

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# **MANEJO DE VARIADORES YASKAWA V1000 Y MOTORES ASÍNCRONOS NORD SK71L/4**

Juan David Aguirre Ramírez

Daniel Fernando Gómez Álvarez

Fabián Mauricio Gutiérrez Castillo

Tecnología en Electrónica

Alexander Arias Londoño

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**

**17 de Noviembre de 2016**

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RESUMEN

---

Se procedió a iniciar una labor teórico-práctica para dar utilidad a diferentes componentes que habían sido adquiridos por la institución (motores asíncronos Nord sk71l/4, Variadores Yaskawa V1000 y panel de borneras de construcción institucional) pero que no habían sido usados debido al poco conocimiento de los docentes del área, profesionales que laboran en los laboratorios de docencia y estudiantes, volviéndose así en objetivo principal desarrollar una serie de guías de aprendizaje donde cualquier persona de la institución que deseara usar los elementos, aun sin tener conocimientos previos de los mismos, lo pudieran hacer. Desde la puesta en marcha del motor, la variación de rampas de aceleración y desaceleración, la variación de la velocidad, cambio de sentido del giro hasta el uso de botoneras para operar el variador de manera remota, pueden ser vistos en la serie 3 entregables. Además, se realizó el ensamble de los motores (cableado interno e instalación de borneras) y se construyeron los cables necesarios para su conexión (banana macho-macho y cable de poder trifásico). Además, se sujeta a modificación los módulos en los cuales se van a operar los variadores y motores: La placa de bornes de los motores es modificada de forma tal que se distingue individualmente las líneas de entrada de alimentación, para así variar a necesidad su configuración para facilitar el modo de trabajo y reducir los tiempos de ejecución en las aulas, dedicándose en estas únicamente al objetivo real de cada guía.

Palabras clave: Asíncrono, Electrónica, Bornera, Conexión, Motor, Operación, Programación, Variador.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RECONOCIMIENTOS

---

Este documento es el resultado de un largo compromiso que ha sido posible, en primer lugar, a nuestro asesor Alexander Arias Londoño, quien durante su labor nos brindó acompañamiento y apoyo integral en nuestra práctica. A los docentes que por su tesón y empeño durante nuestra carrera aportaron en una labor académica y de formación del ser, profesionales que laboran en los laboratorios de docencia y todos aquellos que integran las redes de laboratorios, por sus servicios y aportes intelectuales.

Finalmente, y con gratitud, a nuestras familias que apoyaron nuestro desarrollo intelectual y pusieron toda su fe y amor para que alcanzáramos nuestras metas como estudiantes.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

# ACRÓNIMOS

---

A Amperios

CD Corriente Directa

CD Corriente Directa

DIP Dual in-line Package

Hz Hertz

*IM* Motores de inducción

*ITM* Instituto Tecnológico Metropolitano

KW Kilowatts

LED Light Emitting Diode

mA Miliamperios

MC Común de salida digital

NPN Transistor de unión Bipolar (Canal N)

*PM* Motores sincrónicos de imanes permanentes

PNP Transistor de unión Bipolar (Canal P)

V Voltios

Vcc Voltaje de Corriente Continua

Vcd Voltaje de Corriente Directa

V/F Voltaje/Frecuencia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	9
3. METODOLOGÍA.....	32
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO .....	46
REFERENCIAS .....	49
APÉNDICE.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

# 1. INTRODUCCIÓN

---

## GENERALIDADES

“La importancia del conocimiento científico en la producción de la riqueza y en la solución de necesidades sociales de distinto tipo no se pone hoy en duda. (...)Las condiciones actuales de producción y circulación de la riqueza ponen en evidencia el poder de la ciencia, y la necesidad de establecer los vínculos entre el conocimiento que se origina en las instituciones de educación superior y los espacios en los cuales se producen bienes materiales y simbólicos, y en los que se satisfacen las necesidades colectivas.”<sup>1</sup> Los estudiantes Colombianos se enfrentan día a día a situaciones en las que deben emplear sus capacidades intelectuales al máximo, también lo podemos llamar: “la competencia académica del siglo XXI”, donde no solo los estudiantes se deben enfrentar al consumo teórico del aprendizaje sino también del que hacer práctico, vinculando de igual forma el ser al hacer.

El variador V1000 es un dispositivo electrónico programable, su función es cambiar un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o el diseñador (YASKAWA). Gracias a estas prestaciones, fue posible hacer una conexión alámbrica al motor asíncrono Nord SK71/4 para el desarrollo de aplicaciones útiles tanto en el ámbito académico y de la vida laboral.

Los laboratorios de electrónica del Instituto Tecnológico Metropolitano ITM adquirieron una cantidad de este tipo de variadores y motores con fines académicos, con los cuales se

---

<sup>1</sup> Gabriel Missas Arango. (2004). La educación superior en Colombia: análisis y estrategias para su desarrollo (p. 17). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia: Universidad nacional de Colombia: UNIBIBLOS.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

vislumbró la posibilidad de investigar sus funcionamientos para más tarde desarrollar guías de trabajo para los estudiantes, docentes o interesados.

### **OBJETIVO GENERAL**

- Aplicar los conceptos de Programación y configuración al variador Yaskawa V1000 que permitan la operación del motor Nord SK71I/4.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Comprender el funcionamiento del variador Yaskawa V1000 y el motor Nord SK71I/4.
- Implementar un sistema de conexión entre el variador Yaskawa V1000 y el motor Nord SK71I/4.
- Diseñar aplicaciones haciendo uso de la conectividad entre el variador Yaskawa V1000 y el motor Nord SK71I/4.

### **ORGANIZACIÓN DE LA TESIS**

La primera parte del presente trabajo de grado se conforma por un marco teórico, donde se expone de manera pertinente todo lo referente al variador YASKAWA V1000: su estructura física y su programación con el cual se ordenan las operaciones a ejecutar.

Después de esta información, sigue la exposición acerca de los motores asíncronos Nord SK71I/4, en la cual se explica de igual manera su estructura física, especificaciones técnicas y la configuración necesaria para que la misma pueda operar adecuadamente. También, se hace una descripción del concepto general de conexiones entre estos dos elementos (Variador a motor), donde se explican temas tales como las formas en que pueden ser conectados a las fuentes de alimentación presente en los laboratorios, la clasificación de las conexiones según su forma y el concepto de enlace que debe existir para una comunicación correcta entre ambos.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La segunda parte del informe consiste en la metodología para el desarrollo del producto obtenido en laboratorios de docencia, donde se explica la forma en que se procedió a realizar el trabajo investigativo acerca de los variadores YASKAWA V1000 y los motores Nord SK711/4, el desarrollo de tres aplicaciones prácticas y la compilación de todos estos conceptos en tres guías de trabajo para los laboratorios de electrónica.

En la tercera parte se exponen los contenidos temáticos planteados a los estudiantes en las tres guías de trabajo, donde se desarrolla una metodología para cada uno de ellos, y cuyo orden será: el primer contenido temático es realizar una conexión del variador con el motor asíncrono y puesta en marcha simple; el segundo contenido temático es invertir el giro de un motor asíncrono por medio del variador Yaskawa-V1000 y modificar rampas de aceleración y desaceleración; por último, el tercer contenido temático es realizar un start/stop de manera remota utilizando las entradas digitales del variador. También unas fotografías anexadas al informe que sirven de soporte para validar el uso al que fueron sometidas las guías en clases del periodo actual académico (2016-2) y una carta firmada por el docente encargado de la asignatura de Electrónica Industrial al cual se le brindó, junto con sus estudiantes, una asesoría presencial de 4 horas.

Por último, se concluye acerca del trabajo investigativo sobre estos elementos, donde se discuten las dificultades y fortalezas encontradas a lo largo del trabajo, la proyección a futuro con el desarrollo de soluciones a problemas más complejos y la importancia de vincular en el proceso de formación a los estudiantes de semestres iniciales.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Variadores de Frecuencia

Un regulador electrónico de velocidad o variador de frecuencia está formado por circuitos que incorporan transistores de potencia como el IGBT (transistor bipolar de puerta aislada) o tiristores, siendo el principio básico de funcionamiento transformar la energía eléctrica de frecuencia industrial en energía eléctrica de frecuencia variable.

Esta variación de frecuencia se consigue mediante dos etapas en serie. Una etapa rectificadora que transforma la corriente alterna en continua, con toda la potencia en el llamado circuito intermedio y otra inversora que transforma la corriente continua en alterna, con una frecuencia y una tensión regulables, que dependerán de los valores de consigna. A esta segunda etapa también se le suele llamar ondulator. Todo el conjunto del convertidor de frecuencia recibe el nombre de inversor.

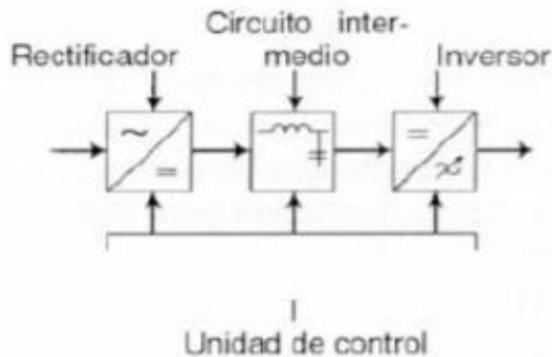


Figura 1. Etapas que integran una variación de frecuencia.

La mayoría de las marcas incluyen dentro del propio convertidor protecciones para el motor, tales como protecciones contra sobreintensidad, sobretemperatura, fallo contra

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

desequilibrios, defectos a tierra, etc. Además de ofrecer procesos de arranque y frenados suaves mediante rampas de aceleración y de frenado, lo que redundará en un aumento de la vida del motor y las instalaciones.

Como debe saberse, el uso de convertidores de frecuencia añade un enorme potencial para el ahorro de energía disminuyendo la velocidad del motor en muchas aplicaciones.

Además aportan los siguientes beneficios:

- Mejora el proceso de control y por lo tanto la calidad del producto.
- Se puede programar un arranque suave, parada y freno.
- Amplio rango de velocidad, par y potencia.
- Bucles de velocidad.
- Puede controlar varios motores.
- Factor de potencia unitario.
- Respuesta dinámica comparable con los drivers de DC.
- Capacidad de by-pass ante fallos del variador.
- Protección integrada del motor.
- Marcha paso a paso.

Con respecto a la velocidad los convertidores suelen permitir dos tipos de control:

**Control manual de velocidad:** La velocidad puede ser establecida o modificada manualmente (display de operador). Posibilidad de variación en el sentido de giro.

**Control automático de velocidad:** Utilizando realimentación se puede ajustar la velocidad automáticamente. Esta solución es la ideal para su instalación en aplicaciones en las que la velocidad demandada varía de forma continua. (Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Avellaneda, s.f.)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 2.2. Variador de Velocidad Yaskawa V1000

El V1000 es el inversor más compacto del mundo. La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o el diseñador. Los inversores se utilizan en una gran variedad de aplicaciones, desde pequeñas fuentes de alimentación para computadoras, hasta aplicaciones industriales para controlar alta potencia. (SEIN ENERGÍA, s.f.)



Figura 2. Variador de Frecuencia Yaskawa V1000

## 2.3. Diagramas de Conexión y Terminales

En esta sección se presentan los diagramas de conexión del circuito principal y del circuito de control, así como la función de cada una de las terminales de ambos circuitos.

### 2.3.1. Diagrama de Conexión Estándar.

Conecte el inversor y los dispositivos periféricos como se muestra en la Figura 3.

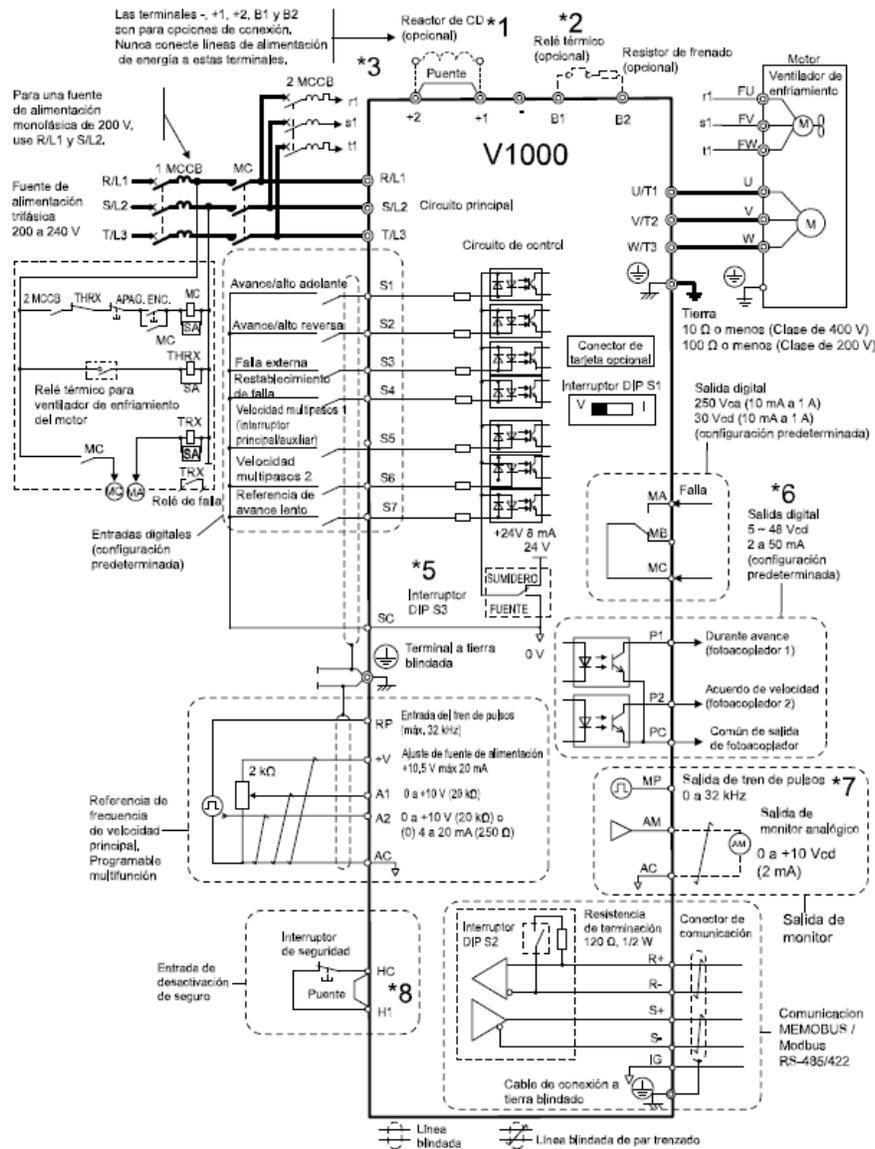


Figura 3. Diagrama de conexión estándar del variador

- \*1. Quite el puente al instalar un reactor de CD opcional.
- \*2. La MC en el lado de entrada del circuito principal deberá estar abierta al disparar el relé térmico.
- \*3. Los motores auto enfriados no requieren cableado del motor de ventilador de enfriamiento por separado.
- \*4. Conectado usando la señal de entrada de secuencia (S1 a S7) desde el transistor NPN; Predeterminado: modo de sumidero (com 0 V)

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

\*5. Use sólo una fuente de alimentación interna de +24 V en modo de sumidero; el modo de fuente requiere una fuente de alimentación externa.

\*6. Carga mínima: 5 Vcd, 10mA (valor de referencia)

\*7. Las salidas del monitor trabajan con dispositivos como medidores de frecuencia analógicos, amperímetros, voltímetros y vatímetros; están diseñados para utilizarse como una señal de tipo de retroalimentación.

\*8. Desconecte el puente de alambre entre HC y H1 al utilizar la entrada de seguridad.

### 2.3.2. Funciones de las terminales del circuito principal.

Esta sección describe las funciones de las terminales del circuito principal del inversor.

Terminal	Tipo	Función
R/L1	Entrada de alimentación de energía del Circuito Principal	Conecta la energía de la línea al inversor. Los inversores con energía de entrada monofásica de 200 V usan terminales R/L1 y S/L2 únicamente (no debe utilizarse T/L3).
S/L2		
T/L3		
U/T1	Salida del inversor	Se conecta al motor.
V/T2		
W/T3		
B1	Resistor de frenado	Disponible para conectar un resistor de frenado de la opción de unidad de resistor de frenado.
B2		
+1	Conexión del reactor de CD	Estas terminales están en corto al embarcar. Quite la barra de corto entre +1 y +2 al conectar a esta terminal.
+2		
+1	Entrada de la fuente de alimentación de CD	Para conectar una fuente de alimentación de CD.
-		
⊕ (2 terminales)	Tierra	Terminal de Conexión a Tierra Para la clase de 200 V: 100 Ω o menos Para la Clase de 400 V: 10 Ω o menos

Tabla 1. Funciones de las terminales del circuito principal.

### 2.3.3. Funciones del Bloque de Terminales del Circuito de Control

Los parámetros del variador determinan cuáles funciones se aplican a las entradas digitales multifunción (S1 a S7), las salidas digitales multifunción (MA, MB), las entradas y salidas de pulso multifunción (RP, MP) y las salidas del optoacoplador multifunción (P1, P2). Además hay tres interruptores DIP, S1 a S3, que se encuentran

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

en la placa de terminales de control. La funcionalidad de cada uno de los terminales se muestra a continuación:

DIP S1: Conmuta la entrada analógica A2 entre entrada de Tensión y de Corriente.

DIP S2: Activa o desactiva la resistencia interna de terminación de línea del puerto de comunicaciones RS422/485.

DIP S3: Se utiliza para seleccionar el modo PNP/SOURCE o NPN/SINK (por defecto) de las entradas digitales (PNP requiere una fuente de alimentación de 24 Vcc externa).

### Terminales de Entrada

Tipo	No.	Nombre de Terminal (Función)	Configuración Predeterminada de Función (Nivel de Señal)
Entradas Digitales Multifunción	S1	Entrada Multifunción 1 (Cerrado: Funcionamiento hacia adelante, Abierto: Alto)	Fotoacoplador 24 Vcd, 8 mA <b>Nota:</b> El inversor está preconfigurado en modo de sumidero. Al utilizar el modo fuente, configure el interruptor DIP S3 para permitir un suministro de energía externo de 24 Vcd ( $\pm 10\%$ ).
	S2	Entrada multifunción 2 (Cerrado: Funcionamiento en reversa, Abierto: Alto)	
	S3	Entrada Multifunción 3 (Falla externa (N.O.))	
	S4	Entrada Multifunción 4 (Restablecimiento de falla)	
	S5	Entrada Multifunción 5 (Referencia de velocidad multipasos 1)	
	S6	Entrada Multifunción 6 (Referencia de velocidad multipasos 2)	
	S7	Entrada Multifunción 7 (Referencia de avance lento)	
	SC	Común de Entrada Multifunción (Común de Control)	
Entrada de Seguridad	HC	Fuente de Alimentación para Comando de entrada de seguridad	+24 Vcd (se permite un máx. 10 mA)
	H1	Comando de entrada de seguridad	Abierto: Inercia hasta detener entrada de seguridad Cerrado: Operación normal <b>Nota:</b> Desconecte el puente de alambre entre HC y H1 al utilizar la entrada de seguridad.
Entrada de Referencia de Frecuencia Principal	RP	Entrada de tren de pulsos multifunción (referencia de frecuencia)	Frecuencia de respuesta: 0.5 a 32 kHz (Ciclo de Trabajo: 30 a 70%) (Voltaje de nivel alto: 3.5 a 13.2 Vcd) (Voltaje de nivel bajo: 0.0 a 0.8 Vcd) (impedancia de entrada: 3 k $\Omega$ )
	+V	Fuente de alimentación de entrada analógica	+10.5 Vcd (corriente permisible máx. 20 mA)
	A1	Entrada analógica multifunción (referencia de frecuencia)	Voltaje de entrada 0 a +10 Vcd (20 k $\Omega$ ) resolución 1/1000
	A2	Entrada analógica multifunción (referencia de frecuencia)	Voltaje de entrada o corriente de entrada (Seleccionado por el interruptor DIP S1) 0 a +10 Vcd (20 k $\Omega$ ), Resolución: 1/10004 a 20 mA (250 $\Omega$ ) o 0 a 20 mA (250 $\Omega$ ), Resolución: 1/500
	AC	Común de referencia de frecuencia	0 Vcd

Tabla 2. Terminales de Entrada del circuito de Control.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### Terminales de Salida

Tipo	No.	Nombre de Terminal (Función)	Configuración Predeterminada de Función (Nivel de Señal)
Salida Digital Multifunción	MA	N.O. (falla)	Salida Digital 30 Vcd, 10 mA a 1 A; 250 Vca, 10 mA a 1 A Carga mínima: 5 Vcd, 10 mA (valor de referencia)
	MB	Salida N.C. (falla)	
	MC	Común de Salida Digital	
Salida de Fotoacoplador Multifunción	P1	Salida de Fotoacoplador 1 (durante funcionamiento)	Salida de Fotoacoplador 48 Vcd, 2 a 50 mA
	P2	Salida de Fotoacoplador 2 (Aceptación de frecuencia)	
	PC	Común de Salida de Fotoacoplador	
Salida de Monitor	MP	Salida de Tren de Pulsos (frecuencia de entrada)	32 kHz (máx.)
	AM	Salida de monitor analógico	0 a 10 Vcd (2 mA o menor) Resolución: 1/1000
	AC	Común de Monitor	0 V

Tabla 3. Terminales de Salida del circuito de Control.

### Terminales de Comunicación Serial

Tipo	No.	Nombre de Señal	Función (Nivel de Señal)
MEMOBUS/Modbus Comunicación	R+	Entrada de comunicaciones (+)	Comunicación MEMOBUS/Modbus: Use un cable RS-485 ó RS-422 para conectar el inversor. Protocolo de comunicación MEMOBUS/Modbus RS-485/422 115.2 kbps (máx.)
	R-	Entrada de Comunicaciones (-)	
	S+	Salida de Comunicaciones (+)	
	S-	Salida de Comunicaciones (-)	
	IG	Tierra del blindaje	

Tabla 4. Terminales del Circuito de Control: Comunicaciones Seriales

### 2.3.4. Cableado del Circuito de Control

En la siguiente figura de muestra el cableado del circuito de control

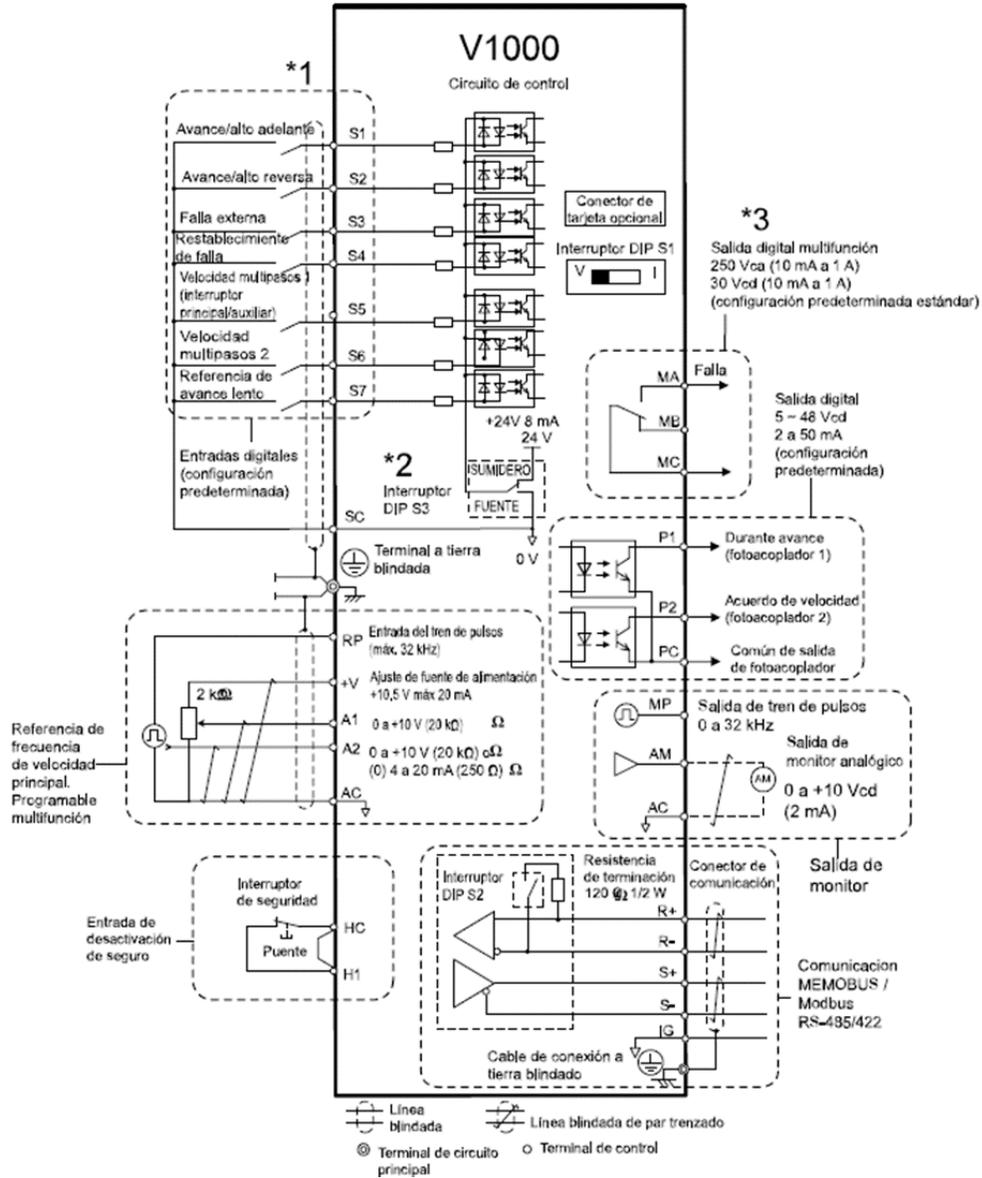


Figura 4. Diagrama de Cableado del Circuito de Control

## 2.4. Conexiones de E/S

### Interruptor de Modo Sumidero/Fuente

Configure el interruptor DIP S3 en la parte frontal del inversor para conmutar la lógica de la terminal de entrada digital entre el modo de sumidero y el modo de fuente, el inversor está pre configurado en modo de sumidero.

Configurar Valor	Detallar
SUMIDERO	Modo de Sumidero (común de 0 V): configuración de fábrica
FUENTE	Modo de Fuente (común de +24 V)

Tabla 5. Configuración del Modo de Sumidero/Fuente

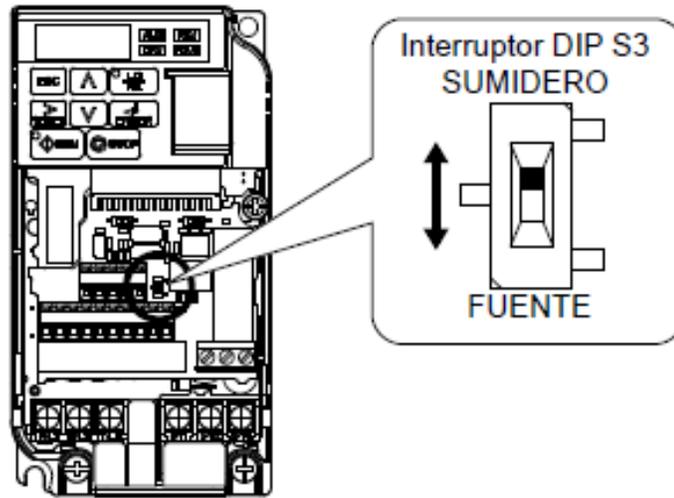


Figura 5. Interruptor DIP S3

#### 2.4.1. Señal de Entrada del Transistor Usando el Modo Común/Sumidero de 0V

Al controlar las entradas digitales mediante transistores NPN (modo común / sumidero de 0 V), configure el interruptor DIP S3 en SINK (sumidero) y utilice la fuente de alimentación de 24 V.

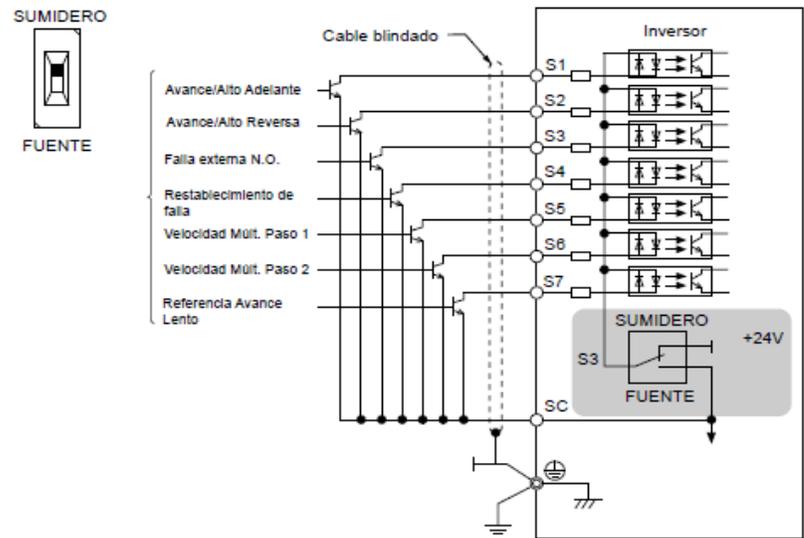


Figura 6. Modo de Sumidero: Secuencia desde Transistor NPN (Común de 0 V)

#### 2.4.2. Señal de Entrada de Transistor Usando el Modo Común/Fuente de +24V

Al controlar entradas digitales mediante transistores PNP (modo común/fuente de +24 V), configure el interruptor DIP S3 en SOURCE (fuente) y utilice una fuente de alimentación externa de 24 V.

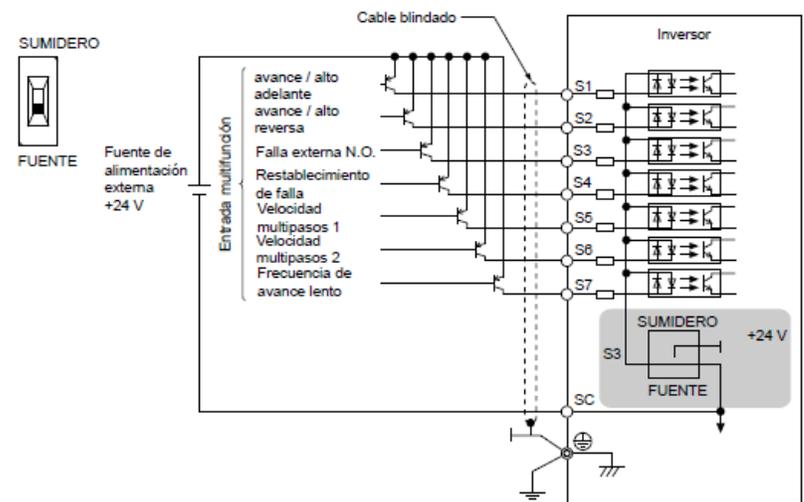


Figura 7. Modo de Fuente: Secuencia desde Transistor PNP (Común de +24 V)

## 2.5 Secuencia de 2 cables

Esta configuración utiliza las terminales de entrada digital para ingresar el comando de avance. La configuración de fábrica es una secuencia de 2 cables.

### Uso de la secuencia de 2 cables:

Terminales de Entrada Digital	ENCENDIDO	APAGADO
<b>S1</b>	Funcionamiento hacia Adelante	Alto
<b>S2</b>	Funcionamiento en Reversa	Alto

Tabla 6. Terminales digitales para secuencia de dos cables.

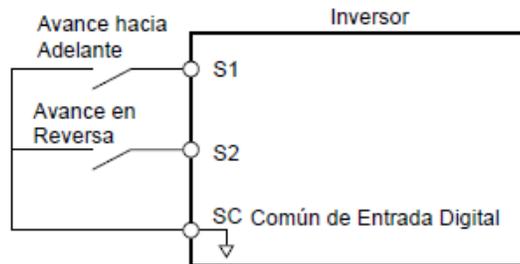


Figura 8. Diagrama de Cableado de Ejemplo para Secuencia de 2 cables

**Nota:** Cuando la terminal S1 está cerrada, el motor gira hacia adelante. Cuando la terminal S2 está cerrada, el motor gira en reversa. Solo se puede cerrar una terminal a la vez, de lo contrario el variador entrara en modo de alarma.

## 2.6 Secuencia de 3 cables

Cuando H1-05=0 (Función de Terminal de Entrada Digital Multifunción S5), las funciones de las terminales S1 y S2 se configuran a una secuencia de 3 cables, y la terminal de entrada multifunción S5 se convierte en una terminal de comando de funcionamiento hacia adelante/en reversa.

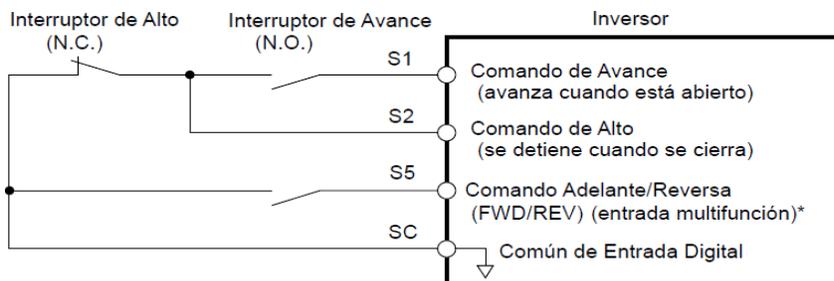


Figura 9. Diagrama de Cableado para una Secuencia de 3 cables Usando la Terminal S5

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Nota:** Cuando la terminal S5 está abierta el motor gira hacia adelante. Cuando está cerrada, el motor gira en reversa.

**ADVERTENCIA!**

Al utilizar una secuencia de 3 cables, se configura el variador en la secuencia de 3 cables antes de cablear las terminales de control y asegurar que el parámetro b1-17 está configurado en 0 (el variador no acepta un comando de avance al encenderlo). Si el variador está cableado para una secuencia de 3 cables pero está configurado para una secuencia de 2 cables y si el parámetro b1-17 está configurado en 1 (el variador acepta un comando de avance al encenderse), el motor girará en dirección inversa al encenderse el variador y puede ocasionar lesiones.

**2.7. Programación y Operación de Arranque**

En esta sección se describe el uso del operador LED digital, los modos de programación del variador y la configuración básica para la operación inicial del variador, así como la tabla completa con los grupos de parámetros disponibles.

**2.7.1 Uso del Operador LED Digital**

El operador LED se utiliza para programar el variador, para iniciarlo y pararlo, así como para mostrar información de fallos. Los LED's indican el estado del variador.

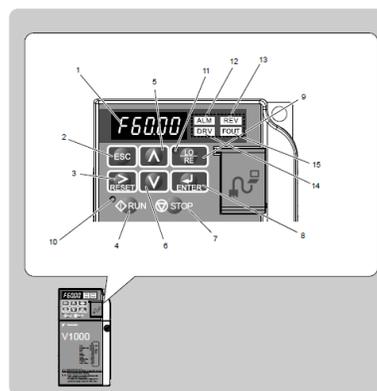


Figura 10. Operador LED

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 2.7.2 Teclas y Funciones

Visualización	Nombre	Función
	Area de visualización de datos	Muestra la referencia de frecuencia, el número de parámetro, etc.
	Tecla ESC	Vuelve a la pantalla anterior.
	Tecla RESET	Mueve el cursor hacia la derecha. Resetea un fallo.
	Tecla RUN	Inicia el variador en el modo LOCAL. El LED de RUN <ul style="list-style-type: none"> <li>está encendido mientras el variador acciona el motor.</li> <li>parpadea durante la deceleración hasta la parada o cuando la referencia de frecuencia es 0.</li> <li>parpadea rápidamente cuando el variador está desactivado por ED, el variador se ha parado por una ED de parada rápida o un comando RUN estaba activo durante el encendido.</li> </ul>
	Tecla de flecha arriba	Permite desplazarse hacia arriba para seleccionar números de parámetro, seleccionar valores, etc.
	Tecla de flecha abajo	Permite desplazarse hacia abajo para seleccionar números de parámetro, seleccionar valores, etc.
	Tecla STOP	Detiene el variador.
	Tecla ENTER	Selecciona modos, parámetros y se utiliza para almacenar configuraciones.
	Tecla de selección LO/RE	Alterna el control del variador entre operador (LOCAL) y los terminales del circuito de control (REMOTO). El LED está encendido mientras el variador está modo LOCAL (operación desde el teclado).
	Luz del LED ALM	Parpadea: El variador está en estado de alarma. Encendida: El variador está en estado de fallo y se ha parado la salida.
	Luz del LED REV	Encendida: La dirección de rotación del motor es inversa. Apagada: La dirección de rotación del motor es directa.
	Luz del LED DRV	Encendida: El variador está preparado para accionar el motor. Apagada: El variador está en modo de verificación, configuración, ajuste de parámetros o autotuning.
	Luz LED FOUT	Encendida: La frecuencia de salida se muestra en la pantalla de datos. Apagada: En la pantalla de datos se muestra otra información distinta de la frecuencia de salida.

Tabla 7. Teclas y Funciones del Operador LED

### 2.7.3 Modos de Programación

Las funciones del inversor se dividen en dos grupos principales accesibles mediante el Operador LED Digital:

**Modo en Funcionamiento:** El modo en funcionamiento permite el funcionamiento del motor y el monitoreo de parámetros. La configuración de los parámetros no puede cambiarse mientras se accede a las funciones en el Modo en funcionamiento.

Las siguientes acciones son posibles en el modo de funcionamiento:

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Arrancar y detener el inversor
- Monitorear el estado de operación del inversor.
- Ver información sobre una alarma.
- Ver un historial de las alarmas que han ocurrido.

**Modo de Programación:** El Modo de Programación permite el acceso para configurar/ajustar y verificar parámetros y al Auto Ajuste. El inversor prohíbe cambios en la operación del motor como arranque/alto cuando el Operador de LED Digital está accediendo a una función en el Modo de Programación.

Las siguientes acciones son posibles en el modo de programación:

- Función de Verificación: Verifica los cambios a la configuración del parámetro respecto a los valores predeterminados originales.
- Grupo de Configuración: Accede a una lista de parámetros usados normalmente para simplificar la configuración.
- Modo de Configuración de Parámetro: Accede y edita todas las configuraciones de parámetros.
- Auto Ajuste: Calcula y configura automáticamente los parámetros del motor para control de Ciclo Abierto o de Vector de PM para optimizar el inversor para las características del motor.

Grupo de Modo	Descripción	Tecla Presionada	Visualización del Operador Digital LED
<b>Funciones del modo en funcionamiento del inversor (Operación y monitoreo del motor)</b>	Visualización de Referencia de Frecuencia (Estado de encendido inicial)	▲	
	Adelante/Reversa	▲	
	Visualización de Frecuencia de Salida	▲	
	Visualización de Corriente de Salida	▲	
	Referencia de Voltaje de Salida	▲	
	Visualización del Monitor	▲	
<b>Funciones del Modo de Programación (Cambio de Parámetros)</b>	Función de Verificación	▲	
	Parámetros de Grupo de Configuración	▲	
	Todos los Parámetros	▲	
	Auto Ajuste	▲	

Tabla 8. Resumen de Modos

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

#### **2.7.4 Ajustes Básicos de Configuración del Variador**

Esta sección explica la configuración básica requerida para la operación inicial del inversor. La comprobación de esta configuración de parámetros básicos le ayudará a asegurar un arranque correcto del inversor.

##### **- Auto Ajuste: T1-01**

Se admiten tres modos distintos dependiendo del método de control que se esté utilizando para la operación del motor.

Auto Ajuste Dinámico: T1-01 = 0, Se realiza al configurar el variador para operar en control vectorial lazo abierto (A1-02=2). El motor debe poder girar sin carga durante el proceso de ajuste con el fin de lograr una alta precisión.

Ajuste de resistencia terminal: T1-01 = 2, Se realiza en control V/f (A1-02=0) si el cable del motor es largo o si se ha cambiado el cable.

Auto Ajuste dinámico para ahorro de energía: T1-01 = 3, Se realiza en control V/f (A1-02=0) y cuando se utiliza ahorro de energía o búsqueda de velocidad. El motor debe poder girar sin carga con el fin de lograr una alta precisión de ajuste.

##### **- Selección del método de control: A1-02**

Hay tres modos de control de motor disponibles. Seleccione el modo de control que mejor se ajuste a la aplicación en la cual se utilizará el inversor.

Control de V/F: A1-02=0, aplicaciones generales de velocidad variable, útil para controlar varios motores desde un solo variador

Control de Vector de Ciclo Abierto: A1-02=2, aplicaciones generales de velocidad variable que requieran alta precisión y control de velocidad.

Control de Vector de Ciclo Abierto de PM: A1-02=5, aplicaciones de torque variable que emplean motores de imán permanente y ahorro de energía.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**- Inicializar Valores de Parámetros: A1-03**

Restablece todos los parámetros a los valores predeterminados originales.

2220: Inicialización de 2 cables

3330: Inicialización de 3 cables

1110: Inicialización de Usuario

5550: Carga los Datos de Parámetros desde el tablero de Terminales del Circuito de Control Removible

**- Fuente de Referencia de Frecuencia: b1-01**

Referencia de Frecuencia del Operador LED: b1-01=0, la referencia de frecuencia será provista por el operador LED.

Referencia de Frecuencia de la Entrada Analógica: b1-01=1, las entradas analógicas A1 y A2 proporcionan la referencia de frecuencia.

**- Selección de Entrada del Comando de Avance: b1-02**

Operador LED: b1-02=0, el comando de avance será provisto por las teclas RUN y STOP del operador digital.

Terminales de Entrada Digital S1 a S7: b1-02=1, el comando de avance será provisto por las terminales de entrada digital.

**- Selección de Método de Alto: b1-03**

Al enviar un comando de Alto, el inversor detiene el motor usando uno de cuatro métodos posibles.

Rampa hasta detener: b1-03=0, el motor desacelerará hasta detenerse cuando se ingresa un comando de alto.

Inercia hasta detener: b1-03=1, al quitar el comando de avance, el inversor apagará su salida y el motor seguirá impulsado por su inercia.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Frenado de Inyección de CD para Detener: b1-03=2, El frenado de inyección de CD detiene un motor en inercia sin la operación de regeneración.

Inercia hasta Detener con Temporizador: b1-03=3, Ignora una Entrada de Comando de avance dentro del Tiempo de Desaceleración.

**- Aceleración/Desaceleración: C1-01 a C1-11**

C1-01 (El Tiempo de Aceleración 1): Configura el tiempo para acelerar desde 0 hasta la frecuencia de salida máxima (E1-04).

C1-02 (El Tiempo de Desaceleración 1): Configura el tiempo para desacelerar desde la frecuencia de salida máxima hasta 0.

**- Parámetros del Motor: E2-01 a E2-12**

En el Control de Vector de Ciclo Abierto, los parámetros del motor se configuran automáticamente durante el proceso de Auto Ajuste. Configure los parámetros del motor manualmente si no puede realizarse el Ajuste Automático.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 2.7.5 Grupos de Parámetros

Grupo de Parámetros	Nombre	Grupo de Parámetros	Nombre
A1	Inicialización	H4	Salidas Analógicas
A2	Parámetros de Usuario	H5	Configuración de Comunicaciones Seriales
b1	Secuencia	H6	Configuración de E/S del Tren de Pulsos
b2	Frenado de Inyección de CD	L1	Sobrecarga del Motor
b3	Búsqueda Rápida	L2	Protección contra Pérdida de Potencia
b4	Temporizador de Retardo	L3	Prevención de pérdida de velocidad
b5	Control PID	L4	Detección de Referencia
b6	Función de Retardo	L5	Reinicio por Falla
b8	Ahorro de Energía	L6	Detección de Exceso de Torque
C1	Tiempo de Aceleración/Desaceleración	L7	Límite de Torque
C2	Acel./Desacel. Curva S	L8	Protección de Hardware
C3	Compensación de Deslizamiento del Motor	n1	Prevención de Fluctuación
C4	Compensación de Torque del Motor	n2	Protección de Retroalimentación de Velocidad
C5	Control de Velocidad (ASR)	n3	Frenado de Alto Deslizamiento
C6	Frecuencia de Portadora	n6	Ajuste en Línea de Resistencia Línea a Línea del Motor
d1	Referencia de Frecuencia	n8	Control de Motor PM
d2	Límites de Referencia	o1	Selección de Visualización de Monitor
d3	Frecuencias de Salto	o2	Funciones de Teclado del Operador
d4	Mantener Referencia de Frecuencia	o4	Funciones de Mantenimiento
d7	Frecuencia de Desfase	q	Parámetros de DriveWorksEZ
E1	Patrón V/f	r	Conexión de DriveWorksEZ
E2	Configuración del Motor	U1	Monitor de Estado
E3	Patrón V/f Motor 2	U2	Rastreo de Falla
E4	Configuración de Motor 2	U3	Historia de Fallas
E5	Configuración de Motor PM	U4	Monitor de Mantenimiento
F1	Detección de Falla durante Control de Velocidad PG	U5	Monitor de Aplicación
F6	Comunicaciones de Red	U6	Monitor de Control
F7	Comunicaciones de Red	U8	Monitores personalizados para DriveWorksEZ
H1	Entradas Digitales		
H2	Salidas Digitales		
H3	Entradas Analógicas		

Tabla 9. Grupos de Parámetros

### 2.6. Descripción del Motor.

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó junto con el variador Yaskawa V1000 el motor asíncrono trifásico NORD SK71L/4. A En esta sección se presenta una clasificación básica de los motores y las especificaciones técnicas del motor utilizado, así como los tipos de conexión del motor.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### **2.6.1. Clasificación Básica de los Motores**

Los motores eléctricos son máquinas eléctricas que transforman en energía mecánica la energía eléctrica que absorben por sus bornes.

Dependiendo al tipo de corriente utilizada para su alimentación podemos clasificar los motores en dos clases:

#### **Motores de corriente continua:**

- De excitación independiente.- De excitación serie
- De excitación (Shunt) o derivación.
- De excitación compuesta (Compund)

#### **Motores de Corriente Alterna:**

- Motores síncronos
- Motores asíncronos
- Universal

#### Monofásicos:

- De bobina auxiliar
- De espira en cortocircuito Universal

#### Trifásicos:

- De rotor bobinado
- De rotor en cortocircuito (Jaula de Ardilla)

Los motores con menor nivel de exigencias en el mantenimiento son los motores asíncronos de jaula de ardilla, debido a que carecen de colector, tienen una relación peso-potencia mucho menor que los de continua, y por tanto un coste significativamente más bajo. (McGraw-Hill Education, s.f.). Por estas razones, dada su capacidad de soportar sobrecargas y su elevado rendimiento, es el motor más atractivo para la industria y el cual utilizaremos para realizar nuestras prácticas. Específicamente el motor Nord SK71L/4.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 11. Motor Asíncrono

### 2.6.2. Tipos de Conexión

Estrella: La conexión estrella o “Y” lleva tres fuentes de voltaje a un punto común. En algunos casos, se conecta un cuarto cable de neutro al mismo punto para aliviar problemas si una de las fuentes de voltaje falla y queda desconectada.

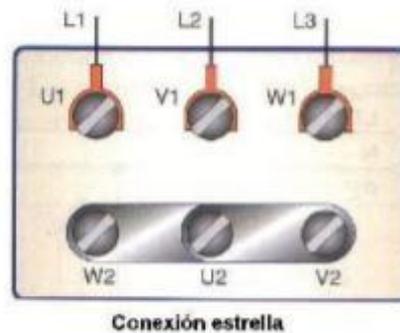


Figura 12. Conexión Estrella

Delta: En esta configuración cada lado del triángulo contiene una fuente de voltaje y no existe una conexión de un punto común. Debido a esta configuración, no existe la necesidad de un cable neutro, ya que una de las fuentes podría fallar quedando desconectada sin afectar la corriente o voltaje en el sistema. (eHow, s.f.)

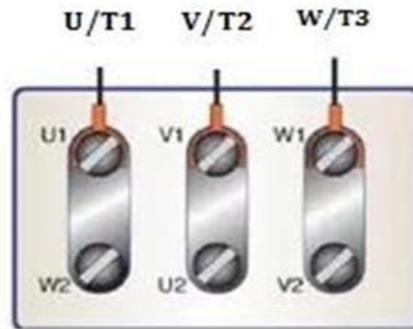


Figura 13. Conexión Delta

En el caso del motor asíncrono Nord SK71L/4, la conexión se realiza en configuración DELTA debido a que la alimentación en los laboratorios donde se utilizarán los motores es de 220v y para conexión en ESTRELLA requiere el doble de voltaje de alimentación (440v).

### 2.6.3. Especificaciones Técnicas

Las especificaciones del motor se presentan en la placa del fabricante. Dependiendo del tipo de conexión (Delta o Estrella) y su alimentación varían sus condiciones de funcionamiento.

Type SK 71L/4			
3 - Mot.	No. TT42080099/1234- 5211		
Th.Cl.155 (F)	IP 55	IEC 60034 (H)	
50 Hz	230/400 V Δ/Y	60 Hz	265/460 V Δ/Y
1.92 / 1.11 A	0.37 kW	1.92 / 1.11 A	0.44 kW
COSφ 0.74	1370 min <sup>-1</sup>	COSφ 0.74	1640 min <sup>-1</sup>
η = 65 %	Tamb -20...+45 °C	η = 65 %	

Figura 14. Placa de especificaciones del motor

## 2.7. Conexión Variador – Motor

En esta sección se presentan los esquemas de conexión del variador con la línea de alimentación trifásica y con el motor trifásico.

### 2.7.1. Tipos de Conexión a la Red de Alimentación

- Monofásico de Clase de 200V

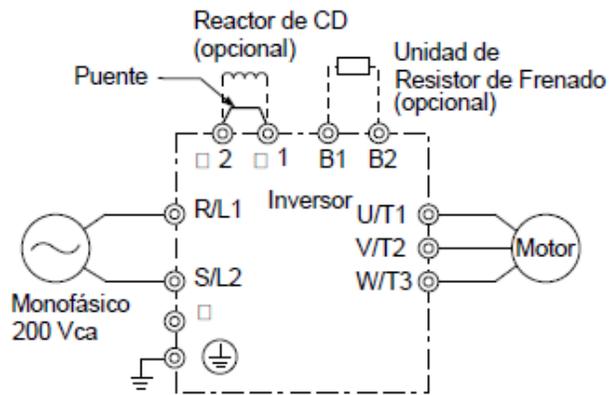


Figura 15. Conexión de las Terminales del Circuito Principal

**AVISO:** No conecte la terminal T/L3 al utilizar la entrada de la fuente de alimentación monofásica. Un cableado incorrecto puede dañar el inversor.

- Trifásico de Clase de 200V/400V

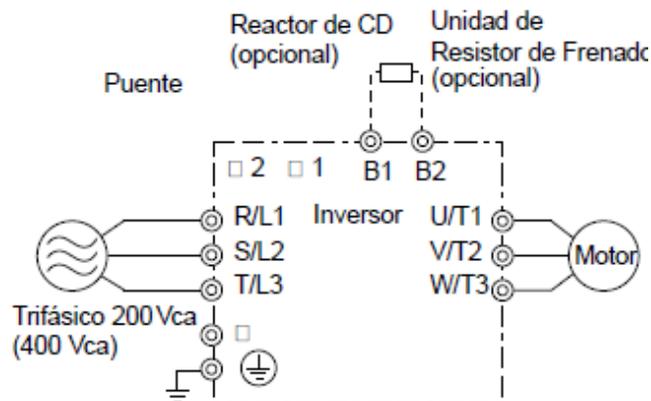


Figura 16. Conexión de las Terminales del Circuito Principal

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Para la conexión de los Variadores Yaskawa V1000 y los motores asíncronos Nord SK71L/4, se utiliza la conexión de la Figura 6, debido a la tensión de la alimentación presente en los laboratorios donde se utilizan los equipos que es de 220v.

## 2.8 BOTONERA

Los interruptores son operadores de comando que abren o cierran circuitos eléctricos. Son utilizados de forma manual o automática, en un típico proceso de automatización industrial. Algunos interruptores son mixtos, es decir, son de señalización y de comando, lo cual permite automatizar a la misma vez que se puede intervenir en el proceso de forma manual, cuando el operario u observador nota una señal luminosa o sonora. (Revoluciones Industriales, s.f.)

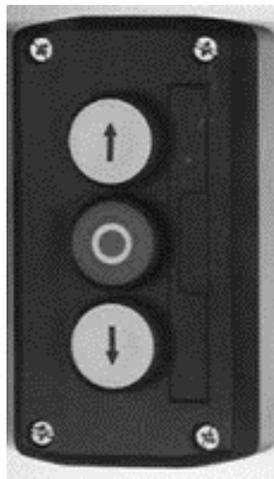


Figura17. Botonera de 3 posiciones.

La botonera de la figura17. Es utilizada comúnmente para controlar motores, dar marcha, invertir el giro y parar.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 3. METODOLOGÍA

---

Inicialmente, se procedió a realizar una exhaustiva consulta acerca de los motores Nord SK71I/4 y variadores V1000: sus características externas e internas, la forma en que se programaban, tipos de conexiones ofrecidas y su configuración. Ésta investigación se realizó, para el caso del variador, directamente en el sitio web del fabricante, el cual permite la descarga gratuita de sus manuales, destacándose la guía rápida, la cual proporciona conceptos fundamentales y de fácil comprensión para un inicio rápido de operaciones. Para el caso del motor, se consultó con su placa de identificación en internet acerca de sus configuraciones internas, ya que con el apoyo de docentes del ITM relacionados con las áreas de electrónica y mecánica se determinó que debían ser modificadas las cajas de borneras. Se consulta también en la página oficial de internet de la compañía fabricante del motor su hoja de operación y conexión.

Una vez se adquirieron los conceptos técnicos de los variadores y motores, y siendo un contenido bastante denso, se procedió a recibir asesorías presenciales en la sede Robledo del ITM para adquirir los conceptos funcionales de los elementos. Sin embargo, los motores estaban configurados de forma tal que no podían ser modificados, a menos que estos fueran abiertos por el usuario, lo que significaba un riesgo alto de accidente, sumado a que las guías que se desarrollarían serían principalmente dirigidas a estudiantes. Por tanto, la caja de bornes ubicado en el motor fue intervenida para que desde el exterior por medio de cables de construcción propia, se configurará a necesidad el funcionamiento de arranque del motor y éste pudiera ser conectado con éxito al variador.

Se diseñó un programa sencillo con el variador: el primer programa consistía en poner en marcha el motor Nord SK71I/4, y aunque parecía la aplicación más sencilla de todas se evidenció una falla en la construcción de la caja de borneras que pudo ser solucionada. Las

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

aplicaciones que se hicieron posteriormente tenían mayor grado de complejidad, como fue el caso de modificar las rampas de aceleración, desaceleración y velocidad. Estas rampas son de mucha utilidad si se necesita que un motor arranque en forma suave acelerando hasta llegar a una velocidad de operación específica. Otra de las aplicaciones consistió en implementar la operación de arranque y paro del motor por medio de una botonera conectada a las entradas digitales del variador.

Cuando se tuvieron los conocimientos necesarios del motor y sobre todo del variador, se sintetizó toda la información con el diseño de tres (3) guías de laboratorio, según las normas que regulan este tipo de informes dispuestas por el ITM para el desarrollo de las mismas. También, a solicitud del docente Santiago Vargas Restrepo, se socializó en los grupos que dirige el docente en la asignatura de Electrónica Industrial, los fundamentos básicos y la guía número uno(1), con una duración de dos (2) horas por grupo para un total de cuatro (4) horas de asesorías.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

El producto de la ardua tarea de investigación del presente trabajo de grado se sintetizó en la elaboración de tres guías de laboratorio dirigidas a estudiantes de electrónica. A continuación se explicarán detalladamente los ejercicios planteados en cada guía de trabajo.

La configuración de la conexión que se realiza al motor para todas las guías es en DELTA (Figura 13), la razón principal para esto es que la configuración en estrella utiliza el doble de voltaje de la conexión delta aunque conserve la misma potencia, además que los laboratorios del ITM cuentan únicamente con una red de 220 voltios por lo tanto se hace necesario trabajar en esta configuración. A continuación se observa la configuración en delta realizada en el motor:

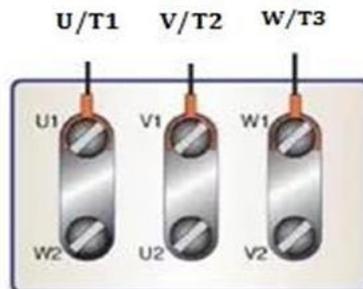


Figura 13. Conexión DELTA de motor trifásico.

Teniendo la configuración del motor hecha, se procede a conectar ahora el variador al motor y a la red trifásica de 220 voltios. La conexión que se presenta en el siguiente diagrama fue utilizada para el desarrollo de todas las guías.

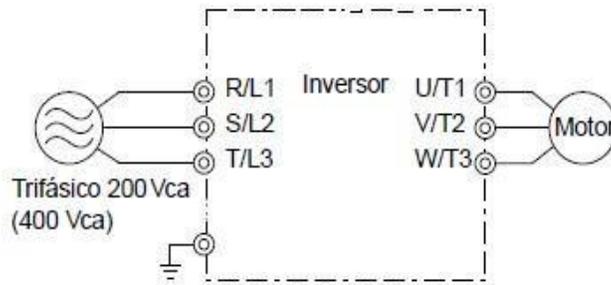


Figura 16. Diagrama de conexión de la alimentación al motor.

#### 4.1. INTRODUCCIÓN Y FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE UN VARIADOR

Con los conceptos básicos adquiridos de los variadores YASKAWA V1000 y motores Nord SK71I/4, se propuso a los estudiantes en la primera guía de trabajo realizar la conexión del variador con el motor y la puesta en marcha del motor realizando un AutoRun dinámico. Las conexiones necesarias son las presentadas anteriormente para las tres guías. Figura 13 (Conexión DELTA de motor trifásico). Figura 16 (Conexión de la alimentación al motor).

**NOTA:** Para realizar el AutoRun dinámico propuesto en esta guía primero se debe cambiar el modo de control del variador de V/F a Vectorial. Ese proceso se explica a continuación.

Paso a Paso		Visualización/Resultado
1.	Conecte el variador a la red de 220V. Se encenderá la pantalla.	
2.	Presione  para trabajar en modo local (se encenderá el indicador verde)	  → 

3.	Presione la tecla  hasta que aparezca el modo de programación (PAr) y presione la tecla  para acceder a la lista de parámetros.	
4.	Presione la tecla  dos veces para acceder a el parámetro A1 y luego presione la tecla  para seleccionar el parámetro A1-02.	
5.	Presione la tecla  para acceder a la configuración del parámetro.  <b>Parámetro (A1-02).</b>	<i>Selección del modo de control.</i> <i>Se selecciona la opción 1 por medio de las flechas, se confirma la elección presionando ENTER.</i>  <i>Selección del método de Control.</i> <b>0:</b> Control V/F <b>1:</b> Control Vectorial
6.	Por último se presiona la tecla  varias veces hasta volver al inicio del visualizador.	

Tabla 9. Procedimiento para cambiar el método de control.

Una vez verificado el modo de control se procede a realizar el AutoRun dinámico del variador. Este proceso se explica a continuación:

Paso a Paso	Visualización/Resultado
<b>1</b> Presione la tecla  hasta que aparezca la pantalla del Modo de Configuración (AutoRun), y presione la tecla  para confirmar modo y ver la pantalla de configuración de parámetros.	
<b>2.</b> Al realizar el paso anterior, aparecerá el menú de parámetros, uno por uno saldrán los mismos y seleccionaremos con ENTER el parámetro a configurar:  <b>Primer parámetro (T1-01).</b>	Selección del modo de AutoRun: Se selecciona la opción 0 por medio de las Flechas, se confirma la elección presionando ENTER  <b>0: Autotuning dinámico</b>
<b>3.</b> <b>Segundo parámetro (T1-02).</b>	Configura la potencia nominal del motor (kW). <b>(Ver en placa de motor).</b>
<b>4.</b> <b>Tercer parámetro (T1-03).</b>	Configura la tensión nominal del motor (V). <b>(Ver en placa de motor).</b>
<b>5.</b> <b>Cuarto parámetro (T1-04).</b>	Configura la corriente nominal del motor (A). <b>(Ver en placa de motor).</b>
<b>6.</b> <b>Quinto parámetro (T1-05).</b>	Configura la frecuencia base del motor (Hz). <b>(Ver en placa de motor).</b>
<b>7.</b> <b>Sexto parámetro (T1-06).</b>	Configura el número de polos del motor. <b><u>Para el caso del motor SK 71L/4 la cantidad de polos es 4</u></b>
<b>8.</b> <b>Séptimo parámetro (T1-07).</b>	Configura la velocidad base del motor (rpm o $\text{min}^{-1}$ ). <b>(Ver en placa de motor).</b>

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

<p>9..</p> <p>Al llegar al parámetro final que es</p> <p>(T1-07) se presiona la tecla  y</p> <p>por ultimo le se presiona </p>	<p>El variador carga la información que suministramos. El motor empezará a girar unos segundos más tarde. Se espera hasta que el motor se detenga por completo y presionamos la tecla  hasta volver al inicio del visualizador. Para darle marcha al motor presionamos. </p>
--	--

Tabla 10. Procedimiento de configuración.

En general, el desarrollo de esta guía en el curso de electrónica industrial donde se implementó fue en un principio complicado, debido que los estudiantes no tenían conocimiento teórico ni práctico sobre los elementos que aparecían en la guía de trabajo, por tanto, se brindó asesoría presencial de cuatro (4) horas en los cursos para socializar la guía y así obtener un mejor resultado. A continuación se muestran fotografías sobre los estudiantes desarrollando la actividad propuesta en la guía:

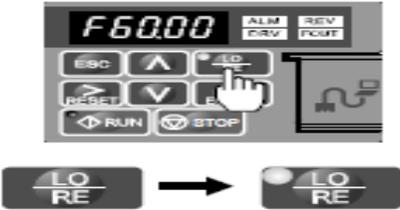


Figura 18. Fotografías tomadas en la socialización de la guía de trabajo número 001.

## 4.2. INVERSIÓN DE GIRO Y CAMBIO DE RAMPAS DE ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN.

En esta guía se propone aplicar la configuración y puesta en marcha de un variador Yaskawa V1000 para el control de velocidad, inversión de giro y modificación de rampas de aceleración y desaceleración de un motor trifásico asíncrono. Las conexiones necesarias son las presentadas anteriormente para las tres guías. Figura 13 (Conexión DELTA de motor trifásico). Figura 16 (Conexión de la alimentación al motor).

A continuación se explica procedimiento paso a paso.

Paso a Paso		Visualización/Resultado
1.	Conectar el variador a la red de 220V. Se encenderá la pantalla	
2.	Presione la tecla  para trabajar en modo local ( se encenderá el indicador verde)	
3.	Presione la tecla  hasta llegar al modo de configuración (PAr). Presione  para confirmar y obtener en pantalla el menú de configuración de parámetros.	
4.	<p>Seleccione cada parámetro a configurar con la tecla . Utilizando la tecla  se mueve el cursor de izquierda a derecha y con las teclas  y  se modifican los números de los parámetros.</p> <p>Selección del primer parámetro. Primer parámetro <b>(A1-02)</b>.</p>	<p>Con este parámetro se selecciona el método de control que se va a utilizar, se selecciona la opción 0.</p> <p>0: Control V/F          2: Vectorial lazo abierto (OLV)          5: Vectorial lazo abierto PM (PM)</p>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5.	Segundo parámetro (C1-01).	Configura el tiempo de aceleración (En segundos) de 0 Hz a la frecuencia de salida máxima.
6.	Tercer parámetro (C1-02).	Configura el tiempo de deceleración (En segundos) de la frecuencia de salida máxima a 0 HZ.
7.	Quinto parámetro (E1-01).	Configura la tensión nominal del motor (V). <b>(Ver en placa de motor).</b>
8.	Sexto parámetro (E1-04).	Frecuencia de salida máxima que alcanza el motor. Este variador posee una frecuencia de salida máxima de 400 HZ. Para ingresar la frecuencia mirar la placa del motor y observar la máxima frecuencia que soporta el motor.
9.	Séptimo parámetro (E2-01).	Configura la corriente nominal del motor (A). <b>(Ver en placa de motor).</b>
10.	Octavo parámetro (E2-04).	Configura el número de polos del motor. <b>Para el caso del motor SK 71L/4 la cantidad de polos es 4</b>
11.	Noveno parámetro (d1-01).	Con este parámetro podemos se varía la frecuencia de referencia con la cual trabaja el variador.
12.	Decimo parámetro (b1-04).	Se verifica que esté habitada la operación en reversa del variador. 0: Reversa habilitada. 1: Reversa inhabilitada.
13.	Para invertir el giro del motor se presiona la tecla  hasta volver al visualizador de frecuencia. Se presiona la tecla  para acceder al parámetro (For) y se presiona la tecla  .	
14.	El comando (For) se visualiza intermitente. Se presiona la tecla  para visualizar (rEv) y se presiona la tecla  para invertir el giro.	

Tabla 11. Procedimiento de configuración.

### 4.3. PROCESO DE START/STOP A MOTORES ASÍNCRONOS.

En esta guía se propone controlar de manera remota la puesta en marcha, inversión de giro y paro de un motor trifásico asíncrono mediante las entradas digitales del variador YASKAWA V1000, implementado una botonera de 3 posiciones.

Para comenzar con el procedimiento de un start/stop se debe reiniciar y configurar el variador en una secuencia de tres cables. Las conexiones necesarias son las presentadas anteriormente para las tres guías. Figura 13 (Conexión DELTA de motor trifásico). Figura 16 (Conexión de la alimentación al motor). Además de la conexión de una botonera siguiendo el esquema de la Figura 9. (Cableado para una Secuencia de 3 cables).

A continuación se explica procedimiento paso a paso.

Paso a Paso		Visualización/Resultado
1.	Conectar el variador a la red de 220V. Se encenderá la pantalla	
2.	Presione la tecla  para trabajar en modo local ( se encenderá el indicador verde)	 
3.	Presione la tecla  hasta llegar al modo de configuración (PAr). Presione  para confirmar y obtener en pantalla el menú de configuración de parámetros.	

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.	<p>Primer parámetro <b>(A1-02)</b>.</p>	<p><i>Inicializar parámetros:</i></p> <p><i>0: No inicializar</i>  <i>3330: Inicialización de 3 cables</i></p> <p><i>Nota: Para restablecer todos los parámetros a la configuración de fábrica se inicializa el variador y después se regresa A1-03 a 0.</i></p>
5.	<p>Se realiza un <b>(AutoRun)</b>, siguiendo los pasos de la primera guía.</p>	
6.	<p>Segundo parámetro <b>(C1-01)</b>.</p>	<p>Configura el tiempo de aceleración (En segundos) de 0 Hz a la frecuencia de salida máxima.</p>
7.	<p>Tercer parámetro <b>(C1-02)</b>.</p>	<p>Configura el tiempo de deceleración (En segundos) de la frecuencia de salida máxima a 0 HZ.</p>
8.	<p>Cuarto parámetro <b>(D1-01)</b>.</p>	<p>Con este parámetro podemos se varía la frecuencia de referencia con la cual trabaja el variador.</p>
9.	<p>Quinto parámetro <b>(H1-05)</b>.</p>	<p><i>Selección de Función de Terminal de Entrada Digital Multifunción S5:</i></p> <p><i>0: Secuencia de 3 cables.</i></p> <p><i>Cerrado: Rotación en reversa (sólo si el inversor está configurado para una secuencia de 3 cables)</i></p> <p><i>Con la configuración de la terminal S5, automáticamente las terminales S1 y S2 se configuran a una secuencia de 3 cables.</i></p>

Tabla 12. Procedimiento de configuración.

### **Cableado de las terminales de control.**

Se identifican el estado de los contactos de la botonera, uno normalmente cerrado y dos normalmente abiertos. Y se conectan siguiendo el Diagrama de Cableado para una Secuencia de 3 cables. Figura 9. (Cableado para una Secuencia de 3 cables).

#### 4.4. ACONDICIONAMIENTO DE MOTOR, VARIADOR Y CONSTRUCCIÓN DE CABLES PARA LA CONEXIÓN.

Para poner en funcionamiento el motor se realizaron algunas modificaciones en él, primero fue necesario modificar las tapas de caja bornes del motor ya que no tenían forma de ser conectadas al variador, se perforaron para colocarles borneras expuestas para que los estudiantes mediante cables pudieran realizar las conexiones que necesitaran sin tener que abrir la tapa de la caja de borneras de motor, aumentando la producción y la seguridad en clase. A continuación se muestra la caja de bornes antes de ser modificada y después de ser intervenida:

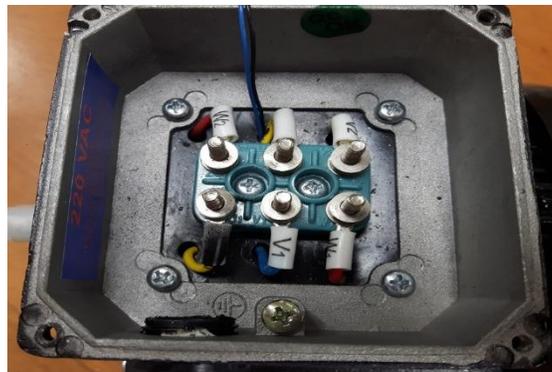


Figura 19. Caja de borneras sin intervención.



Figura 20. Caja de borneras intervenida para colocar los bornes superficiales.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 21. Motores con caja de bornes expuesta

Después de intervenir el motor, y para la conexión entre las borneras del motor y el variador se fabricaron 60 cables de 70 centímetros de longitud y de configuración macho-macho en terminal banana:



Figura 22. Cables de elaboración institucional para conexión Motor-Variador

Una vez establecida la conexión entre motor y variador, se necesitaba alimentar el variador a la fuente de alimentación trifásica de 220 voltios y para esto se elaboró un cable con las terminales tipo banana que ingresara en las borneras del motor y una punta de entrada de red trifásica.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 23. Cables de conexión a red trifásica

Por último, era necesario realizar un puente interno en el variador entre las terminales HC y H1, esto con el fin de que el variador opere de manera normal, de lo contrario el variador necesita de una entrada de seguridad entre estas mismas terminales.



Figura 24. Puente de entre terminales HC y H1 para desconexión de seguridad.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

---

Las herramientas son el principal elemento que permite el desarrollo de una actividad que, sea cual sea su aplicación, precisa de una buena elaboración o control gracias a estas. Si bien el resultado del pintor son obras artísticas de compleja elaboración y hermosos resultados sería imposible llegar a estos si no hubiera contado con los pinceles indicados para bordear, demarcar, dar brillo o sombras y realizar las mezclas para concluir su obra. De esta misma forma el estudiante, aunque hubiera adquirido en su formación académica los conceptos y competencias necesarias, debe trabajar de la mano con las herramientas y elementos que permitan una actividad práctica exitosa, así el concepto de formación integral del estudiante se cumple para todos los indicadores pedagógicos.

La elaboración de una serie de guías para la manipulación de motores asíncronos, por medio de un variador, es el resultado de un compromiso exhaustivo por la investigación autónoma de sus elaboradores y de coherencia con el perfil del profesional formado en el ITM, que desean dar valor a su conocimiento aportando a la academia instrucciones para la ejecución de tareas que, de seguir su orden, brinda al lector fundamentos para adquirir competencias en el modo de operación de los elementos electromecánicos.

La construcción de las guías se debe en parte al manejo de los desarrolladores de éstas con un software (V1000 FAMILY PROGRAMMING SIMULATOR TOOL, 2016) ya que se permite por medio de éste realizar actividades funcionales en pro del desarrollo de los objetivos específicos sin necesidad alguna de intervenir directamente con el mecanismo físico, de esta manera, se aplican las secuencias que se evidencian en cada una de las guías y se obtienen los mismo resultados que de la operación física; se aconseja además que el primer contacto que debe tener el sujeto en formación es el simulador virtual, así se logra

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

salvaguardar la integridad del usuario en formación porque puede no contar con el conocimiento básico para su manipulación, además se pueden explorar toda la gama de comandos operativos que presenta el software para su amplia aplicación en formato físico.

Terminado el ciclo de desarrollo de las guías practico- teórica se puede concluir con satisfacción que su empleo es completamente funcional a la asignatura de Electrónica Industrial al que está dirigido y que su ejecución es de simple comprensión pero de amplio campo de aplicación, complementándose además con la buena elaboración de las herramientas que facilitan las conexiones que permiten la puesta en funcionamiento de los variadores y de los motores asíncronos. La cantidad de aplicaciones que pueden desarrollarse con los variadores y motores son iguales a la capacidad humana para identificar operaciones para los mismos, es decir, que la cantidad de ejecutables que se pueden desarrollar a partir de estos elementos están infinitamente sincronizados con la imaginación humana. Por tanto, la cantidad de guías de aplicación académica que se enfoque en el desarrollo de competencias de los estudiantes está limitada por la creatividad de los próximos creadores, a los cuales se les dispone de los demás elementos elaborados: cable de poder trifásico de tres hilos, cable de conexión tipo banana de configuración macho-macho y disposición individual de líneas de entrada y salidas del motor en la caja de borneras del motor.

Los autores de este informe además de dedicar sus conocimientos adquiridos durante la elaboración de las guías y la construcción de los elementos que permitían el normal desarrollo de las mismas, realizaron un arduo trabajo en los laboratorios de docencia del ITM, prestando servicios de asesoría, mantenimiento general de equipos y piezas electrónicas y acompañando en servicios pedagógicos de los profesionales que se desempeñan en los laboratorios.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

se recomienda a quien desee continuar el ciclo de investigación y desarrollo de aplicaciones de los variadores YASKAWA V1000 y los motores asíncronos SK711/4 que trace una ruta de iniciación de los conocimientos que se adquieren en los semestres iniciales de las carreras de la Facultad de Ingenierías, para que dependiendo de los logros que se obtienen en éstos se impulse el manejo y control de los motores y variadores para que desde el inicio de su formación los estudiantes se vayan capacitando y puedan potencializar aún más sus habilidades en la electrónica asociada a la industria.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## REFERENCIAS

---

Arango, G. M. (2004). *La Educación Superior en Colombia: Análisis y estrategias para su desarrollo*. Bogotá: UNIBIBLOS.

eHow. (s.f.). Recuperado el 05 de 07 de 2016, de eHow en Español:  
[http://www.ehowenespanol.com/diferencias-conexion-estrella-triangulo-info\\_465147](http://www.ehowenespanol.com/diferencias-conexion-estrella-triangulo-info_465147)

McGraw-Hill Education. (s.f.). Recuperado el 05 de 04 de 2016, de McGraw-Hill Education:  
<http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448173104.pdf>

Revoluciones Industriales. (s.f.). Recuperado el 15 de 09 de 2016, de Revoluciones Industriales:  
<http://www.revolucionesindustriales.com/electronica/automatizacion-industrial/interruptores.html>

SEIN ENERGÍA. (s.f.). Recuperado el 10 de 04 de 2016, de <http://www.seinenergia.es/page80.html>

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Avellaneda. (s.f.). Recuperado el 15 de 04 de 2016, de UTN Fra Avellaneda:  
[http://www.fra.utn.edu.ar/download/carreras/ingenierias/electrica/materias/planestudio/quintonivel/electronica/apuntes/variadores\\_de\\_frecuencia.pdf](http://www.fra.utn.edu.ar/download/carreras/ingenierias/electrica/materias/planestudio/quintonivel/electronica/apuntes/variadores_de_frecuencia.pdf)

YASKAWA. (s.f.). *potenciaelectromecanica*. Recuperado el 08 de 08 de 2016, de  
<http://www.potenciaelectromecanica.com/inversores-variadores-de-frecuencia/inversores-yaskawa-baja-tension-bt/v1000/>

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES   Daniel Gómez    
  Mauricio G.    
  [Signature]  

FIRMA ASESOR   [Signature]  

FECHA ENTREGA:   17-11-2016  

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD \_\_\_\_\_

RECHAZADO\_\_\_      ACEPTADO\_\_\_      ACEPTADO CON MODIFICACIONES\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_  
 FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_  
 FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

Institución Universitaria 

MODALIDAD TRABAJO DE GRADO  
PRODUCTO OBTENIDO EN TALLERES O LABORATORIOS DEL ITM

Registro de actividades y cumplimiento de horas / Talleres o Laboratorios de DOCENCIA

Código	FDE 146
Versión	02
Fecha	2015-09-30

Documento de Identidad: 1096549868

Nombre completo del estudiante: Fabian Mauricio Cortes Castell

Programa académico ITM: Electrónica.

Nombre completo del Docente Asesor: Alexander Anas Jandono

Fecha de iniciación del producto (aaaa/mm/dd): Febrero 19/2016 Fecha de terminación del producto (aaaa/mm/dd):

Nombre Taller o Laboratorio: Laboratorio de circuitos Eléctricos y Electrónica

Ubicación: 4-103

Campus: Fátima

Fecha A M D	Actividad desempeñada por el estudiante	Hora Ingreso	Hora salida	Total horas	Firma Laborantista	Firma Estudiante
16/02/19	Atención de grupos Programados	6:00pm	10:00pm	4h	<i>[Firma]</i>	Mauricio G.
16/02/26	Atención grupos programados	6:00	10:00	4	<i>[Firma]</i>	Mauricio G.
16/03/04	Atencion grupos programados.	18:00	22:00	4	<i>[Firma]</i>	Mauricio G.
16/03/05	Atención grupos Programados	07:00	16:00	4	<i>[Firma]</i>	Mauricio G.
11/11	Atencion Grupos Programados	18:00	22:00	4	<i>[Firma]</i>	Mauricio G.
11/18	Atencion Grupos Programados.	18:00	22:00	4	<i>[Firma]</i>	Mauricio G.
27/05/16	Atencion Trabajo independiente Finales	04:00	08:00	4h	Mario Tenorio D	Mauricio G.
16/03/25	Atención grupos Programados	18:00	22:00	4	Delisa Ch	Mauricio G.
16/04/21	Atención grupos Programados	18:00	22:00	4	Delisa Ch	Mauricio G.
16/04/08	Atención grupos Programados	18:00	22:00	4	Delisa Ch	Mauricio G.

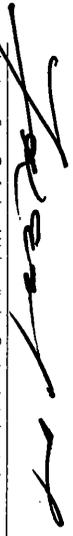


Fecha A. M. D.	Actividad desempeñada por el estudiante	Hora Ingreso	Hora Salida	Total horas	Firma Laboratorista	Firma Estudiante
16 02 19	Atención de grupos programados	18:00	22:00	4	<i>Delicia Lum.</i>	Daniel Gómez
16 02 24	Atención de grupos programados	18:00	22:00	4	<i>Delicia Lum.</i>	Daniel Gómez
16 03 2	Atención de grupos programados	18:00	22:00	4	<i>Delicia Lum.</i>	Daniel Gómez
16 03 9	Atención de grupos programados	18:00	22:00	4	<i>Delicia Lum.</i>	Daniel Gómez
16 03 16	Atención de grupos programados	18:00	22:00	4	<i>Delicia Lum.</i>	Daniel Gómez
16 03 23	Atención de grupos programados	18:00	22:00	4	<i>Delicia Lum.</i>	Daniel Gómez
16 03 30	Atención de grupos programados	18:00	22:00	4	<i>Delicia Lum.</i>	Daniel Gómez
16 04 6	Atención de grupos programados	18:00	22:00	4	<i>Delicia Lum.</i>	Daniel Gómez
16 04 13	Atención de grupos programados	18:00	22:00	4	<i>Delicia Lum.</i>	Daniel Gómez
16 04 20	Atención de grupos programados	18:00	22:00	4	<i>Delicia Lum.</i>	Daniel Gómez

Documento de identidad: 1013182342  
 Nombre completo del estudiante: Daniel Ferrnando Gómez Alvarez  
 Programa académico ITM: Electrónica  
 Nombre completo del Docente Asesor: Alexander Ariza Londoño  
 Fecha de iniciación del producto (aaaa/mm/dd): Febrero 17 / 2016  
 Fecha de terminación del producto (aaaa/mm/dd): Junio 1 / 2016  
 Nombre Taller/Laboratorio: Laboratorio de Circuitos Eléctricos y Electrónica  
 Ubicación: K-103  
 Campus: Fraternidad

16 04 27	Atención de grupos programados	18:00	22:00	4	Deleracl	David Gomez
16 05 4	Atención de grupos programados	18:00	22:00	4	Deleracl	David Gomez
16 05 11	Atención de grupos programados	18:00	22:00	4	Deleracl	David Gomez
16 05 18	Atención de grupos programados	18:00	22:00	4	Deleracl	David Gomez
16 05 25	Atención de grupos programados	18:00	22:00	4	Deleracl	David Gomez
16 06 01	Atención de grupos programados.	18:00	22:00	4	Deleracl	David Gomez
TOTAL HORAS						

Firmado Estudiante  
David Gomez  
 Nombre y firma Laboratorio

Nombre y firma Profesional Universitario - Centro de Laboratorios  




Institución Universitaria

MODALIDAD TRABAJO DE GRADO  
 PRODUCTO OBTENIDO EN TALLERES O LABORATORIOS DEL ITM  
 Registro de actividades y cumplimiento de horas / Talleres o Laboratorios de DOCENCIA

Código	FDE 146
Versión	02
Fecha	2015-09-30

Documento de Identidad:	10407341432	
Nombre completo del estudiante:	JUAN DAVID ARIAS RAMIREZ.	
Programa académico ITM:	Tecnología Electrónica	
Nombre completo del Docente Asesor:	Alexander Arias Londrino	
Fecha de iniciación del producto (aaaa/mm/dd):	16/08/12	Fecha de terminación del producto (aaaa/mm/dd): 16/11/16
Nombre Taller o Laboratorio:	Laboratorio circuitos electricos y electromecanicos	
Ubicación:	K-103, K-104, M-102	
Campus:	Tutaymidad	

Fecha A: M: D	Actividad desempeñada por el estudiante	Hora Ingreso	Hora salida	Total horas	Firma Laboratorista	Firma Estudiante
16/08/17	Atención a estudiantes, docentes y usuarios externos	18:00	22:00	4	Mauriel Estrada	[Firma]
16/08/24	Atencion docente y trabajo independiente. Chequeo equipos	18:00	22:00	4	Mauriel Estrada	[Firma]
16/08/31	Atención a las actividades académicas en el lab	18:00	22:00	4	Mauriel Estrada	[Firma]
16/09/7	Atención a las actividades de docencia en el lab	18:00	22:00	4	Mauriel Estrada	[Firma]
16/09/14	Apoyo actividades académicas en el lab	18:00	22:00	4	Mauriel Estrada	[Firma]
16/09/21	Apoyo actividades académicas en el lab	18:00	22:00	4	Mauriel Estrada	[Firma]
16/09/28	Apoyo actividades académicas en el lab	18:00	22:00	4	Mauriel Estrada	[Firma]
16/10/5	Apoyo actividades académicas en el lab	18:00	22:00	4	Mauriel Estrada	[Firma]
16/10/12	Apoyo actividades académicas en el lab	18:00	22:00	4	Mauriel Estrada	[Firma]
16/10/19	Apoyo actividades académicas en el lab	18:00	22:00	4	Mauriel Estrada	[Firma]



