacitores si la distancia entre el capacitor y drive es  $\leq 75$  mts. El grado de calentamiento depende del valor de la inductancia entre el capacitor y la entrada del Variador de velocidad. Los valores de inductancia de 50 uHenrios ayudará a reducir el pico de corriente a través del capacitor y reducir en algo el calentamiento. La mejor solución es trasladar los capacitores mas allá de los 75 mts ó lo mas cerca al transformador de alimentación.



**Los capacitores pierden capacidad porque no entregan .....**  
**Los amperios reales**

*Fig. B1*

*El capacitor demanda una alta corriente cuando se conecta cerca al variador de velocidad.*

### **3.3 Conmutación del Capacitor en el Corrección del Factor de Potencia**

Todos los Variador de velocidad tienen protección de límite de voltaje, el cual deben ser controlado para asegurar la confiabilidad del producto, de lo contrario puede causar fatiga y prematura fallas.

Para un suministro típico de 460 Volts, el voltaje límite es aprox. 800 VDC, el cual; es obtenido rectificando la línea AC. La línea AC rectificada es 650 VDC nominal. Para un 10 % de incremento el valor debería aumentar a 712 VDC sin carga.

Un sistema de 800 VDC representa 123 % de incremento de la entrada nominal AC. Por diseño el **Variador de velocidad** monitoreará el voltaje DC instantáneo y terminará la operación del drive si el voltaje DC excede el límite.

Esto asegura la confiabilidad del drive eliminando el esfuerzo de los transistores o IGBTs. Todos los componentes de conmutación tiene un área segura de operación, definida por el voltaje, corriente y tiempo ( $\mu$ secs). La operación fuera de esta área reduce el tiempo de vida de los componentes.

Cuando el capacitor es conmutado, ocurre un transitorio de voltaje, que depende del tamaño del capacitor y actúa como si fuera una fuente de voltaje. Ello elevará la corriente a través del rectificador de un variador de velocidad y causará que el voltaje interno DC se incremente. Usualmente durante la operación a plena carga la energía extra contenida en el transitorio de voltaje será absorbido por la carga del motor. Si la carga del motor es menor que el rango del variador de velocidad, esta "energía" será absorbida por el filtro del capacitor dentro del variador de velocidad. Si la suficiente

"energía" es contenido dentro del voltaje transitorio, el canal DC incrementará el límite de sobrevoltaje causando la interrupción de la operación del drive. Se puede adicionar una serie de reactores par suavizar la corriente en el variador de velocidad por el voltaje transitorio el valor de la inductancia dependerá de

- 1.- Valor del capacitor de Conmutación.
- 2.- Carga del motor
- 3.- El valor nominal de la fuente de alimentación

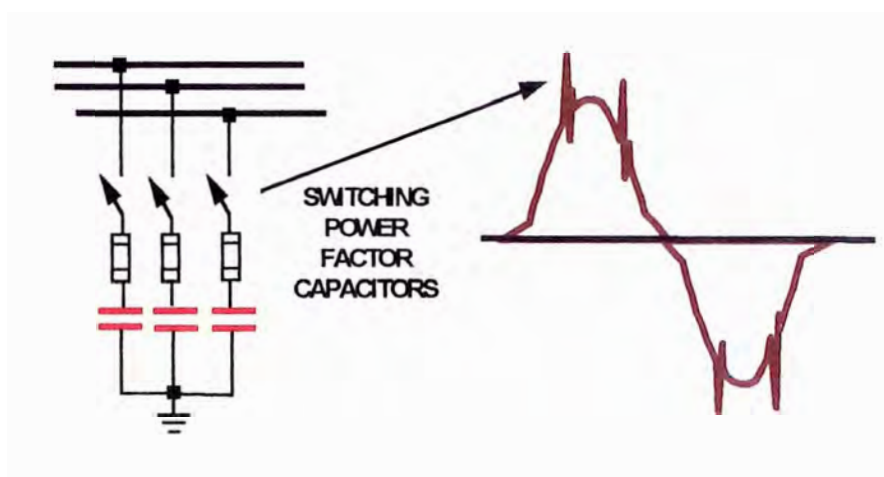


Fig. B.2

*Transitorio de voltaje debido a la conmutación de capacitores en la corrección del factor de potencia.*

#### **4.0 Como se producen los Armónicos**

Los armónicos son producidos por equipos de electrónica de potencia. Ello ocurre frecuentemente cuando se usa un gran número de computadoras personales (carga de simple fase), UPS's, variador de velocidad ó algún equipo que usa conmutación de estado sólido de conversión AC a DC.

Por ello el consumidor industrial de energía eléctrica debe controlar y monitorear la presencia de armónicos en su sistema eléctrico industrial y sus efectos en el mismo, para así cumplir con la ley de calidad de energía.

Las instalaciones industriales deben incluir un sistema de evaluación incluyendo análisis de distorsión armónica, en el diseño de nuevos proyectos, o construcciones internas.

Los fabricantes de cargas no lineales, tal como variadores de velocidad, pueden proveer servicios y recomendar equipos que reducen armónicos para cumplir con la IEEE 519-1992 y la ley de Calidad de energía.

#### **4.1 Reduciendo los Armónicos**

Se muestra algunos métodos más utilizados para reducir armónicos:

##### **4.1.2 Diseño del Sistema de Energía Eléctrica**

Los armónicos se pueden reducir limitando las cargas no lineales al 30 % de la capacidad máxima de los transformadores. Sin embargo con el corrector de factor de potencia instalado, puede ocurrir condiciones de resonancia que podría potencialmente limitar el porcentaje de cargas no lineales al 15 % de la capacidad del transformador.

$$fr = \sqrt{\frac{kVAsc}{kVARc}}$$

Donde

$f_r$  = Frecuencia resonante como un múltiplo de la frecuencia fundamental.

$kVA_{sc}$  = Corto circuito en el punto de estudio

$kVAR_c$  = Rango de los capacitores en el sistema de tensión.

Si  $f_r$  es igual o cerca a las características de armónicos, tales como 5to ó 7 no es posible que una condición de resonancia pueda ocurrir.

#### **4.1.3 Transformadores de Aislamiento**

Un transformador de aislamiento es una buena solución en muchos casos. La ventaja es el de tener taps de regulación y proveer un neutro con tierra como referencia. Esta es la mejor solución cuando se utiliza AC o DC drives que usa SCR como puente rectificador.

#### **4.1.4 Reactores de Línea**

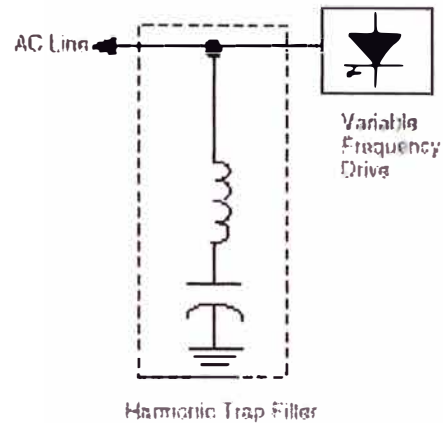
Es el mas comúnmente usado por tamaño y costo comparado con un transformador de aislamiento. Los tamaños estándares disponibles son: 1.5%, 3%, 5% y 7.5%.

#### **4.1.5 Filtro de armónicos**

Usado en aplicaciones de sistemas con alto contenido de cargas no lineales para eliminar armónicos de corriente.

Los filtros son sintonizados específicamente para armónicos tales como: 5to ,6to ,7mo, 11avo. Adicionalmente provee una verdadera corrección del f.p.





*Fig. B.3*  
*Filtro de armónico*

## 5.0 Ruido Audible

La frecuencia de conmutación tiene una gran influencia en el ruido audible producido por los motores de inducción. Por el efecto de la alta frecuencia de conmutación el intervalo de los armónicos se trasladan a una región no audible. A la frecuencia fundamental predomina el ruido del ventilador; a altas frecuencias no tiene efecto.

Las frecuencias de conmutación pueden causar perturbaciones audibles tonos puros que causan disturbios en el oído. Las ondas pueden también causar vibraciones y ruidos audibles el cual se puede incrementar si coincide con la frecuencia mecánica de vibración del núcleo del estator.

La frecuencia donde se logra la mayor eficiencia del variador (menor ruido) es alrededor de los 3 y 4 kHz.

## **ANEXO C**

### **Equipos de mitigación de disturbios eléctricos**

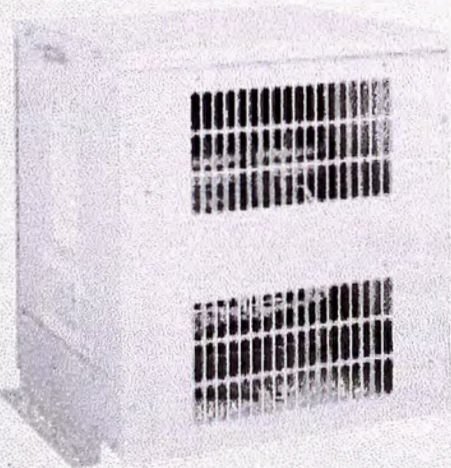
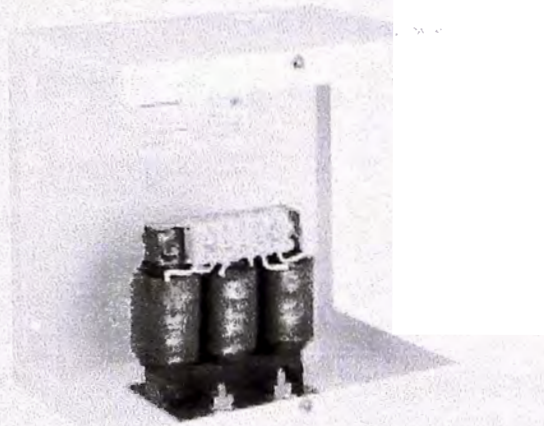
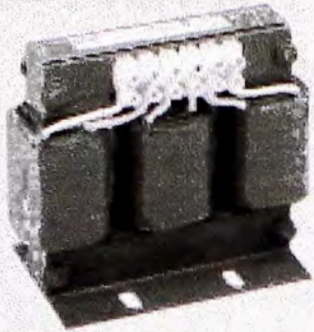
- Reactores de Línea
- Transformadores de Línea
- Modo Común de Bobina de Choque



**Allen-Bradley**

# Don't Ignore the Cost of Power Line Disturbance

**Allen-Bradley 1321 Reactors and Isolation Transformers Can Contain It!**



## Table of Contents

Applying Allen-Bradley Reactors .....	2
Selecting the Correct Impedance Rating .....	3
1321-3R and -3RA Series Line Reactors	
Specifications .....	4
Termination .....	5
Wire Size and Torque .....	5
Mounting Dimensions and Weights .....	5
1321-R Series Line Reactors	
Specifications .....	7
Mounting Dimensions and Weights .....	8
1321-1T Series, 1-Phase Isolation Transformer	
Mounting Dimensions & Wiring diagrams .....	9
Specifications .....	9
1321-3T Series, 3-Phase Isolation Transformer	
Specifications .....	10
Mounting Dimensions .....	11
Wiring, Ratings & Weights .....	12
1321-M Common Mode Chokes	
Mounting Dimensions .....	14

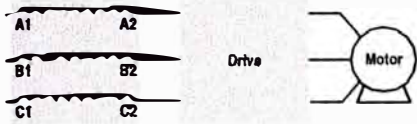


Bringing Together Leading Brands in Industrial Automation

**Benefits** – Allen-Bradley reactors help keep equipment running longer by absorbing many of the power line disturbances which can shut down your drive. Allen-Bradley isolation transformers can provide both voltage change and isolation for your variable speed drive. These designs are harmonic compensated and IGBT protected assure optimum performance in the presence of harmonics.



## Applying Allen-Bradley Reactors



### At the Input of the Drive

At the input of a drive, line reactors help protect against surges or spikes on the incoming power lines and help reduce harmonic distortion.

- Eliminate Nuisance Tripping
- Improve True Power Factor
- Extend Semiconductor Life
- Reduce Voltage Notching
- Reduce Harmonic Distortion
- Meet IEEE-519 or EN-61800

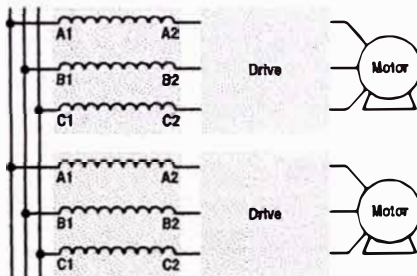
### At the Output of the Drive

In long motor lead applications, Allen-Bradley load reactors located between the drive and motor help reduce  $dv/dt$  and motor terminal peak voltages. The use of a load reactor also helps protect the drive from surge currents caused by rapid changes in the load.

- Protect Motors from Long Lead Effects
- Reduce Surge Currents
- Reduce Output Voltage  $dv/dt$
- Reduce Motor Temperature
- Extend Semiconductor Life
- Reduce Audible Motor Noise

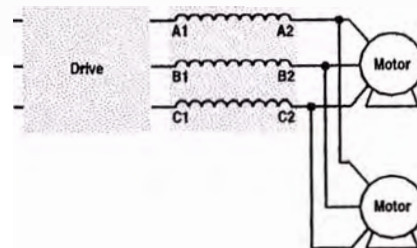
### With Multiple Drives

Multiple drives on a common power line should each have their own line reactor. Individual line reactors provide filtering between each drive to help reduce any crosstalk while providing optimum surge protection for each drive.



### With Multiple Motors

When more than one motor is controlled by a single drive, a single line reactor can typically be used between the drive and all the motors. Size the line reactor based on the total motor/load horsepower.



## Selecting the Correct Impedance Rating

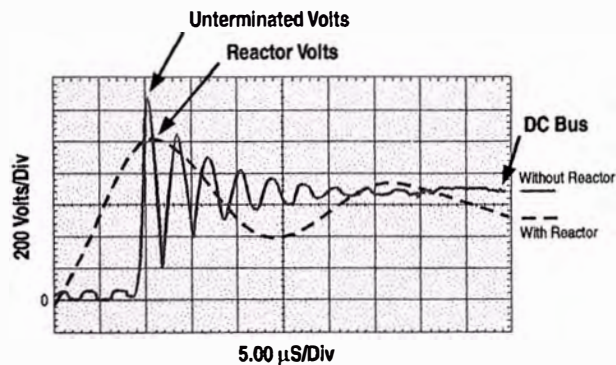
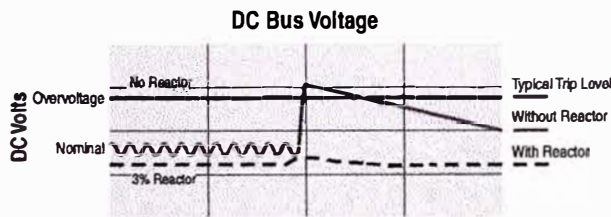
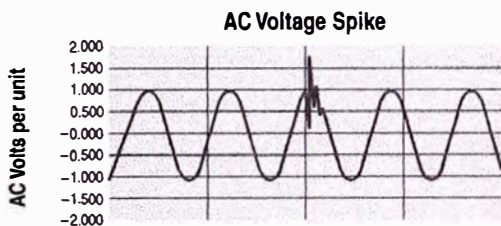
Selecting the correct impedance rating is critical for your job. An impedance value too low may not limit peak current. Too high of an impedance may reduce input voltage. Allen-Bradley line reactors offer two impedance ratings.

### 3% Impedance Rated Reactors to Reduce Nuisance Trips

Allen-Bradley line reactors rated at 3% are typically sufficient to absorb line spikes and motor current surges and will help prevent nuisance tripping of drive and circuit breakers in most applications.

### 5% Impedance Rated Reactors to Reduce Harmonic Content

Allen-Bradley reactors rated at 5% are best for reducing harmonic current and frequencies. These line reactors help comply with IEEE-519 (not normally used as load reactors).



### Voltage Spike Protection

Voltage spikes on AC power lines can cause elevation of the DC bus voltage which may cause the drive to trip on an overvoltage condition.

3% impedance reactors are very effective at protecting drives against voltage spikes and nuisance tripping. Allen-Bradley line reactors absorb these line spikes protecting the drive from nuisance tripping and damage.

### Motor Protection

Allen-Bradley load reactors can help protect motors from high peak voltages.

For IGBT drive applications with long drive-to-motor lead lengths, Allen-Bradley load reactors can help protect against fast dv/dt rise times.

## 1321 Line Reactors

### 1321-3R and -3RA Series Specifications

#### Material

Enclosures	IP10 (NEMA Type 1) — Sheet steel in accordance with UL, NEMA and CSA requirements. IP00 (Open)
Terminations	1-80 Amp Ratings — Finger guard terminal block. 81-400 Amp Ratings — Solid copper box lugs. 401 Amps and Above — Copper tab terminals.

#### Harmonic Compensation

All line reactors are compensated for the additional currents and high frequencies caused by the presence of harmonics.

#### General Protection

Impedance	3% or 5% based on the fundamental current ratings.
Overload Rating	300% of fundamental current for (1) minute.

#### IGBT Protection

First turn triple insulated offering protection up to 16kV.  
• 16,000 Volts per Microsecond dv/dt Protection  
• 20 kHz Maximum Switching Frequency

#### Electrical

Max. Rated Voltage	600VAC, 50/60Hz frequency.
Max. Switching Freq.	20 kHz.
Temperature Rise	115 degrees C.
Dielectric Strength	4,000 volts rms (5,600 volts peak).
Inductance Curve	100% at 100% current. 100% at 150% current. 50% at 350% current.
Insulation System	Class H (180 degrees C or better).
Impregnation	High bond strength epoxy impregnation. 4,000V high dielectric strength.

#### Environmental

Ambient Temperature	40 degrees C.
U.L. Recognized	UL-506 IP00 (Open).
U.L. Listed	UL-508 IP20 (NEMA Type 1).
International	Conforms to IEC-289 and VDE 0550.
CSA Certified	CSA C22.2

## 1321 Line Reactors

### 1321-3R and -3RA Termination

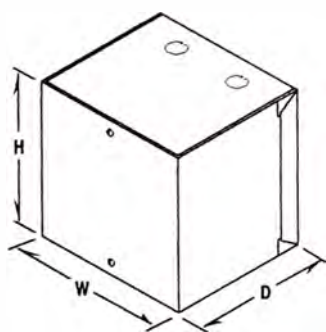
Allen-Bradley reactors rated 80 Amps and below are supplied with an integral mounted terminal block. Reactors rated from 81 to 400 Amps are supplied with box lugs. Above 400 Amps, solid copper tabs are used.

### 1321-3R and -3RA Series Wire Size and Torque

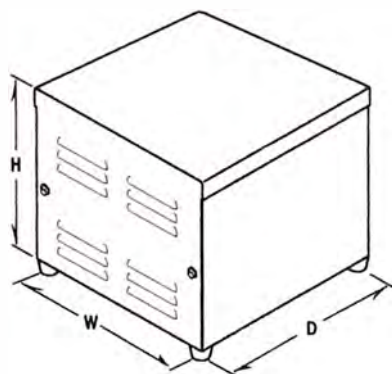
Catalog Number IP00 (Open)	Max./Min. Wire Size mm <sup>2</sup> (AWG)	Max. Torque Nm (lb.-in.)
1321-3R2-A to 1321-3R8-D	2.1-0.3 (14-22)	0.51 (4.5)
1321-3R12-A to 1321-3R35-B	16.0-0.3 (5-22)	1.81 (16)
1321-3R35-C to 1321-3R80-B	21.2-0.8 (4-18)	2.26 (20)
1321-3R80-C to 1321-3R100-C	21.2-13.3 (4-6)	5.09 (45)
	53.3-33.6 (1/0-2)	5.65 (50)
1321-3R130-A to 1321-3R200-C	107.2-33.6 (4/0-2)	16.95 (150)
1321-3R250-A to 1321-3R400-C	67.4 (500 MCM)	42.38 (375)
	177.4-127.0 (350-250 MCM)	36.73 (325)
	107.2-85.0 (4/0-3/0)	28.25 (250)
	67.4 (2/0)	20.34 (180)
1321-3R500-A to 1321-3RA1000-C	Copper Tab	N/A

Catalog Number IP20 (NEMA Type 1)	Max./Min. Wire Size mm <sup>2</sup> (AWG)	Max. Torque Nm (lb.-in.)
1321-3RA2-A to 1321-3RA8-D	2.1-0.3 (14-22)	0.51 (4.5)
1321-3RA12-A to 1321-3RA35-B	16.0-0.3 (5-22)	1.81 (16)
1321-3RA35-C to 1321-3RA80-B	21.2-0.8 (4-18)	2.26 (20)
1321-3RA80-C to 1321-3RA100-C	21.2-13.3 (4-6)	5.09 (45)
	53.3-33.6 (1/0-2)	5.65 (50)
1321-3RA130-A to 1321-3RA200-C	107.2-33.6 (4/0-2)	16.95 (150)
1321-3RA250-A to 1321-3RA400-C	67.4 (500 MCM)	42.38 (375)
	177.4-127.0 (350-250 MCM)	36.73 (325)
	107.2-85.0 (4/0-3/0)	28.25 (250)
	67.4 (2/0)	20.34 (180)
1321-3RA500-A to 1321-3RA1000-C	Copper Tab	N/A

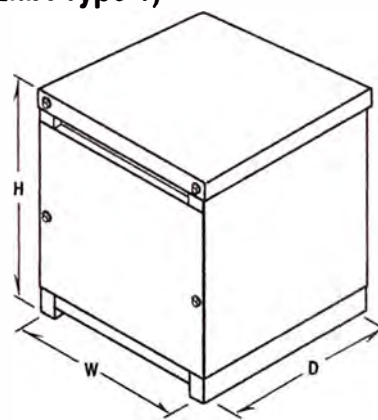
### 1321-3RA Series Mounting Dimensions and Weights — IP10 (NEMA Type 1)



IP10 (NEMA Type 1) — Cabinet 1  
(Wall Mounted)



IP10 (NEMA Type 1) — Cabinet 2  
(Floor Mounted)



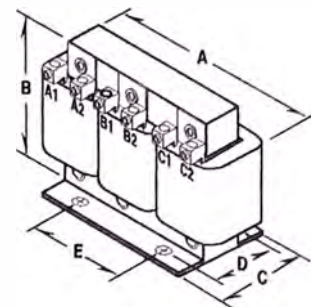
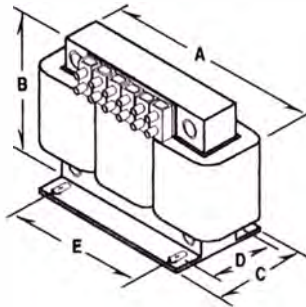
IP10 (NEMA Type 1) — Cabinet 3 and 4  
(Floor Mounted)

Catalog Number	Type	IP10 (NEMA Type 1) — Dimensions in mm (in.) and Weights in kg (lbs.)				
		H	W	D	Weight (Cabinet Only)	Total Weight
1321-3RA2-A to 1321-3RA18-B	Cabinet 1 (Wall Mounted)	203 (8)	203 (8)	152 (6)	3.2 (7)	3.2 (7) + Weight of Open Style Line Reactor on Page 6
1321-3RA18-C to 1321-3RA250-A	Cabinet 2 (Floor Mounted)	330 (13)	330 (13)	330 (13)	14.1 (31)	14.1 (31) + Weight of Open Style Line Reactor on Page 6
1321-3RA250-B to 1321-3RA600-C	Cabinet 3 (Floor Mounted)	610 (24)	432 (17)	432 (17)	20.4 (45)	20.4 (45) + Weight of Open Style Line Reactor on Page 6
1321-3RA750-A to 1321-3RA1000-C	Cabinet 4 (Floor Mounted)	762 (30)	610 (24)	610 (24)	37.7 (83)	37.7 (83) + Weight of Open Style Line Reactor on Page 6



# 1321 Line Reactors

## 1321-3R Series Mounting Dimensions and Weights — IP00 (Open)



IP00 (Open) — 80 Amps and Below

IP00 (Open) — 81 Amps and Above

Catalog Number	Fundamental Amps	Maximum Continuous Amps	Inductance (Based on Fundamental Amps)	Watt Loss	IP00 (Open)— Dimensions in mm (in.) and Weights in kg (lbs.)					
					A	B	C	D	E	Weight
1321-3R2-A	2	3	12.0 mh	7.5 W	112 (4.40)	104 (4.10)	70 (2.75)	50 (1.98)	37 (1.44)	1.8 (4)
1321-3R2-B	2	3	20.0 mh	11.3 W	112 (4.40)	104 (4.10)	70 (2.75)	50 (1.98)	37 (1.44)	1.8 (4)
1321-3R2-C	2	3	32.0 mh	16 W	112 (4.40)	104 (4.10)	70 (2.75)	50 (1.98)	37 (1.44)	1.8 (4)
1321-3R2-D	2	3	6.0 mh	10.7 W	112 (4.40)	104 (4.10)	70 (2.75)	44 (1.73)	37 (1.44)	1.4 (3)
1321-3R4-A	4	6	3.0 mh	14.5 W	112 (4.40)	104 (4.10)	76 (3.00)	50 (1.98)	37 (1.44)	1.8 (4)
1321-3R4-B	4	6	6.5 mh	20 W	112 (4.40)	104 (4.10)	76 (3.00)	50 (1.98)	37 (1.44)	1.8 (4)
1321-3R4-C	4	6	9.0 mh	20 W	112 (4.40)	104 (4.10)	86 (3.38)	60 (2.35)	37 (1.44)	2.3 (5)
1321-3R4-D	4	6	12.0 mh	21 W	112 (4.40)	104 (4.10)	92 (3.62)	66 (2.60)	37 (1.44)	2.7 (6)
1321-3R8-A	8	12	1.5 mh	19.5 W	152 (6.00)	127 (5.00)	76 (3.00)	53 (2.10)	51 (2.00)	3.1 (7)
1321-3R8-B	8	12	3.0 mh	29 W	152 (6.00)	127 (5.00)	76 (3.00)	53 (2.10)	51 (2.00)	3.6 (8)
1321-3R8-C	8	12	5.0 mh	25.3 W	152 (6.00)	127 (5.00)	85 (3.35)	63 (2.48)	51 (2.00)	4.9 (11)
1321-3R8-D	8	12	7.5 mh	28 W	152 (6.00)	127 (5.00)	89 (3.50)	69 (2.70)	51 (2.00)	5.9 (13)
1321-3R12-A	12	18	1.25 mh	28 W	152 (6.00)	127 (5.00)	76 (3.00)	53 (2.10)	51 (2.00)	4.1 (9)
1321-3R12-B	12	18	2.5 mh	31 W	152 (6.00)	127 (5.00)	76 (3.00)	53 (2.10)	51 (2.00)	4.5 (10)
1321-3R12-C	12	18	4.2 mh	41 W	152 (6.00)	127 (5.00)	91 (3.60)	69 (2.73)	51 (2.00)	8.2 (18)
1321-3R18-A	18	27	0.8 mh	36 W	152 (6.00)	133 (5.25)	79 (3.10)	54 (2.13)	51 (2.00)	4.1 (9)
1321-3R18-B	18	27	1.5 mh	43 W	152 (6.00)	133 (5.25)	86 (3.40)	63 (2.48)	51 (2.00)	5.4 (12)
1321-3R18-C	18	27	2.5mh	43W	183 (7.20)	146 (5.76)	92 (3.63)	66 (2.60)	76 (3.00)	7.3 (16)
1321-3R25-A	25	37.5	0.5 mh	48 W	183 (7.20)	148 (5.78)	85 (3.35)	60 (2.35)	76 (3.00)	4.9 (11)
1321-3R25-B	25	37.5	1.2 mh	52 W	183 (7.20)	146 (5.76)	85 (3.35)	60 (2.35)	76 (3.00)	6.3 (14)
1321-3R25-C	25	37.5	2.0 mh	61 W	183 (7.20)	146 (5.78)	104 (4.10)	79 (3.10)	76 (3.00)	8.1 (18)
1321-3R35-A	35	52.5	0.4 mh	49 W	193 (7.60)	146 (5.76)	91 (3.60)	66 (2.60)	76 (3.00)	6.3 (14)
1321-3R35-B	35	52.5	0.8 mh	54 W	183 (7.20)	147 (5.80)	95 (3.75)	70 (2.75)	76 (3.00)	7.3 (16)
1321-3R35-C	35	52.5	1.2 mh	54 W	229 (9.00)	187 (7.35)	118 (4.66)	80 (3.16)	76 (3.00)	13.6 (30)
1321-3R45-A	45	67.5	0.3 mh	54 W	229 (9.00)	187 (7.35)	118 (4.66)	80 (3.16)	76 (3.00)	10.4 (23)
1321-3R45-B	45	67.5	0.7 mh	62 W	229 (9.00)	187 (7.35)	118 (4.66)	80 (3.16)	76 (3.00)	12.7 (28)
1321-3R45-C	45	67.5	1.2 mh	65 W	229 (9.00)	184 (7.25)	135 (5.30)	93 (3.66)	76 (3.00)	17.7 (39)
1321-3R55-A	55	82.5	0.25 mh	64 W	229 (9.00)	187 (7.35)	118 (4.66)	80 (3.16)	76 (3.00)	10.9 (24)
1321-3R55-B	55	82.5	0.5 mh	67 W	229 (9.00)	187 (7.35)	118 (4.68)	80 (3.16)	76 (3.00)	12.3 (27)
1321-3R55-C	55	82.5	0.85 mh	71 W	229 (9.00)	184 (7.25)	142 (5.60)	99 (3.90)	76 (3.00)	18.6 (41)
1321-3R80-A	80	120	0.2 mh	82 W	274 (10.80)	216 (8.50)	139 (5.47)	88 (3.47)	92 (3.63)	19.5 (43)
1321-3R80-B	80	120	0.4 mh	86 W	274 (10.80)	216 (8.50)	139 (5.47)	88 (3.47)	92 (3.63)	23.1 (51)
1321-3R80-C	80	120	0.7 mh	96 W	274 (10.80)	210 (8.26)	156 (6.16)	106 (4.16)	92 (3.63)	25.0 (55)
1321-3R100-A	100	150	0.15 mh	94 W	274 (10.80)	217 (8.55)	139 (5.48)	84 (3.30)	92 (3.63)	21.3 (47)
1321-3R100-B	100	150	0.3 mh	84 W	274 (10.80)	210 (8.25)	144 (5.66)	93 (3.66)	92 (3.63)	23.1 (51)
1321-3R100-C	100	150	0.45 mh	108 W	274 (10.80)	210 (8.25)	156 (6.16)	106 (4.16)	92 (3.63)	33.6 (74)
1321-3R130-A	130	195	0.1 mh	108 W	229 (9.00)	179 (7.04)	118 (4.66)	80 (3.16)	76 (3.00)	13.2 (29)
1321-3R130-B	130	195	0.2 mh	180 W	274 (10.80)	213 (8.40)	144 (5.66)	93 (3.66)	92 (3.63)	25.9 (57)
1321-3R130-C	130	195	0.3 mh	128 W	279 (11.00)	216 (8.50)	156 (6.16)	106 (4.16)	92 (3.63)	29.0 (64)
1321-3R160-A	160	240	0.075 mh	116 W	274 (10.80)	211 (8.30)	131 (5.16)	80 (3.16)	92 (3.63)	18.1 (40)
1321-3R180-B	160	240	0.15 mh	149 W	274 (10.80)	211 (8.30)	152 (6.00)	88 (3.47)	92 (3.63)	22.7 (50)



## 1321 Line Reactors

### 1321-3R Series Mounting Dimensions and Weights — IP00 (Open) (continued)

Catalog Number	Fundamental Amps	Maximum Continuous Amps	Inductance (Based on Fundamental Amps)	Watt Loss	IP00 (Open) – Dimensions in mm (in.) and Weights in kg (lbs.)					
					A	B	C	D	E	Weight
1321-3R160-C	160	240	0.23 mh	138 W	292 (11.50)	216 (8.50)	229 (9.00)	118 (4.69)	92 (3.63)	30.4 (67)
1321-3R200-A	200	300	0.055 mh	124 W	274 (10.80)	211 (8.30)	152 (6.00)	106 (4.16)	92 (3.63)	21.8 (48)
1321-3R200-B ⊕	200	300	0.110 mh	166 W	274 (10.80)	211 (8.30)	210 (8.25)	112 (4.41)	92 (3.63)	30.4 (67)
1321-3R200-C ⊕	200	300	0.185 mh	146 W	274 (10.80)	211 (8.30)	229 (9.00)	150 (5.91)	92 (3.63)	45.4 (100)
1321-3R250-A	250	375	0.045 mh	154 W	274 (10.80)	211 (8.30)	229 (9.00)	106 (4.19)	92 (3.63)	30.6 (68)
1321-3R250-B ⊕	250	375	0.090 mh	231 W	366 (14.40)	290 (11.40)	254 (10.00)	131 (5.16)	117 (4.60)	48.1 (106)
1321-3R250-C ⊕	250	375	0.150 mh	219 W	366 (14.40)	284 (11.20)	286 (11.25)	148 (5.82)	117 (4.60)	83.5 (140)
1321-3R320-A ⊕	320	480	0.040 mh	224 W	366 (14.40)	288 (11.35)	254 (10.00)	131 (5.16)	117 (4.60)	49.9 (110)
1321-3R320-B ⊕	320	480	0.075 mh	264 W	366 (14.40)	286 (11.25)	267 (10.50)	149 (5.88)	117 (4.60)	56.7 (125)
1321-3R320-C ⊕	320	480	0.125 mh	351 W	381 (15.00)	266 (11.25)	330 (13.00)	181 (7.13)	117 (4.60)	86.2 (190)
1321-3R400-A ⊕	400	600	0.030 mh	231 W	368 (14.50)	286 (11.25)	254 (10.00)	131 (5.16)	117 (4.60)	45.4 (100)
1321-3R400-B ⊕	400	600	0.060 mh	333 W	394 (15.50)	286 (11.25)	307 (12.10)	172 (6.76)	117 (4.60)	70.3 (155)
1321-3R400-C ⊕	400	600	0.105 mh	293 W	394 (15.50)	286 (11.25)	368 (14.50)	164 (7.26)	117 (4.60)	90.7 (200)
1321-3R500-A ⊕	500	750	0.025 mh	266 W	394 (15.50)	291 (11.45)	267 (10.50)	140 (5.50)	117 (4.60)	54.4 (120)
1321-3R500-B ⊕	500	750	0.050 mh	340 W	394 (15.50)	292 (11.50)	381 (15.00)	172 (6.76)	117 (4.60)	61.7 (160)
1321-3R500-C ⊕	500	700	0.085 mh	422 W	394 (15.50)	292 (11.50)	375 (14.75)	248 (9.76)	117 (4.60)	131.5 (290)
1321-3R600-A ⊕	600	900	0.020 mh	307 W	394 (15.50)	292 (11.50)	330 (13.00)	134 (5.26)	117 (4.60)	72.6 (160)
1321-3R600-B ⊕	600	900	0.040 mh	414 W	394 (15.50)	279 (11.00)	330 (13.00)	172 (6.76)	117 (4.60)	95.3 (210)
1321-3R600-C ⊕	600	840	0.065 mh	406 W	394 (15.50)	290 (11.40)	394 (15.50)	235 (9.26)	117 (4.60)	131.5 (290)
1321-3R750-A ⊕	750	1125	0.015 mh	427 W	559 (22.00)	419 (16.50)	291 (11.45)	168 (6.63)	183 (7.20)	90.7 (200)
1321-3R750-B ⊕	750	1125	0.029 mh	630 W	559 (22.00)	419 (16.50)	356 (14.00)	203 (8.01)	163 (7.20)	140.6 (310)
1321-3R750-C ⊕	750	1125	0.048 mh	552 W	559 (22.00)	425 (16.75)	457 (16.00)	235 (9.26)	183 (7.20)	181.4 (400)
1321-3R750-E ⊕	750	1125	0.060 mh	810 W	559 (22.00)	427 (16.80)	483 (19.00)	267 (10.50)	183 (7.20)	251.3 (554)
1321-3R850-A ⊕	850	1275	0.015 mh	799 W	516 (20.30)	427 (16.80)	305 (12.00)	244 (9.60)	183 (7.20)	133.8 (295)
1321-3R850-B ⊕	850	1275	0.027 mh	756 W	559 (22.00)	427 (16.80)	381 (15.00)	203 (8.00)	183 (7.20)	156.5 (345)
1321-3R850-C ⊕	850	1275	0.042 mh	758 W	572 (22.50)	419 (16.50)	457 (18.00)	229 (9.00)	183 (7.20)	199.6 (440)
1321-3R1000-B ⊕	1000	1500	0.022 mh	964 W	516 (20.30)	427 (16.80)	457 (18.00)	216 (8.50)	183 (7.20)	247.2 (545)
1321-3R1000-C ⊕	1000	1500	0.036 mh	960 W	516 (20.30)	427 (16.60)	457 (18.00)	273 (10.60)	183 (7.20)	252.7 (557)

⊕ Removable lifting rings supplied.

### 1321-R Series Specifications

#### Material

Terminations

Tin-plated copper. All terminals have terminal designation (L1, L2, L3, etc.) stamped on them.

Mounting Attitude

Mounting on subpanel or floor of cabinet. Four (4) holes are provided for mounting on a flat surface. Holes are sized for 1/4" bolts.

#### Electrical

Inductance

Inductance to be determined by shorting together L4-L5-L6 and testing for 50 or 60Hz inductive reactance at rated current by a separate balanced and adjustable 3-phase voltage source connected to L1, L2 & L3.

Insulation System Construction

Class H (180 degrees C or better).  
Core and coils vacuum impregnated and baked.

#### Environmental

Ambient Temperature

60 degrees C maximum, 0 degrees C minimum.

Altitude

Maximum altitude 1000 meters (3281 feet).

Relative Humidity

5 to 95% non-condensing.

Cooling

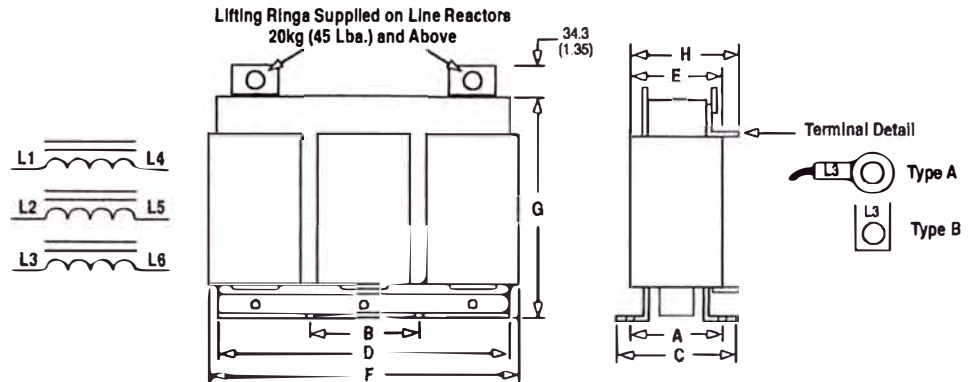
Natural convection.

Rating

Insulation materials U.L. Recognized. Spacing complies with UL-508 Table 47.1 Column A and CSA C22.2 No. 14-M1987 Table 6 Group A.

# 1321 Line Reactors

## 1321-R Series Mounting Dimensions and Weights



### IP00 (Open) — 230 Volt

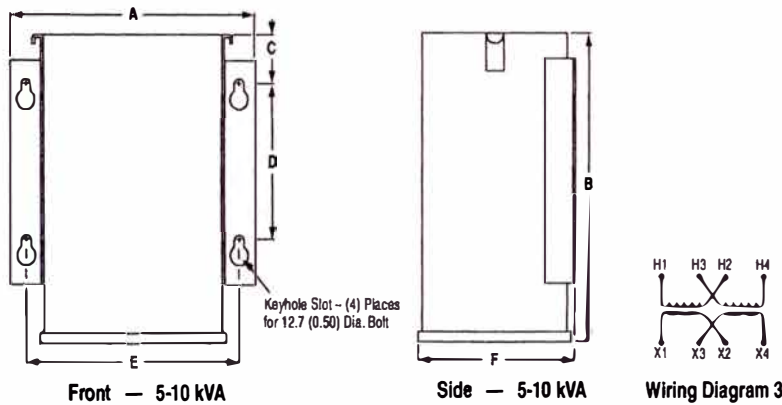
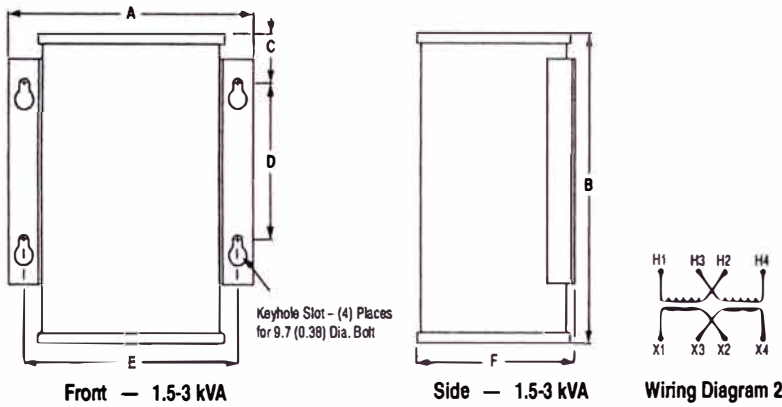
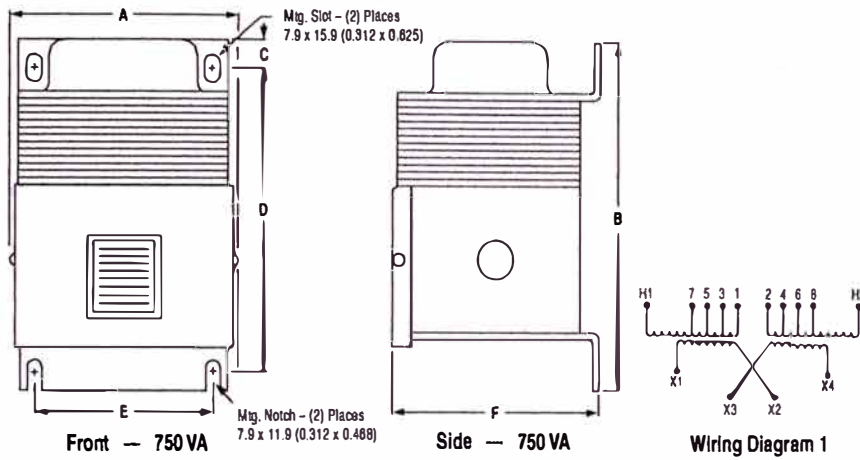
Catalog Number	kVA	Rated Current (RMS)	Saturated Current (RMS)	Inductance per Phase ( $\mu H \pm 10\%$ )	Terminal Type	Terminal Hole Dia.	Dimensions in mm (in.) and Weights in kg (lbs.)								
							A	B	C	D	E Max.	F Max.	G Max.	H Max.	Weight
1321-R019A	0.185	15.5	32.6	681.7	A	6.76 (0.266)	50.8 (2.00)	50.8 (2.00)	76.2 (3.00)	121.9 (4.80)	44.5 (1.75)	139.7 (5.50)	139.7 (5.50)	101.6 (4.00)	4.1 (9)
1321-R055A	0.55	45.7	96	231	A	6.76 (0.266)	73.2 (2.88)	61.0 (2.40)	98.6 (3.88)	152.4 (6.00)	76.2 (3.00)	177.8 (7.00)	146.1 (5.75)	127.0 (5.00)	8.3 (18)
1321-R080A	0.79	65.3	137.2	162	A	6.76 (0.266)	76.2 (3.00)	76.2 (3.00)	114.3 (4.50)	190.5 (7.50)	63.50 (2.50)	215.90 (8.50)	184.2 (7.25)	114.3 (4.50)	10.0 (22)
1321-R110A	1.10	89.8	188.6	118	A	6.76 (0.266)	79.5 (3.13)	76.2 (3.00)	104.9 (4.13)	190.5 (7.50)	85.9 (3.38)	228.6 (9.00)	177.8 (7.00)	114.3 (4.50)	14.1 (31)
1321-R180A	1.76	147.0	308.7	72	A	8.33 (0.328)	104.9 (4.13)	76.2 (3.00)	130.3 (5.13)	190.5 (7.50)	127.0 (5.00)	235.0 (9.25)	182.9 (7.20)	165.1 (6.50)	20.4 (45)
1321-R260A	2.54	212.3	445.8	50	B	8.33 (0.328)	117.6 (4.63)	91.4 (3.60)	155.7 (6.13)	228.6 (9.00)	127.0 (5.00)	279.4 (11.00)	222.3 (8.75)	168.4 (6.63)	38.3 (80)
1321-R345A	3.37	286.7	602	38.5	B	9.78 (0.385)	143.0 (5.63)	91.4 (3.60)	181.1 (7.13)	228.6 (9.00)	152.4 (6.00)	304.8 (12.0)	228.6 (9.00)	143.8 (7.63)	45.4 (100)

### IP00 (Open) — 380/415/460 Volt

Catalog Number	kVA	Rated Current (RMS)	Saturated Current (RMS)	Inductance per Phase ( $\mu H \pm 10\%$ )	Terminal Type	Terminal Hole Dia.	Dimensions in mm (in.) and Weights in kg (lbs.)								
							A	B	C	D	E Max.	F Max.	G Max.	H Max.	Weight
1321-R019B	0.371	15.5	32.6	1363	A	6.76 (0.266)	63.5 (2.50)	50.8 (2.00)	88.9 (3.50)	121.9 (4.80)	44.5 (1.75)	44.5 (1.75)	139.7 (5.50)	101.6 (4.00)	5.4 (12)
1321-R055B	1.10	45.7	96	462	A	6.76 (0.266)	112.5 (4.43)	61.0 (2.40)	137.9 (5.43)	152.4 (6.00)	112.5 (4.43)	180.3 (7.10)	146.1 (5.75)	165.1 (6.50)	15.4 (34)
1321-R080B	1.58	65.3	137.2	324	A	6.76 (0.266)	117.6 (4.63)	76.2 (3.00)	155.7 (6.13)	190.5 (7.50)	117.6 (4.63)	228.6 (9.00)	184.2 (7.25)	177.8 (7.00)	20.9 (46)
1321-R110B	2.15	89.8	188.6	235	A	6.76 (0.266)	130.3 (5.13)	76.2 (3.00)	168.4 (6.63)	190.5 (7.50)	139.7 (5.50)	228.6 (9.00)	177.8 (7.00)	203.2 (8.00)	24.9 (55)
1321-R180B	3.52	147.0	308.7	144	B	8.33 (0.328)	133.4 (5.25)	76.2 (3.60)	171.5 (6.75)	228.6 (9.00)	139.7 (5.50)	279.4 (11.00)	222.3 (8.75)	184.2 (7.25)	34.5 (76)
1321-R260B	5.10	212.3	445.8	100	B	8.33 (0.328)	158.8 (6.25)	91.4 (3.60)	196.9 (7.75)	228.6 (9.00)	165.1 (6.50)	279.4 (11.00)	222.3 (8.75)	209.6 (8.25)	45.4 (100)
1321-R345B	6.89	286.7	602	77	B	9.78 (0.385)	184.2 (7.25)	91.4 (3.60)	222.3 (8.75)	228.6 (9.00)	190.5 (7.50)	304.8 (12.00)	228.6 (9.00)	235.0 (9.25)	54.4 (120)

# 1321 Isolation Transformers

## 1321-1T Series 1-Phase Mounting Dimensions and Wiring Diagrams



### 1321-1T Series 1-Phase Specifications

- 1-Phase
- 60 Hz
- Primary Volts: 240/480
- Secondary Volts 120/240
- 180 Insulation Class
- Enclosure Type 1, 2 and 3R
- CSA LR 14328
- U.L. 42G7 Listed

750 VA		Primary Voltage	Secondary Voltage	Hz	Dimensions are in mm (in.)						Wiring Diagram
kVA	Catalog Number				A	B	C	D	E	F	
0.75	1321-1T007-DC	240/480	120/240	60	145 (5.69)	230 (9.06)	15 (0.59)	209 (8.22)	111 (4.38)	118 (4.63)	1
1.5	1321-1T015-DC	240/480	120/240	60	251 (9.88)	270 (10.63)	35 (1.38)	102 (4)	216 (8.5)	165 (6.5)	2
2	1321-1T020-DC	240/480	120/240	60	251 (9.88)	268 (10.56)	45 (1.75)	102 (4)	216 (8.5)	168 (6.56)	2
3	1321-1T030-DC	240/480	120/240	60	273 (10.75)	313 (12.31)	33 (1.31)	152 (6)	232 (9.13)	181 (7.13)	2
5	1321-1T050-DC	240/480	120/240	60	351 (13.81)	410 (16.13)	64 (2.5)	203 (8)	305 (12)	224 (8.81)	3
7.5	1321-1T075-DC	240/480	120/240	60	348 (13.69)	410 (16.13)	64 (2.5)	203 (8)	305 (12)	224 (8.81)	3
10	1321-1T100-DC	240/480	120/240	60	351 (13.81)	406 (16)	64 (2.5)	203 (8)	305 (12)	222 (8.75)	3

### 1321-3T Series 3-Phase Specifications

#### Electrical

Delta primary, wye secondary.

60 Hz.

Aluminum wound.

Neutral terminal available for customer use.

Standard Voltage Taps 7.5-175 kVA 1-5.0% FCAN & FCBN.  
220-880 kVA 1-2.5% FCAN & FCBN.

Insulation System

- Class 220
- 150 degrees C Rise Over 40 degrees C Ambient
- Peak 40 degrees C Ambient with 30 degrees C 24 Hour Avg.

#### Environmental

Elevation Up to 1,000 Meters. Above 1,000 Meters consult factory for derating.

U.L. Listed File E112313.

CSA Certified File LR3902.

#### Construction

Enclosure Heavy duty ventilated enclosure finished in ANSI 61 grey. IP20 (NEMA Type 1).

Termination Front accessible separate high and low voltage terminations, suitable for copper or aluminum cable installation.

Conduit Entry Standard knockouts on units up to 175 kVA.

Mounting 7.5-175 kVA units suitable for either floor or wall mounting with integral wall brackets. Larger units are floor mounted only.

#### General

Impedance 4-6% impedance (nominal).

Short Circuit Capability Meets UL and CSA short circuit withstand capability.

Overload Rating Windings designed to withstand overcurrent of 150% of rated load for 60 Seconds or 200% of rated load for 30 Seconds.

Duty Cycle (1) start every (2) hours.

Thermostats Thermostats with 1 N.C. contact in each coil, wired in series.

K Factor 4

#### Custom Options

50Hz units.

Electrostatic shield (60dB attenuation typical).

NEMA Type 2 or outdoor 3R enclosures.

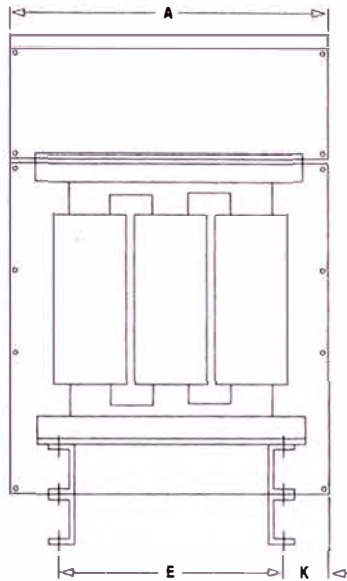
Core and coil construction (open).

Additional HP or kVA sizes, voltages, extra primary taps, copper wound units, etc.

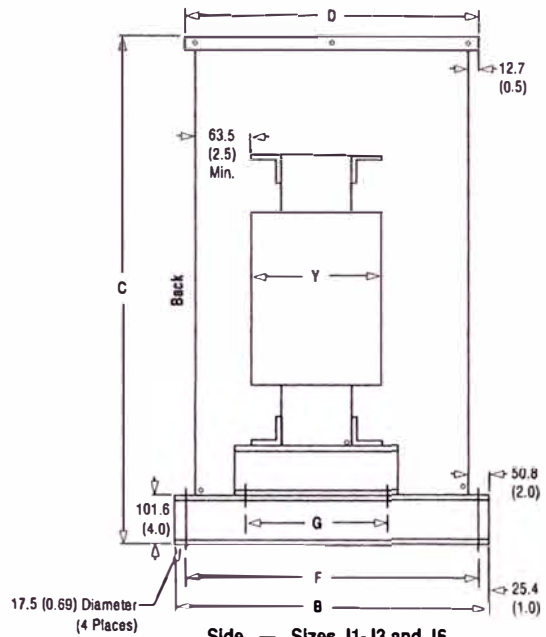


# 1321 Isolation Transformers

## 1321-3T Series 3-Phase Mounting Dimensions



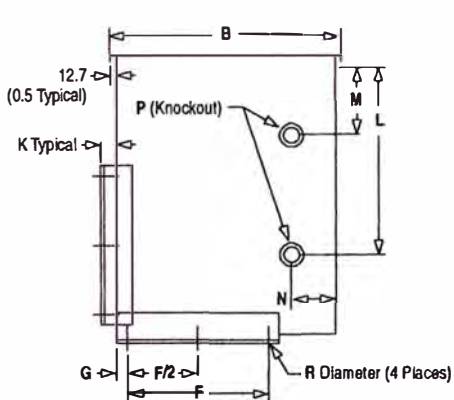
Front — Sizes J1-J3 and J6



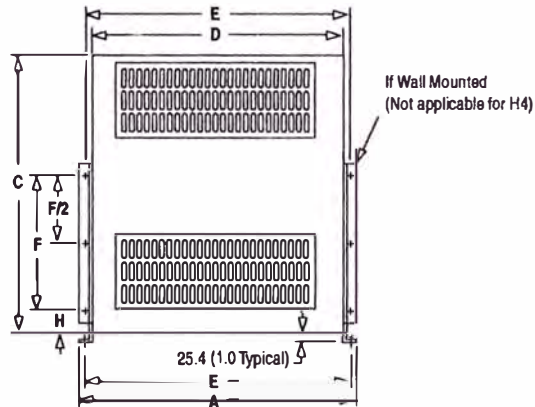
Side — Sizes J1-J3 and J6

NEMA Type 1 (IP20), Sizes J1 through J6 – Dimensions in mm (in.)

Size	A	B	C	D	E	F	G	K	Y
J1	1008 (39.72)	940 (37.00)	1270 (50.00)	870 (34.25)	610 (24.00)	889 (35.00)	483 (19.00)	198 (7.75)	508 (20.00)
J2	1240 (48.75)	1041 (41.00)	1499 (59.00)	972 (38.25)	699 (27.50)	991 (39.00)	559 (22.00)	227 (10.50)	584 (23.00)
J3	1316 (51.75)	1168 (46.00)	1676 (66.00)	1092 (43.00)	864 (34.00)	1118 (44.00)	610 (24.00)	226 (8.88)	635 (25.00)
J6	1626 (64.00)	1105 (43.50)	1727 (68.00)	1016 (40.00)	1016 (40.00)	1054 (41.50)	610 (24.00)	305 (12.00)	635 (25.00)



Side — Sizes H1-H4



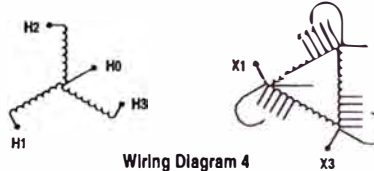
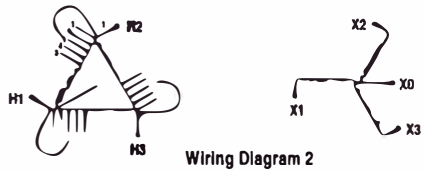
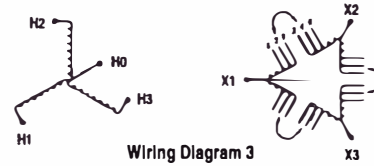
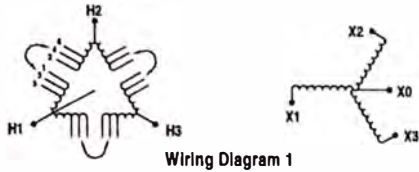
Front — Sizes H1-H4

NEMA Type 1 (IP20), Sizes H1 through H4 – Dimensions in mm (in.)

Size	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	M	N	P	R
H1	495 (19.50)	419 (16.50)	483 (19.00)	419 (16.50)	470 (18.50)	254 (10.00)	51 (2.00)	83 (3.25)	64 (2.50)	254 (10.00)	51 (2.00)	64 (2.50)	25 (1.00) 32 (1.25)	14.2 (0.56)
H2	622 (24.50)	521 (20.50)	622 (24.50)	546 (21.50)	597 (23.50)	254 (10.00)	51 (2.00)	83 (3.25)	64 (2.50)	305 (12.00)	64 (2.50)	64 (2.50)	25 (1.00) 51 (2.00)	14.2 (0.56)
H3	762 (30.00)	610 (24.00)	826 (32.50)	686 (27.00)	737 (29.00)	406 (16.00)	51 (2.00)	83 (3.25)	64 (2.50)	330 (13.00)	76 (3.00)	76 (3.00)	38 (1.50) 64 (2.50)	14.2 (0.56)
H4	838 (33.00)	660 (26.00)	914 (36.00)	762 (30.00)	813 (32.00)	406 (16.00)	51 (2.00)	--	--	330 (13.00)	76 (3.00)	76 (3.00)	38 (1.50) 64 (2.50)	14.2 (0.56)

# 1321 Isolation Transformers

## 1321-3T Series 3-Phase Wiring Diagrams, Ratings and Weights



kVA	Catalog Number	Style	Primary Voltage	Secondary Voltage	Wiring Diagram	Weight kg (lbs.)
5	1321-3T005-AA	H1	230	230	1	63.5 (140)
5	1321-3T005-AB	H1	230	460	3	63.5 (140)
5	1321-3T005-AC	H1	230	575	3	63.5 (140)
5	1321-3T005-BA	H1	460	230	1	63.5 (140)
5	1321-3T005-BB	H1	460	460	1	63.5 (140)
5	1321-3T005-BC	H1	460	575	3	63.5 (140)
5	1321-3T005-CA	H1	575	230	1	63.5 (140)
5	1321-3T005-CB	H1	575	460	1	63.5 (140)
5	1321-3T005-CC	H1	575	575	1	63.5 (140)
7.5	1321-3T007-AA	H1	230	230	1	63.5 (140)
7.5	1321-3T007-AB	H1	230	460	3	63.5 (140)
7.5	1321-3T007-AC	H1	230	575	3	63.5 (140)
7.5	1321-3T007-BA	H1	460	230	1	63.5 (140)
7.5	1321-3T007-BB	H1	460	460	1	63.5 (140)
7.5	1321-3T007-BC	H1	460	575	3	63.5 (140)
7.5	1321-3T007-CA	H1	575	230	1	63.5 (140)
7.5	1321-3T007-CB	H1	575	460	1	63.5 (140)
7.5	1321-3T007-CC	H1	575	575	1	63.5 (140)
11	1321-3T011-AA	H1	230	230	1	70.3 (155)
11	1321-3T011-AB	H1	230	460	3	70.3 (155)
11	1321-3T011-AC	H1	230	575	3	70.3 (155)
11	1321-3T011-BA	H1	460	230	1	70.3 (155)
11	1321-3T011-BB	H1	460	460	1	70.3 (155)
11	1321-3T011-BC	H1	460	575	3	70.3 (155)
11	1321-3T011-CA	H1	575	230	1	70.3 (155)
11	1321-3T011-CB	H1	575	460	1	70.3 (155)
11	1321-3T011-CC	H1	575	575	1	70.3 (155)
14	1321-3T014-AA	H1	230	230	1	79.4 (175)
14	1321-3T014-AB	H1	230	460	3	79.4 (175)
14	1321-3T014-AC	H1	230	575	3	79.4 (175)
14	1321-3T014-BA	H1	460	230	1	79.4 (175)
14	1321-3T014-BB	H1	460	460	1	79.4 (175)
14	1321-3T014-BC	H1	460	575	3	79.4 (175)
14	1321-3T014-CA	H1	575	230	1	79.4 (175)
14	1321-3T014-CB	H1	575	460	1	79.4 (175)
14	1321-3T014-CC	H1	575	575	1	79.4 (175)
20	1321-3T020-AA	H2	230	230	2	104.3 (230)
20	1321-3T020-AB	H2	230	460	4	104.3 (230)
20	1321-3T020-AC	H2	230	575	4	104.3 (230)
20	1321-3T020-BA	H2	460	230	2	104.3 (230)
20	1321-3T020-BB	H2	460	460	2	104.3 (230)
20	1321-3T020-BC	H2	460	575	4	104.3 (230)
20	1321-3T020-CA	H2	575	230	2	104.3 (230)
20	1321-3T020-CB	H2	575	460	2	104.3 (230)
20	1321-3T020-CC	H2	575	575	2	104.3 (230)

kVA	Catalog Number	Style	Primary Voltage	Secondary Voltage	Wiring Diagram	Weight kg (lbs.)
27	1321-3T027-AA	H2	230	230	2	113.4 (250)
27	1321-3T027-AB	H2	230	460	4	113.4 (250)
27	1321-3T027-AC	H2	230	575	4	113.4 (250)
27	1321-3T027-BA	H2	460	230	2	113.4 (250)
27	1321-3T027-BB	H2	460	460	2	113.4 (250)
27	1321-3T027-BC	H2	460	575	4	113.4 (250)
27	1321-3T027-CA	H2	575	230	2	113.4 (250)
27	1321-3T027-CB	H2	575	460	2	113.4 (250)
27	1321-3T027-CC	H2	575	575	2	113.4 (250)
34	1321-3T034-AA	H2	230	230	2	127.0 (280)
34	1321-3T034-AB	H2	230	460	4	127.0 (280)
34	1321-3T034-AC	H2	230	575	4	127.0 (280)
34	1321-3T034-BA	H2	460	230	2	127.0 (280)
34	1321-3T034-BB	H2	460	460	2	127.0 (280)
34	1321-3T034-BC	H2	460	575	4	127.0 (280)
34	1321-3T034-CA	H2	575	230	2	127.0 (280)
34	1321-3T034-CB	H2	575	460	2	127.0 (280)
34	1321-3T034-CC	H2	575	575	2	127.0 (280)
40	1321-3T040-AA	H2	230	230	2	145.2 (320)
40	1321-3T040-AB	H2	230	460	4	145.2 (320)
40	1321-3T040-AC	H2	230	575	4	145.2 (320)
40	1321-3T040-BA	H2	460	230	2	145.2 (320)
40	1321-3T040-BB	H2	460	460	2	145.2 (320)
40	1321-3T040-BC	H2	460	575	4	145.2 (320)
40	1321-3T040-CA	H2	575	230	2	145.2 (320)
40	1321-3T040-CB	H2	575	460	2	145.2 (320)
40	1321-3T040-CC	H2	575	575	2	145.2 (320)
51	1321-3T051-AA	H2	230	230	2	190.5 (420)
51	1321-3T051-AB	H2	230	460	4	190.5 (420)
51	1321-3T051-AC	H2	230	575	4	190.5 (420)
51	1321-3T051-BA	H2	460	230	2	190.5 (420)
51	1321-3T051-BB	H2	460	460	2	190.5 (420)
51	1321-3T051-BC	H2	460	575	4	190.5 (420)
51	1321-3T051-CA	H2	575	230	2	190.5 (420)
51	1321-3T051-CB	H2	575	460	2	190.5 (420)
51	1321-3T051-CC	H2	575	575	2	190.5 (420)
63	1321-3T063-AA	H3	230	230	2	244.9 (540)
63	1321-3T063-AB	H3	230	460	4	244.9 (540)
63	1321-3T063-AC	H3	230	575	4	244.9 (540)
63	1321-3T063-BA	H3	460	230	2	244.9 (540)
63	1321-3T063-BB	H3	460	460	2	244.9 (540)
63	1321-3T063-BC	H3	460	575	4	244.9 (540)
63	1321-3T063-CA	H3	575	230	2	244.9 (540)
63	1321-3T063-CB	H3	575	460	2	244.9 (540)
63	1321-3T063-CC	H3	575	575	2	244.9 (540)

## 1321 Isolation Transformers

### 1321-3T Series 3-Phase Wiring Diagrams, Ratings and Weights (continued)

kVA	Catalog Number	Style	Primary Voltage	Secondary Voltage	Wiring Diagram	Weight kg (lbs.)
75	1321-3T075-AA	H3	230	230	2	263.1 (580)
75	1321-3T075-AB	H3	230	460	4	263.1 (580)
75	1321-3T075-AC	H3	230	575	4	263.1 (580)
75	1321-3T075-BA	H3	460	230	2	263.1 (580)
75	1321-3T075-BB	H3	460	460	2	263.1 (580)
75	1321-3T075-BC	H3	460	575	4	263.1 (580)
75	1321-3T075-CA	H3	575	230	2	263.1 (580)
75	1321-3T075-CB	H3	575	460	2	263.1 (580)
75	1321-3T075-CC	H3	575	575	2	263.1 (580)
93	1321-3T093-AA	H3	230	230	2	285.8 (630)
93	1321-3T093-AB	H3	230	460	4	285.8 (630)
93	1321-3T093-AC	H3	230	575	4	285.8 (630)
93	1321-3T093-BA	H3	460	230	2	285.8 (630)
93	1321-3T093-BB	H3	460	460	2	285.8 (630)
93	1321-3T093-BC	H3	460	575	4	285.8 (630)
93	1321-3T093-CA	H3	575	230	2	285.8 (630)
93	1321-3T093-CB	H3	575	460	2	285.8 (630)
93	1321-3T093-CC	H3	575	575	2	285.8 (630)
118	1321-3T118-AA	H3	230	230	2	328.9 (725)
118	1321-3T118-AB	H3	230	460	4	328.9 (725)
118	1321-3T118-AC	H3	230	575	4	328.9 (725)
118	1321-3T118-BA	H3	460	230	2	328.9 (725)
118	1321-3T118-BB	H3	460	460	2	328.9 (725)
118	1321-3T118-BC	H3	460	575	4	328.9 (725)
118	1321-3T118-CA	H3	575	230	2	328.9 (725)
118	1321-3T118-CB	H3	575	460	2	328.9 (725)
118	1321-3T118-CC	H3	575	575	2	328.9 (725)
145	1321-3T145-AA	H4	230	230	2	408.2 (900)
145	1321-3T145-AB	H4	230	460	4	408.2 (900)
145	1321-3T145-AC	H4	230	575	4	408.2 (900)
145	1321-3T145-BA	H4	460	230	2	408.2 (900)
145	1321-3T145-BB	H4	460	460	2	408.2 (900)
145	1321-3T145-BC	H4	460	575	4	408.2 (900)
145	1321-3T145-CA	H4	575	230	2	408.2 (900)
145	1321-3T145-CB	H4	575	460	2	408.2 (900)
145	1321-3T145-CC	H4	575	575	2	408.2 (900)
175	1321-3T175-AA	H4	230	230	2	453.6 (1000)
175	1321-3T175-AB	H4	230	460	4	453.6 (1000)
175	1321-3T175-AC	H4	230	575	4	453.6 (1000)
175	1321-3T175-BA	H4	460	230	2	453.6 (1000)
175	1321-3T175-BB	H4	460	460	2	453.6 (1000)
175	1321-3T175-BC	H4	460	575	4	453.6 (1000)
175	1321-3T175-CA	H4	575	230	2	453.6 (1000)
175	1321-3T175-CB	H4	575	460	2	453.6 (1000)
175	1321-3T175-CC	H4	575	575	2	453.6 (1000)
220	1321-3T220-AA	J1	230	230	2	589.7 (1300)
220	1321-3T220-AB	J1	230	460	4	589.7 (1300)
220	1321-3T220-AC	J1	230	575	4	589.7 (1300)
220	1321-3T220-BA	J1	460	230	2	589.7 (1300)
220	1321-3T220-BB	J1	460	460	2	589.7 (1300)
220	1321-3T220-BC	J1	460	575	4	589.7 (1300)
220	1321-3T220-CA	J1	575	230	2	589.7 (1300)
220	1321-3T220-CB	J1	575	460	2	589.7 (1300)
220	1321-3T220-CC	J1	575	575	2	589.7 (1300)
275	1321-3T275-AA	J1	230	230	2	680.4 (1500)
275	1321-3T275-AB	J1	230	460	4	680.4 (1500)
275	1321-3T275-AC	J1	230	575	4	680.4 (1500)
275	1321-3T275-BA	J1	460	230	2	680.4 (1500)
275	1321-3T275-BB	J1	460	460	2	680.4 (1500)

kVA	Catalog Number	Style	Primary Voltage	Secondary Voltage	Wiring Diagram	Weight kg (lbs.)
275	1321-3T275-BC	J1	460	575	4	680.4 (1500)
275	1321-3T275-CA	J1	575	230	2	680.4 (1500)
275	1321-3T275-CB	J1	575	460	2	680.4 (1500)
275	1321-3T275-CC	J1	575	575	2	680.4 (1500)
330	1321-3T330-AA	J1	230	230	2	771.1 (1700)
330	1321-3T330-AB	J1	230	460	4	771.1 (1700)
330	1321-3T330-AC	J1	230	575	4	771.1 (1700)
330	1321-3T330-BA	J1	460	230	2	771.1 (1700)
330	1321-3T330-BB	J1	460	460	2	771.1 (1700)
330	1321-3T330-BC	J1	460	575	4	771.1 (1700)
330	1321-3T330-CA	J1	575	230	2	771.1 (1700)
330	1321-3T330-CB	J1	575	460	2	771.1 (1700)
330	1321-3T330-CC	J1	575	575	2	771.1 (1700)
440	1321-3T440-AA	J2	230	230	1	907.2 (2000)
440	1321-3T440-AB	J2	230	460	3	907.2 (2000)
440	1321-3T440-AC	J2	230	575	3	907.2 (2000)
440	1321-3T440-BA	J2	460	230	1	907.2 (2000)
440	1321-3T440-BB	J2	460	460	1	907.2 (2000)
440	1321-3T440-BC	J2	460	575	3	907.2 (2000)
440	1321-3T440-CA	J2	575	230	1	907.2 (2000)
440	1321-3T440-CB	J2	575	460	1	907.2 (2000)
440	1321-3T440-CC	J2	575	575	1	907.2 (2000)
550	1321-3T550-AA	J2	230	230	1	1134.0 (2500)
550	1321-3T550-AB	J2	230	460	3	1134.0 (2500)
550	1321-3T550-AC	J2	230	575	3	1134.0 (2500)
550	1321-3T550-BA	J2	460	230	1	1134.0 (2500)
550	1321-3T550-BB	J2	460	460	1	1134.0 (2500)
550	1321-3T550-BC	J2	460	575	3	1134.0 (2500)
550	1321-3T550-CA	J2	575	230	1	1134.0 (2500)
550	1321-3T550-CB	J2	575	460	1	1134.0 (2500)
550	1321-3T550-CC	J2	575	575	1	1134.0 (2500)
660	1321-3T660-AA	J3	230	230	1	1360.8 (3000)
660	1321-3T660-AB	J3	230	460	3	1360.8 (3000)
660	1321-3T660-AC	J3	230	575	3	1360.8 (3000)
660	1321-3T660-BA	J3	460	230	1	1360.8 (3000)
660	1321-3T660-BB	J3	460	460	1	1360.8 (3000)
660	1321-3T660-BC	J3	460	575	3	1360.8 (3000)
660	1321-3T660-CA	J3	575	230	1	1360.8 (3000)
660	1321-3T660-CB	J3	575	460	1	1360.8 (3000)
660	1321-3T660-CC	J3	575	575	1	1360.8 (3000)
770	1321-3T770-AA	J3	230	230	1	1587.6 (3500)
770	1321-3T770-AB	J3	230	460	3	1587.6 (3500)
770	1321-3T770-AC	J3	230	575	3	1587.6 (3500)
770	1321-3T770-BA	J3	460	230	1	1587.6 (3500)
770	1321-3T770-BB	J3	460	460	1	1587.6 (3500)
770	1321-3T770-BC	J3	460	575	3	1587.6 (3500)
770	1321-3T770-CA	J3	575	230	1	1587.6 (3500)
770	1321-3T770-CB	J3	575	460	1	1587.6 (3500)
770	1321-3T770-CC	J3	575	575	1	1587.6 (3500)
880	1321-3T880-AA	J6	230	230	1	1678.3 (3700)
880	1321-3T880-AB	J6	230	460	3	1678.3 (3700)
880	1321-3T880-AC	J6	230	575	3	1678.3 (3700)
880	1321-3T880-BA	J6	460	230	1	1678.3 (3700)
880	1321-3T880-BB	J6	460	460	1	1678.3 (3700)
880	1321-3T880-BC	J6	460	575	3	1678.3 (3700)
880	1321-3T880-CA	J6	575	230	1	1678.3 (3700)
880	1321-3T880-CB	J6	575	460	1	1678.3 (3700)
880	1321-3T880-CC	J6	575	575	1	1678.3 (3700)



## 1321 Common Mode Chokes

### 1321-M Common Mode Chokes

1321-M Common Mode Chokes can be installed with 1305, 1336 PLUS, 1336 PLUS II, 1336 IMPACT™ and 1336 FORCE™ AC drives. When installed at the drive output the common mode choke helps to guard against interference with other electrical equipment (Programmable Controllers, sensors, analog circuits, etc.). In addition, reducing the PWM carrier frequency reduces the effects and lowers the risk of common mode noise interference.

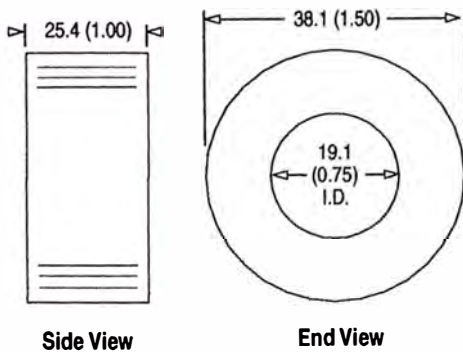
### 1321-M Common Mode Choke Ratings

Choke Type	Used With	Ratings	Catalog Number
Open Style, 1A	All Drives	Communication Cables Analog Signal Cables, etc.	1321-M001
Open Style, 9A (with terminal strip)	1305, 1336 PLUS and PLUS II	0.5-2HP (0.37-2.2kW) 230V 0.5-5HP (0.37-3.7kW) 480V	1321-M009
	1336 IMPACT	0.5-5HP (0.37-3.7kW) 480V	
	1336 FORCE	1 HP (0.75 kW) 230V 1-3HP (0.75-2.2kW) 480	
Open Style, 48A	1336 PLUS and PLUS II	3-15HP (2.2-11kW) 230V 7.5-30HP (5.5-22kW) 480V 1-40HP (0.75-30kW) 600V	1321-M048
	1336 IMPACT	7.5-30HP (5.5-22kW) 480V 7.5-40HP (5.5-30kW) 600V	
	1336 FORCE	3-15HP (2.2-11 kW) 230V 3-30HP (2.2-22kW) 480V 1-40HP (0.75-30kW) 600V	
Open Style, 180A	1336 PLUS and PLUS II	20-60HP (15-45kW) 230V 40-x150HP (30-112kW) 480V 50-150HP (37-112kW) 600V	1321-M180
	1336 IMPACT	40-x150HP (30-112kW) 480V 50-125HP (37-93kW) 600V	
	1336 FORCE	20-60HP (15-45kW) 230V 40-x150HP (30-112kW) 460V 50-150HP (37-112kW) 600V	
Open Style, 670A	1336 PLUS and PLUS II	75-125HP (56-93kW) 230V 150-600HP (112-448kW) 480V 200-600HP (149-448kW) 600V	1321-M670
	1336 IMPACT	150-600HP (112-448kW) 480V 200-600HP (149-448kW) 600V	
	1336 FORCE	75-125HP (56-93kW) 230V 150-600HP (112-448kW) 480V 200-600HP (149-448kW) 600V	

### 1321-M Mounting Dimensions

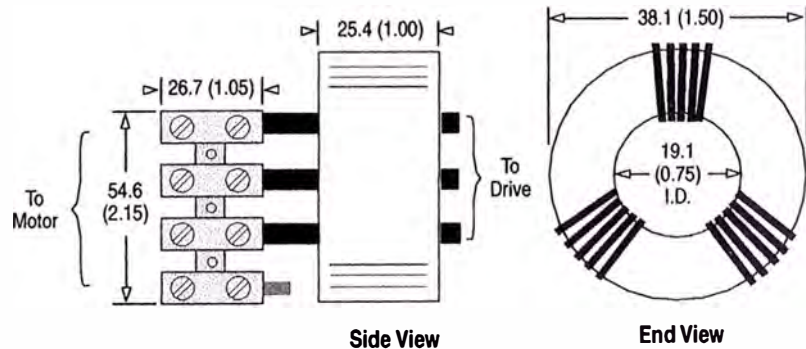
#### 1321-M001

Dimensions are in mm (in.)



#### 1321-M009

Dimensions are in mm (in.)



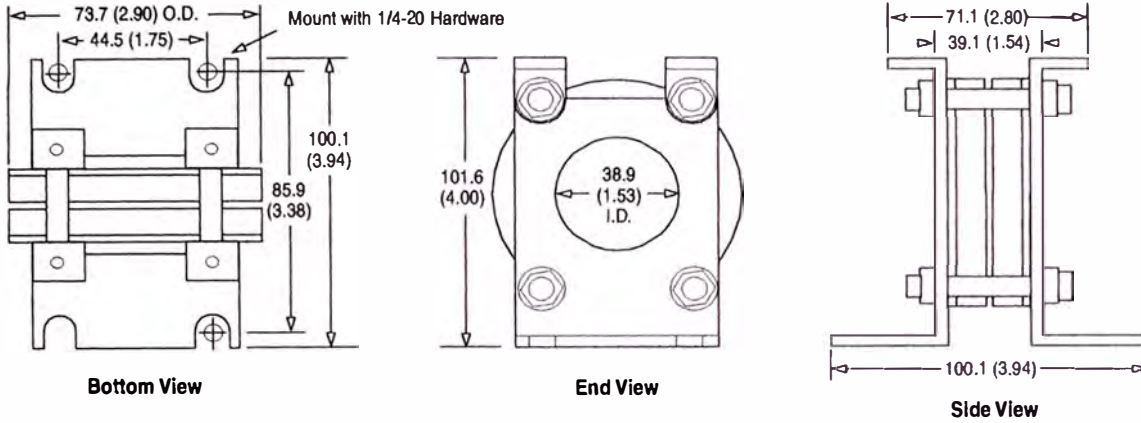


## 1321 Common Mode Chokes

### 1321-M Mounting Dimensions (continued)

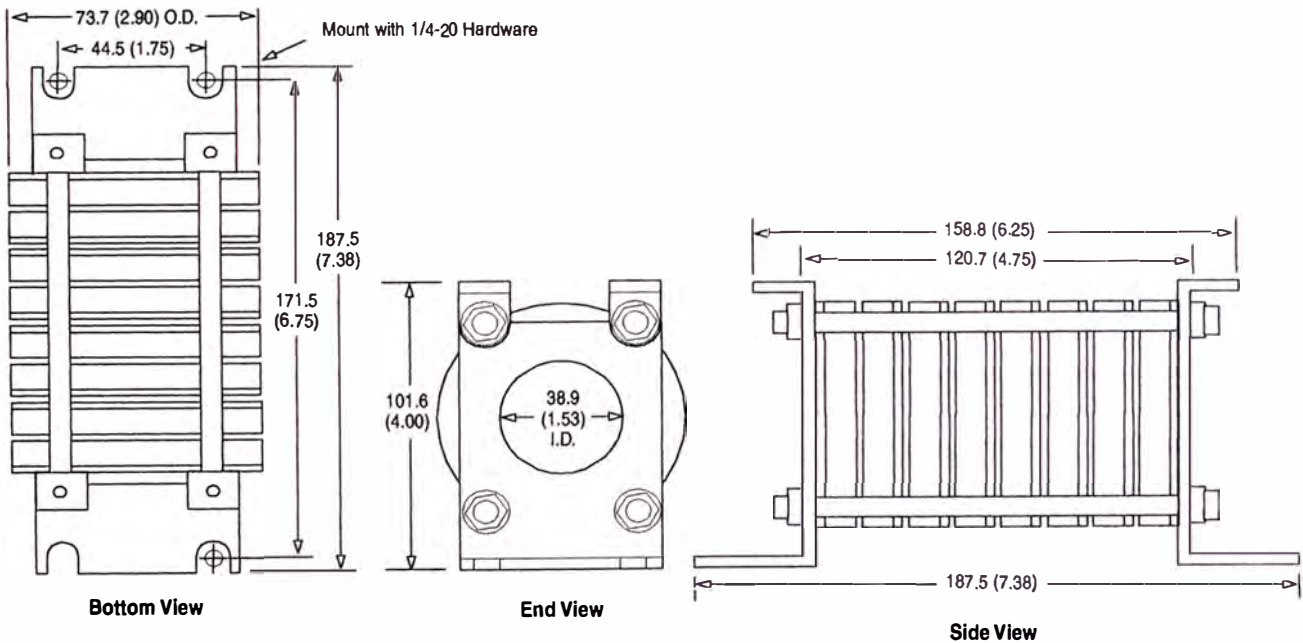
#### 1321-M048

Dimensions are in mm (in.)



#### 1321-M180

Dimensions are in mm (in.)



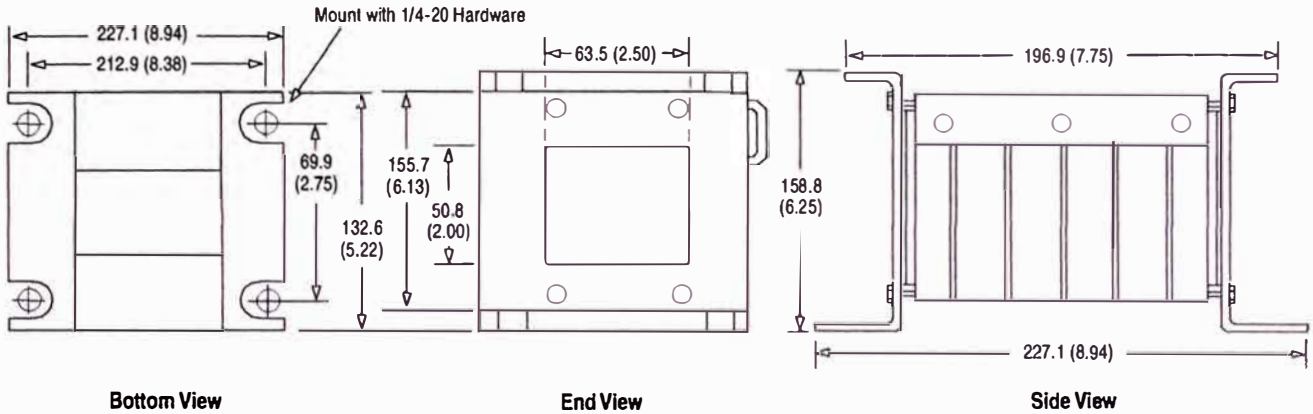
1321-M670 – See Back Page

## 1321 Common Mode Chokes

### 1321-M Mounting Dimensions *(continued)*

#### 1321-M670

Dimensions are in mm (in.)



#### Online Documentation

The most recent version of this document can be obtained from the Allen-Bradley Drives home page on the World Wide Web at:

<http://www.ab.com/drives/1321> then select . . .

"Product Brochure Line Reactors/Isolation Transformers"

#### Reach us now at [www.rockwellautomation.com](http://www.rockwellautomation.com)

Wherever you need us, Rockwell Automation brings together leading brands in industrial automation including Allen-Bradley controls, Reliance Electric power transmission products, Dodge mechanical power transmission components, and Rockwell Software. Rockwell Automation's unique, flexible approach to helping customers achieve a competitive advantage is supported by thousands of authorized partners, distributors and system integrators around the world.

**Americas Headquarters**, 1201 South Second Street, Milwaukee, WI 53204, USA, Tel: (1) 414 382-2000, Fax: (1) 414 382-4444  
**European Headquarters SA/NV**, avenue Herrmann Debroux, 46, 1160 Brussels, Belgium, Tel: (32) 2 663 06 00, Fax: (32) 2 663 06 40  
**Asia Pacific Headquarters**, 27/F Citicorp Centre, 18 Whitfield Road, Causeway Bay, Hong Kong, Tel: (852) 2887 4788, Fax: (852) 2508 1846



## **ANEXO D**

Especificaciones e Información suplementaria

Especificaciones De:

Protección

Ambiente

Eléctricas

Control

Capacidades nominales de entrada y salida

## Especificaciones e información suplementaria

El Apéndice A proporciona especificaciones e información suplementaria, incluyendo una referencia cruzada de parámetros, e información sobre reducción de capacidad nominal.



### Especificaciones

#### Protección

	Variad. 200-240 V	Variad. 380-480 V	Variad. 500-600 V
Disparo sobrevolt. de entrada CA:	285 VCA	570 VCA	690 VCA
Disparo bajo volt. de entrada CA:	138 VCA	280 VCA	343 VCA
Disparo de sobrevoltaje de bus:	405 VCC	810 VCC	975 VCC
Disparo de bajo voltaje de bus:	200 VCC	400 VCC	498 VCC
Voltaje de bus nominal:	324 VCC	648 VCC	810 VCC
Termistor de disipador térmico:	Monitorizado por disparo de sobretemp. de microprocesador.		
Disparo de sobrecorriente del variador			
Límite de corr. de software:	20 a 160% de corriente nominal VT		
Límite de corr. de hardware:	180 a 250% corr. nom. VT (depende de cap. nom. del variador).		
Límite de corr. instantánea:	220 a 300% corr. nom. VT (depende de cap. nom. del variador).		
Fenómenos transitorios de línea:	hasta 6000 volts pico según IEEE C62.41-1991.		
Inmunidad contra ruido de lógica de control:	Fenómenos transitorios de arco hasta 1500 volt pico <sup>2</sup> .		
Recorrido lógico de potencia:	15 milisegundos a carga plena.		
Tiempo de control lógico mantenido:	0.5 segundos mínimo, típicamente 2 segundos.		
Disparo de fallo de conexión a tierra:	Fase a tierra en salida del variador.		
Disparo de cortocircuito:	Fase a FASE en salida del variador.		

#### Ambiente

Altitud:	1000 m (3300 pies) máx. sin reduc. de cap. nom.
Temperatura de operación ambiental	
IP00, abierto:	0 a 50 grados C (32 a 122 grados F).
IP20, NEMA Tipo 1 en envolvente:	0 a 40 grados C (32 a 104 grados F).
IP54, NEMA Tipo 12 en envolvente:	0 a 40 grados C (32 a 104 grados F).
IP65, NEMA Tipo 4 en envolvente:	0 a 40 grados C (32 a 104 grados F).
Temp. almac. (todas las construcciones):	-40 a 70 grados C (-40 a 158 grados F).
Humedad relativa:	5 a 95% sin condensación.
Choque:	15 G pico durante 11 ms ( $\pm 1.0$ ms).
Vibración:	0.006 pulg. (0.152 mm) desplazam., 1 G pico.
Certificaciones de agencias:	

Lista UL Certificación CSA	
Marca para todas las directivas aplicables <sup>1</sup>	
Emissiones	EN 50081-1 EN 50081-2 EN 55011 Class A EN 55011 Class B
Inmunidad	EN 50082-1 EN 50082-2 IEC 801-1, 2, 3, 4, 6, 8 per EN 50082-1, 2
Bajo voltaje	EN 60204-1 PREN 50178

<sup>1</sup> Nota: Deben seguirse las pautas de instalación indicadas en el Apéndice C.

<sup>2</sup> Excluye entrada de tren de impulsos.

## Especificaciones eléctricas

### Datos de entrada

Tolerancia de voltaje:	-10% del mínimo, +10% del máximo.
Tolerancia de frecuencia:	48-62 Hz.
Fases de entrada:	La entrada trifásica proporciona capacidad nominal total para todos los variadores. Una operación monofásica es posible con variadores de estructura A y B a una reducción de capacidad nominal de 50%.

### Factor de potencia de desplazamiento

Var. estructura A1-A3:	0.80 estándar, 0.95 con inductor opcional.
Var. est. A4 y superiores:	0.95 estándar.

Eficiencia: 97.5% a amps nominales, volts de línea nominales.

Cap. nom. máx. de corriente de cortocircuito:

200,000 A rms simétricos, 600 volts (cuando se usa con los fusibles de línea de entrada de CA especificados en el Capítulo 2).

## Control

### Método:

PWM con codificación senoidal con frecuencia de portadora programable. Las capacidades nominales se aplican a todos los variadores. (consulte las Pautas de reducción de capacidad nominal en la página A-5).

Variador estructura A 2-10 kHz. Cap. nom. variad. basada en 4 kHz (vea pág. 1-1 para obtener información sobre estructuras).

Variador estructura B 2-8 kHz. Cap. nom. variad. basada en 4 kHz (vea pág. 1-1 para obtener información sobre estructuras).

Variadores estruct. C y D 2-6 kHz. Cap. nom. variad. basada en 4 kHz (vea pág. 1-1 para obtener información sobre estructuras).

Variad. estruct. E y de mayor capac. 2-6 kHz. Cap. nom. variad. basada en 2 kHz (vea pág. 1-1 para obtener información sobre estructuras).

Rango de voltaje de salida: 0 a voltaje nominal.

Rango de frec. de salida: 0 a 400 Hz.

### Precisión de frecuencia

Entrada digital:	Dentro de $\pm 0.01\%$ de la frecuencia de salida establecida.
Entrada analógica:	Dentro de $\pm 0.4\%$ de la frecuencia de salida máxima.

Control de motor selec.: Vector sin detector con ajuste total. V/Hz estándar con capacidad de personalización total.

Acelerac./Desacelerac.: Dos tiempos de aceleración y desaceleración programables independientemente. Cada tiempo puede programarse de 0 - 3600 segundos<sup>1</sup>, en incrementos de 0.01 segundos<sup>2</sup>.

Sobrecarga intermitente: Par constante - 150% de salida nominal durante 1 minuto. Par variable - 115% de salida nominal durante 1 minuto.

Capac. límite de corriente: Límite de corriente proactivo programable de 20 a 160% de la corriente de salida nominal. Ganancia proporcional e integral programable independientemente.

Cap. sobrecarga tiempo inverso: Protección de Clase 10 con respuesta sensible a velocidad. Investigado por UL para cumplimiento con especificaciones de N.E.C. Artículo 430. Archivo U.L. E59272, volumen 4/6.

<sup>1</sup> 600 segundos con versiones de firmware anteriores a la 4.01.

<sup>2</sup> Incrementos de 0.1 segundos usando un HIM o 0.01 con comunicaciones en serie.

## Capacidades nominales de entrada/salida

Cada variador de velocidad 1336 PLUS tiene capacidades de par constante y variable. Las siguientes listas proporcionan información sobre las corrientes de entrada y salida y capacidades nominales kVA.

Nota: Las capacidades nominales del variador están en los valores nominales. Vea las *Pautas de reducción de capacidad nominal* en la página A-5.



Cat. No.	Par constante				Par variable			
	kVA entrada	Amps entrada	kVA salida	Amps salida	kVA entrada	Amps entrada	kVA salida	Amps salida
<b>VARIADORES DE 200-240 V</b>								
AQF05	1.1	2.8	0.9	2.3	1.1	2.8	0.9	2.3
AQF07	1.4	3.5	1.2	3.0	1.4	3.5	1.2	3.0
AQF10	2.2	5.4	1.8	4.5	2.2	5.4	1.8	4.5
AQF15	2.9	7.3	2.4	6.0	2.9	7.3	2.4	6.0
AQF20	3.9	9.7	3.2	8.0	3.9	9.7	3.2	8.0
AQF30	5.7	14.3	4.8	12	5.7	14.3	4.8	12
AQF50	8.5	21.3	7.2	18	8.5	21.3	7.2	18
A007	10-12	28	11	27	10-12	28	11	27
A010	12-14	35	14	34	12-14	35	14	34
A015	17-20	49	19	48	17-20	49	19	48
A020	22-26	63	26	65	22-26	63	26	65
A025	26-31	75	31	77	26-31	75	31	77
A030	27-33	79	32	80	27-33	79	32	80
A040	41-49	119	48	120	41-49	119	48	120
A050	52-62	149	60	150	52-62	149	60	150
A060	62-74	178	72	180	62-74	178	72	180
A075	82-99	238	96	240	82-99	238	96	240
A100	100-120	289	116	291	100-120	289	116	291
A125	112-134	322	129	325	112-134	322	129	325
<b>VARIADORES DE 380-480 V</b>								
BRF05	0.9-1.0	1.3	0.9	1.1	0.9-1.1	1.4	1.0	1.2
BRF07	1.3-1.6	2.0	1.3	1.6	1.4-1.7	2.1	1.4	1.7
BRF10	1.7-2.1	2.6	1.7	2.1	1.8-2.2	2.8	1.8	2.3
BRF15	2.2-2.6	3.3	2.2	2.8	2.3-2.8	3.5	2.4	3.0
BRF20	3.0-3.7	4.6	3.0	3.8	3.2-3.8	4.8	3.2	4.0
BRF30	4.2-5.1	6.4	4.2	5.3	4.7-5.7	7.2	4.8	6.0
BRF50	6.6-8.0	10.0	6.7	8.4	7.0-8.5	10.7	7.2	9.0
BRF75	9.5-11.6	14.5	11.2	14.0	12.2-14.7	18.5	13.9	17.5
BRF100	12.2-14.7	18.5	13.9	17.5	17.1-20.7	26.0	19.9	25.0
B007	8-11	13	10	12.5	9-12	14	11	14
B010	11-14	17	13	16.1	14-18	22	17	21
B015	16-21	25	19	24.2	18-23	28	22	27
B020	21-26	32	25	31	23-29	35	27	34
B025	26-33	40	31	39	28-36	43	33	42
B030	30-38	46	36	45	32-41	49	38	48
BX040	40-50	61	47	59	40-50	61	47	59
B040	38-48	58	48	60	41-52	63	52	65
B050	48-60	73	60	75	49-62	75	61	77
BX060 <sup>1</sup>	62	75	61	77	62	75	61	77
B060	54-68	82	68	85	61-77	93	76	96
B075	69-87	105	84	106	78-99	119	96	120
B100	90-114	137	110	138	98-124	149	120	150
B125	113-143	172	138	173	117-148	178	143	180
BX150	148	178	143	180	148	178	143	180
B150	130-164	197	159	199	157-198	238	191	240
B200	172-217	261	210	263	191-241	290	233	292
B250	212-268	322	259	325	212-268	322	259	325
BP250	212-268	322	259	325	235-297	357	287	360
BX250	212-268	322	259	325	228-288	347	279	360
B300	228-288	347	279	360	261-330	397	319	425
BP300	235-297	357	287	360	277-350	421	339	425
B350	261-330	397	319	425	294-371	446	359	475
BP350	277-350	421	339	425	310-392	471	378	475
B400	294-371	446	359	475	326-412	496	398	525
BP400	310-392	471	378	475	347-438	527	424	532
B450	326-412	496	398	525	372-470	565	454	590
BP450	347-438	527	424	532	347-438	527	424	532
B500	372-470	565	454	590	437-552	664	534	670
B600	437-552	664	534	670	437-552	664	534	670
<b>VARIADORES DE 500-600V</b>								
C007	9-11	10	10	10	9-11	10	10	10
C010	11-13	12	12	12	11-13	12	12	12
C015	17-20	19	19	19	17-20	19	19	19
C020	21-26	25	24	24	21-26	25	24	24
C025	27-32	31	30	30	27-32	31	30	30
C030	31-37	36	35	35	31-37	36	35	35
C040	38-45	44	45	45	38-45	44	45	45
C050	48-57	55	57	57	48-57	55	57	57
C060	52-62	60	62	62	52-62	60	62	62
C075	73-88	84	85	85	73-88	84	85	85
C100	94-112	108	109	109	94-112	108	109	109
C125	118-142	137	137	138	118-142	137	137	138
C150 <sup>2</sup>	144-173	167	167	168	144-173	167	167	168
C200 <sup>2</sup>	216-260	250	252	252	216-260	250	251	252
C250	244-293	282	283	284	244-293	282	283	284
CX300	256-307	295	297	300	256-307	295	297	300
C300	258-309	297	299	300	258-309	297	299	300
C350	301-361	347	349	350	301-361	347	349	350
C400	343-412	397	398	400	343-412	397	398	400
C450 <sup>2</sup>	386-464	446	448	450	386-464	446	448	450
C500 <sup>2</sup>	429-515	496	498	500	429-515	496	498	500
C600 <sup>2</sup>	515-618	595	598	600	515-618	595	598	600

<sup>1</sup> 480 Volts solamente.

<sup>2</sup> En el caso de versiones de firmware 2.04 y anteriores, la frecuencia PWM predeterminada en la fábrica es 4 kHz. El variador debe reprogramarse a 2 kHz para lograr las capacidades nominales de corriente listadas.

## BIBLIOGRAFIA

- 1 *Aprovechamientos Hidroeléctricos y de Bombeo*, 1ra edición 1992, Gardea Humberto Villegas.
- 2 *Audible noise and losses in variable speed induction motor drives with IGBT inverters-Influence of design and the switching frequency.*  
([http://www.reliance.com/prodserv/standriv/d7168\\_1.htm](http://www.reliance.com/prodserv/standriv/d7168_1.htm))
- 3 *Considerations In Choosing a Bypass, For Variable Frequency Controllers*, Tom Jawor, Reliance E,  
(<http://www.reliance.com/prodserv/standriv/hvac/d7135.htm>)
- 4 *Danfoss Control Option for VLT 5000 AQUA*,  
(<http://www.danfossdrives.com/cascadecontrol.htm>)
- 5 *DYNAMATIC Corporation*, AT-140 hasta AT-280 Ajusto-Speed® Drives, 1 50 HP, (<http://www.dynamatic.com/at-140>)
- 6 *EETIC* (Energy and Environmental Technologies Information Centre) fue creado en 1996 para agrupar tres IEA (International Energy Agency) :  
CADDET Energy Efficiency - <http://www.caddet-ee.org>  
CADDET Renewable Energy - <http://www.caddet-re.org>  
GREENTIE - <http://www.greentie.org>  
*Cooling system for fruit and vegetable storage plant.*  
*Inverter speed control reduces power consumption of electric pumps at a brewery*  
*Saving energy with industrial motors and drives*  
*Speed control of Pumps save energy at a pulp mill*  
*Industrial Electric Motor Drive Systems / energy efficiency projects series Nro 24.*
- 7 *Equipment Design Handbook for Refineries and chemical Plants*, volume 1 Second Edicion, Jr.1979, Frank L.Evans.
- 8 *Evaluación de Proyectos*, 5ta edición 1989, Simon Andrade Espinoza
- 9 *Power Consideracions for adjustable Speed Drives*, 1998, G. Electric GET-6268
- 10 *IEEE Recommended Practice for Grounding of industrial and Comercial*

*Power Systems Third Printing 1996, IEEE*

- 11 *IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment, Third Printing 1995, IEEE*
- 12 National Electrical Code 1990, NFPA National fire Protection Assotiation 1989
- 13 Marley Cooling Tower - *Publications* ([www.marleyct.com/publications.htm](http://www.marleyct.com/publications.htm))
- 14 *Need for Industry Standards for AC Induction Motors Intended for Use with Adjustable-Frequency Controllers*, Rockwell Automation - Reliance Electric White Paper B-7094-1 (Motors and Drives)
- 15 *Pump Seal Flush Cooler, Liquid Sample Coolers*, (<http://www.maddenmfg.com/coolers>)
- 16 *The Impact of Variable-Frequency Drives*, Reliance Electric - Energy Feature D5061 ([http://www.reliance.com/prodserv/standriv/d\\_5061\\_1.htm](http://www.reliance.com/prodserv/standriv/d_5061_1.htm))
- 17 *Sistemas de Bombeo y Variadores de frecuencia*, SAEG, Mayo del 2000. Katayama F., artículo de Electricidad al día.
- 18 *VACON VAASA CONTROL Y, Five and one* , Manual del usuario y Manual de aplicación , ( <http://www.vacon.com/support/manual/ud224d.html> )
- 19 *Variable speed drive power topology options*, Drives, H G Murphy, (<http://www.execpc.com/~hgmurphy/DRVTYPE.S.HTM>)
- 20 *Variador de velocidad de frecuencia ajustable 1336 PLUS*, Manual del usuario, 1999, Allen Bradley
- 21 *VTAC7 Power Point Presentations*, ([www.reliance.com/prodser/standriv/hvac/vtac7-ppt.htm](http://www.reliance.com/prodser/standriv/hvac/vtac7-ppt.htm))