

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**CARRERA DE AVIÓNICA**

**“IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULOS VARIADORES DE VELOCIDAD PARA MOTORES TRIFÁSICOS Y ELABORACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO”**

**POR:**

**FIERRO JARRÍN SANTIAGO ANDRÉS**

**Trabajo de Graduación como requisito para la obtención del Título de:**

**TECNÓLOGO EN AVIÓNICA**

**2009**

# CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el **Sr. FIERRO JARRÍN SANTIAGO ANDRÉS**, como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN AVIÓNICA.

---

**Ing. Pablo Pilatasig.**

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

**Latacunga, Septiembre del 2009**

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto lo dedico a Dios sin el cual sería imposible la realización de todas las metas que me he propuesto. Mis padres quienes me brindaron su apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida y sobre todo en el campo estudiantil.

De igual manera a mis hermanos quienes me han brindado su ejemplo a lo largo de mi vida en especial en el ámbito profesional.

**Fierro Jarrín Santiago Andrés.**

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi gratitud primeramente a Dios, ya que por medio de sus bondades y providencia he podido culminar uno de mis primeros sueños, nunca faltaron los tiempos de pruebas y gracias a ellos, Dios ha ido moldeando toda mi vida.

A todo el equipo docente del Instituto, quienes con sus conocimientos y ejemplo supieron guiarme por el camino de la excelencia.

De igual manera a todos mis amigos y compañeros que de cualquier forma aportaron con la finalización del presente proyecto.

**Fierro Jarrín Santiago Andrés.**

# ÍNDICE GENERAL

Portada.....	I
Certificación .....	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimientos .....	IV
Índice General .....	V
Índice de Tablas .....	X
Índice de Figuras.....	XI
Lista de anexos.....	XIII
Resumen .....	1

## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA

1.1	Planteamiento del problema.....	2
1.2	Formulación del problema.....	2
1.3	Justificación e importancia.....	2
1.4	Objetivos.....	3
1.4.1	Objetivo general.....	3
1.4.2	Objetivos específicos.....	3
1.5	Alcance.....	4

## **CAPÍTULO II**

### **PLAN DE INVESTIGACIÓN**

2.1	Modalidad básica de la investigación .....	5
2.2	Tipos de Investigación .....	5
2.3	Niveles de Investigación .....	5
2.4	Universo, Población y Muestra .....	6
2.5	Recolección de datos.....	6
2.6	Procesamiento de la información.....	6
2.7	Análisis e interpretación de resultados .....	7
2.8	Conclusiones y recomendaciones.....	7

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO DEL PROBLEMA**

3.1	Antecedentes de la investigación .....	8
3.2	Fundamentación teórica .....	9
3.2.1	Definiciones básicas .....	9
3.2.1.1	Control .....	9
3.2.1.2	Circuito de mando control.....	9
3.2.1.3	Circuito de potencia.....	9
3.2.2	Variador de velocidad.....	10
3.2.2.1	Definición.....	10
3.2.2.2	Tipos de variadores de velocidad.....	10
3.2.3	Ventajas y desventajas de utilización de un variador de velocidad.....	11
3.2.4	Principales funciones de los variadores de velocidad electrónicos.....	12
3.2.5	Diagrama de bloques.....	14
3.2.6	Composición de un variador de frecuencia .....	14
3.2.7	Aplicaciones .....	15

# CAPITULO IV

## EJECUCIÓN DEL PLAN METODOLÓGICO

4.1	Modalidad Básica de la Investigación .....	16
4.2	Tipos de la Investigación .....	17
4.3	Niveles de investigación .....	17
4.4	Universo población y muestra .....	19
4.5	Recolección de datos .....	19
4.6	Procesamiento de la información .....	19
4.6.1	Revisión de la información recogida.....	20
4.6.2	Limpieza de información defectuosa .....	20
4.6.3	Tabulación de datos .....	20
4.6.4	Representación gráfica de los datos .....	20
4.7	Análisis e interpretación de resultados.....	20
4.8	Conclusiones y Recomendaciones .....	36
4.8.1	Conclusiones .....	36
4.8.2	Recomendaciones .....	37
4.9	Denuncia del tema.....	37

## **CAPÍTULO V**

### **FACTIBILIDAD**

5.1	Técnica .....	38
5.1.1	Identificación de alternativas .....	38
5.1.1.1	Alternativa 1 .....	39
5.1.1.2	Alternativa 2 .....	40
5.1.1.3	Alternativa 3 .....	41
5.1.2	Selección de la mejor alternativa .....	43
5.1.3	Tabla Matriz de decisión.....	43
5.2	Legal.....	44
5.3	Apoyo.....	45
5.3.1	Recursos.....	45
5.3.1.1	Recursos Humanos .....	45
5.3.1.2	Recursos Técnicos .....	46
5.3.1.3	Recursos Materiales .....	46
5.3	Presupuesto.....	46

## **CAPITULO VI**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

6.1	Especificaciones.....	48
6.1.1	Variador de Frecuencia PowerFlex4 .....	48
6.1.2	Consideraciones de Montaje .....	48
6.1.3	Capacidades nominales del variador de velocidad PowerFlex 4.....	49
6.1.4	Bloque de Potencia del variador PowerFlex 4 .....	50
6.1.5	Bloque de control del variador de velocidad PowerFlex 4.....	52
6.1.6	Teclado Integral.....	55
6.1.7	Parámetros de Grupo de Visualización.....	58
6.1.8	Parámetros de Grupo de Programación Básica.....	61
6.1.9	Parámetros de Grupo Avanzado.....	68
6.1.10	Códigos de fallo .....	69

6.2	Instalación del variador PowerFlex 4 en el tablero de control .....	73
6.3	Prueba de eficiencia.....	81
6.4	Prueba y análisis de resultados.....	85
6.4.1	Guía de laboratorio 1 .....	85
6.4.2	Guía de laboratorio 2 .....	94
6.4.3	Guía de laboratorio 3.....	104

## **CAPITULO VII**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

7.1	Conclusiones.....	117
7.2	Recomendaciones.....	118

**Glosario de términos.**

**Bibliografía.**

**Anexos.**

**Hoja de vida del autor.**

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Porcentaje de resultados de la pregunta 1 .....	21
Tabla 4.2 Porcentaje de resultados de la pregunta 2 .....	22
Tabla 4.3 Porcentaje de resultados de la pregunta 3 .....	24
Tabla 4.4 Porcentaje de resultados de la pregunta 4 .....	25
Tabla 4.5 Porcentaje de resultados de la pregunta 5 .....	27
Tabla 4.6 Porcentaje de resultados de la pregunta 6 .....	28
Tabla 4.7 Porcentaje de resultados de la pregunta 7 .....	30
Tabla 4.8 Porcentaje de resultados de la pregunta 8 .....	31
Tabla 4.9 Porcentaje de resultados de la pregunta 9 .....	33
Tabla 4.10 Porcentaje de resultados de la pregunta 10 .....	34
Tabla 5.1 Selección de la mejor alternativa.....	43
Tabla 5.2 Matriz de decisión.....	44
Tabla 5.3 Costos Primarios .....	47
Tabla 5.4 Costos Secundarios .....	47
Tabla 6.1 Costos Especificaciones del variador de velocidad PowerFlex 4 .....	49
Tabla 6.2 Número de cable recomendado bloque potencia .....	52
Tabla 6.3 Descripción de los terminales del bloque de control.....	54
Tabla 6.4 Número de cable recomendado bloque control.....	55
Tabla 6.5 Descripción de teclado integral .....	56
Tabla 6.6 Frecuencia de salida .....	58
Tabla 6.7 Comando de frecuencia .....	58
Tabla 6.8 Frecuencia de salida .....	58
Tabla 6.9 Tensión de salida .....	59
Tabla 6.10 Tensión bus DC.....	59
Tabla 6.11 Código de fallo .....	60
Tabla 6.12 Entrada analógica 0-10V .....	60
Tabla 6.13 Entrada analógica 4-20mA .....	61
Tabla 6.14 Temperatura de variador .....	61
Tabla 6.15 Voltaje según placa del motor .....	62
Tabla 6.16 Frecuencia según placa del motor.....	62
Tabla 6.17 Intensidad según placa del motor.....	62

Tabla 6.18 Frecuencia mínima .....	63
Tabla 6.19 Frecuencia máxima .....	63
Tabla 6.20 Tiempo aceleración .....	66
Tabla 6.21 Tiempo desaceleración .....	67
Tabla 6.22 Dimensiones del variador PowerFlex4 .....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1 Pastel de la Pregunta 1 .....	21
Figura 4.2 Pastel de la Pregunta 2 .....	23
Figura 4.3 Pastel de la Pregunta 3 .....	24
Figura 4.4 Pastel de la Pregunta 4 .....	26
Figura 4.5 Pastel de la Pregunta 5 .....	27
Figura 4.6 Pastel de la Pregunta 6 .....	29
Figura 4.7 Pastel de la Pregunta 7 .....	30
Figura 4.8 Pastel de la Pregunta 8 .....	32
Figura 4.9 Pastel de la Pregunta 9 .....	33
Figura 4.10 Pastel de la Pregunta 10 .....	35
Figura 6.1 Montaje del Variador .....	48
Figura 6.2 Primer cobertor .....	50
Figura 6.3 Segundo cobertor .....	51
Figura 6.4 Bloque de Potencia .....	51
Figura 6.5 Bloque de Control .....	53
Figura 6.6 Panel Frontal .....	55
Figura 6.7 Estado del Variador .....	60
Figura 6.8 Dimensiones del variador PowerFlex4 .....	73
Figura 6.9 Montaje del variador PowerFlex4 .....	74
Figura 6.10 Conexión variador PowerFlex4 con motor trifásico .....	75
Figura 6.11 Cable utilizado en bloque de Potencia .....	76
Figura 6.12 Terminales conectados correctamente en el Variador .....	76
Figura 6.13 Cheque de voltaje en el Bloque de control .....	77

Figura 6.14 Micro Interruptor en la posición (SNK) o drenador.....	77
Figura 6.15 Micro Interruptor en la posición (SRC) o fuente.....	78
Figura 6.16 Disyuntores en posición "ON" .....	78
Figura 6.17 Edición de parámetros que dependen de la placa del motor.....	79
Figura 6.18 Edición de parámetros que no dependen de la placa del motor.....	79
Figura 6.19 Acople del variador con otros dispositivos de control.....	80
Figura 6.20 Manipulación en el bloque de Potencia.....	80
Figura 6.21 Manipulación en el bloque de control.....	81
Figura 6.22 Visualización predeterminada de inicio.....	81
Figura 6.23 Parámetro de visualización.....	82
Figura 6.24 Ingreso al menú del variador.....	82
Figura 6.25 Parámetro de programación.....	83
Figura 6.26 Ingreso al parámetro P031.....	83
Figura 6.27 Edición del parámetro P031.....	83
Figura 6.28 Confirmación del valor deseado.....	84
Figura 6.29 Salida al menú del variador.....	84

## LISTA DE ANEXOS

**Anexo A.-** Encuesta dirigida a los alumnos del 5to nivel de electrónica y docentes del área.

**Anexo B.-** Ficha de observación de los dispositivos electrónicos de control existentes en el laboratorio de control industrial del "ITSA".

**Anexo C.-** Circuitos equivalentes utilizando contactores y temporizadores.

## RESUMEN

Mediante el siguiente trabajo investigativo se pudo llevar a cabo la implementación de dos variadores de velocidad PowerFlex 4 en el laboratorio de Control Industrial del ITSA, junto con tres guías de laboratorio con el fin de ayudar a los estudiantes a utilizar los nuevos módulos didácticos. Para realizar la instalación mencionada fue necesario una encuesta a los alumnos del quinto nivel de la carrera de Electrónica y a tres docentes relacionados con la materia de Control Industrial, en donde se determinó la necesidad de instalar dos variadores de velocidad para mejorar el interaprendizaje de los estudiantes.

Posterior a ello se realizó un estudio de factibilidad en la que se determinaron tres marcas de variadores de velocidad, resultando el variador PowerFlex 4 como la mejor alternativa gracias a sus características técnicas y a su bajo costo en relación a los otros dispositivos.

Una vez adquirido el variador de velocidad, se procedió a realizar prácticas de funcionalidad y de acoplamiento con los dispositivos de control ya existentes en el laboratorio de Control Industrial del ITSA, para lo cual fue importante una práctica que incluya un sensor fotoeléctrico, un relé programable Zelio y el variador de velocidad PowerFlex 4, dando como resultado un excelente proceso de control.

Finalmente se procedió a realizar el informe escrito del trabajo investigativo para la obtención del título.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 Planteamiento del problema**

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico dispone de un laboratorio de Control Industrial para el aprendizaje práctico de los alumnos; contando para ello con dispositivos electrónicos de control que operan en buenas condiciones pero que con el avanzar del tiempo y la tecnología, estos dispositivos requieren de otros elementos electrónicos de control adicionales para llevar a cabo un proceso de control industrial más complejo. Es por esa razón que se refleja la necesidad de implementar el laboratorio con dispositivos de control que dispongan de una buena tecnología con el propósito de mejorar el interaprendizaje y desarrollo práctico de los estudiantes.

### **1.2 Formulación del problema**

¿Cómo contribuirá a la mejora del proceso de interaprendizaje la implementación de dispositivos electrónicos de control en el laboratorio de Control Industrial del ITSA?

### **1.3 Justificación e importancia**

Está claro que los dispositivos electrónicos de control disponibles en el laboratorio de control industrial del ITSA, han estado funcionando óptimamente las veces que se los ha utilizado, más en vista de que la tecnología avanza cada día; los dispositivos de control también mejoran su tecnología con el fin de ahorrar costos y tiempo a la empresa industrial.

Esto lo podemos observar en los países avanzados, ya que ellos están dando mayor apertura a los dispositivos electrónicos de control por sus características físicas en volumen y aun más por el tipo de mantenimiento que estos demandan.

Es muy importante que el laboratorio de Control Industrial del ITSA cuente con una mayor cantidad de dispositivos electrónicos de control, para ampliar conocimientos y aumentar la destreza de los alumnos en esta área y garantizar en un futuro el buen desenvolvimiento en las industrias de nuestro país que van por un camino de mejorar su producción.

#### **1.4 Objetivos:**

##### **1.4.1 General**

Investigar cómo mejorar el interaprendizaje de los alumnos de la carrera de Electrónica mediante la implementación de dispositivos electrónicos de control en el laboratorio de Control Industrial del "ITSA".

##### **1.4.2 Específicos**

- Investigar las marcas de dispositivos electrónicos de control utilizados en la industria.
- Analizar las marcas más convenientes para utilizarlas en el laboratorio de Control Industrial del "ITSA".
- Seleccionar la mejor alternativa de acuerdo a las características técnicas.

## **1.5 Alcance**

Este proyecto permitirá reforzar el laboratorio de Control Industrial del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, mediante la implementación de dispositivos electrónicos de control al igual que guías de laboratorio respectivos para efectivizar el proceso de enseñanza y aprendizaje académico.

## **CAPÍTULO II**

### **PLAN DE INVESTIGACIÓN**

#### **2.1 Modalidad básica de la investigación**

- **Investigación de campo.-** Será fundamental utilizar la investigación de campo, ya que es importante dirigirse al quinto nivel de Electrónica del Instituto para realizar una encuesta a los alumnos que están relacionados directamente con el tema de investigación.
- **Bibliográfica documental.-** La investigación bibliográfica documental será de gran beneficio para el objeto de estudio, porque será importante contar con fuentes documentales las cuales serán de ayuda para llevar un proceso de investigación garantizado.

#### **2.2 Tipos de investigación**

- **Investigación no experimental.-** Se utilizará la investigación no experimental, ya que nos permitirá conocer la situación actual del interaprendizaje en el laboratorio de Control Industrial del "ITSA".

#### **2.3 Niveles de investigación**

Los niveles de investigación que se utilizarán son los siguientes:

- **Descriptiva.** La investigación descriptiva permitirá identificar las ventajas y desventajas que presentan los diferentes dispositivos electrónicos de control.
- **Correlacional.-** La investigación correlacional permitirá determinar, las diferentes aplicaciones que se les puede asignar a los dispositivos electrónicos de control.

## 2.4 Universo, Población y Muestra

- **Universo.-** Como universo se tomará en cuenta el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico porque es el lugar donde se realizará la investigación.
- **Población.-** Se tomará en cuenta al personal docente relacionado con la materia de Control Industrial y a los alumnos de quinto nivel de electrónica del "ITSA".
- **Muestra.-** Se procederá a realizar un muestreo probabilístico estratificado según los requerimientos de la investigación.

## 2.5 Recolección de datos

La recolección de datos se realizará en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico ya que es allí donde realizaremos las encuestas a los alumnos del quinto nivel de Electrónica y al personal docente, relacionado con la materia, donde se dará un tiempo límite de 15 minutos para que puedan contestar las preguntas planteadas. Posterior a ello se encuestará al personal docente para tener el respaldo necesario.

## 2.6 Procesamiento de la información

Para realizar el procesamiento de la información se tomará en cuenta los resultados que serán obtenidos mediante la encuesta, para posterior a ellos llevarlos a un análisis de acuerdo al siguiente orden: revisar en forma crítica la información recogida, cualquier información defectuosa se limpiará, tabulación de datos y representación gráfica de los datos.

## **2.7 Análisis e interpretación de resultados**

Para el análisis e interpretación de resultados se llevará a cabo una interpretación y análisis de cada pregunta planteada en la encuesta en función de los gráficos estadísticos que entregue la investigación.

## **2.8 Conclusiones y recomendaciones**

Las conclusiones y recomendaciones se las obtendrá en base a los objetivos planteados en el problema y a la encuesta dirigida a los alumnos y profesores relacionados directamente con la materia de control industrial.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Antecedentes de la investigación.**

El laboratorio de Control Industrial del ITSA donde hoy en día muchos alumnos pueden poner en práctica sus conocimientos, está equipado con varias tesis afines realizadas por ex compañeros de la especialidad de aviónica del ITSA. En el año 2002 los alumnos Andrade Omar y Barriga Jorge realizaron el tema de tesis: “IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE CONTROL INDUSTRIAL EN EL ITSA, MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS DIDÁCTICOS PARA PRÁCTICAS EN TEMPORIZADORES Y ELABORACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO.” Cuyo objetivo fue implementar en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico el laboratorio de Control Industrial para aumentar el conocimiento práctico de los estudiantes.<sup>1</sup>

En el año 2002 Alumnos como Gallegos Freddy y Mayorga Christian realizaron el tema de tesis: “IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE CONTROL INDUSTRIAL EN EL “ITSA”, MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS DIDÁCTICOS PARA PRÁCTICAS DE ARRANQUES DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA Y ELABORACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO”. Cuyo objetivo fue brindar a las futuras generaciones de tecnólogos de esta noble Institución la oportunidad de contar con un laboratorio de Control Industrial que les permita realizar sus prácticas didácticas dentro de nuestra área.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Tesis, Implementación del laboratorio de Control Industrial en el ITSA, mediante la construcción de módulos didácticos para prácticas en temporizadores y elaboración de guías de laboratorio, Andrade Omar y Barriga Jorge.2002

<sup>2</sup> Tesis, Implementación del laboratorio de Control Industrial en el “ITSA”, mediante la construcción de módulos didácticos para prácticas de arranques de motores de corriente alterna, Gallegos Freddy y Mayorga Christian. 2002

## **3.2 Fundamentación Teórica**

### **3.2.1 Definiciones básicas**

#### **3.2.1.1 Control**

Se puede definir control como la manipulación indirecta de las magnitudes de un sistema llamado circuito de mando y otro llamado circuito de potencia.<sup>3</sup>

#### **3.2.1.2 Circuito de mando o control**

Este sistema o circuito es el encargado de controlar el funcionamiento del contactor. Normalmente consta de elementos de mando (pulsadores, interruptores, etc.) elementos de protección, bobinas de contactores, temporizadores y contactos auxiliares.

Este circuito está separado eléctricamente del circuito de potencia, es decir, que ambos circuitos pueden trabajar a tensiones diferentes, por ejemplo, el de potencia a 380 V de a.c y el de mando a 24 V c.c.<sup>4</sup>

#### **3.2.1.3 Circuito de potencia**

Es el encargado de alimentar al receptor (motor, calefacción, iluminación, etc.)<sup>5</sup>

---

<sup>3</sup> UNIVERSIDAD POLITÉCNICA NACIONAL (1990). “Manual de Control Industrial”

<sup>4</sup> UNIVERSIDAD POLITÉCNICA NACIONAL (1990). “Manual de Control Industrial”

<sup>5</sup> [http://www.automatas.org/siemens/intr\\_s5\\_\(1\).htm](http://www.automatas.org/siemens/intr_s5_(1).htm)

## **3.2.2 Variador de velocidad:**

### **3.2.2.1 Definición**

Son dispositivos que permiten variar la velocidad y la acopla a los motores asíncronos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables. También es conocido como Accionamiento de Velocidad Variable.<sup>6</sup>

### **3.2.2.2 Tipos de variadores de velocidad**

En términos generales, puede decirse que existen tres tipos básicos de variadores de velocidad: mecánicos, hidráulicos y eléctrico-electrónicos. Dentro de cada tipo pueden encontrarse más subtipos. Cabe aclarar que los variadores más antiguos fueron los mecánicos, que se emplearon originalmente para controlar la velocidad de las ruedas hidráulicas de molinos, así como la velocidad de las máquinas de vapores.<sup>7</sup>

#### **Variadores mecánicos**

- Variadores de paso ajustable.
- Variadores de tracción.

#### **Variadores hidráulicos**

- Variador hidrostático.
- Variador hidrodinámico.

---

<sup>6</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Accionamiento\\_de\\_Velocidad\\_Variable](http://es.wikipedia.org/wiki/Accionamiento_de_Velocidad_Variable)

<sup>7</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Accionamiento\\_de\\_Velocidad\\_Variable](http://es.wikipedia.org/wiki/Accionamiento_de_Velocidad_Variable)

- Variador hidrovicoso.

### **Variadores eléctrico-electrónicos**

- Variadores para motores de CC
- Variadores de deslizamiento
- Variadores para motores de CA conocidos como variadores de frecuencia.

### **3.2.3 Ventajas y desventajas de utilización de un variador de velocidad**

Ventajas:

- La conexión del cableado es muy sencilla.
- Permite arranques suaves, progresivos y sin saltos.
- Controla la aceleración y el frenado progresivo.
- Permite el control de rampas de aceleración y deceleración regulables en el tiempo.
- Protege al motor.
- Nos permite ver las variables (tensión, frecuencia, rpm, etc.).

Desventajas:

- Es un sistema caro, pero rentable a largo plazo.
- Requiere estudio de las especificaciones del fabricante.
- Requiere un tiempo para realizar la programación.

### 3.2.4 Principales funciones de los variadores de velocidad electrónicos

#### **Aceleración controlada**

La aceleración del motor se controla mediante una rampa de aceleración lineal. Generalmente, esta rampa es controlable y permite por tanto elegir el tiempo de aceleración adecuado para la aplicación.

#### **Variación de velocidad**

La velocidad del motor se define mediante un valor de entrada (tensión o corriente) llamado consigna o referencia. Para un valor dado de la consigna, esta velocidad puede variar en función de las perturbaciones (variaciones de la tensión de alimentación, de la carga, de la temperatura). El margen de velocidad se expresa en función de la velocidad nominal.

Fórmula de velocidad sincrónica:

$$S = \frac{120 * f}{\#Polos}$$

En donde:

S= Velocidad sincrónica

f= Frecuencia

#### **Desaceleración controlada**

Los variadores electrónicos permiten controlar la deceleración mediante una rampa lineal generalmente independiente de la rampa de aceleración.

Esta rampa puede ajustarse de manera que se consiga un tiempo para pasar de la velocidad de régimen fijada a una velocidad intermedia o nula:

### **Inversión del sentido de marcha**

La mayoría de los variadores actuales tienen implementada esta función.

La inversión de la secuencia de fases de alimentación del motor se realiza automáticamente o por inversión de la consigna de entrada, o por una orden lógica en un borne, o por la información transmitida a mediante una red.

### **Frenado**

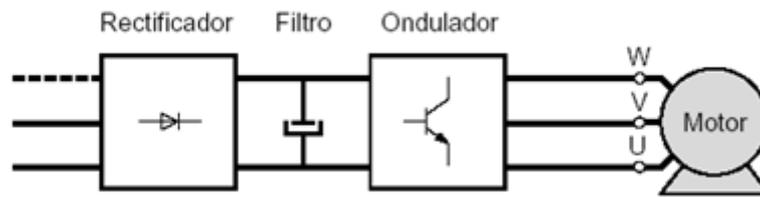
Este frenado consiste en parar un motor pero sin controlar la rampa de desaceleración. Con los arrancadores y variadores de velocidad para motores asíncronos, esta función se realiza de forma económica inyectando una corriente continua en el motor, haciendo funcionar de forma especial la etapa de potencia. Toda la energía mecánica se disipa en el rotor de la máquina y, por tanto, este frenado sólo puede ser intermitente. En el caso de un variador para motor de corriente continua, esta función se realiza conectando una resistencia en bornes del inducido.

### **Protección integrada**

Los variadores, y especialmente los convertidores de frecuencia, están dotados de protecciones contra:

- Los cortocircuitos entre fases y entre fase y tierra,
- Las sobretensiones y las caídas de tensión,

### 3.2.5 Diagrama de bloques



### 3.2.6 Composición de un variador de frecuencia

Los variadores de frecuencia están compuestos por:

- **Etapa Rectificadora.** Convierte la tensión alterna en continua mediante rectificadores de diodos.
- **Etapa intermedia.** Filtro para suavizar la tensión rectificada y reducir la emisión de armónicos.
- **Etapa de Inversión.** Convierte la tensión continua en otra de tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulsos. Actualmente se emplean IGBT's para generar los pulsos controlados de tensión. Los equipos más modernos utilizan IGBT's inteligentes que incorporan un microprocesador con todas las protecciones por sobre corriente, sobretensión, baja tensión, cortocircuitos, puesta a masa del motor, sobre temperaturas, etc.
- **Etapa de control.** Esta etapa controla los IGBT para generar los pulsos variables de tensión y frecuencia. Los variadores más utilizados utilizan modulación PWM (Modulación de Ancho de Pulsos) y usan en la etapa rectificadora puente de diodos rectificadores. En la etapa intermedia se usan condensadores y bobinas para disminuir las armónicas y mejorar el factor de potencia.

### 3.2.7 Aplicaciones

- Se aplican en ventiladores y equipos de aire acondicionado.
- Equipos de bombeo.
- Se emplean en bandas y transportadores industriales.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Accionamiento\\_de\\_Velocidad\\_Variable](http://es.wikipedia.org/wiki/Accionamiento_de_Velocidad_Variable)

# **CAPÍTULO IV**

## **EJECUCIÓN DEL PLAN METODOLÓGICO**

### **4.1 Modalidad básica de la investigación**

#### **Investigación de campo.-**

Para llevar a cabo la investigación, fue necesario dirigirme al curso de quinto nivel Electrónica del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, en donde se realizó una encuesta a los estudiantes con el fin de tener un conocimiento claro de la necesidad que genera la carencia de dispositivos electrónicos de control en el laboratorio de Control Industrial.

Para ello fue necesario contar con el permiso correspondiente de parte del director de la carrera de Electrónica, y proceder a tener una conversación previa con el profesor de Control Industrial para explicarle los motivos de la encuesta.

#### **Investigación Bibliográfica documental.-**

La biblioteca del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico me permitió tener acceso a documentación que fue importante para el desarrollo de la investigación, como por ejemplo; manuales de electrónica, tesis afines al tema de investigación e internet.

Los libros que me ayudaron en el desarrollo de la investigación fueron los siguientes: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA NACIONAL (1990). "Manual de Control Industrial", MOLINA MOYA JORGE. "Control Industrial", ALLEN BRADLEY."Manual del Usuario".

## **4.2 Tipo de la investigación**

### **Investigación No Experimental**

Se procedió a utilizar la investigación no experimental, ya que se pudo conocer que en el laboratorio de Control Industrial del ITSA al existir una carencia de dispositivos electrónicos de control, el problema se refleja al momento de construir circuitos programables lógicos, ya que para ello se utiliza dispositivos como el ZELIO y LOGO cuyo funcionamiento es óptimo pero su utilización es limitada. Por tal razón es importante implementar dispositivos electrónicos de control en laboratorio para mejorar el interaprendizaje.

## **4.3 Niveles de la investigación**

Los niveles de investigación que se utilizaron fueron los siguientes:

### **Investigación Descriptiva**

La investigación descriptiva permitió identificar las ventajas y desventajas que presentan los dispositivos electrónicos de control.

Ventajas:

- Se puede obtener un mayor tiempo de vida útil con respecto a los dispositivos mecánicos.
- El costo de mantenimiento de maquinaria es bajo.
- El nivel de precisión es muy alto por lo tanto su calidad y eficiencia es garantizado.

Desventajas:

- Tienen un costo de adquisición muy elevado.
- Las condiciones ambientales tienen que ser adecuadas para su correcto funcionamiento.

### **Investigación Correlacional**

La investigación correlacional permitió identificar que los dispositivos electrónicos de control son los que más se utilizan en la mayoría de industrias ya que presentan una amplia gama de aplicaciones para control los cuales están descritos a continuación:

- Bandas transportadoras.

Los dispositivos electrónicos de control son muy utilizados para realizar trabajos de transporte, ya que permiten sincronizar y controlar la velocidad de acuerdo a los niveles de requerimiento productivos de la empresa.

- Ascensores y elevadores.

Los dispositivos electrónicos de control permiten arranques y paradas suaves del motor en los ascensores.

- Pozos petrolíferos.

Los dispositivos electrónicos de control se utilizan para la extracción del crudo, en la que la velocidad del motor dependiendo de la complejidad del pozo.

#### **4.4 Universo, Población y Muestra**

Como **universo** se tomó en cuenta el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico porque es el lugar donde se realizó la investigación. Mientras que el personal docente relacionado con la materia de control industrial, y los alumnos de quinto nivel de electrónica del “ITSA” fue la **población** de la investigación.

Se procedió a realizar un **muestreo** probabilístico estratificado, para conocer si es necesaria la implementación del laboratorio de Control Industrial con dispositivos electrónicos de control y así mejorar el interaprendizaje en el “ITSA”.

#### **4.5 Recolección de datos**

La recolección de datos consistió en dirigirse al curso del quinto nivel de electrónica y mediante los permisos necesarios se entregó a cada estudiante un cuestionario para que lo resuelva en un tiempo límite de 15 minutos, lo que permitió conocer que la mayoría de los estudiantes de electrónica de ese nivel, no saben cómo utilizar, ni mucho menos cuales son los campos de aplicación que un de variadores de velocidad puede tener.

#### **4.6 Procesamiento de la información**

Posterior a la recolección de datos se dio lugar al procesamiento de la información en donde se tomó en cuenta el siguiente orden:

#### **4.6.1 Revisión de la información recogida.**

La revisión de información obtenida a través de la encuesta, se la hizo pregunta por pregunta en donde se pudo verificar que no existieron errores por parte de las personas encuestadas al momento de responder cada pregunta.

#### **4.6.2 Limpieza de información defectuosa.**

No se registró información defectuosa en la encuesta realizada a los profesores y alumnos, ya que todos respondieron claramente las preguntas planteadas en el cuestionario.

#### **4.6.3 Tabulación de datos.**

La tabulación de los datos se lo realizó de acuerdo a cada pregunta planteada en la encuesta, y estos resultados tabulados se encuentran en el análisis e interpretación de resultados junto a los gráficos estadísticos.

#### **4.6.4 Representación gráfica de los datos.**

La representación gráfica de los datos se encuentra en el análisis e interpretación de resultados, para lo cual se ha representado gráficamente los resultados que ha entregado cada pregunta de la encuesta planteada.

### **4.7 Análisis e interpretación de resultados**

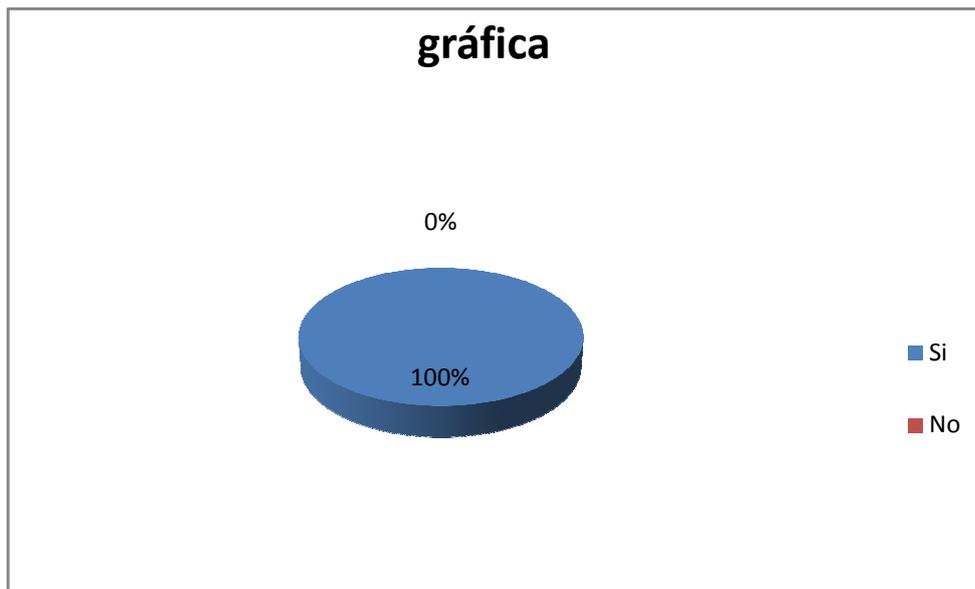
El análisis e interpretación de resultados de las encuestas aplicadas a los docentes y alumnos del quinto nivel de electrónica del "ITSA" entregó los siguientes resultados:

## Pregunta 1

¿Los equipos que dispone el laboratorio de Control Industrial, se encuentran funcionando óptimamente?

Tabla 4.1 Porcentaje de resultados de la pregunta 1.

Categoría		Porcentaje total	Porcentaje válido
Docentes	Alumnos		
Si= 3 No= 0	Si=15 No=0	Si = 100% No = 0% Nulo = 0%	100%
Total Si = 18 Total No= 0			



**Figura 4.1 Pastel de la Pregunta 1**

Fuente: Investigación de campo  
Realizado por: Santiago Fierro

### ➤ Análisis estadístico de los Datos:

Se observa que el 100%, es decir todas las personas encuestadas afirman que el laboratorio de control industrial del ITSA cuenta con equipos que están funcionando correctamente.

➤ **Interpretación de los resultados:**

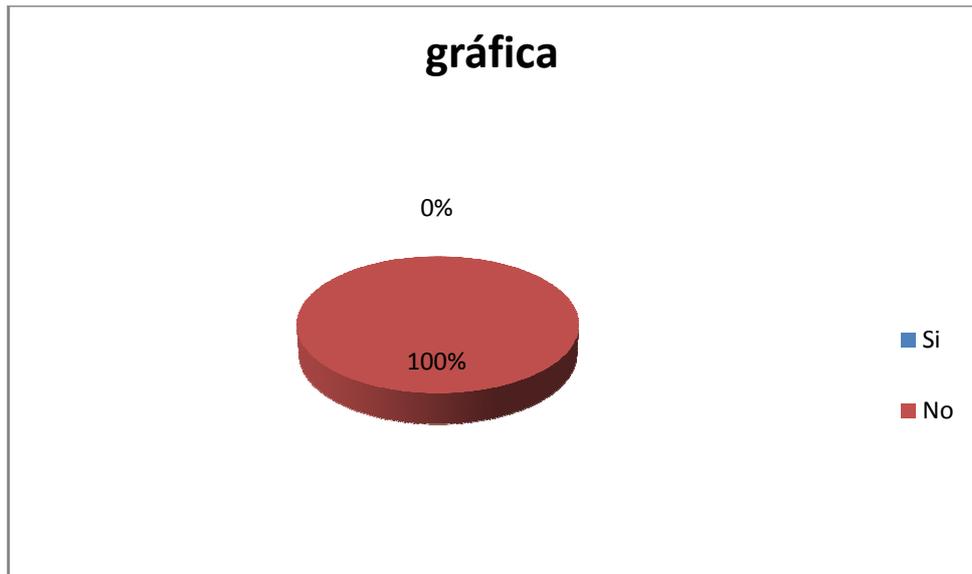
Al ver que hay una afirmación total en la opción SI, podemos concluir que el laboratorio de control industrial del ITSA cuenta con equipos que funcionan correctamente las veces que han sido utilizados para la realización de prácticas.

Pregunta 2

¿Son suficientes los equipos que dispone el laboratorio de Control Industrial para realizar las prácticas respectivas?

Tabla 4.2 Porcentaje de resultados de la pregunta 2.

Categoría		Porcentaje total	Porcentaje válido
Docentes	Alumnos		
Si= 0 No= 3	Si=0 No=15	Si = 0% No = 100% Nulo = 0%	100%
Total Si = 0 Total No= 18			



**Figura 4.2 Pastel de la Pregunta 2**

Fuente: Investigación de campo  
Realizado por: Santiago Fierro

➤ **Análisis estadístico de los Datos:**

Se observa que el 100% es decir 18 personas encuestadas afirman que el laboratorio de Control Industrial del ITSA no dispone de equipos suficientes para realizar las prácticas respectivas.

➤ **Interpretación de los resultados:**

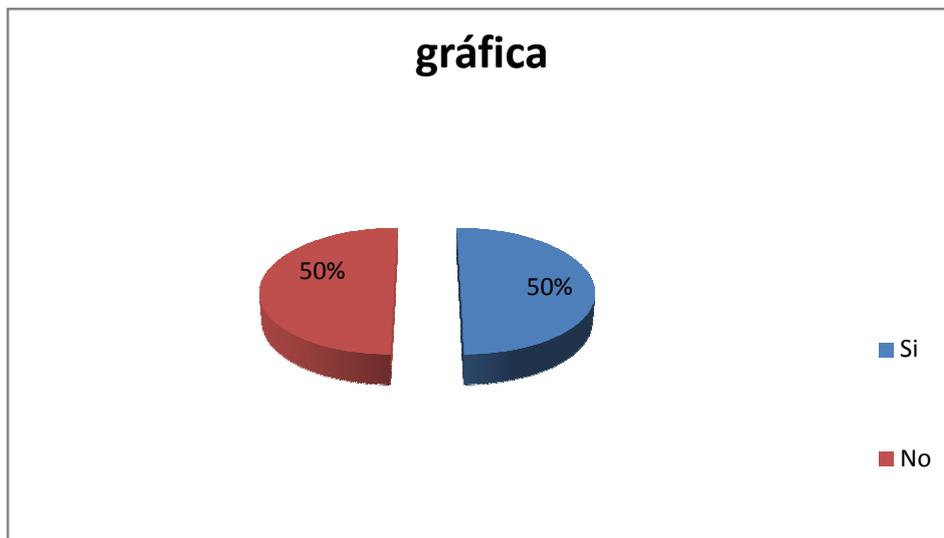
Como existe una clara diferencia a favor de la opción NO, podemos concluir que el laboratorio de Control Industrial del ITSA no cuenta con suficientes equipos para el desarrollo práctico de los estudiantes en esta materia.

### Pregunta 3

¿Sabe usted las diferentes aplicaciones que se le puede dar a un variador de velocidad en el campo industrial?

Tabla 4.3 Porcentaje de resultados de la pregunta 3.

Categoría		Porcentaje total	Porcentaje válido
Docentes	Alumnos		
Si= 3 No= 0	Si=6 No=9	Si = 50% No = 50% Nulo = 0%	100%
Total Si = 9 Total No= 9			



**Figura 4.3 Pastel de la Pregunta 3**

Fuente: Investigación de campo  
Realizado por: Santiago Fierro

➤ **Análisis estadístico de los Datos:**

Se observa que el 50% es decir 9 personas encuestadas no conocen las diferentes aplicaciones que se le puede dar a un variador de velocidad en el campo industrial, mientras que un 50% o sea 9 personas afirman que sí.

➤ **Interpretación de los resultados:**

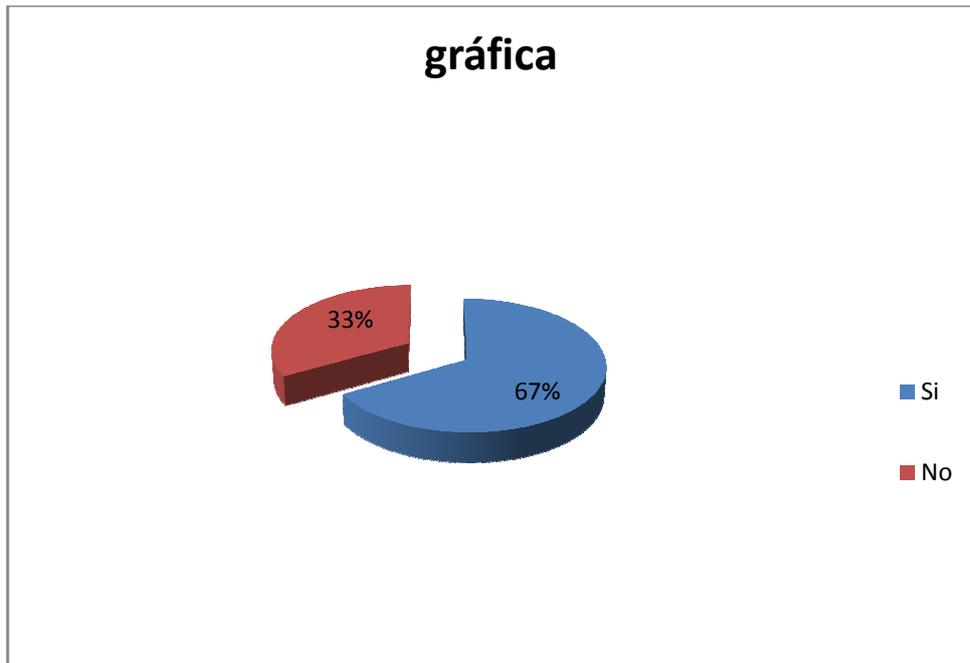
La mayoría de alumnos encuestados no conocen a profundidad las diferentes aplicaciones que tiene el variador de velocidad en el campo industrial.

Pregunta 4

¿Conoce usted qué es un variador de velocidad?

Tabla 4.4 Porcentaje de resultados de la pregunta 4.

Categoría		Porcentaje total	Porcentaje válido
Docentes	Alumnos		
Si= 3 No= 0	Si=9 No=6	Si = 33% No = 67% Nulo = 0%	100%
Total Si = 12 Total No= 6			



**Figura 4.4 Pastel de la Pregunta 4**

Fuente: Investigación de campo  
Realizado por: Santiago Fierro

➤ **Análisis estadístico de los Datos:**

Se observa que el 33% es decir 6 personas encuestadas no conocen qué es un variador de velocidad, mientras que un 67% o sea 12 personas afirman que sí.

➤ **Interpretación de los resultados:**

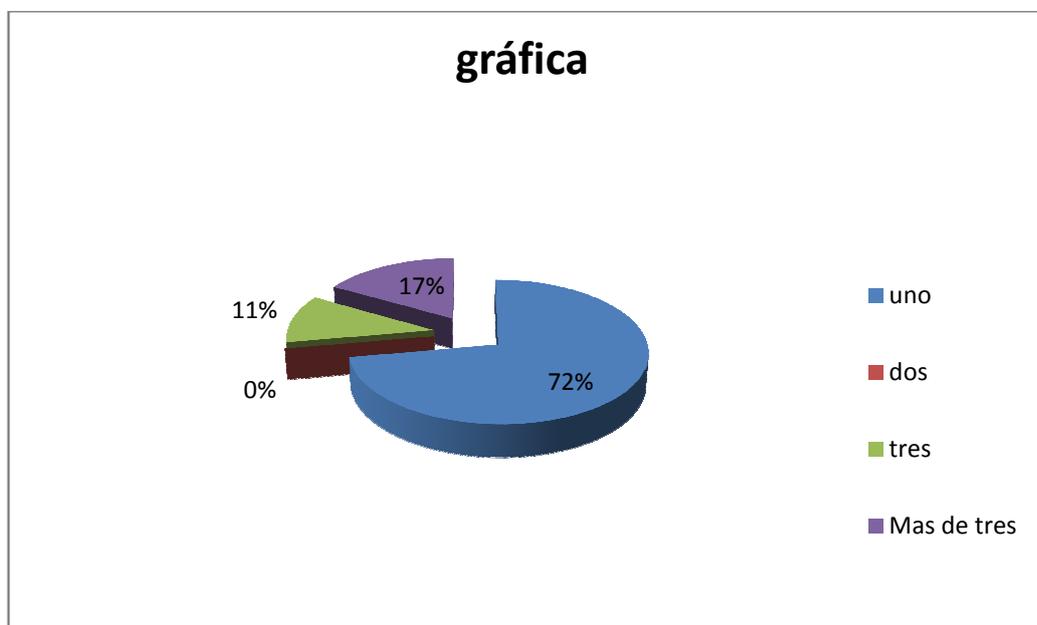
Más de la mitad de los estudiantes encuestados conocen claramente lo que es un variador de velocidad hoy en la actualidad.

## Pregunta 5

¿Cuántos tipos de variadores de velocidad conoce usted?

Tabla 4.5 Porcentaje de resultados de la pregunta 5.

Categoría		Porcentaje total	Porcentaje válido
Docentes	Alumnos		
Uno= 0 dos= 0 tres=2 Más de tres=1	Uno=13 Dos=0 Tres= 0 Más de tres= 2	Uno=72% Dos=0% Tres= 11% Más de tres= 17%	100%
total Uno= 13 dos= 0 tres=2 Más de tres=3			



**Figura 4.5 Pastel de la Pregunta 5**

Fuente: Investigación de campo  
 Realizado por: Santiago Fierro

➤ **Análisis estadístico de los Datos:**

Se observa que un 72% es decir 13 personas conocen al menos un tipo de variador de velocidad, siendo un 11 % o sea 2 personas conocen tres tipos de variadores de velocidad y un 17% es decir 3 personas conocen más de tres tipos de variadores de velocidad.

➤ **Interpretación de los resultados:**

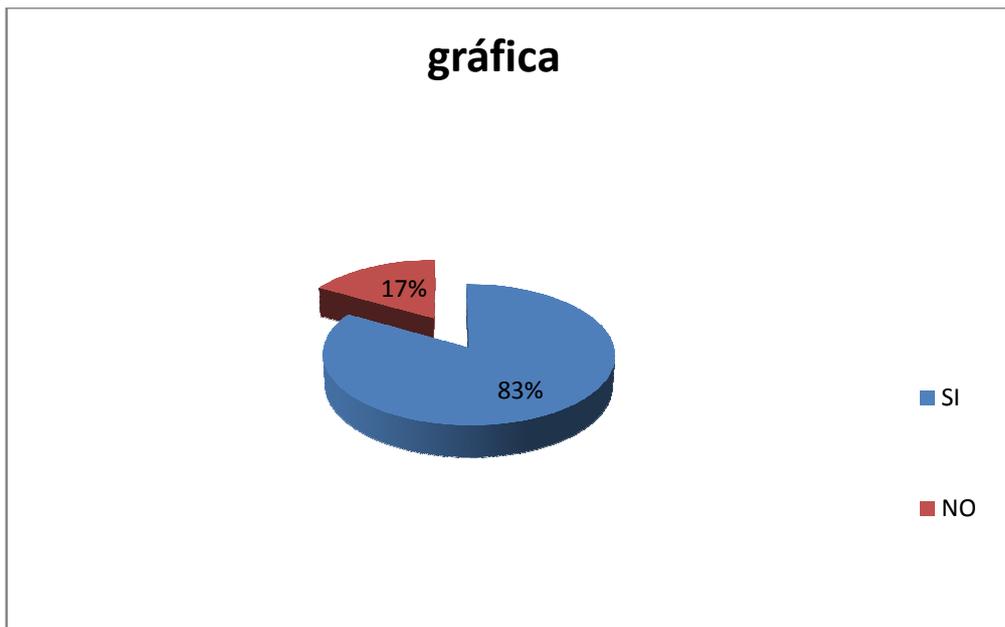
Es menester que el laboratorio de Control Industrial de ITSA cuente también con variadores de velocidad para que los estudiantes amplíen sus conocimientos en esta área.

Pregunta 6

¿En el arranque estrella-triángulo de motores trifásicos, conoce usted las ventajas de este arranque?

Tabla 4.6 Porcentaje de resultados de la pregunta 6.

Categoría		Porcentaje total	Porcentaje válido
Docentes	Alumnos		
Si= 3 No= 0	Si=12 No=3	Si = 83% No = 17% Nulo = 0%	100%
Total Si = 15 Total No= 3			



**Figura 4.6 Pastel de la Pregunta 6**

Fuente: Investigación de campo  
Realizado por: Santiago Fierro

➤ **Análisis estadístico de los Datos:**

Se observa que el 83% es decir 15 personas encuestadas conocen las ventajas del arranque estrella triángulo, mientras que un 17% o sea 3 personas afirman que no.

➤ **Interpretación de los resultados:**

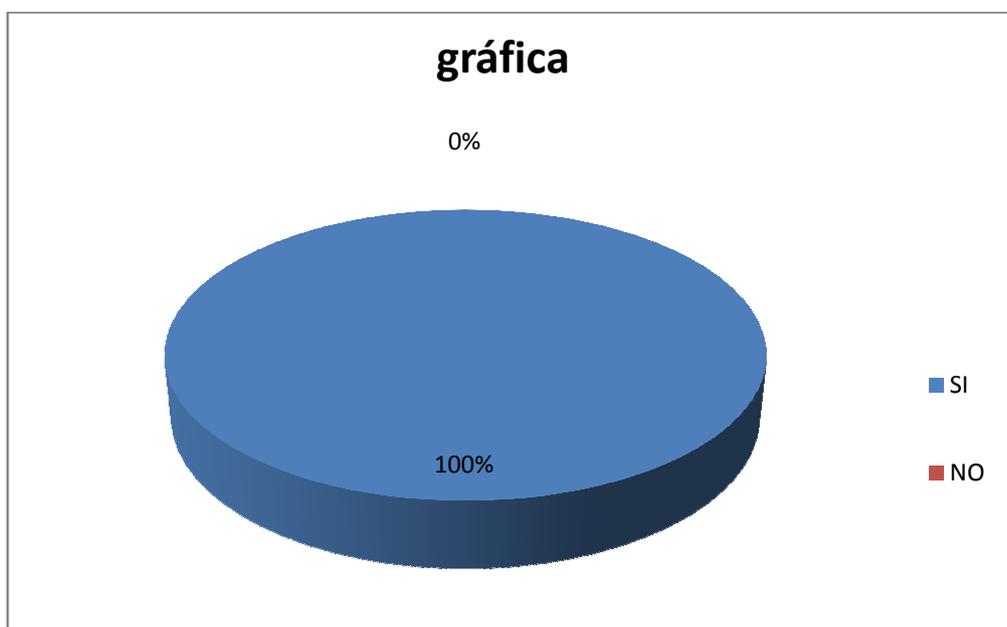
El arranque estrella-triángulo es uno de los arranques que más se utiliza para el desarrollo eficiente en motores trifásicos gracias a la gran cantidad de ventajas que encontramos en esta técnica.

## Pregunta 7

¿Cree usted que se debe profundizar el estudio de elementos electrónicos de potencia en el laboratorio de Control Industrial?

Tabla 4.7 Porcentaje de resultados de la pregunta 7.

Categoría		Porcentaje total	Porcentaje válido
Docentes	Alumnos		
Si= 3 No= 0	Si=15 No=0	Si = 100% No = 0% Nulo = 0%	100%
Total Si = 18 Total No= 0			



**Figura 4.7 Pastel de la Pregunta 7**

Fuente: Investigación de campo  
Realizado por: Santiago Fierro

➤ **Análisis estadístico de los Datos:**

Se observa que el 100% es decir todas las personas encuestadas creen que se debe profundizar el estudio de elementos electrónicos de potencia en el laboratorio de control industrial del ITSA.

➤ **Interpretación de los resultados:**

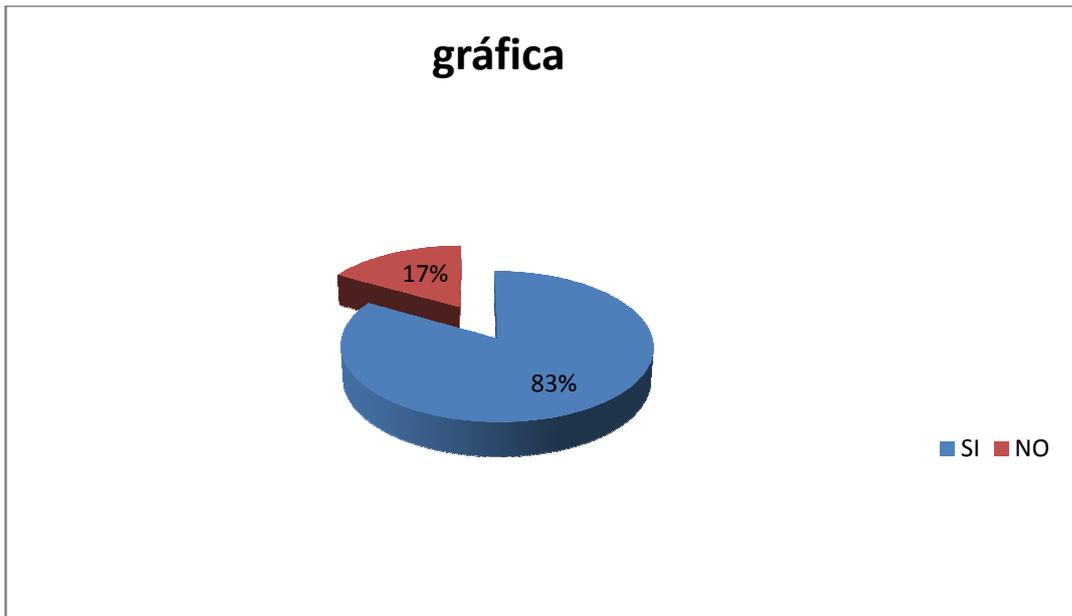
Es muy importante profundizar el estudio de los elementos electrónicos de potencia ya que esto favorece al grado de conocimiento que cada estudiante del Instituto adquiera durante su trayectoria.

Pregunta 8

¿Requiere el laboratorio de Control Industrial variadores de velocidad para capacitación de los alumnos?

Tabla 4.8 Porcentaje de resultados de la pregunta 8.

Categoría		Porcentaje total	Porcentaje válido
Docentes	Alumnos		
Si= 3 No= 0	Si=12 No=3	Si = 83% No = 17% Nulo = 0%	100%
Total Si = 15 Total No= 3			



**Figura 4.8 Pastel de la Pregunta 8**

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Santiago Fierro

➤ **Análisis estadístico de los Datos:**

Se observa que el 17% es decir 3 personas encuestadas piensa que no requiere el laboratorio de Control Industrial variadores de velocidad para capacitación de los alumnos, mientras que un 83% o sea 15 personas afirman que sí.

➤ **Interpretación de los resultados:**

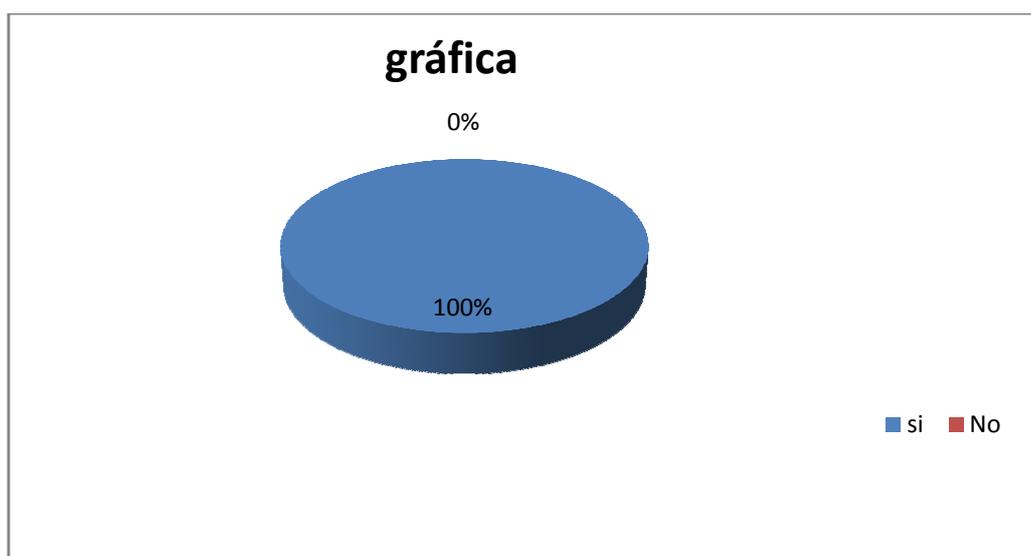
El laboratorio de Control Industrial es un lugar de mucho aprendizaje práctico para los estudiantes y el implementar este laboratorio con variadores de velocidad se hace muy necesario hoy en día.

## Pregunta 9

¿Serían necesarios la existencia de más de un módulo de variadores de velocidad para la realización de prácticas en el laboratorio?

Tabla 4.9 Porcentaje de resultados de la pregunta 9.

Categoría		Porcentaje total	Porcentaje válido
Docentes	Alumnos		
Si= 3 No= 0	Si=15 No=0	Si = 100% No = 0% Nulo = 0%	100%
Total Si = 18 Total No= 0			



**Figura 4.9 Pastel de la Pregunta 9**

Fuente: Investigación de campo  
Realizado por: Santiago Fierro

➤ **Análisis estadístico de los Datos:**

Se observa que el 100% es decir todas las personas encuestadas piensa que si se requiere el laboratorio de Control Industrial más de un módulo de variadores de velocidad para capacitación de los alumnos.

➤ **Interpretación de los resultados:**

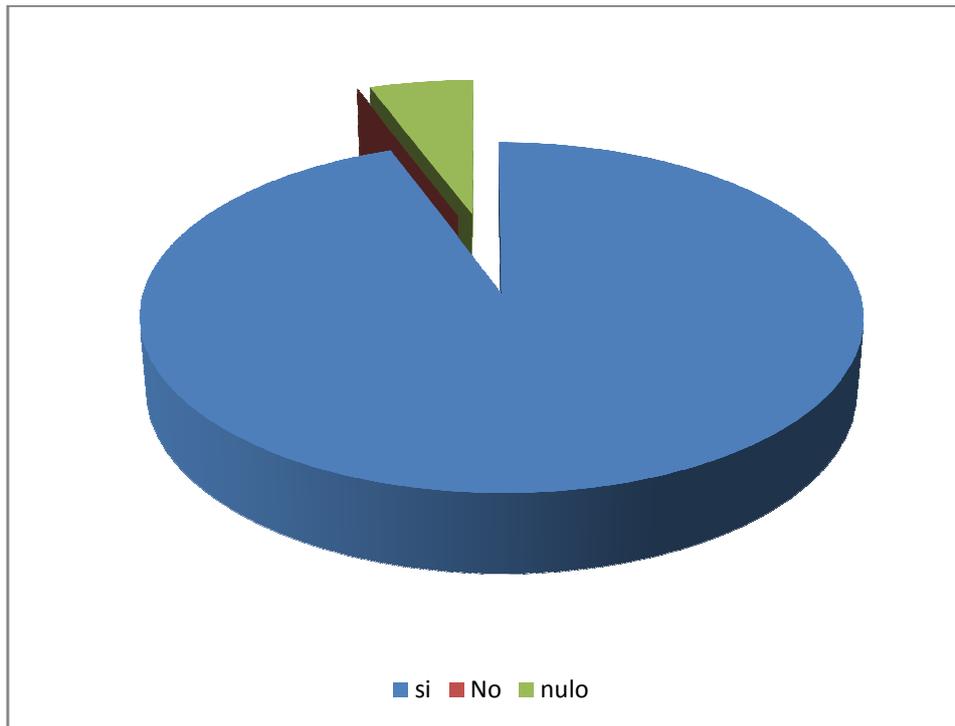
Todos alumnos requieren de módulos para hacer prácticas en el laboratorio de control industrial del ITSA, y esto ayudaría también a los profesores para mejorar la calidad de enseñanza.

Pregunta 10

¿Sería necesaria la implementación de guías de laboratorio para el manejo de nuevos módulos?

Tabla 4.10 Porcentaje de resultados de la pregunta 10.

Categoría		Porcentaje total	Porcentaje válido
Docentes	Alumnos		
Si= 3 No= 0	Si=14 No=0 Nulo= 1	Si = 94% No = 0% Nulo = 6%	94%
Total Si = 17 Total No= 0 Total Nulo =1			



**Figura 4.10 Pastel de la Pregunta 10**

Fuente: Investigación de campo  
Realizado por: Santiago Fierro

➤ **Análisis estadístico de los Datos:**

Se observa que el 94% es decir las 17 personas encuestadas piensan si sería necesaria la implementación de guías de laboratorio para el manejo de nuevos módulos.

➤ **Interpretación de los resultados:**

El laboratorio de Control Industrial al poseer nuevos módulos de aprendizaje para los estudiantes, también debe contar con sus respectivas guías de laboratorio para evitar cualquier problema con el funcionamiento de los módulos.

## **4.8 Conclusiones y Recomendaciones del problema**

### **4.8.1 Conclusiones**

- Las marcas de dispositivos electrónicos de control mayormente utilizadas en la industria son: Siemens, Allen-Bradley, Altivar y Sinamic. Los cuales poseen un gran reconocimiento a nivel mundial por su excelente servicio a través de sus productos.
- Las marcas más convenientes para utilizarlas en el laboratorio de Control Industrial del ITSA son: Allen-Bradley, Altivar y Sinamic, porque estas marcas poseen productos diseñados para clientes que van desde un nivel básico, hasta un nivel avanzado de requerimientos técnicos.
- La selección de la mejor alternativa de acuerdo a las características técnicas presentadas, fue a través de un estudio de factibilidad en donde se determinó que la marca Allen-Bradley es la más conveniente porque es de origen norteamericano y cuenta con un gran reconocimiento a nivel industrial, además su costo es relativamente bajo en relación a otros dispositivos electrónicos de control.

#### **4.8.2 Recomendaciones**

- Mantener los variadores de velocidad en un lugar libre de humedad y de excesivo calor.
- Tomar en cuenta las especificaciones técnicas del motor asincrónico trifásico, para instalar los variadores de velocidad.
- Reforzar conocimientos acerca de los variadores de velocidad y sus diferentes aplicaciones en el campo industrial.
- Buscar métodos didácticos de enseñanza para motivar a los estudiantes a involucrarse a lo que es el estudio de los dispositivos electrónicos de control.

#### **4.9 Denuncia del tema**

“IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULOS VARIADORES DE VELOCIDAD PARA MOTORES TRIFÁSICOS Y ELABORACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO”.

# **CAPÍTULO V**

## **FACTIBILIDAD DEL TEMA**

Para la implementación de variadores de velocidad para el control de motores trifásicos en el laboratorio de Control Industrial del ITSA, es necesario llevar a cabo un análisis de factibilidad técnica, legal y presupuestaria.

De este análisis se tomará la decisión correcta para seleccionar el mejor variador de velocidad que cumplan con las características necesarias para instalarlo en el laboratorio de Control Industrial, tomando en cuenta el factor económico, la disponibilidad en el mercado y tiempo de vida útil.

### **5.1 Técnica**

Para el análisis de factibilidad técnica se tomó en cuenta las ventajas y desventajas de cada alternativa identificada, con el propósito de seleccionar el dispositivo electrónico de control industrial que mejor se adapte al laboratorio de control industrial del ITSA y pueda aportar al conocimiento práctico del alumno que estudie esta materia.

#### **5.1.1 Identificación de alternativas**

Para la identificación de alternativas contaremos con tres marcas de variadores de velocidad los cuales son:

➤ **Alternativa 1**

Variador de velocidad de CA PowerFlex4

➤ **Alternativa 2**

Variador de velocidad ALTIVAR 31

### ➤ **Alternativa 3**

Variador de velocidad SINAMIC G110

#### **5.1.1.1 Alternativa 1**

##### **Variador de velocidad de CA PowerFlex4**

Este variador de velocidad Proporciona a los usuarios un potente control de velocidad de motores en un diseño compacto y de espacio reducido.

##### **Ventajas:**

- Controla y monitorea desde un PC utilizando el software Drive Explorer.
- Ideal para aplicaciones con espacio de panel reducido.
- Fácil control en red con cualquier controlador lógico que utilice mensajería DF1.
- Tecnología más accesible.
- Reduce significativamente el número de nodos y costos del sistema.
- Las tarjetas de comunicación integradas, tales como DeciveNet, permiten mejorar las prestaciones de la máquina. Es decir se puede obtener un control preciso del torque de la máquina.
- Dos canales de entrada analógica de 0-10V o 4-20 mA.
- Los 10 parámetros más frecuentemente programados se agrupan entre sí para un arranque rápido y fácil.

- Es un variador no muy costoso.
- El teclado y teclas de control, y el potenciómetro local vienen listos para funcionar, simplificando así la puesta en marcha.
- Las funciones lógicas, temporizadores y contadores permiten reducir los costos de diseño de hardware al simplificar los esquemas de control.
- El teclado integral incluye una pantalla de 4 dígitos y 10 indicadores LED adicionales que permiten el control intuitivo.
- Soporta una temperatura ambiente de hasta 50 grados centígrados.

#### **Desventajas:**

- Requiere comprar el software Drive Explorer para el control por PC.
- Requiere estudio de las características propias del dispositivo antes de utilizarlo.

#### **5.1.1.2 Alternativa 2**

##### **Variador de velocidad ALTIVAR 31**

El variador Altivar 31 es un convertidor de frecuencia para motores asíncronos trifásicos de jaula.

#### **Ventajas:**

- No ocupa mucho espacio.
- Fácil de instalar.

- Eficiente para el control de máquinas de envase y embalaje, Bombas compresores, ventiladores.
- Dispone de seis entradas lógicas, tres entradas analógicas, una salida lógica/analógica y dos salidas de relé.
- Protecciones para motor y variador.
- 16 velocidades preseleccionadas.
- Memorización de la configuración en el variador.
- Configuración de fallos y de tipos de paradas.
- Se pueden asignar varias funciones en una misma entrada lógica.

**Desventajas:**

- Es un variador de velocidad muy costoso.
- Muy difícil de encontrar en el mercado.
- Tecnología poco accesible.<sup>9</sup>

**5.1.1.3 Alternativa 3**

**Variador de velocidad SINAMIC G110**

Es un convertidor de frecuencia con una funcionalidad básica idónea para la mayor parte de las aplicaciones industriales con accionamientos de velocidad variable.

---

<sup>9</sup> <http://biboz.net/comunidad/ayuda-con-variador-de-velocidad-altivar-31-a-35566/>

### **Ventajas:**

- Es un variador compacto por lo que ocupa poco espacio.
- Instalación, parametrización y puesta en servicio simple.
- Simple conexión por cable.
- Funcionamiento silencioso del motor gracias a altas frecuencias de pulsación.
- Información de estado y avisos de alarma a través de panel de mando.
- Opciones externas para comunicación con PC.
- Rápida limitación de la corriente para el funcionamiento sin anomalías.
- Led para la información de estado.
- Variantes con filtros CEM clase A o B.

### **Desventajas**

- Costo muy elevado.
- Todos los variadores SINAMIC G110 se suministran sin panel de mando, por lo que es un gasto adicional.

### 5.1.2 Selección de la mejor alternativa

Para seleccionar la mejor alternativa fue indispensable utilizar una tabla calificativa de las características que presentaban los tres variadores de velocidad.

Esta calificación se la determinó con el asesoramiento de técnicos relacionados a la materia de Control Industrial, quienes en función a un valor constante "Xi" calificaban a los tres variadores de velocidad considerados.

Tabla 5.1 Selección de la mejor alternativa

N°	Parámetros de Evaluación	F. POND. Xi	Alternativas		
			1	2	3
1	Funcionabilidad	0.8	0.8	0.8	0.8
2	Rendimiento	0.8	0.6	0.7	0.6
3	Factor de Operación	0.7	0.7	0.6	0.7
4	Mantenimiento	0.6	0.6	0.6	0.6
5	Materiales	0.4	0.4	0.3	0.3
6	Proceso de fabricación	0.7	0.4	0.4	0.4
7	Precisión	0.7	0.6	0.6	0.5
8	Fiabilidad	0.8	0.7	0.7	0.7
9	Costo de fabricación	0.6	0.6	0.2	0.4
10	Costo de operación	0.6	0.5	0.4	0.5
11	Tamaño	0.2	0.2	0.2	0.2
12	Forma	0.2	0.1	0.1	0.1

### 5.1.3 Tabla Matriz de decisión

Para tomar la decisión definitiva fue necesario realizar una comparación entre los valores entregados por cada variador de velocidad y evaluar el puntaje más alto.

Tabla 5.2 Matriz de decisión

N°	Parámetros de Evaluación	Alternativas		
		1*Xi	2*Xi	3*Xi
1	Funcionabilidad	0.64	0.64	0.64
2	Rendimiento	0.48	0.56	0.48
3	Factor de Operación	0.49	0.42	0.49
4	Mantenimiento	0.36	0.36	0.36
5	Materiales	0.16	0.12	0.12
6	Proceso de fabricación	0.28	0.28	0.28
7	Precisión	0.42	0.42	0.35
8	Fiabilidad	0.56	0.56	0.56
9	Costo de fabricación	0.36	0.12	0.24
10	Costo de operación	0.30	0.24	0.30
11	Tamaño	0.04	0.04	0.04
12	Forma	0.02	0.02	0.02
	<b>TOTAL</b>	<b>4.11</b>	<b>3.78</b>	<b>3.64</b>

Una vez realizado el análisis de cada alternativa, el estudio técnico y evaluación de los parámetros, se llegó a determinar que la primera alternativa entrega mejores condiciones de accesibilidad, debido a que posee funciones básicas y eficientes de control al igual que los otros variadores pero su costo es más bajo en relación a las demás alternativas.

## 5.2 Legal

En base al artículo 6 del Reglamento General de los Institutos superiores tecnológicos emitidos por el CONESUP; habla acerca de la educación tecnológica en donde dice que “La formación de los institutos superiores se caracterizará por la incorporación de contenidos y metodologías propios de la “educación tecnológica. Para efectos de este Reglamento, la educación tecnológica consiste en registrar, sistematizar, comprender y utilizar el concepto de tecnología, histórica y socialmente construido, para hacer de él un elemento de enseñanza, investigación y extensión, en una dimensión que exceda los límites de las simples aplicaciones técnicas: como instrumento de

innovación y transformación de las actividades económicas, en beneficio del hombre como trabajador y del país.

El proceso de enseñanza–aprendizaje de la educación tecnológica buscará hacer del estudiante un agente de las evoluciones científico-tecnológicas del mundo moderno y, de ese modo, permitirle aportar su inteligencia, creatividad y empeño al interior de la unidad productiva.

Los institutos superiores sustentarán su potencialidad en los procesos de fortalecimiento de la actualización, pertinencia, calidad de la propia formación, incorporación de las tecnologías de la información y en la planificación y gestión estratégicas de la institución.”

Por lo mencionado se puede puntualizar que la instalación de los variadores de velocidad en el laboratorio de Control Industrial del ITSA es necesario, para que el estudiante pueda desarrollar a un más sus habilidades en esta materia y ser un profesional muy competente en nuestro país.

### **5.3 Apoyo**

La entidad que me brindó su apoyo para el desarrollo del proyecto de grado es el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, ya que me dio facilidades para realizar las investigaciones necesarias.

#### **5.3.1 Recursos**

##### **5.3.1.1 Recursos Humanos**

El personal de apoyo que me permitió desarrollar el proyecto de grado es:

Ing. Pablo Pilatasig: Director del proyecto

### **5.3.1.2 Recursos Técnicos**

Los materiales técnicos que contribuyeron para la implementación de variadores de velocidad y elaboración de guías de laboratorio fueron:

- Leyes y reglamentos que rigen al ITSA
  
- Material bibliográfico.

### **5.3.1.3 Recursos Materiales**

Los materiales que permitieron desarrollar el proyecto con efectividad son:

Material de escritorio, computadora, telefonía convencional, internet, gastos de movilización, cámara fotográfica, cables, variadores de velocidad, motor de 1hp.

## **5.4 Presupuesto**

Teniendo en cuenta que el presupuesto con el que se dispone para el desarrollo del proyecto es indispensable para la factibilidad del mismo, a continuación se detalla en forma específica los costos primarios y secundarios que demanda el mismo.

Tabla 5.3 Costos Primarios

<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>	<b>Costo/Unidad (dólares)</b>	<b>Valor total (dólares)</b>
Variador de velocidad Power Flex	2	272	544.00
Material bibliográfico	1	30	30.00
Guías de Laboratorio	2	15	30.00
Cables	10 metros	0.50	5.00
Imprevistos		20	20.00
		Gasto total	629.00

Tabla 5.4 Costos Secundarios

<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>	<b>Costo/Unidad (dólares)</b>	<b>Valor total (dólares)</b>
Director Proyecto	1	120	120.00
Impresiones	150	0.10	15.00
Telefonía convencional	60 (minutos)	0.08	4.80
Internet	20 (horas)	0.60	12.00
Gastos movilización		20.5	20.5
		Gastos total	172.30

Presupuesto total: 801.30 usd

# CAPÍTULO VI

## DESARROLLO DEL TEMA

### 6.1 Especificaciones

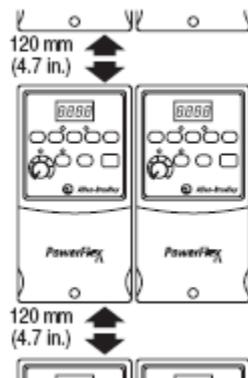
#### 6.1.1 Variador de Frecuencia PowerFlex 4

#### 6.1.2 Consideraciones de Montaje

El variador de velocidad PowerFlex 4 debe ser instalado sobre una superficie vertical y a nivel, evitando en lo posible el polvo o las partículas metálicas para proteger el ventilador de enfriamiento que posee el variador.

Es importante saber que el variador PowerFlex 4 no debe ser montado en lugares donde existe humedad y luz solar directa.

A continuación un ejemplo de cómo se debe montar el variador y el espacio mínimo en el cual debe estar ubicado con respecto a otros equipos:



**Figura 6.1 Montaje del Variador**

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

No se requiere espacio libre entre variadores.<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Manual del usuario PowerFlex4

### 6.1.3 Capacidades nominales del variador de velocidad PowerFlex 4

Los valores y cantidades nominales del variador son muy importantes ya que nos permiten conocer los límites de intensidad, tensión, frecuencia, potencia y también algunos métodos de protección.

Con este conocimiento se puede trabajar normalmente con el variador y no producir algún daño a sus componentes ni tampoco al motor con el que se esté trabajando.

Tabla 6.1 Costos Especificaciones del variador de velocidad PowerFlex 4

<b>Número de catálogo:</b>	22A-B4P5N104	
<b>Intensidad nominal de salida</b>	4.5 Amp	
<b>Potencia de salida</b>	1 HP	
<b>Gama de tensión de entrada</b>	180-265 V (+- 10%)	
<b>Intensidad nominal de entrada</b>	5.2 Amp	
<b>Capacidades nominales de Entrada / Salida</b>	Frecuencia de salida: 0-240 Hz Eficiencia: 97.5%	
<b>Entradas de control Digital (Corriente de Entrada =6mA)</b>	Modo SRC (fuente) 18-24 V=Activo 0-6 V = Inactivo	Modo SNK (drenador) 0-6 V = Activo 18-24 V = Inactivo
<b>Entradas de control analógicas</b>	4-20mA analógica 0-10 V CC analógica Pot externa: 1-10K ohmios, 2 Watt mínimo	
<b>Protección del motor</b>	Protección contra sobrecarga : 150% durante 60 segundos 200% durante 3 segundos.	

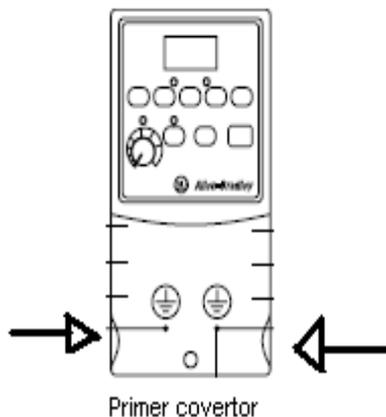
#### 6.1.4 Bloque de Potencia del variador PowerFlex 4

Cuando se trabaja con los terminales: R/L1, S/L2, T/L3, U/T1, V/T2, W/T3, BR+, BR y dos terminales de conexión a tierra, hablamos del bloque de potencia del variador. Este bloque está conformado por tres terminales que corresponden exclusivamente a las líneas de alimentación trifásica (R/L1, S/L2, T/L3); mientras que los siguientes tres terminales corresponden a la alimentación del motor (U/T1, V/T2, W/T3).

Los terminales BR+ y BR- corresponden a la conexión de resistencia de frenado dinámico con capacidades nominales de 0.75Kw o sea 1HP y mayores.

Es necesario indicar que el variador viene con cobertores de protección tanto para el bloque de potencia como para el bloque de control, por eso es necesario indicar el proceso para descubrir los terminales ya mencionados:

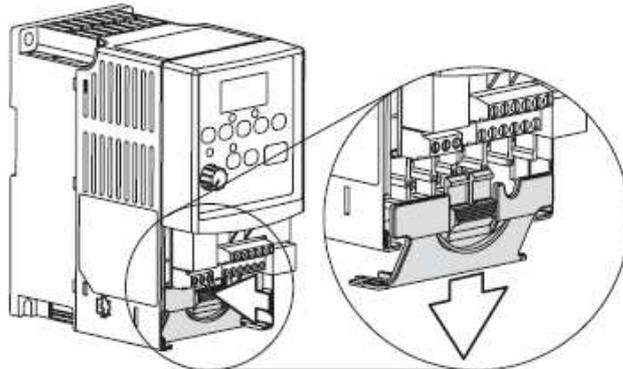
- Presionar ambos lados del panel frontal del variador para quitar el primer cobertor.



**Figura 6.2 Primer cobertor**

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

- Sacar cuidadosamente el siguiente cobertor ubicado de bajo del bloque de control.



**Figura 6.3 Segundo cobertor**

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

- Finalmente trabajar en el terminal de potencia mostrado a continuación:



**Figura 6.4 Bloque de Potencia**

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

Los cables recomendados para utilizar en el bloque de potencia son los que se especifican en la tabla siguiente:

Tabla 6.2 Número de cable recomendado bloque potencia

Diámetro máximo del cable	Diámetro mínimo del cable
5.3 mm <sup>2</sup> (10 AWG)	1.3 mm <sup>2</sup> (16 AWG)

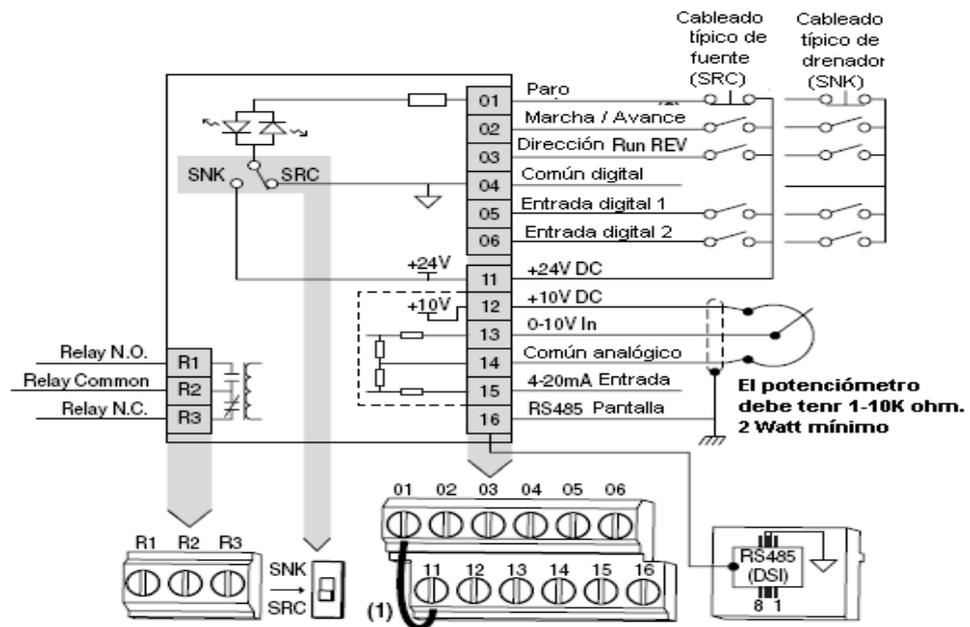
#### 6.1.5 Bloque de control del variador de velocidad PowerFlex 4

El variador de velocidad PowerFlex 4 cuenta con un bloque de control el cual permite al usuario poner en marcha el variador mediante el parámetro de programación P036 donde se tiene la posibilidad de hacer una conexión de tres líneas, dos líneas o desde teclado.

Este control no solamente se le puede asignar para la puesta en marcha del variador sino también para el paro, mediante el parámetro de programación P037 dependiendo de la conexión del bloque de control.

El variador de velocidad PowerFlex4 utiliza dos modalidades de conexión SRC o fuente y SNK o drenador. Cuando el usuario utiliza la modalidad (SRC) o fuente, conecta externamente el terminal 01 con el terminal 11 que es una alimentación externa de 24 V DC, mientras que internamente el terminal 01 está conectado a tierra mediante el terminal 04.

Cuando el usuario utiliza la modalidad (SNK) o drenador, conecta externamente el terminal 01 con el terminal 04 que es una entrada digital común, mientras que internamente el terminal 01 está conectado a la fuente de alimentación de 24 V DC mediante el terminal 11.



**Figura 6.5 Bloque de Control**

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

Mediante la siguiente tabla se puede conocer cuál es su función de cada terminal en el bloque de control:

Tabla 6.3 Descripción de los terminales del bloque de control

No.	Señal	Descripción	Parámetro de referencia
R1	Relé N.A	Contacto normalmente abierto para el relé de salida.	A055
R2	Común de relé	Común para relé de salida.	-
R3	Relé N.C	Contacto normalmente cerrado para el relé de salida.	A055
01	Paro	Es necesario que esté presente un puente de conexión o una entrada normalmente cerrada para que arranque el variador.	P036
02	Arranque / marcha	El comando proviene del teclado integral por defecto.	P036
03	Reversa/ dirección	El comando proviene del teclado integral por defecto. Para deshabilitar la operación en reversa está en el parámetro A095	-
04	Común digital	Para entradas digitales. Electrónicamente aislado con entradas digitales de E/S analógicas	-
05	Entrada digital 1	Se lo programa con A051	A051
06	Entrada digital 2	Se lo programa con A052	A052
11	+24V CC	Voltaje provisto por el variador para las entradas digitales.	-
12	+10V CC	Alimentación eléctrica provista por el variador para el potenciómetro externo de 0-10V. La corriente máxima de salida es de 15mA.	P038
13	Entrada 0-10V	Para alimentación externa de entrada de 0-10V o limpiador de potenciómetro	P038
14	Común analógico	Para entrada de 0-10V o entrada de 4-20mA. Eléctricamente aislado con entradas analógicas de E/S digitales.	-
15	Entrada 4-20mA	Para alimentación externa de entrada de 4-20mA	P038
16	Pantalla RS485 (DSI)	Al usar el puerto de comunicaciones RS485 (DSI) deberá conectarse el terminal a la tierra de seguridad.	

Los cables recomendados para utilizar en el bloque de control son los que se especifican en la tabla siguiente:

Tabla 6.4 Número de cable recomendado bloque control

Díámetro Máximo del Cable	Díámetro Mínimo del Cable
1.3 mm <sup>2</sup> (16 AWG)	0.13 mm <sup>2</sup> (26 AWG)

### 6.1.6 Teclado Integral

El teclado integral es aquel conjunto de teclas que se encuentran ubicadas en todo el panel frontal del variador de velocidad PowewrFlex 4, las mismas que poseen funciones específicas para programar el variador.<sup>11</sup>

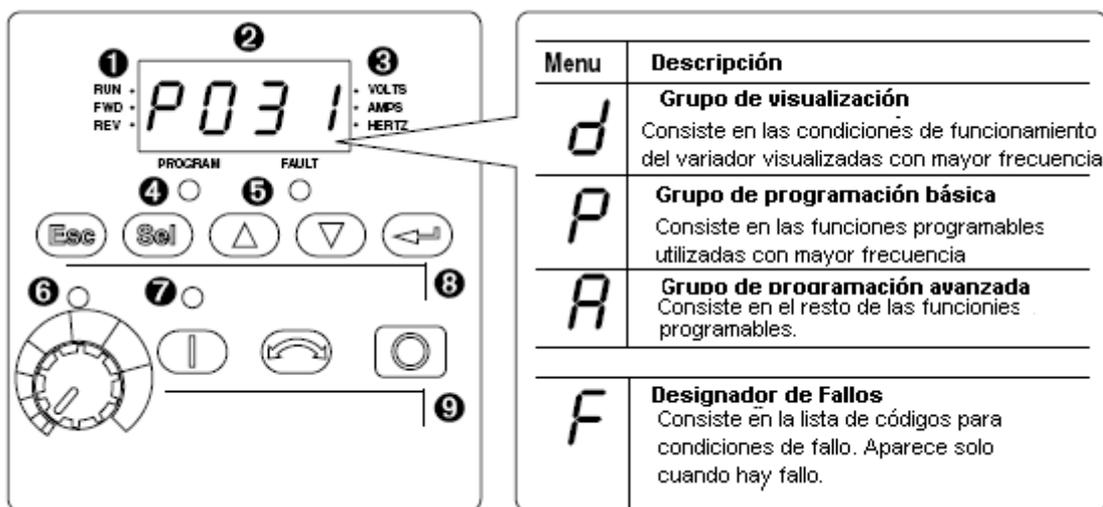


Figura 6.6 Panel Frontal

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

Para la descripción de cada tecla e indicador en el panel del variador se ha registrado en una tabla descriptiva que está a continuación:

<sup>11</sup> Manual del Usuario PowerFlex 4

Tabla 6.5 Descripción de teclado integral

No.	LED	Estado del indicador LED	Descripción
1	Estado de Marcha / dirección	Rojo continuo	Indica que el variador está funcionando y comandó la dirección del motor.
		Rojo intermitente	El variador ha indicado el cambio de dirección. Indica la dirección real del motor mientras reduce la aceleración a cero.
2	Pantalla alfa numérica	Rojo continuo	Indica el número de parámetro, el valor del parámetro o código de fallo.
		Rojo intermitente	Un solo dígito intermitente indica que puede modificarse dicho dígito. Todos los dígitos intermitentes es indicación de una condición de fallo.
3	Unidades mostradas	Rojo continuo	Indica las unidades del valor del parámetro mostrado en pantalla.
4	Estado del programa	Rojo continuo	Indica que se puede cambiar el valor del parámetro.
5	Estado de fallo	Rojo intermitente	Indica que el variador tiene un fallo.
6	Estado del potenciómetro	Verde continuo	Indica que el potenciómetro en el teclado integral del variador está activo
7	Estado de la tecla de arranque	Verde continuo	Indica que la tecla de arranque en el teclado integral está activa.

Las teclas que se van a describir a continuación corresponden a la sección **8** del teclado integral:

-  Tecla de escape; permite retroceder un paso en el menú de programación. Anular un cambio a un valor de parámetro y salir del modo de programación.
-  Tecla de selección; permite avanzar un paso en el menú de programación. Seleccionar un dígito al visualizar el valor del parámetro.

-  Teclas de direcciones; permite desplazarse a través de grupos y parámetros. Aumenta o reduce el valor de un dígito intermitente.
-  Tecla de ingreso; Permite avanzar un paso en el menú de programación. Guardar un cambio a un valor de parámetro.

Las teclas que se van a describir a continuación corresponden a la sección **9** del teclado integral:

-  Es el potenciómetro del variador; permite controlar la velocidad del variador. La condición predeterminada es activa. Se controla por medio del parámetro P038.
-  Tecla de arranque; se utiliza para poner en marcha el variador. La condición predeterminada es activa. Se controla por medio del parámetro P036.
-  Tecla de retroceso; se utiliza para invertir la dirección del variador. La condición predeterminada es activa. Se controla por medio de los parámetros P036 y A095.
-  Tecla de paro; se utiliza para detener el variador o borrar un fallo. Esta tecla siempre está activa y se controla por medio del parámetro P037.<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> Manual del Usuario PowerFlex 4

### 6.1.7 Parámetros de Grupo de Visualización:

#### 1. Frecuencia de salida [d001]

Corresponde a la frecuencia de salida presente en [U, V y W] del motor.

Tabla 6.6 Frecuencia de salida

Default	Solo lectura
Min/Max:	0.0/P035 Maxima frecuencia
Display:	0.1 Hz

#### 2. Comando de frecuencia [d002]

Muestra la frecuencia comandada sin importar que el variador este en marcha o no.

Tabla 6.7 Comando de frecuencia

Default	Solo lectura
Min/Max:	0.0/P035 Maxima frecuencia
Display:	0.1 Hz

#### 3. Intensidad de salida [d003]

Muestra la corriente de salida presente en [U, V y W] del motor.

Tabla 6.8 Frecuencia de salida

Default	Solo lectura
Min/Max:	0.00/(Intensidad del variador x 2)
Display:	0.01 Amps

#### 4. Tensión de salida [d004]

Muestra la tensión de salida presente en [U, V y W] del motor.

Tabla 6.9 Tensión de salida

Default	Solo lectura
Min/Max:	0/Voltaje nominal del variador
Display:	1 VAC

**Nota:** si la tensión de alimentación trifásica no es exactamente 220V AC, la tensión que se visualice en el variador va a diferenciar en un porcentaje pequeño con respecto a la tensión presente en los terminales U, V y W] del motor.

#### 5. Tensión bus DC [d005]

Muestra el bus de nivel de voltaje DC.

Tabla 6.10 Tensión bus DC

Default	Solo lectura
Min/Max:	Basado en la capacidad nominal del variador
Display:	1 VDC

#### 6. Estado del variador [d006]

Muestra el estado del variador a través de números binarios mientras está puesto en marcha.



**Figura 6.7 Estado del Variador**

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

7. Código fallo [d007, d008, d009]

Muestra un código que representa algún tipo de falla en el variador. Estos códigos de fallas irán apareciendo conforme se den los errores.

Tabla 6.11 Código de fallo

Default	Read Only
Min/Max:	F2/F122
Display:	F1

8. Entrada analógica 0-10V [d020]

Muestra en porcentaje el voltaje que está presente en el terminal 13 del bloque de control del variador (100% = 10V).

Tabla 6.12 Entrada analógica 0-10V

Default	<b>Solo lectura</b>
Min/Max:	0.0/100.0%
Display:	0.1%

9. Entrada analógica de 4-20mA [d021]

Muestra en porcentaje el nivel de corriente que está presente en el terminal 15 del bloque de control del variador (0.0% = 4mA, 100.0% = 20mA).

Tabla 6.13 Entrada analógica 4-20mA

Default	<b>Solo lectura</b>
Min/Max:	0.0/100.0%
Display:	0.1%

## 10. Temperatura del variador [d024]

Muestra la temperatura ambiente que se encuentra en la sección de potencia del variador.

Tabla 6.14 Temperatura de variador

Default	<b>Solo lectura</b>
Min/Max:	0/120 degC
Display:	1 degC

**Nota:** Los parámetros de visualización que faltan se los puede ubicar en el manual del usuario.<sup>13</sup>

### 6.1.8 Parámetros de Grupo de Programación Básica:

**Nota:** Es importante recordar que antes de cambiar cualquier parámetro de programación se debe detener el variador.

En los parámetros de programación se pueden tener varias opciones de manejo, por tal razón es menester conocer a fondo cada parámetro a editar.

#### 1. Voltaje según placa del motor [P031]

<sup>13</sup> Manual del Usuario PowerFlex 4

Seleccionar el voltaje a operar según lo que especifique la placa del motor.

Tabla 6.15 Voltaje según placa del motor

Default	<b>Basado en la capacidad nominal del variador</b>
Min/Max:	20/Voltaje nominal del variador
Display:	1 VAC

## 2. Frecuencia según placa del motor [P032]

Seleccionar la frecuencia según lo que especifique la placa del motor.

Tabla 6.16 Frecuencia según placa del motor

Default	60 Hz
Min/Max:	10/240 Hz
Display:	1 Hz

## 3. Intensidad según placa del motor [P033]

Establecer la máxima corriente permisible del motor. Según lo que especifique su placa.

Tabla 6.17 Intensidad según placa del motor

Default	<b>Basado en la capacidad nominal del variador</b>
Min/Max:	<b>Intensidad de salida del variador x 2</b>
Display:	0.1 Amps

## 4. Frecuencia Mínima [P034]

Establece la mínima frecuencia de salida continua del variador.

Tabla 6.18 Frecuencia mínima

Default	0.0 Hz
Min/Max:	0.0/240.0 Hz
Display:	0.1 Hz

## 5. Frecuencia Máxima [P035]

Establece la máxima frecuencia de salida del variador.

Tabla 6.19 Frecuencia máxima

Default	60 Hz
Min/Max:	0/240 Hz
Display:	1 Hz

## 6. Fuente de Arranque [P036]

Establece el esquema de control utilizado para poner en marcha el variador.

Tenemos algunas opciones para puesta en marcha en este parámetro los cuales son:

- **0 = Teclado:**

Permite poner en marcha el variador desde el teclado mediante el botón de arranque.

El terminal 01 del bloque de control se activa en modo paro por inercia.

- **1 = Tres líneas:**

Con esta modalidad se puede tener control independiente del arranque, del paro y del cambio de dirección del variador.

- **2 = Dos líneas:**

Con esta modalidad solamente se puede tener el arranque del variador mientras se mantiene sujeta la entrada para la marcha, caso contrario se detendrá. La misma condición es cuando se cambia de dirección al variador.

- **3 = Dos líneas Lvl Sens:**

En esta modalidad de arranque una vez que se mantiene sostenida la entrada de marcha; después de haberla parado el variador procederá a reiniciarse en el momento en que se quiera arrancar nuevamente.

Es importante tener mucho cuidado porque si se reinicia en forma consecutiva puede ocasionar daños al motor o al variador.

- **4 = Dos líneas alta velocidad:**

Cuando se trabaja con esta opción hay que tener muy en cuenta que la tensión aumenta sobre los terminales de salida. Esta modalidad permite arrancar el variador dentro de 10 milisegundos lo cual es muy rápido pero no es recomendable usarla constantemente para protección de los equipos.

- **5 = Puerto Comunicaciones:**

Esta opción va a ser requerida cuando se esté trabajando con el terminal 16 del bloque de control del variador al usar el puerto de comunicaciones RS485.

## 7. Modo de paro [P037]

Establece el modo de paro con el cual se detendrá el variador.

Tenemos algunas opciones de modo de paro en este parámetro que son:

- **0 = Rampa, CF”:**

Si el usuario elige esta opción, tendrá un paro que borre el fallo activo y que no va a forzar mucho al motor a detenerse porque desde el momento en que se activó la entrada stop va a pasar algunos segundos en el cual irá el variador desacelerando poco a poco.

Es un paro recomendado si se está trabajando con bastante carga al motor.

- **1 = Inercia, CF”:**

En esta modalidad de paro el motor se detiene al instante en que se activó la entrada Stop. Este paro también borra el fallo activo.

- **2= Freno CC, CF”:**

Para detener la marcha en esta modalidad, el variador inyecta corriente continua para que se produzca el freno y así se detenga el motor.

Esta opción también borra el fallo activo.

- **3 = Auto Freno CC,C “:**

El variador inyecta corriente continua en base al tiempo fijado en el parámetro A080 para frenar la marcha. Cuando el variador detecta que el motor se ha parado entonces deja de inyectar corriente continua.

Esta opción también borra el fallo activo.

**Nota:** las siguientes opciones que presenta este parámetro, es decir, desde la opción 4 hasta la 7 es el mismo procedimiento de paro, pero la diferencia está en que si se produce un fallo durante el proceso; el paro no barrará el fallo producido y se puede ver qué sucedió.

#### 8. Velocidad de Referencia [P038]

Establece la fuente de referencia de velocidad para el variador; es decir, en base a la opción que se escoja, el variador va a cambiar la velocidad.

- **0 = Potencia del variador:**

Si se escoge esta opción la fuente de referencia.

#### 9. Tiempo de aceleración [ P039]

Establecer el régimen de aceleración donde el variador alcanzará la máxima velocidad en el tiempo fijado.

Tabla 6.20 Tiempo aceleración

Default	10.0 Secs
Min/Max:	0.0/600.0 Secs
Display:	0.1 Secs

#### 10. Tiempo de desaceleración [ P040]

Establecer el régimen de desaceleración donde el variador alcanzará la mínima velocidad en el tiempo fijado.

Tabla 6.21 Tiempo desaceleración

Default	10.0 Secs
Min/Max:	0.1/600.0 Secs
Display:	0.1 Secs

#### 11. Restablecer a Predeterminado [ P041]

Restablece todos los parámetros a sus valores predeterminados en fábrica.

0= Estado inactivo.

1= Restablecer a valores predeterminados.

#### 12. Retención SC Motor [P043]

Habilita o inhabilita la función de retención de sobrecarga del motor.

0 = Inhabilitado.

1= habilitado.<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> Manual del Usuario PowerFlex 4

### 6.1.9 Parámetros de Grupo Avanzado:

#### 1. Entrada Digital 1 [A051]

Para configurar esta entrada a más de fijar la opción requerida, se tiene que utilizar el Terminal E/S 05 del bloque de control del variador.

#### 2. Entrada Digital 2 [A052]

Para configurar esta entrada a más de fijar la opción requerida, se tiene que utilizar el Terminal E/S 06 del bloque de control del variador.

#### 3. Tiempo de freno CC [A080]

Es el tiempo que va a aplicar una corriente continua al motor para que este se frene.

#### 4. Nivel de freno CC [A081]

Fije el valor de intensidad de freno que se va a aplicar al motor para detener la marcha.

#### 5. Inversión Deshabilitado [A095]

Permite deshabilitar la reversa ubicada en el panel del variador, para dar paso a una entrada de dirección reversa externa.

0 = Reversa habilitada.

1 = Reversa inhabilitada.

## 6. Bloque Programa [A101]

Este programa permite bloquear los parámetros de programación para que ninguna persona extraña altere el proceso.<sup>15</sup>

0 = Desbloqueado.

1 = Bloqueado.

**Nota:** Los parámetros de Grupo Avanzado que faltan están especificados en el manual del usuario.

### 6.1.10 Códigos de fallo:

#### 1. Fallo Entrada Auxiliar [F2]

Verifique el cableado remoto

#### 2. Pérdida alimentación [F3]

Supervise la línea AC entrante para detectar baja tensión o interrupciones en la línea de potencia.

#### 3. Baja Tensión [F4]

Supervise la línea AC entrante para detectar baja tensión o interrupciones en la línea de potencia.

#### 4. Sobretensión [F5]

Supervise la línea de AC para verificar si existe sobretensión o condiciones transitorias. La sobretensión del bus también puede ser

---

<sup>15</sup> Manual del Usuario PowerFlex 4

ocasionada por la regeneración del motor. Prolongue el tiempo de desaceleración o instale una opción de frenado dinámico.

5. Motor parado [F6]

Aumente (tiempo de aceleración  $x$ ) o reduzca la carga para que la corriente de salida del variador no exceda la corriente establecida por el parámetro A089 (límite de corriente).

6. Sobrecarga motor [F7]

Existe una carga de motor excesiva. Reduzca la carga para que la corriente de salida del variador no exceda la corriente establecida por el parámetro P033.

7. Sobre temperatura [F8]

Verifique que no haya aletas bloqueadas o sucias en el disipador de calor. Verifique que la temperatura ambiente no haya excedido 40 grados centígrados. Verifique el ventilador.

8. Fallo tierra [F13]

Verifique el motor y el cableado externo de los terminales de salida del variador para una condición de puesta a tierra.

9. Fase U a tierra [F38]

Verifique el cableado entre el variador y el motor. Verifique que no exista en el motor una fase a tierra. Si no se puede borrar el fallo reemplace el variador.

#### 10. Fase V a tierra [F39]

Verifique el cableado entre el variador y el motor. Verifique que no exista en el motor una fase a tierra. Si no se puede borrar el fallo reemplace el variador.

#### 11. Fase W a tierra [F40]

Verifique el cableado entre el variador y el motor. Verifique que no exista en el motor una fase a tierra. Si no se puede borrar el fallo reemplace el variador.

#### 12. Fase UV corto [F41]

Verifique que no exista una condición de cortocircuito en el cableado del motor ni en el de salida del variador. Si no se puede borrar el fallo reemplace el variador.

#### 13. Fase UW corto [F42]

Verifique que no exista una condición de cortocircuito en el cableado del motor ni en el de salida del variador. Si no se puede borrar el fallo reemplace el variador.

#### 14. Fase VW corto [F43]

Verifique que no exista una condición de cortocircuito en el cableado del motor ni en el de salida del variador. Si no se puede borrar el fallo reemplace el variador.

#### 15. Parámetro predeterminado [F48]

El variador recibió instrucciones para escribir los valores predeterminados en el EEPROM. Borre el fallo o apague y encienda el variador. Programe los parámetros del variador según sea necesario.

#### 16. Sobrecarga variador [F64]

Reduzca la carga o prolongue el tiempo de aceleración.

#### 17. Unidad potencia [F70]

Apague y encienda la unidad. Si no se puede borrar el fallo, reemplace el variador.

#### 18. Pérdida red [F71]

Falló la red de comunicación.

#### 19. Pérdida comunicación [F81]

Si el adaptador no se desconectó intencionalmente, verifique el cableado al puerto. Reemplace el cableado, el expansor de puerto, los adaptadores o todo el variador según se requiera. Verifique la conexión. Se desconectó un adaptador. Apague la unidad por medio de A105 (accionamiento por pérdida de comunicación).<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> Manual del Usuario PowerFlex 4

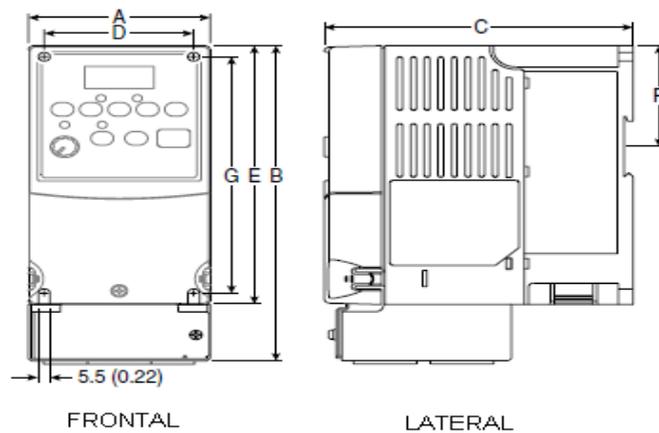
## 6.2 Instalación del variador PowerFlex 4 en el tablero de control

Para la implementación de módulos variadores de velocidad fue de requerimiento básico entender en qué consiste un Variador, cuáles son sus ventajas con respecto a otros dispositivos de control que existe en el mercado y qué aplicaciones se pueden obtener de estos módulos.

El variador de velocidad PowerFlex 4 presenta las siguientes dimensiones:

Tabla 6.22 Dimensiones del variador PowerFlex 4

A	B	C	D	E	F	G
8 cm	18.5 cm	13.6 cm	6.7cm	15.2cm	5.9cm	14cm



**Figura 6.8 Dimensiones del variador PowerFlex 4**

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

Para determinar el lugar donde se va a montar cada módulo didáctico, se tomó en consideración los siguientes parámetros:

1. Instalar el Variador en posición vertical y a nivel.
2. Evitar el polvo o las partículas metálicas para proteger el ventilador de enfriamiento.
3. Proteger la unidad contra la humedad y la luz solar directa.

Considerando los parámetros expuestos se tomó la decisión de ubicar un módulo didáctico por tablero de control, ya que sí existe el espacio suficiente de acuerdo con las dimensiones de la unidad, para realizar prácticas con otros elementos de control.

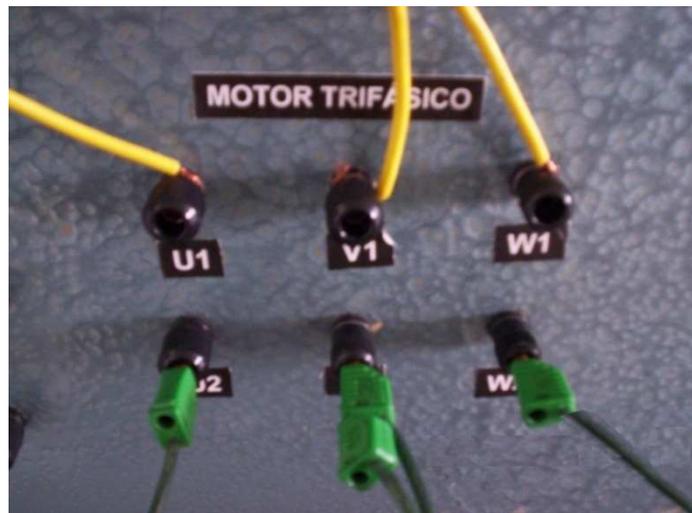


**Figura 6.9 Montaje del variador PowerFlex4**

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

Realizado por: Santiago Fierro

Para realizar la conexión entre el variador de velocidad PowerFlex 4 y el motor trifásico que hay en el laboratorio de control industrial del ITSA se tuvo que realizar un trabajo de comparación de especificaciones entre el Variador de velocidad PowerFlex 4 y el motor trifásico, es comparación comprendió: Voltaje = 220V; Intensidad = 2 Amp; Potencia = 1HP; Frecuencia = 60Hz; , donde se determinó que el motor trifásico está dentro del rango de operación del Variador por lo tanto no hubo ningún problema en la conexión de los dos dispositivos.



**Figura 6.10 Conexión variador PowerFlex4 con motor trifásico**

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

Realizado por: Santiago Fierro

El número de cable que se utilizó para la conexión en el bloque de potencia del Variador es 16 (AWG), los cuales son recomendados por el fabricante y lo podemos comprobar en la tabla 6.2



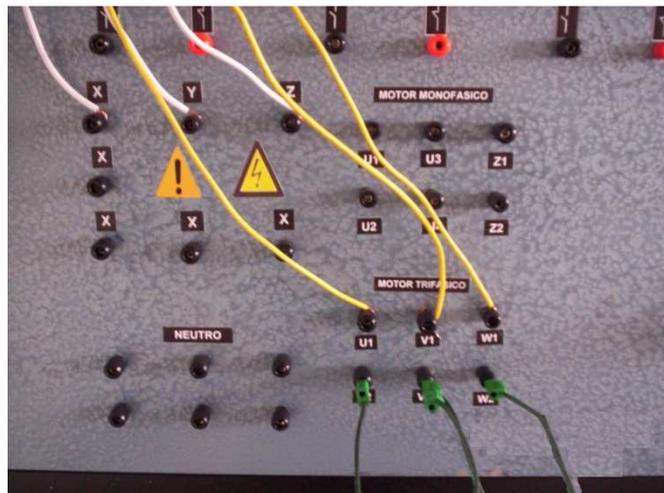
**Figura 6.11 Cable utilizado en bloque de Potencia**

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

Realizado por: Santiago Fierro

Antes de conectar la fuente de alimentación al Variador, se tuvo que seguir procedimientos de preparación para posteriormente arrancar el Variador:

1. Confirmar que todas las entradas se encuentren firmemente conectadas a los terminales correctos.



**Figura 6.12 Terminales conectados correctamente en el Variador**

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

Realizado por: Santiago Fierro

2. Verifique que toda la potencia de control digital sea de 24 voltios.

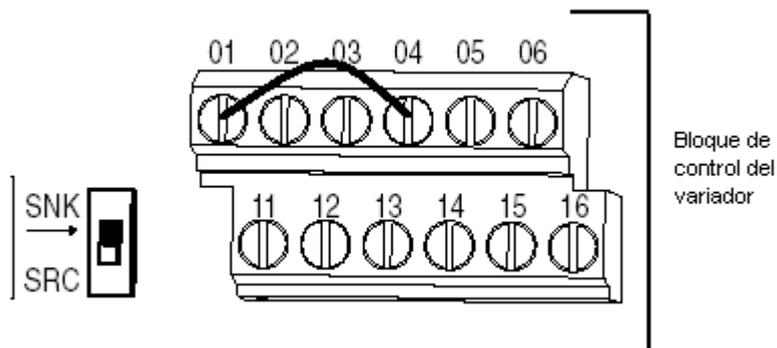


**Figura 6.13 Verificación de voltaje en el Bloque de control**

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

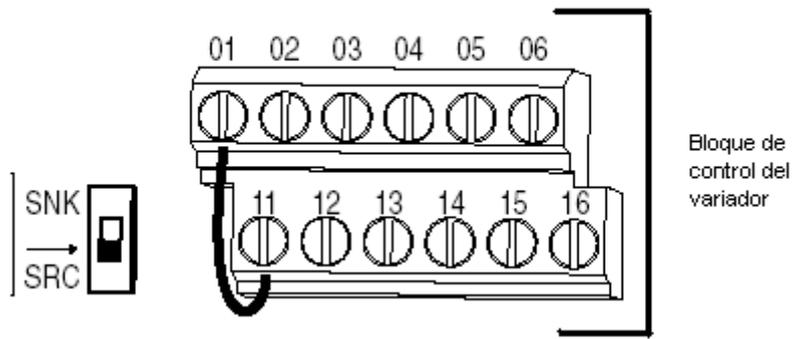
Realizado por: Santiago Fierro

3. Verifique que el micro interruptor Drenador (SNK) o Fuente (SRC), esté seleccionado en la posición correcta de acuerdo al tipo de conexión deseada.



**Figura 6.14 Micro Interruptor en la posición (SNK) o drenador**

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4



**Figura 6.15 Micro Interruptor en la posición (SRC) o fuente**

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

4. Conecte la fuente de alimentación trifásica al Variador.



**Figura 6.16 Disyuntores en posición "ON"**

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

Realizado por: Santiago Fierro

Los parámetros de Grupo de Programación se divide en dos grupos: aquellos parámetros que pueden variar de manera indefinida sus valores dependiendo de cómo lo decida el usuario y aquellos que únicamente varían de acuerdo a las características que muestra el motor trifásico en su placa respectiva.

Para editar los parámetros de programación que dependen de las características de la placa del motor trifásico, se tuvo que acceder a ellos mediante una programación manual en el panel de control del Variador.



**Figura 6.17 Edición de parámetros que dependen de la placa del motor**

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

Realizado por: Santiago Fierro

Cuando se editó los parámetros de programación que pueden variar de manera indefinida sus valores dependiendo de cómo lo decida el usuario, se tuvo que acceder igualmente a ellos, mediante una programación manual en el panel de control del Variador.

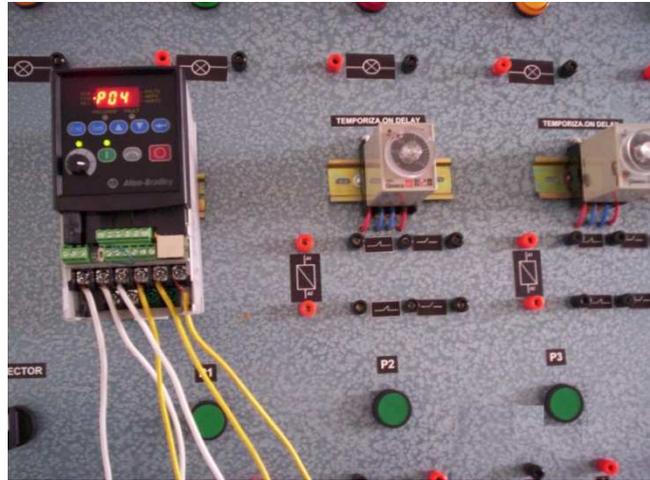


**Figura 6.18 Edición de parámetros que no dependen de la placa del motor**

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

Realizado por: Santiago Fierro

El variador de velocidad PowerFlex 4 es un dispositivo que fácilmente se acopló a otros elementos de control para simular procesos de control.



**Figura 6.19 Acople del variador con otros dispositivos de control**

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

Realizado por: Santiago Fierro

Las herramientas básicas de trabajo que me permitieron avanzar con diferentes prácticas en las que se tenía que comprobar varias conexiones en el bloque de control, fue un destornillador plano pequeño para manipular el bloque ya mencionado del Variador, y un destornillador estrella grande para manipular en el bloque de potencia.



**Figura 6.20 Manipulación en el bloque de Potencia**

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

Realizado por: Santiago Fierro



**Figura 6.21 Manipulación en el bloque de control**

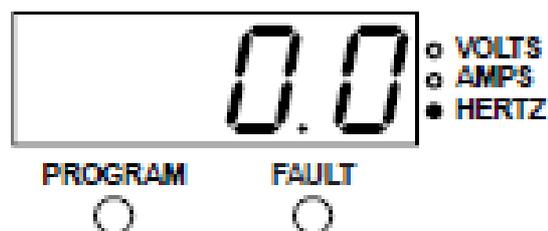
Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

Realizado por: Santiago Fierro

### 6.3 Prueba de eficiencia

Una vez verificado que todas las entradas se encuentren firmemente conectadas a los terminales correctos, se procedió a la prueba de funcionamiento del variador donde se continuó de la siguiente manera:

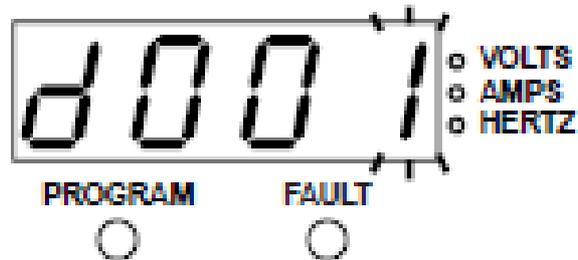
1. Al aplicar la alimentación eléctrica, aparece brevemente con caracteres intermitentes el último número de parámetro de Grupo de Visualización seleccionado por el usuario. La pantalla entonces muestra por defecto el valor actual del parámetro.



**Figura 6.22 Visualización predeterminada de inicio**

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

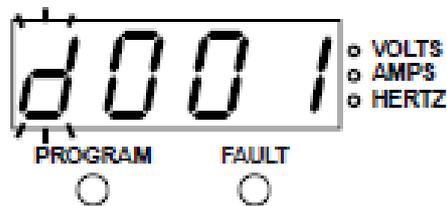
2. Pulse Esc  una vez para visualizar el número de parámetro de Grupo de Visualización que se muestra durante la puesta en marcha. El número de parámetro se iluminará intermitentemente.



**Figura 6.23 Parámetro de visualización**

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

3. Vuelva a pulsar Esc  para ingresar al menú de grupo. La letra del menú de grupo se iluminará intermitentemente.



**Figura 6.24 Ingreso al menú del variador**

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

4. Pulse la flecha Hacia Arriba o Hacia Abajo   para desplazarse a través del menú de grupo (d, P y A).
5. Pulse Enter  para ingresar al grupo P031. El dígito de la derecha del último parámetro visualizado en ese grupo se iluminará intermitentemente.



**Figura 6.25 Parámetro de programación**

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

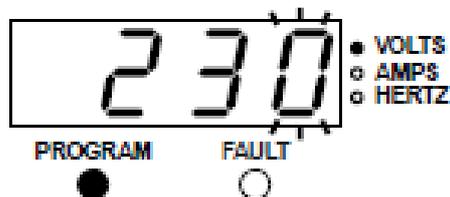
6. Pulse Enter  para ver el valor de un parámetro. Si no desea editar el valor, pulse Esc  para regresar al número del parámetro.



**Figura 6.26 Ingreso al parámetro P031**

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

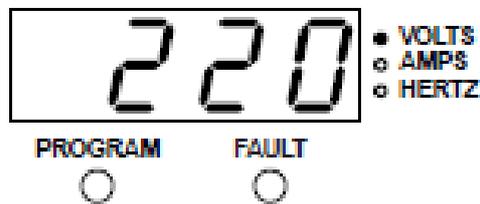
7. Pulse Enter  para acceder al modo de programación y modificar el valor del parámetro. El dígito de la derecha se iluminará intermitentemente y el indicador LED del Programa se iluminará si se puede modificar el parámetro.



**Figura 6.27 Edición del parámetro P031**

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

8. Pulse la flecha Hacia Arriba o Hacia Abajo   para cambiar el valor del parámetro. Si lo desea, pulse Sel para moverse de dígito a dígito o de bit a bit. El dígito o bit que puede cambiar parpadeará.
9. Pulse Esc  para cancelar un cambio. El dígito dejará de parpadear, se restaura el valor anterior y se apagará el indicador LED del Programa. O bien Pulse Enter  para guardar un cambio. El dígito dejará de parpadear y se apagará el indicador LED del Programa.



**Figura 6.28 Confirmación del valor deseado**

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

10. Pulse Esc para regresar a la lista de parámetros. Continúe pulsando Esc para salir del menú de programación.



**Figura 6.29 Salida al menú del variador**

Fuente: Manual del Usuario PowerFlex 4

11. Presione el botón de arranque  para comprobar el funcionamiento del Variador.
12. Pulse el botón de paro  para detener el variador.

## 6.4 Prueba y análisis de resultados

### 6.4.1 Guía de laboratorio 1

**Tema:** Reconocimiento general del variador de velocidad PowerFlex 4.

#### Objetivos

- Familiarizar a los estudiantes con los parámetros básicos de programación del variador.
- Editar el programa del variador de velocidad para realizar prácticas.
- Utilizar los parámetros de visualización básicos para comprobar los resultados visualizados en el variador con los que entrega el multímetro
- Fomentar la iniciativa en los alumnos al permitir que realicen pruebas con las diferentes opciones que presentan algunos parámetros del variador.

**Nota:** Se adjuntan los circuitos de mando y de potencia de puesta en marcha y paro del motor trifásico.

#### Materiales:

- Multímetro
- Cable de conexión
- Cuaderno de apuntes

#### Trabajo Previo:

- 1) Ponga al frente de cada tecla del variador el significado del mismo y su descripción:

Tecla	Nombre	Descripción
		
		
		
		
		
		
		
		

2) ¿Cuáles son los parámetros de grupo con que cuenta el variador de velocidad?

- 
- 
- 

3) ¿Qué función cumplen los siguientes parámetros de programación básica en el variador?

- P031
- P032
- P033
- P034
- P035
- P036
- P037
- P039
- P040

- 4) Subraye los parámetros que son únicamente de visualización en el variador y explique de que trata cada uno de ellos.

P041            d001            A100            P033            d003            d004

- 5) Según las opciones que encontramos en el parámetro P037. ¿Cuál es la diferencia entre la opción cero y la opción cuatro de este parámetro?
- 6) ¿Qué significa el tiempo de aceleración en el variador cuando empieza la marcha?
- 7) ¿Qué significa el tiempo de desaceleración en el variador cuando termina la marcha?

**Procedimiento:**

Antes de proceder a operar el variador de velocidad tomar en cuenta las siguientes recomendaciones de seguridad:

- Antes de conectar el variador de velocidad al tablero de control, verificar que todos los terminales de alimentación trifásica del tablero de control, estén funcionando correctamente para evitar cortocircuitos.
- Al momento de realizar algún cambio en la programación del variador, asegurarse que el variador de velocidad esté parado (stop).
- Para desconectar el variador de velocidad asegúrese de esperar unos tres minutos hasta que el variador de velocidad se desenergice totalmente.
- Verificar que no exista residuos de cable en el bloque de potencia del variador de velocidad para prevenir cortos circuitos.

**Verificación de seguridad en los terminales del tablero de control:**

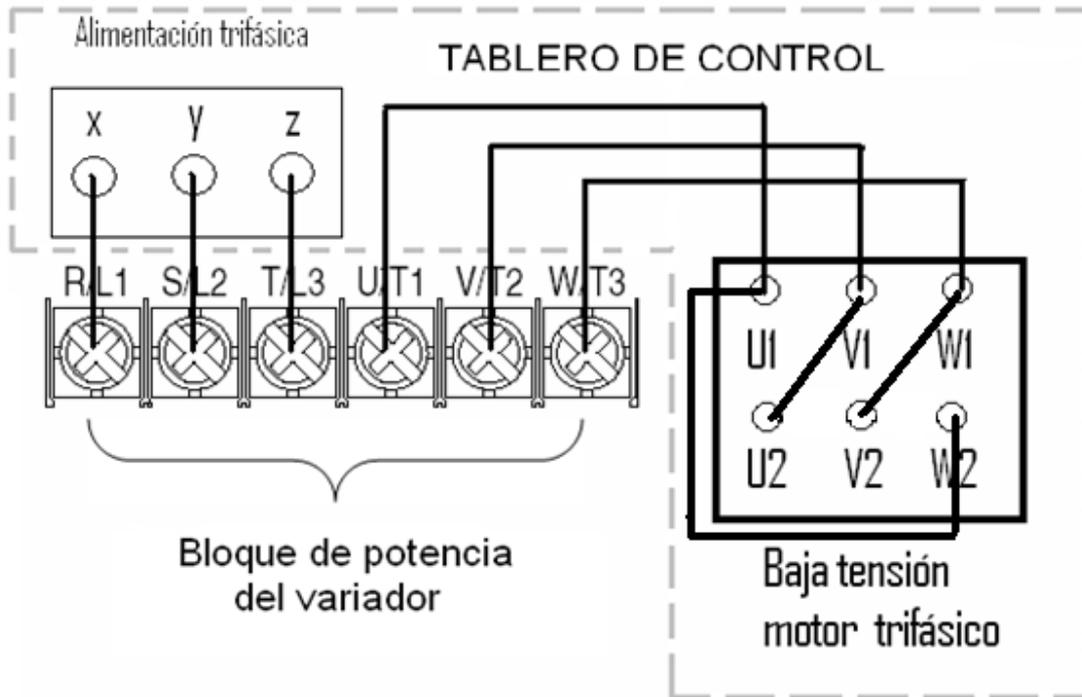
1. Coloque en ON el disyuntor trifásico y el monofásico ubicado en la parte superior izquierda del tablero de control.
2. Con la ayuda de un multímetro verificar que exista 220V AC entre los terminales: X-Y; X-Z; Y-Z. Para evitar corto circuitos.
3. Coloque en OFF el disyuntor trifásico y monofásico ubicado en la parte superior izquierda del tablero de control.

**Conexión del variador de velocidad y el motor trifásico al tablero de control:**

4. Conecte la alimentación trifásica X, Y, Z al variador de velocidad en los terminales R/L1, S/L2, T/L3 respectivamente.
5. Conecte el motor trifásico en conexión triángulo.
6. Conecte la salida trifásica del variador de velocidad, terminales U/T1, V/T2, W/T3 al motor trifásico en U1, V1, W1 respectivamente.

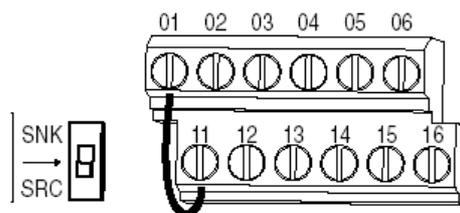
**Nota: El número de cable recomendado es 16 AWG para el bloque de potencia.**

7. Confirme que todas las conexiones en los terminales del variador y del tablero de control se encuentren conectadas correctamente en base a la siguiente figura:



**Figura 1. Conexión del variador en el tablero de control**

8. Verifique que el micro interruptor fuente (SRC) del variador esté seleccionado, y que la entrada E/S 01 esté conectada en puente con la entrada E/S 11 del variador como se indica en la figura:



**Figura 2. Conexión SRC (FUENTE)**

**Programación de voltaje según la placa del motor trifásico:**

9. Coloque en ON el disyuntor trifásico y el monofásico ubicado en la parte superior izquierda del tablero de control.

10. Pulse dos veces el botón ESC del variador. 

11. Pulse una vez la flecha hacia arriba. , en el display del variador aparecerá **P031** pulse ENTER para confirmar el parámetro.

12. Pulse ENTER  para ingresar al parámetro **P031**.

13. Pulse las flechas del variador   hacia abajo o hacia arriba y edite el voltaje (V) registrado en la placa del motor (para nuestro caso 220 V AC). Luego confirme su valor con un ENTER. 

#### **Programación de frecuencia según la placa del motor trifásico:**

14. Pulse ESC  y vaya al parámetro **P032** presionando una vez la flecha hacia arriba. 

15. Pulse ENTER  y presione las flechas hacia arriba o abajo   para editar la frecuencia según indica la placa del motor (para nuestro caso 60 Hz). Posterior a ello pulse ENTER  para confirmar el valor.

#### **Programación de corriente según la placa del motor trifásico:**

16. Pulse ESC  y vaya al parámetro **P033** pulsando una vez la flecha hacia arriba. 

17. Pulse ENTER  y presione las flechas hacia arriba o abajo   y edite la máxima corriente (Amp) permisible del motor

especificado en la placa del motor (para nuestro caso 2 Amp). Luego confirme su valor con un ENTER. 

### **Programación de frecuencias mínima y máxima del motor:**

18. Pulse ESC  y vaya al parámetro **P034** presionando una vez la flecha hacia arriba. 

19. Pulse ENTER  y presione las flechas direccionales hacia arriba o abajo   y fije una frecuencia mínima de 10Hz. Luego confirme su valor con un ENTER. 

20. Pulse ESC  y vaya al parámetro **P035** presionando una vez la flecha hacia arriba. 

21. Pulse ENTER  y presione las flechas direccionales hacia arriba o abajo   y fije una frecuencia máxima de 60Hz. Luego confirme su valor con un ENTER. 

### **Programación para el control de marcha del motor trifásico:**

22. Pulse ESC  y vaya al parámetro **P036** presionando una vez la flecha hacia arriba. 

23. Pulse ENTER  y presione las flechas direccionales hacia arriba o abajo   y fije la opción 0 para la marcha desde teclado. Luego confirme su valor con un ENTER. 

### **Programación para el control de paro del motor trifásico:**

24. Pulse ESC  y vaya al parámetro **P037** presionando una vez la flecha hacia arriba. 
25. Pulse ENTER  y presione las flechas direccionales hacia arriba o abajo   y fije la opción 4 para que el modo de paro sea en rampa. Luego confirme su valor con un ENTER. 

### **Programación para el control del tiempo de aceleración del motor trifásico:**

26. Pulse ESC  y vaya al parámetro **P039** presionando dos veces la flecha hacia arriba. 
27. Pulse ENTER  y presione las flechas direccionales hacia arriba o abajo   y fije un tiempo de aceleración de 7 (seg). Luego confirme su valor con un ENTER. 

### **Programación para el control del tiempo de desaceleración del motor trifásico:**

28. Pulse ESC  y vaya al parámetro **P040** presionando una vez la flecha hacia arriba. 
29. Pulse ENTER  y presione las flechas direccionales hacia arriba o abajo   y fije un tiempo de desaceleración de 15 (seg). Luego confirme su valor con un ENTER. 

## ARRANQUE DEL MOTOR TRIFÁSICO:

30. Pulse ESC  dos veces y ponga en marcha el variador presionando el botón. 

31. Pulse una vez la flecha hacia abajo  y presione ENTER. 

## Parámetros de visualización del variador y comparación con el multímetro:

32. En el parámetro **d001** pulse ENTER nuevamente y observe la frecuencia a la que está trabajando el motor mientras varía el potenciómetro del variador con la mano. 

33. Tome el multímetro y verifique la frecuencia en los terminales del motor trifásico: U1-V1, U1-W1, V1-W1 ubicados en el tablero de control.

34. Compare las respuestas que muestra el variador en el parámetro **d001** con las respuestas que entrega el multímetro.

35. Pulse ESC  y presione dos veces la flecha hacia arriba  hasta llegar al parámetro. **d003**

36. Pulse ENTER  y registre en su cuaderno de apuntes la corriente a la que está trabajando el motor.

37. Mueva el potenciómetro del variador  y observe si hay cambios en la corriente.

38. Pulse ESC  y presione una vez la flecha hacia arriba  hasta llegar al parámetro. **d004**

39. Pulse ENTER  y registre en su cuaderno de apuntes el voltaje a la que está trabajando el motor.

40. Mueva el potenciómetro del variador  hasta el rango máximo y observe si el valor de voltaje varía.

41. Tome el multímetro y verifique el voltaje en los terminales del motor trifásico: U1-V1, U1-W1, V1-W1 ubicados en el tablero de control.
42. Compare las respuestas que muestra el variador en el parámetro **d004** con las respuestas que entrega el multímetro.

**Paro de la marcha para realizar varios cambios en la programación del variador de velocidad:**

43. Pulse STOP  y pare la marcha del variador.
44. Pulse dos veces ESC. 
45. Presione una vez la flecha hacia arriba  y luego pulse ENTER. 
46. Pulse tres veces la flecha hacia arriba  y en el parámetro **P034** pulsar ENTER. 
47. Pulse las flechas direccionales   y fije una frecuencia mínima de 0 (Hz); luego confirme el valor con un ENTER. 
48. Pulse ESC  para salir del parámetro.
49. Pulse tres veces la flecha hacia arriba  y en el parámetro **P037** presionar ENTER. 
50. Pulse las flechas direccionales   y fije la opción 5 para obtener un paro por inercia. Luego confirme el valor con ENTER. 
51. Pulse ESC dos veces. 
52. Ponga en marcha el variador presionando la tecla. 
53. Mueva el potenciómetro del variador hasta el rango mínimo. 
54. Saque conclusiones de los cambios realizados en la programación.

## **DESCONEXIÓN DEL VARIADOR DE VELOCIDAD:**

55. Pare la marcha con la tecla STOP. 

56. Pulse ESC dos veces y espere tres minutos hasta que el variador de velocidad de des-energice totalmente.

57. Coloque en OFF los disyuntores trifásicos y el monofásico.

58. Desconecte todo y guarde los materiales.

59. Deje limpio su lugar de trabajo.

### **Análisis de Resultados:**

En base a los apuntes de su cuaderno, realice un análisis de las ventajas que representa la utilización del variador de velocidad en el control de procesos industriales.

### **Conclusiones y Recomendaciones:**

Saque sus propias conclusiones en base al análisis realizado durante la práctica.

### **Bibliografía:**

- Manual del Usuario del Variador de Velocidad.

## 6.4.2 Guía de laboratorio 2

**TEMA:** Funcionamiento del variador PowerFlex 4 con dos y tres líneas.

### Objetivos

- Permitir que los estudiantes de esta materia conozcan las diferentes maneras de puesta en marcha del variador de velocidad.
- Conocer las diferentes conexiones que presenta el variador en la posición fuente (SRC) y en la posición drenador (SNK).
- Emplear la función de reversa del variador para invertir el sentido de giro del motor.

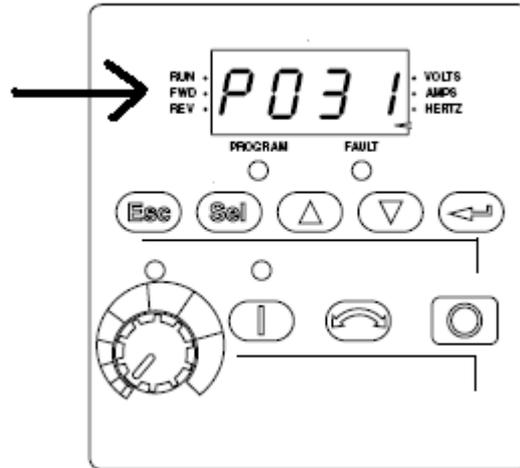
**Nota:** Se adjuntan los circuitos de mando y de potencia para la puesta en marcha, paro e inversión del sentido de giro del motor trifásico, en dos y tres líneas.

### Materiales:

- Multímetro.
- Destornillador plano pequeño
- Destornillador estrella grande.
- Cables de conexión
- Dos pulsadores normalmente abiertos.
- Un pulsador normalmente cerrado.
- Cuaderno de apuntes

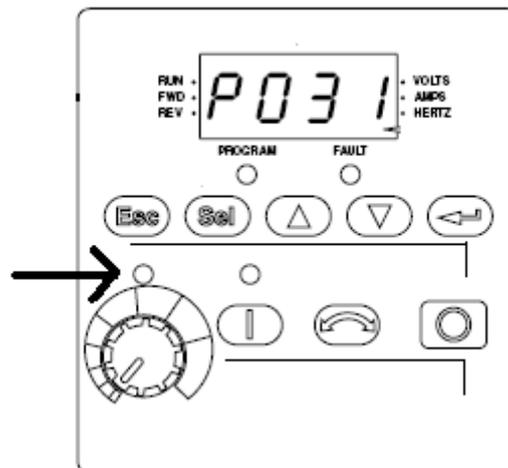
### Trabajo Previo:

1) En la parte superior izquierda del panel frontal del variador tenemos tres indicadores como se muestra en la figura, especifique qué función cumple cada uno de los indicadores.



**Figura 1. Panel frontal del variador de velocidad**

2) Si el LED indicador del potenciómetro ubicado en el variador está en verde continuo. ¿Qué nos está informando el variador?



**Figura 2. Panel frontal del variador de velocidad**

3) ¿Qué parámetro y que opción tenemos que fijar para que la tecla de retroceso  esté controlada únicamente desde una fuente externa?

4) ¿Por qué en la opción 4 del parámetro P036 debemos tener cuidado con la tensión que estamos manejando?

5) ¿Qué parámetro y que opción tenemos que fijar para que el potenciómetro del variador esté inhabilitado y pueda ser controlada desde un potenciómetro externo?

**Procedimiento:**

Antes de proceder a operar el variador de velocidad tomar en cuenta las siguientes recomendaciones de seguridad:

- Antes de conectar el variador de velocidad al tablero de control, verificar que todos los terminales de alimentación trifásica del tablero de control, estén funcionando correctamente para evitar cortocircuitos.
- Al momento de realizar algún cambio en la programación del variador, asegurarse que el variador de velocidad esté parado (stop).
- Para desconectar el variador de velocidad asegúrese de esperar unos tres minutos hasta que el variador de velocidad se desenergice totalmente.
- Verificar que no exista residuos de cable en el bloque de potencia del variador de velocidad para prevenir cortos circuitos.

**Verificación de seguridad en los terminales del tablero de control:**

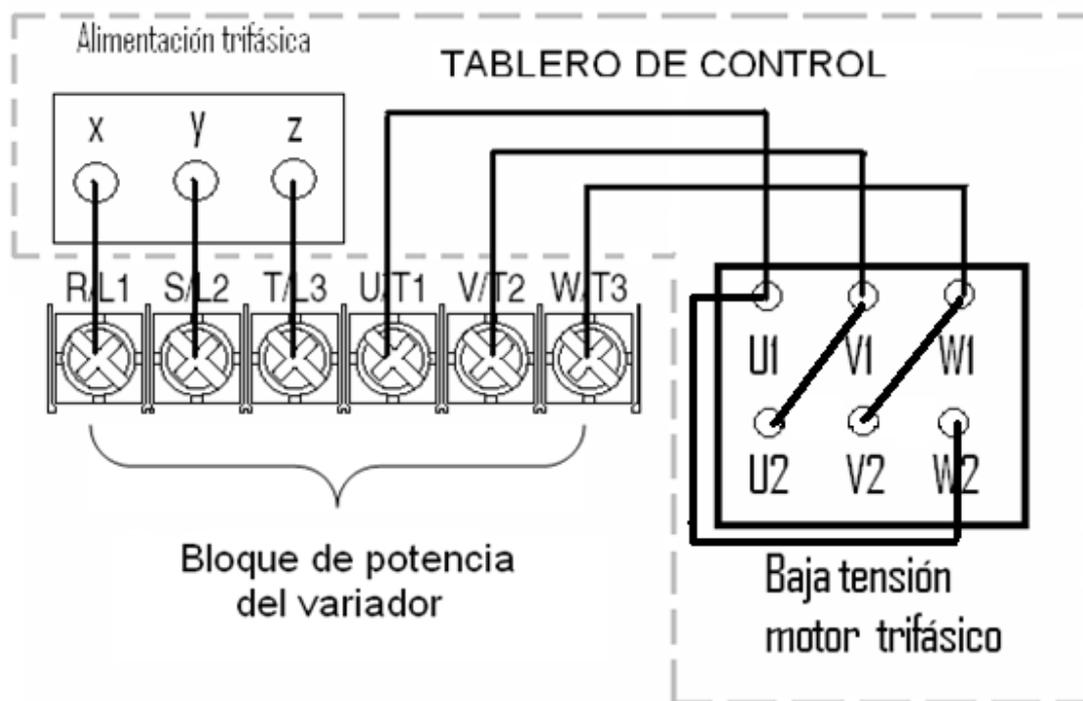
1. Coloque en ON el disyuntor trifásico y el monofásico ubicado en la parte superior izquierda del tablero de control.
2. Con la ayuda de un multímetro verificar que exista 220V AC entre los terminales: X-Y; X-Z; Y-Z. Para evitar corto circuitos.
3. Coloque en OFF el disyuntor trifásico y monofásico ubicado en la parte superior izquierda del tablero de control.

**Conexión del variador de velocidad y el motor trifásico al tablero de control:**

4. Conecte la alimentación trifásica X, Y, Z al variador de velocidad en los terminales R/L1, S/L2, T/L3 respectivamente.
5. Conecte el motor trifásico en conexión triángulo.
6. Conecte la salida trifásica del variador de velocidad, terminales U/T1, V/T2, W/T3 al motor trifásico en U1, V1, W1 respectivamente.

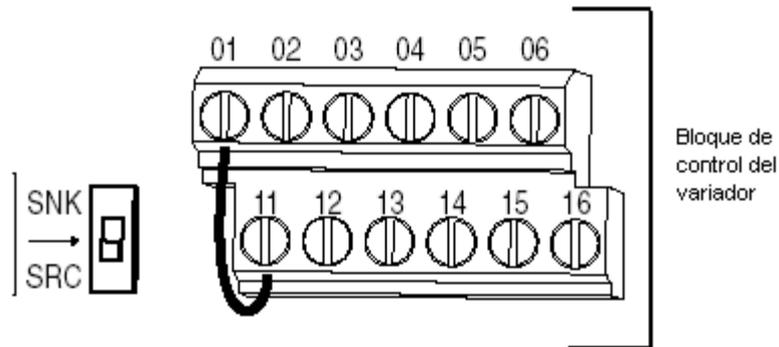
**Nota: El número de cable recomendado es 16 AWG para el bloque de potencia.**

7. Confirme que todas las conexiones en los terminales del variador y del tablero de control se encuentren conectadas correctamente en base a la siguiente figura:



**Figura 3. Conexión del variador en el tablero de control**

8. Verifique que el micro interruptor del variador esté seleccionado en la posición fuente (SRC), y que la entrada E/S 01 esté conectada en puente con la entrada E/S 11 del variador como se indica en la figura:



**Figura 4. Conexión SRC (FUENTE)**

Control de dos Líneas:

**Conexión de los pulsadores en el bloque de control de variador de velocidad:**

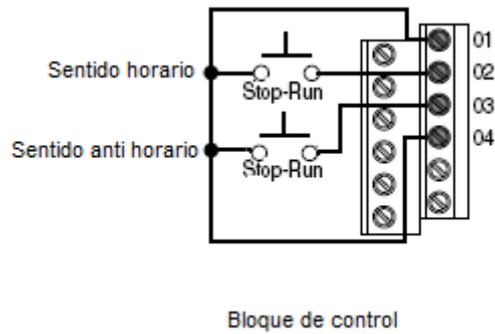
9. Conecte en el bloque de control del variador un pulsador normalmente

abierto  entre el terminal 02 y el terminal 11 para arrancar o detener el motor (dirección en sentido horario).

10. Conecte en el bloque de control del variador un pulsador normalmente

abierto  entre el terminal 03 y el terminal 11 para arrancar o detener el motor (dirección en sentido anti horario).

11. Confirme que todas las conexiones realizadas en el bloque de control del variador se encuentren conectadas correctamente en base a la figura 5.



**Figura 5.**

12. Coloque en ON el disyuntor trifásico y el monofásico ubicado en la parte superior izquierda del tablero de control.

**Programación de voltaje según la placa del motor trifásico:**

- 13. Pulse dos veces el botón ESC .
- 14. Pulse una vez la flecha hacia arriba , en el display del variador aparecerá **P031** pulse ENTER para confirmar el parámetro.
- 15. Pulse ENTER  para ingresar al parámetro **P031**.
- 16. Pulse las flechas   hacia abajo o hacia arriba y edite el voltaje (V) registrado en la placa del motor (para nuestro caso 220 V AC). Luego confirme su valor con un ENTER. .

**Programación de frecuencia según la placa del motor trifásico:**

- 17. Pulse ESC  y vaya al parámetro **P032** presionando una vez la flecha hacia arriba. .

18. Pulse ENTER  y presione las flechas hacia arriba o abajo   para editar la frecuencia según indica la placa del motor (para nuestro caso 60 Hz). Posterior a ello pulse ENTER  para confirmar el valor.

#### **Programación de corriente según la placa del motor trifásico:**

19. Pulse ESC  y vaya al parámetro **P033** pulsando una vez la flecha hacia arriba. 

20. Pulse ENTER  y presione las flechas hacia arriba o abajo   y edite la máxima corriente (Amp) permisible del motor especificado en la placa del motor (para nuestro caso 2 Amp). Luego confirme su valor con un ENTER. 

#### **Programación de frecuencias mínima y máxima del motor trifásico:**

21. Pulse ESC  y vaya al parámetro **P034** presionando una vez la flecha hacia arriba. 

22. Pulse ENTER  y presione las flechas direccionales hacia arriba o abajo   y fije una frecuencia mínima de 5Hz. Luego confirme su valor con un ENTER. 

23. Pulse ESC  y vaya al parámetro **P035** presionando una vez la flecha hacia arriba. 

24. Pulse ENTER  y presione las flechas direccionales hacia arriba o abajo   y fije una frecuencia máxima de 60Hz. Luego confirme su valor con un ENTER. 

### **Programación para el control de marcha del motor trifásico con dos líneas:**

25. Pulse ESC  y vaya al parámetro **P036** presionando una vez la flecha hacia arriba. 
26. Pulse ENTER  y presione las flechas direccionales hacia arriba o abajo   y fije la opción 2 la cual permitirá arrancar el variador con dos líneas. Luego confirme su valor con un ENTER. 

### **Programación para el control de paro del motor trifásico:**

27. Pulse ESC  y vaya al parámetro **P037** presionando una vez la flecha hacia arriba. 
28. Pulse ENTER  y presione las flechas direccionales hacia arriba o abajo   y fije la opción 5 para el modo de paro sea por inercia. Luego confirme su valor con un ENTER. 

### **Programación de tiempo de aceleración y desaceleración del motor trifásico:**

29. Pulse ESC  y vaya al parámetro **P039** presionando dos veces la flecha hacia arriba. 
30. Pulse ENTER  y presione las flechas direccionales hacia arriba o abajo   y fije un tiempo de aceleración de 10 (seg). Luego confirme su valor con un ENTER. 
31. Pulse ESC  y vaya al parámetro **P040** presionando una vez la flecha hacia arriba. 

32. Pulse ENTER  y presione las flechas direccionales hacia arriba o abajo   y fije un tiempo de desaceleración de 15 (seg). Luego confirme su valor con un ENTER. 

### ARRANQUE DEL MOTOR TRIFÁSICO:

33. Pulse ESC  dos veces.

34. Ponga en marcha el variador manteniendo presionado el pulsador normalmente abierto  con dirección en sentido horario.

Mueva el potenciómetro del variador hasta el rango máximo  para aumentar la velocidad del motor.

35. Suelte el pulsador  para detener la marcha.

36. Ponga en marcha el variador manteniendo presionado el pulsador normalmente abierto  con dirección en sentido anti horario.

37. Mueva el potenciómetro del variador hasta un rango intermedio  para disminuir la velocidad del motor.

38. Suelte el pulsador  para detener la marcha y saque sus conclusiones.

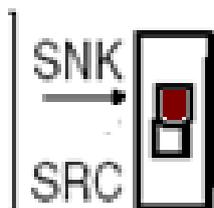
39. Espere tres minutos y coloque en OFF el disyuntor trifásico y el monofásico.

40. Desconecte todos los cables del bloque de control del variador para realizar otra conexión.

## Control de tres líneas:

### **Conexión de los pulsadores en el bloque de control de variador de velocidad:**

41. Verifique que el micro interruptor del variador esté seleccionado en la posición drenador (SNK). Como se indica en la figura 6.



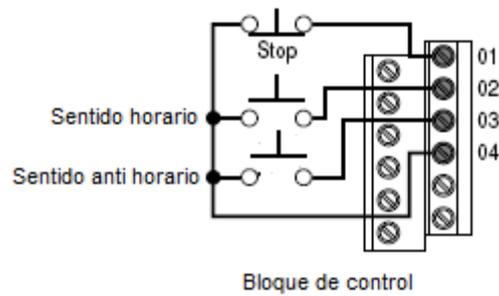
**Figura 6.**

42. Conecte en el bloque de control del variador un pulsador normalmente cerrado  entre el terminal 01 y el terminal 04 para detener la marcha del motor.

43. Conecte en el bloque de control del variador un pulsador normalmente abierto  entre el terminal 02 y el terminal 04 para arrancar el motor (hacia adelante).

44. Coloque en el bloque de control del variador un pulsador normalmente abierto  entre el terminal 03 y el terminal 04 para cambiar la dirección en sentido anti horario.

45. Confirme que todas las conexiones realizadas en el bloque de control del variador se encuentren conectadas correctamente en base a la figura 7.



**Figura 7.**

46. Coloque en ON el disyuntor trifásico y el monofásico ubicado en la parte superior izquierda del tablero de control.

**Programación para el control de marcha del motor trifásico con tres líneas:**

- 47. Pulse dos veces el botón ESC  del variador.
- 48. Pulse una vez la flecha hacia arriba , en el display del variador aparecerá **P031** pulse ENTER para confirmar el parámetro.
- 49. Pulse varias veces la flecha hacia arriba  hasta llegar al parámetro. **P036**
- 50. Pulse ENTER  y presione las flechas direccionales hacia arriba o abajo   y fije la opción 1 la cual permitirá arrancar el variador con tres líneas. Luego confirme su valor con un ENTER. 
- 51. Pulse ESC  dos veces.

**ARRANQUE DEL MOTOR TRIFÁSICO:**

- 52. Ponga en marcha el variador dando un pulso en el pulsador STAR. 
- 53. Mueva el potenciómetro del variador hasta el rango máximo  para aumentar la velocidad del motor.

54. Cambie la dirección de marcha a sentido anti horario del variador manteniendo presionado el pulsador .
55. Espere unos segundos hasta que el motor haya cambiado su dirección y mueva el potenciómetro de 5K del variador hasta un rango intermedio  para disminuir la velocidad del motor.
56. En el pulsador Stop  de un pulso para detener la marcha y saque sus conclusiones.
57. Espere tres minutos y coloque en OFF el disyuntor trifásico y el monofásico.
58. Desconecte todos los cables del bloque de control y del bloque de potencia variador.
59. Guarde todos los materiales y deje limpio su lugar de trabajo.

### **Análisis de Resultados:**

En base a los apuntes de su cuaderno, realice un análisis de las ventajas que representa la utilización de puesta en marcha de dos líneas y tres líneas del variador de velocidad.

### **Conclusiones y Recomendaciones:**

Saque sus propias conclusiones en base al análisis realizado durante la práctica.

### **Bibliografía:**

- Manual del Usuario del Variador de Velocidad PowerFlex 4

### 6.4.3 Guía de laboratorio 3

**TEMA:** Aplicación práctica: Control de un motor trifásico mediante un variador de velocidad, un relé programable y sensores.

#### Objetivos

- Realizar una práctica que permita integrar dispositivos de control como el relé programable Zelio y un sensor fotoeléctrico para que los estudiantes dominen todos los elementos de control que hay en el laboratorio de control industrial.
- Reforzar el conocimiento sobre el control de tres líneas en el variador de velocidad.
- Demostrar que el variador de velocidad PowerFlex 4 es un dispositivo que se acopla fácilmente a otros dispositivos de control para lograr un proceso eficiente.

**Nota:** se adjuntan los circuitos de mando y potencia para el arranque estrella triángulo con inversión de sentido de marcha a través de un sensor.

#### Materiales:

- Multímetro.
- Cables de conexión.
- Relé Zelio.
- Dos pulsadores normalmente abiertos.
- Un pulsador normalmente cerrado.
- Destornillar plano pequeño.
- Destornillador estrella grande.
- Cuaderno de apuntes

### Trabajo Previo:

- 1) ¿Qué es un sensor?
  
- 2) ¿Cuál es la característica de un sensor fotoeléctrico?
  
- 3) ¿Cuál es la función del terminal 11 en el bloque de control del variador?
  
- 4) Si quiero utilizar el control de tres líneas en el variador. ¿Qué parámetro y que opción tendría que fijar?
  
- 5) ¿De cuántas formas se puede llevar a cabo la programación en el módulo Zelio? Explique cada una.
  
- 6) Realizar un programa en el software del Zelio que me permita sensar 7 pulsos para luego activar la inversión de giro en el variador de velocidad. Esta inversión de giro durará un tiempo de 20 segundos y después regresará a la dirección de giro inicial del motor para nuevamente repetir el proceso.

**Procedimiento:**

Antes de proceder a operar el variador de velocidad tomar en cuenta las siguientes recomendaciones de seguridad:

- Antes de conectar el variador de velocidad al tablero de control, verificar que todos los terminales de alimentación trifásica del tablero de control, estén funcionando correctamente para evitar cortocircuitos.
- Al momento de realizar algún cambio en la programación del variador, asegurarse que el variador de velocidad esté parado (stop).
- Para desconectar el variador de velocidad asegúrese de esperar unos tres minutos hasta que el variador de velocidad se desenergice totalmente.
- Verificar que no exista residuos de cable en el bloque de potencia del variador de velocidad para prevenir cortos circuitos.

**Verificación de seguridad en los terminales del tablero de control:**

1. Coloque en ON el disyuntor trifásico y el monofásico ubicado en la parte superior izquierda del tablero de control.
2. Con la ayuda de un multímetro verificar que exista 220V AC entre los terminales: X-Y; X-Z; Y-Z. Para evitar corto circuitos.
3. Coloque en OFF el disyuntor trifásico y monofásico ubicado en la parte superior izquierda del tablero de control.

**Conexión del variador de velocidad y el motor trifásico al tablero de control:**

4. Conecte la alimentación trifásica X, Y, Z al variador de velocidad en los terminales R/L1, S/L2, T/L3 respectivamente.
5. Conecte el motor trifásico en conexión triángulo.
6. Conecte la salida trifásica del variador de velocidad, terminales U/T1, V/T2, W/T3 al motor trifásico en U1, V1, W1 respectivamente.

**Nota: El número de cable recomendado es 16 AWG para el bloque de potencia.**

7. Ponga el micro interruptor en la posición fuente (SRC).

**Conexión del variador con el relé programable y un sensor fotoeléctrico:**

8. En el bloque de control del variador conecte un pulsador normalmente

cerrado  entre los terminales 01 y 11 para detener el variador.

9. En el bloque de control del variador conecte un pulsador normalmente

abierto  entre los terminales 02 y 11 para arrancar el variador.

10. Conecte el terminal 03 del bloque de control del variador con uno de los dos terminales de salida Q1 del relé Zelio.

11. Conecte el terminal 11 del bloque de control del variador con el terminal de salida restante Q1 del relé Zelio.

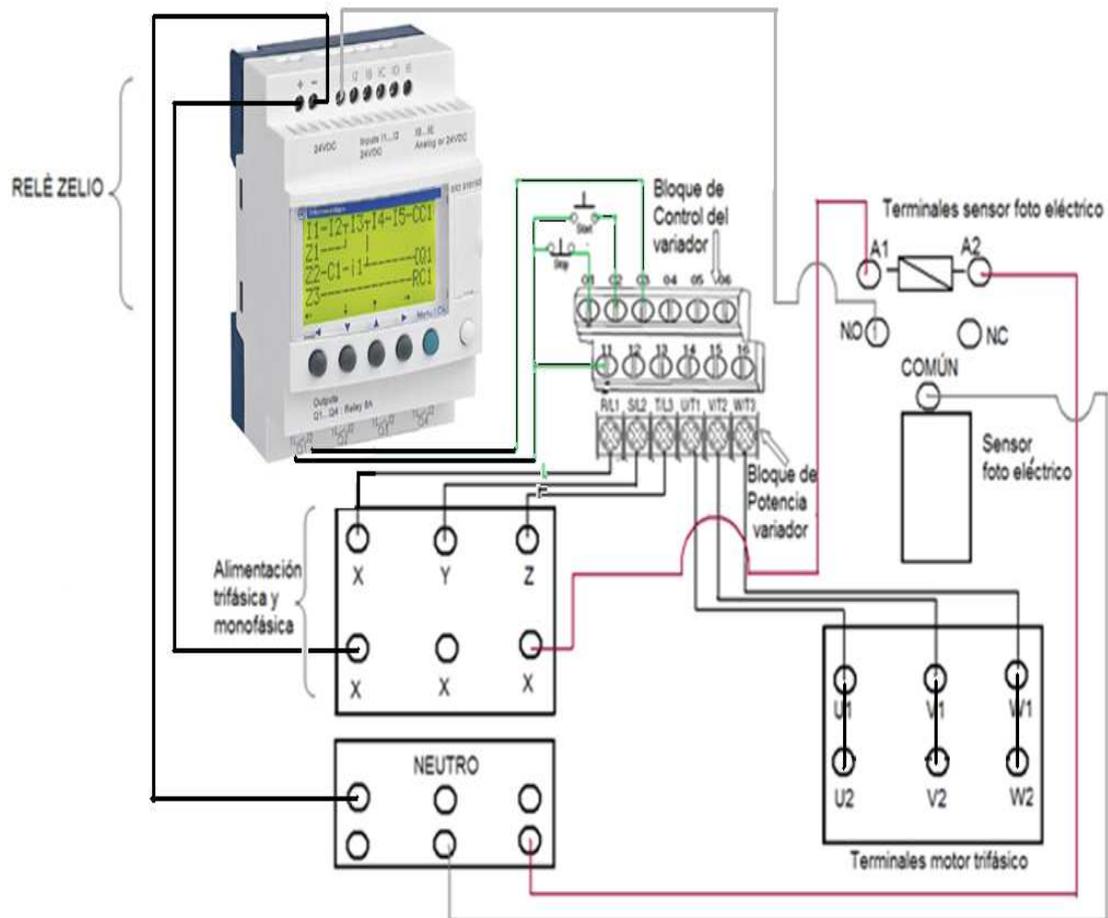
12. Conecte el terminal A1 de la bobina del sensor fotoeléctrico con el terminal X del tablero de control.

13. Conecte el terminal A2 de la bobina del sensor fotoeléctrico con el terminal neutro del tablero de control.

14. Conecte el terminal N.O del sensor fotoeléctrico con el terminal de entrada I1 del relé Zelio.

15. Conecte el terminal COMÚN del sensor fotoeléctrico con el terminal NEUTRO del tablero de control.

16. Confirme que todas las conexiones en los terminales se encuentren conectadas correctamente en base a la figura 1.



**Figura 1. Variador de velocidad, relé programable y sensor fotoeléctrico.**

17. Coloque en ON el disyuntor trifásico y el monofásico ubicado en la parte superior izquierda del tablero de control.

**Programación de voltaje según la placa del motor trifásico:**

18. Pulse dos veces el botón ESC del variador. 

19. Pulse una vez la flecha hacia arriba. , en el display del variador aparecerá **P031** pulse ENTER para confirmar el parámetro.

20. Pulse ENTER  para ingresar al parámetro **P031**.

21. Pulse las flechas del variador   hacia abajo o hacia arriba y edite el voltaje (V) registrado en la placa del motor (para nuestro caso 220 V AC). Luego confirme su valor con un ENTER. 

#### **Programación de frecuencia según la placa del motor trifásico:**

22. Pulse ESC y vaya al parámetro **P032** presionando una vez la flecha hacia arriba. 

23. Pulse ENTER  y presione las flechas hacia arriba o abajo   para editar la frecuencia según indica la placa del motor (para nuestro caso 60 Hz). Posterior a ello pulse ENTER  para confirmar el valor.

#### **Programación de la corriente según la placa del motor trifásico:**

24. Pulse ESC  y vaya al parámetro **P033** pulsando una vez la flecha hacia arriba. 

25. Pulse ENTER  y presione las flechas hacia arriba o abajo   y edite la máxima corriente (Amp) permisible del motor especificado en la placa del motor (para nuestro caso 2 Amp). Luego confirme su valor con un ENTER. 

#### **Programación de frecuencias mínima y máxima del motor trifásico:**

26. Pulse ESC  y vaya al parámetro **P034** presionando una vez la flecha hacia arriba. 

27. Pulse ENTER  y presione las flechas direccionales hacia arriba o abajo   y fije una frecuencia mínima de 20Hz. Luego confirme su valor con un ENTER. 

28. Pulse ESC  y vaya al parámetro **P035** presionando una vez la flecha hacia arriba. 

29. Pulse ENTER  y presione las flechas direccionales hacia arriba o abajo   y fije una frecuencia máxima de 60Hz. Luego confirme su valor con un ENTER. 

#### **Programación para el control de marcha del motor trifásico con tres líneas:**

30. Pulse ESC  y vaya al parámetro **P036** presionando una vez la flecha hacia arriba. 

31. Pulse ENTER  y presione las flechas direccionales hacia arriba o abajo   y fije la opción 1 la cual permitirá arrancar el variador con tres líneas. Luego confirme su valor con un ENTER. 

#### **Programación para el control de paro del motor trifásico:**

32. Pulse ESC  y vaya al parámetro **P037** presionando una vez la flecha hacia arriba. 

33. Pulse ENTER  y presione las flechas direccionales hacia arriba o abajo   y fije la opción 4 para el modo de paro sea por rampa. Luego confirme su valor con un ENTER. 

## Programación de tiempo de aceleración y desaceleración del motor trifásico:

34. Pulse ESC  y vaya al parámetro **P039** presionando dos veces la flecha hacia arriba. 
35. Pulse ENTER  y presione las flechas direccionales hacia arriba o abajo   y fije un tiempo de aceleración de 7 (seg). Luego confirme su valor con un ENTER. 
36. Pulse ESC  y vaya al parámetro **P040** presionando una vez la flecha hacia arriba. 
37. Pulse ENTER  y presione las flechas direccionales hacia arriba o abajo   y fije un tiempo de desaceleración de 10 (seg). Luego confirme su valor con un ENTER. 
38. Pulse ESC  dos veces.

## ARRANQUE DEL MOTOR TRIFÁSICO:

39. Ponga en marcha el variador dando un pulso en el pulsador STAR. 
40. Mueva el potenciómetro del variador hasta el rango máximo  para aumentar la velocidad del motor.
41. Cambie la dirección de marcha a sentido anti horario del variador dando 7 señales en el sensor fotoeléctrico.
42. Espere unos segundos hasta que el motor haya cambiado su dirección y regrese automáticamente a su dirección inicial después de 15 segundos.
43. Una vez que haya regresado al giro en sentido horario el motor, volver a ingresar 7 señales en el sensor fotoeléctrico para que cambie la dirección de giro del motor.

44. Espere unos segundos hasta que regrese al giro inicial el motor y presione el pulsador Stop  para detener la marcha.

45. Espere tres minutos y coloque en OFF el disyuntor trifásico y el monofásico.

46. Desconecte todos los cables del bloque de control y del bloque de potencia variador.

47. Guarde todos los materiales y deje limpio su lugar de trabajo.

### **Conclusiones y Recomendaciones:**

Saque sus propias conclusiones en base a las ventajas que representa la utilización del variador.

### **Bibliografía:**

- Manual del Usuario del Variador de Velocidad PowerFlex 4

# CAPÍTULO VII

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 Conclusiones

- La conexión triángulo en el motor trifásico es recomendable ya que se puede aprovechar al cien por ciento la eficiencia del variador de velocidad, esto es posible porque el variador de velocidad permite arrancar suavemente el motor.
- La compra de elementos de protección para el motor y también para el variador de velocidad no es necesario, porque existen elementos de protección de sobre voltaje y corriente incluidos en el variador de velocidad.
- El variador de velocidad PowerFlex 4 es un dispositivo de control muy complejo que permite programar funciones de control de velocidad, inversión de giro, arranque suave y frenado, lo cual permite realizar prácticas que ayuden al estudiante a ampliar sus conocimientos en el campo industrial.
- Un variador de velocidad representa una inversión ya que permite aplicarlo en procesos de control que requieren un alto nivel de sincronismo como por ejemplo: control de bombas, válvulas, bandas transportadoras, etc. Ahorrando costos de varios elementos que serían necesarios si no se contara con un variador de velocidad

## 7.2 Recomendaciones

- Cuando se desconecte el disyuntor trifásico y el monofásico, se debe esperar un poco de tiempo ya que el variador PowerFlex 4 cuenta con capacitores de alta tensión los cuales se demoran algo de tiempo en descargarse. El incumplimiento de estas indicaciones puede resultar en lesiones personales o la muerte.
- Antes de trabajar con el variador PowerFlex 4 debe cerciorarse de que no haya posibilidades de corto circuito entre los terminales [R, S, T (L1, L2, L3)].
- Los errores de cableado o de aplicación, tales como fuente de alimentación de CA incorrecta o inadecuada; temperaturas ambiente excesivas pueden resultar en un funcionamiento defectuoso del sistema.
- Adquirir dos variadores de velocidad PowerFlex 4 adicionales, para completar los cuatro módulos didácticos y así incrementar la calidad enseñanza a los estudiantes.
- Profundizar el estudio práctico de los parámetros de grupo avanzado del variador PowerFlex4, para aprovechar al máximo las ventajas del dispositivo.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS:

**Corriente:** Es el movimiento de cargas eléctricas que pasan a través de una sección de área.

**Estator:** Es el componente estático de una máquina eléctrica, también llamado inductor porque en él se encuentran alojados los bobinados concatenados convenientemente, según se trate de un motor de corriente continua o alterna que "inducen" o producen el campo electromagnético.

**Fuerza:** Cualquier acción o influencia que modifica el estado de reposo o de movimiento.

**Inercia:** Es la propiedad de los cuerpos que hace que éstos tiendan a conservar su estado de reposo o de movimiento. La inercia es una propiedad mensurable.

**Interfaz:** Punto en el que se establece una conexión entre dos elementos, que les permite trabajar juntos.

**Motor:** Máquina que convierte energía en movimiento o trabajo mecánico.

**Montaje:** Consiste en la ubicación adecuada de un dispositivo en función de sus requerimientos básicos para operar correctamente.

**Potencia:** La potencia es la rapidez con que se efectúa un trabajo, es decir, el trabajo por unidad de tiempo ( $\text{Potencia} = \text{Trabajo} / \text{tiempo}$ ).

**Rampa:** Incremento lineal ascendente de una magnitud en función del tiempo.

**Resistencia:** Propiedad de un objeto o sustancia que hace que se resista u oponga al paso de una corriente eléctrica.

**Torque:** El torque es la fuerza aplicada en una palanca que hace rotar alguna cosa. Al aplicar fuerza en el extremo de una llave se aplica un torque que hace girar las tuercas.

**Trabajo:** El producto de una fuerza aplicada sobre un cuerpo y del desplazamiento del cuerpo en la dirección de esta fuerza.

**Trifásico:** Se dice de un sistema de tres corrientes eléctricas alternas iguales, desfasadas entre sí en un tercio de período.

**Voltaje:** También llamada tensión eléctrica, es el trabajo necesario para desplazar una carga positiva unidad de un punto a otro en el interior de un campo eléctrico

#### **SIGLAS:**

**N.C:** Normalmente cerrado.

**N.O:** Normalmente abierto.

**SNK:** Modo Drenador de 0-6 voltios.

**SRC:** Modo fuente 18-24 voltios.

**ITSA:** Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico

**V AC:** Voltaje de Corriente Alterna.

**V DC:** Voltaje de Corriente Directa.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- ALLEN BRADLEY. "Manual del usuario PowerFlex4", 2008.
- UNIVERSIDAD POLITÉCNICA NACIONAL. "Manual de Control Industrial", 1990, Quito, Ecuador.
- MOLINA MOYA JORGE. "Control Industrial", 1983, Valencia, España.

**ANEXOS**

## **Anexo “A”**

### **INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO CARRERA DE ELECTRÓNICA**

Encuesta dirigida a los alumnos del 5to nivel de electrónica y personal docente relacionado con la materia de electrónica

**Tema:** Implementación del laboratorio de control industrial del ITSA mediante dispositivos electrónicos de control.

**Objetivo:** mejorar la enseñanza e interaprendizaje de los alumnos de la carrera de electrónica.

Ponga una X en la opción que considere conveniente.

**1. ¿Dispone el laboratorio de control industrial de equipos adecuados para esta materia?**

SI ( )

NO ( )

**2. ¿Son suficientes los equipos que dispone el laboratorio de control industrial para realizar las prácticas respectivas?**

SI ( )

NO ( )

**3. ¿Sabe usted las diferentes aplicaciones que se le puede dar a un variador de velocidad en el campo industrial?**

SI ( )

NO ( )

**4. ¿Conoce usted qué es un variador de velocidad?**

**SI ( )**

**NO ( )**

**5. ¿Cuántos tipos de variadores de velocidad conoce usted?**

**Uno ( )**

**Dos ( )**

**Tres ( )**

**Más de tres ( )**

**6. ¿En el arranque estrella triángulo de motores trifásico, conoce usted las ventajas de este arranque?**

**SI ( )**

**NO ( )**

**7. ¿Cree usted que se debe profundizar el estudio de dispositivos electrónicos de potencia en el laboratorio de control industrial?**

**SI ( )**

**NO ( )**

**8. ¿Requiere el laboratorio de control industrial variadores de velocidad para capacitación de los alumnos?**

**SI ( )**

**NO ( )**

**9. ¿Serían necesarios la existencia de más de un modulo de variadores de velocidad para la realización de prácticas en el laboratorio?**

**SI ( )**

**NO ( )**

**10. ¿Sería necesario la implementación de guías de laboratorio para el manejo de nuevos módulos?**

**SI ( )**

**NO ( )**

**Gracias por su colaboración**

**F:.....**

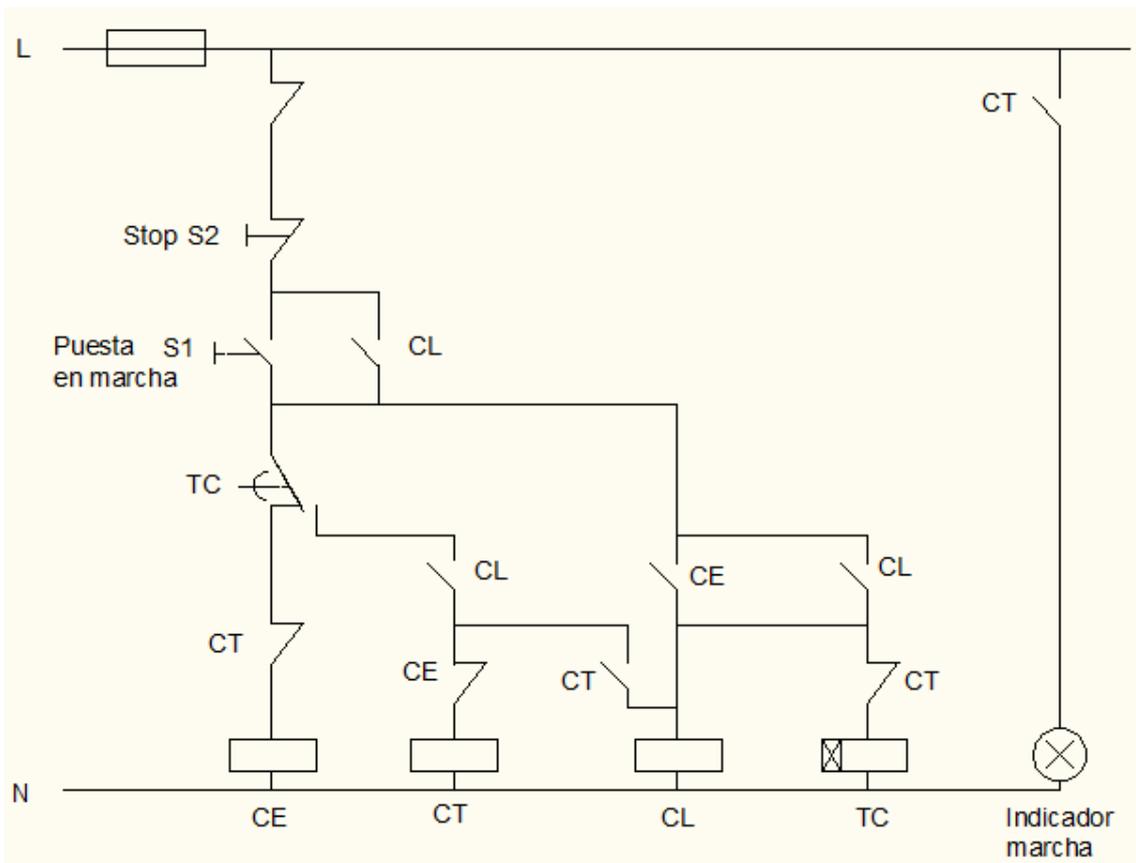


# Anexo "C"

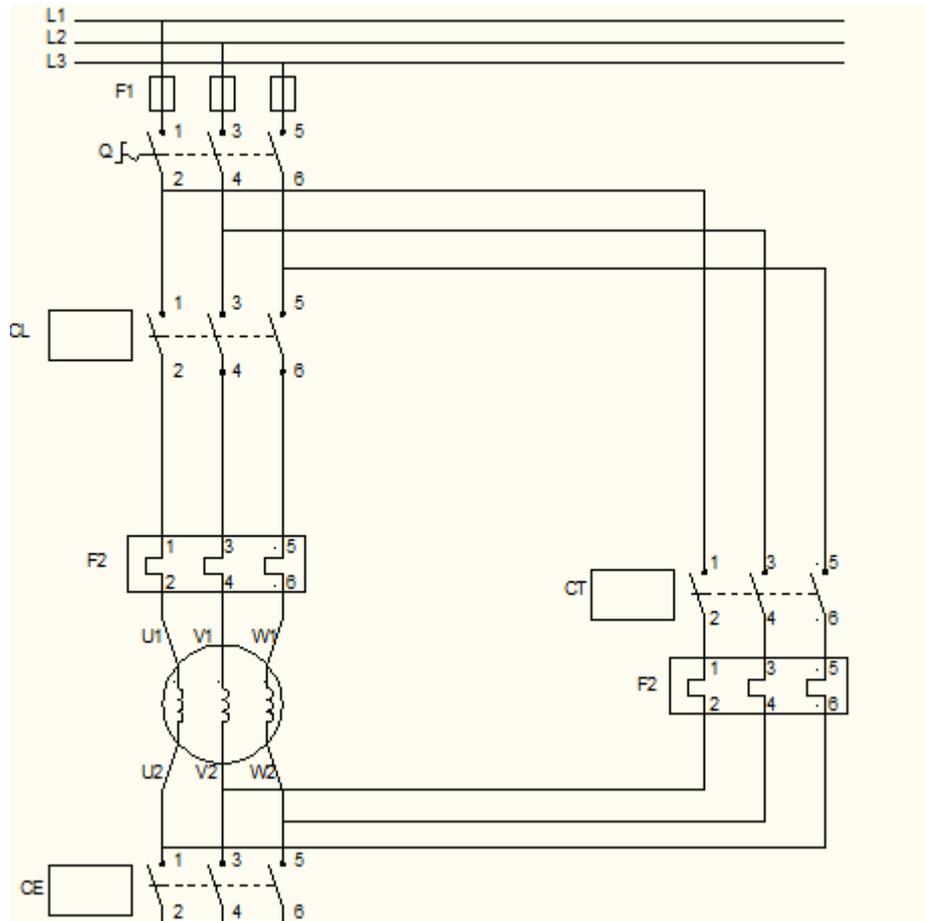
## Circuitos equivalentes de la Guía de laboratorio 1

A continuación se procederá a mostrar los diagramas de los circuitos de potencia y de mando para la puesta en marcha y paro del motor trifásico.

### 1.1 Circuito de mando Arranque estrella triángulo



## 1.2 Circuito de potencia Arranque estrella triángulo.

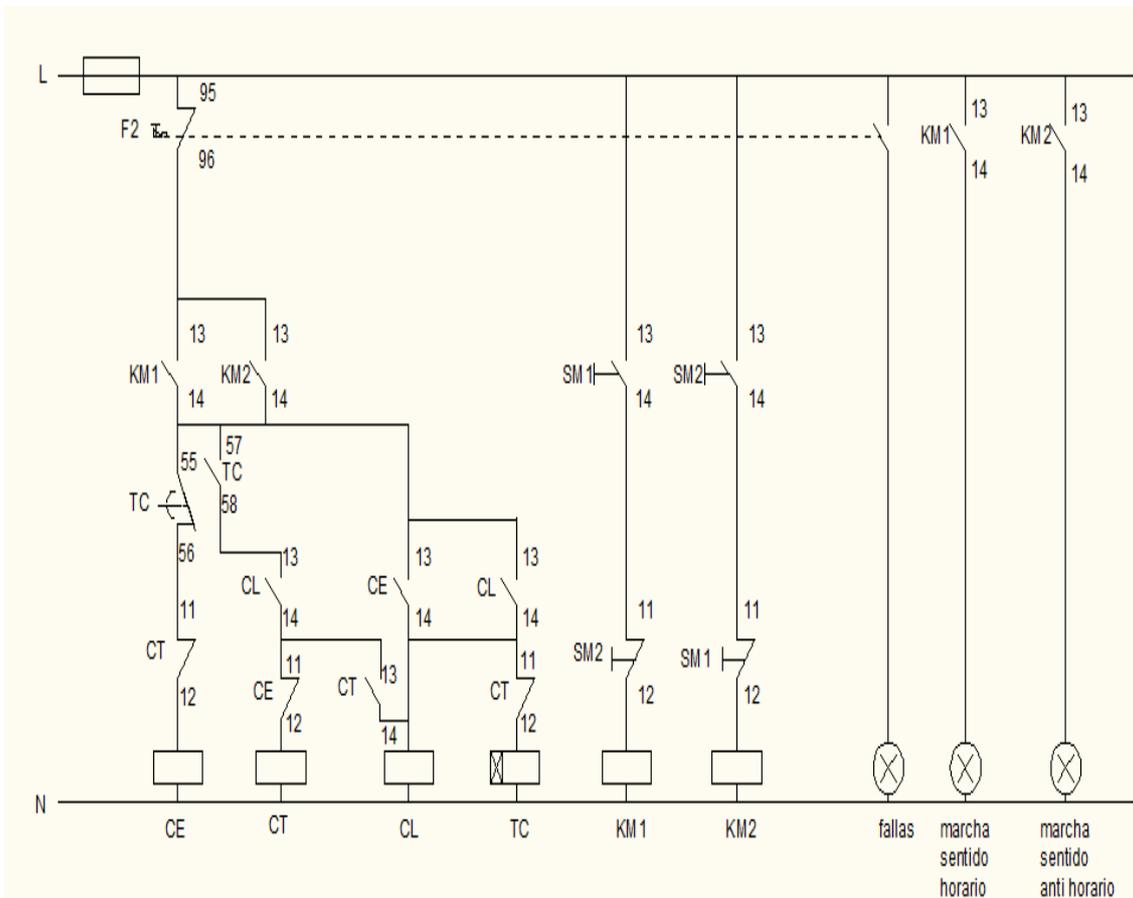


## Circuitos equivalentes de la Guía de laboratorio 2

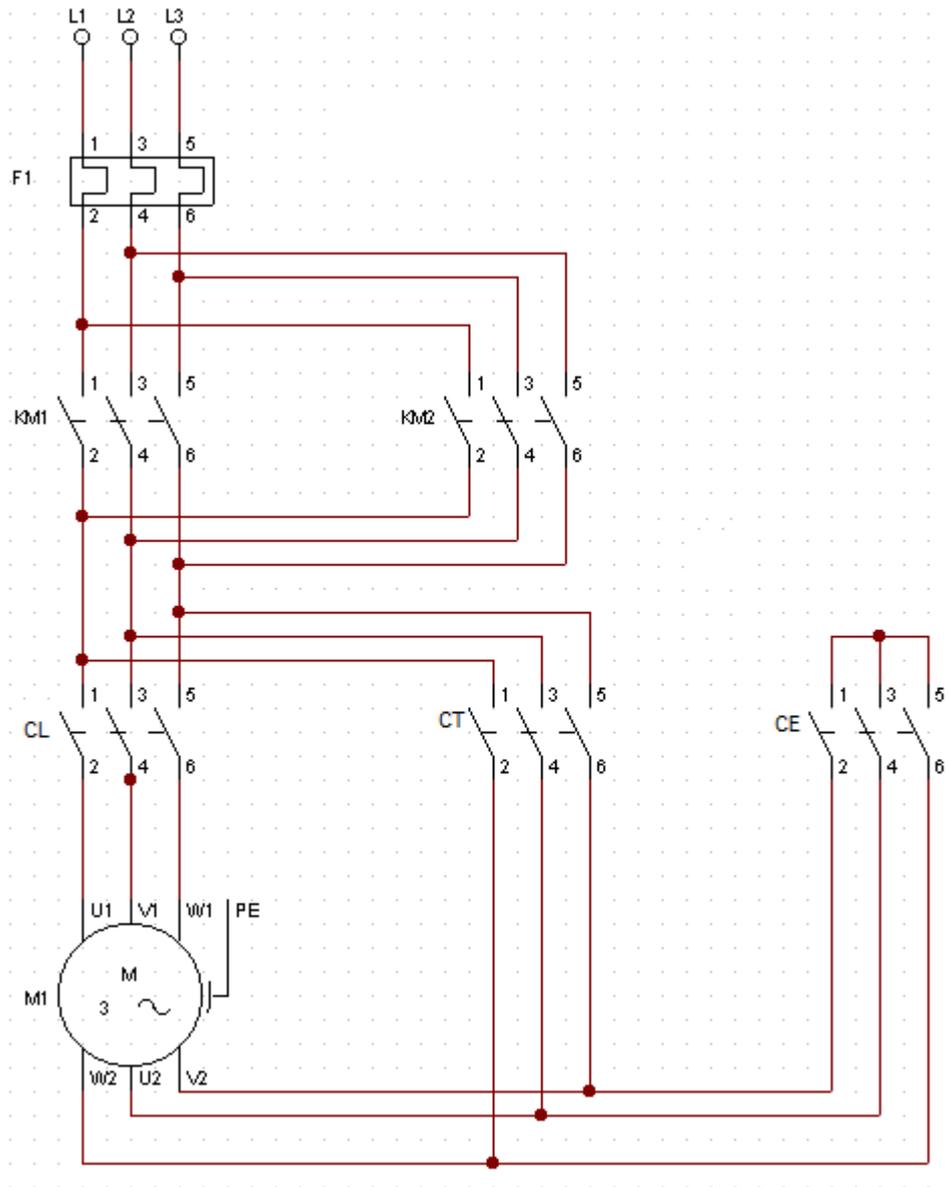
A continuación se procederá a mostrar los diagramas de los circuitos de potencia y de mando para las conexiones de dos y tres líneas.

### DOS LÍNEAS

#### 2.1 Circuito de mando Arranque estrella triángulo con inversión de sentido de marcha.



## 2.2 Circuito de potencia Arranque estrella triángulo con inversión de sentido de marcha.

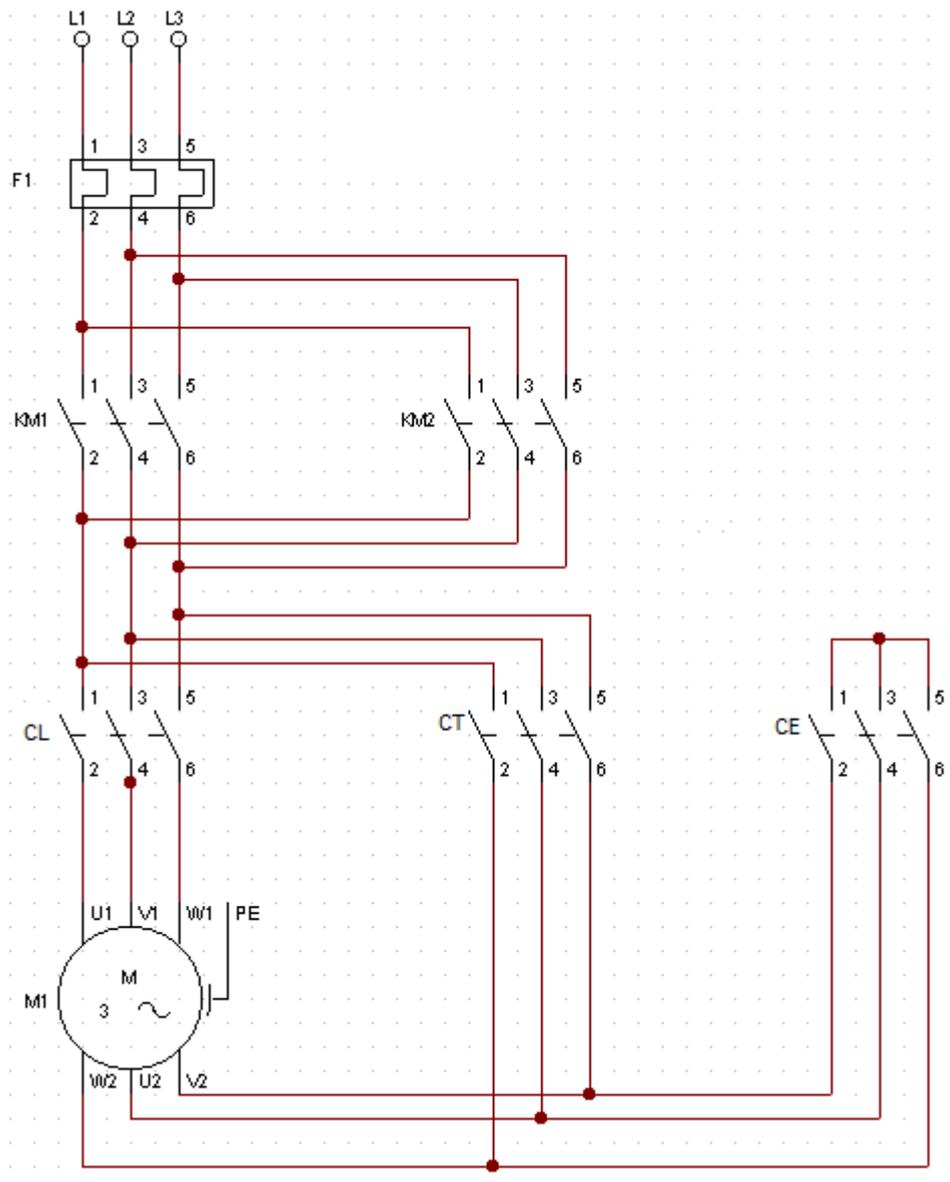


### TRES LÍNEAS:

## 2.3 Circuito de mando Arranque estrella triángulo con inversión de sentido de marcha.



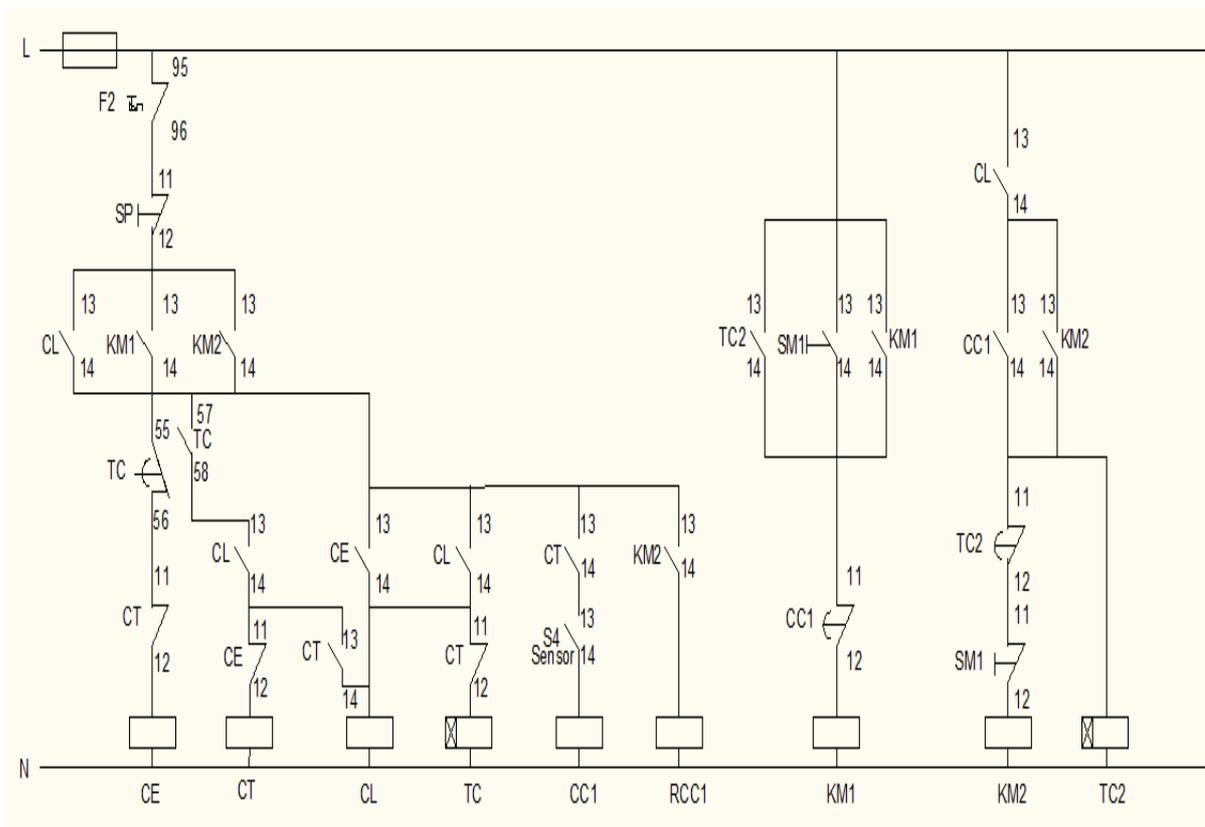
## 2.4 Circuito de potencia Arranque estrella triángulo con inversión de sentido de marcha.



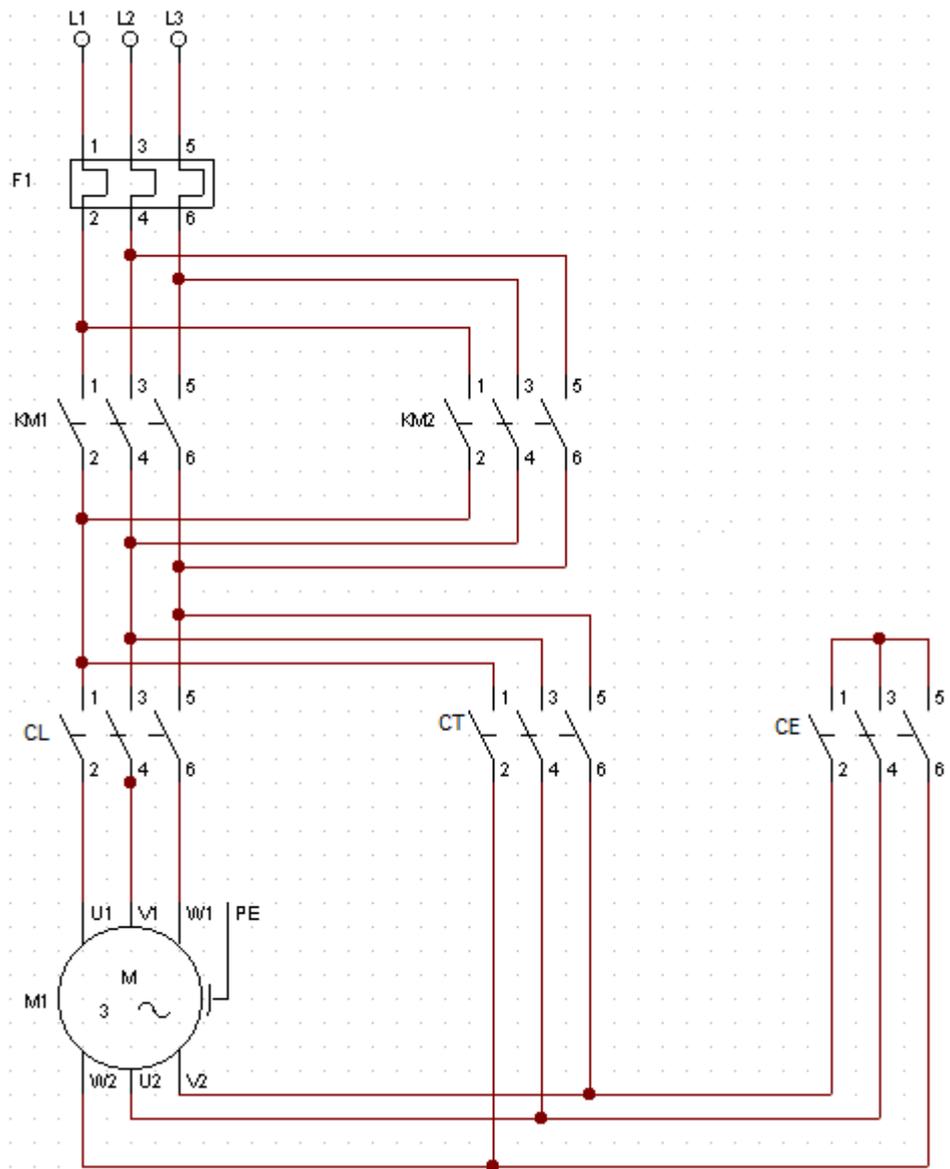
### Circuitos equivalentes de la Guía de laboratorio 3

A continuación se procederá a mostrar los diagramas de los circuitos de potencia y de mando correspondientes a la práctica.

#### 3.1 Circuito de mando Arranque estrella triángulo con inversión de sentido de marcha a través de un sensor.



### 3.2 Circuito de potencia Arranque estrella triángulo con inversión de sentido de marcha a través de un sensor.



# HOJA DE VIDA



## DATOS PERSONALES

NOMBRE: Santiago Andrés Fierro Jarrín  
NACIONALIDAD: Ecuatoriano  
FECHA DE NACIMIENTO: 17 agosto 1985  
CÉDULA DE CIUDADANÍA: 1500620347  
TELÉFONO: 2598702  
CORREO ELECTRÓNICO: [andresan777@hotmail.com](mailto:andresan777@hotmail.com)  
DIRECCIÓN: Av. La Prensa y Ramón Chiriboga

## ESTUDIOS REALIZADOS:

Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico

## TÍTULOS OBTENIDOS:

Egresado de la carrera de Aviónica

## EXPERIENCIA PROFESIONAL:

Pasantías en ÍCARO durante agosto 2007 a febrero 2008

## CURSOS Y SEMINARIOS:

Curso de suficiencia en Inglés.

## EXPERIENCIA LABORAL:

Ninguna.

# **INSTITUO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

## **HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS**

**DEL CONOCIMIENTO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE  
RESPONSABILIZA EL AUTOR**

---

**Santiago Andrés Fierro Jarrín**

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN AVIÓNICA**

---

**Ing. Pablo Pilatasig**

**Latacunga, Septiembre 2009**