

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN &  
AVIÓNICA**

**CONTROL Y MONITOREO DE MOTORES TRIFÁSICOS  
UTILIZANDO LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS USB**

**POR:**

**GUILLÉN LOGROÑO SANTIAGO MARTÍN**

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

**TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN  
INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA**

**2011**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el Sr. **GUILLÉN LOGROÑO SANTIAGO MARTÍN**, como requerimiento parcial para la obtención del título de **TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA**

---

**SR. ING. MARCO PILATASIG**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

Latacunga, 28 febrero del 2011

## **DEDICATORIA**

Este trabajo lo conseguí en base a mucho esfuerzo; así como los que he cosechado a lo largo de mi vida día a día poniendo en práctica los diferentes consejos que me han impartido en clases, así como cada uno de los valores que mis padres me han inculcado por eso quiero dedicar este trabajo con todo el cariño y el amor más grande que puede haber hacia mis padres los cuales han sido la base de todos mis objetivos cumplidos hasta el día de hoy; y sé que por ellos y por mi hermana que ha sido un pilar fundamental como un apoyo para que este proyecto se haga realidad.

De igual manera les dedico a todos mis familiares que a la distancia siempre han estado pendientes de mí con su apoyo y sobre todo dándome fuerzas y ánimos para que nunca baje los brazos y culmine todo lo que empiece. Ellos también forman parte de las personas que más quiero y por eso les dedico a ellos también este trabajo con mucho cariño.

**GUILLEN LOGROÑO SANTIAGO MARTIN**

## **AGRADECIMIENTO**

“No se sale adelante celebrando éxitos, sino superando fracasos”

La magnitud de este aporte no hubiese sido posible sin la participación de personas y de la institución que han facilitado las cosas para que este trabajo llegue a un feliz término. Por ello, es para mí un verdadero placer utilizar este espacio para ser justo y consecuente con ellas, expresándoles mis agradecimientos.

Debo agradecer de manera especial y sincera al Ing. Marco Pilatasig por aceptarme para realizar este proyecto bajo su dirección. Su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte muy importante, no solamente en el desarrollo del proyecto, sino también en mi formación como investigador. Las ideas propias, siempre enmarcadas en su orientación y rigurosidad, han sido la clave del buen trabajo que hemos realizado juntos. Le agradezco también el haberme facilitado siempre los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de este proyecto.

Para aquellos amigos que han compartido conmigo todos los momentos cada día en el plano personal durante esta larga estancia en la ciudad. Y, por supuesto, el agradecimiento más profundo y sentido va para mi familia. Sin su apoyo, colaboración e inspiración no habría sido imposible llevar a cabo este difícil proyecto.

A mis padres, Martha y Manuel, por su ejemplo de lucha, honestidad y responsabilidad; a mi hermana Andrea por su generosidad, tenacidad y superación...por ellos y para ellos!!

**GUILLEN LOGROÑO SANTIAGO MARTIN**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN .....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	V
RESUMEN .....	XIII
ABSTRACT .....	XIV

## CAPÍTULO I

### EL TEMA

1.1. ANTECEDENTES .....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	1
1.3. OBJETIVOS .....	2
1.3.1. GENERAL .....	2
1.3.2. ESPECÍFICOS .....	2
1.4. ALCANCE .....	3

## CAPÍTULO II

### MARCO TEORICO

2.1. MOTOR TRIFÁSICO .....	4
2.1.1. Tipos de Motores Trifásicos. ....	4
2.1.2. Control de Velocidad de Motores Trifásicos .....	6
2.2 VARIADOR DE FRECUENCIA SIEMENS G110.....	7
2.2.1. Terminales del Variador de Velocidad.....	8
2.3. Tarjeta de Adquisición USB 6009.....	10
2.3.1. Características .....	11
2.3.2. Adquisición de Datos.....	11
2.4. SISTEMA DE CONTROL .....	12
2.4.1. Elementos Básicos de un Sistema de Control.....	13
2.5. MODOS DE CONTROL .....	13
2.5.1. Proporcional .....	14
2.5.2. Integral .....	15

2.5.3. Derivativo .....	16
2.6. AJUSTES DE PARÁMETROS DEL PID .....	17
2.6.1. Métodos de lazo abierto .....	19
2.6.2. Métodos de lazo cerrado .....	19
2.6.4. Métodos de sintonización de lazo cerrado .....	20
2.6.4.1 Métodos de Ziegler y Nichols .....	20
2.7. LABVIEW .....	21
2.7.1. Panel Frontal .....	21
2.7.2. Diagrama de Bloques .....	22
2.7.3. El entorno LabVIEW .....	23
2.7.4. Paleta de Herramientas .....	25
2.7.5. Paleta de Controles .....	25
2.7.6. Paleta de Funciones .....	26
2.7.7. Función PID .....	27
2.7.8 Función Tone Measurements .....	29
2.8. Amplificadores Operacionales .....	30
2.8.1. Clasificación de los Amplificadores Operacionales .....	30
2.9. ENCODER .....	32
2.9.1. Encoder absoluto .....	33
2.9.2. Encoder Relativo .....	33
2.9.3. Sensor TCRT 5000(L) .....	34

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

3.1 Preliminares .....	36
3.2 Lista de componentes del Control PID .....	37
3.3 Conexión del Motor Trifásico .....	38
3.3.1 Configuración del motor trifásico a 220v .....	38
3.3.2 Configuración del motor trifásico a 440v .....	39
3.4. Variador de frecuencia Siemens G110 .....	40
3.4.1 Programa del variador de velocidad G110 .....	41
3.5 Encoder .....	43
3.6 Instalación de la Tarjeta de Adquisición de datos USB 6009 .....	45

3.7 Adquisición de datos.....	50
3.8 Elaboración del programa Principal de control.....	52
3.9 Elaboración de placas.....	57
3.10 Pruebas Funcionales.....	62
3.11 Gastos realizados.....	68
3.11.1 Gastos primarios.....	68
3.11.2 Gastos secundarios.....	69
3.11.3 Gasto total.....	69

## **CAPÍTULO IV**

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones.....	70
4.2 Recomendaciones.....	72
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	73
BIBLIOGRAFÍA.....	75

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Terminales del variador de velocidad.....	9
Tabla 2.2 Características de la tarjeta USB 6009.....	11
Tabla 2.3. Parámetros de Ajuste PID .....	20
Tabla 3.1 Conexión de fases.....	41
Tabla 3.2 Parámetros de programación del variador Siemens G110.....	42
Tabla 3.3. Costos Primarios .....	68
Tabla 3.4. Costos Primarios de Instalación .....	68
Tabla 3.5. Gastos Secundarios .....	69
Tabla 3.6. Gasto Total.....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Variador de velocidad G110.....	8
Figura 2.2. Terminales del variador de velocidad G110 .....	9
Figura 2.3. USB 6009.....	10
Figura 2.4. Adquisición de Datos.....	12
Figura 2.5. Esquema general de un Sistema de Control.....	13
Figura 2.6. Diagrama en bloque de un Control PID.....	14
Figura 2.7. Proporcional .....	15
Figura 2.8. Integral .....	16
Figura 2.9. Derivativo .....	17
Figura 2.10. Respuesta Lazo abierto .....	19
Figura 2.11. Lazo cerrado .....	19
Figura 2.12. Respuesta del sistema Lazo cerrado .....	20
Figura 2.13. Panel Frontal.....	22
Figura 2.14. Diagrama de bloques .....	23
Figura.2.15. Barra de Menús.....	23
Figura.2.16. Paletas de Herramientas.....	25
Figura.2.17. Paletas de Controles.....	26
Figura.2.18. Paletas de Funciones.....	27
Figura.2.19. Función PID .....	27
Figura.2.20. Función Tone Measurements.....	29
Figura 2.21. Comparador .....	31
Figura 2.22. Seguidor.....	31
Figura 2.23. Inversor .....	31
Figura 2.24. No inversor.....	31
Figura 2.25. Sumador Inversor.....	32
Figura 2.26. Restador.....	32
Figura 2.27. Encoder.....	33
Figura 2.28. TCRT 5000(L) .....	35
Figura 2.29. Estructura Interna del TCRT 5000(L) .....	35
Figura 3.1 Conexión $\Delta\Delta$ - 220V .....	38
Figura 3.2. Conexión $\Delta$ - 440V .....	39
Figura 3.3. Disco óptico de muestras para la señal del encoder.....	43

Figura 3.4. Measurement & Automation Explorer.....	46
Figura 3.5. Habilitación de la USB 6009.....	46
Figura 3.6. Elección de DAQ assistant.....	47
Figura 3.7. Elección de señal de voltaje.....	48
Figura 3.8. Test panel – Analog input.....	49
Figura 3.9 Test panel – Analog output .....	50
Figura 3.10 Programa principal LABVIEW .....	50
Figura 3.11. Elección de canal físico de la DAQ .....	51
Figura 3.12. Disposición de la conexión de la DAQ físicamente .....	51
Figura 3.13. Conexión de Waveform Graph.....	52
Figura 3.14. Conexión de Tone Measurements .....	52
Figura 3.15. Gráfica de cálculos.....	53
Figura 3.16. Procesamiento de la señal en diagrama de bloques.....	53
Figura 3.17. Estructura Case para Encerar .....	54
Figura 3.18. Sub VI para la inversión de giro del motor .....	55
Figura 3.19. Programa General Trabajando correctamente.....	55
Figura 3.20. Programa principal del control y monitoreo .....	56
Figura 3.21. Simulación del Amplificador .....	57
Figura 3.22 Simulación del Amplificador listo para ARES .....	58
Figura 3.23 Elementos del Amplificador en ARES .....	58
Figura 3.24 Opciones para que ARES realice las pistas.....	59
Figura 3.25 Pista realizada por ARES del amplificador operacional .....	59
Figura 3.26 Vistas en 3D de la placa del Amplificador Operacional .....	60
Figura 3.27. Simulación del circuito del Encoder.....	60
Figura 3.28. Elementos del Encoder en ARES.....	61
Figura 3.29 Pista realizada por ARES del amplificador operacional .....	61
Figura 3.30 Señal con la tarjeta USB 6009 y el motor trifásico a 10Hz.....	63
Figura 3.31 Señal con la tarjeta USB 6009 y el motor trifásico a 30Hz.....	63
Figura 3.32 Señal con la tarjeta USB 6009 y el motor trifásico a 45Hz.....	64
Figura 3.33 Señal con la tarjeta USB 6009 y el motor trifásico a 45Hz.....	65
Figura 3.34 Señal oscilatoria y sin control.....	66
Figura 3.35 Señal oscilatoria y parámetros calculados .....	66
Figura 3.36 Señal estable y parámetros correctos .....	67

## ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. Motor trifásico.....	38
Foto 2. Motor trifásico físicamente conectado $\Delta\Delta$ - 220V .....	39
Foto 3. Variador de Velocidad .....	40
Foto 4. Variador y motor trifásico .....	41
Foto 5. Disco óptico de muestras para la señal del encoder.....	44
Foto 6. Disco óptico de muestras y circuito del encoder .....	44
Foto 7. Señales incrementales de la salida del Encoder.....	45
Foto 8. Placas de manera física .....	61
Foto 9. Señal adquirida con el osciloscopio y el motor trifásico a 10Hz .....	62
Foto 10. Señal adquirida con el osciloscopio y el motor trifásico a 30Hz .....	63
Foto 11. Señal adquirida con el osciloscopio y el motor trifásico a 45Hz .....	64
Foto 12. Señal adquirida con el osciloscopio y el motor trifásico a 60Hz .....	65

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

ANEXO A Guía De Laboratorio De Control De Procesos

ANEXO B Posibles fallas durante el control y monitoreo.

ANEXO C Data sheet sensor TCRT 5000 (L)

ANEXO D Data sheet Variador de Frecuencia SIEMENS G110

ANEXO E Características Básicas De La Tarjeta Usb 6009

ANEXO F Configuración Del Variador De Frecuencia

ANEXO G Anteproyecto

## RESUMEN

La tecnología para el campo de la electrónica ha sido desde hace mucho tiempo muy importante; con un estudio diario de mejoras para equipos de distintas clases. En lo que es adquisición de señales que es una parte muy importante de la electrónica los dispositivos han sido complejos pero con el tiempo y la investigación adecuada se ha llegado a conseguir mejores equipos o tarjetas electrónicas; ya que cada día que avanza los dispositivos se vuelven más pequeños y más óptimos para su utilización.

El Laboratorio de Instrumentación Virtual ha tenido una evolución de equipos desde hace mucho, pero con el tiempo dichos equipos han presentado fallas o la demanda de estudiantes ha hecho que la necesidad aumente.

El proyecto actual está encaminado a la utilización de nuevos equipos electrónicos como son las tarjetas de adquisición de datos USB6009, la cual se controla mediante el software Labview; el programa en el cual se realizó la implementación de un control PID de velocidad para motores trifásicos; en este caso el motor con el que se trabajo fue de 1HP, de 1720 r.p.m.

Para el debido funcionamiento en la variación de la velocidad del motor se le adecuo un variador de frecuencia SIEMENS G-110, el mismo que recibe señales de voltaje desde la tarjeta de datos USB6009 para controlar dicha velocidad mediante un programa general realizado en Labview.

Además de esto un acople de un disco de muestras en el motor debidamente acompañado de un encoder; el cual tiene la tarea de sensar el número de muestras en el disco y enviar la señal a la tarjeta de adquisición de datos antes mencionada, para luego en el programa general tener un control PID y monitoreo de un motor trifásico mediante adquisición de señales.

## ABSTRACT

The technology for the field of electronics has long been important, with a daily study of improvements for teams from different classes. In what is signal acquisition is an important part of electronics devices have been complex but with time and proper investigation has come to get better equipment or electronic cards, as each day progresses devices become smaller and more optimal for use.

Virtual Instrumentation Laboratory has developed in a team long ago, but over time these teams have made failures or student demand has made the need arises.

The current project aims at the use of new electronic equipment such as the data acquisition boards USB-6009 which is controlled by Labview platform, the program which made the implementation of a PID speed control, motors in this case the engine with which work was 1HP, from 1720 rpm To function properly in the change in engine speed is a frequency suitable SIEMENS G-110, the same voltage that sends signals to the data card USB-6009 to control that speed through a comprehensive program conducted in Labview .

In addition to this a fitting disc samples in the engine properly accompanied by an encoder which is tasked to sense the number of samples to disk and send the signal to the data acquisition board mentioned above, then the general program can thus have a PID control and monitoring of a three phase motor with signal acquisition in this case using the USB-6009.

# **CAPÍTULO I**

## **EL TEMA**

### **1.1. ANTECEDENTES**

Para el desarrollo de este proyecto se realizaron un sin número de preguntas; por lo que se llegó a la conclusión que con el desarrollo de nueva tecnología en dispositivos electrónicos era necesario realizar una investigación y una comparación de equipos actuales con los que cuenta el laboratorio de Instrumentación Virtual, los mismos que han sido adquiridos hace mucho tiempo y que por el uso diario y la necesidad se han visto afectados.

El Laboratorio de Instrumentación Virtual, cuenta con tarjetas de adquisición de datos para los diferentes procesos y prácticas realizadas en la materia de control industrial de la carrera de electrónica. Con la adquisición de nuevas tarjetas se puede realizar el control y monitoreo de diferentes variables físicas (voltaje, corriente, etc.) en este caso de voltaje; de motores trifásicos, de esta manera es un sistema en el cual se aplicara nueva tecnología electrónica como es la utilización de las nuevas tarjetas USB 6009 para realizar este proyecto de la mejor manera y conocer nuevos métodos al alcance de todos.

### **1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

Hoy en día la necesidad de adquirir módulos de adquisición de datos es de vital importancia pues la demanda de alumnos en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico y en especial de los estudiantes del sexto nivel de la carrera de Electrónica Mención en Instrumentación y

Aviónica; es cada vez mayor ya que con las tarjetas que cuenta actualmente el laboratorio no son suficientes para que el desarrollo de las prácticas sean eficientes y se obtenga resultados positivos en lo posterior.

Por esta razón las tarjetas de adquisición de datos tienen como propósito realizar prácticas de adquisición de señales, controlar sus variables físicas como puede ser voltaje, corriente, temperatura, presión, etc. Y monitorearlas por medio del software Labview.

La principal y única razón y por la que se tomó la decisión de adquirir tarjetas para adquisición de datos fue la de ir a la par con la tecnología y que dichos dispositivos son más eficaces que con los que cuenta actualmente el laboratorio.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. GENERAL**

Implementar un control y monitoreo de motores trifásicos mediante la tarjeta de adquisición de datos USB 6009 para el Laboratorio de Instrumentación virtual.

#### **1.3.2. ESPECÍFICOS**

- ◆ Determinar el tipo de respuesta del Sistema de Control de velocidad de un motor trifásico.
- ◆ Realizar el control de velocidad para el motor trifásico.
- ◆ Determinar las ventajas que presenta un control PID.
- ◆ Determinar una de las formas de variar la velocidad para un motor trifásico.

#### **1.4. ALCANCE**

Este proyecto esta encaminado para un mejoramiento con la tendencia de la tecnología específicamente con tarjetas de adquisición de datos, el cual beneficiara de mucho con la obtención de nuevos módulos de adquisición de datos para así de esta manera obtener una mejor enseñanza y aprendizaje por medio de un control y monitoreo de motores trifásicos con la utilización de las tarjetas de adquisición de datos USB 6009 para los alumnos civiles y militares de sexto nivel para la parte de la materia de control de procesos de la carrera de Electrónica del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. MOTOR TRIFÁSICO<sup>1</sup>**

Los motores de corriente alterna y los de corriente continua se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cual establece que si un conductor por el que circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético.

El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo de esta manera propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor.

Cuando pasa corriente por un conductor produce un campo magnético, además si se lo coloca dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse y así produce la energía mecánica. Dicha energía es comunicada al exterior mediante un dispositivo llamado flecha.

##### **2.1.1. Tipos de Motores Trifásicos.**

Los motores de C.A. se clasifican de la siguiente manera:

---

<sup>1</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_de\\_corriente\\_alterna](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_corriente_alterna).

- **Asíncrono o de inducción**

Son aquellos motores eléctricos en los que el rotor nunca llega a girar en la misma frecuencia con la que lo hace el campo magnético del estator. Cuanto mayor es el par motor mayor es esta diferencia de frecuencias.

- **Jaula de ardilla**

Un rotor de jaula de ardilla es la parte que rota usada comúnmente en un motor de inducción de corriente alterna. En su forma instalada, es un cilindro montado en un eje. Internamente contiene barras conductoras longitudinales de aluminio o de cobre con surcos y conectados juntos en ambos extremos poniendo en cortocircuito los anillos que forman la jaula.

- **Monofásicos**

**Motor de arranque a resistencia.** Posee dos bobinas una de arranque y una bobina de trabajo.

**Motor de arranque a condensador.** Posee un capacitor electrolítico en serie con la bobina de arranque la cual proporciona más fuerza al momento de la marcha y se puede colocar otra en paralelo la cual mejora la reactancia del motor permite que entregue toda la potencia.

**Motor de marcha.**

**Motor de doble capacitor.**

**Motor de polos sombreados o polo sombra.**

**Motor de Inducción.**

- **A tres fases**

La mayoría de los motores trifásicos tienen una carga equilibrada, es decir, consumen lo mismo en las tres fases, ya estén conectados en

estrella o en triángulo. Las tensiones en cada fase en este caso son iguales al resultado de dividir la tensión de línea por raíz de tres. Por ejemplo, si la tensión de línea es 380 V, entonces la tensión de cada fase es 220 V.

- **Rotor Devanado**

El rotor devanado o bobinado, como su nombre lo indica, lleva unas bobinas que se conectan a unos anillos deslizantes colocados en el eje; por medio de unas escobillas se conecta el rotor a unas resistencias que se pueden variar hasta poner el rotor en corto circuito al igual que el eje de jaula de ardilla.

### **2.1.2. Control de Velocidad de Motores Trifásicos<sup>2</sup>**

- **Cambio de frecuencia**

Este método permite transformar fácilmente un equipo de velocidad fija en un accionamiento de velocidad variable, sin realizar grandes modificaciones.

En la actualidad la modificación de la frecuencia se realiza fundamentalmente por medio de variadores estáticos electrónicos que ofrecen una regulación suave, permitiendo un aumento en la vida útil de todas las partes involucradas y originando un ahorro en el mantenimiento por ausencia de partes en movimiento que sufran desgastes.

- **Cambio del número de polos.**

Si el motor estuviera provisto de dos arrollamientos de estator con diferente número de polos, y si el rotor fuera preferentemente del tipo jaula de ardilla (para no tener que realizar ningún tipo de conexiones en

---

<sup>2</sup> [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lep/salvatori\\_a\\_m/capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/salvatori_a_m/capitulo3.pdf)

el secundario), fácilmente se podrían obtener dos velocidades de sincronismo.

- **Cambio del resbalamiento.**

El resbalamiento  $s$  varía con la carga, pero la variación de la carga no proporciona un método práctico de control de la velocidad. Sin embargo, es posible cambiar la característica par/velocidad de varias maneras, de modo que para cada par de carga se necesita un valor de  $s$  distinto. Estos métodos proporcionan una mala utilización de la potencia y capacidad del motor, pero el control suele ser sencillo y justificable en algunas aplicaciones.

- **Regulación por impulsos.**

La regulación por impulsos de la velocidad generalmente se aplica en motores de pequeña potencia, y básicamente consiste en provocar variaciones periódicas y de corta duración de los parámetros del motor, de tal manera y a una frecuencia tal, que la velocidad requerida se obtiene como una velocidad promedio de las aceleraciones y desaceleraciones producidas durante el ciclo completo de variación de los parámetros.

## **2.2 VARIADOR DE FRECUENCIA SIEMENS G110<sup>3</sup>**

La serie G110 de Siemens es una gama de convertidores de frecuencia (variadores) para modificar la velocidad de motores trifásicos.

Los convertidores están controlados por microprocesadores y utilizan tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de última generación. Esto les hace fiables y versátiles. Un método especial de modulación por ancho de impulsos con frecuencia de pulsación

---

<sup>3</sup> <http://www.elec serrano.com.ar/siemens/variadores/g110/index.php>

seleccionable permite un funcionamiento silencioso del motor. Extensas funciones protegen excelentemente al convertidor como al motor.

Con sus ajustes por defecto realizados en fábrica, el G110 es ideal para una gran gama de aplicaciones de control de motores simples.

El G110 puede utilizarse también en aplicaciones de control de motores más avanzadas usando sus extensas listas de parámetros. El G110 puede utilizarse tanto para aplicaciones aislado como integrado en sistemas de automatización.



Figura 2.1. Variador de velocidad G110

Fuente: <http://www.elec serrano.com.ar/siemens/variadores/g110/index.php>

Elaborado por: Santiago Guillén

### **2.2.1. Terminales del Variador de Velocidad.**

Los terminales del variador son muy importantes por la razón que se puede operar externamente del variador por medio de estos. A continuación se van a enumerar y a definir qué función cumple cada uno de estos.

Los terminales se encuentran en la parte inferior del variador de velocidad tal como se puede observar en la Figura 2.2.

**Tabla 2.1 Terminales del variador de velocidad**

<b>TERMINALES</b>	<b>FUNCION</b>
<b>1</b>	<i>Salida de señal digital negativa</i>
<b>2</b>	<i>Salida de señal digital positiva</i>
<b>3 Y 6</b>	<i>ON/OFF para la puesta en funcionamiento del variador</i>
<b>4 Y 6</b>	<i>Terminal de inversión de giro del motor.</i>
<b>5</b>	<i>Entrada digital.</i>
<b>6</b>	<i>Entrega un voltaje de salida de 24V.</i>
<b>7</b>	<i>Fase negativa.</i>
<b>8,9 Y 10</b>	<i>Estos tres terminales tienen la función de una fuente interna de 10V la cual se puede variar mediante un potenciómetro de 10KΩ conectado a cada uno de los terminales donde: El terminal 8.- entrega 10V El terminal 9.- Entra la señal variable. El terminal 10.- Es la fase negativa.</i>

Elaborado Por: Santiago Guillén



Figura 2.2. Terminales del variador de velocidad G110

Fuente: <http://www.elec serrano.com.ar/siemens/variadores/g110/index.php>

Elaborado por: Santiago Guillén

### 2.3. Tarjeta de Adquisición de Datos USB6009<sup>4</sup>

Con las mejoras de ancho de banda recientes y las nuevas innovaciones de National Instruments, el USB se ha convertido en un bus central de elección para aplicaciones de medición.

La NI USB6008 y USB6009 dispone de datos de bajo costo de adquisición (DAQ) con tornillo de conectividad fácil y un factor de forma pequeño. Con plug-and-play USB, estos dispositivos son lo suficientemente simple para mediciones rápidas, pero lo suficientemente versátil para aplicaciones de medición más compleja.

USB6009 es ideal para aplicaciones de bajo costo, factor de forma pequeño.



Figura 2.3. USB6009

Fuente: <http://sine.ni.com/ds/app/doc/p/id/ds-218/land/en>

Elaborado por: Santiago Guillén

---

<sup>4</sup> <http://sine.ni.com/ds/app/doc/p/id/ds-218/land/en>.

### 2.3.1. Características

**Tabla 2.2 Características de la tarjeta USB6009**

Entradas analógicas	Resolución de Entrada	Velocidad máxima de muestreo (kS / s)	Salidas analógicas	Resolución de salida	Tasa de salida (Hz)	E / S digital Líneas	Contador de 32 bits
8 de una sola terminal / 4 diferencial	14	48	2	12	150	12	1

Elaborado Por: Santiago Guillén

### 2.3.2. Adquisición de Datos<sup>5</sup>

Un sistema de adquisición de datos es un equipo que permite tomar señales físicas del entorno y convertirlas en datos que posteriormente se puede procesar y presentar. A veces el sistema de adquisición es parte de un sistema de control, y por tanto la información recibida se procesa para obtener una serie de señales de control.

El elemento que hace dicha transformación es el módulo de digitalización o tarjeta de Adquisición de Datos (DAQ).

DAQ hardware son por lo general las interfaces entre la señal y un PC. Podría ser en forma de módulos que pueden ser conectados a la computadora de los puertos (paralelo, serie, USB, etc...) Los puertos es una forma genérica de denominar a una interfaz a través de la cual los diferentes tipos de datos se pueden enviar y recibir. Dicha interfaz puede ser de tipo físico, o puede ser a nivel de software (por ejemplo, los puertos que permiten la transmisión de datos entre diferentes ordenadores).

---

<sup>5</sup> <http://uajfk2002.tripod.com/gm2/adquisicion-datos.pdf>

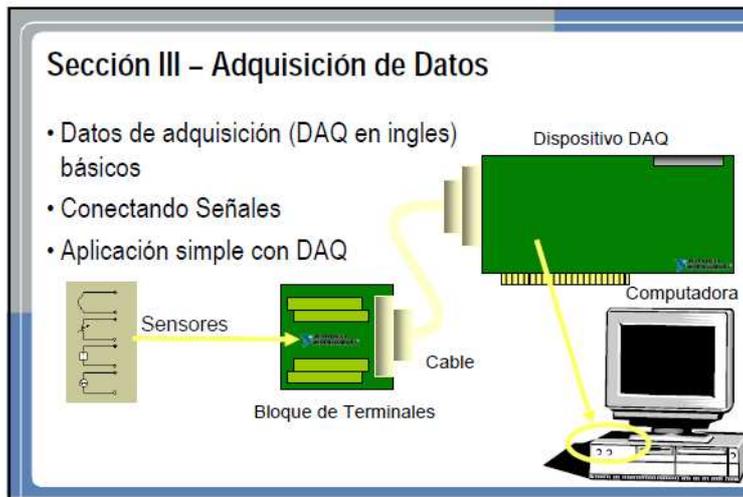


Figura 2.4. Adquisición de Datos  
 Fuente: <http://perso.wanadoo.es/jovilve/tutoriales/016tutorlabview.pdf>  
 Elaborado por: Santiago Guillén.

## 2.4. SISTEMA DE CONTROL<sup>6</sup>

Un sistema de control es un tipo de sistema que se caracteriza por la presencia de una serie de elementos que permiten influir en el funcionamiento del sistema. La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados.

Un sistema de control ideal debe ser capaz de conseguir su objetivo además de cumplir con los siguientes requisitos:

1. Garantizar la estabilidad y, particularmente, ser robusto frente a perturbaciones y errores en los modelos.
2. Ser tan eficiente como sea posible, según un criterio preestablecido. Normalmente este criterio consiste en que la acción de control sobre las variables de entrada sea realizable y así evitar comportamientos bruscos e irreales.
3. Ser fácilmente implementable y cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador.

<sup>6</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Electr%C3%B3nica\\_de\\_control](http://es.wikipedia.org/wiki/Electr%C3%B3nica_de_control)

### 2.4.1. Elementos Básicos de un Sistema de Control

Los elementos básicos que forman parte de un sistema de control y permiten su manipulación son los siguientes:

- **Sensores.** Permiten conocer los valores de las variables medidas del sistema.
- **Controlador.** Utiliza los valores determinados por los sensores y la consigna impuesta, calcula la acción que debe aplicarse para modificar las variables de control en base a cierta estrategia.
- **Actuador.** Es el mecanismo que ejecuta la acción calculada por el controlador y que modifica las variables de control.

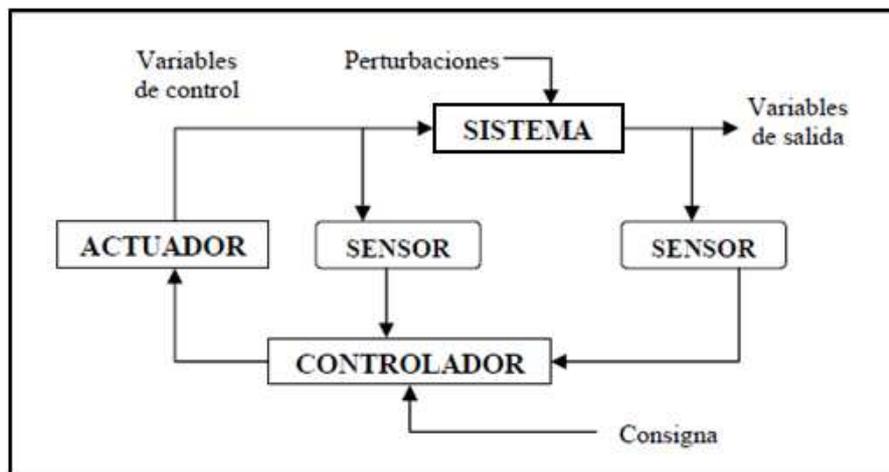


Figura 2.5. Esquema general de un Sistema de Control  
Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Electr%C3%B3nica\\_de\\_control](http://es.wikipedia.org/wiki/Electr%C3%B3nica_de_control)  
Elaborado por: Santiago Guillén

### 2.5. MODOS DE CONTROL<sup>7</sup>

Un PID (Proporcional Integral Derivativo) es un mecanismo de control por realimentación que calcula la desviación o error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener, para aplicar una acción correctora que ajuste el proceso. El algoritmo de cálculo del control PID se da en tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo.

<sup>7</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional\\_integral\\_derivativo](http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo)

La suma de estas tres acciones es usada para ajustar al proceso vía un elemento de control como la posición de una válvula de control o la energía suministrada a un calentador, por ejemplo. Si se ajusta estas tres variables en el algoritmo de control del PID, el controlador puede proveer un control diseñado para lo que requiera el proceso a realizar. La respuesta del controlador puede ser descrita en términos de respuesta del control ante un error, el grado el cual el controlador llega al "set point", y el grado de oscilación del sistema.

Un controlador PID puede ser llamado también PI, PD, P o I en la ausencia de las acciones de control respectivas. Los controladores PI son particularmente comunes, ya que la acción derivativa es muy sensible al ruido, y la ausencia del proceso integral puede evitar que se alcance al valor deseado debido a la acción de control.

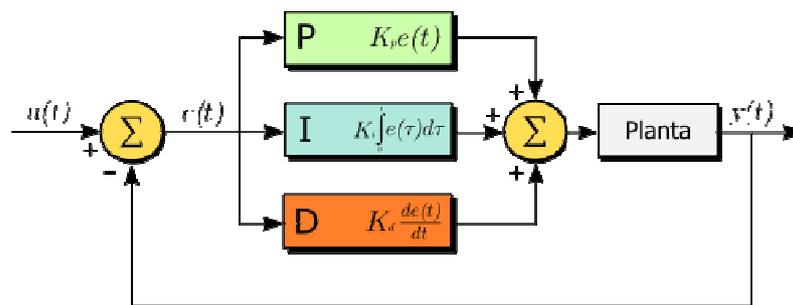


Figura 2.6. Diagrama en bloque de un Control PID  
Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional\\_integral\\_derivativo](http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo)  
Elaborado por: Santiago Guillén

### 2.5.1. Proporcional

La parte proporcional consiste en el producto entre la señal de error y la constante proporcional como para que hagan que el error en estado estacionario sea casi nulo, pero en la mayoría de los casos, estos valores solo serán óptimos en una determinada porción del rango total de control, siendo distintos los valores óptimos para cada porción del rango.

Sin embargo, existe también un valor límite en la constante proporcional a partir del cual, en algunos casos, el sistema alcanza valores superiores a los deseados. Este fenómeno se llama sobreoscilación y, por razones de seguridad, no debe sobrepasar el 30%, aunque es conveniente que la parte proporcional ni siquiera produzca sobreoscilación. Hay una relación lineal continua entre el valor de la variable controlada y la posición del elemento final de control.

La fórmula del proporcional esta dada por:  $P_{sal} = K_p e(t)$

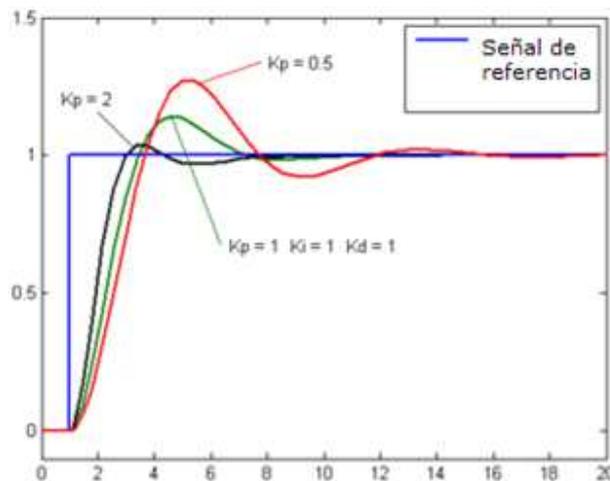


Figura 2.7. Proporcional

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional\\_integral\\_derivativo](http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo)

Elaborado por: Santiago Guillén.

## 2.5.2. Integral

El modo de control Integral tiene como propósito disminuir y eliminar el error en estado estacionario, provocado por el modo proporcional. El control integral actúa cuando hay una desviación entre la variable y el punto de consigna, integrando esta desviación en el tiempo y sumándola a la acción proporcional. El error integrado, lo cual tiene la función de promediarlo o sumarlo por un período determinado; Luego es multiplicado por una constante I. Posteriormente, la respuesta integral es adicionada al modo Proporcional para formar el control P + I con el

propósito de obtener una respuesta estable del sistema sin error estacionario.

El control integral se utiliza para obviar el inconveniente del offset (desviación permanente de la variable con respecto al punto de consigna) de la banda proporcional.

La fórmula del integral esta dada por:

$$I_{\text{sal}} = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau$$

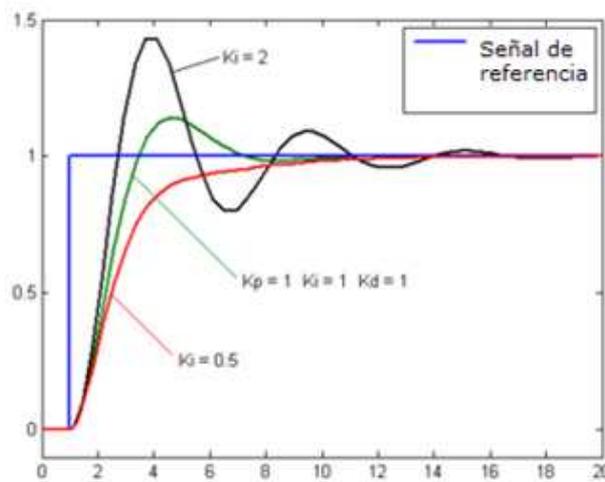


Figura 2.8. Integral

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional\\_integral\\_derivativo](http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo)

Elaborado por: Santiago Guillén.

### 2.5.3. Derivativo

La acción derivativa se manifiesta cuando hay un cambio en el valor absoluto del error; (si el error es constante, solamente actúan los modos proporcional e integral).

El error es la desviación existente entre el punto de medida y el valor consigna, o "Set Point".

La función de la acción derivativa es mantener el error al mínimo corrigiéndolo proporcionalmente con la misma velocidad que se produce; de esta manera evita que el error se incremente.

Se deriva con respecto al tiempo y se multiplica por una constante D y luego se suma a las señales anteriores (P+I). Es importante adaptar la respuesta de control a los cambios en el sistema ya que una mayor acción derivativa corresponde a un cambio más rápido y el controlador puede responder acordeamente.

La fórmula del derivativo esta dada por: 
$$D_{sal} = K_d \frac{de}{dt}$$

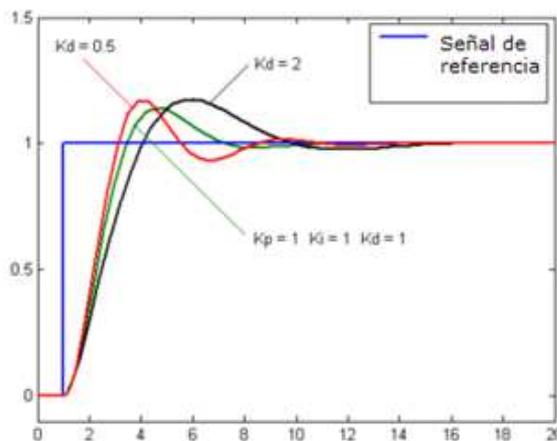


Figura 2.9. Derivativo

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional\\_integral\\_derivativo](http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo)  
Elaborado por: Santiago Guillén.

## 2.6. AJUSTES DE PARAMETROS DEL PID

El objetivo de los ajustes de los parámetros PID es lograr que el bucle de control corrija eficazmente y en el mínimo tiempo los efectos de las perturbaciones; se tiene que lograr la mínima integral de error. Si los parámetros del controlador PID (la ganancia del proporcional, integral y derivativo) se eligen incorrectamente, el proceso a controlar puede ser inestable, por ejemplo, que la salida de este varíe, con o sin oscilación, y está limitada solo por saturación o rotura mecánica. Ajustar un lazo de control significa ajustar los parámetros del sistema de control a los valores óptimos para la respuesta del sistema de control deseada.

La sintonización de los controladores Proporcional- Integral - Derivativo o simplemente controladores **PID**, consiste en la determinación del ajuste

de sus parámetros ( $K_c$ ,  $T_i$ ,  $T_d$ ), para lograr un comportamiento del sistema de control aceptable y robusto de conformidad con algún criterio de desempeño establecido.

Para realizar la sintonización de los controladores, primero debe identificarse la dinámica del proceso, y a partir de esta determinar los parámetros del controlador y utilizar el método de sintonización seleccionado. Antes de revisar algunas de las técnicas de sintonización disponibles, se establecerán los diferentes tipos de funcionamiento que pueden presentarse en un lazo de control realimentado, en el cual hay dos entradas - el valor deseado  $r(t)$  y la perturbación  $z(t)$  - y una salida - la señal realimentada  $y(t)$ .

Es importante, entonces, determinar los requisitos de funcionamiento del lazo de control para seleccionar el procedimiento de sintonización adecuado.

Se restringirá la presentación de los métodos de sintonización y de los resultados de la comparación, a aquéllos desarrollados para los controladores PID que operan como reguladores y utilizan un modelo del proceso. En particular, nos referimos a los siguientes métodos por ser los más empleados:

- Ziegler y Nichols
- Cohen y Coon
- López et al.
- Kaya y Sheib
- Sung et al.

El desarrollo de los métodos de sintonización ha sido extenso desde que Ziegler y Nichols propusieron su procedimiento en 1942. Normalmente, se dividen en métodos de lazo abierto y métodos de lazo cerrado.

### 2.6.1. Métodos de lazo abierto

El controlador cuando está instalado operará manualmente. Produciendo un cambio escalón a la salida del controlador se obtiene la curva de reacción del proceso, a partir de la cual se identifica un modelo para el mismo, usualmente de primer orden más tiempo muerto. Este modelo es la base para la determinación de los parámetros del controlador.

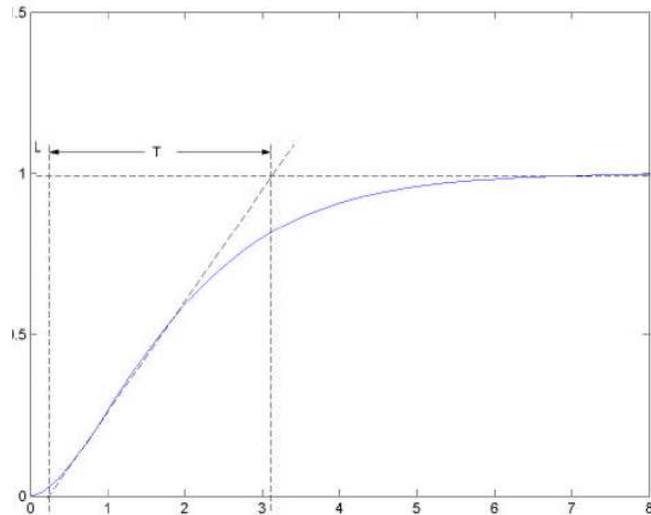


Figura 2.10. Respuesta Lazo abierto  
Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional\\_integral\\_derivativo](http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo)  
Elaborado por: Santiago Guillén.

### 2.6.2. Métodos de lazo cerrado

El controlador opera automáticamente produciendo un cambio en el valor deseado se obtiene información del comportamiento dinámico del sistema para identificar un modelo de orden reducido para el proceso, o de las características de la oscilación sostenida del mismo, para utilizarla en el cálculo de los parámetros del Controlador.

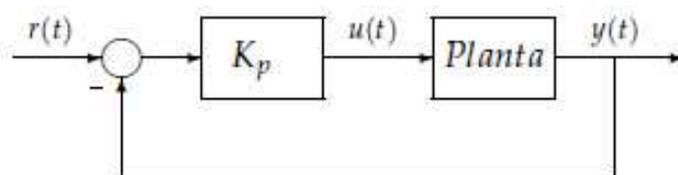


Figura 2.11. Lazo cerrado  
Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional\\_integral\\_derivativo](http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo)  
Elaborado por: Santiago Guillén.

## 2.6.4. Métodos de sintonización de lazo cerrado

### 2.6.4.1 Métodos de Ziegler y Nichols

El primer procedimiento de sintonización basado en una prueba de lazo cerrado fue propuesto por Ziegler y Nichols. Se utiliza un controlador puramente proporcional y mediante un proceso iterativo, el procedimiento requiere aumentar paulatinamente la ganancia del mismo hasta lograr que el sistema entre en una oscilación sostenida ante un cambio del escalón en el valor deseado. La ganancia en este punto es la ganancia última  $K_{cu}$  y el periodo de la oscilación, el periodo último  $T_u$ .

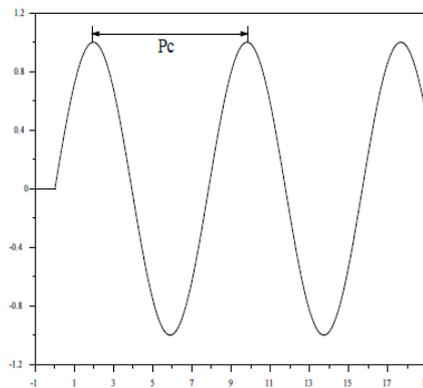


Figura 2.12. Respuesta del sistema Lazo cerrado  
 Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional\\_integral\\_derivativo](http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo)  
 Elaborado por: Santiago Guillén.

Tabla 2.3. Parámetros de Ajuste PID

	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$0,50K_c$		
PI	$0,45K_c$	$\frac{P_c}{1,2}$	
PID	$0,60K_c$	$0,5P_c$	$\frac{P_c}{8}$

Elaborado por: Santiago Guillén

## 2.7. LABVIEW<sup>8</sup>

LabVIEW es una herramienta gráfica para pruebas, control y diseño mediante la programación. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico.

Entre sus objetivos están el reducir el tiempo de desarrollo de aplicaciones de todo tipo (no sólo en ámbitos de Pruebas, Control y Diseño) y el permitir la entrada a la informática a profesionales de cualquier otro campo. LabVIEW consigue combinarse con todo tipo de software y hardware, tanto del propio fabricante tarjetas de adquisición de datos, Visión, instrumentos y otro Hardware- como de otros fabricantes.

### 2.7.1. Panel Frontal<sup>9</sup>

Se trata de la interfaz gráfica del VI con el usuario. Esta interfaz recoge las entradas procedentes del usuario y representa las salidas proporcionadas por el programa. Un panel frontal está formado por una serie de botones, pulsadores, potenciómetros, gráficos, etc. Cada uno de ellos puede estar definido como un control o un indicador. Los primeros sirven para introducir parámetros al VI, mientras que los indicadores se emplean para mostrar los resultados producidos, ya sean datos adquiridos o resultados de alguna operación.

---

<sup>8</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>

<sup>9</sup> <http://perso.wanadoo.es/jovilve/tutoriales/016tutorlabview.pdf>

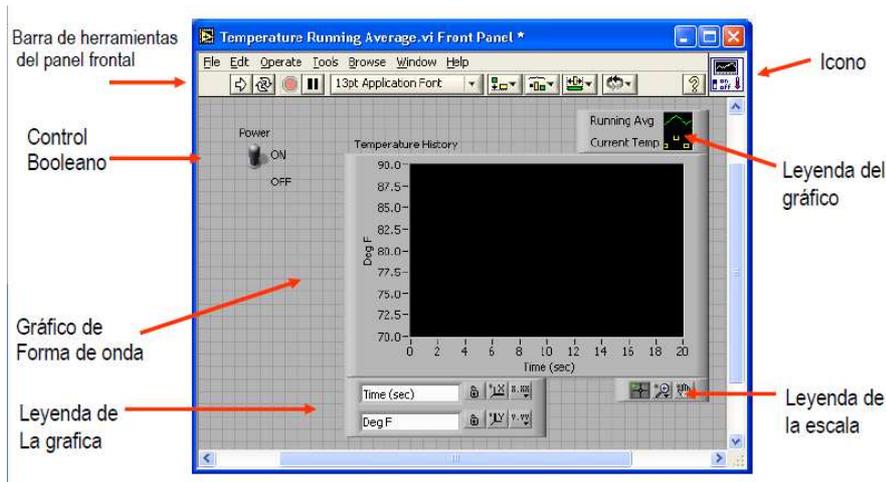


Figura 2.13. Panel Frontal

Fuente: <http://perso.wanadoo.es/jovilve/tutoriales/016tutorlabview.pdf>  
Elaborado por: Santiago Guillén.

### 2.7.2. Diagrama de Bloques

El diagrama de bloques constituye el código fuente del VI. En el diagrama de bloques es donde se realiza la implementación del programa del VI para controlar o realizar cualquier procesado de las entradas y salidas que se crearon en el panel frontal.

El diagrama de bloques incluye funciones y estructuras integradas en las librerías que incorpora LabVIEW. En el lenguaje G las funciones y las estructuras son nodos elementales. Son análogas a los operadores o librerías de funciones de los lenguajes convencionales.

Los controles e indicadores que se colocaron previamente en el Panel Frontal, se materializan en el diagrama de bloques mediante los terminales. A continuación se presenta un ejemplo de lo recién citado:

- (a) Función.
- (b) Terminales (control e indicador).
- (c) Estructura.

El diagrama de bloques se construye conectando los distintos objetos entre sí, como si de un circuito se tratara. Los cables unen terminales de

entrada y salida con los objetos correspondientes, y por ellos fluyen los datos.

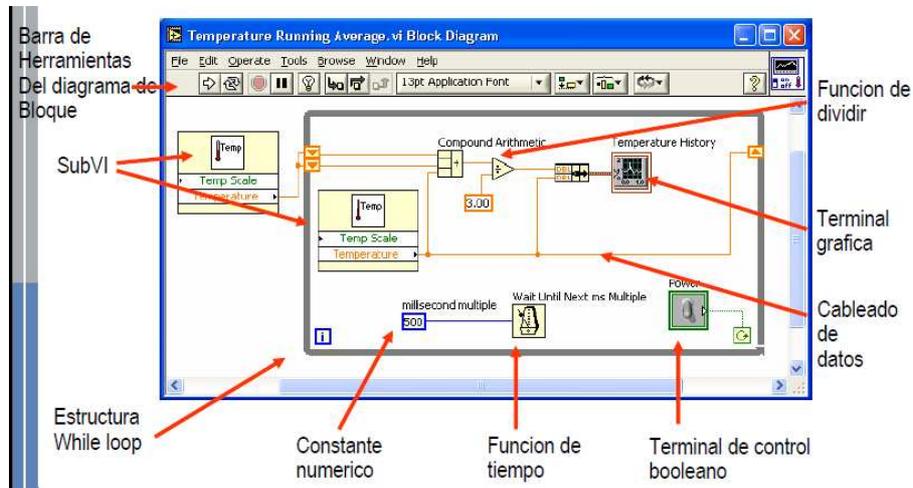


Figura 2.14. Diagrama de bloques

Fuente: <http://perso.wanadoo.es/jovilve/tutoriales/016tutorlabview.pdf>  
 Elaborado por: Santiago Guillén.

### 2.7.3. El entorno LabVIEW

Los elementos básicos en el entorno LabVIEW son los menús (en la parte superior de las ventanas del panel frontal y diagrama de bloques) la barra de herramientas y las paletas flotantes que se pueden colocar en cualquier parte de la pantalla.

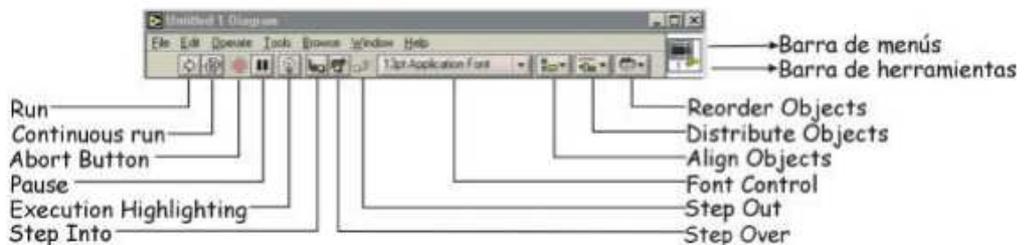


Figura.2.15. Barra de Menús

Fuente: [http://es.wikibooks.org/wiki/LabVIEW\\_2009](http://es.wikibooks.org/wiki/LabVIEW_2009)  
 Elaborado Por: Santiago Guillén.

En la barra de menús existen las siguientes opciones:

- ✓ **File:** Las opciones de este menú son para realizar las operaciones estándar con archivos como Abrir, Guardar, Imprimir, Salir.
- ✓ **Edit:** Operaciones de edición en el VI, como Cortar, Copiar, Pegar, Búsqueda...
- ✓ **Operate:** Control de la ejecución del archivo activo, como Ejecutar, Parar, Cambiar a Modo de Ejecución...
- ✓ **Tools:** Varias utilidades como Guía de Soluciones DAQ, Historial del VI...
- ✓ **Browse:** Menú para ver diversos aspectos del VI actual, como archivos que llaman al VI, los subVIs que utiliza este VI, Puntos de Ruptura...
- ✓ **Window:** Acceso y personalización de diferentes vistas del VI, como Ver Diagrama, Ver Lista de Errores, y opciones para las paletas y ventanas
- ✓ **Help:** Acceso a varios tipos de ayuda como Ayuda LV, ejemplos de VIs y enlaces a los recursos de ayuda de National Instruments en internet.
- ✓ **Run:** Ejecución del VI.
- ✓ **Continuous run:** Ejecución continuada del VI.
- ✓ **Abort Button:** Parada en mitad de la ejecución del VI.
- ✓ **Pause:** Parada momentánea en la ejecución del VI.
- ✓ **Execution Highlighting:** Esta opción se utiliza durante la depuración del VI para ver cómo fluyen los datos de nodo a nodo.
- ✓ **Step Into:** Ejecución paso a paso en la depuración que entra dentro de un diagrama de bloques de cualquier nodo (subVI, estructuras...) para ejecutarlo también paso a paso.
- ✓ **Step Over:** Ejecución paso a paso que ejecuta completamente un nodo sin entrar en él.
- ✓ **Step Out:** Salir de la ejecución paso a paso en el modo de depuración.
- ✓ **Font Control:** Menú desplegable para controlar las fuentes del VI.
- ✓ **Align Objects:** Menú desplegable para alinear componentes seleccionados en el panel frontal o diagrama de bloques.
- ✓ **Distribute Objects:** Menú desplegable para distribuir componentes seleccionados en el panel frontal o diagrama de bloques.
- ✓ **Reorder Objects:** Menú desplegable para reordenar componentes seleccionados en el panel frontal o diagrama de bloques.

#### 2.7.4. Paleta de Herramientas (Tools Palette):

La paleta de herramientas está disponible tanto en el panel de control como en el diagrama de bloques para modificar sus contenidos. Se llama herramienta a un modo especial de operación del puntero del ratón. El cursor toma el aspecto del icono de la herramienta seleccionada en la paleta. Se utilizan las herramientas para operar y modificar los contenidos del panel de control y del diagrama de bloques.

Al habilitarse la selección automática de herramienta, cuando se mueve el cursor sobre los diferentes objetos en el panel frontal o diagrama de bloques, LabVIEW selecciona automáticamente la herramienta correspondiente de la paleta. Cada icono de la paleta cambia el comportamiento del cursor en LabVIEW, con lo que se puede posicionar, operar y editar las diferentes tareas de los VIs.



Figura.2.16. Paletas de Herramientas

Fuente: [http://es.wikibooks.org/wiki/LabVIEW\\_2009](http://es.wikibooks.org/wiki/LabVIEW_2009)

Elaborado Por: Santiago Guillén.

#### 2.7.5. Paleta de Controles (Controls Palette):

Para generar el panel frontal se colocan controles e indicadores de la paleta de controles. Cada icono representa una subpaleta, la cual contiene controles para colocar en el panel frontal. Un control es un

objeto que utiliza el usuario para interactuar con el VI, al introducir datos o al momento de controlar el proceso. Unos ejemplos sencillos de controles son los botones, controles deslizantes, diales, cuadros de texto. Un indicador es un objeto del panel frontal que muestra datos al usuario. Se pueden citar como ejemplos: gráficas, termómetros, medidores analógicos y digitales. Cuando se coloca un control o indicador en el panel frontal, automáticamente aparece un terminal en el diagrama de bloques.



Figura.2.17. Paletas de Controles

Fuente: [http://es.wikibooks.org/wiki/LabVIEW\\_2009](http://es.wikibooks.org/wiki/LabVIEW_2009)

Elaborado Por: Santiago Guillén

#### 2.7.6. Paleta de Funciones (Functions Palette):

Para construir el diagrama de bloques se usan los terminales generados en el panel de control por los controles e indicadores, y los VIs, funciones y estructuras de la paleta de funciones. Cada icono de la paleta representa una subpaleta, la cual contiene VIs y funciones para colocar en el diagrama de bloques. Las estructuras, VIs y funciones (llamados en conjunto nodos) de la paleta de funciones proporcionan la funcionalidad al VI. Cuando se añaden nodos a un diagrama de bloques, se pueden conectar entre si y a los terminales generados por los controles e indicadores del panel de control mediante la herramienta de



- **Setpoint.** El valor de setpoint, o valor deseado, de la variable de proceso que está siendo controlado.
- **Variable de proceso.** Especifica el valor medido de la variable de proceso que está siendo controlado. Este valor es igual al valor de realimentación del circuito de realimentación.
- **Ganancias PID.** Especifica la ganancia proporcional, tiempo integral, y los parámetros derivados de tiempo del controlador.
- **Ganancia proporcional ( $K_c$ )** Especifica la ganancia proporcional del controlador. El valor predeterminado es 1. En la ecuación que define el controlador PID,  $K_C$  representa la ganancia proporcional.  
*Tiempo integral ( $T_i$ , min)* especifica el tiempo de acción integral en minutos. El valor por defecto es de 0,01.  
*Tiempo derivativo ( $T_d$ , min)* especifica el tiempo derivado en cuestión de minutos. El valor predeterminado es 0.
- **dt (s).** Especifica el intervalo, en segundos, en la que este VI se llama. Si  $dt$  (s) es menor o igual a cero, este VI utiliza un temporizador interno con una resolución de un milisegundo. El valor predeterminado es -1.
- **Reinicializar.** Especifica si se debe reiniciar los parámetros internos, tales como el error integrado del controlador. El valor predeterminado es FALSO.
- **Salida.** Regresa a la salida de control del algoritmo PID, que se aplica al proceso controlado.
- **dt out (s)** Devuelve el intervalo de tiempo real en segundos. a  $dt$  salida (s) devuelve el valor de  $dt$  (s) o el intervalo calculado si se establece  $dt$  (s) a -1.

## 2.7.8 Función Tone Measurements<sup>10</sup>

Busca el único tono con la mayor amplitud o busca en un rango de frecuencias especificado para encontrar el tono único con la mayor amplitud. También puede encontrar la frecuencia y fase de un solo tono.

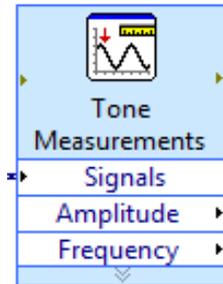


Figura.2.20. Función Tone Measurements

Fuente: [http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/lv/71/lvexpress/Tone\\_Measurements/](http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/lv/71/lvexpress/Tone_Measurements/)

Elaborado Por: Santiago Guillén.

**Amplitud-** Calcula la amplitud del único tono detectado en voltios de pico (Vp).

**Frecuencia-**Calcula la frecuencia del único tono detectado en Hertz.

**Fase-**Calcula la fase del único tono detectado en grados.

- **Búsqueda de Frecuencia específica**

**Frecuencia aproximada** (Hz). Centro de la frecuencia de uso en la búsqueda de dominio de la frecuencia del tono único. Esta opción sólo está disponible cuando se coloca una marca en la búsqueda de la casilla de verificación de frecuencias específicas.

**Búsqueda (+/- % de aprox. frecuencia).** Frecuencia de ancho, como un porcentaje de la frecuencia de muestreo, para la búsqueda de dominio de la frecuencia de la frecuencia de tono único. Esta opción sólo está disponible cuando se coloca una marca en la búsqueda de la casilla de verificación de frecuencias específicas.

---

<sup>10</sup> [http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/lv/71/lvexpress/Tone\\_Measurements/](http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/lv/71/lvexpress/Tone_Measurements/)

- **Señal de Entrada**

Muestra la señal de entrada. Si no ha cableado el VI. Express y ejecutarlo para obtener datos reales, la señal de entrada muestra los datos de la muestra.

## **2.8. Amplificadores Operacionales<sup>11</sup>**

Un amplificador operacional (comúnmente abreviado A.O. u op-amp), es un circuito electrónico (normalmente se presenta como circuito integrado) que tiene dos entradas y una salida. La salida es la diferencia de las dos entradas multiplicada por un factor (G) (ganancia):

$$V_{out} = G \cdot (V_{+} - V_{-})$$

Originalmente los A.O. se empleaban para operaciones matemáticas (suma, resta, multiplicación, división, integración, derivación, etc.) en calculadoras analógicas. De ahí su nombre.

El A.O. ideal tiene una ganancia infinita, una impedancia de entrada infinita, un ancho de banda también infinito, una impedancia de salida nula, un tiempo de respuesta nulo y ningún ruido. Como la impedancia de entrada es infinita también se dice que las corrientes de entrada son cero.

### **2.8.1. Clasificación de los Amplificadores Operacionales.**

Los amplificadores operaciones tienen distintas configuraciones a continuación se detalla cada una de ellas y su estructura.

---

<sup>11</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador\\_operacional](http://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador_operacional)

- **Comparador**

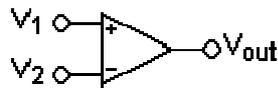


Figura 2.21. Comparador  
Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador\\_operacional](http://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador_operacional)  
Elaborado por: Santiago Guillén

- **Seguidor**

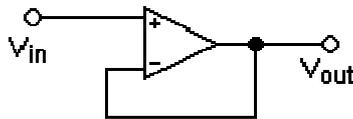


Figura 2.22. Seguidor  
Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador\\_operacional](http://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador_operacional)  
Elaborado por: Santiago Guillén

- **Inversor**

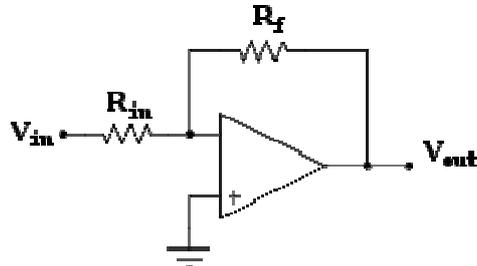


Figura 2.23. Inversor  
Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador\\_operacional](http://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador_operacional)  
Elaborado por: Santiago Guillén

- **No inversor**

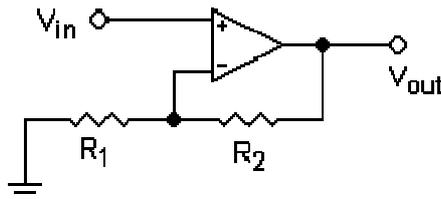


Figura 2.24. No inversor  
Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador\\_operacional](http://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador_operacional)  
Elaborado por: Santiago Guillén

- **Sumador inversor**

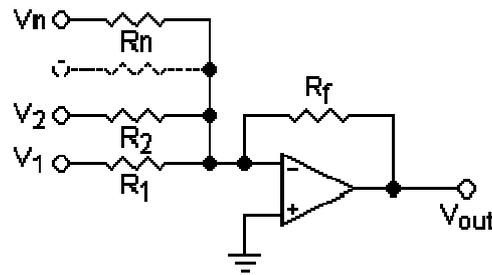


Figura 2.25. Sumador Inversor

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador\\_operacional](http://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador_operacional)

Elaborado por: Santiago Guillén

- **Restador**

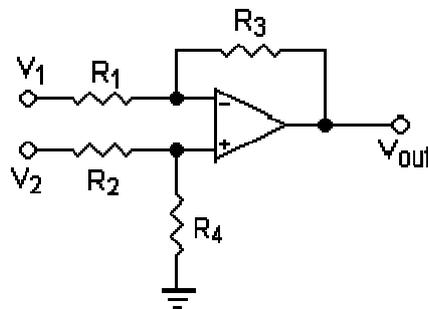


Figura 2.26. Restador

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador\\_operacional](http://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador_operacional)

Elaborado por: Santiago Guillén

## 2.9. ENCODER<sup>12</sup>

Un encoder es un codificador rotatorio, también llamado codificador del eje, suele ser un dispositivo electromecánico usado para convertir la posición angular de un eje a un código digital, lo que lo convierte en una clase de transductor. Estos dispositivos se utilizan en robótica, en lentes fotográficas de última generación, en dispositivos de entrada de ordenador (tales como el ratón), y en plataformas de radar rotatorias. Hay dos tipos principales: absoluto y relativo.

<sup>12</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Codificador\\_rotatorio](http://es.wikipedia.org/wiki/Codificador_rotatorio)

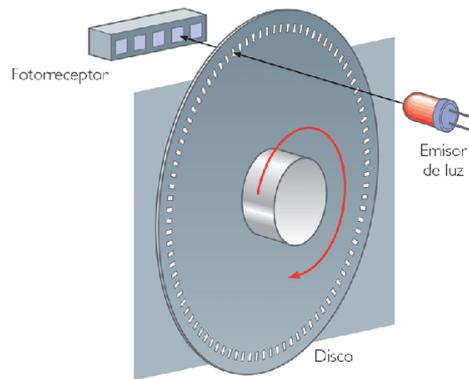


Figura 2.27. Encoder  
Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Codificador\\_rotatorio](http://es.wikipedia.org/wiki/Codificador_rotatorio)  
Elaborado por: Santiago Guillén

### 2.9.1. Encoder absoluto

El tipo absoluto produce un código digital único para cada ángulo distinto del eje.

Se corta un patrón complejo en una hoja de metal y se pone en un disco aislador, que está fijado al eje. También se coloca una fila de contactos deslizantes a lo largo del radio del disco. Mientras que el disco rota con el eje, algunos de los contactos tocan el metal, mientras que otros caen en los huecos donde se ha cortado el metal. La hoja de metal está conectada con una fuente de corriente eléctrica, y cada contacto está conectado con un sensor eléctrico separado. Se diseña el patrón de metal de tal forma que cada posición posible del eje cree un código binario único en el cual algunos de los contactos esté conectado con la fuente de corriente (es decir encendido) y otros no (apagados). Este código se puede leer por un dispositivo controlador, tal como un microprocesador, para determinar el ángulo del eje.

### 2.9.2. Encoder Relativo.

El codificador rotatorio relativo (también llamado codificador incremental) se utiliza cuando los métodos de codificación absolutos sean demasiado incómodos (debido al tamaño del disco modelado). Este método también utiliza un disco unido al eje, pero este disco es mucho más pequeño

marcado con una gran cantidad de líneas de la parte radial como los radios de una rueda. El interruptor óptico, parecido a un fotodiodo, genera un pulso eléctrico cada vez que una de las líneas pase a través de su campo visual. Un circuito de control electrónico cuenta los pulsos para determinar el ángulo con el cual el eje da vuelta.

Este sistema, en su forma más simple, no puede medir el ángulo absoluto del eje. Puede medir solamente el cambio en ángulo concerniente a cierto dato arbitrario, tal como posición del eje cuando la energía fue encendida. Esta incertidumbre no es un problema para los dispositivos de entrada de la computadora tales como ratones. Cuando la posición absoluta debe ser sabida, un segundo sensor puede ser agregado que detecta que el eje pasa por su posición cero.

El segundo problema de este sistema es que no puede decir qué dirección está rotando el eje. Para superar este problema, el sensor óptico se debe aumentar a dos sensores colocados en ángulos diversos alrededor del eje. La dirección de rotación se puede deducir en orden en la cual los dos sensores detecten cada línea radial. Este tipo de codificador se conoce como codificador de la cuadratura.

### **2.9.3. Sensor TCRT 5000(L)<sup>13</sup>**

El TCRT5000 (L) tiene una construcción compacta, donde la fuente emisora de luz y el detector se arreglan en la misma dirección para detectar la presencia de un objeto mediante el uso de los rayos infrarrojos de reflexión del objeto.

La longitud de onda de funcionamiento es de 950 mm. El detector consta de un fototransistor.

---

<sup>13</sup> <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet2/6/0ehgr3l66z3dyrxp33y124rtqo3y.pdf>

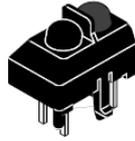


Figura 2.28. TCRT 5000(L)

Fuente: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet2/6/0ehgr3l66z3dyrxp33y124rtqo3y.pdf>  
Elaborado por: Santiago Guillén

## Aplicaciones

- Sensor de posición para el codificador del eje
- La detección de material reflectante como el papel, IBM tarjetas, cintas magnéticas, etc.
- Final de carrera para los movimientos mecánicos en vídeo
- De uso general - donde el espacio es limitado

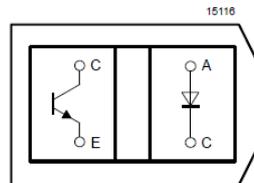


Figura 2.29. Estructura Interna del TCRT 5000(L)

Fuente: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet2/6/0ehgr3l66z3dyrxp33y124rtqo3y.pdf>  
Elaborado por: Santiago Guillén

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

#### **3.1 Preliminares**

Se ha desarrollado la implementación de control y monitoreo de motores trifásicos con la utilización de la tarjeta de adquisición de datos USB6009.

En éste capítulo se explica de una manera clara y entendible paso a paso la implementación del sistema de control PID (Proporcional, Integral, Derivativo) para el monitoreo de la velocidad de un motor trifásico; mediante la adquisición de señales en este caso de voltaje con la tarjeta USB6009.

El control PID del motor trifásico se lo realizó mediante un programa general creado en Labview, el cual está basado en la adquisición de datos por la tarjeta USB6009, la cual adquiere primero la señal del sensor TCRT 5000(L) del encoder mediante un disco giratorio acoplado al motor trifásico, el cual tiene varias muestras.

El número de muestras que posee el disco giratorio tiene mucho que ver para el control de las r.p.m, las mismas que mientras más muestras tome el sensor el control será más efectivo, en este caso se tomó ocho muestras que poseía el disco para su debido control

Posteriormente en el programa general se realizó un respectivo VI en el cual se programó de una manera clara y precisa el control PID para el motor trifásico adquirido.

Para variar la velocidad de dicho motor hubo la necesidad de adquirir un variador de frecuencia en este caso un SIEMENS G110, el mismo que posee un control tanto manual como programable.

Al realizar el control automático mediante el programa en Labview se notó que para la variación automática de velocidad mediante el variador de frecuencia se logra obtener una señal de voltaje de 0v a 10v la misma que 0v es igual a 0 rpm y los 10v es igual a 1721 rpm.

En este caso el voltaje de salida que proporcionó la tarjeta de datos USB 6009 para controlar el variador era solo de 0v a 5v, por lo que se realizó un amplificador de voltaje el mismo que ayudó para obtener un control de 0 a 10v y de esta manera realizar el control y monitoreo de la velocidad de un motor trifásico mediante la adquisición de señales con la tarjeta de datos USB 6009.

### **3.2. Lista de componentes del Control PID.**

Los componentes utilizados para implementación de un sistema de control y monitoreo de motores trifásicos mediante la utilización de la tarjeta de adquisición de datos USB 6009 son los siguientes.

- Variador de frecuencia G110 Siemens
- Motor Trifásico de 1HP, 60Hz, 1721 rpm.
- Tarjeta de adquisición de datos USB 6009
- Encoder
- Amplificador de voltaje
- Computadora

Software utilizado:

- Labview.
- Proteus (Isis, Ares)

### 3.3 Conexión del Motor Trifásico.

Para realizar la configuración del motor trifásico debe tomarse en cuenta algunas acciones que le corresponde realizar a la máquina, como posibles fallas que se pueden presentar durante su conexión y conocer debidamente como van las conexiones para trabajar con 220v o 440v.



Foto 1. Motor trifásico

Elaborado Por: Santiago Guillén L.

#### 3.3.1 Configuración del motor trifásico a 220v

La configuración siguiente es la que se va a utilizar en este proyecto, para esto se analizó principalmente la configuración de la placa de especificaciones que viene en el motor para así realizar una conexión debidamente correcta y no tener inconvenientes posteriormente.

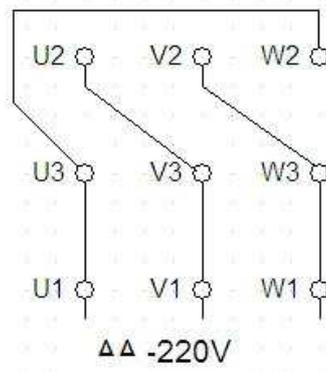


Figura 3.1 Conexión ΔΔ- 220V

Elaborado Por: Santiago Guillén L.

De forma física en el motor trifásico de la Foto 2 se observa la conexión de 220v.



Foto 2. Motor trifásico físicamente conectado  $\Delta\Delta$ - 220V

Elaborado Por: Santiago Guillén L

### 3.3.2 Configuración del motor trifásico a 440v

La configuración de 440V debidamente explicada en la placa del motor es también importante cuando el usuario necesite dicha configuración por lo siguiente la conexión deberá ser de la siguiente manera.

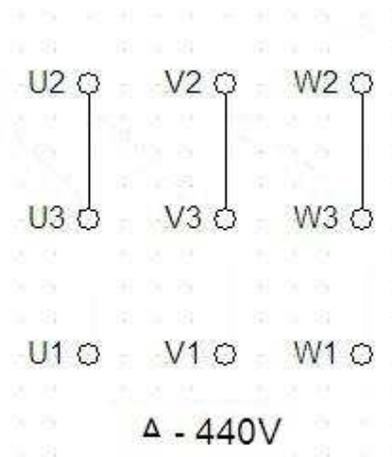


Figura 3.2. Conexión  $\Delta$ - 440V

Elaborado Por: Santiago Guillén L

### 3.4. Variador de frecuencia Siemens G110

Este dispositivo permite variar la velocidad de un motor trifásico mediante frecuencia según el parámetro que se haya ingresado además brinda protección al motor y es de mucha utilidad ya que su configuración para dicho control es fácilmente de programar. Este equipo se muestra en la Foto 3.



Foto 3. Variador de Velocidad  
Elaborado Por: Santiago Guillén L

La conexión entre el variador y el motor trifásico, está compuesta por tres cables independientes los mismo que van conectados con el motor según correspondan, esto se lo realizó con las salidas del variador hacia el motor trifásico, tener en cuenta las diferentes fases de salida del motor ya que existen tres tipos las cuales son **U, V y W**.

**Tabla 3.1 Conexión de fases**

<b>LINEA</b>	<b>LETRA DE FASE</b>	<b>COLOR DE CABLE</b>
<b>L1</b>	<b>U</b>	<b>AZUL</b>
<b>L2</b>	<b>V</b>	<b>ROJO</b>
<b>L3</b>	<b>W</b>	<b>BLANCO</b>

Elaborado Por: Santiago Guillén

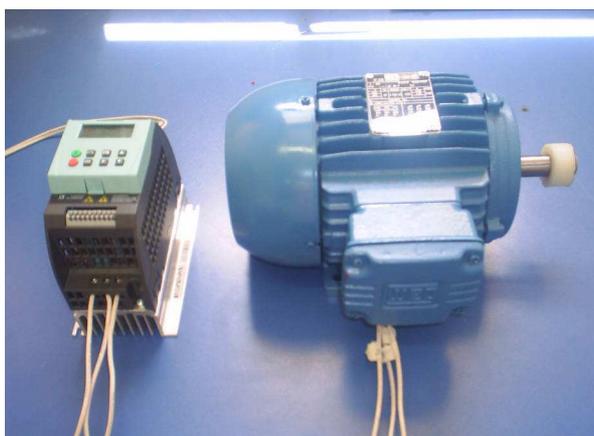


Foto 4. Variador y motor trifásico

Elaborado Por: Santiago Guillén L

### **3.4.1 Programa del variador de velocidad G110**

Luego de realizar las respectivas conexiones del variador con el motor trifásico se procedió a la programar mediante las características del motor adquirido para este proyecto las mismas con las que se va a trabajar y los demás parámetros q se necesitan para el debido control y monitoreo del motor.

**Tabla 3.2 Parámetros de programación del variador Siemens G110.**

<b>OPCIONES DE SELECCION</b>	<b>OPCION</b>	<b>OPCIONES DE SELECCION</b>	<b>OPCION</b>
<b>P0010 Puesta en servicio</b> 0= Listo para MARCHA 1= Puesta en servicio rápida 2= Ajuste de fábrica	<b>1</b>	<b>P0700 Fuente de ordenes</b> 0= Ajuste de fábrica 1= Panel BOP 2= Bornes/ Terminales	<b>2</b>
<b>P0100 Europa/ Norteamérica</b> 0= Potencia KW; f por defecto 50 Hz 1= Potencia hp; f por defecto 60 Hz 2= Potencia KW; f por defecto 60 Hz	<b>1</b>	<b>P1000 Selección de frecuencia</b> 0= Sin consigna de frecuencia 1= Consigna frecuencia desde BOP 2= Consigna Analógica 3= Consigna de frecuencia fija	<b>2</b>
<b>P0304 Tensión normal del motor (V)</b> 10-220v Tensión propia del motor tomada de la placa de características	<b>220</b>	<b>P1080 Frecuencia mín. Del motor</b> Ajuste mínimo de frecuencia del motor, el valor ajustado aquí es para giro horario y anti horario.	<b>0</b>
<b>P0305 Corriente nominal del motor (A)</b> Corriente nom. del motor tomada de la placa de características	<b>3.10</b>	<b>P1082 Frecuencia máx. Del motor</b> Ajuste máximo de frecuencia del motor, el valor ajustado aquí es para giro horario y anti horario	<b>60</b>
<b>P0307 Potencia nominal del motor (KW)</b> Potencia nom. del motor tomada de la placa de características	<b>1</b>	<b>P1120 Tiempos de aceleración</b> Tiempo que lleva el motor acelerar de la parada a la frecuencia máxima ajustada.	<b>5</b>
<b>P0310 Frecuencia nominal del motor (Hz)</b> Frecuencia nom. del motor tomada de la placa de características	<b>60</b>	<b>P1121 Tiempos de desaceleración</b> Tiempo que lleva el motor desacelerar de la frecuencia máxima del motor a la parada.	<b>5</b>
<b>P0311 Velocidad nominal del motor (rpm)</b> Velocidad nom. del motor tomada de la placa de características	<b>1720</b>	<b>P1121 Fin de puesta en servicio</b> 0= Fin e puesta en servicio 1= Fin de puesta de servicio con calculo motor 2= Fin de puesta en servicio	<b>1</b>

Elaborado Por: Santiago Guillén

### 3.5. Encoder

En este caso para el proyecto se utilizó un encoder incremental el cual proporciona normalmente formas de ondas cuadradas y desfasadas entre si  $90^\circ$ .

La precisión de un encoder incremental depende de los factores mecánicos y eléctricos, el error de división de las muescas del disco, la excentricidad del disco, el error introducido por la electrónica de lectura o también imprecisiones de tipo óptico.

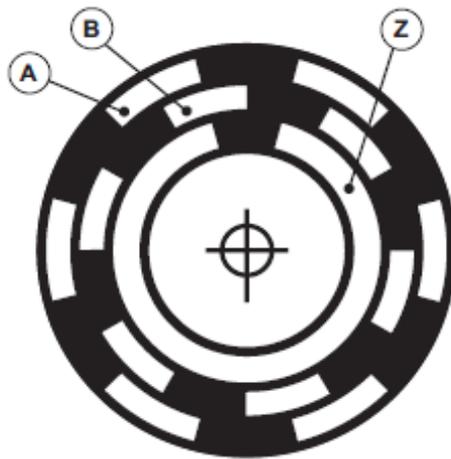


Figura 3.3. Disco óptico de muestras para la señal del encoder.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

Para obtener un encoder incremental con una señal cuadrada de pulsos altos y bajos definidos y que el mismo tenga una precisión adecuada es necesario que el número de muestras sean lo suficiente; es decir mientras más número de muestras el sensor capture más preciso será dicho encoder.

Al motor trifásico se le realizó un acople, en el eje principal se le adecuó un eje secundario de plástico para que en el mismo el cd de muestras gire de acuerdo a lo que desee el usuario, puede ser en sentido horario o anti horario.

El disco óptico del proyecto en si cuenta con una serie de muestras que van desde 1 muestra para censar hasta 40 muestras para que el sensor capte las señales de alto y bajo.

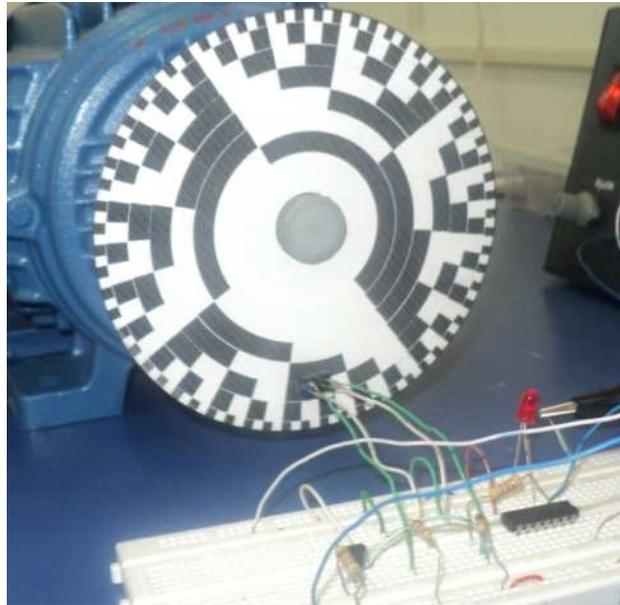


Foto 5. Disco óptico de muestras para la señal del encoder.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

El circuito que se realizó para la ejecución de un encoder incremental fue con el sensor TCRT 5000 (L), el mismo que se le adecuó un circuito electrónico para un control adecuado de cada número de muestras que el sensor capta.

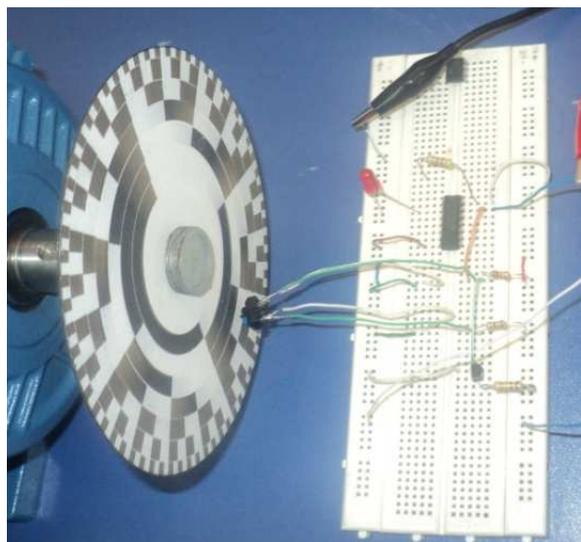


Foto 6. Disco óptico de muestras y circuito del encoder.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

De esta manera se logró inicialmente comprobar que según el número de muestras que censa, la señal de salida aumenta o disminuye proporcionalmente los pulsos de alto y bajo como se ve a continuación.

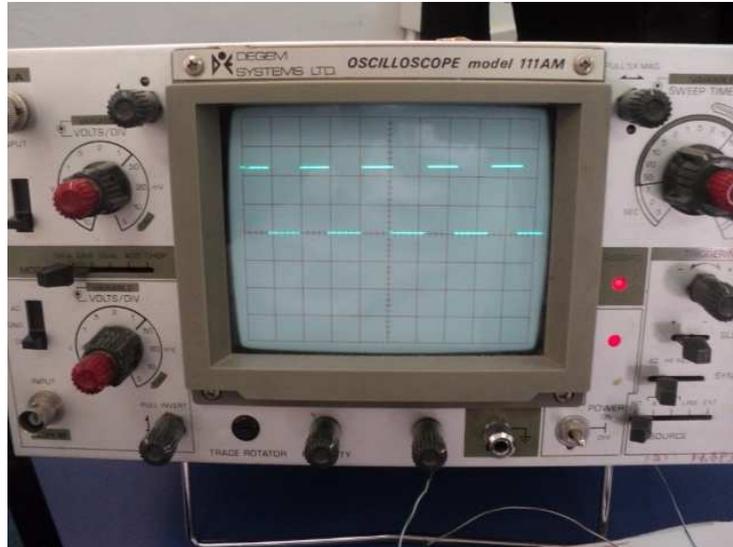


Foto 7. Señales incrementales de la salida del Encoder.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

### 3.6. Instalación de la Tarjeta de Adquisición de datos USB6009

Una vez comprobado y luego de realizar las pruebas en el osciloscopio se verificó la señal de salida que proporciona el encoder, se procede a configurar la tarjeta de adquisición de datos de la siguiente manera.

Primeramente se instala todo el contenido del software Labview, el programa consta con muchas aplicaciones las cuales ayudaran para la parte del control del proyecto.

Una vez instalado todo el contenido del programa se procede abrir primeramente Measurement & Automation Explorer



Figura 3.4. Measurement & Automation Explorer

Elaborado Por: Santiago Guillén L

Luego de abrir el programa se procede a conectar la tarjeta de adquisición de datos USB6009, dicha aplicación la reconocerá de forma automática y en el programa saldrá la especificación de la tarjeta de adquisición de datos como habilitada como muestra la Figura 3.5.

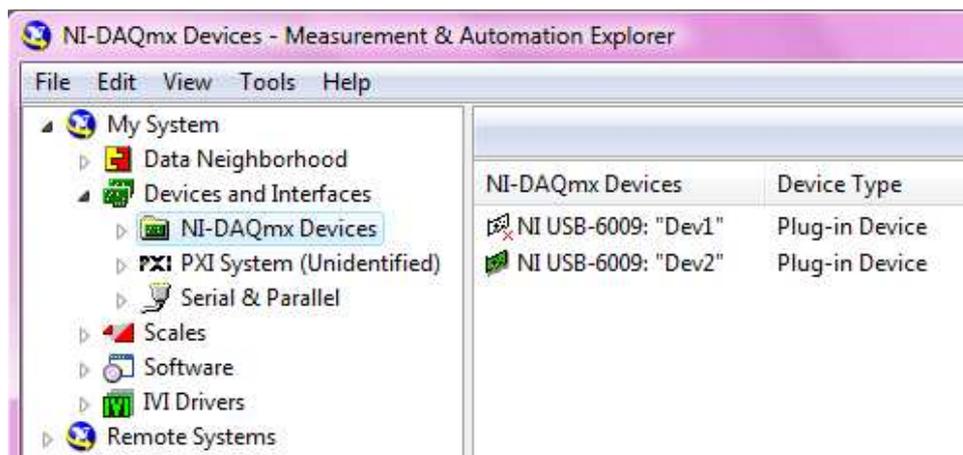


Figura 3.5. Habilitación de la USB6009

Elaborado Por: Santiago Guillén L

Una vez reconocida la tarjeta de adquisición de datos USB6009 se puede realizar un test para ver si la misma está habilitada de forma correcta.

Primeramente se procede en el diagrama de bloques a sacar la interfaz gráfica DAQmx, la cual proporciona la opción de configurar para así tratar las señales.

Se escoge la opción Measurement I/O, luego a la opción DAQmx- Data Acquisition y finalmente al icono de la tarjeta DAQ assistant como a continuación se puede observar en la Figura 3.6.

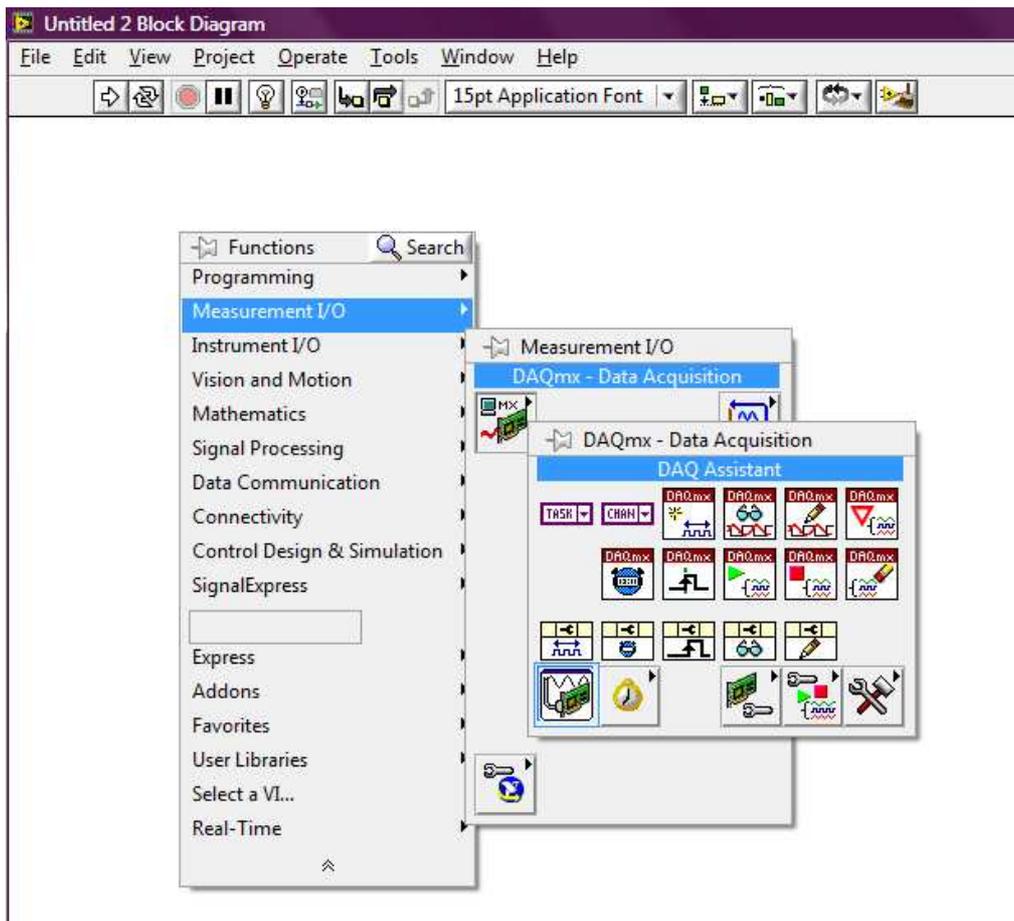


Figura 3.6. Elección de DAQ assistant

Elaborado Por: Santiago Guillén L

Una vez realizado esto el programa permite escoger algunas opciones las mismas que van de acuerdo a la necesidad del usuario en este caso se tendió a elegir la opción de analog input, en la misma que da a elegir si se desea una señal de temperatura, voltaje, corriente, frecuencia, etc..

Para este caso específico se optó por la señal de voltaje la cual es la que se la va tratar en el trabajo como se puede ver a continuación en la Figura 3.7.

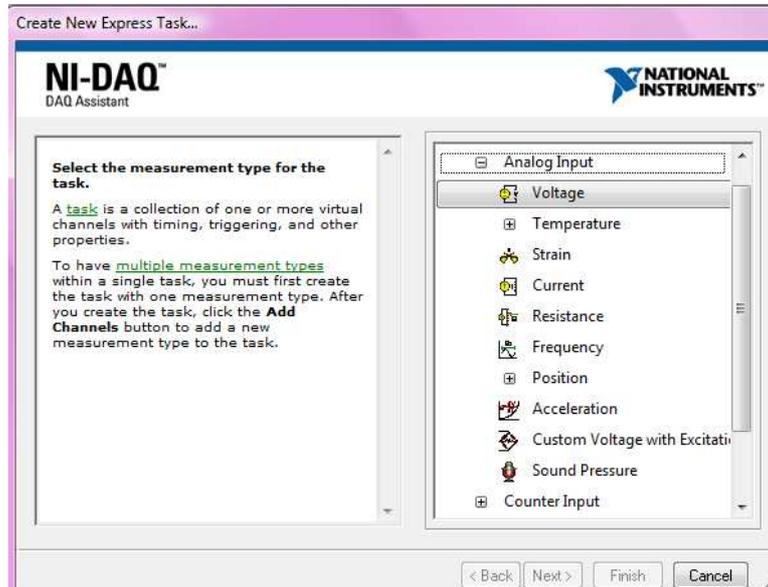


Figura 3.7. Elección de señal de voltaje.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

Una vez escogida la opción de voltaje como una señal analógica de entrada, el programa permite elegir el canal físico en el que se desea trabajar.

La tarjeta de adquisición de datos USB6009 cuenta con ocho canales de adquisición de señales desde ai0 hasta ai7 en cualquiera de esos se puede trabajar de forma correcta.

En el test panel de la tarjeta de adquisición de datos seleccionada anteriormente existen algunas opciones como por ejemplo analog input, analog output, digital I/O y counter I/O.

Primero la opción analog input proporciona opciones de escoger como el canal de la tarjeta para ingresar la señal, el rango permitido. Una vez que se selecciona todo esto se continua con opción PLAY y el programa

da una señal analógica de que la tarjeta de adquisición de datos está captando dicha variación.

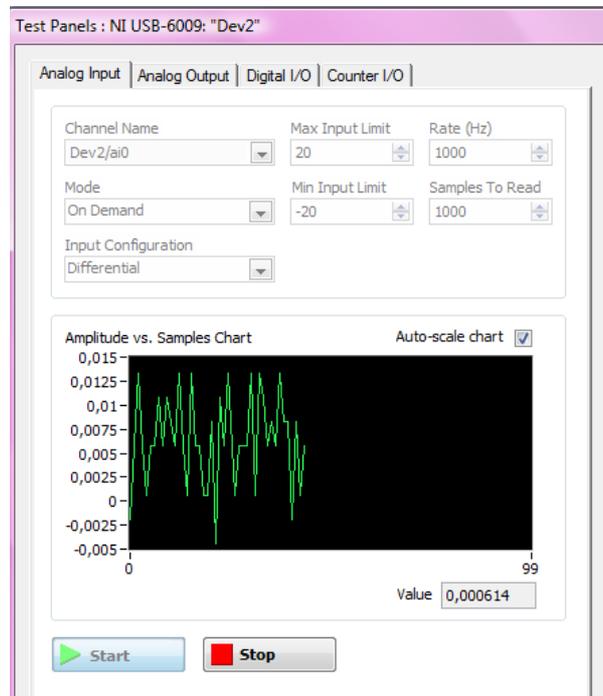


Figura 3.8. Test panel – Analog input  
Elaborado Por: Santiago Guillén L

La segunda opción que brinda el test panels es la analog output la cual de la misma manera que la analog input permite elegir el canal de salida de una señal, así como el límite máximo o mínimo de salida como se muestra a continuación en la Figura 3.9.

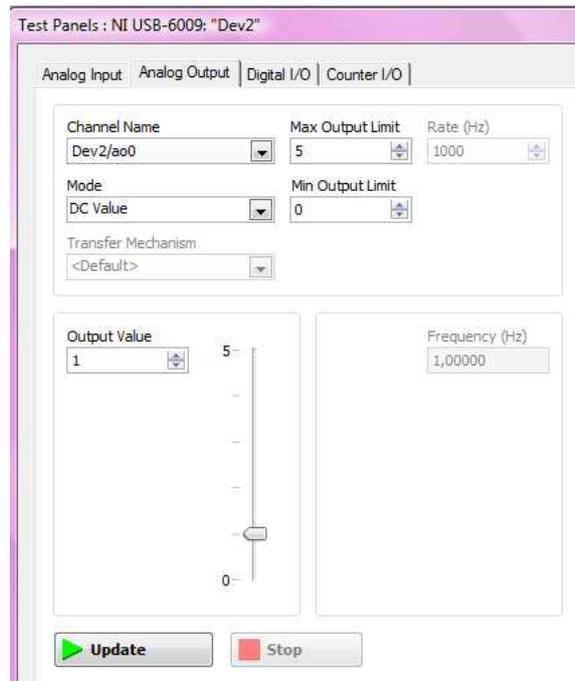


Figura 3.9 Test panel – Analog output  
Elaborado Por: Santiago Guillén L

### 3.7 Adquisición de datos

Una vez realizado la comprobación de la tarjeta de adquisición de datos USB 6009 se procede a construir un VI en el programa principal de Labview el mismo que será el programa principal para el control y monitoreo del proyecto.



Figura 3.10 Programa principal LABVIEW  
Elaborado Por: Santiago Guillén L

Para dicho control y monitoreo se procede a explicar de una forma clara y precisa la construcción del nuevo VI para la adquisición de las señales.

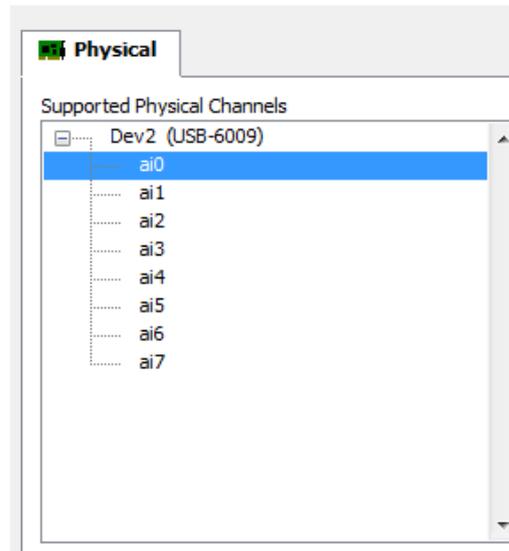


Figura 3.11. Elección de canal físico de la DAQ.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

Una vez escogido el canal para trabajar, existe la opción connection diagram, en la cual el programa permite conocer la conexión de la tarjeta en forma física como muestra la Figura 3.12.

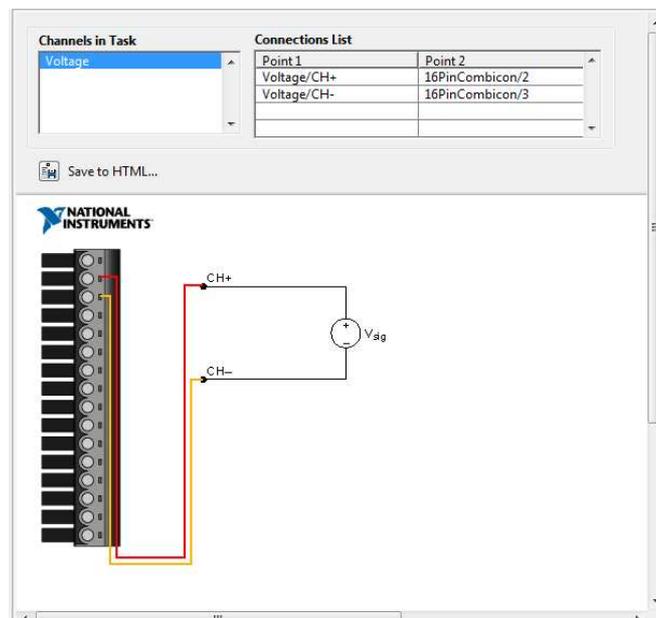


Figura 3.12. Disposición de la conexión de la DAQ físicamente.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

### 3.8. Elaboración del programa Principal de control.

Una vez reconocida y configurada la tarjeta de adquisición de datos USB6009 se empezó a realizar el programa principal para el control y monitoreo del motor trifásico.

Como primer punto se tomó la señal de entrada que proporciona el encoder mediante el DAQ data input y se lo conectó un indicador gráfico en este caso un Waveform Graph, para de esta manera observar si la señal de entrada está correcta.

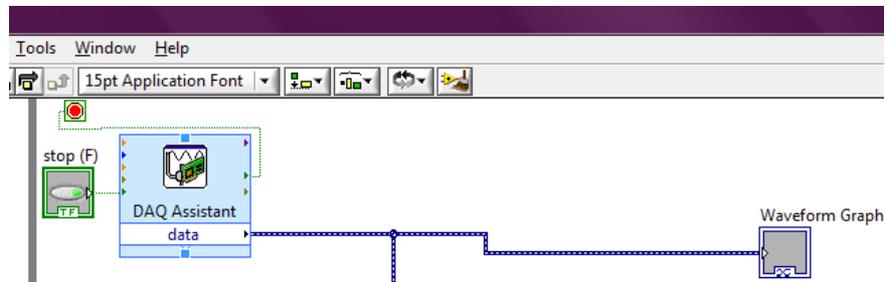


Figura 3.13. Conexión de Waveform Graph.

Elaborado Por: Santiago Guillén

Una vez realizado este proceso se comenzó a trabajar ya de una forma puntual en la señal de entrada, para esto se adiciona la función Tone Measurements el cual proporciona información de la amplitud y frecuencia de la señal de entrada.

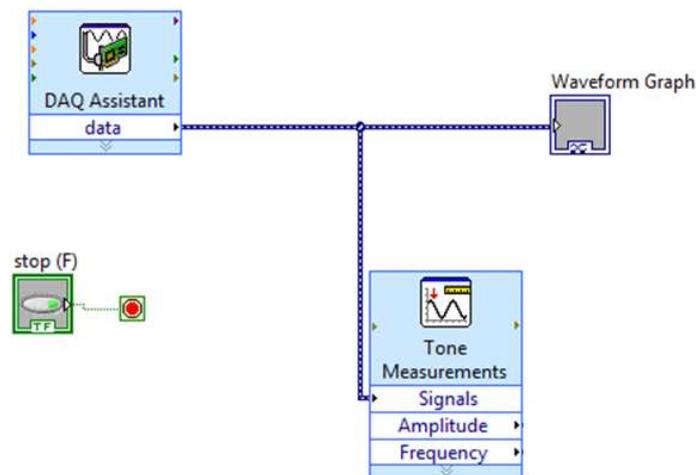


Figura 3.14. Conexión de Tone Measurements.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

Una vez obtenida la señal se trabaja con la misma, para observar el porcentaje de trabajo y la velocidad del motor en r.p.m

Para el porcentaje de trabajo del motor, a dicha señal procesada se la multiplicó por una constante de 0.42 después de realizar cálculos; como se detalla a continuación.

$$m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$$

$$m = \frac{100 - 0}{250 - 0}$$

$$m = 0,4$$

$$Y - Y_1 = m (X - X_1)$$

$$Y - 100 = 0,4 (X - 250)$$

$$Y - 100 = 0,4X - 100$$

$$Y = 0,4X$$

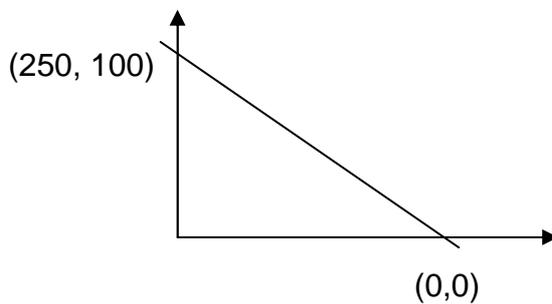


Figura 3.15. Gráfica de cálculos.  
Elaborado Por: Santiago Guillén L.

Para encontrar el valor de velocidad (rpm) por medio del encoder, se la multiplicó por una contante de 60 que es la frecuencia que entrega o proporciona la red y a su vez se dividió para el número de muestras con las que el encoder realiza el trabajo que en este caso fueron 8 muestras del cd óptico.

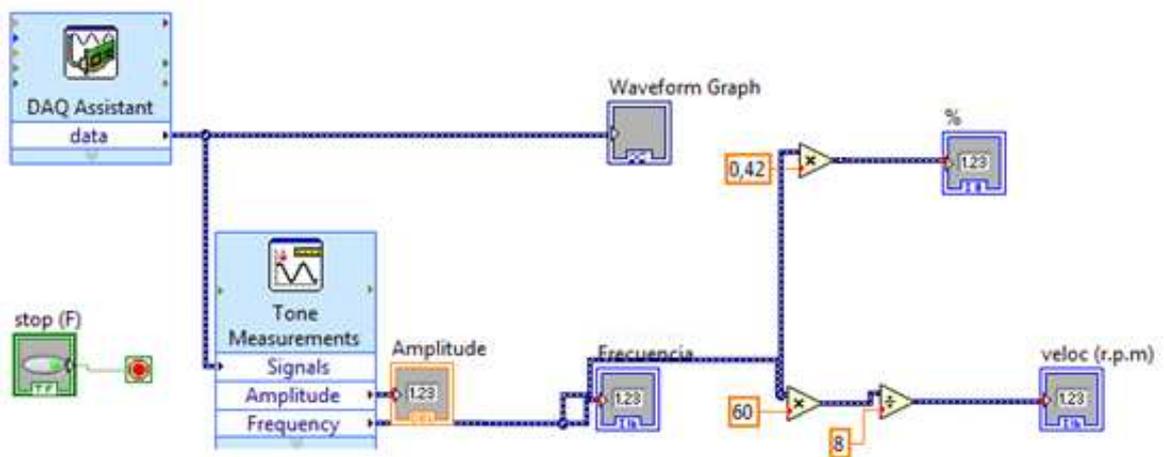


Figura 3.16. Procesamiento de la señal en diagrama de bloques.  
Elaborado Por: Santiago Guillén L

El control PID que se realizó en este proyecto es un control por realimentación que calcula la desviación o error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener, para aplicar una acción correctiva que ajuste el proceso.

Para que este control PID funcione de manera correcta se investigó valores para  $K_c$ ,  $T_i$ , y  $T_d$ ; las cuales son las variables que juegan el papel principal para que el control se de en una forma precisa y que no tenga margen de error o que este margen de error sea mínimo.

Se realizó un sin número de pruebas las mismas que se presentan en el punto 3.10, con diferente valores para las tres variables.

Además de esto se colocó una estructura Case que ayuda al control del motor cuando esté trabajando a una frecuencia mínima o cuando su funcionamiento este proximo a finalizar, cuando el setpoint es fijado en cero la señal de entrada tiene una amplitud minima pero con ruido eléctrico, lo que ocasiona que se presente en los indicadores la frecuencia de la señal de ruido, lo cual es un valor erroneo, el precedimiento mencionado se muestra en la Figura 3.17.

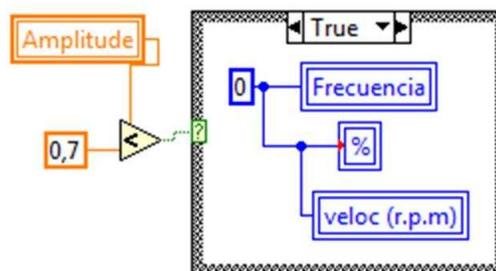


Figura 3.17. Estructura Case para Encerar.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

Para finalizar se adicionó un Sub VI el cual se programó para la inversión de giro del motor trifasico, en el mismo se activa una línea digital para energizar un transistor el que controlará la activación de un relé, de esta forma se cortocircuita los terminales 4 y 6 de variador de frecuencia y se produce la inversión de giro del motor.

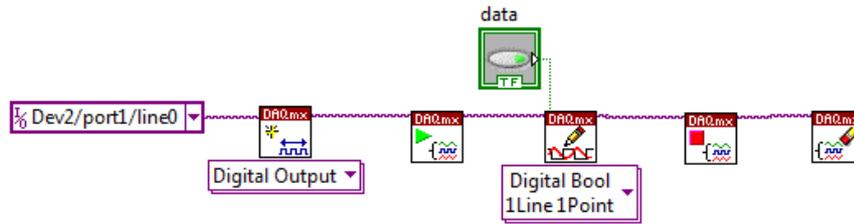


Figura 3.18. Sub VI para la inversión de giro del motor.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

En la Figura 3.19 se muestra de forma final como quedó terminado el programa en el panel frontal trabajando a una determinada frecuencia y con un control correcto del PID.

La Figura 3.20 muestra claramente la realización de todo el programa general en diagrama de bloques, de forma clara y entendible.

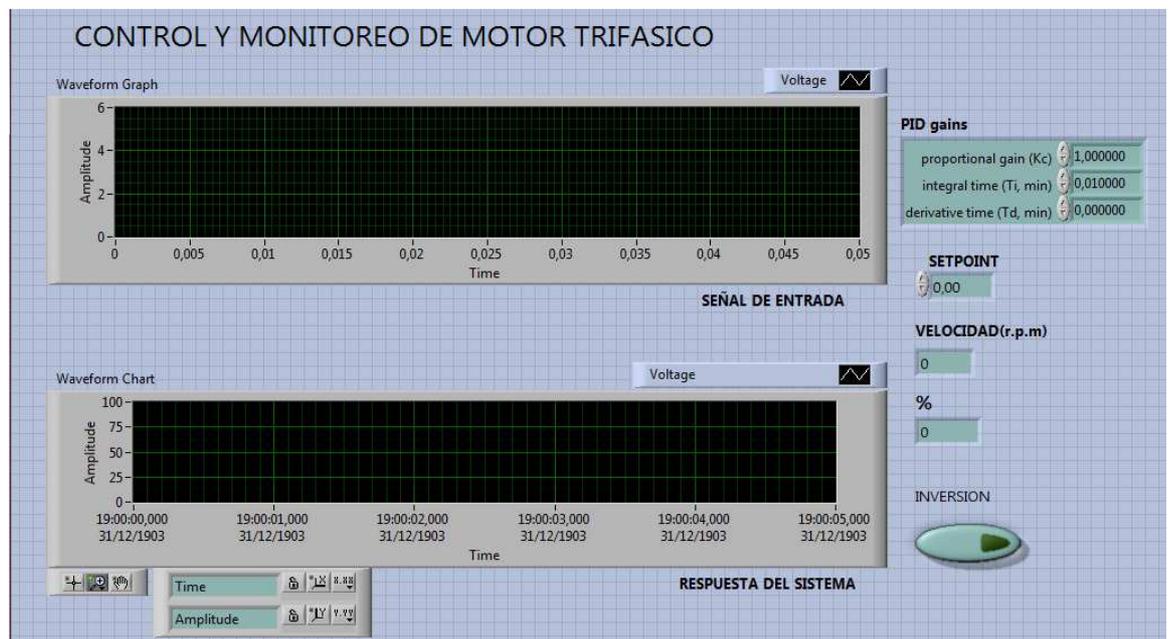


Figura 3.19. Programa General Trabajando correctamente.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

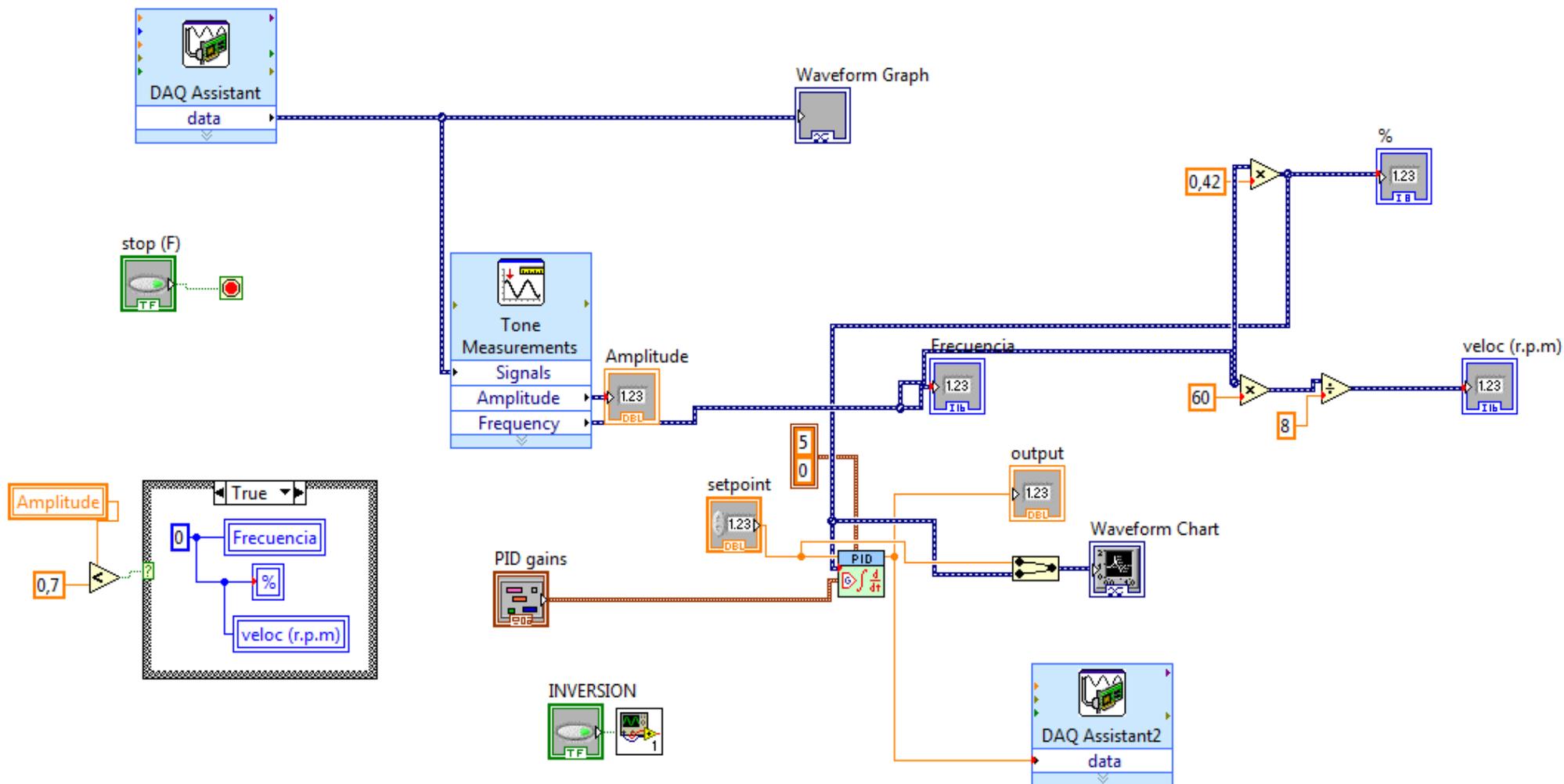


Figura 3.20. Programa principal del control y monitoreo en Diagrama de Bloques.  
 Elaborado Por: Santiago Guillén L

### 3.9 Elaboración de placas

Se elaboraron dos placas, la placa del encoder en la cual consta todos los elementos con los que funciona de una manera adecuada, y la otra es la placa del amplificador operacional que a la salida duplica el voltaje máximo que entrega la tarjeta USB6009 que en este caso es 5V.

Para la realización de estas placas se simuló primero en el software ISIS para luego en ARES realizar las pistas adecuadas y así tener de mejor manera los circuitos impresos.

La placa del amplificador operacional se muestra en la Figura 3.21.

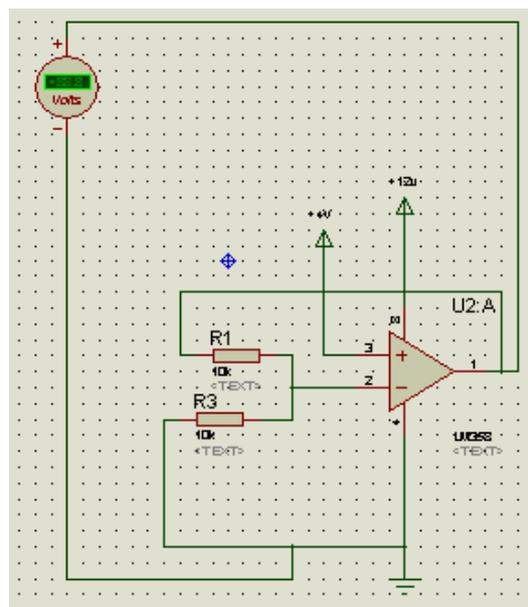


Figura 3.21. Simulación del Amplificador.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

Una vez realizado esto y teniendo resultados favorables se optó por cambiar en la simulación las fuentes de voltaje por conectores para en el momento de pasar al siguiente programa no cree conflictos y la placa se realice de mejor manera como muestra la Figura 3.22.

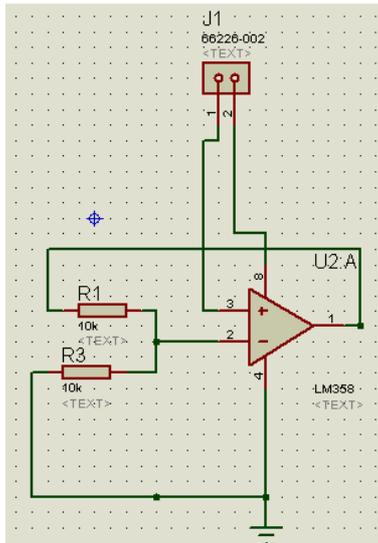


Figura 3.22 Simulación del Amplificador listo para ARES.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

Para finalizar esta placa se transfiere el circuito desde ISIS al programa ARES que va ser el encargado de formular de manera clara y precisa las pistas como a continuación se muestra en la Figura 3.23.

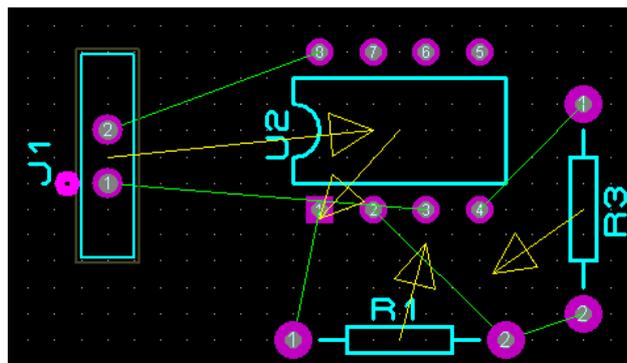


Figura 3.23 Elementos del Amplificador en ARES.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

Mediante las opciones que facilita el software ARES se procede a configurar de una manera en que solo en la parte superior de la placa de baquelita se realice las pistas y no en ambas partes, en la opción desing rule manager se selecciona las opciones Button Cooper en los dos primeros casos como muestra la Figura 3.24.

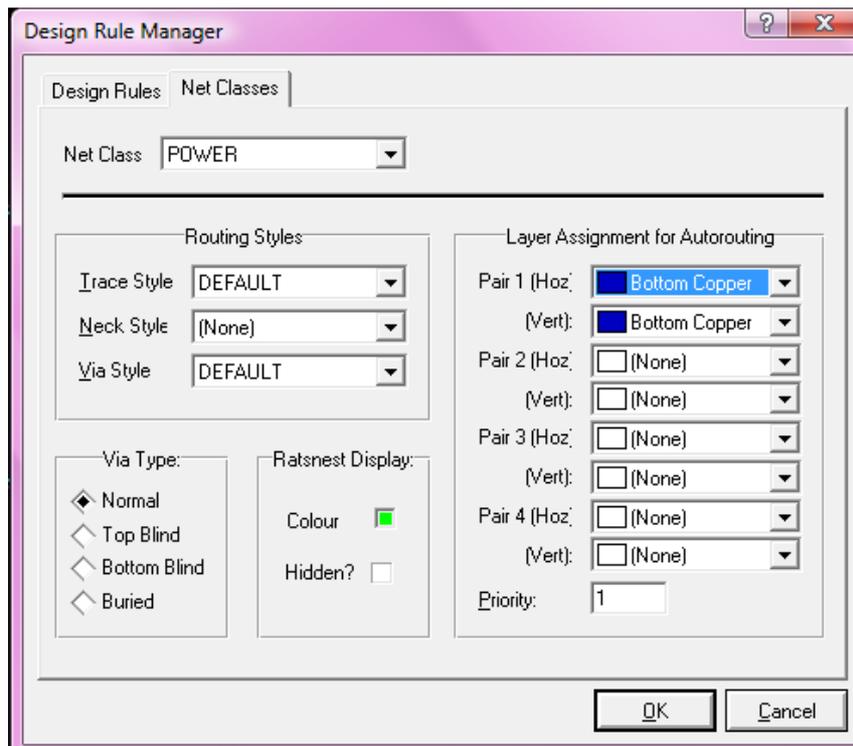


Figura 3.24 Opciones para que ARES realice las pistas.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

De esta manera el programa genera la pista para la impresión en la placa de baquelita como lo muestra a continuación la Figura 3.25.

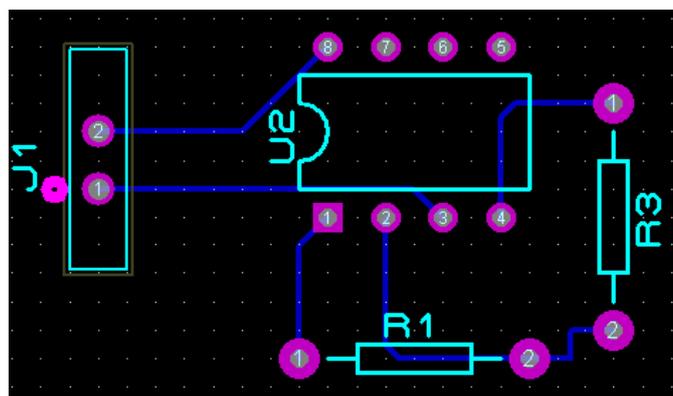


Figura 3.25 Pista realizada por ARES del amplificador operacional.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

Y para finalizar se puede observar en forma de 3D como quedaría la placa en forma real para su utilización como muestra la Figura 3.26

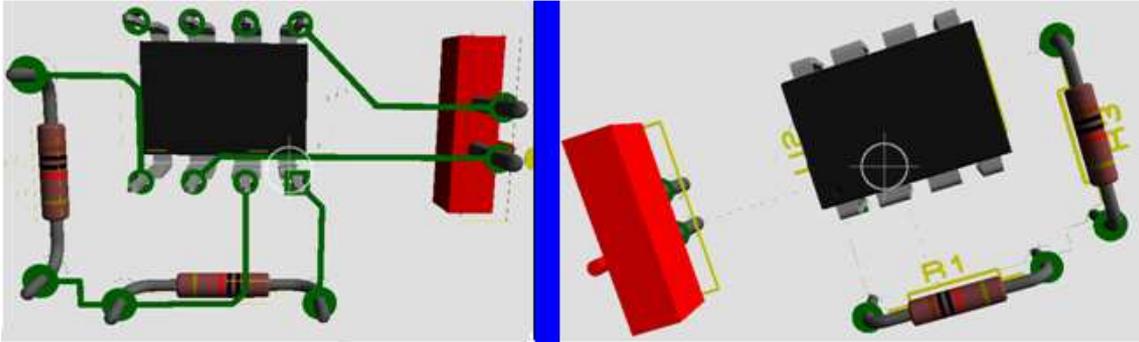


Figura 3.26 Vista superior e Inferior en 3D de la placa del Amplificador Operacional.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

Para la segunda placa del circuito del encoder se lo simuló primero el circuito en ISIS; y una vez realizado esto y teniendo resultados favorables se optó por cambiar en la simulación las fuentes de voltaje por conectores para en el momento de pasar al siguiente programa no cree conflictos y la placa se realice de mejor manera como muestra la Figura 3.27.

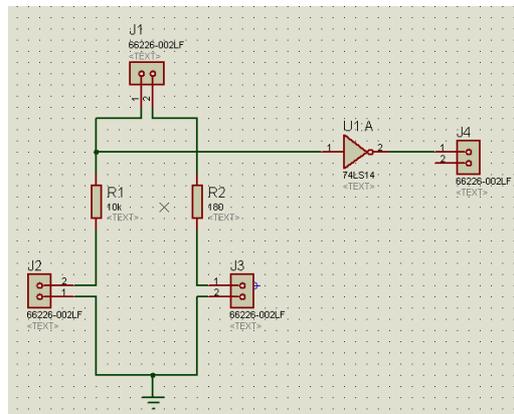


Figura 3.27. Simulación del circuito del Encoder.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

Esta placa se transfiere desde ISIS al programa ARES, que va ser el encargado de formular de manera clara y precisa las pistas como a continuación se presenta en la Figura 3.28.

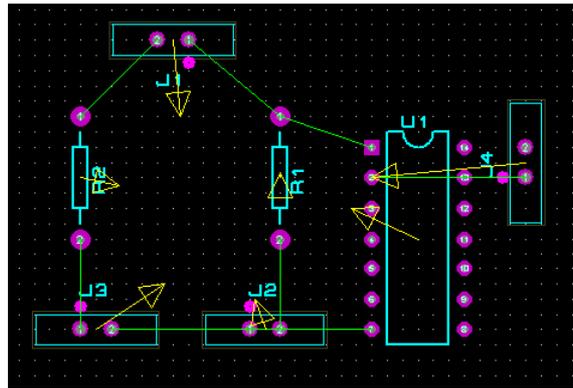


Figura 3.28. Elementos del Encoder en ARES.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

El circuito impreso finalizado se muestra a continuación la Figura 3.29.

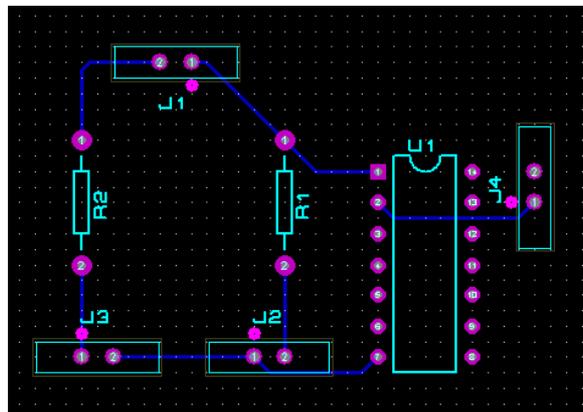


Figura 3.29 Pista realizada por ARES del amplificador operacional.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

Para finalizar a continuación en la Foto 8 se muestra de forma clara la impresión de las pistas en las placas de forma física como quedaron.

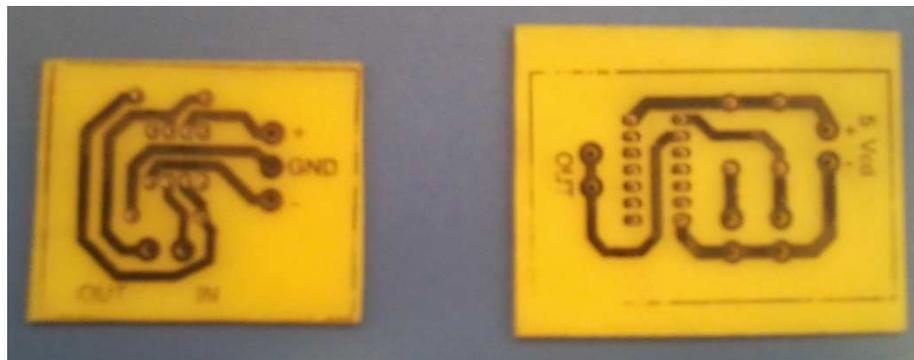


Foto 8. Placas de manera física.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

### 3.10 Pruebas Funcionales

En el momento que se realizó la adecuación de la señal se determinó que la señal de entrada es la principal para el control y monitoreo del motor trifásico por ende se realizó un sin número de prácticas.

Para esto se tomaron muestras de la señal de entrada a diferentes valores de frecuencia desde 10Hz hasta los 60Hz que es el límite de frecuencia del variador de velocidad.

Para lo cual a continuación se detalla de forma gráfica cada una de las variaciones de señal y como se observa en el osciloscopio y en el programa principal del software Labview.

Primera prueba del motor trifásico y el encoder con una señal a una frecuencia de 10Hz. Graficas vistas en el osciloscopio y en Labview con la tarjeta USB 6009.

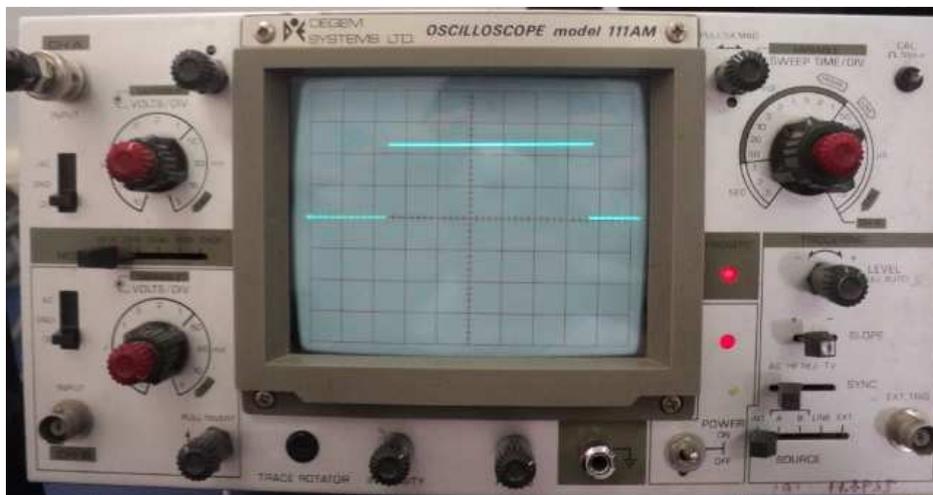


Foto 9. Señal adquirida con el osciloscopio y el motor trifásico a 10Hz.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

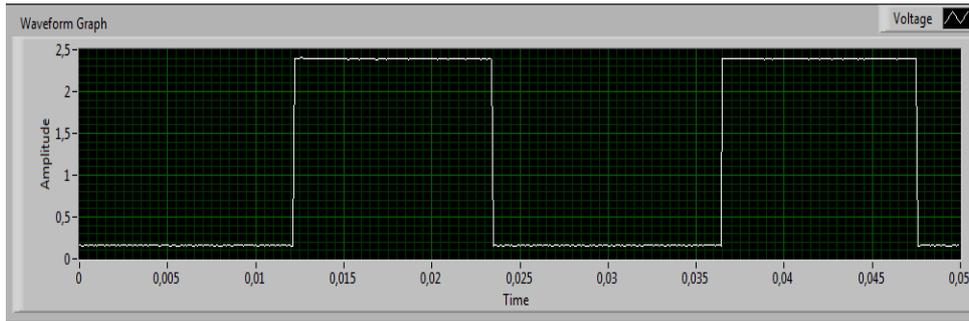


Figura 3.30 Señal adquirida con la tarjeta USB 6009 y el motor trifásico a 10Hz.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

Segunda prueba del motor trifásico y el encoder con una señal a una frecuencia de 30Hz. Gráficas vistas en el osciloscopio y en Labview con la tarjeta USB 6009.

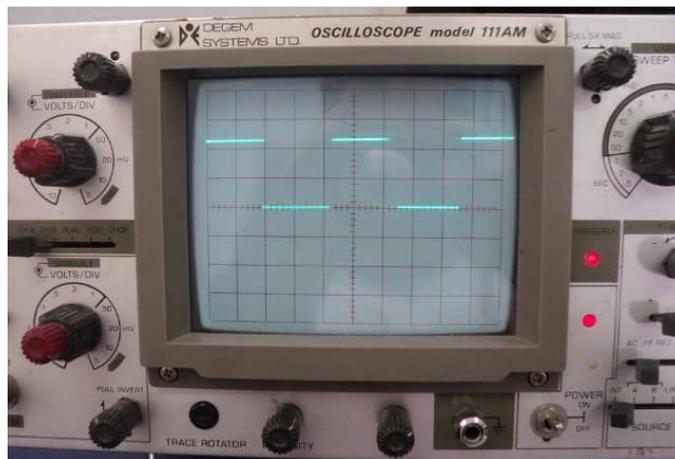


Foto 10. Señal adquirida con el osciloscopio y el motor trifásico a 30Hz.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

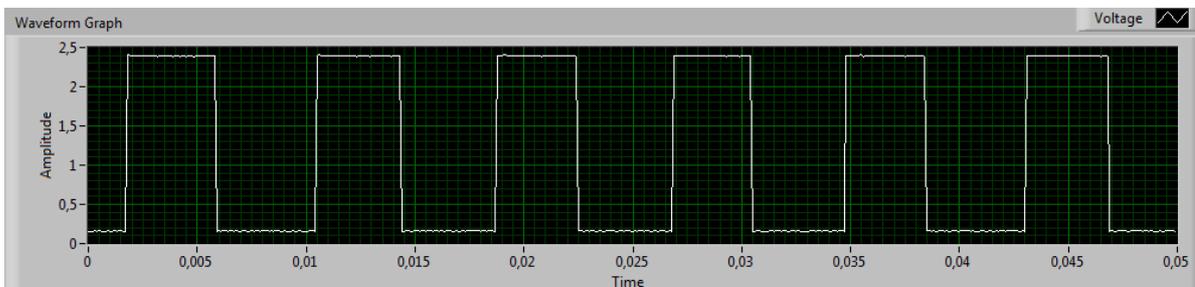


Figura 3.31 Señal adquirida con la tarjeta USB 6009 y el motor trifásico a 30Hz.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

Tercera prueba del motor trifásico y el encoder con una señal a una frecuencia de 45Hz. Gráficas vistas en el osciloscopio y en Labview con la tarjeta USB 6009

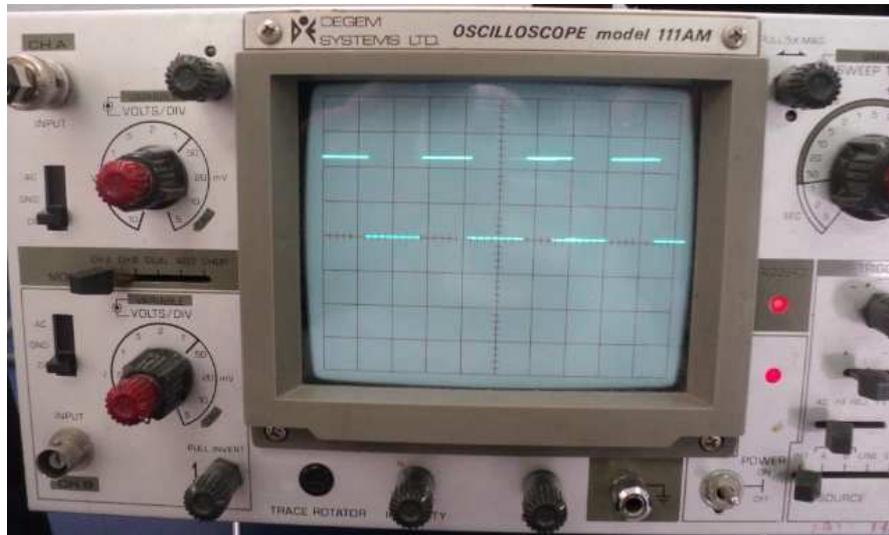


Foto 11. Señal adquirida con el osciloscopio y el motor trifásico a 45Hz.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

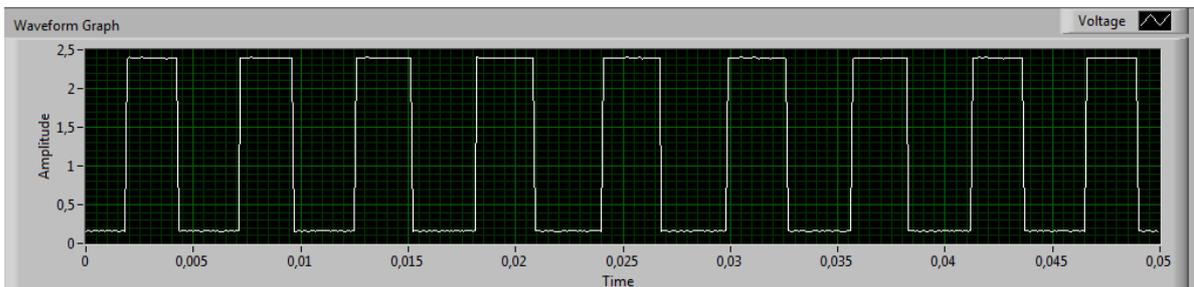


Figura 3.32 Señal adquirida con la tarjeta USB 6009 y el motor trifásico a 45Hz.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

Cuarta y última prueba del motor trifásico y el encoder con una señal a una frecuencia de 60Hz. Graficas vistas en el osciloscopio y en Labview con la tarjeta USB 6009.

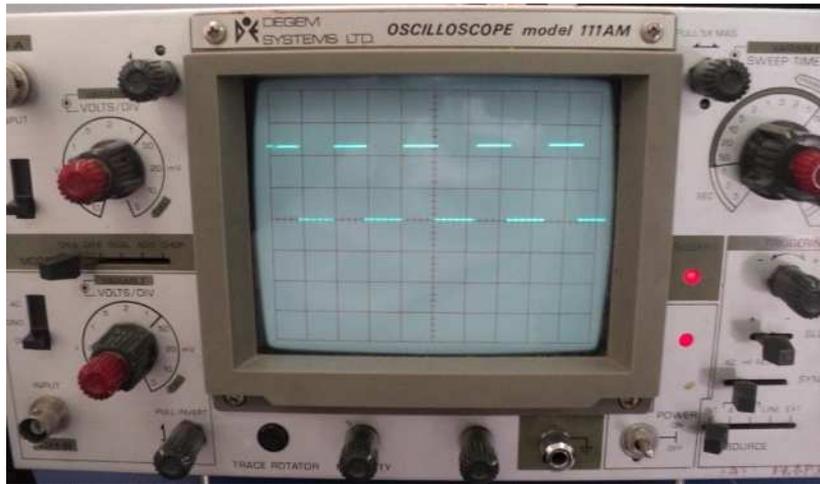


Foto 12. Señal adquirida con el osciloscopio y el motor trifásico a 60Hz.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

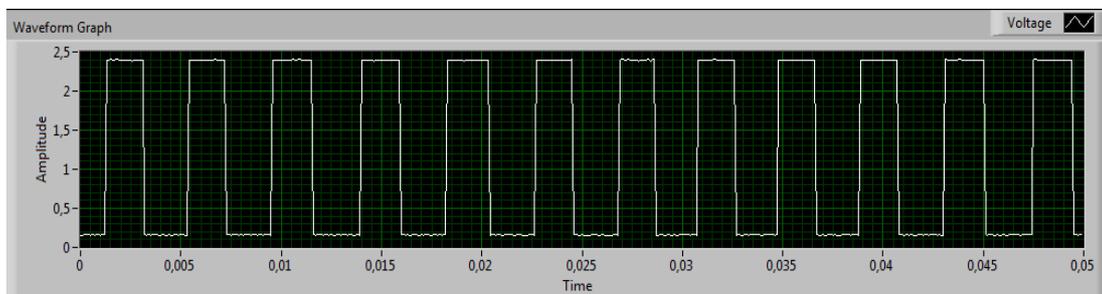


Figura 3.33 Señal adquirida con la tarjeta USB 6009 y el motor trifásico a 45Hz.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

Una vez realizadas estas pruebas de la señal de entrada se realizaron distintas pruebas para lo que es el control PID y para que el programa funcione de la mejor manera así como para que haya un control y monitoreo correcto para el motor trifásico.

Primero se empezó con los parámetros para encontrar los diferentes valores de  $K_c$ ,  $T_i$  y  $T_d$ .

Para que el sistema se vuelva oscilatorio se puso el valor de 1 en  $K_c$  y 0 en  $T_i$  y  $T_d$ , de esta manera se tuvo una respuesta oscilatoria sin control adecuado para el sistema como se observa en la Figura 3.34.

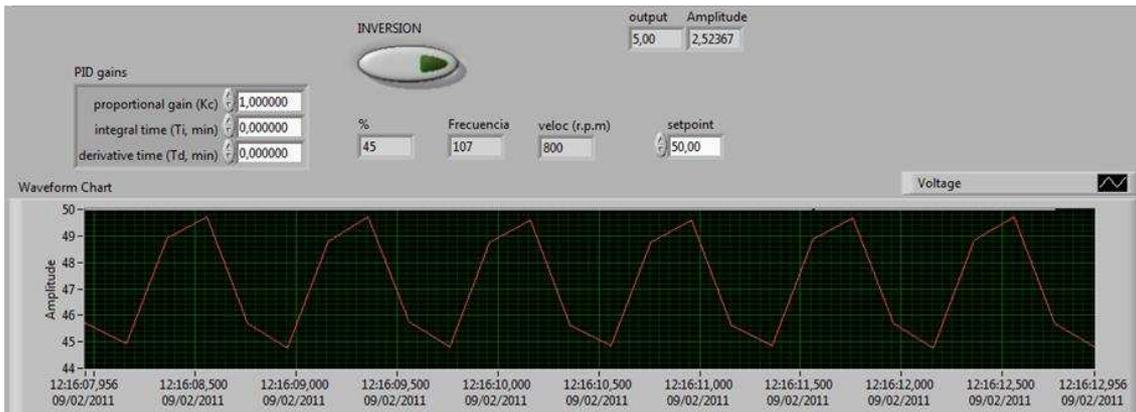


Figura 3.34 Señal oscilatoria.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

Luego se determino la frecuencia y el periodo y los parámetros de Kc, Ti y Td. Con los valores calculados que a continuación se detallan se obtuvo la siguiente gráfica que muestra la Figura 3.35.

$$Ti = 0,5 \cdot Pcr$$

$$Td = 0,104$$

$$Kc = 1,0000$$

$$Ti = 0,5 \cdot 0,833$$

$$Td = 0,00173$$

$$Ti = 0,4166 \text{ seg}$$

$$Ti = 0,00694 \text{ min}$$

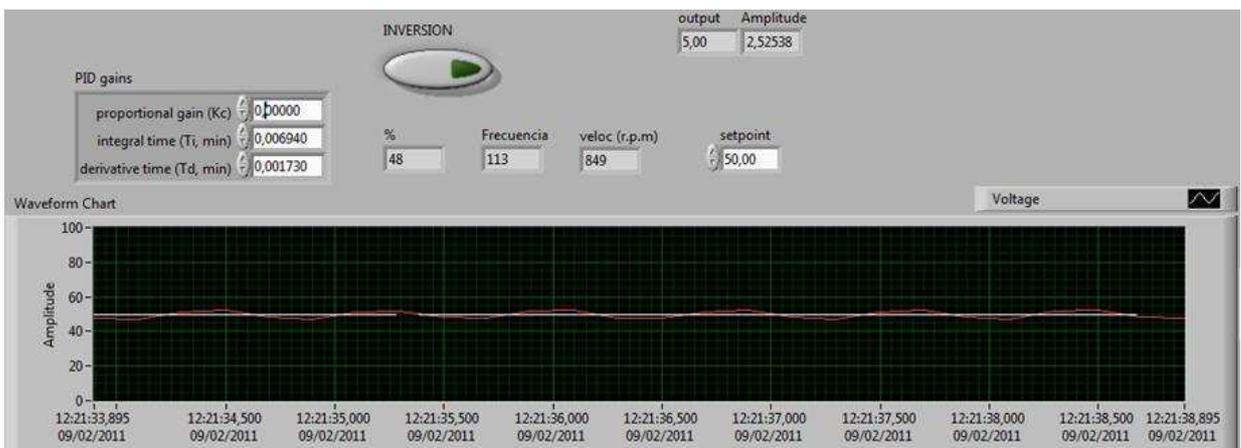


Figura 3.35 Señal oscilatoria y parámetros calculados.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

Finalmente se encontraron los parámetros adecuados para el control PID correcto y tener un sistema con una respuesta la más adecuada y el control de la mejor manera. Los parámetros encontrados para esto fueron las siguientes:

**$K_c = 0,005000$**

**$T_i = 0,001000$**

**$T_d = 0,001000$**

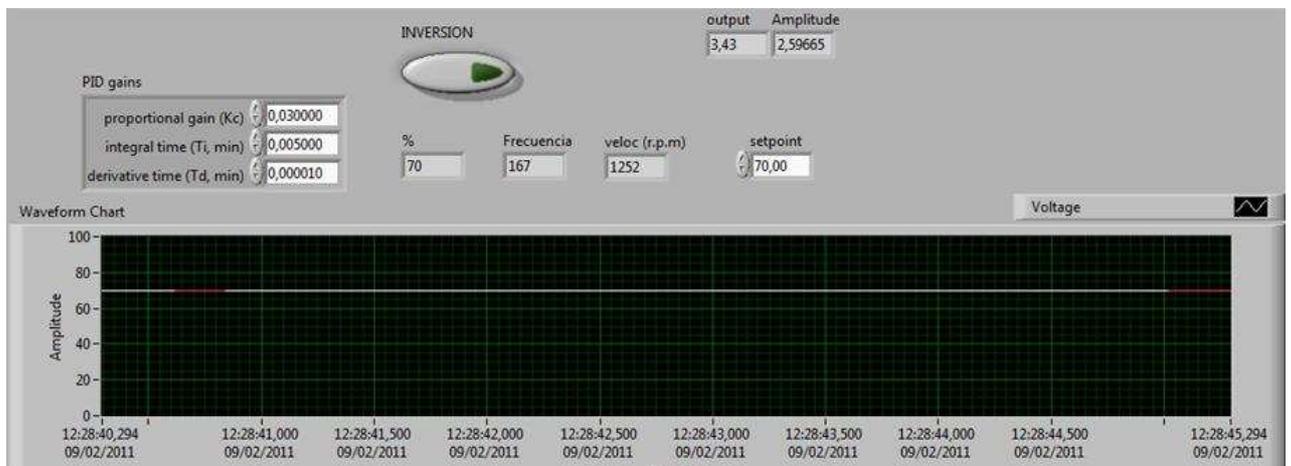


Figura 3.36 Señal estable y parámetros correctos.

Elaborado Por: Santiago Guillén L

### 3.11 Gastos realizados

#### 3.11.1 Gastos primarios

Los costos primarios para el desarrollo del trabajo de grado se detallan a continuación en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Costos Primarios

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
USB 6009	1	400	400
Motor trifásico	1	130	130
<b>Total:</b>			<b>530 USD</b>

Elaborado por: Santiago Guillén L.

- **Montaje e instalación**

Tabla 3.4. Costos Primarios de Instalación.

<b>ELEMENTOS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Alambre N° 14	3m	0.35	1.05
Jack	5	0.25	1.25
Implementación de la placa para el encoder.	1	6.00	6.00
Implementación de la placa para el amplificador	1	5.00	5.00
Implementación de la placa para la inversión de giro (relay)	1	2.00	2.00
Estructura de madera para el proyecto.	1	14.00	14.00
Pintura de la estructura de madera.	1	20.00	20.00
<b>Total:</b>			<b>49.30 USD</b>

Elaborado por: Santiago Guillén L.

### 3.11.2 Gastos secundarios

Tabla 3.5. Gastos Secundarios.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR
Derecho de asesor	1	120
Obtención de información de Internet (horas)	25	45
Tinta de impresiones	2	20
Gastos varios (materiales de papelería)	varios	30
<b>Total:</b>		<b>215.00 USD</b>

Elaborado por: Santiago Guillén L.

### 3.11.3 Gasto total

El valor total del presupuesto es igual a la suma de los costos primarios más los costos secundarios.

Tabla 3.6. Gasto Total.

Costo Primario	579.30
Costo Secundario	215.00
<b>TOTAL</b>	<b>794.30</b>

Elaborado por: Santiago Guillén L.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

- Una vez determinado los valores de los parámetro de  $K_c$ ,  $T_i$ ,  $T_d$ , se determinó que el sistema tiene una respuesta sobreamortiguada, ya que se logró que el error estable sea igual a 0.
- Para realizar el control de velocidad de un motor trifásico se utilizó un encoder, el mismo que realimenta el sistema por medio de la señal cuadrada, además de eso un variador de frecuencia encargado de recibir señales de voltaje de 0 a 10 V para de esta forma variar la frecuencia de 0 a 60Hz.
- Las ventajas que posee un control PID son: que controla el máximo de sobre impulso, permite mejorar la rapidez de respuesta del sistema, disminuye el error residual.
- Se determinó que una de las formas para controlar la velocidad en un motor trifásico es variar la frecuencia, mediante estudios y de una forma sencilla se logró por medio de un variador de frecuencia Siemens G110, el mismo que se lo controló por medio de señales de voltaje de 0 a 10v.
- Cuando  $T_d$  tiene un valor bajo el error residual tiende a desaparecer, cuando  $K_c$  es alto el sistema se vuelve oscilatorio pero existe una respuesta rápida del sistema y cuando  $T_i$  es mayor puede haber sobre impulso pero una respuesta rápida.

- Se utilizó el software Labview ya que su programación es en lenguaje gráfico, además tiene funciones para realizar el control PID, lo que facilitó la elaboración del proyecto.
- La tarjeta USB6009 permite adquirir señales para realizar el monitoreo y control de cualquier proceso, debido al número de muestras y la frecuencia de muestreo que esta proporciona, se obtienen datos necesarios para realizar un control de manera correcta.

## 4.2 Recomendaciones

- Verificar la correcta alimentación y cableado de los componentes que intervienen en la implementación del encoder como del amplificador.
- Para mejorar el sistema se plantea la posibilidad de cambiar el sensor del encoder por unos más exactos de medir, porque el sensor TCRT 5000(L) es muy sensible a perturbaciones externas.
- Para no tener inconvenientes se sugiere que en la configuración del variador SIEMENS G110; se lo vuelva a realizar cada que se conecte, ya que cada que se desconecta el variador hay veces en que tiende a desconfigurarse.
- Se recomienda que en el momento de realizar las placas electrónicas se tenga mucho cuidado en la disposición de los pines y que las pistas no se unan para que no se produzcan cortos circuitos o fallas.
- En la configuración de las líneas para la conexión del motor trifásico tener mucho cuidado ya que muchas veces viene el motor de fábrica ya conectado, y puede haber conflictos.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**DAQ:** Tarjeta de Adquisición de datos.

**DINÁMICA:** Estudio de las causas del movimiento de los objetos.

**EMULAR:** Imitar las acciones de otro procurando igualarlo o superarlo.

**ELECTROIMÁN:** Imán artificial que consta de un núcleo de hierro dulce rodeado por una bobina por la que pasa una corriente eléctrica.

**ELECTROLÍTICO:** Sustancia que se descompone en disolución mediante la corriente eléctrica.

**INTERFACES:** Conexión entre ordenadores o máquinas de cualquier tipo dando una comunicación entre distintos niveles.

**LABVIEW:** (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) laboratorio de trabajo de ingeniería de instrumentos virtuales.

**LENGUAJE G:** Lenguaje Gráfico.

**MAX:** (Measurement & Automation Explorer) Exploración Automática y Medición.

**PID:** Proporcional, integral, derivativo

**PLUG & PLAY:** Es una forma de expresión, con sólo conectar el dispositivo y "en caliente" (con el ordenador ya encendido), el dispositivo es reconocido, e instalado, de manera inmediata.

**REALIMENTACIÓN:** significa 'ida y vuelta' la salida vuelve al principio

**SURCOS:** Señal o hendidura prolongada que deja una cosa que pasa sobre otra.

**SET POINT:**

**TRACCIÓN:** Esfuerzo que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúen en sentido opuesto, y tienden a estirarlo.

**VERSÁTILES:** Se adapta a situaciones diversas con facilidad.

**VI:** Instrumento Virtual

## BIBLIOGRAFÍA

- [http://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_de\\_corriente\\_alterna](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_corriente_alterna).
- [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lep/salvatori\\_a\\_m/capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/salvatori_a_m/capitulo3.pdf)
- <http://www.elecserrano.com.ar/siemens/variadores/g110/index.php>
- <http://uajfk2002.tripod.com/gm2/adquisicion-datos.pdf>
- <http://sine.ni.com/ds/app/doc/p/id/ds-218/land/en>.
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Electr%C3%B3nica\\_de\\_control](http://es.wikipedia.org/wiki/Electr%C3%B3nica_de_control)
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional\\_integral\\_derivativo](http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo)
- <http://es.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>
- <http://perso.wanadoo.es/jovilve/tutoriales/016tutorlabview.pdf>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador\\_operacional](http://es.wikipedia.org/wiki/Amplificador_operacional)
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Codificador\\_rotatorio](http://es.wikipedia.org/wiki/Codificador_rotatorio)
- <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet2/6/0ehgr3l66z3dyrxp33y124rtqo3y.pdf>

## ANEXO A

### GUÍA DE LABORATORIO DE CONTROL DE PROCESOS

**TEMA:** Control y monitoreo de velocidad de un motor trifásico utilizando la tarjeta USB-6009.

#### OBJETIVOS:

- ◆ Realizar el control de la velocidad para motores trifásicos.
- ◆ Determinar las ventajas que presenta un control PID
- ◆ Determinar los parámetros de un PID ( $K_c$ ,  $T_i$ ,  $T_d$ )

#### MATERIALES:

- Tarjeta de adquisición de datos USB6009
- Variador de frecuencia SIEMENS G110
- PC
- Encoder (sensor TCRT 5000 (L))
- Dispositivos electrónicos (resistencias, amplificadores operacionales, etc...)

#### PROCEDIMIENTO:

1. Realizar la polarización y las conexiones debidas para la adquisición de la señal de entrada del encoder, ejecutar la conexión en la tarjeta USB6009 los pines 2 y 3 hacia los pines de la maqueta como muestra la figura 3.37.

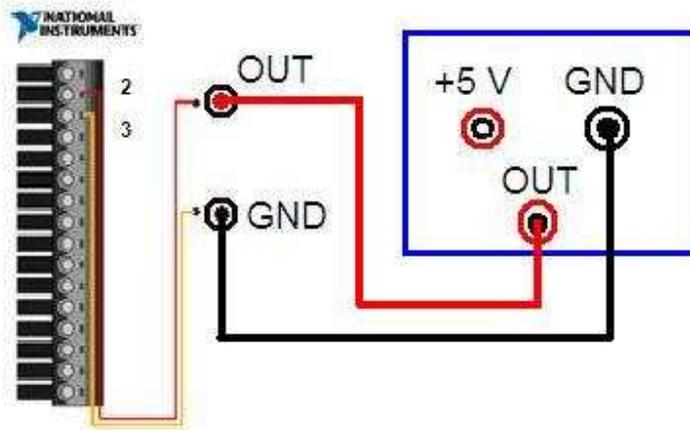


Figura 3.37. Conexión Adquisición de la señal  
Elaborado Por: Santiago Guillén

- Realizar la polarización y la conexión de la tarjeta USB 6009 los pines 13 y 14 que nos proporcionan un Vcd de 0-5V, hacia la maqueta para amplificar el voltaje a 0-10V, y esta misma señal de salida OUT ingresa al pin 9 de la maqueta y el pin 10 es común con GND como muestra la Figura 3.38.

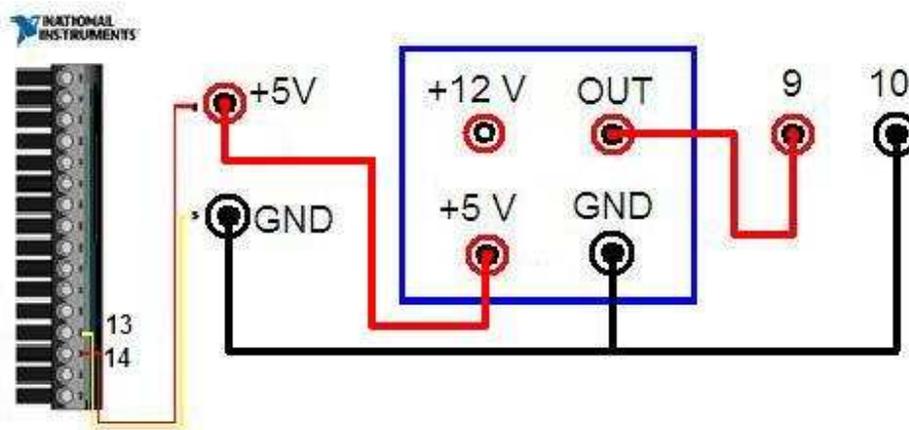


Figura 3.38. Conexión Voltaje 0-10V.  
Elaborado Por: Santiago Guillén

- Una vez instalado todo para poner en marcha el motor trifásico se cortocircuita los pines 3 y 6, luego para la inversión de giro se genera un voltaje desde la tarjeta de 0-5Vcd; el cual ingresa al pin IN de la maqueta y cuando se active desde la PC se cortocircuitan los pines 4 y 6 que sirve para la inversión de giro como muestra la Figura 3.39.

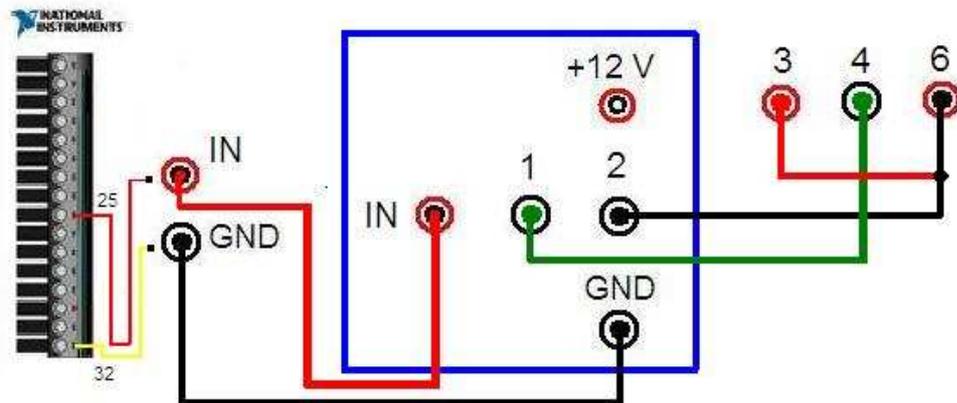


Figura 3.39. Conexiones de puesta en marcha e Inversión de giro.  
Elaborado Por: Santiago Guillén

- Finalmente realizadas todas las conexiones físicas de la tarjeta USB 6009 con los pines de la maqueta se procede abrir el VI del programa principal para el control PID del motor trifásico en el software LabView, como a continuación muestra la Figura 3.40.

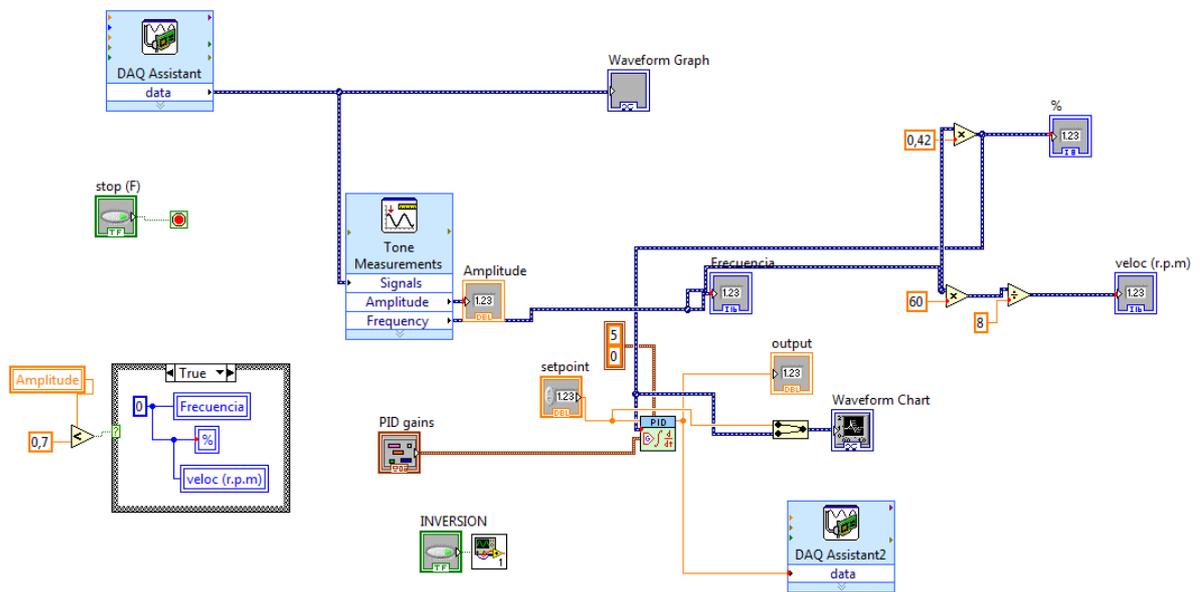


Figura 3.40. Programa general para control PID.  
Elaborado Por: Santiago Guillén

5. Una vez realizado el programa principal realizar las pruebas con diferentes valores de los parámetros de  $K_c$ ,  $T_i$ ,  $T_d$ .

**Tabla 4.1. Parámetros de control PID**

$K_c$	1.00000	1.00000	0.005000
$T_i$	0.00000	0,00694	0.001000
$T_d$	0.00000	0,00173	0,001000

Elaborado Por: Santiago Guillén L.

6. Finalmente el estudiante analiza los resultados del control PID, saca sus propias conclusiones y recomendaciones,

**ANÁLISIS DE RESULTADOS:**

.....  
.....  
.....

**CONCLUSIONES:**

.....  
.....  
.....

**RECOMENDACIONES:**

.....  
.....  
.....  
.....

## ANEXO B

Errores que se pueden generar en la realización del proyecto.

<b>EFEECTO/CAUSA</b>	<b>CORRECCIÓN</b>
No se visualiza señal en el indicador gráfico de Labview	Verifique que la distancia del sensor del encoder no este muy pegada al disco óptico ese es un error común
No varía la velocidad del motor	Configure bien el variador siemens G110 ya que dicho variador tiende a desconfigurarse.
El programa no reconoce la tarjeta de adquisición de datos.	Verifique si en el programa existe una disposición adecuada de puertos y que los puertos a trabajar estén configurados correctamente
La señal de entrada no es la correcta existe ruido.	Una de las posibles fallas es que el motor produce un campo magnético se puede esto mejorar con la implementación de una compuerta Smith trigger en la entrada de la señal, para así eliminar el ruido.
La señal esta defectuosa	El disco óptico puede tener mala la impresión de las muestras, se recomienda cambiar de disco.

## ANEXO C



**TCRT5000(L)**  
Vishay Semiconductors

### Reflective Optical Sensor with Transistor Output

#### Description

The TCRT5000(L) has a compact construction where the emitting-light source and the detector are arranged in the same direction to sense the presence of an object by using the reflective IR beam from the object. The operating wavelength is 950 nm. The detector consists of a phototransistor.



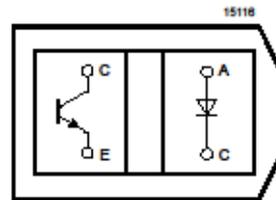
94 9442

#### Applications

- Position sensor for shaft encoder
- Detection of reflective material such as paper, IBM cards, magnetic tapes etc.
- Limit switch for mechanical motions in VCR
- General purpose – wherever the space is limited

#### Features

- Snap-in construction for PCB mounting
- Package height: 7 mm
- Plastic polycarbonate housing construction which prevents crosstalk
- L = long leads
- Current Transfer Ratio (CTR) of typical 10%



Top view

#### Order Instruction

Ordering Code	Sensing Distance	Remarks
TCRT5000	12 mm	Leads (3.5 mm)
TCRT5000(L)	12 mm	Long leads (15 mm)

# TCRT5000(L)

Vishay Semiconductors



## Absolute Maximum Ratings

### Input (Emitter)

Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Reverse voltage		$V_R$	5	V
Forward current		$I_F$	60	mA
Forward surge current	$t_p \leq 10 \mu\text{A}$	$I_{FSM}$	3	A
Power dissipation	$T_{amb} \leq 25^\circ\text{C}$	$P_V$	100	mW
Junction temperature		$T_J$	100	$^\circ\text{C}$

### Output (Detector)

Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Collector emitter voltage		$V_{CE0}$	70	V
Emitter collector voltage		$V_{ECO}$	5	V
Collector current		$I_C$	100	mA
Power dissipation	$T_{amb} \leq 55^\circ\text{C}$	$P_V$	100	mW
Junction temperature		$T_J$	100	$^\circ\text{C}$

### Sensor

Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Total power dissipation	$T_{amb} \leq 25^\circ\text{C}$	$P_{tot}$	200	mW
Operation temperature range		$T_{amb}$	-25 to +85	$^\circ\text{C}$
Storage temperature range		$T_{stg}$	-25 to +100	$^\circ\text{C}$
Soldering temperature	2 mm from case, $t \leq 10 \text{ s}$	$T_{sd}$	260	$^\circ\text{C}$



**Electrical Characteristics** ( $T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$ )

**Input (Emitter)**

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Forward voltage	$I_F = 60 \text{ mA}$	$V_F$		1.25	1.5	V
Junction capacitance	$V_R = 0 \text{ V}, f = 1 \text{ MHz}$	$C_j$		50		pF

**Output (Detector)**

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Collector emitter voltage	$I_C = 1 \text{ mA}$	$V_{CE0}$	70			V
Emitter collector voltage	$I_F = 100 \mu\text{A}$	$V_{ECO}$	7			V
Collector dark current	$V_{CE} = 20 \text{ V}, I_F = 0, E = 0$	$I_{CE0}$		10	200	nA

**Sensor**

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Collector current	$V_{CE} = 5 \text{ V}, I_F = 10 \text{ mA}, D = 12 \text{ mm}$	$I_C^{1,2)}$	0.5	1	2.1	mA
Collector emitter saturation voltage	$I_F = 10 \text{ mA}, I_C = 0.1 \text{ mA}, D = 12 \text{ mm}$	$V_{CEsat}^{1,2)}$			0.4	V

1) See test circuit

2) Test surface: Mirror (Mfr. Spindler a. Hoyer, Part No 340005)

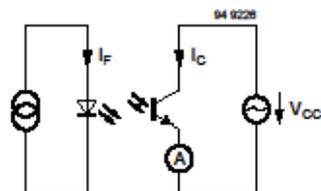


Figure 1. Test circuit

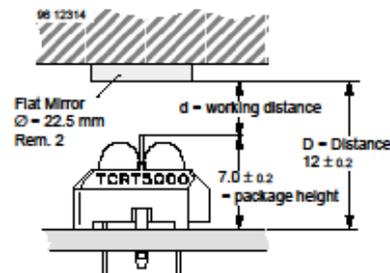
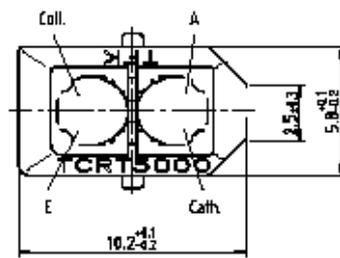
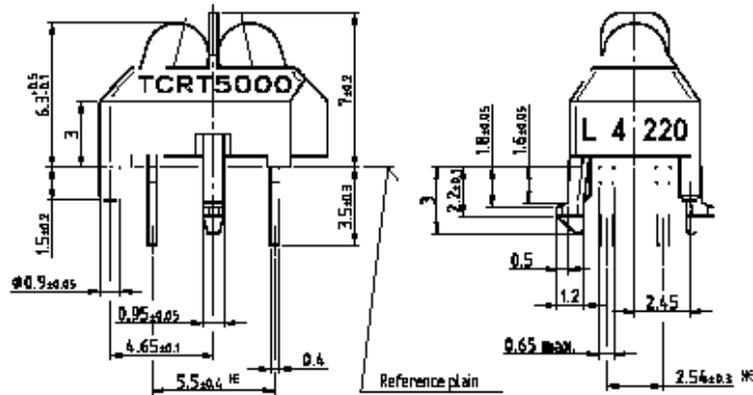


Figure 2. Test circuit

**TCRT5000(L)**  
**Vishay Semiconductors**



**Dimensions of TCRT5000 in mm**

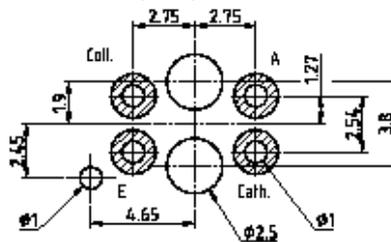


\* Tolerances related to reference plain

weight ca. 0.23g



Footprint Top View



Drawing-No.: 6.550-5096.01-4  
 Issue: 3; 28.06.00

96 12073

ANEXO D

Instrucciones de servicio resumidas

Edición 04/04



**sinamics**

G110

**SIEMENS**

SINAMICS G110

# 1 Instalación

## 1.1 Distancias para el montaje

Los convertidores se pueden montar adosándolos unos a otros. Sin embargo, si se montan uno sobre otro deberá dejarse un huelgo de 100 mm por encima y por debajo de cada convertidor.

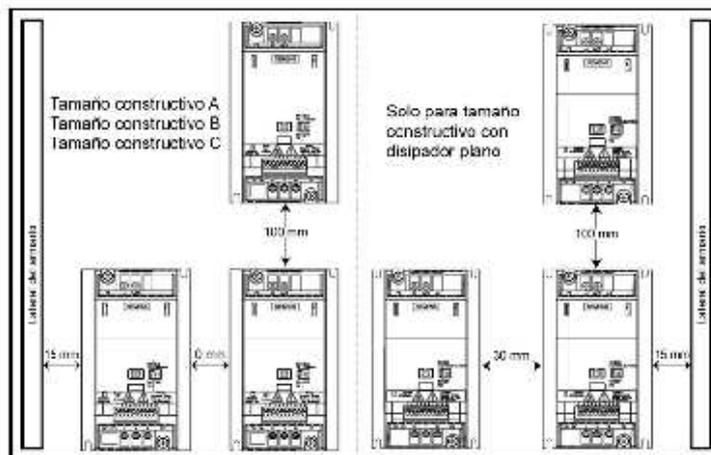


Figura 1-1 Distancias para el montaje

## 1.2 Medidas para el montaje

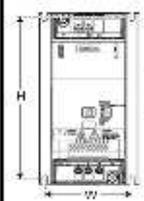
	Tamaño constructivo	Medidas perforaciones		Par de apriete	
		H mm (Inch)	W mm (Inch)	Tornillos	Nm (lbf.in)
	A	140 (5.51)	79 (3.11)	2xM4	2,5 (22.12)
	B	135 (5.31)	127 (5.00)	4xM4	
	C	140 (5.51)	170 (6.70)	4xM5	4,0 (35.40)

Figura 1-2 Medidas para el montaje

## 2 Instalación eléctrica

### 2.1 Datos técnicos

1 AC 200 - 240 V ± 10 %, 47 - 63 Hz

Referencia 8SL3211-	DAB DKB	11-2xy0*	12-5xy0*	13xy0*	15xy0*	17xy0*	21-1xy0*	21-5xy0*	22-2xy0*	23-0xy0*
		11-2xy0*	12-5xy0*	13xy0*	15xy0*	17xy0*	-	-	-	-
Tamaño constructivo		A				B			C	
Potencia nominal	kW hp	0,12 0,16	0,25 0,33	0,37 0,5	0,55 0,75	0,75 1,0	1,1 1,5	1,5 2,0	2,2 3,0	3,0 4,0
Corriente de salida (temp. ambiente ad.)	A	0,9 (50 °C)	1,7 (50 °C)	2,3 (50 °C)	3,2 (50 °C)	3,9 (40 °C)	6,0 (50 °C)	7,8 (40 °C)	11,0 (50 °C)	13,6 (40 °C)
Corriente de entrada (230 V)	A	2,3	4,5	6,2	7,7	10,0	14,7	19,7	27,2	32,0
Fusible recomendado	A 3NA	10 3803	10 3803	10 3803	10 3803	16 3805	20 3807	25 3810	35 3814	50 3820
Cable de entrada	mm <sup>2</sup> AWG	1,0 - 2,5 16 - 12	1,5 - 2,5 14 - 12	2,5 - 6,0 12 - 10	2,5 - 6,0 12 - 10	4,0 - 10 11 - 8	6,0 - 10 10 - 8			
Cable de salida	mm <sup>2</sup> AWG	1,0 - 2,5 16 - 12	1,5 - 6,0 14 - 10	1,5 - 6,0 14 - 10	2,5 - 10 12 - 8	2,5 - 10 12 - 8				
Par de apriete	Nm (lbf.in)	0,96 (8,50)					1,50 (13,30)		2,25 (19,91)	

\* - La última cifra de la referencia depende de cambios en el software y hardware

x - B → Con filtro integrado  
x - U → Sin filtroy - A → Variante analógica  
y - B → Variante USS

### 2.2 Conexiones de red y del motor

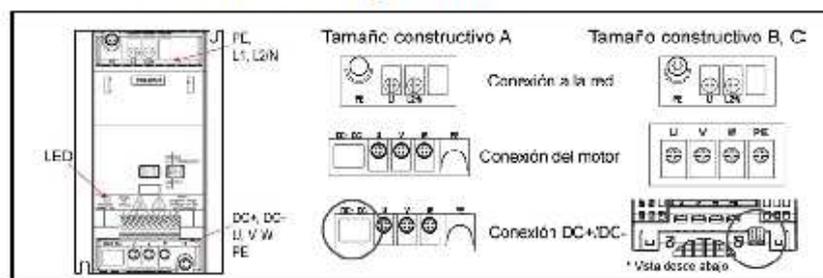


Figura 2-1 Bornes de red y del motor

### 2.3 Bornes

Borne	Significado	Funciones
1	DOUT-	Salida digital (-)
2	DOUT+	Salida digital (+)
3	DIN0	Entrada digital 0
4	DIN1	Entrada digital 1
5	DIN2	Entrada digital 2
6	-	Salida +24 V / máx. 50 mA
7	-	Salida 0 V
Variante		Análogica
8	-	Salida +10 V
9	ADC1	Entrada analógica
10	-	Salida 0 V



### 3.2 Ajustes de fábrica específicos para la variante USS

Entrada / Salida	Bornes	Parámetro	Ajuste por defecto
Fuente de órdenes	8, 9	P0700 = 5	Vía protocolo USS
Fuente de consignas		P1000 = 5	Prescripción de consigna vía protocolo USS
Dirección USS		P2011 = 0	Dirección USS = 0
Vel.transmisión USS		P2010 = 8	Vel.transmisión USS = 9600 bps
Longitud PZD USS		P2012 = 2	En la parte PZD del telegrama USS hay dos palabras de 16 bits.

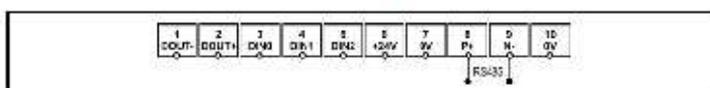


Figura 3-2 Conexiones de la variante USS

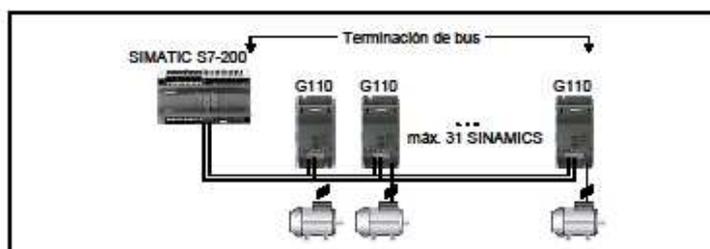


Figura 3-3 Ejemplo de bus USS

### 3.3 Interruptores DIP

Los SINAMICS G110 están preajustados para motores con una frecuencia nominal de 50 Hz. Se pueden adaptar, por medio el interruptor DIP que se encuentra en la parte frontal, para el funcionamiento con motores de 60 Hz.

#### Terminación de bus para la variante USS

El último convertidor necesita una terminación de bus. Ponga los interruptores DIP, en la parte frontal (interruptores DIP 2 y 3), en la posición "terminación de Bus" (ON). El potencial 0 V (borne 10) hay que conectarlo a todos usuarios del bus USS.



Figura 3-4 Interruptor DIP para frecuencia nominal del motor y terminación de bus

## 5 BOP (Opción)

### 5.1 Botones y sus funciones en los paneles



Panel/ Botón	Función	Efectos
	Indicación de estado	La pantalla de cristal líquido muestra los ajustes actuales del convertidor.
	Marcha	Al pulsar este botón se arranca el convertidor. Por defecto está bloqueado. Para activarlo: P0700 = 1 o P0719 = 10 ... 15
	Parada	OFF1 Pulsando este botón se para el motor siguiendo la rampa de deceleración seleccionada. Para activarlo: P0700 = 1 o P0719 = 10 ... 15 OFF2 Pulsando el botón dos veces (o una vez prolongada) el motor se para de forma natural (inercia hasta parada). Esta función está constantemente activada.
	Invertir sentido	Pulsar este botón para cambiar el sentido de giro del motor. El inverso se indica mediante un signo negativo (-) o un punto decimal intermitente. Por defecto está bloqueado. Para activarlo: P0700 = 1 o P0719 = 10 ... 15.
	Jog motor	Pulsando este botón en estado "listo" el motor arranca y gira a la frecuencia Jog preseleccionada. Pulsando este botón mientras el convertidor no tiene salida hace que el motor arranque y gire a la frecuencia Jog preseleccionada. El motor se detiene cuando se suelta el botón. Pulsar este botón cuando el motor está funcionando carece de efecto.
	Función	Este botón sirve para visualizar información adicional. Funciona pulsándolo y manteniéndolo apretado. Muestra lo siguiente comenzando por cualquier parámetro durante la operación: 1. Tensión en circuito intermedio (indicado mediante d - unidades en V). 2. Frecuencia de salida (Hz) 3. Tensión de salida (o - unidades en V). 4. El valor seleccionado en P0005. (Si P0005 se ha configurado de tal forma que se muestra uno de los datos indicados arriba (1 - 3), no aparece el valor correspondiente de nuevo). Cualquier pulsación adicional hace que vuelva a visualizarse la sucesión indicada anteriormente. <b>Función de salto</b> Pulsando brevemente el botón Fn es posible saltar desde cualquier parámetro (nxxx o Pxxx) a r0000, lo que permite, si se desea, modificar otro parámetro. Una vez retornado a r0000, si pulsa el botón Fn irá de nuevo a su punto inicial. <b>Acusar</b> Cuando aparecen mensajes de alarma y error, se pueden acusar, pulsando el botón Fn.
	Acceder a parámetros	Pulsando este botón es posible acceder a los parámetros.
	Subir valor	Pulsando este botón se sube el valor visualizado.
	Bajar valor	Pulsando este botón se baja el valor visualizado.

## 5.2 Modificación de parámetros, ejemplo P0003 "nivel de acceso"

Paso	Resultado en pantalla
1 Pulsar  para acceder a parámetros	r 0000
2 Pulsar  hasta que se visualice P0003	P 0003
3 Pulsar  para acceder al nivel de valor del parámetro	1
4 Pulsar  o  hasta el valor requerido	3
5 Pulsar  para confirmar y guardar el valor	P 0003
6 El nivel de acceso 3 está ajustado. Se pueden seleccionar todos los parámetros de los niveles 1 a 3.	

### 5.3 Copiar juegos de parámetros con el BOP

Se puede leer y almacenar un juego de parámetros de un SINAMICS G110 en el BOP (upload) y después escribirlo en otro SINAMICS G110 (download). Para ello hágase lo siguiente:

#### Upload (SINAMICS G110 → BOP)

1. Acople el BOP en el SINAMICS G110 del cual quiere copiar parámetros.
2. Cerciórese, que se pueda parar el convertidor.
3. Pare el convertidor
4. Ajuste P003 = 3
5. Ajuste P0010 = 30 (Modo copiar)
6. Ajuste P0802 = 1 para iniciar el upload del convertidor al BOP.
7. Durante el upload aparece "BUSY" en el visualizador.
8. El BOP y el convertidor no ejecutan ninguna orden mientras dura la copia.
9. Una vez finalizado con éxito el upload el BOP regresa al estado habitual y el convertidor pasa al estado "listo".
10. Si fracasa la carga:  
inténtelo otra vez.
11. El BOP se puede sacar del convertidor.

#### Download (BOP → SINAMICS G110)

1. Acople el BOP en el SINAMICS G110, en el que se tengan que copiar el juego de parámetros.
2. Cerciórese que el convertidor tenga tensión de red.
3. Ajuste P003 = 3
4. Ajuste P0010 = 30 (Modo copiar)
5. Ajuste P0803 = 1 para iniciar el download del BOP al SINAMICS G110.
6. Durante el download aparece "BUSY" en el visualizador del BOP.
7. El BOP y el convertidor no ejecutan ninguna orden durante la carga.
8. Una vez finalizado con éxito el download el BOP regresa al estado habitual y el convertidor pasa al estado "listo".
9. Si fracasa la carga:  
inténtelo otra vez o haga "reposición al ajuste de fábrica".
10. El BOP se puede sacar del convertidor.

---

#### NOTA

**Al copiar juegos de parámetros con el BOP observe las siguientes restricciones:**

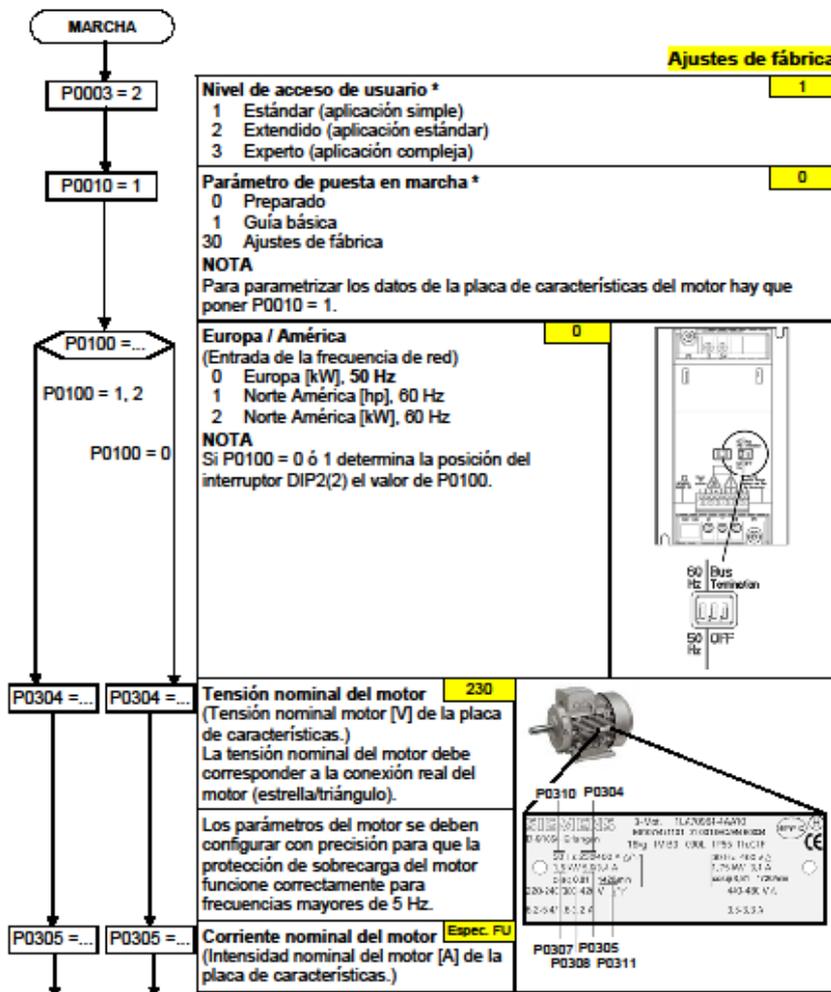
- Solo se carga en el BOP el juego de parámetros actual.
  - El proceso de copiado no se puede interrumpir.
  - Se pueden copiar juegos de parámetros de convertidores con diferente potencia y tensión.
  - Si durante la carga (download) el convertidor reconoce que hay datos no compatibles, actualizará los parámetros correspondientes al ajuste de fábrica.
  - Al ejecutar un upload en el BOP se borran todos los datos anteriores.
  - Después de una carga (upload o download) errónea no se puede garantizar que el convertidor funcione correctamente.
-

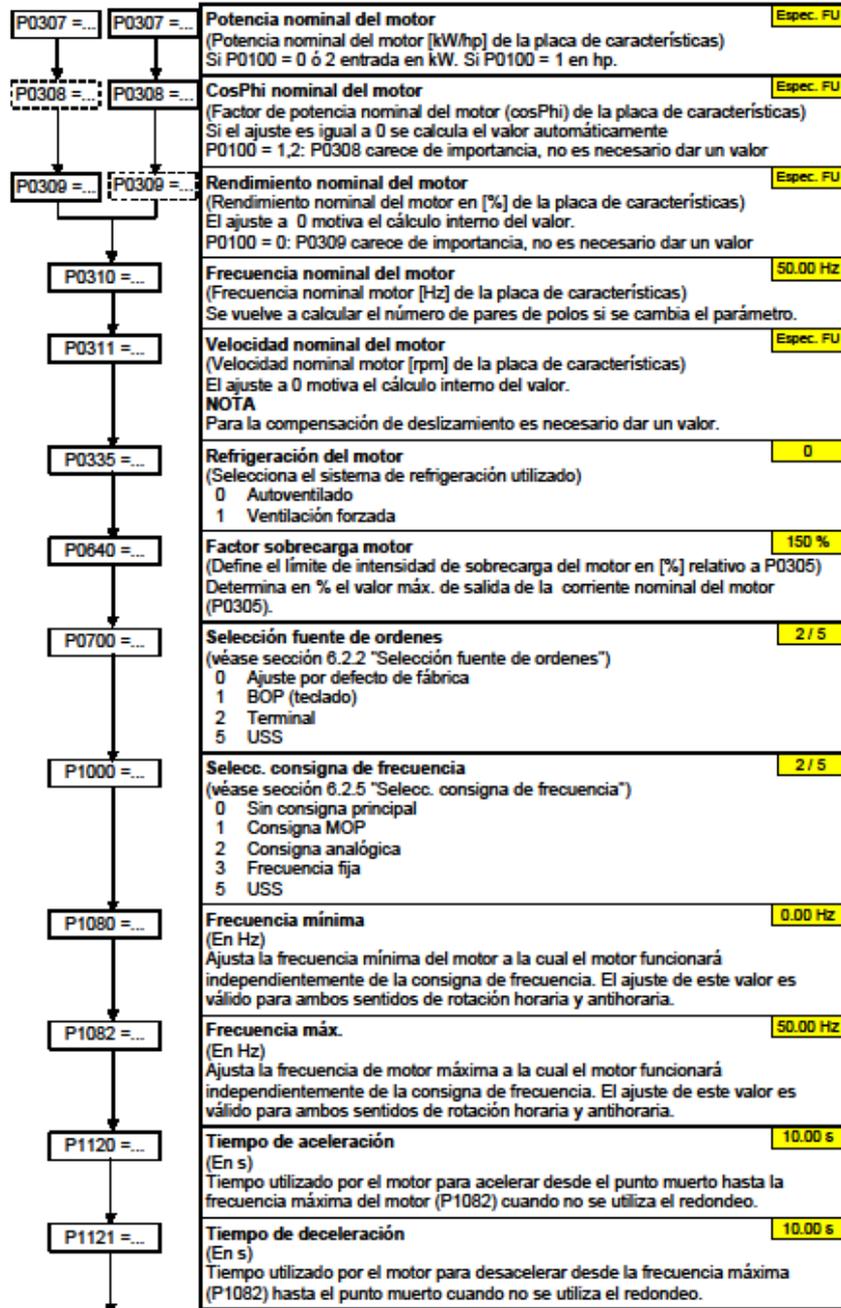
## 6 Puesta en servicio

### 6.1 Puesta en servicio rápida

Con la puesta en servicio rápida se adapta el convertidor al motor y se ajustan parámetros importantes para las exigencias tecnológicas. La puesta en servicio rápida no es obligatoria si los datos del motor almacenados en el convertidor (motor de Siemens de 4 polos 1LA, conexión en estrella  $\Delta$  Espec. FU) coinciden con los de la placa de características.

Los parámetros marcados con \* ofrecen más posibilidades de ajuste de las que se mencionan aquí. Para más detalles consulte la lista de parámetros.





P1135 =...	<b>Tiempo deceleración OFF3</b> (En s) Define el tiempo de deceleración desde la frecuencia máxima hasta el punto muerto para una orden OFF3.	5,00 €
P1300 =...	<b>Modo de control</b> (Entrada del modo de control deseado) 0 V/f con característ. lineal 2 V/f con característ. parabólica 3 V/f con característ. programable	0
P3900 = 1	<b>Fin de la puesta en servicio ráp (Comienza cálculo motor)</b> 0 Sin puesta en marcha rápida (sin cálculos de motor) 1 Inicio puesta en marcha rápida con borrado de ajustes de fábrica 2 Inicio puesta en marcha rápida 3 Inicio puesta en marcha rápida sólo para los datos del motor	0
FIN	<b>NOTA</b> Para P3900 = 1,2,3 → el P0340 se pone internamente = 1 y se calculan los datos correspondientes (véase P0340 en la lista de parámetros). <b>Fin de la puesta en servicio ráp / ajuste del accionamiento.</b> En el caso que tenga que parametrizar otras funciones en el convertidor utilice las instrucciones "Puesta en servicio según aplicación". Se recomienda para accionamientos dinámicos.	

## 6.2 Puesta en servicio según aplicación

Los parámetros marcados con \* ofrecen más posibilidades de ajuste de las que se mencionan aquí. Para más detalles consulte la lista de parámetros.

El convertidor posee una serie de funciones que a veces no son necesarias. La puesta en servicio según aplicación sirve para optimizar la funcionalidad del sistema convertidor-motor a la aplicación requerida. Aquí se describen la mayoría de las funciones. Consulte la lista de parámetros para ver otras.

MARCHA		<b>Ajuste de fábrica</b>
P0003 = 3	<b>Nivel de acceso de usuario *</b> 1 Estándar (aplicación simple) 2 Extendido (aplicación estándar) 3 Experto (aplicación compleja)	1

### 6.2.1 Interface en serie (USS)

P2010 =...	<b>Velocidad transferencia USS</b> Ajuste de la velocidad de transmisión para la comunicación USS.	6	<b>Posibles ajustes:</b> 3 1200 Baud 4 2400 Baud 5 4800 Baud 6 9600 Baud 7 19200 Baud 8 38400 Baud 9 57600 Baud
P2011 =...	<b>Dirección USS</b> Ajuste de la dirección única para cada convertidor.	0	
P2012 =...	<b>USS longitud PZD</b> Define el número de palabras de 16 bits en la parte PZD del telegrama USS.	2	
P2013 =...	<b>USS longitud PKW</b> Define el número de palabras de 16-bit en la parte PKW del telegrama USS.	127	

## 6.2.2 Selección fuente de ordenes

P0700 = ...	Selección fuente de ordenes	2 / 5	P0700	G110 AIN	G110 USS	Ajustes
	0	Ajuste por defecto de fábrica	0	X	X	–
	1	BOP (teclado)	1	X	X	–
	2	Regletero de bornes	2	X	X	veáse DIN
	5	USS	5	–	X	veáseUSS

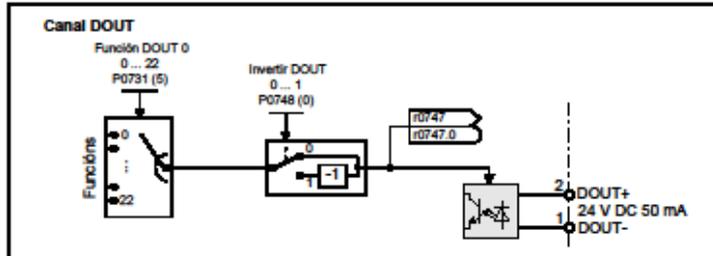
## 6.2.3 Entrada digital (DIN)

P0701 = ...	Función de la entrada digital 0	1	Posibles ajustes: 0 Entrada digital deshabilitada 1 ON / OFF1 2 ON inverso / OFF1 3 OFF2 - parada natural 4 OFF3 - deceleración rápida 9 Acuse de fallo 10 JOG derechas 11 JOG izquierda 12 Inversión 13 MOP subida (incremento frec.) 14 MOP bajada (decremento frec.) 15 Frec. fija (selección directa) 16 Frec. fija (sel. dir. + MARCHA) 21 Local/remoto 25 Act. freno inyec.corr.continua 29 Fallo externo
P0702 = ...	Función de la entrada digital 1	12	
P0703 = ...	Función de la entrada digital 2	9	
P0704 = 0	Función de la entrada digital 3	0	
P0724 = ...	T.elim.de reb.para entradas dig.	3	
	Vía entrada analógica		
	Bornes 9, 10		
	No se puede seleccionar frec. fija (15, 16)		
	Define el tiempo de supresión rebote (tiempo de filtrado) usados para las entrada digitales.		
	0 Sin tiempo de eliminación rebote		
	1 2,5 ms eliminación rebote		
	2 8,2 ms eliminación rebote		
	3 12,3 ms eliminación rebote		

## 6.2.4 Salida digital (DOUT)

P0731 = ...	Función de salida digital 0*	5	Ajustes frecuentes: 0 Inactivo 1 Activo 2 Convertidor listo 3 Convertidor listo para funcionar 4 Convertidor funcionando 5 Fallo activo 6 OFF2 activo 7 OFF3 activo 8 Activación inhibición 9 Aviso convertidor activo 10 Desviación consigna/valor real 11 Control PZD (Control Datos Proceso) 12 Frecuencia máxima alcanzada 13 Aviso: Limitación intensidad motor 14 Freno mantenimiento motor (MHB) activo 15 Sobrecarga motor
P0748 = 0	Invertir las salidas digitales	0	
	Define la fuente de la salida digital 0.		
	Define los estados alto y bajo del relé par una función dada.		



6.2.5 Selecc. consigna de frecuencia

P1000 = ...	Selecc. consigna de frecuencia	2 / 5	P1000	G110 AIN	G110 USS	Ajustes
	0 Sin consigna principal		0	X	X	-
	1 Consigna MOP		1	X	X	veáse MOP
	2 Consigna analógica		2	X	-	veáse ADC
	3 Frecuencia fija		3	X	X	veáse FF
	5 USS		5	-	X	veáse USS

6.2.6 Entrada analógica (ADC)

P0757 = ...

P0758 = ...

P0759 = ...

P0760 = ...

P0761 = ...

Valor x1 escalado de la ADC	0 V	
Valor y1 escalado de la ADC	0.0 %	
Valor x2 escalado de la ADC	10 V	
Valor y2 of ADC escalado	100.0 %	
Valor y2 of ADC escalado	100.0 %	
Ancho banda muerta de la ADC	0 V	
Este parámetro muestra el valor en % de P2000 (frecuencia de referencia) en x1.		
Este parámetro muestra el valor en % de P2000 (frecuencia de referencia) en x2.		
Define el tamaño de la banda muerta de la entrada analógica.		

Canal ADC

## 6.2.7 Potenciómetro motorizado (MOP)

P1031 =...	<b>Memorización de consigna del MOP</b> <span style="float: right;">0</span> Almacena la última consigna del potenciómetro motorizado (MOP) activa previa a una orden OFF o a una desconexión. 0 Cna. MOP no será guardada 1 Cna. MOP será guardada (act. P1040)																
P1032 =...	<b>Inhibir consigna negativa-MOP</b> <span style="float: right;">1</span> 0 Consigna negativa del MOP habilitada 1 Consigna negativa del MOP inhabilitada																
P1040 =...	<b>Consigna del MOP</b> <span style="float: right;">5.00 Hz</span> Determina la consigna el control del potenciómetro motorizado.  Los tiempos de aceleración y deceleración del potenciómetro motorizado se determinan con los parámetros P1120 y P1121.  Posibles ajustes de parámetro para el potenciómetro motorizado:																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Selección</th> <th>aumentar MOP</th> <th>disminuir MOP</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIN</td> <td>P0719 = 0, P0700 = 2, P1000 = 1 0 P0719 = 1, P0700 = 2</td> <td>P0702 = 13 (DIN1)</td> <td>P0703 = 14 (DIN2)</td> </tr> <tr> <td>BOP</td> <td>P0719 = 0, P0700 = 1, P1000 = 1 0 P0719 = 1, P0700 = 1 0 P0719 = 11</td> <td>UP button</td> <td>DOWN button</td> </tr> <tr> <td>USS *)</td> <td>P0719 = 0, P0700 = 5, P1000 = 1 0 P0719 = 1, P0700 = 5 0 P0719 = 51</td> <td>Palabra mando USS r2036 Bit13</td> <td>Palabra mando USS r2036 Bit14</td> </tr> </tbody> </table> <p>*) solo para SINAMICS G110 CPM110 USS</p>		Selección	aumentar MOP	disminuir MOP	DIN	P0719 = 0, P0700 = 2, P1000 = 1 0 P0719 = 1, P0700 = 2	P0702 = 13 (DIN1)	P0703 = 14 (DIN2)	BOP	P0719 = 0, P0700 = 1, P1000 = 1 0 P0719 = 1, P0700 = 1 0 P0719 = 11	UP button	DOWN button	USS *)	P0719 = 0, P0700 = 5, P1000 = 1 0 P0719 = 1, P0700 = 5 0 P0719 = 51	Palabra mando USS r2036 Bit13	Palabra mando USS r2036 Bit14
	Selección	aumentar MOP	disminuir MOP														
DIN	P0719 = 0, P0700 = 2, P1000 = 1 0 P0719 = 1, P0700 = 2	P0702 = 13 (DIN1)	P0703 = 14 (DIN2)														
BOP	P0719 = 0, P0700 = 1, P1000 = 1 0 P0719 = 1, P0700 = 1 0 P0719 = 11	UP button	DOWN button														
USS *)	P0719 = 0, P0700 = 5, P1000 = 1 0 P0719 = 1, P0700 = 5 0 P0719 = 51	Palabra mando USS r2036 Bit13	Palabra mando USS r2036 Bit14														

## 6.2.8 Frecuencia fija (FF)

P1001 =...	<b>Frecuencia fija 1</b> <span style="float: right;">0.00 Hz</span> Determina la consigna para la frecuencia fija 1 (FF1) en Hz. <b>Nota:</b> Selección directa vía DIN1 (P0701 = 15, 16) o USS.
P1002 =...	<b>Frecuencia fija 2</b> <span style="float: right;">5.00 Hz</span> Selección directa vía DIN2 (P0702 = 15, 16) o USS.
P1003 =...	<b>Frecuencia fija 3</b> <span style="float: right;">10.00 Hz</span> Selección directa vía DIN3 (P0703 = 15, 16) o USS.

## 6.2.9 JOG

P1058 =...	<b>Frecuencia JOG</b> <span style="float: right;">5.00 Hz</span> El Jog incrementa la velocidad del motor en pequeños intervalos.	
P1060 =...	<b>JOG ramp-up/down time</b> Ajusta el tiempo de aceleración y deceleración para la función JOG. La aceleración JOG se limita vía P1058.	

## 6.2.13 Protección convertidor/motor

P0290 = ...	<b>Reacción convert. ante sobrec.</b> <span style="float: right;">0</span> Selecciona la reacción del convertidor ante una temperatura excesiva. 0 Reducción de frec. de salida 1 Fallo (F0004 / F0005)
P0335 = ...	<b>Refrigeración del motor (Sistema de refrigeración)</b> <span style="float: right;">0</span> 0 Autoventilado: Ventilador en el eje del motor 1 Ventilación forzada: Ventilador funciona por separado
P0610 = ...	<b>Reacción I<sup>2</sup>t motor</b> <span style="float: right;">2</span> Define la reacción cuando se alcanza el umbral de aviso I <sup>2</sup> t. 0 Aviso, sin reacción, sin fallo F0011 1 Aviso, reducción de I <sub>max</sub> , fallo F0011 2 Aviso, sin reacción, fallo F0011
P0611 = ...	<b>Constante tiempo I<sup>2</sup>t del motor (En s)</b> <span style="float: right;">100 s</span> El parámetro P0611 se evalúa automáticamente a partir de los datos del motor durante la puesta en marcha rápida o durante el cálculo de los parámetros del motor P0340. Al término de la puesta en marcha rápida o del cálculo de los parámetros del motor, este valor se puede sustituir por el valor del fabricante del motor.
P0614 = ...	<b>Nivel al. p. sobrecarga I<sup>2</sup>t motor (En %)</b> <span style="float: right;">110.0 %</span> Define el valor al cual se genera el aviso A0511 (sobretemperatura del motor).
P0640 = ...	<b>Factor sobrecarga motor</b> <span style="float: right;">150.0 %</span> Define el límite de intensidad de sobrecarga del motor en [%] relativo a P0305 (intensidad nominal del motor).

## 6.2.14 Funciones específicas del convertidor

## 6.2.14.1 Rearranque al vuelo

P1200 = ...	<b>Rearranque al vuelo</b> <span style="float: right;">0</span> Arranca el convertidor sobre un motor girando cambiando la frecuencia de salida del convertidor hasta que se encuentra la velocidad real del motor. Entonces, el motor subirá hasta la consigna utilizando el tiempo de rampa normal. 0 Rearranque volante deshabilitado 1 Rearranque volante activo siempre, arranque en la dirección de la consigna 2 Rearranque volante tras encendido, fallo, OFF2, arranque en la dirección de consigna 3 Rearranque volante activo tras fallo, OFF2, arranque en la dirección de consigna 4 Rearranque volante activo siempre, sólo en la dirección de consigna 5 Rearranque volante activo tras encendido, fallo, OFF2, sólo en la dirección de consigna 6 Rearranque volante activo tras fallo, OFF2, sólo en la dirección de consigna
P1202 = ...	<b>Corriente-motor: Rearran. al vuelo (En %)</b> <span style="float: right;">100 %</span> Define la intensidad de búsqueda utilizada para el arranque al vuelo.
P1203 = ...	<b>Búsqueda velocidad: Rear. al vuelo (En %)</b> <span style="float: right;">100 %</span> Ajusta el factor por el cual la frecuencia de salida cambia durante el rearranque al vuelo para sincronizarse con el motor que gira.

## 6.2.14.2 Rearranque automático

P1210 = ...	<b>Rearranque automático</b> <span style="float: right;">1</span> Habilita el rearranque después de un fallo principal o después de un fallo. 0 Inhabilitado 1 Disp.re. tras enc. 2 Re.tras apagón pr. 3 Re.tras corte pr.o f. 4 Re.tras corte pr. 5 Re.tras ap.pr.y fa. 6 Re. t.co/ap. pr.o f.
-------------	---

## 6.2.14.3 Freno de mantenimiento

P1215 = ...	<b>Habilitación del freno manten.</b> <span style="float: right;">0</span> Habilita/deshabilita la función del mantenimiento del freno 0 Freno mantenim. motor deshabil. 1 Freno mantenim. motor habil. <b>NOTA</b> Para control del relé del freno vía salida digital: P0731 = 14 (véase sección 6.2.4 "Salida digital (DOU)")	
P1216 = ...	<b>Retardo apertura d.freno manten. (En s)</b> <span style="float: right;">1.0 s</span> Define el intervalo de tiempo durante el cual el convertidor funciona con la frecuencia mínima P1080 (después de la magnetización), antes de que comience la aceleración.	
P1217 = ...	<b>Tiempo cierre tras deceleración (En s)</b> <span style="float: right;">1.0 s</span> Define el tiempo durante el cual el convertidor funciona a la frecuencia mínima (P1080) después de la deceleración en el punto 2.	

## 6.2.14.4 Freno electrónico

P1232 = ...	<b>Corriente frenado c.continua (En %)</b> <span style="float: right;">100 %</span> Define el nivel de corriente continua en [%] relativo la intensidad nominal del motor (P0305).
P1233 = ...	<b>Duración del frenado c.continua (En s)</b> <span style="float: right;">0 s</span> Define cuanto dura la inyección de corriente en c.c. para frenar tras una orden OFF1 / OFF3.

## 6.2.14.5 Regulador Vdc

P1240 = ...	<b>Configuración del regulador Vdc</b> <span style="float: right;">1</span> Activa y desactiva el ajuste automático de los umbrales de activación para la regulación del circuito intermedio. 0 Deshabilitado 1 Habilitado <b>NOTA:</b> Con Modo de generador el P1240 = 1 evita la sobretensión en el circuito intermedio F0002 alargando la rampa de frenado. Se puede usar en movimientos de translación.	
-------------	---	--

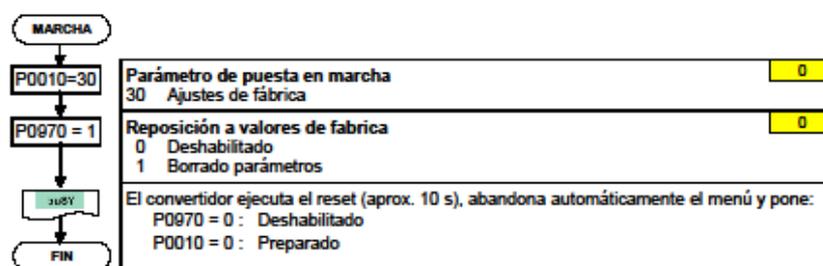
### 6.3 Puesta en servicio en serie

Si ya se dispone de un juego de parámetros se puede transmitir al convertidor SINAMICS G110 con STARTER o bien con BOP.

Aplicaciones típicas donde efectuar la puesta en servicio en serie son:

1. Poner en servicio varios accionamientos con la misma configuración y las mismas funciones. En el primer accionamiento se tiene que efectuar una puesta en servicio rápida o según la aplicación (primera puesta en servicio), cuyos valores de parámetros se transmitirán a los otros accionamientos.
2. Cambio del convertidor SINAMICS G110.

### 6.4 Reset de parámetros al ajuste de fábrica



## 7 Visualizaciones y mensajes

### 7.1 Indicadores de estado LED

LED	Significado	Posición
No luce	Convertidor apagado / sin tensión	
1000 ms ON / 1000 ms OF	Conectado / listo	
LED luce permanentemente	Convertidor funcionando	
500 ms ON / 200 ms OF	Alarma general	
100 ms ON / 100 ms OF	Fallo	

### 7.2 Fallos y alarmas

Fallo	Significado	Alarma	Significado
F0001	Sobrecorriente	A0501	Límite corriente
F0002	Sobretensión	A0502	Límite por sobretensión
F0003	Subtensión	A0503	Límite de mínima tensión
F0004	Sobretemperatura convertidor	A0505	$I^2T$ del convertidor
F0005	Convertidor $I^2T$	A0511	Sobretemperatura $I^2T$
F0011	Sobretemperatura $I^2T$ del motor	A0910	Regulador V <sub>dc</sub> -max desconectado
F0051	Fallo parámetro EEPROM	A0911	Regulador V <sub>dc</sub> -max activo
F0052	Fallo pila de energía	A0920	Los parámetros del ADC no están ajustados adecuadamente
F0080	Timeout del ASIC	A0923	Señales JOG a derechas y JOG a izquierdas activas
F0072	USS (enlace COMM) fallo consigna		
F0085	Fallo externo		

## ANEXO E

### CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA TARJETA USB6009

Con las mejoras de ancho de banda recientes y las nuevas innovaciones de National Instruments, el USB se ha convertido en un bus central de elección para aplicaciones de medición. La NI USB-6008 y USB-6009 dispone de adquisición de datos (DAQ) de bajo costo, con tornillo de conectividad fácil y un factor de forma pequeño. Con plug-and-play USB, estos dispositivos son lo suficientemente simple para mediciones rápidas, pero lo suficientemente versátil para aplicaciones de medición más compleja.

USB-6009 es ideal para aplicaciones de bajo costo, factor de forma pequeño.



Figura 1. USB 6009

Fuente: <http://sine.ni.com/ds/app/doc/p/id/ds-218/land/en>  
Elaborado por: Jhoana Paredes

### Características

Tabla 4.2. Características USB 6009

Entradas analógicas	Resolución de Entrada	Velocidad máxima de muestreo (kS / s)	Salidas analógicas	Resolución de salida	Tasa de salida (Hz)	E / S digital Líneas	Contador de 32 bits
8 de una sola terminal / 4 diferencial	14	48	2	12	150	12	1

## ANEXO F

### CONFIGURACIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

- **Parámetros del panel BOP para la puesta en funcionamiento.**

PRIMER PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  para acceder a los parámetros	
Pulsar  hasta que visualice P010	
Pulsar  para acceder al nivel parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado 1	
Pulsar  para confirmar y guardar.	

- **Puesta de potencia en hp y frecuencia por defecto de 60Hz.**

SEGUNDO PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P0100	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado 1	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	

- **Puesta del parámetro de la tensión nominal del motor.**

TERCER PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P0304	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado 220v	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	

- **Puesta del parámetro de la corriente nominal del motor.**

CUARTO PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P0305	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado 3.02A	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	

- Puesta del parámetro de la potencia nominal del motor.

QUINTO PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P0307	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado 1Hp	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	

- Puesta del parámetro de la frecuencia nominal del motor.

SEXTO PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P0310	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado 60Hz	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	

- Puesta del parámetro de la velocidad nominal del motor.

SEPTIMO PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P0311	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado <b>1720</b> rpm	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	

- Puesta del parámetro de seleccionar la fuente de ordenes.

OCTAVO PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P0700	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado <b>2</b> bornes/terminales	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	

- **Puesta del parámetro de selección de consigna de frecuencia.**

NOVENO PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P1000	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado <b>2</b> consigna analógica	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	

- **Puesta del parámetro de la frecuencia mínima del motor.**

DECIMO PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P1080	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado <b>0</b> Hz	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	

- Puesta del parámetro de la frecuencia máxima del motor.

DECIMO PRIMER PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P1082	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado <b>60</b> Hz	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	

- Puesta del parámetro tiempo de aceleración.

DECIMO SEGUNGO PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P1120	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado <b>5</b>	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	

- **Puesta del parámetro tiempo de deceleración.**

DECIMO TERCER PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P1121	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado 5	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	

- **Parámetro de fin de puesta del servicio.**

DECIMO CUARTO PASO	PANTALLA DEL PANEL BOP
Pulsar  hasta visualizar P3900	
Pulsar  para acceder al valor parámetro	
Pulsar  o  hasta el valor deseado 1	
Pulsar  para confirmar y guardar la opción	
Pulsar  para finalizar la programación	
Pulsar  para confirmar y guardar la programación realizada. Luego aparece la frecuencia mínima del motor que es 0 Hz. Listo para trabajar	

**ANEXO G**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**ANTEPROYECTO DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**¿Qué efecto provoca la falta de módulos de adquisición de datos en el interaprendizaje de los alumnos de la carrera de Electrónica?**

**POSTULANTE:**

**A/C. GUILLÉN LOGROÑO SANTIAGO MARTIN**

**02 DE AGOSTO DEL 2010**

**DATOS REFERENCIALES:**

**INSTITUCIÓN:**

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

**ÁREA DE INFLUENCIA A LA QUE PERTENECE EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL  
CORRESPONDIENTE AL INSTITUTO TECNOLÓGICO  
SUPERIOR AERONÁUTICO

**Fecha de presentación:**

Latacunga, 02 de Agosto del 2010

**Responsable del trabajo de graduación:**

A/C. Guillén Logroño Santiago Martín

**Director de trabajo de graduación:**

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA**

#### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico desde su creación en noviembre del 1999 ha tratado de dar lo mejor en calidad de educación superior y como su carta de presentación han sido los laboratorios de las distintas especialidades equipadas con los equipos necesarios para el desarrollo enseñanza aprendizaje de quienes se educan en sus aulas. Esto a medida que pasan los años no se ha podido cumplir en su totalidad con las expectativas planteadas en sus inicios ni mucho menos satisfacer las necesidades y requerimientos de los estudiantes de este Instituto.

Los laboratorios de la carrera de Electrónica tanto sus equipos como sus instalaciones han sido cada vez mejoradas para que el desarrollo de las actividades diarias se den sin dificultad y cumplir con todas las expectativas pero el avance de la tecnología van a la par y a paso agigantados haciendo que cada vez los laboratorios requieran ser actualizados de mas equipos, instrumentos, herramientas, material didáctico para las prácticas, generando malestar y conflictos entre los estudiantes y educadores.

Los alumnos de la carrera de Electrónica reciben como materia obligatoria de la malla curricular automatización y control de procesos en la cual se topa temas de estudio como adquisición de señales analógicas o digitales, control de procesos como el de temperatura, de la estación de nivel existente en el laboratorio etc.

Pero esto no ha sido posible en un 100% pues la falta de material, herramientas, y equipos en el laboratorio de instrumentación virtual es una necesidad que requiere ser atendida con la mayor prontitud posible.

Es notorio que la falta de módulos de adquisición de datos para las prácticas de los estudiantes conlleva a que las interrogantes sean cada vez mayores sin tener respuesta alguna, por la necesidad y la carencia del mismo.

Esta investigación se hará en el Laboratorio de Instrumentación virtual de la carrera de Electrónica y se va analizar el aspecto de que efectos provoca la falta de módulos de adquisición de datos en el interaprendizaje de los alumnos de la carrera de Electrónica.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Qué efecto provoca la falta de módulos de adquisición de datos en el interaprendizaje de los alumnos de la carrera de Electrónica?

## **1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROBLEMA**

Hoy en día la necesidad de adquirir módulos de adquisición de datos es de vital importancia pues la demanda de alumnos en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico es cada vez mayor y con los que existen actualmente no son suficientes para que el desarrollo de las prácticas sean eficientes y se obtenga resultados positivos en lo posterior.

La presente investigación a la cual nos referimos a continuación que es el efecto que provoca la falta de módulos de adquisición de datos es demasiado útil y de mucha importancia para el beneficio de los estudiantes de la carrera de Electrónica, lo que se pretende dar a conocer con este trabajo es exponer una de tantas maneras de ayudar al estudiante a mejorar el interaprendizaje con la adquisición de nuevos equipos o módulos de adquisición de datos y así que todos

puedan aprender de mejor manera ya que ese también es un impedimento, el de no contar con equipo suficiente en el laboratorio de Instrumentación virtual.

De esta manera beneficiando directamente al alumno y ayudando al instituto tecnológico superior aeronáutico. Además poner mucho empeño en el desarrollo de la tecnología, dando a conocer las nuevas tendencias en el ámbito de la automatización y control de procesos; y hablando directamente en sí de módulos de adquisición de datos modernos que con los que hasta el día de hoy no posee dicho laboratorio. Y así de esta manera también incentivar a los estudiantes a la investigación de nuevos equipos y dispositivos que salen al mercado en el campo de la electrónica.

#### **1.4 OBJETIVOS**

##### **GENERAL:**

- Contribuir al desarrollo de la tecnología mediante una investigación sobre nuevos dispositivos electrónicos para adquisición de datos y de esta manera mejorar el interaprendizaje de los estudiantes de la carrera de Electrónica del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

##### **ESPECÍFICOS:**

- Analizar las principales causas y efectos que produce la falta de dispositivos electrónicos.
- Investigar dispositivos que se emplean para la adquisición de señales.
- Establecer comparaciones entre los dispositivos encontrados para reconocer el más eficiente.

- Identificar las ventajas para la implementación de los dispositivos de adquisición de señales que ayude al estudio de los alumnos de Electrónica.

## **1.5 ALCANCE**

El proyecto tratará en primera instancia de una investigación de las causas y efectos de la falta de equipo necesario en el laboratorio de Instrumentación virtual, estrategias que ayuden a mejorar el interaprendizaje de los alumnos, a través de la utilización de productos de mejor tecnología lo que resultaría un equilibrio entre la demanda de alumnos y un consecuente mejoramiento en el aprendizaje.

## **CAPÍTULO II**

### **PLAN METODOLÓGICO**

#### **2.1 MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN**

Para la eficacia de los resultados en el proyecto de investigación se utilizará una modalidad de campo (participante) pues esta nos relaciona con el estudio que se ajusta a los hechos en el lugar en que se producen los acontecimientos. Pues se toma contacto, se palpa con la realidad para obtener la información mediante entrevistas que se relacione con los objetivos planteados al inicio de la investigación.

Se añade además una modalidad documental bibliográfica con el propósito de ampliar, profundizar, diferentes enfoques, criterios, conceptualizaciones basándose en documentos, libros, revistas, periódicos, publicaciones etc.

#### **2.2 TIPOS DE INVESTIGACIÓN**

##### **NO EXPERIMENTAL**

La investigación se la realizará enfocada a muchas variables del contexto, puesto que todo fenómeno está influido directa o indirectamente a un marco social determinado por una red de relaciones. Se analizó por medio de criterios la necesidad de módulos de adquisición de datos y tener conocimiento del funcionamiento de este sistema para proceder a la ejecución del mismo.

## **2.3 NIVELES DE INVESTIGACIÓN**

### **DESCRIPTIVO**

Se utilizará este tipo de investigación debido a que se visitará el laboratorio de Instrumentación Virtual y detalladamente ver la falta de módulos de adquisición de datos así como los resultados finales que se obtengan al finalizar la investigación.

## **2.4 UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA**

La investigación se realizará en la provincia de Cotopaxi, en el cantón Latacunga, ciudad de Latacunga en este caso la población no existirá pues solo se realizara una entrevista con el docente que imparte la materia de Automatización y Control de procesos es decir la muestra (no probabilística) mediante la cual se hará la investigación, se realizará en base al objetivo del trabajo investigativo.

## **2.5 RECOLECCIÓN DE DATOS**

La recopilación de datos se lo obtendrá de las fuentes que proveerán información, para ello se recurrirá al empleo de técnicas bibliográficas y de campo, que luego de ser analizadas contribuirán con soluciones para el problema planteado.

### **2.5.1 TÉCNICAS**

**Bibliográfica Documental:** Constituye una manera primordial de obtener información, se recurrirá a libros, visitas técnicas, tesis e internet para extractar búsqueda acerca de módulos de adquisición de datos.

**Técnicas de campo.-** Permite recolectar información primaria. Entre otras se citan:

**La observación.-** En este tipo de investigación se realizará la observación del laboratorio de Instrumentación Virtual y además la realización de una entrevista al docente implicado en la materia ya que brindará una mayor aportación a nuestro estudio.

**Entrevista personal.-** Permitirá adquirir datos respaldados por el docente que imparte conocimientos sobre la utilización y funcionamiento de estos módulos de prueba para así poder recolectar de esta forma información que sustente a esta observación.

## **2.6 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

El procesamiento de la información se obtendrá tomando en cuenta el resultado obtenidos al aplicar las técnicas de campo y bibliográficas, para poder analizarlos en base a su grado de importancia, realizando un análisis crítico de la información y eliminando de los datos defectuosos, contradictorios, incompletos o no pertinentes.

## **2.7 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

El análisis y la interpretación de los resultados se lo harán en base a la entrevista personal al docente. De esta forma se conocerá si existe una relación entre el marco teórico, los resultados que se obtiene y los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación.

## **2.8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Las conclusiones y recomendaciones serán elaboradas una vez obtenidos y analizados los resultados.

## CAPÍTULO III

### EJECUCIÓN DEL PLAN METODOLÓGICO

#### 3.1.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Los antecedentes que se han tomado como referencia para la realización de este trabajo de investigación, son de los Proyectos de Grado realizados en el INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO, los cuales han sido aplicados en el Laboratorio de Instrumentación Virtual.

- Proyecto de Grado presentado por el Sr. Inga Toapanta Marco Vinicio cuyo trabajo es: “IMPLEMENTACION DE UN HMI/SCADA UTILIZANDO LA ESTACION DE NIVEL EXISTENTE EN EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL EN EL ITSA” <sup>14</sup> , el autor propuso el siguiente objetivo general: “Implementar un HMI/SCADA utilizando la estación de nivel existente en el laboratorio de Instrumentación Virtual” y determino las conclusiones que se detallan:
  - Se realizó un estudio completo de los sistemas de automatización y de los sistemas HMI/SCADA lo cual contribuyo a la implementación del mismo.
  - Los sensores ultrasónicos permiten realizar la medición del líquido de forma rápida y continua para así poder diagnosticar la mejor forma de operar el proceso y disponer de medios de modificar el proceso en el grado deseado.
  - Los sistemas HMI/SCADA como se la ha podido apreciar son aplicaciones muy potentes específicamente diseñados para permitir

---

<sup>14</sup>Sr. Inga (2006), “Implementación de un HMI/SCADA utilizando la estación de nivel existente en el laboratorio de instrumentación virtual en el ITSA”

al usuario crear una potente herramienta de dialogo con el sistema automatizado.

- Proyecto de Grado realizado por el Sr. Yuccha Cachaguay Andrés Rodolfo, su tema es “ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO PARA LA AMPLIACIÓN DE ENTRADAS ANALÓGICAS EN EL PLC S7-200 EXISTENTE EN EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONAÚTICO”<sup>15</sup>, como resultado del trabajo, el autor planteó el siguiente objetivo general: “Estudiar e implementar un módulo para la ampliación de entradas analógicas en el PLC S7-200 existente en el laboratorio de Instrumentación Virtual” y obtuvo las conclusiones que se numeran a continuación:

- Se recopiló toda la información necesaria del módulo de ampliación y sus entradas analógicas.
- Se adquirió mucho conocimiento acerca de las funciones utilizadas para la adquisición de entradas analógicas con el módulo de ampliación.
- El PLC es muy utilizado en sistemas SCADA porque su monitoreo es en tiempo real.

---

<sup>2</sup> Sr. Yuccha (2005) Estudio e implementación de un módulo para la ampliación de entradas analógicas en el PLC s7-200 existente en el laboratorio de instrumentación virtual del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

## **3.1.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **3.1.2.1 EL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.<sup>16</sup>**

Según PALLÁS Areny, Ramón "Un sistema de adquisición de datos es un equipo que nos permite tomar señales físicas del entorno y convertirlas en datos que posteriormente podremos procesar y presentar. A veces el sistema de adquisición es parte de un sistema de control, y por tanto la información recibida se procesa para obtener una serie de señales de control".

El elemento que hace dicha transformación es el módulo de digitalización o tarjeta de Adquisición de Datos (DAQ).

DAQ hardware son por lo general las interfaces entre la señal y un PC. Podría ser en forma de módulos que pueden ser conectados a la computadora de los puertos (paralelo, serie, USB, etc...)

Los puertos es una forma genérica de denominar a una interfaz a través de la cual los diferentes tipos de datos se pueden enviar y recibir. Dicha interfaz puede ser de tipo físico, o puede ser a nivel de software (por ejemplo, los puertos que permiten la transmisión de datos entre diferentes ordenadores).

#### **3.1.2.1.1. Un puerto serie**

Es una interfaz de comunicaciones entre ordenadores y periféricos en donde la información es transmitida bit a bit de manera secuencial, es decir, enviando un solo bit a la vez. Uno de los defectos de los puertos serie iniciales era su lentitud en comparación con los puertos paralelos.

---

<sup>16</sup> Pallás Areny, Ramón: "Adquisición y Distribución de Señales". Editorial Marcombo.

### **3.1.2.1.2. Un puerto paralelo**

Es una interfaz entre una computadora y un periférico, cuya principal característica es que los bits de datos viajan juntos, enviando un paquete de byte a la vez. Es decir, se implementa un cable o una vía física para cada bit de datos formando un bus. Mediante el puerto paralelo podemos controlar también periféricos como focos, motores entre otros dispositivos, adecuados para automatización. El cable paralelo es el conector físico entre el puerto paralelo y el dispositivo periférico. En un puerto paralelo habrá una serie de bits de control en vías aparte que irá en ambos sentidos por caminos distintos.

### **3.1.2.1.3. Un puerto USB**

Permite conectar hasta 127 dispositivos y ya es un estándar en los ordenadores de última generación. Pero ¿qué otras ventajas ofrece este puerto? Es totalmente Plug & Play, es decir, con sólo conectar el dispositivo y "en caliente" (con el ordenador ya encendido), el dispositivo es reconocido, e instalado, de manera inmediata. Sólo es necesario que el Sistema Operativo lleve incluido el correspondiente controlador o driver. Presenta una alta velocidad de transferencia en comparación con otro tipo de puertos. A través del cable USB no sólo se transfieren datos; además es posible alimentar dispositivos externos a través de él.

Las tarjetas DAQ a menudo contienen múltiples componentes (multiplexores, ADC, DAC, TTL-IO, temporizadores de alta velocidad, memoria RAM). Estos son accesibles a través de un bus por un micro controlador, que puede ejecutar pequeños programas. El controlador es más flexible que una unidad lógica dura cableada, pero más barato que una CPU de modo que es correcto para bloquear con simples bucles de preguntas.

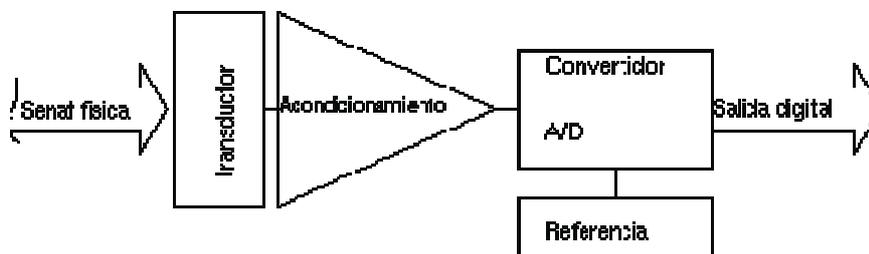
#### 3.1.2.1.4. Ventajas de las Tarjetas de Adquisición de Datos (DAQ)

Flexibilidad de procesamiento, posibilidad de realizar las tareas en tiempo real o en análisis posteriores (a fin de analizar los posibles errores), gran capacidad de almacenamiento, rápido acceso a la información y toma de decisión, se adquieren gran cantidad de datos para poder analizar, posibilidad de emular una gran cantidad de dispositivos de medición y activar varios instrumentos al mismo tiempo, facilidad de automatización, etc.

Se utiliza en la industria, la investigación científica, el control de máquinas y de producción, la detección de fallas y el control de calidad entre otras aplicaciones.

#### 3.1.2.2. ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS<sup>17</sup>

En este diagrama podemos ver los bloques que componen nuestro sistema de adquisición de datos:



Esquema de bloques de un S.A.D.

FIG. 3.1

FUENTE: Texas Instruments: "Understanding Data Converters Application Report", 1997, ref nº SLA013

---

<sup>17</sup> Texas Instruments: "Understanding Data Converters Application Report", 1997, ref nº SLA013

Los bloques principales son:

- El transductor
- El acondicionamiento de señal
- El convertidor analógico-digital
- La etapa de salida (interfaz con la lógica)

#### **3.1.2.2.1 El transductor.**

Es un elemento que convierte la magnitud física que vamos a medir en una señal de salida (normalmente tensión o corriente) que puede ser procesada por nuestro sistema. Salvo que la señal de entrada sea eléctrica, podemos decir que el transductor es un elemento que convierte energía de un tipo en otro. Por tanto, el transductor debe tomar poca energía del sistema bajo observación, para no alterar la medida.

#### **3.1.2.2.2. El acondicionamiento de señal.**

Es la etapa encargada de filtrar y adaptar la señal proveniente del transductor a la entrada del convertidor analógico / digital. Esta adaptación suele ser doble y se encarga de:

- Adaptar el rango de salida del transductor al rango de entrada del convertidor. (Normalmente en tensión).
- Acoplar la impedancia de salida de uno con la impedancia de entrada del otro.

La adaptación entre los rangos de salida del convertidor y el de entrada del convertidor tiene como objetivo el aprovechar el margen dinámico del convertidor, de modo que la máxima señal de entrada debe coincidir con la máxima que el convertidor (pero no con la máxima tensión admisible, ya que para ésta entran en funcionamiento las redes de protección que el convertidor lleva integrada).

Por otro lado, la adaptación de impedancias es imprescindible ya que los transductores presentan una salida de alta impedancia, que normalmente no

puede excitar la entrada de un convertidor, cuya impedancia típica suele estar entre 1 y 10 k $\Omega$ .

Con más detalle, en una etapa de acondicionamiento podemos encontrar estas etapas, aunque no todas están siempre presentes:

- Amplificación
- Excitación
- Filtrado
- Multiplexado
- Aislamiento
- Linealización

#### **3.1.2.2.3. Amplificación.**

Es el tipo más común de acondicionamiento. Para conseguir la mayor precisión posible la señal de entrada deber ser amplificada de modo que su máximo nivel coincida con la máxima tensión que el convertidor pueda leer.

#### **3.1.2.2.4. Aislamiento.**

Otra aplicación habitual en el acondicionamiento de la señal es el aislamiento eléctrico entre el transductor y el ordenador, para proteger al mismo de transitorios de alta tensión que puedan dañarlo. Un motivo adicional para usar aislamiento es el garantizar que las lecturas del convertidor no son afectadas por diferencias en el potencial de masa o por tensiones en modo común.

Cuando el sistema de adquisición y la señal a medir están ambas referidas a masa pueden aparecer problemas si hay una diferencia de potencial entre ambas masas, apareciendo un "bucle de masa", que puede devolver resultados erróneos.

#### **3.1.2.2.5 Multiplexado.**

El multiplexado es la conmutación de las entradas del convertidor, de modo que con un sólo convertidor podemos medir los datos de diferentes canales de entrada. Puesto que el mismo convertidor está midiendo diferentes canales, su frecuencia máxima de conversión será la original dividida por el número de canales muestreados.

#### **3.1.2.2.6 Filtrado.**

El fin del filtro es eliminar las señales no deseadas de la señal que estamos observando. Por ejemplo, en las señales cuasi-continuas, (como la temperatura) se usa un filtro de ruido de unos 4 Hz, que eliminará interferencias, incluidos los 50/60 Hz de la red eléctrica.

Las señales alternas, tales como la vibración, necesitan un tipo distinto de filtro, conocido como filtro antialiasing, que es un filtro pasabajo pero con un corte muy brusco, que elimina totalmente las señales de mayor frecuencia que la máxima a medir, ya que si no se eliminasen aparecerían superpuestas a la señal medida, con el consiguiente error.

#### **3.1.2.2.7. Excitación.**

La etapa de acondicionamiento de señal a veces genera excitación para algunos transductores, como por ejemplos las galgas exteciométricas, termistores o RTD, que necesitan de la misma, bien por su constitución interna, (como el termistor, que es una resistencia variable con la temperatur) o bien por la configuración en que se conectan (como el caso de las galgas, que se suelen montar en un puente de Wheatstone).

### **3.1.2.2.8. Linealización.**

Muchos transductores, como los termopares, presentan una respuesta no lineal ante cambios lineales en los parámetros que están siendo medidos. Aunque la Linealización puede realizarse mediante métodos numéricos en el sistema de adquisición de datos, suele ser una buena idea el hacer esta corrección mediante circuitería externa.

### **3.1.2.2.9. El convertidor Analógico / Digital.**

Es un sistema que presenta en su salida una señal digital a partir de una señal analógica de entrada, (normalmente de tensión) realizando las funciones de cuantificación y codificación.

La cuantificación implica la división del rango continuo de entrada en una serie de pasos, de modo que para infinitos valores de la entrada la salida sólo puede presentar una serie determinada de valores. Por tanto la cuantificación implica una pérdida de información que no podemos olvidar.

La codificación es el paso por el cual la señal digital se ofrece según un determinado código binario, de modo que las etapas posteriores al convertidor puedan leer estos datos adecuadamente. Este paso hay que tenerlo siempre en cuenta, ya que puede hacer que obtengamos datos erróneos, sobre todo cuando el sistema admite señales positivas y negativas con respecto a masa, momento en el cual la salida binaria del convertidor nos da tanto la magnitud como el signo de la tensión que ha sido medida.

La etapa de salida es el conjunto de elementos que permiten conectar el s.a.d con el resto del equipo, y puede ser desde una serie de buffers digitales incluidos en el circuito convertidor, hasta un interfaz RS 232, RS 485 o Ethernet para conectar a

un ordenador o estación de trabajo, en el caso de sistemas de adquisición de datos comerciales.

### **3.1.2.3. EL MUESTREO DE LA SEÑAL<sup>18</sup>**

El muestreo de la señal implica pérdida de información respecto a la señal de entrada, ya que de un número infinito de valores posibles para la entrada sólo tenemos un valor finito de valores posibles para la salida. Por tanto es fundamental saber cuántas muestras hemos de tomar.

La respuesta a esta pregunta depende del error medio admisible, el método de reconstrucción de la señal (si es que se usa) y el uso final de los datos de la conversión.

Independientemente del uso final, el error total de las muestras será igual al error total del sistema de adquisición y conversión más los errores añadidos por el ordenador o cualquier sistema digital.

Para dispositivos incrementales, tales como motores paso a paso y conmutadores, el error medio de los datos muestreados no es tan importante como para los dispositivos que requieren señales de control continuas.

Para ver el error medio de muestreo en los datos, consideremos el caso en el que se toman dos muestras por ciclo de señal sinusoidal, y la señal se reconstruye directamente desde un convertidor D/A sin filtrar (reconstrucción de orden cero). El error medio entre la señal reconstruida y la original es la mitad de la diferencia de áreas para medio ciclo, que es un 32% para una reconstrucción de orden cero, o del 14 % para una reconstrucción de orden uno.

---

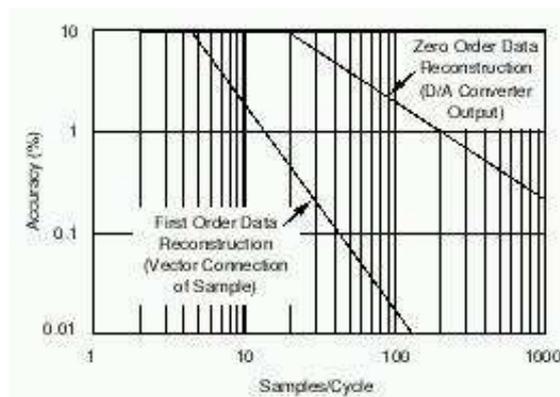
<sup>18</sup> Loveday, G.C.: "Diseño de Hardware Electrónico". Editorial Paraninfo.

De cualquier modo, la precisión instantánea en cada muestra es igual a la precisión del sistema de adquisición y conversión, y en muchas aplicaciones esto puede ser más que suficiente.

La precisión media de los datos muestreados puede mejorarse con estos métodos:

- Aumentar el número de muestras por ciclo
- Filtrado previo al multiplexado
- Filtrar la salida del convertidor digital / analógico

La mejora en la precisión media es espectacular con un pequeño aumento en el número de muestras por ciclo, como podemos ver en esta figura:



**FIG. 3.2**

**FUENTE:** Marcombo. Loveday, G.C.: "Diseño de Hardware Electrónico". Editorial Paraninfo.

Para una reconstrucción de orden cero, podemos ver que con más de 10 muestras por ciclo de señal, podemos conseguir precisiones del 90 % o mejor. Normalmente se usan entre 7 y 10 muestras por ciclo.

### **3.1.2.4. OTROS CONCEPTOS NECESARIOS PARA LA ADQUISICIÓN DE SEÑALES<sup>19</sup>**

#### **3.1.2.4.1. Estabilidad de la tensión de referencia.**

Los convertidores usan varios métodos para digitalizar la señal, pero siempre respecto a una tensión de referencia. En los casos en los que la señal de referencia sea externa deberemos tener en cuenta estas ideas:

- Usar un elemento que de una tensión con poca deriva térmica.
- Adecuar la impedancia de salida de la referencia a la impedancia de entrada del convertidor.
- Filtrar adecuadamente la salida de la referencia, así como la tensión de alimentación que se le aplica.

#### **3.1.2.4.2. Filtrado de las líneas de alimentación.**

Es imprescindible que las líneas de alimentación estén debidamente desacopladas con el uso de condensadores. Además del típico condensador electrolítico, que es adecuado para atenuar las fluctuaciones de la alimentación debidas al rizado de red, es imprescindible añadir condensadores cerámicos de unos 100 nF próximos al convertidor, para evitar los transitorios de alta frecuencia.

#### **3.1.2.4.3. Trazado adecuado y separado de la alimentación analógica y digital.**

Este aspecto, que muchas veces no se tiene en cuenta, es fundamental y puede llegar a darnos muchos problemas, sobre todo cuando medimos tensiones del orden de uno o dos mV.

---

<sup>19</sup> <http://www.monografias.com/trabajos17/sistemas-adquisicion-dato/sistemas-adquisicion-dato.shtml>

El problema se debe a que los conductores de alimentación tienen una resistencia no nula, y si tenemos un microcontrolador, por ejemplo, trabajando a 4 MHz, aparecerán en la alimentación picos de intensidad de la misma frecuencia. Estos picos generarán caídas de tensión al circular por las pistas de la placa, y estas tensiones harán que el nivel de masa fluctúe, con el consiguiente efecto en la circuitería analógica. En resumen, podemos recomendar la observación de estos puntos:

- Las pistas de masa han de ser anchas y ocupar la mayor extensión posible (planos de masa).
- Debe haber dos planos de masa separados, uno para los circuitos digitales y otro para los analógicos.
- Los planos de masa deben conectarse en un sólo punto, que habitualmente es la masa del conector de alimentación.
- Si es posible, usar dos reguladores separados para cada uno de los bloques (analógico y digital).
- Tanto si se usa un regulador, como si se usan dos es necesario dividir las líneas de alimentación del mismo modo que las de masa, esto es, con una conexión en estrella.

### **3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.**

#### **INVESTIGACIÓN DE CAMPO PARTICIPANTE**

Se aplica la investigación de campo participante, puesto que el desarrollo del proyecto se lo realiza en el laboratorio Instrumentación Virtual del ITSA.

Se ha sido participe y se ha palpado la realidad que a diario se repite pues la falta de módulos de adquisición de datos impide que se lleve a cabo con normalidad las actividades programas por el docente y la vez el malestar causado por los

alumnos pues el tiempo apremia y el aprendizaje es mínimo pues es de mucha importancia, que el conocimiento de los estudiantes sea más óptimo y práctico.

### **INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA DOCUMENTAL.**

Se utiliza esta modalidad que sirve para obtener información de los módulos de adquisición de datos que se han adquirido en años anteriores, los mismos que tenían relación con la falta de material didáctico, inexistente en el laboratorio de Instrumentación Virtual, y que fue de mucha ayuda para poder realizar nuestra investigación.

Para la elaboración se recopiló información del internet y de libros existentes en la biblioteca.

### **3.3 TIPOS DE INVESTIGACIÓN**

#### **INVESTIGACIÓN NO EXPERIMENTAL.**

Dada la verificación pertinente, la situación que existe en el laboratorio de Instrumentación Virtual de los hechos que ya se han presentado y que se han manifestado en una serie de ocasiones y se encuentran activas todos los días, durante la labor académica, conlleva a que la falta de módulos de adquisición de datos, sea una necesidad que requiere ser atendida con la mayor brevedad posible.

### **3.4 NIVELES DE INVESTIGACIÓN**

#### **DESCRIPTIVO**

La visita que se ha llevado a cabo y la observación minuciosa del Laboratorio de Instrumentación Virtual se manifiesta en una sola realidad la cual es la falta de

módulos de adquisición de datos pues en la actualidad este laboratorio solo cuenta con dos módulos de adquisición de datos de las cuales uno de ellos tiene una falla la que impide que esté operativo y se lo pueda utilizar con normalidad es decir que son insuficientes para realizar las tareas planificadas por el docente pues es una herramienta muy indispensable para las prácticas que se realizan con los alumnos de la carrera de Electrónica.

### **3.5. UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA.**

La única muestra que se obtiene es la entrevista por parte del docente que dicta clases en el laboratorio de Instrumentación Virtual, debido a que es la persona que utiliza el laboratorio para impartir clases tanto teórico como práctico.

### **3.6. RECOLECCIÓN DE DATOS**

La recolección de datos se la realizó primero en base a la observación directa que permitió el análisis que se requería, cabe mencionar que la recolección de datos también fue realizada por medio de la opinión del docente que sabe las necesidades latentes actualmente en el laboratorio, también de páginas de internet.

### **3.7. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

En este punto mediante la información necesaria que fue recolectada para nuestro proceso de investigación por medio de la observación, y la entrevista realizada al docente implicado que conoce las carencias y que coincide con la falta de módulos de adquisición de datos.

La entrevista fue exitosamente confiable ya que fue representativa y por ofrecer la ventaja de ser más práctica, económica, y la más eficiente en la investigación. Por

lo que al término de la entrevista se procedió analizar los resultados de las preguntas previamente formuladas (ver anexo A formato de la entrevista).

### **3.8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.**

Entrevista realizada al Sr. Ing. Marco Pilatasig docente de la carrera de Electrónica que imparte la materia de Automatización y Control de Procesos en el laboratorio de Instrumentación Virtual del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico

## ENTREVISTA

1. **¿Qué prácticas realiza utilizando los módulos de adquisición de datos existentes actualmente en el laboratorio de instrumentación virtual para la materia de automatización y control de procesos?**

Adquisición de señales analógicas de temperatura y nivel de líquido, también la manipulación de entradas y salidas digitales.

2. **Debido a la demanda de alumnos que existe cada semestre ¿Cuántos alumnos cree conveniente que deben estar en cada modulo de adquisición de datos para que el aprendizaje sea más óptimo?**

Lo recomendable seria tres alumnos por módulo, para que cada uno entienda y comprenda el funcionamiento de los módulos de adquisición de datos.

3. **¿Cuál piensa usted que es la principal desventaja que presentan las tarjetas actualmente utilizadas en el laboratorio?**

Las tarjetas están conectadas en el bus de la tarjeta madre de la PC y esto impide que la tarjeta DAQ pueda ser utilizada en cualquiera de las PC del laboratorio de instrumentación virtual.

4. **¿Sabe usted que tipos de módulos de adquisición de datos existen actualmente?**

Existen tarjetas de adquisición de datos con bus USB.

5. **Con referencia a la pregunta anterior ¿Cuál cree usted que es la más apropiada para realizar prácticas con los alumnos? ¿por qué?**

Las tarjetas con bus USB serian las más apropiadas debido a la velocidad de transmisión de información y a la frecuencia de muestreo que presentan.

**6. ¿Cree usted necesario la adquisición de nuevos módulos de adquisición de datos para mejorar el inter-aprendizaje de los alumnos? ¿Por qué?**

Es necesario, porque los alumnos deben conocer las innovaciones que aparecen dentro del control de procesos y estar acorde a los avances tecnológicos.

**7. ¿Qué beneficios traería consigo adquirir más módulos de adquisición de datos?**

Realizar más prácticas de laboratorio ya que los alumnos no perderían tiempo hasta que los otros grupos finalicen las respectivas prácticas.

### **3.8.1 RESULTADO GENERAL DE LA ENTREVISTA**

Una vez realizada la entrevista al docente, se recolecto toda la información y enseguida se revisó las interrogantes formuladas ordenadamente, y se procedió a la interpretación por pregunta.

En la primera pregunta de la entrevista: ¿Qué prácticas realiza utilizando los módulos de adquisición de datos existentes actualmente en el laboratorio de instrumentación virtual para la materia de automatización y control de procesos?, el entrevistado coincide con los objetivos planteados en la investigación pues la misma hace referencia a la falta de módulos de adquisición de datos pues las practicas que realiza con los módulos existentes no son suficientes para el interaprendizaje de los alumnos. Esta

respuesta fundamenta un alto porcentaje de la propuesta de investigación por lo que se debe tener en cuenta esta opinión para futuras decisiones.

En la segunda pregunta de la entrevista: Debido a la demanda de alumnos que existe cada semestre ¿Cuántos alumnos cree conveniente que deben estar en cada modulo de adquisición de datos para que el aprendizaje sea más optimo?, tiene como resultado un mínimo de tres alumnos para cada módulo de adquisición de datos para que de esta manera haya un aprendizaje más óptimo, pues actualmente solo existen dos módulos.

En la tercera pregunta de la entrevista: ¿Cuál piensa usted que es la principal desventaja que presentan las tarjetas actualmente utilizadas en el laboratorio?, el entrevistado enmarca el problema que existe con las tarjetas actualmente pues no existe el número suficiente para que las prácticas puedan ser realizadas de una manera eficiente dejando falencias en el aprendizaje de los alumnos.

En la cuarta pregunta de la entrevista: ¿Sabe usted que tipos de módulos de adquisición de datos existen actualmente?, el resultado de la entrevista menciona que las tarjetas de adquisición de datos actualmente utilizadas son las USB, lo que recalca la falta de módulos de adquisición de datos de tipo USB, pues es una necesidad que requiere ser atendida con la debida importancia.

En la quinta pregunta de la entrevista: Con referencia a la pregunta anterior ¿Cuál cree usted que es la más apropiada para realizar prácticas con los alumnos? ¿Por qué?, se menciona nuevamente que las tarjetas más apropiadas para realizar las diferentes practicas con los alumnos son las tarjetas USB; pues su velocidad de transmisión y la frecuencia de muestreo es más rápida en comparación a las que se está utilizando actualmente en el laboratorio, lo que implica una necesidad de adquirir estas tarjetas.

En la sexta pregunta de la entrevista: ¿Cree usted necesario la adquisición de nuevos módulos de adquisición de datos para mejorar el inter-aprendizaje de los alumnos? ¿Por qué?, el entrevistado afirma la falta de módulos de adquisición de datos para mejorar el aprendizaje de los alumnos pues deben estar a la par con los avances tecnológicos sobre todo al campo de control y automatización de procesos.

Finalmente en la séptima pregunta de la entrevista: ¿Qué beneficios traería consigo adquirir más módulos de adquisición de datos?, el docente llega a una sola conclusión pues la falta de módulos de adquisición de datos de una u otra manera impide realizar más prácticas de laboratorio puesto que solo se cuenta con dos módulos para la gran demanda de alumnos existentes en la carrera.

### **3.9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **3.9.1 CONCLUSIONES**

- Se necesita obtener módulos de adquisición de datos que aporten con material didáctico suficiente para las prácticas de los alumnos.
- En vista que no se posee con los módulos necesarios de adquisición de datos el aprendizaje de los estudiantes en la materia de Automatización y Control de procesos no es suficientemente efectiva.
- Se puede indicar que en el laboratorio de Instrumentación Virtual se necesita ser equipado acorde al avance de la tecnología actual, lo cual permitirá la actualización de conocimientos de los estudiantes y docentes del ITSA.

### **3.9.2 RECOMENDACIONES**

- Como una recomendación principal es la adquisición de módulos de adquisición de datos para el Laboratorio de Instrumentación Virtual.

## **CAPÍTULO IV**

### **FACTIBILIDAD**

#### **INTRODUCCIÓN.**

El propósito del trabajo de investigación es dar a conocer de una manera minuciosa y real como podemos desarrollar una respuesta clara y precisa al problema planteado y así obtener una solución adecuada.

#### **ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

Mediante una investigación adecuada se determino a través de los alumnos y de un docente de la carrera de Electrónica con Mención en Instrumentación y Aviónica; que para la materia impartida de Automatización y Control de procesos existe un promedio de unos veinte y cinco estudiantes que adquieren los conocimientos de la materia mencionada anteriormente.

En el laboratorio de instrumentación virtual en el cual se imparte esta materia consta actualmente tan solo con dos módulos de adquisición de datos para realizar las prácticas, lo que quiere decir que se forman grupos de trabajo de aproximadamente unos seis estudiantes de esta manera los alumnos necesitan mucho tiempo para realizar las prácticas, ya que mientras dos grupos están realizando las prácticas los otros dos grupos no tienen ninguna actividad por realizar hasta que los primeros finalicen su práctica; como mencionó el docente que imparte la materia en la entrevista realizada; siendo así perjudicial tanto para el estudiante como para el docente.

Todo esto hace que el docente no logre cumplir con el cronograma de actividades en las prácticas debido a la falta de módulos de adquisición de datos y debido a la demanda de estudiantes que cada vez va aumentando con el tiempo.

## DETERMINACIÓN DE LA FACTIBILIDAD.

Para la implementación de módulos de adquisición de datos es necesario tomar en cuenta las factibilidades necesarias tales como:

- Factibilidad Técnica.
- Factibilidad Operacional.
- Factibilidad Económica.

### 4.1- FACTIBILIDAD TÉCNICA.

Esta factibilidad permitirá el análisis técnico de todos los factores que justifiquen la viabilidad del proyecto, a continuación se mostrará los implementos necesarios para la ejecución del proyecto de investigación cabe resaltar que estos parámetros son de gran importancia pues determinan la posibilidad del proyecto.

<b>MATERIALES</b>	<b>OBTENCIÓN</b>
2 Módulos de Adquisición de Datos USB 6008	Compra
2 Motores trifásicos	Existentes en el Laboratorio de Control Industrial
2 Encoder incremental	Compra
Dispositivos electrónicos (resistencias, capacitores, amplificadores operacionales)	Compra
Computador que incluye el programa LABVIEW	Existentes en el Laboratorio de Control Industrial
Variador de motor trifásico	Existente en el Laboratorio de Control Industrial

Los módulos de adquisición de datos USB 6008 contienen como características principales:

- 8 entradas analógicas (12 bits, 10 kS/s)
- 2 salidas analógicas (12 bits a 150 S/s), 12 E/S digitales; contador de 32 bits
- Energizado por bus para una mayor movilidad, conectividad de señal integrada
- Compatible con LabVIEW.

Los motores trifásicos que contienen las siguientes características:

#### **MOTOR TRIFASICO SIEMENS**

- 1 Hp
- 220 YY / 440 Y V
- 3,5 / 1,75 A
- 60 Hz
- 1660 rpm

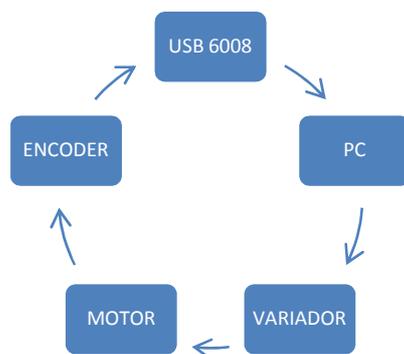
#### **MOTOR TRIFASICO LAWSON**

- TYPE Y 801-2
- 0,75 Kw / 1Hp
- 220 / 440 V
- 2 / 1 A
- 3600 rpm
- 60 Hz
- CONN □ / Y

## 4.2- FACTIBILIDAD OPERATIVA.

Cabe recalcar que la realización de las prácticas se las realizará en el laboratorio de Control Industrial ya que el mismo cuenta con los motores trifásicos, con las computadoras, y con los variadores de los motores, para realizar las prácticas de la mejor manera.

Los módulos de adquisición de datos en los cuales se implementará el control, variación de la velocidad y la medición de las r.p.m (revoluciones por minuto) de un motor trifásico. Es decir un mecanismo de control hombre-máquina el mismo que consta de un variador el cual proporciona al motor su respectivo giro ya sea hacia un lado u otro, que este a su vez esta enlazado con su respectivo encoder el mismo que se encarga de la medición de la variación de r.p.m, que a su vez es el encomendado de mandar las respectivas señales de datos hacia los módulos de adquisición de datos USB 6008, los cuales están controlados mediante un computador para tener así de esta manera un monitoreo adecuado de dicho proceso mediante el programa labVIEW instalado en dicho computador.



Los dispositivos electrónicos a utilizarse servirán como circuitos de acoplamiento entre el módulo de adquisición de datos USB 6008 y el variador del motor trifásico y entre el modulo de adquisición de señales y el encoder, ya que cada uno trabaja con un voltaje diferente; es por esto que se adicionara dichos circuitos para que su funcionamiento se optimo.

De esta manera se establece que el trabajo a desarrollar cuenta con la capacidad operativa adecuada y además existe la necesidad de conseguir módulos de adquisición de datos en el laboratorio de Control Industrial del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

#### **4.3- FACTIBILIDAD ECONÓMICA**

El recurso económico que se necesita debe ser factible para ejecutar el proyecto en los pasos requeridos, razón por la cual se determinó que el proyecto de investigación es factible después de las averiguaciones pertinentes de los materiales y herramientas que se utilizarán en la misma. Los costos que lleva adquirir módulos de adquisición de datos son los siguientes:

#### **Compra de módulos de adquisición de datos (USB6008)**

#### **GASTOS PRINCIPALES**

<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo estimado C/U</b>	<b>Total</b>
2	USB 6008	\$248,64	\$497,28
2	Encoder	\$ 100	\$200
	Dispositivos electrónicos	\$50	\$50
	<b>TOTAL</b>		<b>\$747,28</b>

## GASTOS PRIMARIOS

Descripción	Valor
Útiles de oficina	\$10
Internet	\$15
Impresiones	\$30
Anillado	\$10
Copias	\$10
<b>TOTAL</b>	<b>\$75</b>

## GASTOS SECUNDARIOS

Descripción	Valor
Alimentación	\$ 25
Movilización provincial	\$ 25
<b>TOTAL</b>	<b>\$50</b>

## TOTAL DE GASTOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO DE GRADO

Descripción	Valor
Gastos principales	\$747.28
Gastos primarios	\$75
Gastos secundarios	\$50
<b>TOTAL</b>	<b>\$872.28</b>

## **CAPÍTULO V**

### **DENUNCIA DEL TEMA**

Por lo anteriormente mencionado se ha tomado como un tema específico el “CONTROL Y MONITOREO DE MOTORES TRIFÁSICOS UTILIZANDO LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS USB 6008”.

## GLOSARIO

**BIT:** Es el acrónimo de Binary digit. (Dígito binario). Un bit es un dígito del sistema de numeración binario. Un bit o dígito binario puede representar uno de esos dos valores, 0 ó 1.

**BUFFERS:** Buffer es un espacio de memoria, en el que se almacenan datos para evitar que el programa o recurso que los requiere, ya sea hardware o software, se quede en algún momento sin datos.

**BYTE:** Un byte debe ser considerado como una secuencia de bits contiguos, cuyo tamaño depende del código de información o código de caracteres en que sea definido.

**DAQ:** Tarjeta de Adquisición de datos.

**DERIVA TÉRMICA:** Debido a que una unión semiconductor varía su comportamiento con la temperatura, los A.O. también cambian sus características, en este caso hay que diferenciar el tipo de transistor en el que está basado, así las corrientes anteriores variarán de forma diferente con la temperatura si son bipolares o JFET.

**EMULAR:** Imitar las acciones de otro procurando igualarlo o superarlo

**ETHERNET:** Ethernet es un estándar de redes de computadoras de área local con acceso al medio por contienda CSMA/CDes ("Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones"), es una técnica usada en redes Ethernet para mejorar sus prestaciones.

**FILTRO ANTIALIASING:** es un filtro pasabajo pero con un corte muy brusco, que elimina totalmente las señales de mayor frecuencia que la máxima a medir,

ya que si no se eliminasen aparecerían superpuestas a la señal medida, con el consiguiente error.

**INTERFAZ:** Es la conexión entre dos ordenadores o máquinas de cualquier tipo dando una comunicación entre ambas.

**MEMORIA RAM:** Es la memoria desde donde el procesador recibe las instrucciones y guarda los resultados. Es el área de trabajo para la mayor parte del software de un computador.

**MULTIPLEXORES:** Los multiplexores son circuitos combinacionales con varias entradas y una salida de datos, y están dotados de entradas de control capaces de seleccionar una, y sólo una, de las entradas de datos para permitir su transmisión desde la entrada seleccionada a la salida que es única.

**PERIFÉRICO:** Se denominan periféricos a los aparatos o dispositivos auxiliares e independientes conectados a la unidad central de procesamiento de una computadora.

**PLUG & PLAY:** Es una forma de expresión, con sólo conectar el dispositivo y "en caliente" (con el ordenador ya encendido), el dispositivo es reconocido, e instalado, de manera inmediata.

**PUENTE DE WHEATSTONE:** Un puente de Wheatstone es un instrumento eléctrico de medida, utilizado para medir resistencias desconocidas mediante el equilibrio de los brazos del puente. Estos están constituidos por cuatro resistencias que forman un circuito cerrado, siendo una de ellas la resistencia bajo medida.

**RTD:** Los detectores de temperatura resistivos (RTD – Resistance Temperature Detector) son sensores de temperatura basados en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura. Su símbolo es el siguiente, en el que se indica una variación lineal con coeficiente de temperatura positivo.

**RS 232:** Es una interfaz que designa una norma para el intercambio serie de datos binarios entre un DTE (Equipo terminal de datos) y un DCE (*Data Communication Equipment*, Equipo de Comunicación de datos), aunque existen otras en las que también se utiliza la interfaz RS-232.

**RS 485:** Es una especificación eléctrica (de la capa física en el modelo OSI) de las conexiones half-duplex, two-wire y multipint serial.

**TTL-IO:** Entrada-salida Digital que es caracterizada por los voltajes predefinidos para apagar y encender. Por lo tanto pueden ser utilizados solamente para controlar un circuito electrónico.

**TERMISTORES:** Un termistor es un sensor resistivo de temperatura. Su funcionamiento se basa en la variación de la resistividad que presenta un semiconductor con la temperatura.

**TERMOPARES:** Un termopar es un dispositivo formado por la unión de dos metales distintos que produce un voltaje, que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado "punto caliente" o unión caliente o de medida y el otro denominado "punto frío" o unión fría o de referencia.

## BIBLIOGRAFÍA

- Texas Instruments: "Understanding Data Converters Application Report", 1997, ref nº SLA013
- Pallás Areny, Ramón: "Adquisición y Distribución de Señales". Editorial Marcombo.
- Loveday, G.C.: "Diseño de Hardware Electrónico". Editorial Paraninfo.
- Sr. Inga (2006), "Implementación de un HMI/SCADA utilizando la estación de nivel existente en el laboratorio de instrumentación virtual en el ITSA"
- Sr. Yuccha (2005) Estudio e implementación de un módulo para la ampliación de entradas analógicas en el PLC s7-200 existente en el laboratorio de instrumentación virtual del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

# **ANEXOS**

## ANEXO 1

### INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

#### CARRERA DE ELECTRÓNICA CON MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

#### ENTREVISTA

##### DATOS INFORMATIVOS:

Lugar: Latacunga, Av. Javier Espinoza y Amazonas  
Fecha: 27-07-2010  
Entrevistador: Santiago Guillén  
Entrevistado: Ing. Marco Pilatasig

##### OBJETIVOS:

- Investigar el criterio de un especialista sobre la importancia adquirir nuevos dispositivos netamente tarjetas de adquisición de datos.

##### PREGUNTAS:

1. ¿Qué prácticas realiza utilizando los módulos de adquisición de datos existentes actualmente en el laboratorio de instrumentación virtual para la materia de automatización y control de procesos?
2. Debido a la demanda de alumnos que existe cada semestre ¿Cuántos alumnos cree conveniente que deben estar en cada modulo de adquisición de datos para que el aprendizaje sea más optimo?
3. ¿Cuál piensa usted que es la principal desventaja que presentan las tarjetas actualmente utilizadas en el laboratorio?
4. ¿Sabe usted que tipos de módulos de adquisición de datos existen actualmente?
5. Con referencia a la pregunta anterior ¿Cuál cree usted que es la más apropiada para realizar prácticas con los alumnos? ¿por qué?
6. ¿Cree usted necesario la adquisición de nuevos módulos de adquisición de datos para mejorar el inter-aprendizaje de los alumnos? ¿por qué?

7. ¿Qué beneficios traería consigo adquirir más módulos de adquisición de datos?

# CURRICULUM VITAE

## **DATOS PERSONALES**

Apellidos: GUILLÉN LOGROÑO  
Nombres: SANTIAGO MARTÍN  
Cedula de ciudadanía: 0604319004  
Estado Civil: SOLTERO  
Ciudad: RIOBAMBA  
Dirección Domiciliaria: CDLA. SAN CARLOS, CASA 97  
Teléfono: (03) 2811096/ 084217248



## **ESTUDIOS REALIZADOS:**

### **Primaria:**

- ESCUELA LA SALLE - RIOBAMBA

### **Secundaria:**

- UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA SANTO TOMÁS APOSTOL - RIOBAMBA

### **Superior:**

- INSTITUTO TECNOLOGICO SUPERIOR AERONAUTICO - Egresado

### **TÍTULOS OBTENIDOS:**

- BACHILLER EN CIENCIAS “FÍSICO- MATEMÁTICO”
- TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA
- SUFICIENCIA EN INGLÉS

### **CURSOS REALIZADOS:**

- SUFICIENCIA EN EL IDIOMA INGLES

### **EXPERIENCIAS LABORALES:**

Centro de Mantenimiento Aeronáutico “TAME” - Quito

Escuadrón de Mantenimiento Aeronáutico – Ala 11 – Quito.

## ACEPTACIÓN DEL USUARIO

Latacunga, 28 de Febrero del 2011

Yo, ING PABLO PILATASIG en calidad de encargado del Laboratorio de Instrumentación Virtual del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, me permito informar lo siguiente:

El proyecto de graduación elaborado por el Sr. **GUILLÉN LOGROÑO SANTIAGO MARTÍN**, con el tema: “**CONTROL Y MONITOREO DE MOTORES TRIFÁSICOS UTILIZANDO LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS USB6009**”, ha sido efectuado de forma satisfactoria en las dependencias de mi cargo y que la misma cuenta con todas las garantías de funcionamiento, por lo cual extiendo este aval que respalda el trabajo realizado por el mencionado estudiante.

Por tanto me hago cargo de todas las instalaciones realizadas por el Señor estudiante.

**Atentamente**

---

**ING. PABLO PILATASIG**

**ENCARGADO DEL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL**

**HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS**

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

---

**Guillén Logroño Santiago Martín**

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

---

**Ing. Pablo Pilatasig Director Carrera de Electrónica Mención  
Instrumentación & Aviónica**

---

Latacunga 28 de Febrero del 2011

## **CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL**

Yo, **Guillén Logroño Santiago Martín**, Egresado de la carrera de Electrónica Mención Instrumentación & Aviónica, en el año 2010 con Cédula de Ciudadanía N° **060431900-4**, autor del Trabajo de Graduación **Implementación de un control y monitoreo de motores trifásicos mediante la utilización la tarjeta de adquisición de datos USB6009**, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

---

**Guillen Logroño Santiago Martín**

**CI. 060431900-4**

---

Latacunga 28 de Febrero del 2011