

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN &  
AVIÓNICA**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLC TWIDO PARA EL CONTROL Y  
MONITOREO DE LA VELOCIDAD DE UN MOTOR TRIFÁSICO”**

**POR:**

**ANDRADE HARO LUIS GILBERTO**

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

**TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN  
& AVIÓNICA**

**2013**

## CERTIFICACIÓN

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

---

**ING. LUCÍA GUERRERO**

**DIRECTORA DEL PROYECTO**

Latacunga, Junio del 2013

## **DEDICATORIA**

“Aquellos que dicen que algo no puede hacerse, suelen ser interrumpidos por otros que lo están haciendo.” (Henry F. Amiel).

Este proyecto de grado está dedicado a mi madre, a mis abuelitos y a cada una de las personas que me han apoyado en el desarrollo del mismo y de mi vida profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi madre Rosa Haro quien ha sido un pilar invaluable para el fomento y evolución de mi vida personal y profesional y quien con su afecto y dedicación me ha mostrado la valiosa esencia del aprender; de igual forma extendiendo mi más sincero agradecimiento a la Ing. Lucía Guerrero y al Ing. Pablo Pilatásig, por compartirme los conocimientos necesarios y su total apoyo, para alcanzar unos más de mis objetivos, mi proyecto de grado.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN .....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	V
ÍNDICE DE TABLAS .....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIII
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS .....	XV
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XVI
RESUMEN .....	XVIII
ABSTRACT.....	XVIII

### CAPÍTULO I

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

### CAPÍTULO II

2. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.....	4
2.1. INTRODUCCIÓN .....	4
2.1.1. PRINCIPALES COMPONENTES DE UN PLC.....	4
1. Fuente de alimentación.....	4
2. CPU .....	5
3. Módulo de entradas .....	5

4. Módulo de salida.....	5
5. Terminal de programación .....	5
6. Periféricos.....	5
2.1.2. CONTROLADORES COMPACTOS.....	6
2.1.2.1. Descripción de los componentes de un controlador compacto.....	8
2.1.3. MÓDULOS DE AMPLIACIÓN.....	8
2.1.4. MÓDULOS DE E/S DIGITALES .....	9
a) Módulos de entradas TON con alimentación a 24 Vcc .....	9
b) Módulo de entradas TON con alimentación a 120 Vac.....	9
c) Módulos mixtos de entradas y salidas con alimentación a 24 Vcc.....	10
d) Módulos de salidas con bornero extraíble .....	10
e) Módulos de salidas con conector TELEFAST .....	10
2.1.5. MÓDULOS DE E/S ANALÓGICAS.....	10
a) Por el número de entradas/salidas .....	11
b) Por el tipo de señal analógica .....	11
2.1.6. TIPOS DE CONEXIÓN.....	12
2.1.7. ACCESORIOS.....	13
2.1.8. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS COMUNICACIONES.....	14
a) Remote Link (Conexión remota) .....	14
b) ASCII .....	15
c) Modbus .....	15
2.1.9. BUS DE COMUNICACIÓN ETHERNET.....	16
2.1.10. BUS DE COMUNICACIÓN MODBUS .....	17
a) Pregunta/respuesta.....	18
b) Difusión.....	18
c) Modo maestro de Modbus .....	18
d) Modo esclavo Modbus .....	18
2.2. SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN.....	19
2.2.1. INTRODUCCIÓN.....	19
2.2.2. TWIDOSUITE .....	20
1) Modo “Programación”.....	20

2) Modo “Vigilancia” .....	20
3) Actualización de autómatas .....	21
2.2.3. NAVEGACIÓN POR EL ESPACIO DE TRABAJO DE TWIDOSUITE .....	21
1) Barra de pasos de la aplicación .....	22
2) Barra de subpasos del programa.....	22
3) Barra de tareas .....	22
4) Barra de funciones.....	23
5) Barra de acceso rápido .....	23
6) Editores y visualizadores .....	23
7) Barra del cuadro de lista Error .....	23
2.2.4. CONFIGURACIÓN BÁSICA DEL HARDWARE TWIDO .....	23
1) El Panel gráfico.....	24
2) El Panel de catálogos de productos.....	24
3) El Panel de listas de materiales .....	24
2.2.5. TIPOS DE VARIABLES BÁSICOS .....	25
2.2.5.1. TIPOS DE OBJETOS DE BIT .....	25
1) Bits de E/S .....	25
2) Bits internos .....	26
3) Bits de sistema.....	26
4) Bits extraídos de palabras .....	26
5) Los Objetos de Palabra .....	27
2.2.5.2. TIPOS DE OBJETOS DE PALABRA.....	28
1) E/S analógicas .....	28
2) Memoria interna .....	28
3) Constantes.....	28
4) Palabras de sistema .....	28
2.2.6. INSTRUCCIONES DE CONTAJE MUY RÁPIDO VFC.....	30
2.2.7. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN .....	30
a) Lenguaje Ladder .....	30
b) Instrucciones de Lista .....	30
c) GRAFCET (Gráfica de control de secuencias de programación).....	31

2.3. VARIADORES DE FRECUENCIA .....	32
2.3.1. Introducción .....	32
2.3.2. Micromaster .....	32
2.3.3. Características principales.....	33
2.3.4. Características de protección .....	34
2.4. MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA .....	34
2.4.1. Introducción .....	34
2.4.2. Motor Trifásico 1LA7 080-4YA60 y sus Partes .....	35
• Carcasa .....	35
• Estator .....	35
• Rotor.....	36
2.4.3. Características.....	36
2.4.4. Ventajas.....	37
2.5. ENCODER ROTATORIO.....	50
2.5.1. Introducción.....	50
2.5.2. Encoder Incremental E50S8-360-3-T-24 .....	50
2.5.3. Características.....	50
2.6. CONTROL PID .....	40
2.6.1. Introducción.....	40
2.6.2. Definición.....	40
2.6.2.1. Variable de Proceso .....	41
2.6.2.2. Set Point .....	41
2.6.2.3. Error.....	41
2.6.3. Funcionamiento .....	42
2.6.4. Control Proporcional.....	43
2.6.4.1. Características.....	43
2.6.4.2. Error Estacionario.....	44
2.6.5. Control Integral .....	45
2.6.5.1. Características .....	45
2.6.6. Control Derivativo .....	46
2.6.6.1. Características.....	46



2.6.7. Reglas heurísticas de ajuste.....	47
2.6.8. Métodos Experimentales de Ajuste .....	48
2.6.8.1. Método de Ziegler-Nichols en Bucle Cerrado .....	48
2.7. ETHERNET.....	49
2.7.1. Introducción.....	49
2.8. LABVIEW .....	50
2.9. HMI .....	50

### CAPÍTULO III

3. DESARROLLO DEL TEMA .....	52
3.1. PRELIMINARES .....	52
3.2. Montaje del plc, módulo ethernet y módulo de ampliación de e/s analógicas	53
3.2.1. CONTROLADOR COMPACTO TWDLCAA24DFR .....	53
3.2.1.1. Descripción de los componentes de un controlador compacto.....	54
3.2.2. MÓDULO DE E/S ANALOGICAS TM2AMM3HT .....	54
3.3. PROGRAMACIÓN DEL PLC .....	55
3.3.1. INSTALACIÓN DEL SOTWARE TWIDOSUITE .....	55
3.3.1.1. REQUISITOS MÍNIMOS Y RECOMENDADOS .....	55
3.3.1.2. Instalación del software de programación twidosuite .....	56
3.3.2. NUEVO PROYECTO .....	60
3.3.3. TRANSFERENCIA DEL PROGRAMA POR PRIMERA VEZ AL PLC .....	66
3.3.4. PROGRAMACIÓN DEL PLC PARA EL PROCESO .....	67
3.3.4.1. PROCESO DE PROGRAMACIÓN.....	67
3.4. TRANSFERENCIA DEL PROGRAMA VÍA ETHERNET .....	72
3.5. DISEÑO DEL SISTEMA HMI EN LABVIEW .....	74
3.5.1. DESCRIPCIÓN.....	74
3.5.2. CONFIGURACIÓN EN OPC SERVER.....	74
3.5.3. DESARROLLO DEL PROGRAMA .....	75
3.6. VALORES DE SINTONIZACIÓN .....	82
3.7. INSTRUCTIVO PARA EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LA HMI.....	83
3.7.1. DESCRIPCIÓN.....	83

3.7.2. PLC TWIDO.....	84
3.7.3. SISTEMA HMI EN LABVIEW.....	88
3.8. GASTOS REALIZADOS .....	90
3.8.1. GASTOS PRIMARIOS .....	90
3.8.2. GASTOS SECUNDARIOS .....	91
3.10.3. GASTO TOTAL .....	92

#### CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	93
4.1. CONCLUSIONES .....	93
4.2. RECOMENDACIONES.....	94
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	95
BIBLIOGRAFÍA .....	98

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Reglas heurísticas de ajuste. ....	48
Tabla 2.2 Método de Ziegler-Nichols Bucle Cerrado.....	49
Tabla 3.1 Sintaxis en Modbus Ethernet.....	90
Tabla 3.2 Muestreo tiempo integral.....	82
Tabla 3.3 Gastos Primarios.....	90
Tabla 3.4 Gastos Secundarios.....	91
Tabla 3.5 Gasto Total.....	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Gama de controladores Twido compactos .....	6
Figura 2.2 Módulos de ampliación y accesorios para los controladores .....	7
Figura 2.3 Partes de un controlador compacto .....	8
Figura 2.4 Módulos de e/s digitales.....	9
Figura 2.5 Módulos de e/s analógicas.....	11
Figura 2.6 Sistema de conexionado TELEFAST .....	13
Figura 2.7 Accesorios.....	14
Figura 2.8 Esquema ejemplo de Conexión Remota .....	15
Figura 2.9 Módulos de comunicación.....	16
Figura 2.10 Ejemplo de arquitectura Ethernet.....	17
Figura 2.11 Esquema ejemplo de comunicación MODBUS .....	18
Figura 2.12 Plataforma TwidoSuite .....	19
Figura 2.13 Pantalla inicial de TwidoSuite.....	21
Figura 2.14 Espacio general de trabajo del TwidoSuite .....	22
Figura 2.15 Ventana de configuración de Hardware “Describir” .....	24
Figura 2.16 Descripción de Bits de E/S.....	25
Figura 2.17 Descripción de Bits de Sistema o Internos.....	26
Figura 2.18 Descripción de Bits Extraídos de Palabra .....	26
Figura 2.19 Descripción de objetos de palabra. ....	27
Figura 2.20 Descripción de palabra E/S analógicas.....	28
Figura 2.21 Descripción de palabras de sistema.....	28
Figura 2.22 Ejemplo de programa en Listado de instrucciones.....	31
Figura 2.23 Ejemplo de programa en GRAFCET .....	31
Figura 2.24 MICROMASTER 440 .....	33
Figura 2.25 Motor Trifásico 1LA7 080-4YA60 y sus Partes.....	36
Figura 2.26 Motor Trifásico 1LA7 080-4YA60. ....	37
Figura 2.27 Encoder Incremental E50S8-360-3-T-24.....	39
Figura 2.28 Esquema de un Control PID.....	42
Figura 2.29 Características del Control Proporcional.....	44

Figura 2.30 Error Estacionario. ....	44
Figura 2.31 Control Integral.....	45
Figura 2.32 Control Derivativo.....	46
Figura 3.1 Partes de un Controlador Compacto.....	54
Figura 3.2 Módulo de E/S Analógicas TM2AMM3HT .....	55
Figura 3.3 Icono del archivo ejecutable.....	56
Figura 3.4 Icono de instalación.....	57
Figura 3.5 Inicio del proceso de instalación. ....	57
Figura 3.6 Contrato de licencia .....	58
Figura 3.7 Nombre del organizador.....	58
Figura 3.8 Ruta de instalación del programa.....	59
Figura 3.9 Seleccionar carpeta de programas .....	59
Figura 3.10 Opciones de apertura de TwidoSuite .....	60
Figura 3.11 Pantalla inicial de TwidoSuite.....	60
Figura 3.12 Ventana de la pestaña de “Proyecto” .....	61
Figura 3.13 Icono describir.....	62
Figura 3.14 Ventana de configuración “Describir” Selección de controlador.....	62
Figura 3.15 Selección de módulo de ampliación.....	63
Figura 3.16 Selección la interface Ethernet.....	63
Figura 3.17 Configuración del módulo de ampliación.....	64
Figura 3.18 Configuración de la IP.....	64
Figura 3.19 Configuración del puerto de comunicación .....	65
Figura 3.20 Configuración de la Comunicación Modbus Ethernet .....	65
Figura 3.21 Transferencia de programa .....	66
Figura 3.22 Pasos para crear el programa.....	67
Figura 3.23 Se insertó un bloque de operación.....	70
Figura 3.24 Escalamiento de la señal. ....	71
Figura 3.25 Se insertó la ecuación en los bloques de operación. ....	71
Figura 3.26 Almacenamiento de bits para frecuencia. ....	72
Figura 3.27 Icono de preferencia.....	72
Figura 3.28 Gestión de las conexiones. ....	73

Figura 3.29 Transferencia por Ethernet.....	74
Figura 3.30 Crear nuevo archivo. ....	75
Figura 3.31 Asignación del nombre del canal. ....	76
Figura 3.32 Selección de driver.....	76
Figura 3.33 Adaptador de red. ....	77
Figura 3.34 Nombre del dispositivo. ....	77
Figura 3.35 Dirección IP.....	78
Figura 3.36 Crear nuevo tag. ....	78
Figura 3.37 Lista de tags.....	79
Figura 3.38 Edición de gráficos en LABVIEW .....	79
Figura 3.39 Diagrama de bloques .....	80
Figura 3.40 Propiedades del elemento.....	81
Figura 3.41 Data Binding.....	81
Figura 3.42 Variables de control.....	83
Figura 3.43 Partes del PLC TWIDO .....	84
Figura 3.44 Ranura de expansión. ....	84
Figura 3.45 Módulo E/S analógicas.....	85
Figura 3.46 Conexión L y N.....	85
Figura 3.47 Ventana de inicio de TwidoSuite. ....	86
Figura 3.48 Abrir un programa. ....	86
Figura 3.49 Depurar un programa. ....	87
Figura 3.50 Transferir el programa.....	87
Figura 3.51 Ventana de ejecución.....	88
Figura 3.52 Run en el sistema HMI en LABVIEW. ....	89
Figura 3.53 Control PID.....	90

**ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS**

Fotografía 3.1 Montaje del PLC ..... 53

## ÍNDICE DE ANEXOS

**ANEXO A** CONFIGURACIÓN DEL HARDWARE TWIDO.

**ANEXO B** PROGRAMACIÓN EN TWIDO SUITE.

**ANEXO C** DISEÑO DEL SISTEMA HMI EN LABVIEW.

**ANEXO D** DIRECCIONAMIENTO OPC SERVER.

**ANEXO E** ANTEPROYECTO.



## RESUMEN

Se realizó la implementación de un PLC TWIDO para el control y monitoreo de la velocidad de un motor trifásico en el Laboratorio de Instrumentación Virtual del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, la misma que se realizó mediante la adquisición de un PLC TWIDO TWDLCAA24DRF, un módulo de ampliación de E/S analógicas y un módulo de comunicación Ethernet.

En este proyecto se realizó la adquisición de datos (pulsos) que el encoder rotativo entrega al PLC, mediante un escalamiento interno se determinó las RPM del motor y mediante una salida analógica del módulo de ampliación que va de 0 a 10 VCC, se pudo controlar el frecuencímetro y este a su vez el motor realimentándolo para obtener el valor deseado por el SET POINT.

Se realizó una HMI en LABVIEW, mediante la cual se monitoreó y controló la velocidad del motor, con el software TWIDO SUITE se pudo realizar y cargar la programación en el PLC y mediante el software OPC Server comunicar los software mencionados anteriormente.

## **ABSTRACT**

Was performed implementing a Twido PLC for control and monitoring of the speed of a three phase motor on Virtual Instrumentation Laboratory held the same by acquiring TWDLCAA24DRF TWIDO PLC, an Expansion I / S analog and Ethernet communication module.

This project was carried out data acquisition (pulses) the delivery to the PLC rotary encoder through a determined internal scaling engine RPM and using an analog output of the expansion module from 0 to 10 VDC, could be controlled the frequency meter and this in turn refeeding engine to get the desired value by the SET POINT.

HMI was performed in LABVIEW, through which controlled and monitored engine speed with TWIDO SUITE software and load could be performed in the PLC programming and software by OPC Server to communicate the above software.

# CAPÍTULO I

## 1.1. ANTECEDENTES

El desarrollo industrial se ha ido dando debido a la necesidad de suplir la mano del hombre por máquinas que sean capaces de realizar procesos mejorados en cuanto a la calidad del producto, el tiempo empleado y el costo, es así que surgió la automatización industrial, la misma que ayuda de gran manera y ahorra recursos a las empresas que disponen de la misma.

Entonces surgieron los autómatas programables y con ellos las diversas aplicaciones, es por esto que las instituciones de educación superior forman a sus estudiantes en el área antes mencionada, para que los futuros profesionales puedan manejar este tipo de tecnología.

La comunicación Ethernet fue creada originalmente por Xerox en los años 70 y posteriormente desarrollada en conjunto por Digital Equipment Corporation, Intel y Xerox, la misma fue catalogada como la tecnología en redes del futuro.

En la actualidad es una herramienta utilizada en la formación técnica de los alumnos de muchas instituciones educativas, y después de la investigación respectiva realizada en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, se pudo determinar que aquí no se ha realizado aún un proyecto que maneje este tipo de tecnología a la par con un autómata o PLC de la marca TWIDO.

Es por ello importante el desarrollo de este proyecto ya que el ITSA no posee este tipo de tecnología en el laboratorio de Instrumentación Virtual, el mismo que beneficiará el aprendizaje y formación de los futuros tecnólogos, quienes deberán poner en práctica sus conocimientos en el campo laboral.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

La razón principal para desarrollar el presente proyecto es el de aportar al desarrollo educativo de la institución y formación pre-profesional de los alumnos de la carrera de Electrónica, pudiendo así ganar experiencia en la práctica, ya que es necesaria para el buen desempeño en el campo laboral.

Mediante el paso del tiempo la tecnología ha ido creciendo y en la actualidad el monitoreo de la mayoría de los procesos industriales se realiza mediante una HMI (Human Machine Interfaces), por tal motivo es importante realizar una interfaz utilizando LABVIEW, software que facilita el monitoreo de las variables físicas en un proceso industrial.

Por tal motivo el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico debe contar con un PLC Twido en su laboratorio de Instrumentación Virtual, el mismo que es utilizado en las industrias por su fácil manejo, tamaño compacto y excelentes prestaciones, convirtiéndose en una necesidad académica, para la realización de proyectos que vayan en pro de las mejoras educativas.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL:**

- ✓ Realizar una HMI en LABVIEW que permita realizar el control y monitoreo de la velocidad de un motor trifásico en el laboratorio de Instrumentación Virtual.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Analizar las características y especificaciones del PLC TWIDO para su correcta implementación.
- ✓ Implementar un control PID en conjunto con el autómata TWIDO, para realizar una HMI utilizando LABVIEW y una comunicación ETHERNET, que permita monitorear y controlar la velocidad de un motor trifásico.
- ✓ Determinar las conclusiones y recomendaciones de la implementación del PLC TWIDO, en el monitoreo y control de la velocidad de un motor trifásico

### **1.4. ALCANCE**

Está dirigido a los alumnos de quinto y sexto nivel de la carrera de Electrónica mención Instrumentación y Aviónica, específicamente en las asignaturas de Control Industrial y Automatización y Control de Procesos respectivamente, para que les sirva como una valiosa herramienta y puedan realizar las diferentes y variadas prácticas, las mismas que ayudarán en el aprendizaje teórico-práctico.

## CAPÍTULO II

### 2. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

#### 2.1. INTRODUCCIÓN

“El PLC (Programmable Logic Controller) es un equipo electrónico programable diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente industrial un proceso secuencial. Se produce una reacción a la información recibida por los captadores del sistema automatizado (finales de carrera, sensores, encoders) y se actúa sobre los accionadores de la instalación (motores, electroválvulas, etc).

El avance de la automatización ha ido invariablemente unido al avance de los sistemas eléctricos y electrónicos. A medida que se han ido mejorando los sistemas informáticos y reduciendo el tamaño de los componentes electrónicos se han podido construir autómatas con mayor capacidad de control sobre los sistemas, se ha reducido su tamaño y se han aumentado sus posibilidades”<sup>1</sup>.

##### 2.1.1. PRINCIPALES COMPONENTES DE UN PLC

###### 1. Fuente de alimentación:

Convierte la tensión de la red, 110V o 220V AC a baja tensión de cc (24V por ejemplo) que es la que se utiliza como tensión de trabajo en los circuitos electrónicos que forma el autómata.

---

<sup>1</sup>[http://www.uclm.es/profesorado/rcarcelen\\_plc/control.htm](http://www.uclm.es/profesorado/rcarcelen_plc/control.htm)

## 2. **CPU:**

La Unidad Central de Procesos es el auténtico cerebro del sistema. Es el encargado de recibir órdenes del operario a través de la consola de programación y el módulo de entradas. Después las procesa para enviar respuestas al módulo de salidas.

## 3. **Módulo de entrada:**

Aquí se unen eléctricamente los captadores (interruptores, finales de carrera, etc.). La información que recibe la envía al CPU para ser procesada según la programación. Hay 2 tipos de captadores conectables al módulo de entrada: los pasivos y los activos.

## 4. **Módulo de salida:**

Es el encargado de activar y desactivar los actuadores (bobinas de contactores, motores pequeños, etc.). La información enviada por las entradas a la CPU cuando está procesada, se envía al módulo de salida para que estas sean activadas (también los actuadores que están conectados a ellas). Hay 3 módulos de salidas según el proceso a controlar por el autómatas: relés, TRIAC y transistores.

## 5. **Terminal de programación:**

La terminal o consola de programación permite comunicar al operario con el sistema. Sus funciones son la transferencia y modificación de programas, la verificación de la programación y la información del funcionamiento de los procesos.

## 6. **Periféricos:**

Ellos no intervienen directamente en el funcionamiento del autómatas pero sí facilitan la labor del operario.

## 2.1.2. CONTROLADORES COMPACTOS

Los Controladores Programables TWIDO, han sido optimizados para instalaciones sencillas y máquinas pequeñas (aplicaciones estándar de 10 a 100 E/S, máx. 252 E/S). Ofreciendo una flexibilidad y sencillez a la hora de automatizar este tipo de aplicaciones.

La gama de controladores programables compactos TWIDO ofrece una solución “todo en uno” con unas dimensiones reducidas, lo que permite disminuir el tamaño de las consolas o de los cofres en las aplicaciones donde el espacio ocupado resulta primordial.

Los controladores de tipo compacto tiene integradas en el mismo cuerpo las entradas y salidas, este dependerá del modelo, pudiendo elegir: 10 E/S, 16 E/S, 24 E/S y 40 E/S.

Los controladores de 24 E/S y 40 E/S admiten módulos de ampliación que confieren una mayor flexibilidad a la hora de elegir el tipo de controlador.



Figura 2.1 Gama de controladores Twido compactos  
Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

En los controladores de 24 E/S es posible colocar hasta 4 módulos de ampliación y en los de 40 E/S hasta 7 módulos, dependiendo siempre de que no se supere los límites de consumo de potencia, este se puede controlar a través del software TwidoSuite.



Dependiendo del tipo de módulo de ampliación se puede llegar hasta 152 E/S con el controlador de 24 E/S y hasta 264 E/S como máximo con el de 40 E/S.

Los controladores Twido compactos ya tienen integrada la fuente de alimentación y utilizan: Una alimentación de corriente alterna comprendida entre 100 y 240 Vca (que garantiza la alimentación 24Vcc de los captadores), o una alimentación de corriente continua comprendida entre 19,2 y 30 Vcc (prever una alimentación auxiliar externa tipo Phaseo para la alimentación de los captadores).

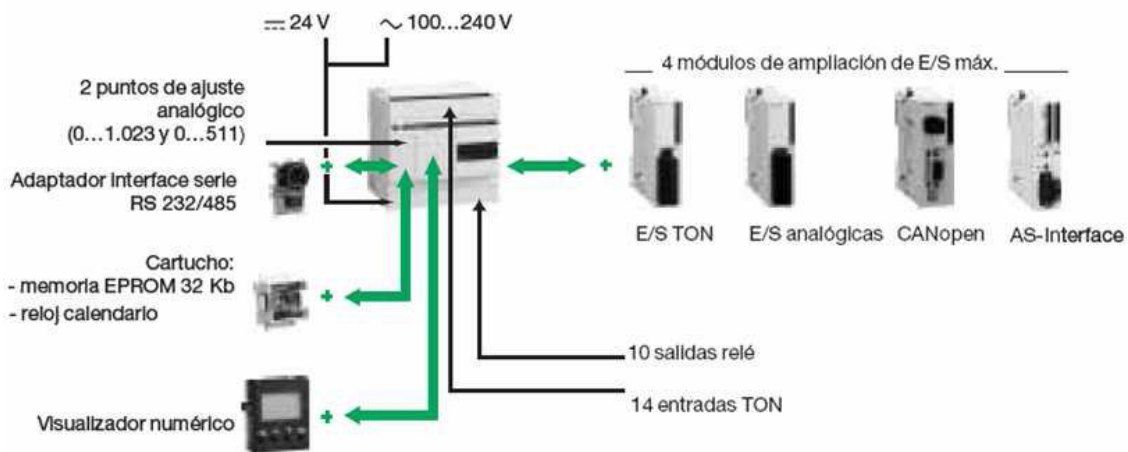


Figura 2.2 Módulos de ampliación y accesorios para los controladores compactos  
Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

Además de los módulos de ampliación, los controladores compactos Twido, también disponen de módulos opcionales, como visualizador numérico, cartucho de ampliación de memoria, cartucho de reloj calendario y puerto de comunicación RS 485 o RS 232C suplementario, que permiten ajustarse a las necesidades de la aplicación.

### 2.1.2.1. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE UN CONTROLADOR COMPACTO

Los controladores Twido compactos están formados por los siguientes componentes, teniendo en cuenta que hay pequeñas diferencias entre modelos de controlador, pero los componentes siempre serán los mismos:

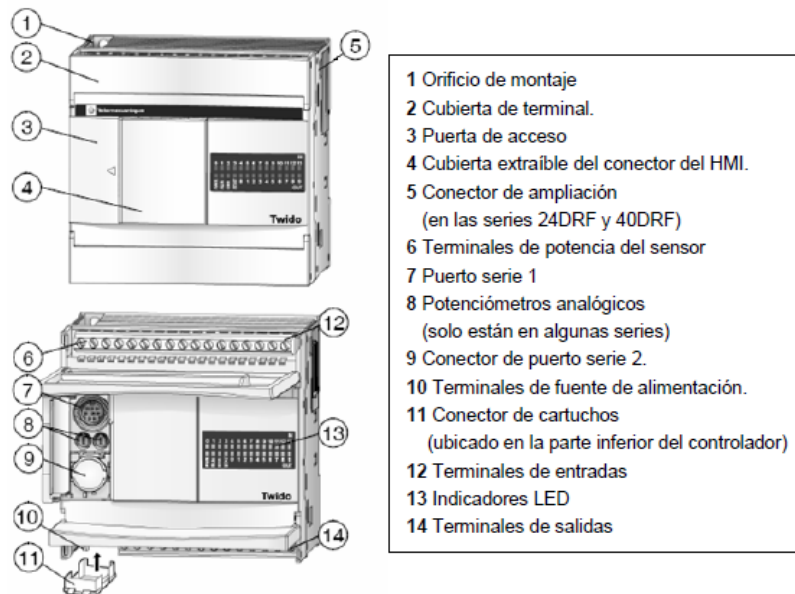


Figura 2.3 Partes de un controlador compacto  
Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

### 2.1.3. MÓDULOS DE AMPLIACIÓN

Los módulos de ampliación confieren al controlador TWIDO la mayor adaptabilidad posible a las diferentes aplicaciones dentro de su campo de acción, pudiéndose ajustar el dispositivo lo máximo posible a cada una de las aplicaciones concretas con el ahorro de coste que ello comporta.

## 2.1.4. MÓDULOS DE E/S DIGITALES

Existen una amplia gama de módulos distintos de entradas/salidas TON Twido que permiten completar las entradas/salidas integradas tanto en las bases compactas ampliables como en las bases modulares, pudiendo cada usuario adaptar el controlador a las necesidades de su aplicación, optimizando así los costes.



**16 Entradas con  
bornero extraíble**

**32 Entradas con  
conector TELEFAST**

**8 Salidas relé con  
bornero extraíble**

**16 Entradas / 8 Salidas  
con conexión por resorte**

Figura 2.4 Módulos de e/s digitales

Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

La descripción de los 15 tipos de tarjetas, se divide en módulos de entradas, módulos de salida y módulos híbridos de entradas y salidas, también diferenciándose por el tipo de conexión:

- a) Módulos de entradas TON con alimentación a 24 Vcc.
  - 8 Entradas de bornero extraíble.
  - 16 Entradas de bornero extraíble.
  - 8 Entradas de conector TELEFAST.
  - 16 Entradas de conector TELEFAST.
- b) Módulo de entradas TON con alimentación a 120 Vac.

- 8 Entradas de bornero extraíble.
- c) Módulos mixtos de entradas y salidas con alimentación a 24 Vcc.
  - 16 Entradas/8 Salidas Relé 2 A, de conexión por resorte.
  - 4 Entradas/4 Salidas Relé 2 A, de bornero extraíble.
- d) Módulos de salidas con bornero extraíble:
  - 8 Salidas Relé 2 A.
  - 16 Salidas Relé 2 A.
  - 8 Salidas Transistor 0,3 A PNP con alimentación a 24Vcc.
  - 8 Salidas Transistor 0,3 A NPN con alimentación a 24 Vcc.
- e) Módulos de salidas con conector TELEFAST:
  - 16 Salidas Transistor 0,1 A PNP con alimentación a 24Vcc.
  - 16 Salidas Transistor 0,1 A PNP con alimentación a 24Vcc.
  - 32 Salidas Transistor 0,1 A PNP con alimentación a 24Vcc.
  - 32 Salidas Transistor 0,1 A NPN con alimentación a 24 Vcc.

Los elementos electrónicos internos y las vías de entradas/salidas de todos los módulos de entradas/salidas TON están aislados mediante fotoacoplador.

### **2.1.5. MÓDULOS DE E/S ANALÓGICAS**

Los módulos de ampliación de entradas analógicas Twido permiten obtener diferentes valores analógicos presentes en las aplicaciones industriales. Los de salidas analógicas se utilizan para dirigir los preaccionadores en unidades físicas, como variadores de velocidad, válvulas y aplicaciones que requieran control de procesos.



Figura 2.5 Módulos de E/S analógicas  
Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

Las entradas y salidas analógicas vendrán definidas en función del valor analógico, puede ser la corriente o la tensión, incluso valores de resistencia para los casos de temperatura.

Los módulos de entradas/salidas analógicas, tendrán la conexión del tipo bornero extraíble.

Los módulos de entradas/salidas analógicas se elegirán teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- a) Por el número de entradas/salidas: 2, 4 y 8
- b) Por el tipo de señal analógica:
  - Señal de Tensión de 0...10 V
  - Señal de corriente de 0...20 mA
  - Señal de corriente de 4...20 mA
  - Señal de entrada termopar del tipo K, J y T.
  - Señal de entrada PTC del tipo Pt 100/1000, Ni100/1000 rango de temperatura entre 50...150 °C.

Existe un tipo de módulo mixto que presentan entradas y salidas analógicas en el mismo cuerpo.

Los módulos analógicos Twido ofrecen una resolución de 10 bits, 11 bits + signo y 12 bits, con conexión mediante borneros con tornillo desenchufable.

Es necesario instalar una alimentación externa de 24 Vcc para cada módulo analógico.

Los elementos electrónicos internos y las vías de entradas/salidas de todos los módulos de entradas/salidas analógicas están aislados mediante fotoacoplador.

### **2.1.6. TIPOS DE CONEXIÓN**

Se observa que hay diferentes tipos de conexión en los módulos de ampliación para facilitar el cableado de los diferentes elementos de la aplicación a automatizar (sensores, actuadores) al controlador Twido. Estos 3 tipos de conexión son:

- ❖ Borneros con tornillos extraíbles.
- ❖ Conectores de tipo resorte que permiten realizar un cableado sencillo, rápido y seguro.
- ❖ El sistema de precableado Advantys Telefast ABE 7 permite conectar los módulos con conectores de tipo HE 10: a los cables preequipados con hilos libres en uno de los extremos o al sistema de cableado Advantys Telefast ABE 7 para controlador Twido (conjunto de cables de conexión y bases ABE 7).

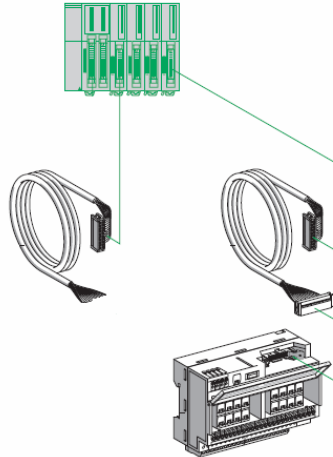


Figura 2.6 Sistema de conexión TELEFAST  
 Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

### 2.1.7. ACCESORIOS

Existen varias opciones que pueden agregarse a los controladores base, para incrementar las prestaciones en su justa medida, en función de la aplicación.

- ❖ Cartuchos de ampliación de memoria de 32 Kb o 64 Kb, para backup del proyecto o almacenamientos de datos de la aplicación.
- ❖ Cartucho de reloj de tiempo real (RTC), para la utilización dentro del software de programación TwidoSuite de los 16 bloques de función horaria extendida.
- ❖ Adaptadores de comunicaciones es una opción disponible para todas las CPUs (excepto la de 10 E/S) ofrece la posibilidad de comunicación RS-232 o RS-485, varios tipos de conexión (conector Mini DIN o bornero para RS-485), pudiéndose configurar como: Modbus Maestro/Esclavo, ASCII y Remote Link.
- ❖ Display HMI (diferente en función si el Twido es compacto o modular), permite el ajuste de la máquina sin necesidad de utilizar el software de programación y funciones de diagnóstico durante el funcionamiento tales como: acceso a variables internas (temporizadores, contadores, hora, etc.),

puesta en RUN, STOP, inicialización de memoria y el bloqueo por programa.



Figura 2.7 Accesorios

Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

### 2.1.8. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS COMUNICACIONES

Los controladores Twido disponen de un puerto serie, o de un segundo puerto opcional, que se utiliza para servicios en tiempo real o de administración de sistemas. Los servicios en tiempo real proporcionan funciones de distribución de datos para intercambiar datos con dispositivos de E/S, así como funciones de administración para comunicarse con dispositivos externos. Los servicios de administración de sistemas controlan y configuran el controlador por medio de TwidoSoft. Cada puerto serie se utiliza para cualquiera de estos servicios, pero sólo el puerto serie 1 es válido para comunicarse con TwidoSoft.

Para poder utilizar estos servicios, existen tres protocolos implícitos disponibles en cada controlador:

- a) Remote Link (Conexión remota): permite realizar una comunicación entre autómatas Twido vía RS-485, utilizado para ver E/S a distancia (sin



programa en las CPUs deportadas) o para red de Twidos con programa, con una longitud máxima de 200 m y hasta 8 equipos en una red (maestro + 7 esclavos).

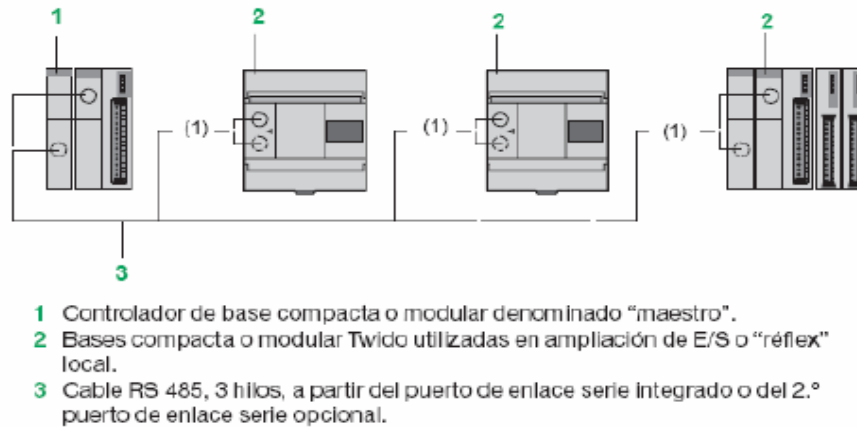


Figura 2.8 Esquema ejemplo de Conexión Remota  
Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

- b) ASCII: permite comunicar el autómata, vía RS-485 y RS-232, con un gran número de dispositivos: impresoras (para la impresión periódica de reports de producción), lectores de códigos de barras y módems.
- c) Modbus: comunicación Modbus Maestro/Esclavo por ambos puertos (RS485 o 232), permite conectar Twido a un gran número de equipos industriales, basado en mensajería aperiódica entre equipos.

**Nota:** Las comunicaciones Ethernet implementan el protocolo TCP/IP Modbus. Además, se pueden implementar más comunicaciones agregando módulos de comunicación, existen varios tipos en función del protocolo que se desee:

- ❖ Módulo de comunicación Maestro ASI.

- ❖ Módulo de comunicación Maestro CANOpen.
- ❖ Módulo de comunicación Maestro/Esclavo Modbus.



Figura 2.9 Módulos de comunicación  
 Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

### 2.1.9. BUS DE COMUNICACIÓN ETHERNET

TwidoPort ConneXium aporta conectividad Ethernet a la línea de productos Twido. Es la pasarela entre un único dispositivo Twido Modbus/RTU (RS-485) y la capa física de las redes Modbus/TCP en el modo esclavo. Este módulo de conexión sólo admite el modo esclavo.



Figura 2.10 Ejemplo de arquitectura Ethernet  
 Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

Las principales características del módulo TwidoPort son las siguientes:

- ❖ Clase A10 (Sin servidor web, ni I/O scanning).
- ❖ Mensajería Modbus (lectura/escritura de palabras de datos).
- ❖ Función BOOTP.
- ❖ Admite la configuración manual utilizando Telnet.
- ❖ Interface físico 10BASE-T/100BASE-TX, con conector normalizado de tipo RJ45.
- ❖ Caudal binario 10/100 Mbits/s, con reconocimiento automático de par trenzado

### 2.1.10. BUS DE COMUNICACIÓN MODBUS

El enlace serie Modbus permite responder a las arquitecturas maestro/esclavo (no obstante, es necesario comprobar que los servicios Modbus útiles para la aplicación se implanten en los equipos implicados).

El bus está constituido por una estación maestro y por estaciones esclavo. Sólo la estación maestro puede iniciar el intercambio (la comunicación directa entre estaciones esclavo no es posible). Existen dos mecanismos de intercambio:

- a) Pregunta/respuesta: las peticiones del maestro se dirigen a un esclavo determinado. El esclavo interrogado espera de vuelta la respuesta.
- b) Difusión: el maestro difunde un mensaje a todas las estaciones esclavo del bus. Éstas últimas ejecutan la orden sin emitir respuesta.

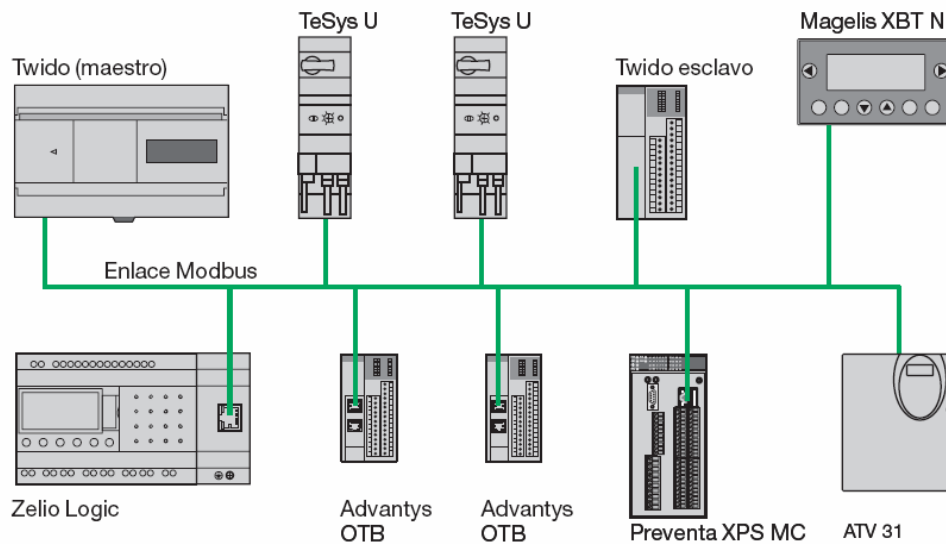


Figura 2.11 Esquema ejemplo de comunicación MODBUS  
 Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

- c) Modo maestro de Modbus: el modo maestro de Modbus permite que el controlador pueda iniciar una transmisión de solicitudes Modbus, esperando una respuesta desde un esclavo Modbus.
- d) Modo esclavo Modbus: el modo esclavo Modbus permite que el controlador pueda responder a las solicitudes de Modbus desde un maestro Modbus. Se trata del modo de comunicación predeterminado si no existe ninguna comunicación configurada.

La comunicación Modbus Maestro/Esclavo se puede realizar por ambos puertos (RS485 o 232).

Este protocolo permite conectar Twido a un gran número de equipos industriales, como variadores de velocidad, arrancadores de motor, sensores, etc.

## 2.2. SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN

### 2.2.1. INTRODUCCIÓN

TwidoSuite es un entorno de desarrollo gráfico, lleno de funciones para crear, configurar y mantener aplicaciones de automatización para los autómatas programables Twido de Telemecanique. TwidoSuite permite crear programas con distintos tipos de lenguaje, después de transferir la aplicación para que se ejecute en un autómata.



Figura 1.12 Plataforma TwidoSuite  
Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

TwidoSuite es un programa basado en Windows de 32 bits para un ordenador personal (PC) que se ejecuta en los sistemas operativos Microsoft Windows 2000 y XP Professional.

Las principales funciones del software TwidoSuite son:

- ❖ Interface de usuario intuitiva y orientada a proyectos.
- ❖ Diseño de software sin menús: Las tareas y funciones del paso seleccionado de un proyecto siempre se encuentran visibles.
- ❖ Soporte de programación y configuración.
- ❖ Comunicación con el autómata.
- ❖ Ayuda de primera mano acerca del nivel de tareas que ofrece enlaces relevantes a la ayuda en línea.

TwidoSuite es un software fácil de usar que necesita poco o nada de aprendizaje. Este software tiene por objeto reducir de forma significativa el tiempo de desarrollo de los proyectos simplificando todas las intervenciones.

### **2.2.2. TWIDOSUITE**

El TwidoSuite es un software de programación utilizado para la configuración, programación y depuración de la gama de controladores programables Twido.

La pantalla principal de TwidoSuite tiene tres opciones principales:

- 1) Modo “Programación”: Modo estándar para la creación de una aplicación.
- 2) Modo “Vigilancia”: Este modo permite conectarse a un autómata en modo vigilancia, donde podrá comprobar su funcionamiento sin necesidad de

sincronizar su aplicación con la que está cargada en la memoria del autómata.

- 3) Actualización de autómatas: Es un programa que indica todos los pasos necesarios para actualizar el Firmware Executive del controlador programable Twido.



Figura 2.13 Pantalla inicial de TwidoSuite

Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

En la pantalla de inicial del TwidoSuite, además de los tres modos principales se puede seleccionar uno de los dos idiomas que se ha seleccionado en la instalación, haciendo clic en los iconos que aparecen en la parte inferior izquierda de la ventana inicial.

### 2.2.3. NAVEGACIÓN POR EL ESPACIO DE TRABAJO DE TWIDOSUITE

La navegación por el interface del TwidoSuite es muy intuitiva y gráfica ya que sigue los pasos de ciclo de desarrollo natural de una aplicación de automatización,

por eso la navegación y la comprensión que se realiza en esa ventana es tan sencilla.

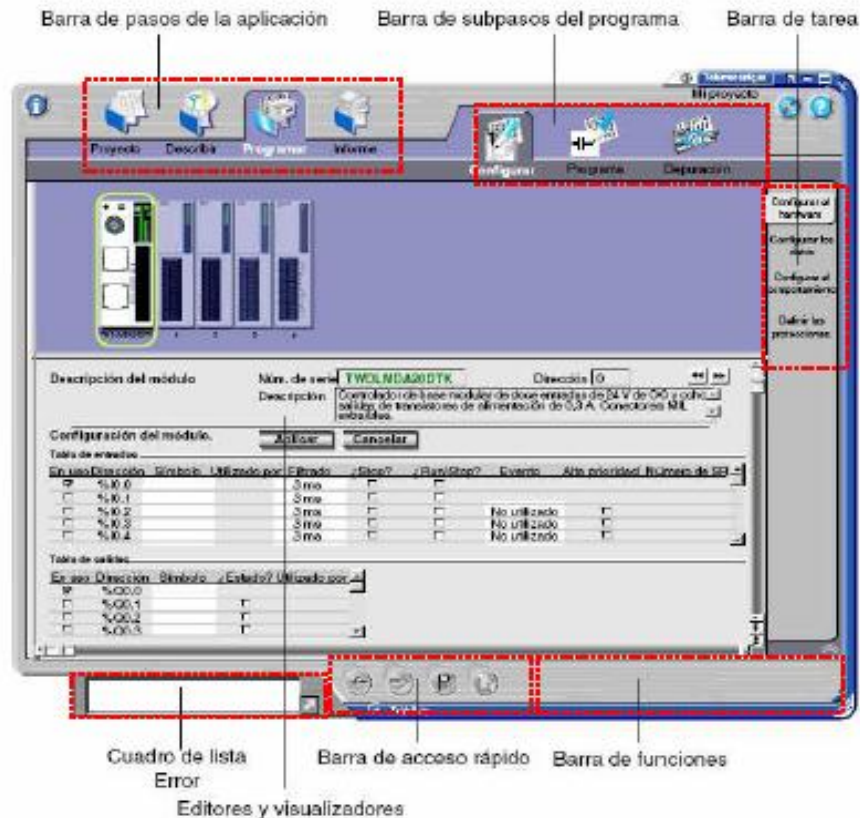


Figura 2.14 Espacio general de trabajo del TwidoSuite  
 Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

En el espacio de trabajo general siempre tendrá una serie de barras, pestañas y menús con las siguientes funciones:

- 1) Barra de pasos de la aplicación: Muestra los cuatro pasos de la aplicación TwidoSuite (Proyecto, Describir, Programar, Documentar).
- 2) Barra de subpasos del programa: Muestra los tres subpasos del programa (Configurar, Programar, Depuración). Aparece únicamente cuando el paso Programar está seleccionado.
- 3) Barra de tareas: Proporciona acceso a todas las tareas que puede realizar en el paso o subpaso seleccionado de la aplicación.



- 4) Barra de funciones: Proporciona acceso a funciones especiales asociadas a la tarea seleccionada.
- 5) Barra de acceso rápido: Muestra los comandos Anterior/Siguiente y los accesos directos a Guardar y a Analizar programa en todo momento.
- 6) Editores y visualizadores: Se trata de ventanas de TwidoSuite que organizan los controles de programación y configuración de manera que las aplicaciones puedan desarrollarse correctamente.
- 7) Barra del cuadro de lista Error: Muestra información acerca de los posibles errores o advertencias de la aplicación.

#### **2.2.4. CONFIGURACIÓN BÁSICA DEL HARDWARE TWIDO**

Lo primero que hay que hacer cuando se inicia la tarea es realizar un proyecto de automatización, es decir la configuración o descripción del hardware que se necesitará para dicho propósito, por lo tanto se necesitará de ciertas premisas como son: El número de entradas y salidas (así como el tipo), la necesidad de memoria y velocidad en la CPU, necesidad de buses de comunicación, etc.

Todo este proceso de descripción de la aplicación desemboca en la elección de un hardware determinado que se ajuste a las necesidades de la aplicación. Siendo distinto de una aplicación a otra.

Por esta razón se tendrá que configurar el hardware en el software antes de empezar a programar.

Iniciar la configuración haciendo clic sobre el icono “Describir” de la barra de pasos del TwidoSuite. Se abrirá la ventana de configuración, donde se observa lo siguiente:

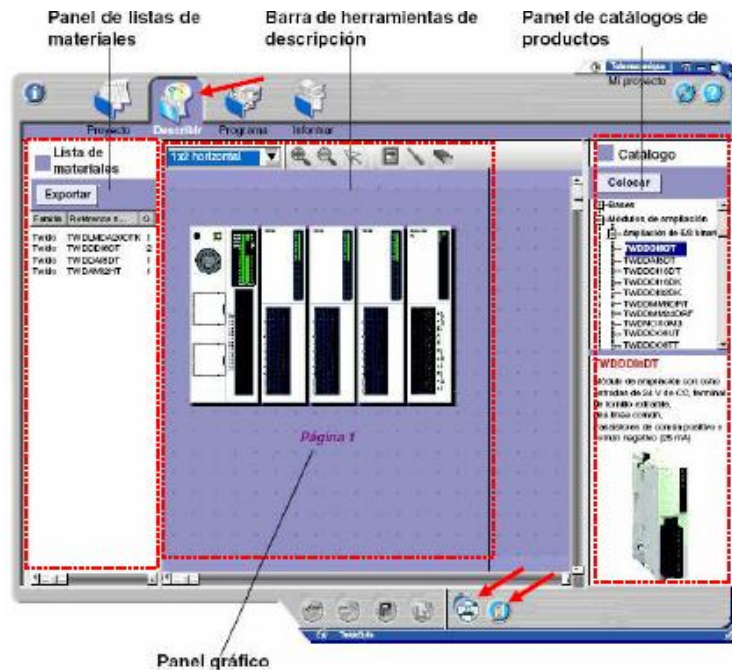


Figura 2.15 Ventana de configuración de Hardware “Describir”  
Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

- 1) El Panel gráfico: es el área donde se construye la representación gráfica de la configuración agregando elementos de hardware.
- 2) El Panel de catálogos de productos: muestra el catálogo de elementos de hardware Twido, incluidos la base compacta y los autómatas modulares, módulos de expansión, opciones, elementos de red en estructura con forma de árbol. La parte inferior del panel proporciona una breve descripción del elemento de hardware seleccionado.
- 3) El Panel de listas de materiales: es un área adicional que enumera los elementos de hardware que actualmente forman el proyecto abierto. Puede hacer clic en Exportar para guardar la lista de materiales en un archivo con formato .CSV.

## 2.2.5. TIPOS DE VARIABLES BÁSICOS

Una variable es una entidad de memoria de los tipos BOOL, WORD, INT, REAL...etc. Según la información que muestran se pueden definir diferentes tipos de objetos:

Los Objetos bit: son variables binarias y como tal pueden ser consultadas por instrucciones booleanas. La información que suministran al autómatas puede ser 0 o 1 (falso o verdadero).

### 2.2.5.1. TIPOS DE OBJETOS DE BIT:

- 1) Bits de E/S: Estos bits son las “imágenes lógicas” de los estados eléctricos de las E/S. Las entradas estarán direccionadas con la letra “%I” y las salidas “%Q”.

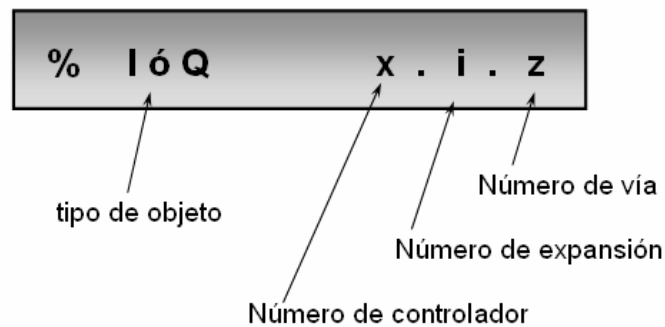


Figura 2.16 Descripción de Bits de E/S

Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

- 2) Bits internos: Los bits internos son áreas de memoria interna utilizadas para almacenar valores intermedios durante la ejecución de un programa. Los bits internos estarán direccionados con la letra “%M”.
- 3) Bits de sistema: Los bits de sistema de %S0 a %S127 supervisan el funcionamiento correcto del autómata y la correcta ejecución del programa de aplicación. La letra para direccional los bits de sistema será la “%S”.

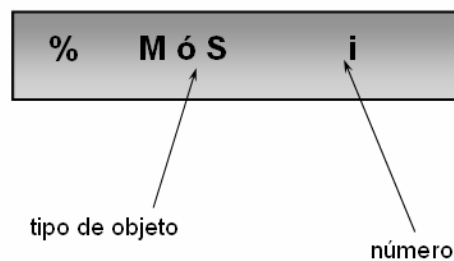


Figura 2.17 Descripción de Bits de Sistema o Internos  
Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

- 4) Bits extraídos de palabras: Uno de los 16 bits de algunas palabras puede extraerse como bit de operando.

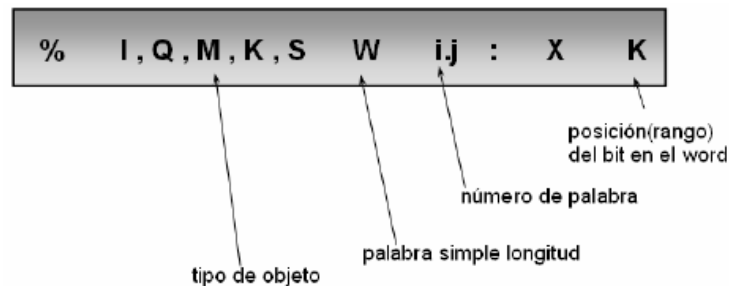


Figura 2.18 Descripción de Bits Extraídos de Palabra.  
Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

- 5) Los Objetos de Palabra: Los objetos de palabra están direccionados en forma de palabras de 16 bits, almacenados en la memoria de datos y que pueden contener un valor entero comprendido entre -32.768 y 32.767.

El contenido de las palabras o los valores se almacena en la memoria de usuario en código binario de 16 bits mediante la convención que aparece a continuación.

	F E D C				B A 9 8				7 6 5 4				3 2 1 0				Posición del bit	
	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	Estado del bit
+	16384	8192	4096	2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1	Valor del bit		

Figura 2.19 Descripción de objetos de palabra.  
Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

En la notación binaria con señal, el bit 15 se asigna por convención a la señal valor codificado: Si el bit 15 se establece en 0, el contenido de la palabra es un valor positivo, si en cambio es 1, el contenido de la palabra es un valor negativo.

El valor de la palabra puede estar codificado en diferentes formatos: Formato Decimal (Mín.: -32.768, máx.: 32.767, por ejemplo, 1.579), Formato Hexadecimal (Mín.: 16#0000, máx.: 16#FFFF, por ejemplo, 16#A536), formato de caracteres ASCII (por ejemplo "OK").

**Binario          Decimal    Hexadecimal    ASCII**  
0000010101001100 = 1356    =    16#54C    =

### 2.2.5.2. TIPOS DE OBJETOS DE PALABRA:

- 1) E/S analógicas: Es el valor eléctrico reflejado en las E/S analógicas. Las entradas estarán direccionadas con la letra “%IW” y las salidas “%QW”.

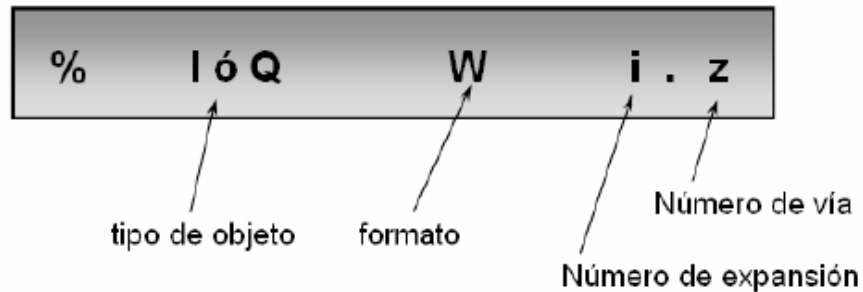


Figura 2.20 Descripción de palabra E/S analógicas.  
Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

- 2) Memoria interna: Palabras empleadas para almacenar valores durante la operación en la memoria de datos, se direcciona “%MW”.
- 3) Constantes: Almacenan constantes o mensajes alfanuméricos. Su contenido solo se puede escribir o modificar mediante el TwidoSuite durante la configuración. Se acceden a la zona de constantes a través de “%KW”.
- 4) Palabras de sistema: Palabras del sistema que ofrecen diferentes funciones, como proporcionar acceso directo a los estados internos del autómat. La letra para direccionar los bits de sistema será la “%SW”.

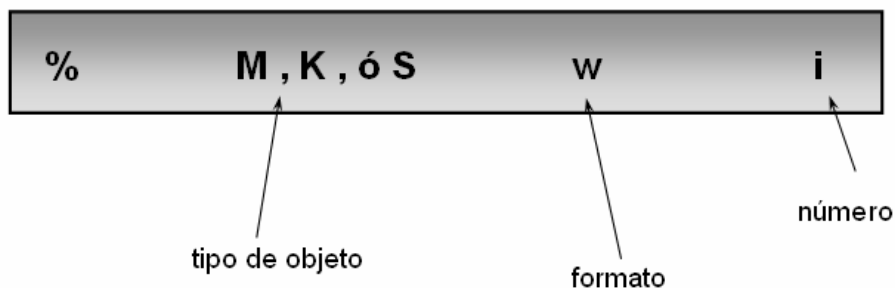


Figura 2.21 Descripción de palabras de sistema.  
Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

## 2.2.6. INSTRUCCIONES DE CONTAJE MUY RÁPIDO VFC:

El bloque de función de contador muy rápido (**%VFC**) puede configurarse mediante TwidoSuite para realizar una de las funciones siguientes:

- Contador progresivo/regresivo
- Contador progresivo/regresivo bifásico
- Contador progresivo
- Contador regresivo individual
- Frecuencímetro

El **%VFC** admite el conteo de la entrada binaria hasta frecuencias de **20 kHz** en modo computacional de palabra o de palabra doble. Los autómatas compactos TWDLC••40DRF admiten hasta dos contadores muy rápidos, mientras que las demás series de autómatas compactos admiten un contador muy rápido (**%VFC**).

Los autómatas modulares admiten hasta dos contadores muy rápidos (**%VFC**).

Asignaciones de E/S especializadas.


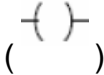
Los bloques de función de contadores muy rápidos (**%VFC**) utilizan entradas especializadas y entradas y salidas auxiliares. Estas entradas y salidas no están reservadas para el uso exclusivo de estos bloques de función. Para su asignación se debe tener en cuenta el uso de estos recursos especializados por parte de otros bloques de función.

## 2.2.7. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

El TwidoSuite proporciona instrucciones para utilizar los lenguajes de programación Ladder (diagrama de contactos) y Lista (Instrucciones de lista) y GRAFCET.

### a) Lenguaje Ladder:

Los diagramas Ladder o de contacto son similares a los diagramas lógicos de relé que representan circuitos de control de relé. Las principales diferencias entre los dos son las funciones de programación Ladder que no aparecen en los diagramas de lógica de relé.

- Todas las entradas están representadas por símbolos de contactos  
(  )
- Todas las salidas están representadas por símbolos de bobinas  
(  )
- Las operaciones numéricas están incluidas en el conjunto de instrucciones de Ladder gráficas.

### b) Instrucciones de Lista:

Un programa escrito en lenguaje de lista está formado por una serie de instrucciones que el autómata ejecuta de forma secuencial. Cada instrucción de lista está representada por una línea de programa y tiene tres componentes: Número de línea, Código de instrucción y Operandos.



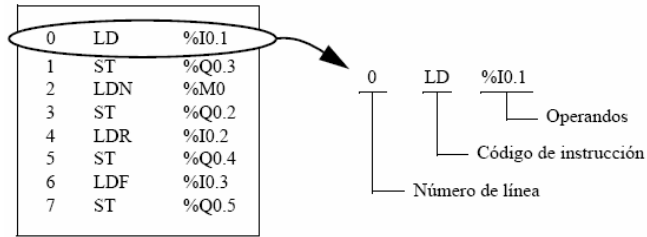


Figura 2.22 Ejemplo de programa en Listado de instrucciones.  
 Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

c) GRAFCET (Gráfica de control de secuencias de programación):

Las instrucciones Grafcet de TwidoSuite ofrecen un método sencillo para traducir una secuencia de ajuste (diagrama Grafcet).

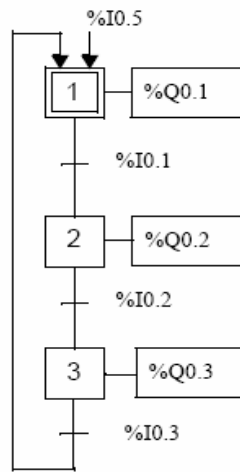


Figura 2.23 Ejemplo de programa en GRAFCET  
 Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

La cantidad máxima de pasos Grafcet depende del tipo de autómeta Twido. La cantidad de pasos activados en cualquier momento están limitados sólo por la cantidad total de pasos.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

## **2.3. VARIADORES DE FRECUENCIA**

### **2.3.1. Introducción**

“Los variadores de frecuencia se utilizan en motores trifásicos asíncronos con rotor en cortocircuito. Dicha variación de frecuencia se realiza mediante un sistema electrónico (rectificación y conversión). Un variador de frecuencia es un sistema para el control de velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Este variador de frecuencia a su vez es un caso especial de un variador de velocidad”<sup>3</sup>.

“Son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable o inversores. En si este regulador de velocidad está formado por circuitos que incorporan transistores de potencia como el IGBT (transistor bipolar de puerta aislada). Esta variación de frecuencia se consigue mediante dos etapas en serie. Una etapa rectificadora que transforma la corriente alterna en continua y otra inversora que transforma la corriente continua en alterna, con una tensión y frecuencia regulables”<sup>4</sup>.

### **2.3.2. MICROMASTER 440**

“La serie MICROMASTER 440 es una gama de convertidores de frecuencia para modificar la velocidad de motores trifásicos. Los convertidores utilizan tecnología IGBT (transistor bipolar de puerta aislada) de última generación. Esto los hace fiables y versátiles. Con sus ajustes por defecto realizados en fábrica, es ideal para una gran gama de aplicaciones sencillas de control de motores.

---

<sup>3</sup><http://es.scribd.com/doc/78666034/Ensayo-Variadores-de-Frecuencia>

<sup>4</sup><http://es.scribd.com/doc/56734974/Variadores-de-frecuencia>



Figura 2.24. MICROMASTER 440

Fuente:[http://cache.automation.siemens.com/dnl/TQ/TQ5MDc1AAAA\\_11886916\\_HB/MM440\\_OPI\\_span\\_B1.pdf](http://cache.automation.siemens.com/dnl/TQ/TQ5MDc1AAAA_11886916_HB/MM440_OPI_span_B1.pdf)

### 2.3.3. Características Principales

- Fácil de instalar.
- Puesta en marcha sencilla.
- Diseño robusto en cuanto a CEM.
- Tiempo de respuesta a señales de mando rápido y repetible.
- Amplio número de parámetros que permite la configuración de una gama extensa de aplicaciones.
- Conexión sencilla de cables.
- Relés de salida.
- 6 entradas digitales NPN/PNP aisladas y conmutables.
- 2 entradas analógicas: (AIN1: 0-10V, 0-20mA y -10 a +10V) (AIN2:0-10V, 0-20mA)
- Altas frecuencias de pulsación para funcionamiento silencioso del motor.

- Opciones externas para comunicación por PC, panel BOP (Basic Operator Panel), panel AOP (Advanced Operator Panel) y módulo de comunicación PROFIBUS.

#### **2.3.4. Características de Protección**

- Protección de sobretensión/mínima tensión.
- Protección de sobretemperatura para el convertidor.
- Protección de defecto a tierra.
- Protección de cortocircuito<sup>5</sup>.

### **2.4. MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA**

#### **2.4.1. Introducción**

“Se caracterizan porque son mecánicamente llanos de construir, lo cual los hace muy robustos y sencillos, apenas requieren mantenimiento y son baratos”<sup>6</sup>.

“Los motores de corriente alterna se basa en el 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.

---

<sup>5</sup>[http://cache.automation.siemens.com/dnl/TQ/TQ5MDc1AAAA\\_11886916\\_HB/MM440\\_OPI\\_span\\_B1.pdf](http://cache.automation.siemens.com/dnl/TQ/TQ5MDc1AAAA_11886916_HB/MM440_OPI_span_B1.pdf)

<sup>6</sup><http://wwwapp.etsit.upm.es/departamentos/teat/asignaturas/labingel/motor%20asincron%20trifasico.pdf>

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”<sup>7</sup>.

#### **2.4.2. Motor Trifásico 1LA7 080-4YA60 y sus Partes.**

Un Motor Trifásico 1LA7 080-4YA60 está formado por:

- “Carcasa.- es la parte externa que puede estar construida en acero, hierro fundido, o cualquier aleación metálica como aluminio o silicio.
- Estator.- es la parte que se fija a la carcasa. Está formada por empilado de chapas magnéticas y sobre ella está alojado el bobinado fijo también denominado bobinado estatórico.

---

<sup>7</sup>[http://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_de\\_corriente\\_alterna](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_corriente_alterna)

- Rotor.- es parte que gira y sobre la cual se fija el eje de salida del motor. Dispone también de chapas magnéticas y contiene el bobinado móvil denominado bobinado rotórico”<sup>8</sup>.

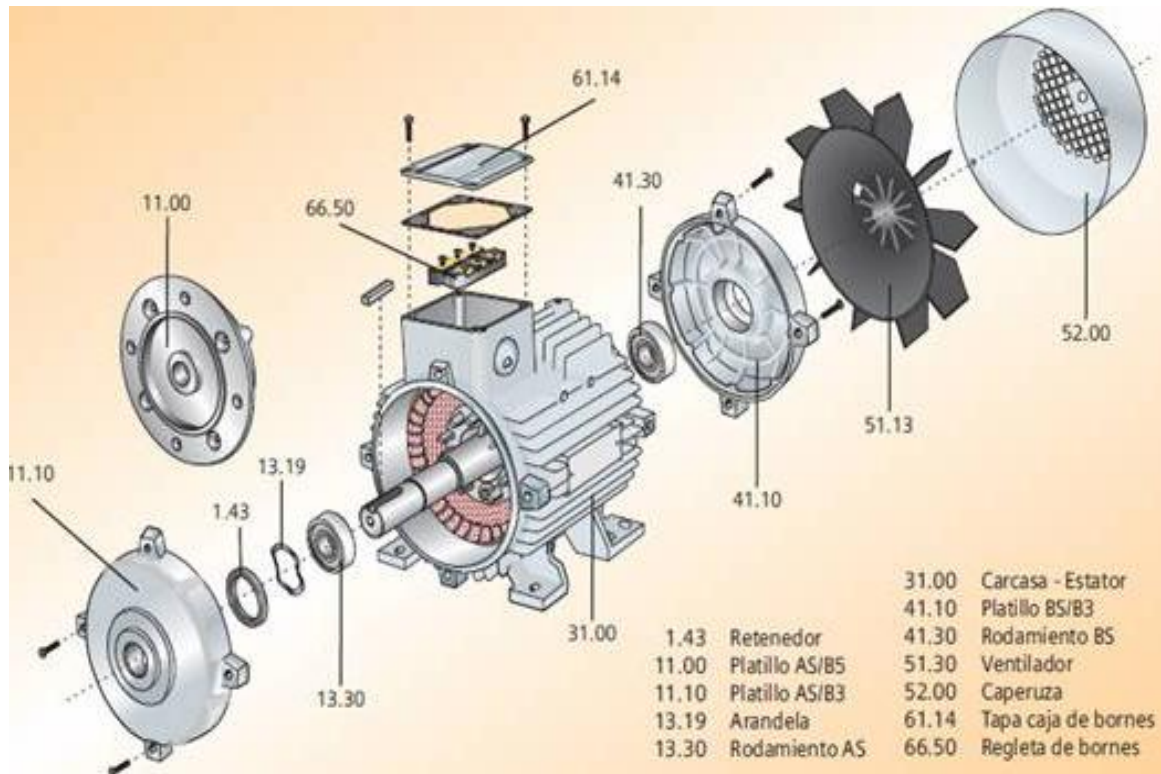


Figura 2.25. Motor Trifásico 1LA7 080-4YA60 y sus Partes

Fuente: [http://www.siemens.com.co/SiemensDotNetClient\\_Andina/medias/PDFS/17.pdf](http://www.siemens.com.co/SiemensDotNetClient_Andina/medias/PDFS/17.pdf)

### 2.4.3. Características

- “El diseño de la carcasa aumenta la protección del ventilador contra contactos involuntarios.
- Protegido contra chorros de agua en y contra depósitos de polvo (IP55).

<sup>8</sup><http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4264/1/T-ESPEL-0684.pdf>

- Como en todos los motores Siemens, el sistema de aislamiento es apto para usarse con variadores de velocidad.
- La línea estándar tiene tensión conmutable 220/440V, 60HZ.
- Todos los motores de la nueva serie 1LA7 disminuyen el nivel de ruido.
- Diseño moderno, versátil y modular.
- Libre de mantenimiento”<sup>9</sup>.

#### 2.4.4. Ventajas

- “Construcción simple
- Bajo peso
- Mínimo volumen
- Bajo coste
- Mantenimiento inferior al de cualquier otro tipo de motor eléctrico”<sup>10</sup>.

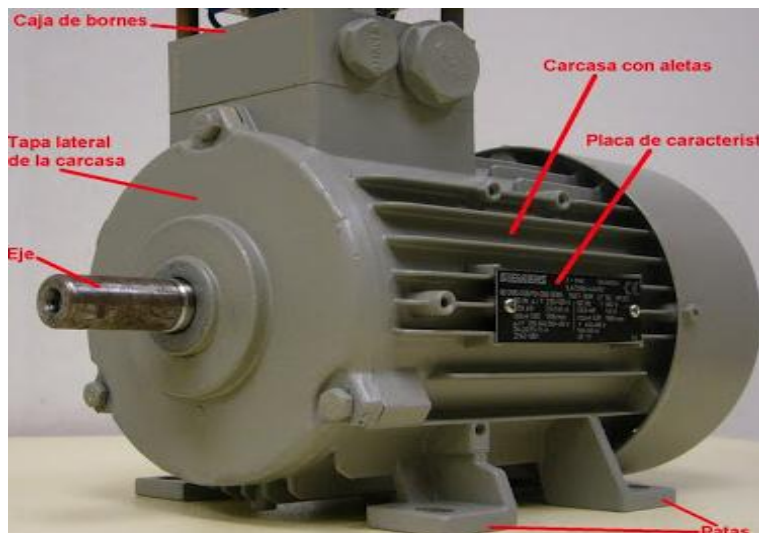


Figura 2.26. Motor Trifásico 1LA7 080-4YA60

Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4264/1/T-ESPEL-0684.pdf>

<sup>9</sup>[http://www.siemens.com.co/SiemensDotNetClient\\_Andina/medias/PDFS/17.pdf](http://www.siemens.com.co/SiemensDotNetClient_Andina/medias/PDFS/17.pdf)

<sup>10</sup><http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4264/1/T-ESPEL-0684.pdf>

## **2.5. ENCODER ROTATORIO**

### **2.5.1 Introducción**

“Es un transductor rotativo que transforma un movimiento angular en una serie de impulsos digitales. El encoder codifica la información del desplazamiento y su dirección, normalmente el mínimo desplazamiento es de codificado a partir de un ciclo completo de un ciclo completo de la señal A o B. En las señales A y B en cuadratura se encuentra codificada la información correspondiente al avance y su dirección, la cual puede ser en sentido de la manecillas del reloj o en sentido contrario”<sup>11</sup>.

“Las señales eléctricas de rotación pueden ser elaboradas mediante controles numéricos, contadores lógicos programables (PLC), sistemas de control etc. Los encoders pueden ser utilizados en una gran variedad de aplicaciones. Actúan como transductores de retroalimentación para el control de la velocidad en motores, como sensores para medición, de corte y deposición. Los encoders pueden utilizar tanto tecnología óptica como magnética”<sup>12</sup>.

### **2.5.2. Encoder Incremental E50S8-360-3-T-24**

“Mediante la conversión de la rotación del árbol en impulsos electrónicos, los codificadores se utilizan para controlar electrónicamente la posición de un eje de rotación. Los pulsos del codificador de salida son contados y evaluados por una unidad de control para determinar la posición y la velocidad de la máquina, que

---

<sup>11</sup><http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/792/a5.pdf?sequence=5>

<sup>12</sup><http://es.scribd.com/doc/85901493/Encoder>



proporciona una excepcional precisión y flexibilidad al controlar el movimiento.”<sup>13</sup>.



Figura 2.27. Encoder Incremental E50S8-360-3-T-24  
Fuente: <http://octopart.com/e50s8-360-3-t-24-autonics-19758461>

### 2.5.3. Características

- “Número de canales o fases de salida: A,B,Z
- Velocidad de rotación máxima: 5.000 RPM
- Tensión de alimentación del sensor: 12V a 24V
- Encoder Resolución: 360 pulsos
- Encoder Incremental
- Diámetro eje 8mm”<sup>14</sup>.

---

<sup>13</sup><http://www.newark.com/autonics/e50s8-360-3-t-24/rotary-encoder-incremental-360/dp/22T1223>

<sup>14</sup><http://octopart.com/e50s8-360-3-t-24-autonics-19758461>

## 2.6. CONTROL PID

### 2.6.1. Introducción

“El Control proporcional - integral - derivativo, mejor conocido por sus siglas PID, es sin duda el tipo de control más utilizado a nivel industrial. Se estima que alrededor del 90 % de los lazos de control en la industria se encuentran regulados por controles PID o en alguna de sus variantes (PI). A este control se lo suele conocer también como control de tres términos debido a su estructura, como se analizará en las siguientes secciones. Este tipo de control procura satisfacer las siguientes características importantes en un lazo de control:

- Error en estado estable: Esto se logra con la parte integral
- Rechazo a perturbaciones: Esto se logra con la parte integral
- Respuesta transitoria: Esto se logra con la parte proporcional y derivativa
- Compensación debido a retardos en la planta: Esto se logra con la parte derivativa.

Debido a la sencillez en la estructura del controlador, y a la facilidad con la que se puede sintonizar o diseñar estos controladores el control PID es el favorito en la industria. Debido a la gran aceptación de este control, se han desarrollado una infinidad de métodos de sintonización y diseño, haciéndolo posiblemente el control más estudiado”<sup>15</sup>.

### 2.6.2. Definición

“Es un controlador realimentado cuyo propósito es hacer que el error en estado estacionario (entre la señal de referencia y la señal de salida de la planta) sea cero

---

<sup>15</sup>[http://ciecfie.epn.edu.ec/Material/Dise%C3%B1odeSistemasdeControl/PID/control\\_Leccion20.pdf](http://ciecfie.epn.edu.ec/Material/Dise%C3%B1odeSistemasdeControl/PID/control_Leccion20.pdf)

de manera asintótica en el tiempo, lo que se logra mediante el uso de la acción integral. Además el controlador tiene la capacidad de anticipar el futuro a través de la acción derivativa que tiene un efecto predictivo sobre la salida del proceso.

Los controladores PID son generalmente usados en el nivel de control más bajo, por debajo de algunos dispositivos de mediano nivel como PLC'S, supervisores, y sistemas de monitoreo. El controlador PID puede ser estructurado de diferentes maneras. Las formas comúnmente usadas son las formas serie y paralelas. En este sentido, se discuten las diferencias entre éstas desde el punto de vista de sus parámetros<sup>16</sup>.

#### **2.6.2.1. Variable de Proceso**

“La variable medida que se desea estabilizar (controlar) recibe el nombre de variable de proceso y se abrevia PV.

#### **2.6.2.2. Set Point**

El valor prefijado (Set Point, SP) es el valor deseado de la variable de proceso, es el valor el cual el control se debe encargar de mantener la PV.

#### **2.6.2.3. Error**

Se define error como la diferencia entre la variable de proceso PV y el set point

SP:  $E = SP - PV$ <sup>17</sup>.

---

<sup>16</sup><http://read.pudn.com/downloads161/ebook/732022/PID%20motor%20control/Control.Pid.pdf>

<sup>17</sup>[http://infoplcn.net/files/documentacion/control\\_procesos/infoPLC\\_net\\_ControlPID.pdf](http://infoplcn.net/files/documentacion/control_procesos/infoPLC_net_ControlPID.pdf)

### 2.6.3. Funcionamiento

“El controlador lee una señal externa que representa el valor que se desea alcanzar. Esta señal recibe el nombre de punto de consigna (o punto de referencia), la cual es de la misma naturaleza y tiene el mismo rango de valores que la señal que proporciona el sensor.

Para hacer posible esta compatibilidad y que, a su vez, la señal pueda ser entendida por un humano, habrá que establecer algún tipo de interfaz.

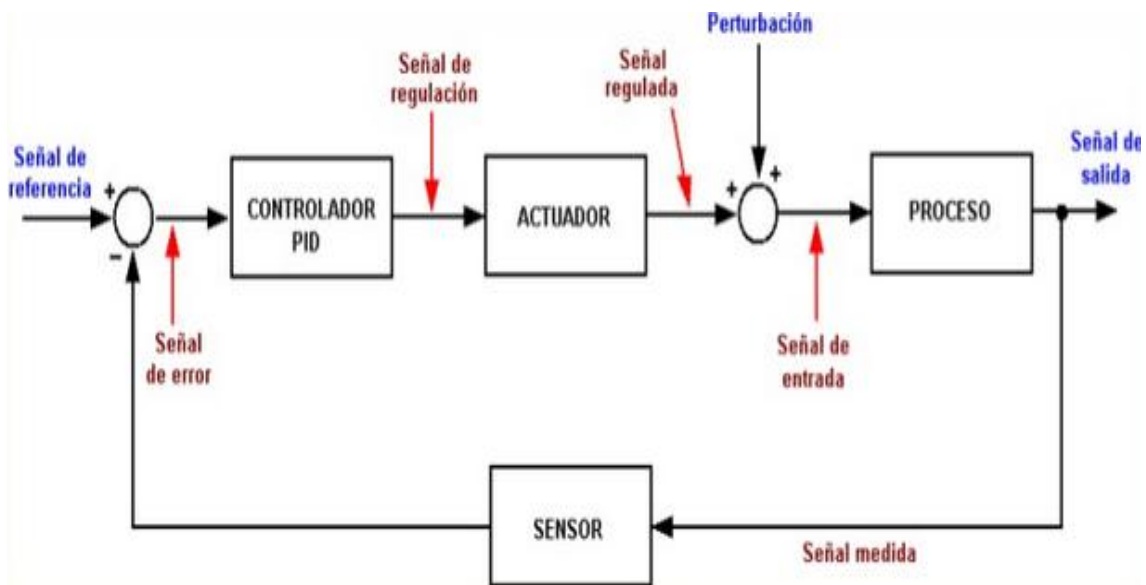


Figura 2.28. Esquema de un Control PID

Fuente: [http://www.slideshare.net/ptah\\_enki/estructura-del-control-pid](http://www.slideshare.net/ptah_enki/estructura-del-control-pid)

El controlador resta la señal de punto actual a la señal de punto de consigna, obteniendo así la señal de error, que determina en cada instante la diferencia que hay entre el valor deseado y el valor medido. La señal de error es utilizada por cada una de las 3 componentes de un controlador PID propiamente tal, para generar las que, sumadas, componen la señal que el controlador va a utilizar para gobernar al actuador.

La señal resultante de la suma de estas 3 señales, se llama variable manipulada y no se aplica directamente sobre el actuador, sino que debe ser transformada para ser compatible con el actuador que se use. Las tres componentes de un control PID son: acción proporcional, acción integral y acción derivativa.

El peso de la influencia que cada una de estas partes tiene en la suma final, viene dado por la constante proporcional, el tiempo integral y el tiempo derivativo”<sup>18</sup>.

## **2.6.4. Control Proporcional**

### **2.6.4.1. Características**

- “Simple y fácil de sintonizar (un solo parámetro).
- Puede reducir, pero no eliminar, el error en estado estacionario”<sup>19</sup>.

“Una ventaja de esta estrategia de control, es que solo requiere del cálculo de un parámetro (ganancia proporcional  $K_p$ ) y, además, genera una respuesta bastante instantánea. Sin embargo, el controlador proporcional posee una característica indeseable, que se conoce como error en estado estacionario (offset)”<sup>20</sup>.

---

<sup>18</sup>[http://www.slideshare.net/ptah\\_enki/estructura-del-control-pid](http://www.slideshare.net/ptah_enki/estructura-del-control-pid)

<sup>19</sup><http://www.dia.uned.es/~fmorilla/MaterialDidactico/El%20controlador%20PID.pdf>

<sup>20</sup>[http://www.slideshare.net/ptah\\_enki/estructura-del-control-pid](http://www.slideshare.net/ptah_enki/estructura-del-control-pid)

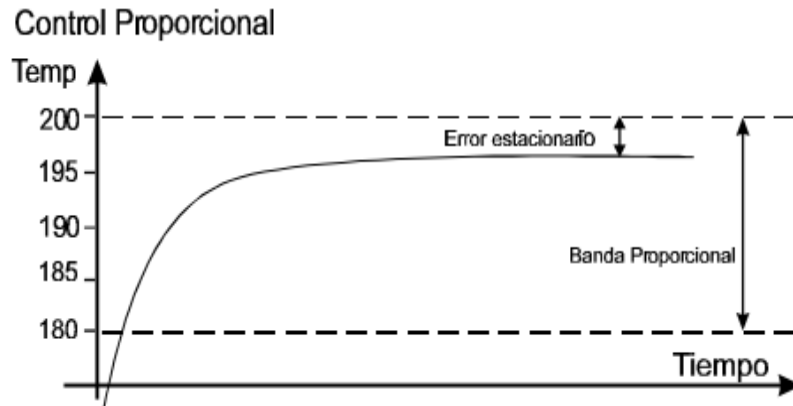


Figura 2.29. Características del Control Proporcional  
 Fuente: [http://infopl.net/files/documentacion/control\\_procesos/infoPLC\\_net\\_ControlPID.pdf](http://infopl.net/files/documentacion/control_procesos/infoPLC_net_ControlPID.pdf)

#### 2.6.4.2. Error Estacionario

“El error en estado estacionario es una medida de la exactitud de un sistema de control para seguir una entrada dada, después de desaparecer la respuesta transitoria”<sup>21</sup>.

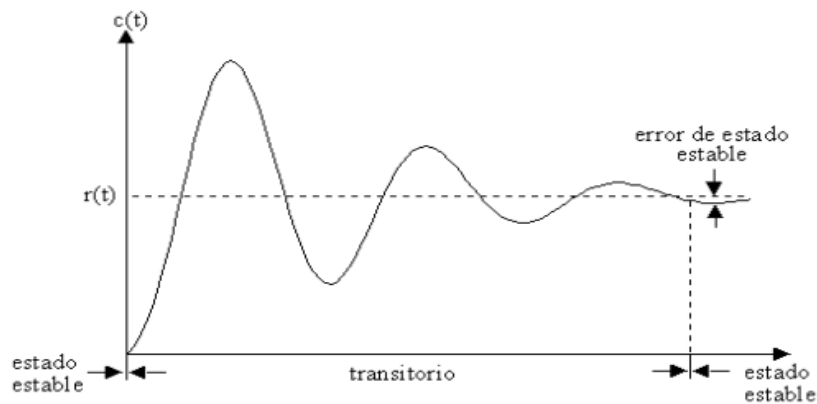


Figura 2.30. Error Estacionario  
 Fuente: <http://gama.fime.uanl.mx/~agarcia/materias/ingco/apclas/06%20-%20ErrorEstacionario.pdf>

<sup>21</sup><http://gama.fime.uanl.mx/~agarcia/materias/ingco/apclas/06%20-%20ErrorEstacionario.pdf>

## 2.6.5. Control Integral

### 2.6.5.1. Características

- “Elimina errores estacionarios.
- Más del 90% de los lazos de control utilizan PI.
- Puede inestabilizar al sistema si  $T_i$  disminuye mucho.
- $T_i$  (constante de tiempo integral).

Proporciona una corrección para compensar las perturbaciones y mantener la variable controlada en el punto de consigna<sup>22</sup>. “Por lo contrario, se obtiene un mayor tiempo de establecimiento, una respuesta más lenta y el periodo de oscilación es mayor que en el caso de la acción proporcional<sup>23</sup>.”

“Esta a su vez elimina el offset, pero se obtiene una mayor desviación del set point. En este tipo de control, la salida  $m(t)$  del controlador, es proporcional a la integral del error  $e(t)$

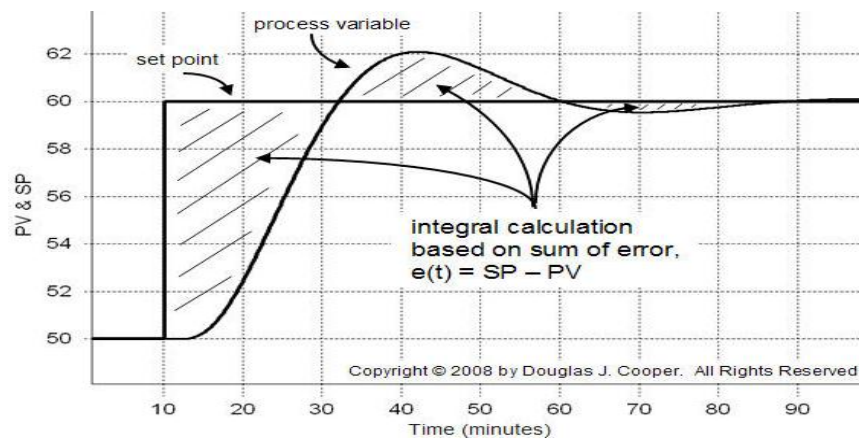


Figura 2.31. Control Integral

Fuente: [http://www.slideshare.net/ptah\\_enki/estructura-del-control-pid](http://www.slideshare.net/ptah_enki/estructura-del-control-pid)

<sup>22</sup><http://www.dia.uned.es/~fmorilla/MaterialDidactico/EI%20controlador%20PID.pdf>

<sup>23</sup><http://control-pid.wikispaces.com/>

## 2.6.6. Control Derivativo

### 2.6.6.1 Características

- “Anticipa el efecto de la acción proporcional para estabilizar más rápidamente la variable controlada después de cualquier perturbación.
- Acciones P e I son iguales pero diferente valor de la derivada del error.
- Constante de tiempo derivativa ( $T_d$ )
- El tiempo requerido para que la acción proporcional contribuya a la salida del controlador en una cantidad igual a la acción derivativa”<sup>24</sup>.

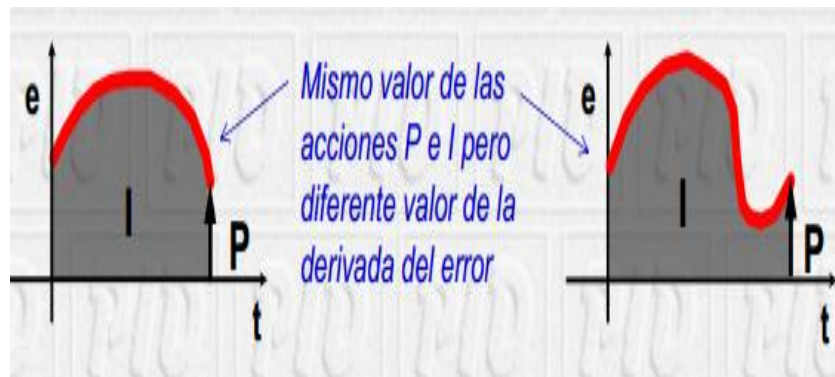


Figura 2.32. Control Derivativo

Fuente: <http://www.dia.uned.es/~fmorilla/MaterialDidactico/EI%20controlador%20PID.pdf>

“Es decir da una respuesta proporcional a la derivada del error (velocidad de cambio de error). Añadiendo esta acción de control a las anteriores, se elimina el exceso de oscilaciones. No elimina el offset. Se manifiesta cuando hay un cambio en el valor absoluto del error; (si el error es constante, solamente actúan los modos proporcional e integral). En este tipo de control a la salida  $m(t)$  del controlador, es proporcional a la derivada del error  $e(t)$ .”

<sup>24</sup><http://www.dia.uned.es/~fmorilla/MaterialDidactico/EI%20controlador%20PID.pdf>



### 2.6.7. Reglas heurísticas de ajuste

#### “Paso 1: Acción Proporcional

- Tiempo integral (TI), a su máximo valor.
- Tiempo derivativo (TD), a su mínimo valor.
- Empezando con ganancia baja se va aumentando hasta obtener las características de respuesta deseadas.

#### Paso 2: Acción integral

- Reducir el TI hasta anular el error en estado estacionario, aunque la oscilación sea excesiva.
- Disminuir ligeramente la ganancia.
- Repetir hasta obtener las características de respuesta deseadas.

#### Paso 3: Acción Derivativa

- Mantener ganancia y tiempo integral obtenidos anteriormente.
- Aumentar el TD hasta obtener características similares pero con la respuesta más rápida.
- Aumentar ligeramente la ganancia si fuera necesario”<sup>25</sup>.

---

<sup>25</sup><http://control-pid.wikispaces.com/>

Tabla 2.1. Reglas heurísticas de ajuste

Características	Kp	Ti	Td
Estabilidad	Se reduce	Disminuye	Aumenta
Velocidad	Aumenta	Aumenta	Aumenta
Error estacionario	No eliminado	Eliminado	No eliminado
Área de error	Se reduce	Disminuye hasta cierto punto	Se reduce
Perturbación control	Aumenta bruscamente	Aumenta gradualmente	Aumenta muy bruscamente
Frecuencia lazo	No afecta hasta cierto punto	Disminuye	Aumenta

Fuente: <http://www.dia.uned.es/~fmorilla/MaterialDidactico/EI/%20controladro%20PID.pdf>

## 2.6.8. Métodos Experimentales de Ajuste

### 2.6.8.1. Método de Ziegler-Nichols en Bucle Cerrado

Primero establecemos  $T_i = \infty$  y  $T_d = 0$ . Sólo la acción de control proporcional, se incrementa  $K_p$  de 0 a un valor crítico  $K_c$  en donde la salida exhiba primero oscilaciones sostenidas. Por tanto, la ganancia crítica  $K_c$  y el periodo  $P$  correspondiente se determinan experimentalmente<sup>26</sup>.

<sup>26</sup><http://control-pid.wikispaces.com/>

Tabla 2.2. Método de Ziegler-Nichols

PID	Kp	Ti	Td
Controlador P	$0.5 * K_c$	-	-
Controlador PI	$0.45 * K_c$	$(1/1.2) * P$	-
Controlador PID	$0.6 * K_c$	$0.5 * P$	$0.125 * P$

Fuente: <http://control-pid.wikispaces.com/>

## 2.7. Ethernet

### 2.7.1 Introducción

Ethernet es un estándar de redes de área local para computadores con acceso al medio por contienda CSMA/CD. CSMA/CD (Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones), es una técnica usada en redes Ethernet para mejorar sus prestaciones. El nombre viene del concepto físico de *ether*. Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.

La Ethernet se tomó como base para la redacción del estándar internacional IEEE 802.3. Usualmente se toman Ethernet e IEEE 802.3 como sinónimos. Ambas se diferencian en uno de los campos de la trama de datos. Las tramas Ethernet e IEEE 802.3 pueden coexistir en la misma red.<sup>27</sup>

<sup>27</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Ethernet>

## 2.8. LABVIEW

Es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico. Recomendado para sistemas hardware y software de pruebas, control y diseño, simulado o real, pues acelera la productividad. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico.

Los programas desarrollados con LABVIEW se llaman Instrumentos Virtuales, o VI's, y su origen provenía del control de instrumentos, aunque hoy en día se ha expandido ampliamente no sólo al control de todo tipo de electrónica (Instrumentación electrónica) sino también a su programación, comunicación, matemática, etc.

## 2.9. HMI

Las Interfaces de Operador HMI (Interfaces Humano Máquina) son el eslabón entre el Operador y el control de la maquinaria y Proceso. Esto se lleva a cabo de manera muy favorable mediante Estaciones Gráficas (computadoras) programadas específicamente para el control de la maquinaria o proceso.<sup>28</sup>

Las características son:

---

<sup>28</sup> <http://www.aisapuebla.com/serv03.htm>

- Diseño a la medida de sus necesidades.
- Cobertura de máquinas individuales y/o procesos completos.
- Detallado de Alarmas y Diagnósticos, etc.

## **CAPÍTULO III**

### **3. DESARROLLO DEL TEMA**

#### **3.1. PRELIMINARES**

En este capítulo se explica de manera detallada los pasos para realizar el control PID de la velocidad de un motor trifásico con un PLC TWIDO, un variador MICROMASTER 440 que servirá para controlar la frecuencia del motor y variar su velocidad, un encoder rotativo tipo incremental que se usa para transformar el movimiento angular en pulsos digitales.

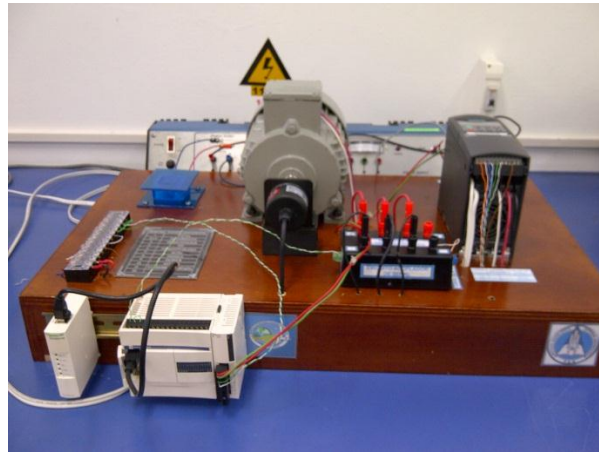
Los pulsos digitales emitidos por el encoder en sus salidas A, B y Z son recibidos mediante un módulo de ampliación de E/S analógicas propio del PLC TWIDO con el que se obtuvieron las señales en un rango de 0-24V.

La programación se realizará en el software TWIDOSUITE y la comunicación para cargar por primera vez las características y la programación del PLC se realizó mediante el cable serial TSX PCX 1031.

Finalmente cargada la programación y realizada la primera comunicación se usó un módulo Ethernet para la puesta en RUN del programa y mediante el mismo el control y monitoreo.

### **3.2. MONTAJE DEL PLC, MÓDULO ETHERNET Y MÓDULO DE AMPLIACIÓN DE E/S ANALÓGICAS.**

El montaje tanto del PLC, del módulo de ampliación de E/S analógicas y el módulo de comunicación Ethernet, se realizó considerando las siguientes características:



Fotografía 3.1 Montaje del PLC.  
Autor: Luis Andrade.

#### **3.2.1. CONTROLADOR COMPACTO TWDLCAA24DFR.**

El controlador compacto TWDLCAA24DFR es el procesador principal del programa, el mismo que ejecuta las distintas fases de la HMI. Este controlador es fabricado por SCHNEIDER ELECTRIC.

Cada uno de los componentes de controlador compacto de detallan en la Figura 3.1 usando como referencia las especificaciones del manual del PLC Twido.

### 3.2.1.1. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE UN CONTROLADOR COMPACTO.

Los controladores Twido compactos están formados por los siguientes componentes, tomando en consideración que hay pequeñas diferencias entre modelos de controlador, pero los elementos siempre serán los mismos:

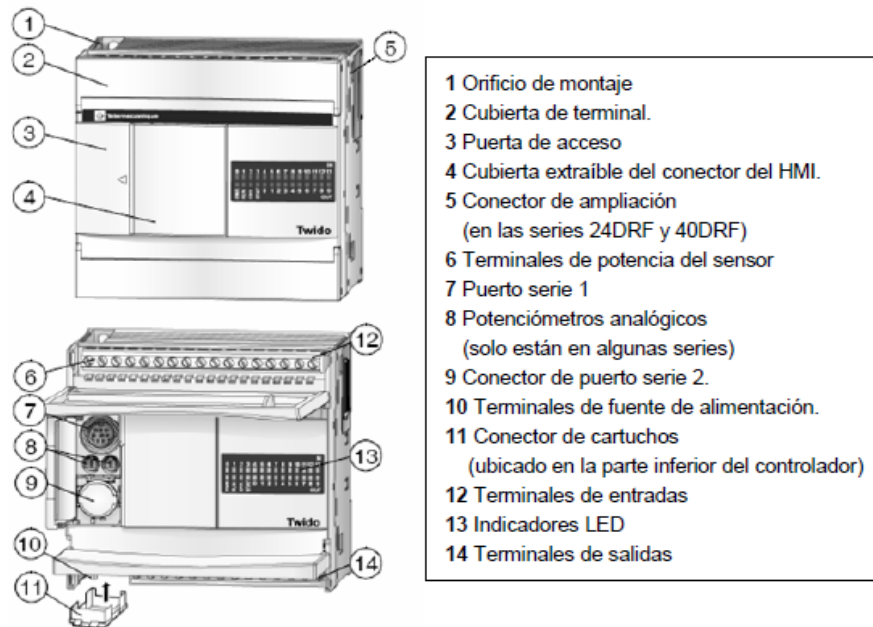


Figura 3.1 Partes De Un Controlador Compacto.  
Fuente: Manual Twido.

### 3.2.1.2. MÓDULO DE E/S ANALÓGICAS TM2AMM3HT.

El módulo de E/S analógicas es el que permite adquirir la señal variable que emite el frecuencímetro, este módulo va conectado al controlador compacto y se alimenta con una fuente externa de 24V. Sus componentes se detallan en la figura 3.4.



Los módulos de ampliación de E/S analógicas Twido permiten obtener diferentes valores analógicos presentes en las aplicaciones industriales.

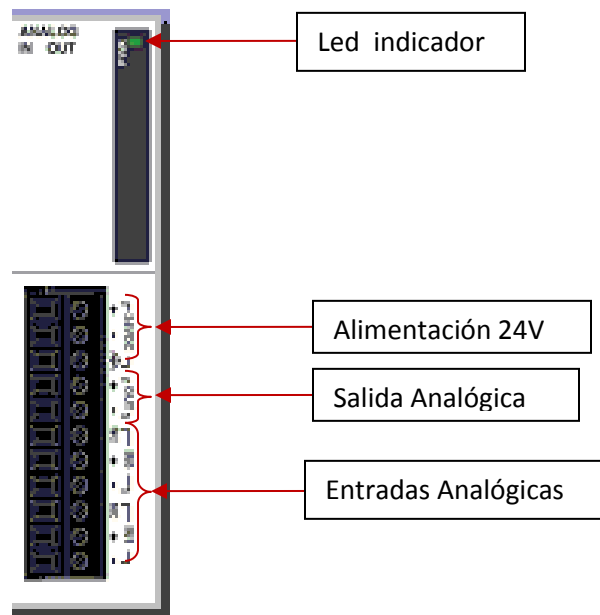


Figura 3.2 Módulo de E/S Analógicas TM2AMM3HT.  
Realizado por: Luis Andrade.

Las entradas analógicas se definen en función del valor analógico, puede ser la corriente o la tensión dependiendo del uso que se dé al mismo.

### **3.3. PROGRAMACIÓN DEL PLC.**

#### **3.3.1. INSTALACIÓN DEL SOTWARE TIWDO SUITE.**

##### **3.3.1.1. REQUISISTOS MÍNIMOS Y RECOMENDADOS.**

La configuración mínima necesaria utilizada con el software TwidoSuite es la siguiente:

- Pentium a 466 MHz o superior.
- 128 MB de RAM o más,
- 100 MB de espacio libre en el disco duro.
- Sistema operativo: Windows 2000 o Windows XP.
- Se evitó el uso de los parches 834707-SP1 (corregido por el parche 890175) y 896358 que producen problemas de visualización en la ayuda en línea.
- Fue necesario Service Pack 2 o superior. Disponible para su descarga en el sitio web: [www.microsoft.com](http://www.microsoft.com).

**NOTA:** La conexión Autómata-PC hace uso del protocolo TCP/IP. Este protocolo debe estar instalado en el PC.

### **3.3.1.2 INSTALACIÓN DEL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN TWIDOSUITE.**

El TwidoSuite es un software de programación utilizado para la configuración, programación y depuración de la gama de controladores programables Twido.

El TwidoSuite es un software gratuito que se puede descargar desde la página del ISEFONLINE, a través de la siguiente dirección.

[www.isefonline.com](http://www.isefonline.com)

Para comenzar la instalación, se abrió el archivo ejecutable que previamente se ha descargado de la página [www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf).



Figura 3.3 Icono del archivo ejecutable.

Después de aceptar las condiciones de la licencia, se abrió una ventana nueva donde se colocó la ruta que se quiere descomprimir “El instalador”. (Si no se cambia la ruta, el programa crea por defecto “C:\Burndisk”). Especificado la ruta, se pulsó el botón “Install” y se descomprimió el archivo. Abriendo la ruta especificada donde se ha creado la carpeta de instalación y pulsando sobre el icono “Setup” mostró la ventana inicial de instalación.



Figura 3.4 Icono de Instalación.

Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

**NOTA:** Si se dispone de otra versión de TwidoSuite instalada en el PC, desinstalarla previamente a la instalación de la nueva versión.

Durante el proceso de instalación, se aceptó el contrato de licencia, se colocó el nombre de la organización, se especificó la ruta donde se desea instalar el programa.

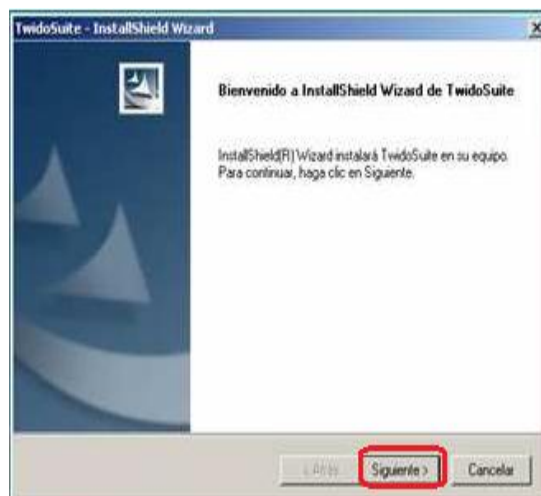


Figura 3.5 Inicio del proceso de instalación.

Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

Se leyó y aceptó la licencia provista en la ventana, para aceptar los derechos de autor.

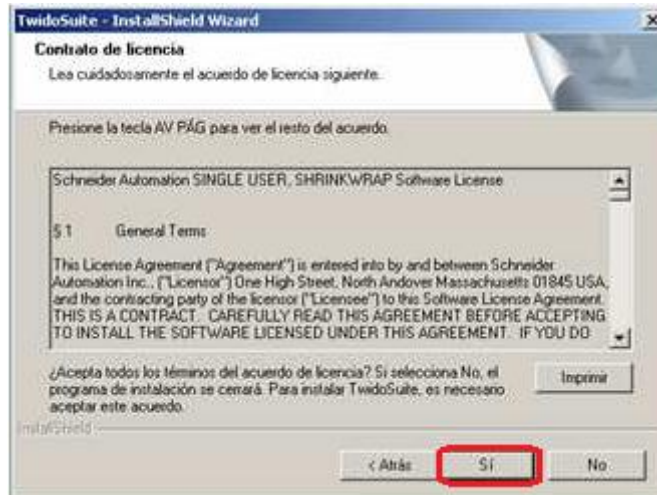


Figura 3.6 Contrato de licencia.  
Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

El nombre del organizador en el cual se instaló el software Twido Suite se define por default.

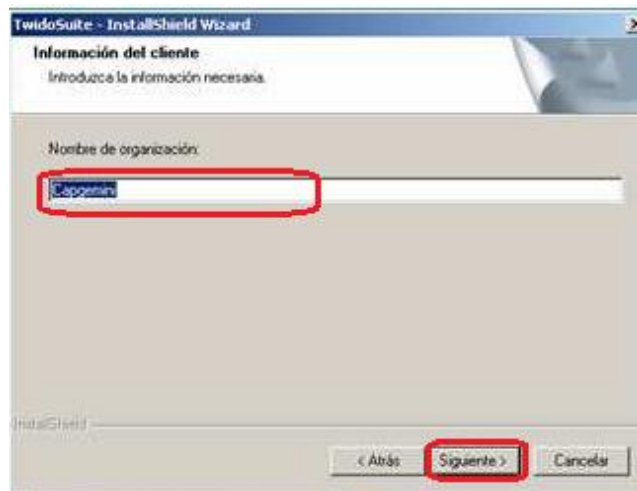


Figura 3.7 Nombre del organizador.  
Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

Dirección en la cual se desea guardar los archivos del software Twido Suite. Se guardó en el disco C.

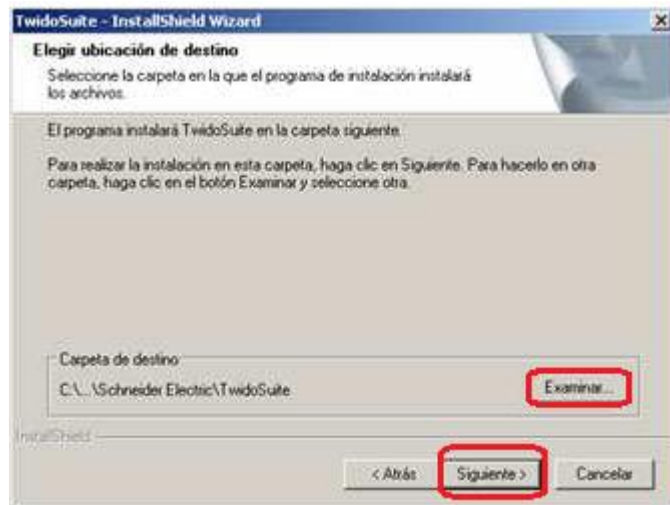


Figura 3.8 Ruta de instalación del programa.  
Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

De la lista de programas se seleccionó el nombre Twido Suite para determinar el tipo de software que se estaba instalando.

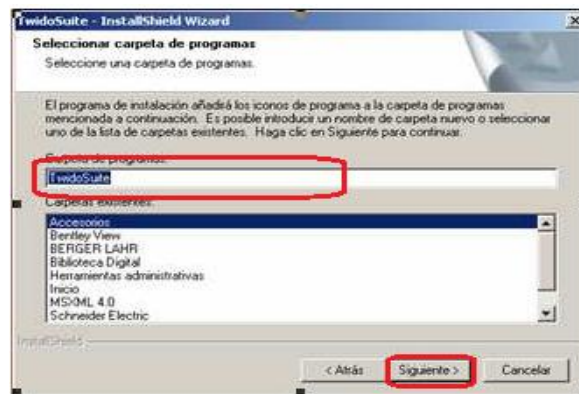


Figura 3.9 Seleccionar carpeta de programas.  
Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

### 3.3.2. NUEVO PROYECTO.

1. Una vez finalizada la instalación del proyecto, se abrió por primera vez el TwidoSuite a través del ícono que se generó en la barra de programas de la PC.

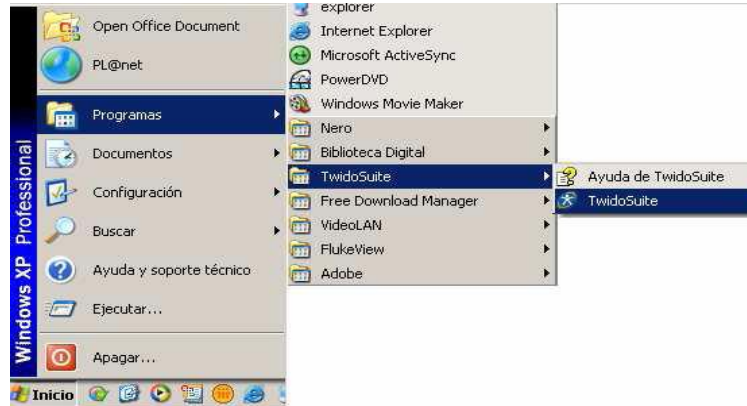


Figura 3.10 Opciones de apertura de TwidoSuite.  
Fuente: Manual Twido.

2. Después de abierto el programa TwidoSuite se despliega la ventana principal del programa. Esta ventana permite seleccionar el idioma y la opción de trabajo, en este caso se selecciona español para idioma y “Modo Programación” en las opciones de trabajo como se muestra a continuación.

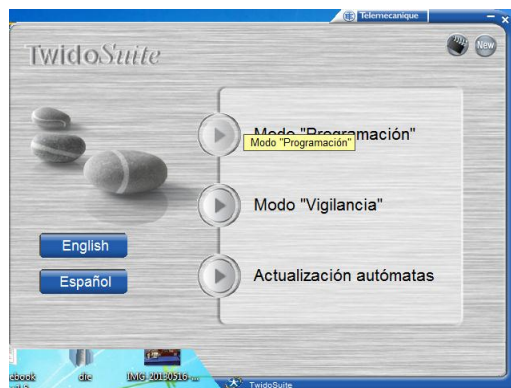


Figura 3.11 Pantalla inicial de TwidoSuite.  
Realizado por: Luis Andrade.

3. El primer proyecto se creó, dando clic en **“Modo Programación”**. Al ingresar a este modo apareció la ventana de proyecto, donde podrá realizar las gestiones de los proyectos (Crear, abrir, guardar y cerrar un proyecto).

Se pulsó en **“Crear un proyecto nuevo”** dentro del marco de acciones de la ventana, luego se llenó los campos de información general del proyecto, como fue: el nombre del proyecto, la ruta donde se guardó, el autor, la compañía, etc.

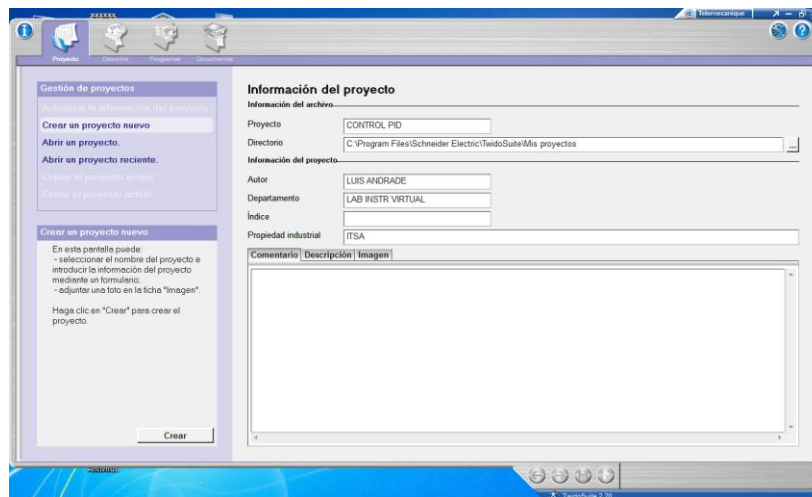


Figura 3.12 Ventana de la pestaña de “Proyecto”.  
Realizado por: Luis Andrade.

Después de introducir la información del proyecto se pulsó el botón **“Crear”** y el nuevo proyecto se generó.

4. Para configurar el hardware twido se hizo clic sobre el icono **“Describir”**.



Figura 3.13 Icono describir.

Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

En el panel de catálogo de productos se seleccionó bases, compactos y se pulsó sobre el Controlador Compacto TWDLCAA24DFR y arrastró hacia la área del panel gráfico agregando el elemento al hardware.

Barra de herramientas de descripción.

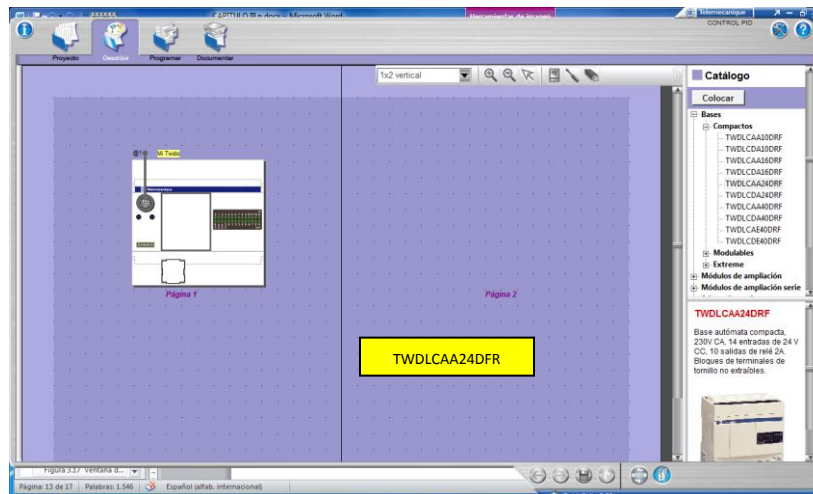


Figura 3.14 Ventana de configuración de Hardware “Describir” Selección de controlador compacto. Realizado por: Luis Andrade.

5. Se seleccionó el Controlador Compacto TWDLCAA24DFR, se insertó el módulo de ampliación TM2AMM3HT y la interface Ethernet con sus respectivas configuraciones como se muestra a continuación.



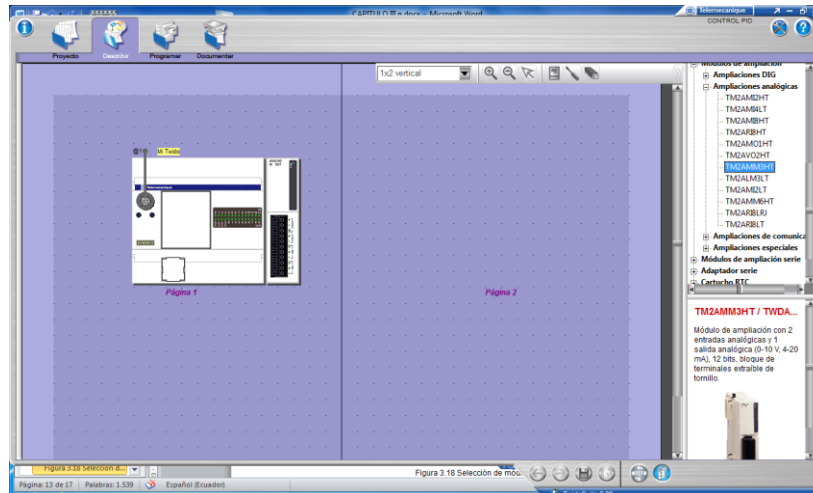


Figura 3.15 Selección de módulo de ampliación.  
Realizado por: Luis Andrade.

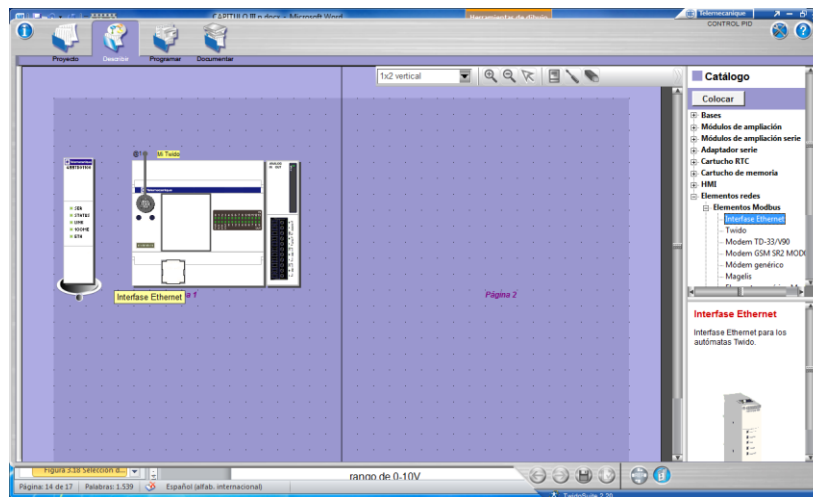


Figura 3.16 Selección la interface Ethernet.  
Realizado por: Luis Andrade.

Para configurar los elementos anteriormente seleccionados se dió doble clic sobre los mismos, y se procedió a introducir las siguientes características.

1. En el módulo de ampliación se habilitó las entradas analógicas con un rango de 0-10V.

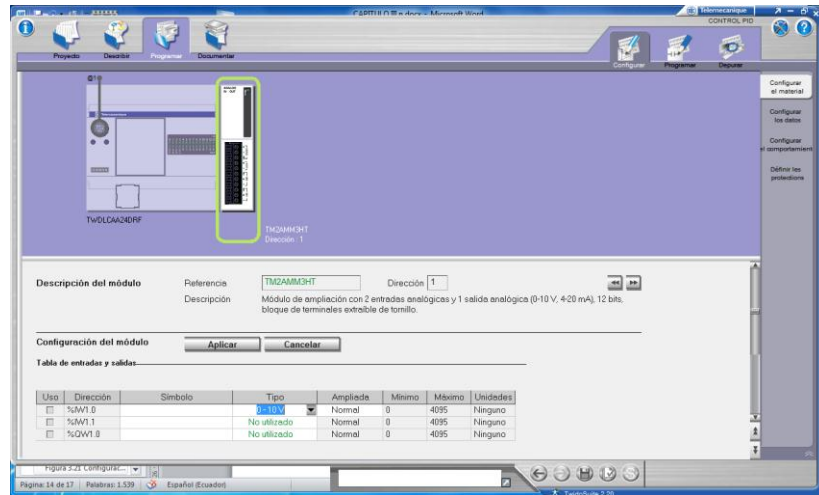


Figura 3.17 Configuración del módulo de ampliación.  
Realizado por: Luis Andrade.

2. Se configuró y creó la interface Ethernet como se muestra a continuación en los gráficos.

Se configuró la dirección IP para la comunicación del autómatas y la PC.

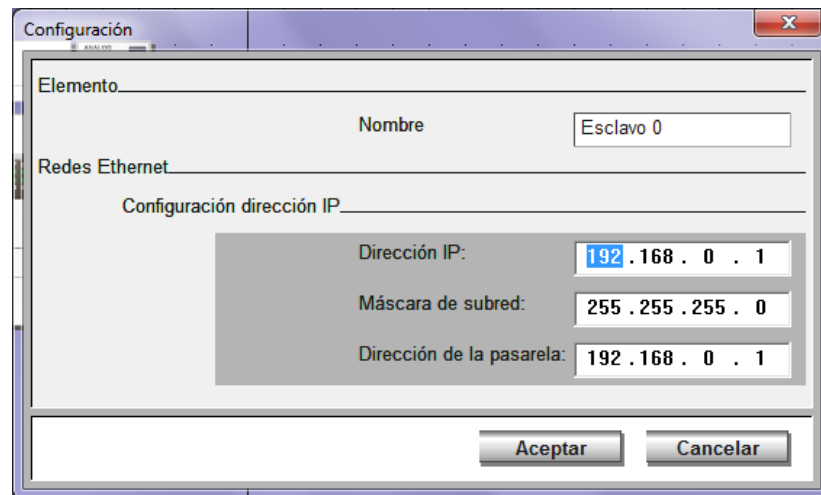


Figura 3.18 Configuración de la IP.  
Realizado por: Luis Andrade.

Se configuró el Puerto de comunicación del autómata como Modbus.

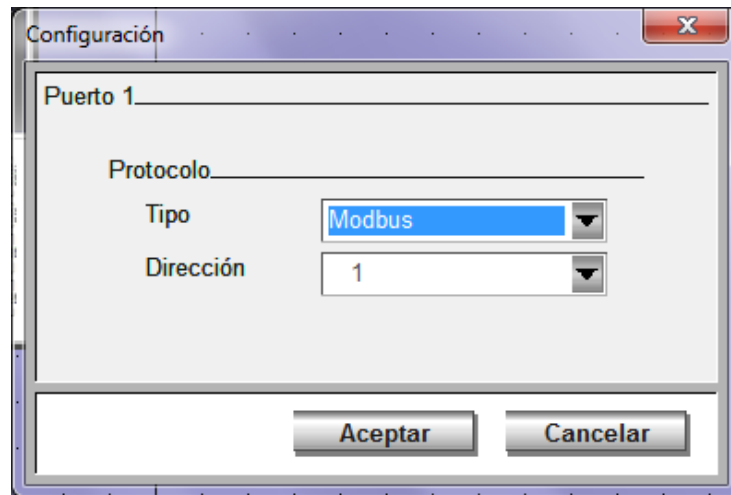


Figura 3.19 Configuración del puerto de comunicación.  
Realizado por: Luis Andrade.

Se configuró los parámetros de comunicación como se muestra en la figura 3.20.

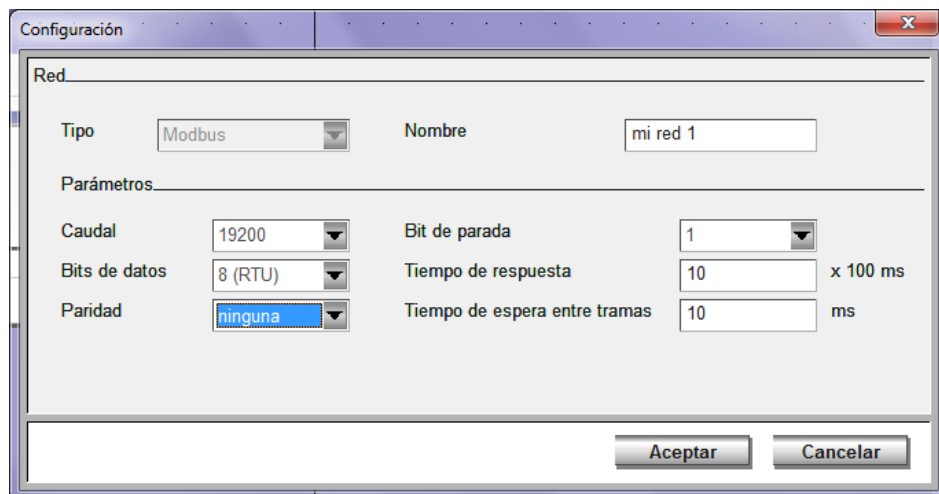


Figura 3.20 Configuración de los parámetros de Comunicación Modbus Ethernet.  
Realizado por: Luis Andrade.

### 3.3.3 TRANSFERENCIA DEL PROGRAMA POR PRIMERA VEZ AL PLC.

Para la transferencia del programa fue necesario usar el cable de transmisión de datos serial TSX PCX 1031, el puerto de transferencia “COM” se lo determinó en la PC.

Para iniciar la transferencia primero se dio clic en depurar para verificar los posibles errores, se seleccionó el puerto de comunicación en este caso COM6 y luego se hizo clic en aceptar.

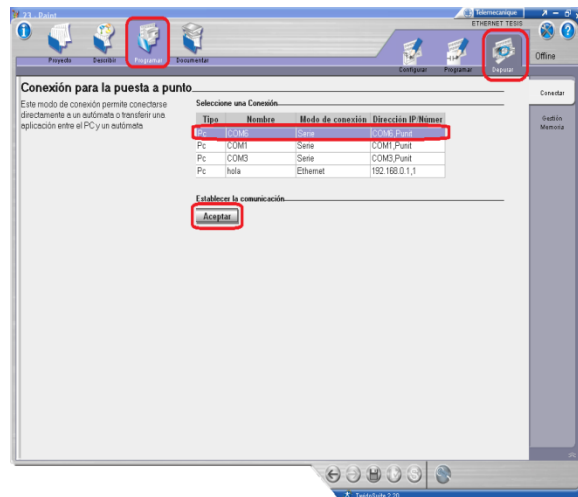


Figura 3.21 Transferencia de programa.  
Realizado por: Luis Andrade

Una vez cargado el programa que contiene la información básica de comunicación Ethernet se desconectó el cable serial del PLC y conectando el módulo de interface Ethernet se comunicó el PLC mediante el cable Ethernet.

### 3.3.4 PROGRAMACIÓN DEL PLC PARA EL PROCESO.

Previo al inicio de la programación, es imprescindible saber que el autómeta Twido TWDLCAA24DRF permite trabajar con memorias de palabra internas %MW que van desde %MW0 a %MW9999, con espacios de memorias digitales %M en un rango de %M0 a %M999; estos van hacer de gran ayuda para realizar la programación del controlador, además es necesario saber que TwidoSuite trabaja por secciones, el programa puede soportar hasta 128 secciones, y cada sección se compone de redes, cada red solo admite 7 líneas de programación.

#### 3.3.4.1 PROCESO DE PROGRAMACIÓN

Para la edición del programa se ingresó en la pestaña de programa y luego en la pestaña programar.

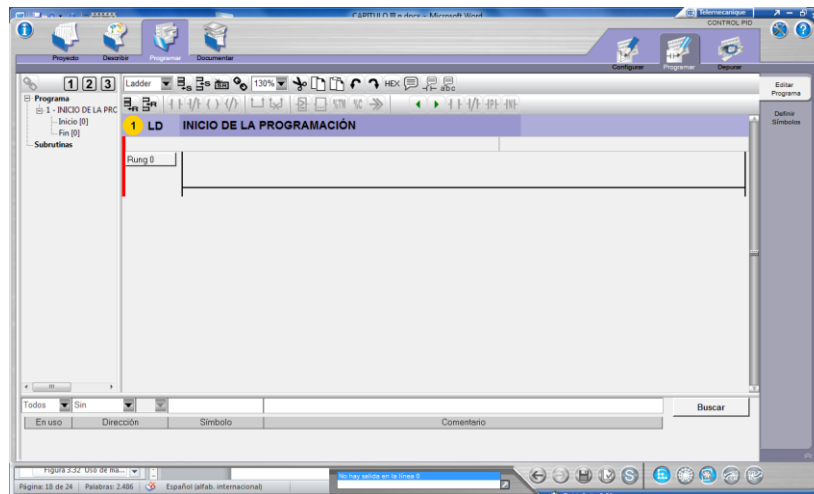


Figura 3.22 Pasos para crear el programa.  
Realizado por: Luis Andrade

1. El primer paso fue receptar la señal de pulsos que entrega el encoder la misma que se almacenó en una memoria con la dirección %MW20. Para acondicionar esta señal se utilizó dos escalamientos los mismos que permitieron visualizar los datos a conveniencia del valor que se necesitó.

El rango al que funcionó el motor es:

0 rpm es a 0 bits

1794 rpm es a 4090 bits

Este rango se tomó de los bits que el PLC mostró en el software de programación dependiendo de la velocidad del motor.

Por lo tanto la ecuación para el escalamiento quedó así:

$$x = m(\#)$$

Dónde:

m= pendiente

# = entrada digital (pulsos)

X = resultado equivalente en rpm

$$m = \frac{1794}{30689}$$

$$x = \frac{1794}{30689}(\#)$$

El rango que se usó para la velocidad en Hertz es:

0 bits es a 0 Hz

4090 bits es a 60 Hz

Por lo tanto la ecuación para el escalamiento quedó así:

$$Y = m(\overline{rpm})$$

Dónde:

m = pendiente

rpm = revoluciones por minuto

Y = resultado equivalente en Hz

$$m = \frac{4090}{1794}$$

$$Y = \frac{4090}{1794}(\overline{rpm})$$

Para realizar la programación de la ecuación en el PLC fue necesario usar lo siguiente.

- a) Palabras de Memoria (%MWn): Las palabras de memoria sirvieron para guardar operaciones aritméticas o algún valor de cierta variable con un formato de 16 bits.
- b) Palabra de Memoria Doble (%MDn): Las palabras de memoria doble sirvieron para guardar operaciones aritméticas o algún valor de ciertas variables con un formato de 32 bits.

c) Bloques de operación: Sirvieron para realizar operaciones aritméticas. Las palabras de memoria sólo pudieron ser utilizadas dentro de un bloque de operación para lo cual se debió insertar una línea de conexión y seleccionó para insertar un bloque de operación.

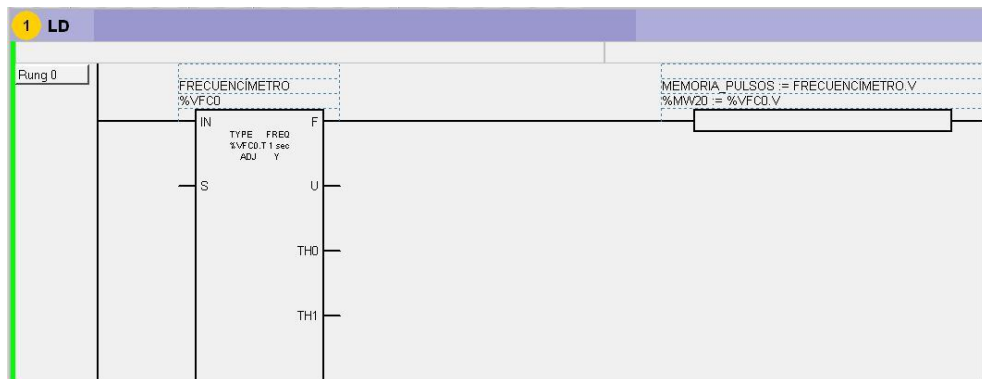


Figura 3.23 Se insertó un bloque de operación.

Realizado por: Luis Andrade.

En el segundo bloque de programación se introdujo la señal que entrega el encoder y se almacenó en la palabra de memoria %MW20.

En el segundo bloque de operación se transformó la antes mencionada palabra de memoria a una memoria doble o también llamada Doble Word, esto fue necesario debido a que se necesitó más espacio de memoria para almacenar los datos.

En el tercer y cuarto bloque de operación se realizó el escalamiento para obtener las rpm, figura 3.24.



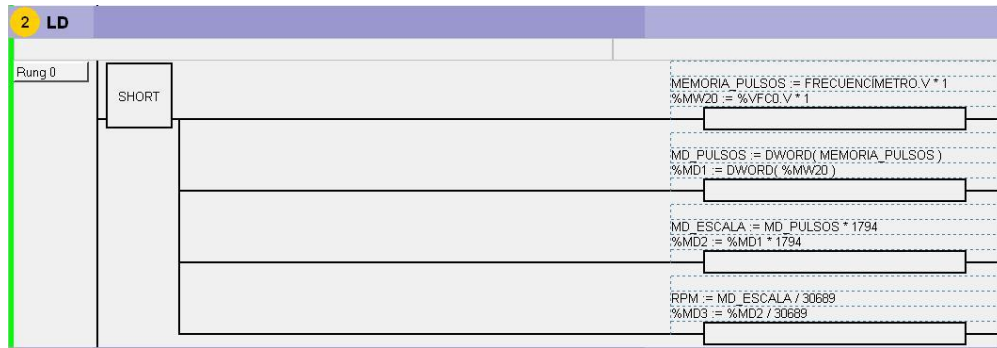


Figura 3.24 Escalamiento de la señal.

Realizado por: Luis Andrade.

En el Tercer bloque de programación se tomó el bit menos significativo para eliminar datos no usados.

En el cuarto bloque de programación se realizó el segundo escalamiento y almacenamiento en una memoria doble Word %MD 5, Figura 3.28.

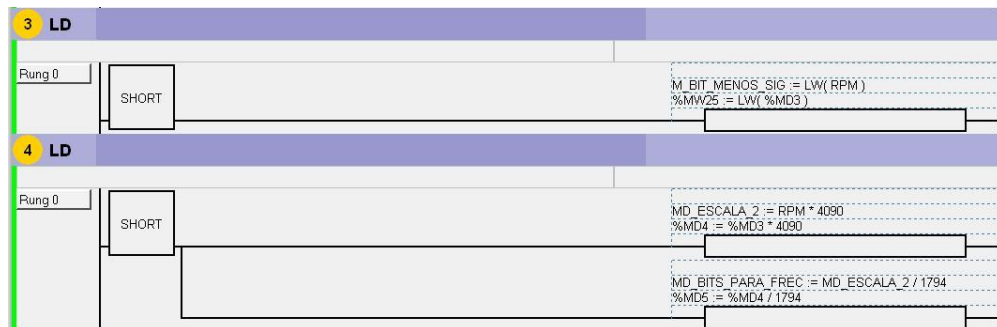


Figura 3.25 Se insertó la ecuación en los bloques de operación.

Realizado por: Luis Andrade.

En el quinto bloque de programación se tomó también el bit menos significativo para eliminar datos no usados.

El valor que se almacenó en esta palabra de memoria %MW30 es la que nos va a servir para el control PID.

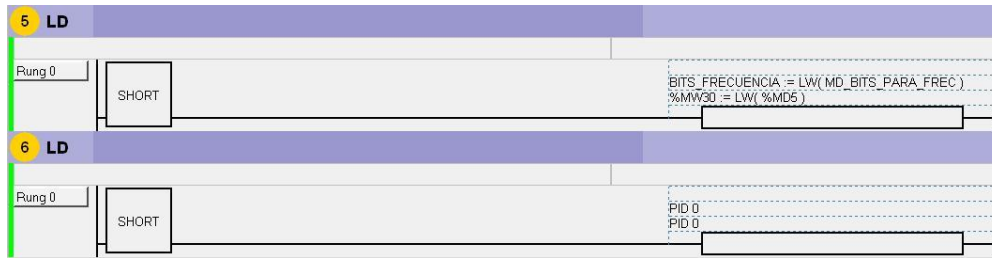


Figura 3.26 Almacenamiento de bits para frecuencia.  
Realizado por: Luis Andrade.

Para visualizar la programación detallada de cada ciclo del proceso revisar el ANEXO B.

### 3.4. TRANSFERENCIA DEL PROGRAMA VÍA ETHERNET

Para la transferencia del programa vía Ethernet fue necesario crear una nueva conexión. A continuación se detalla este procedimiento.

- a) Se fue a la ventana de preferencias a través del icono “Preferencias” que se encuentra en la esquina superior derecha.



Figura 3.27 Icono de preferencia.  
Realizado por: Luis Andrade.

- b) Se dió clic en el botón Agregar en el cuadro de diálogo Gestión de conexiones. Se añadió una línea de conexión nueva.

La línea nueva mostró ajustes de conexión predeterminados y sugeridos. Se debe cambiar estos ajustes.

Gestión de las conexiones									
Nombre	Tipo de conexión	IP / Teléfono	Punit / Dirección	Caudal	Paridad	Bits de parada	Tiempo espera	Tiempo espera pausa	
COM1	Serie	COM1	Punit				5000	5	
COM3	Serie	COM3	Punit				5000	5	
ETER	Ethernet	192.168.0.1	1				5000	5	

Figura 3.28 Gestión de las conexiones.  
Realizado por: Luis Andrade.

Para definir un valor nuevo en un campo, se seleccionó el campo que se deseó y, a continuación, se pulsó el botón Modificar.

En el campo Nombre, se introdujo el nombre descriptivo de la nueva conexión.

En el campo Tipo de conexión, se dio clic para desplegar una lista en la que se encontró los tipos de conexión: Serie, Ethernet y USB. Se seleccionó Ethernet.

- c) En el campo IP/Phone, se introdujo la dirección IP válida para la comunicación con el autómata, la misma que fue especificada anteriormente (192.168.0.1).
- d) Se hizo clic en el botón Aceptar para guardar los ajustes de la conexión nueva y se cerró el cuadro de diálogo Gestión de conexiones.

Después de haber creado la red Ethernet para la comunicación del PLC y la PC, se transfirió los datos de la misma manera que se hizo con el cable serial, pero esta vez se seleccionó la red Ethernet como se muestra a continuación.

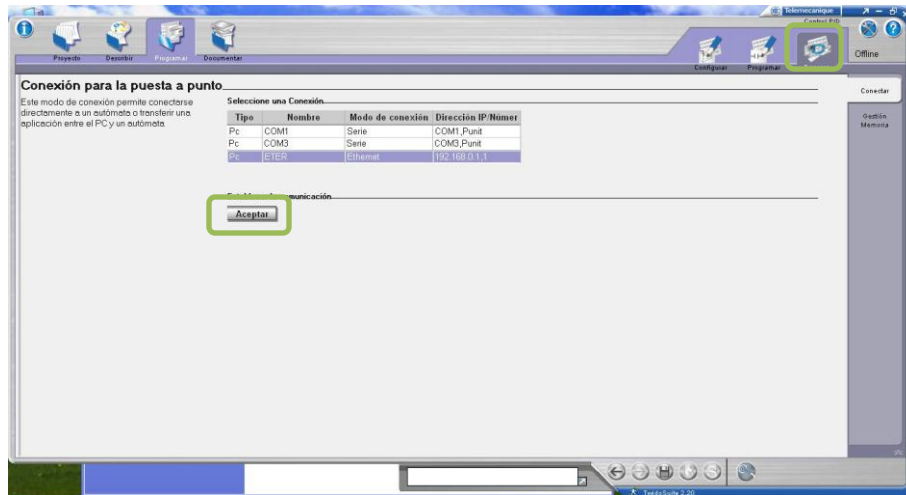


Figura 3.29 Transferencia por Comunicación Ethernet.  
Realizado por: Luis Andrade.

## 3.5. DISEÑO DEL SISTEMA HMI EN LABVIEW

### 3.5.1. DESCRIPCIÓN

Para diseñar la interfaz de comunicación hombre máquina (HMI) se usó LABVIEW, software que permitió la interacción, en complemento con el software OPC SERVER el cual sirvió como medio para comunicar los datos que se desearon controlar y visualizar entre el PLC y LABVIEW.

### 3.5.2. CONFIGURACIÓN EN OPC SERVER

Este software permitió crear variables que se conocen como tags, cuya función fue cargar las direcciones del PLC y direccionarlas a variables e indicadores en LABVIEW, es importante mencionar que la sintaxis de direcciones para Modbus Ethernet es diferente a la que usó el PLC.

Tabla 3.1 Sintaxis en Modbus Ethernet.

DESCRIPCIÓN	PLC	MODBUS ETHERNET
PALABRA DE MEMORIA	%MWn	40000 (n+1)
BIT DE MEMORIA	%Mn	00000 (n+1)
MEMORIA DOBLE	%MDn	40000 (n+1)

Realizado por: Luis Andrade

### 3.5.3. DESARROLLO DEL PROGRAMA

Para configurar las variables en OPC Server se debió seguir los pasos a continuación:

1. Se abrió OPC Server, se borró todos los OPC creados por default y se dio doble clic en add a Channel.

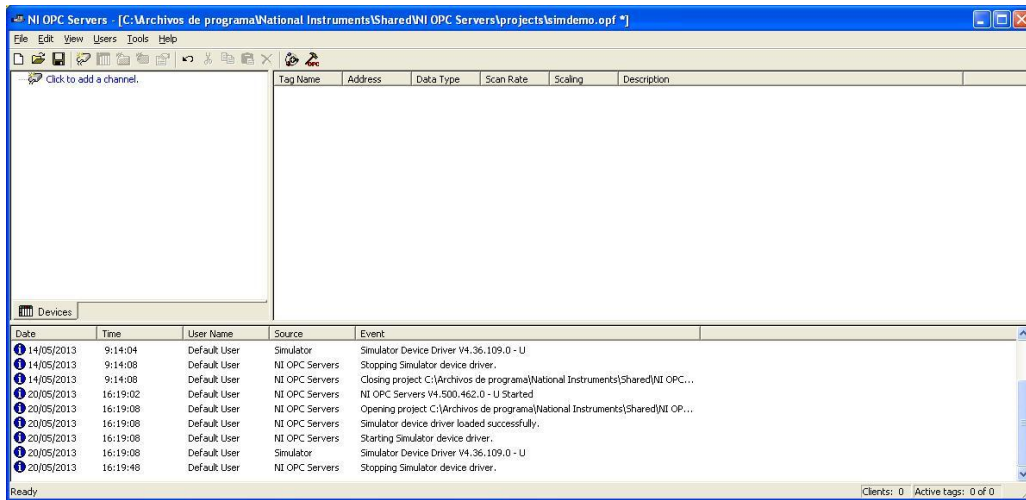


Figura 3.30 Crear nuevo archivo.

Realizado por: Luis Andrade

2. Se asignó un nombre al nuevo canal, se dio clic en siguiente.

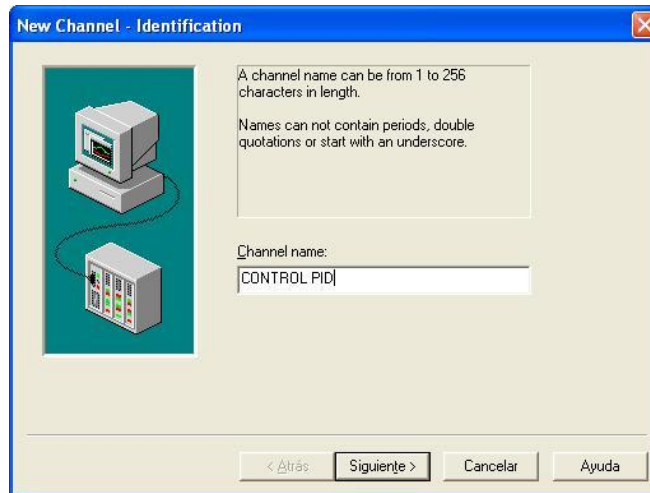


Figura 3.31 Asignación del nombre del canal.  
Realizado por: Luis Andrade.

3. Se seleccionó el tipo de driver que se usó para este caso Modbus Ethernet, se dio clic en siguiente.



Figura 3.32 Selección de driver.  
Realizado por: Luis Andrade.

4. Se seleccionó el adaptador de red (Modbus Ethernet), se dió clic en siguiente.

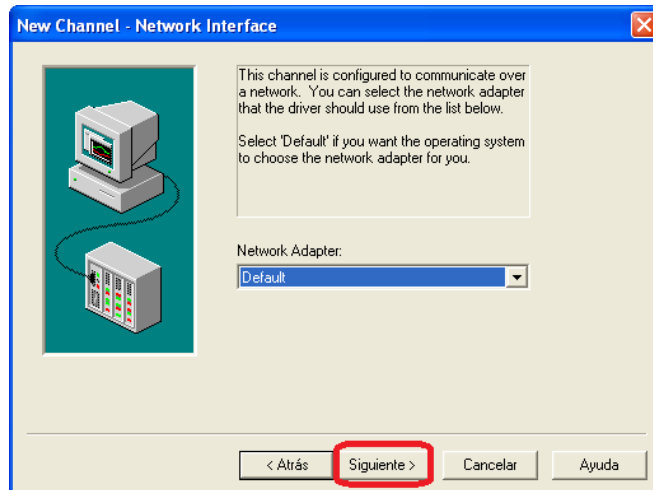


Figura 3.33 Adaptador de red.  
Realizado por: Luis Andrade.

5. A continuación se asignó el número de canales y el tipo de comunicación. Seleccionando “Use one or more sockets per device on this channel”.

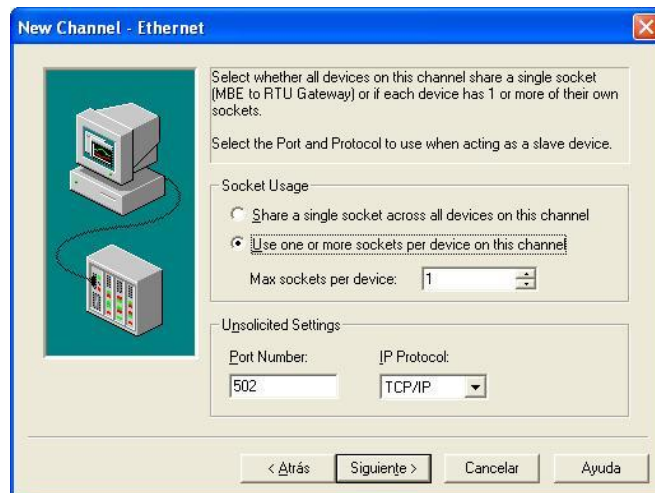


Figura 3.34 Nombre del dispositivo.  
Realizado por: Luis Andrade.

Se dio clic en siguiente.

6. A continuación se asignó la dirección IP que se usó en el PLC para este caso <192.168.0.1>1.

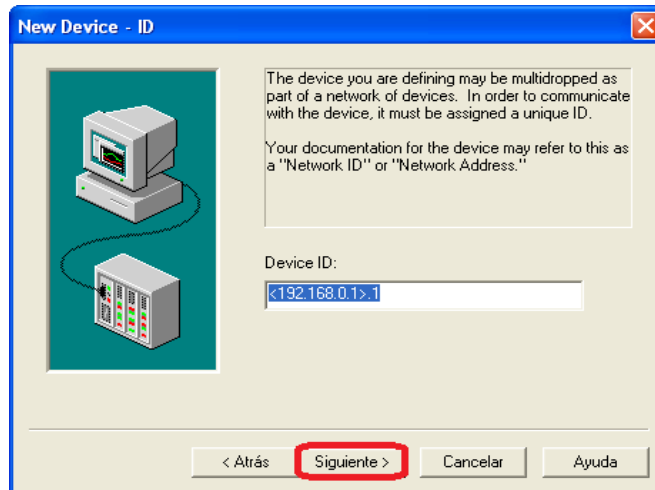


Figura 3.35 Dirección IP.  
Realizado por: Luis Andrade.

Se dio clic en finalizar.

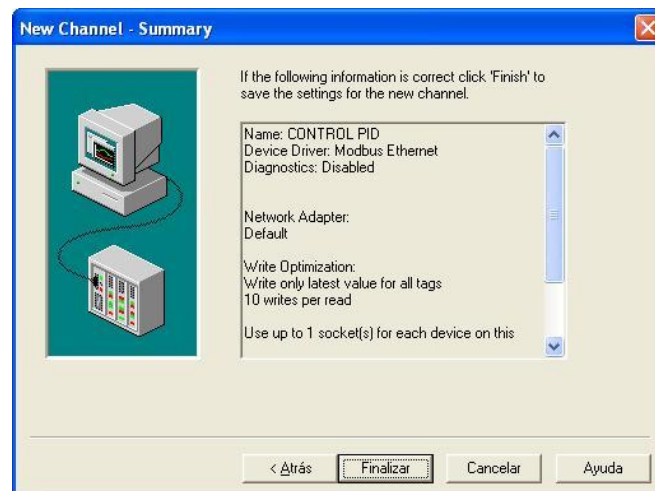


Figura 3.36 Crear nuevo tag.  
Realizado por: Luis Andrade.

7. Después de crear todos los tags se procedió a crear el programa en LABVIEW.



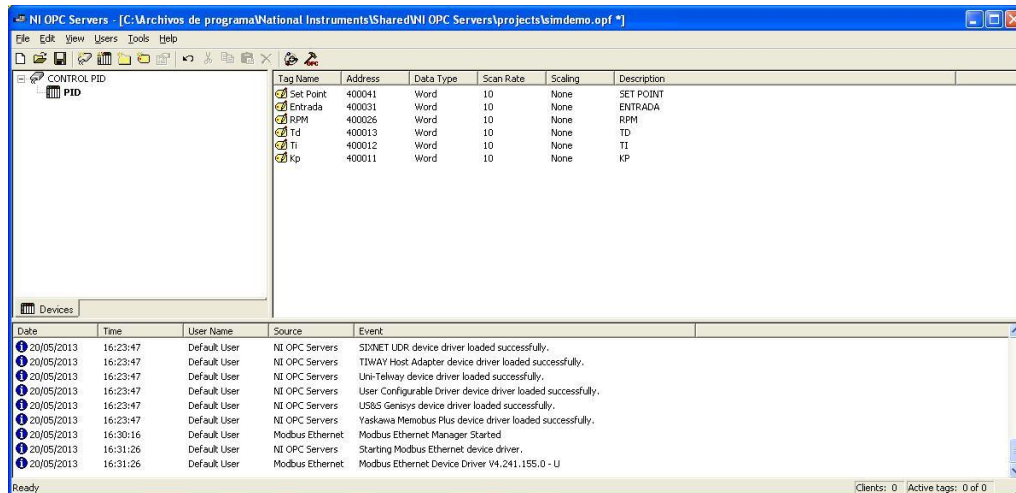


Figura 3.37 Lista de tags.  
Realizado por: Luis Andrade.

A continuación se explica los pasos que se desarrollaron para programar la HMI en LABVIEW.

1. Lo primero que se realizó es la edición de los gráficos que se involucran en el proceso.



Figura 3.38 Edición de gráficos en LABVIEW.  
Realizado por: Luis Andrade.

Como se pudo visualizar en la figura 3.38 se tuvo un indicador de color negro en el cual estuvieron las señales del control PID (entrada y set point), dos indicadores de RPM uno digital y uno analógico respectivamente, un botón de tipo slider para el control de la velocidad de motor, también dos indicadores de tipo led que funcionan cuando el control PID esté en proceso y cuando ya esté listo respectivamente.

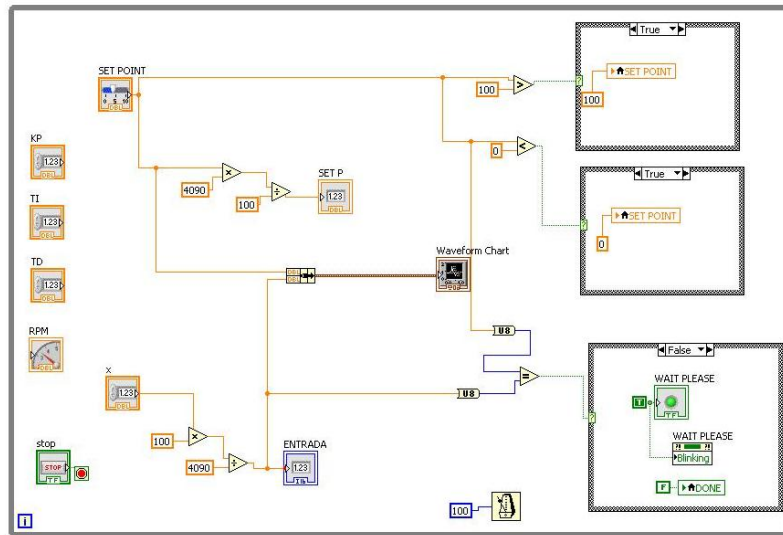


Figura 3.39 Diagrama de bloques.  
Realizado por: Luis Andrade.

2. Luego de editar los gráficos fue necesario asignar las variables a cada elemento, esto se realizó siguiendo los siguientes pasos:
  - a) Primero se ingresó a las propiedades del elemento dando clic derecho sobre el elemento para configurarlo.

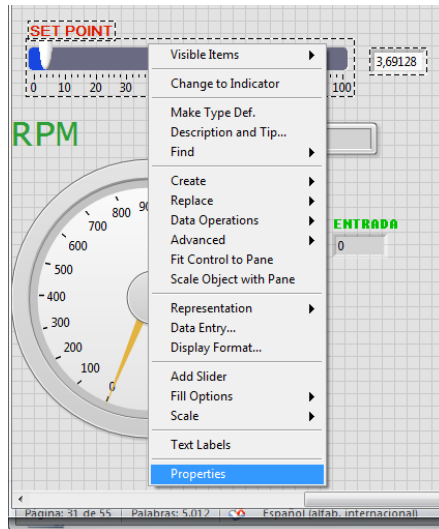


Figura 3.40 Propiedades del elemento.  
Realizado por: Luis Andrade.

b) Después se eligió la pestaña Data Binding.

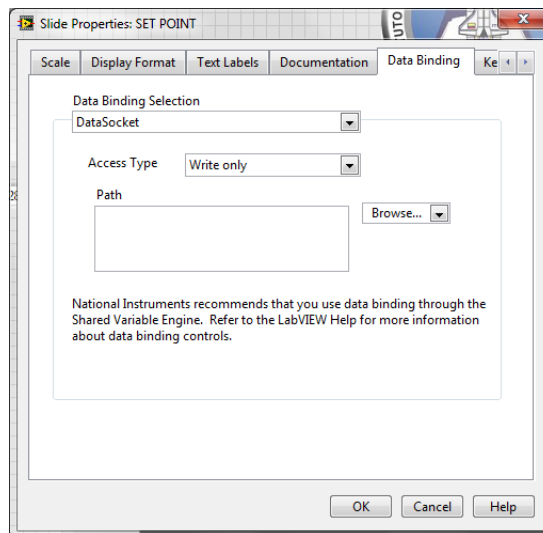


Figura 3.41 Data Binding.  
Realizado por: Luis Andrade.

c) Después de elegir la pestaña en la lista desplegable “Data Binding Selection” se seleccionó DataSocket, luego se eligió el tipo de acceso.

### 3.6. VALORES DE SINTONIZACIÓN

Para una eficaz sintonización se utilizó las reglas heurísticas de ajuste, las cuales tienen 3 pasos:

1. El tiempo integral ( $T_i$ ) a su máximo valor, el tiempo derivativo ( $T_d$ ) a su mínimo valor y empezando con un valor bajo de la ganancia se fue aumentando, hasta obtener las características de respuesta deseada.
2. Se redujo el  $T_i$  hasta anular el error en estado estacionario, aunque la oscilación sea excesiva, luego se disminuyó ligeramente la ganancia y se repitió hasta obtener las características de respuesta deseadas.
3. Se mantuvo la ganancia y el tiempo integral obtenidos anteriormente, se aumentó el  $T_d$  hasta que se obtuvo las características similares pero con la respuesta más rápida.

NOTA: Para el valor máximo de  $T_i$  se realizó un muestreo previo, dando como resultado la siguiente tabla.

Tabla 3.2 Muestreo tiempo integral

<b>Valor <math>T_i</math> en segundos</b>	<b>Tiempo ascendente en segundos</b>	<b>Tiempo descendente en segundos</b>	<b>Comentario</b>
10	14	14	
20	16	17	
40	34	35	Oscilación leve
60	60	65	Oscilación leve
80	70	76	Oscilatorio
100	90	95	Oscilatorio

Realizado por: Luis Andrade

Luego de haber analizado los resultados del muestreo tomado del tiempo integral (Ti), se recomendó tomar el valor de 10 como valor máximo para la sintonización, por el menor tiempo de respuesta.

Los valores ideales de Kp, Ti y Td son 8, 2 y 2 respectivamente como se indica en la figura 3.42.



Figura 3.42 Variables de control.  
Realizado por: Luis Andrade.

NOTA: Los valores de las variables de control fueron dados en segundos.

### 3.7. INSTRUCTIVO PARA EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LA HMI

#### 3.7.1. DESCRIPCIÓN

Para el desarrollo de esta sección se tomó en cuenta el funcionamiento de todos los elementos usados en el control PID, como son PLC (Twido), módulo de expansión de entradas/salidas analógicas, módulo Twido Ethernet y módulo didáctico.

Este instructivo contiene todos los pasos necesarios para configurar correctamente el funcionamiento de la HMI.

### 3.7.2. PLC TWIDO

En este ítem se explica las conexiones a realizar con cada uno de los elementos del PLC, la señal del módulo didáctico, al PLC y viceversa y su puesta en marcha.

1. Identifique cada una las partes del PLC.

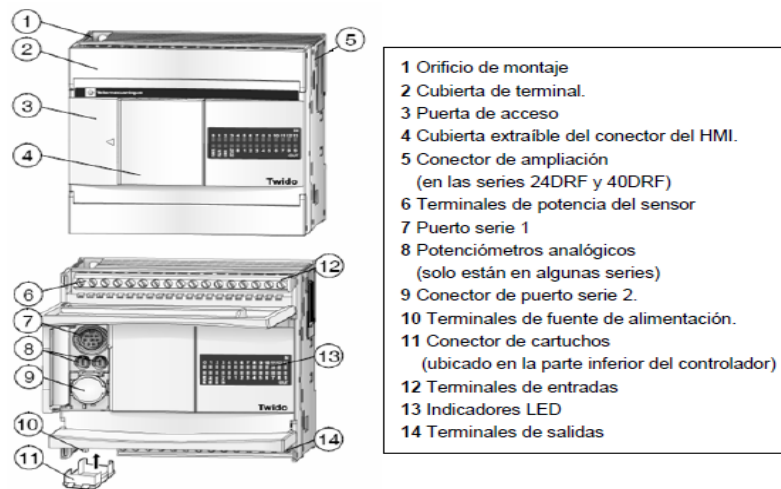


Figura 3.43 Partes del PLC TWIDO  
Realizado por: Luis Andrade

2. Destape la ranura para el montaje del módulo de E/S analógicas.

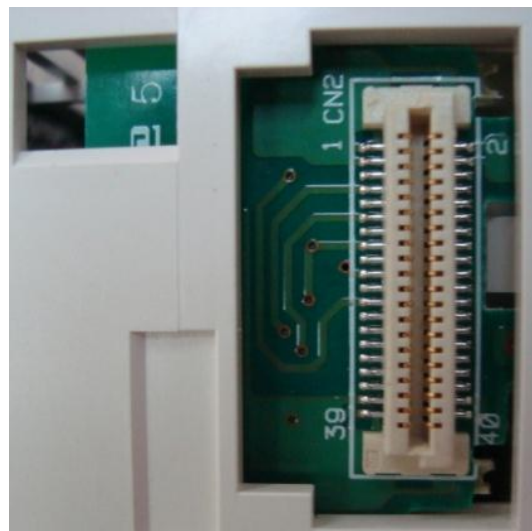


Figura 3.44 Ranura de expansión.  
Realizado por: Luis Andrade.

3. Conecte el módulo de E/S analógicas en la ranura correspondiente.



Figura 3.45 Módulo E/S analógicas.  
Realizado por: Luis Andrade

4. Conecte la señal que entrega el encoder (pulsos) desde el módulo didáctico hasta la entrada número 1 del autómata.
5. Conecte la salida analógica del módulo de expansión a las borneras 5 y 3 del módulo didáctico siendo positivo y negativo respectivamente.
6. Conecte el módulo Ethernet al PLC en el puerto serial número 1 y del puerto Ethernet del módulo hacia el Terminal COM de la PC.
7. Identifique la línea y neutro del PLC para la alimentación con 120V una vez que haya concluido con el montaje, tal como se indica en la figura 3.46.

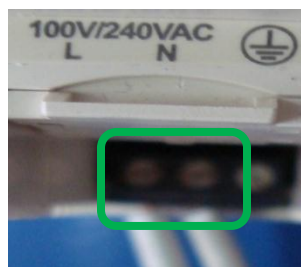


Figura 3.46 Conexión L y N.  
Realizado por: Luis Andrade.

8. Una vez que se realizó las conexiones correctamente, proceda a energizar todos los elementos.
9. Abra el software Twido Suite y de clic en el ícono programación para ingresar al programa.

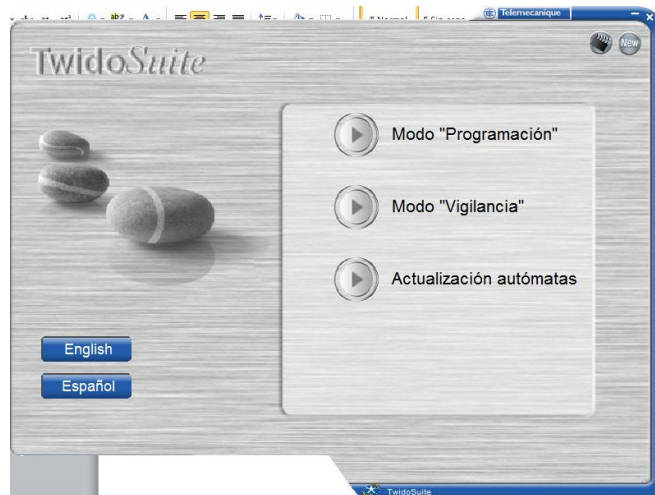


Figura 3.47 Ventana de inicio de TwidoSuite.  
Realizado por: Luis Andrade

NOTA: En caso que aparezca una pantalla solicitando registrar el producto, de clic en “Mas Tarde”.

10. Abra un proyecto, seleccione disco, seleccione el nombre del archivo y de clic en abrir.

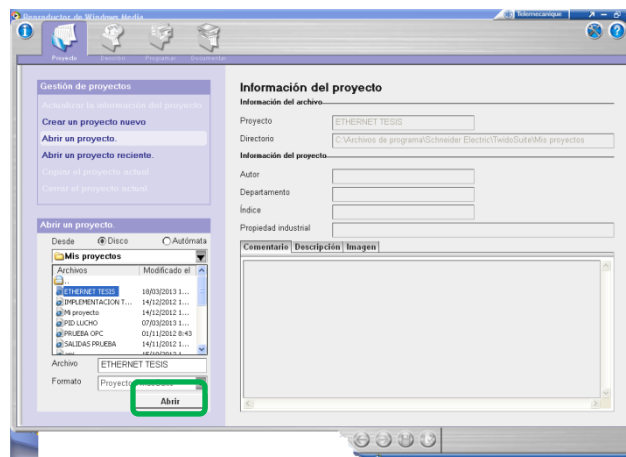


Figura 3.48 Abrir un programa.  
Realizado por: Luis Andrade



11. De clic sobre el icono programar ubicado en la parte superior de la ventana del programa, de clic sobre depurar para transferir el programa por primera vez, siga los pasos que se muestran a continuación en la figura 3.49 y 3.50.

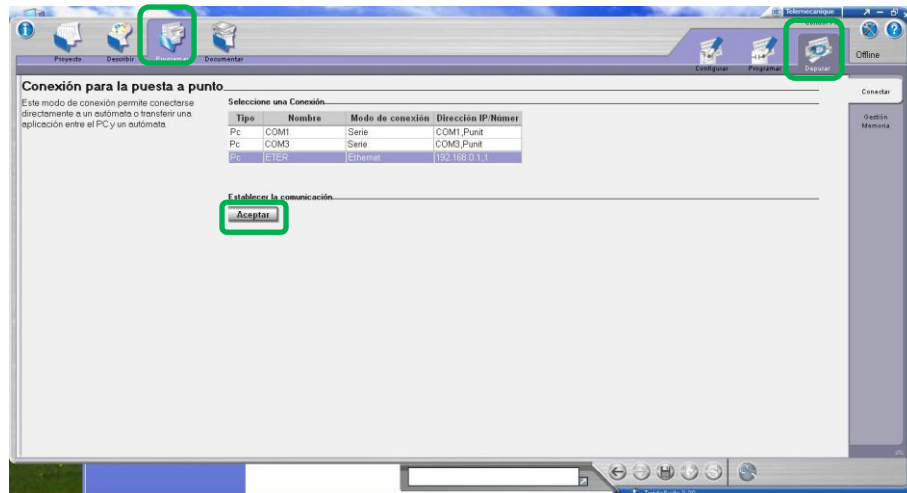


Figura 3.49 Depurar un programa.  
Realizado por: Luis Andrade.



Figura 3.50 Transferir el programa.  
Realizado por: Luis Andrade.

NOTA: En el caso de que el programa no se encuentre guardado en el computador refiérase al ANEXO A del proyecto de grado.

Transferencia PC → automática.

12. Ponga en RUN el PLC para poder verificar la adquisición de la señal del encoder.



Figura 3.51 Ventana de ejecución.  
Realizado por: Luis Andrade

13. Analice los datos de entrada, verifique la lógica de programación, que todos los valores se almacenen correctamente en las memorias asignadas.

### 3.7.3. SISTEMA HMI EN LABVIEW

1. Verifique que el demo del programa OPC Server no haya expirado, en caso de que el demo ha expirado simplemente vaya al programa ubicado en el menú inicio ábralo, ciérrelo y vuélvalo a abrir y automáticamente el demo de OPC se activará.

2. Diríjase al menú inicio, todos los programas y abra LABVIEW, de clic en FILE, OPEN, ubíquese en la dirección donde está almacenado el archivo.

Nota: en caso de que el programa no se encuentre guardado en la computadora refiérase al ANEXO C del proyecto de grado.

3. Antes de poner el programa de LABVIEW en RUN vaya al menú de INICIO e ingrese a OPC Server, cierre el OPC que se encuentre abierto y de clic en FILE, OPEN y ubíquese en la dirección donde está almacenado el programa.

Nota: en caso de que el programa no se encuentre guardado en el computador refiérase al ANEXO D del proyecto de grado.

4. Ponga en RUN el programa en LABVIEW y verifique que los datos adquiridos por el PLC se visualicen correctamente en los indicadores de RPM previamente direccionados con los tags de OPC SERVER.

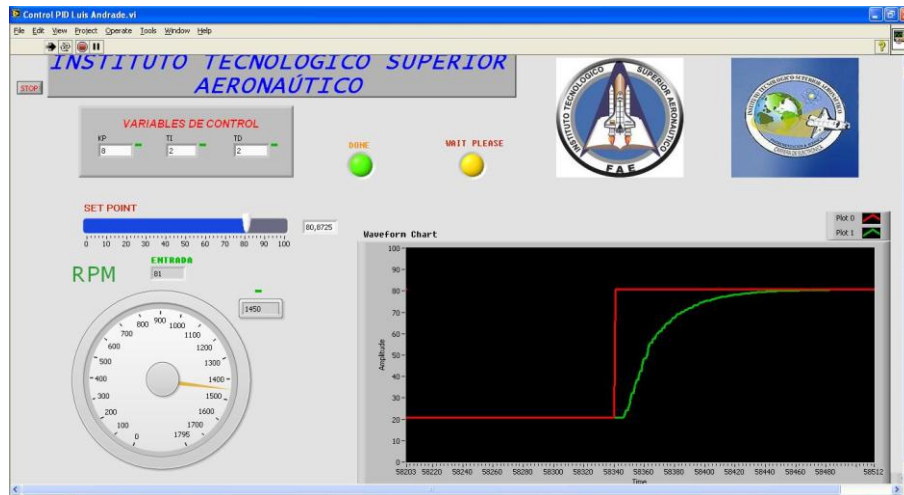


Figura 3.52 Run en el sistema HMI en LABVIEW.  
Realizado por: Luis Andrade.

5. Ingresar las variables de control para que el control PID funcione de la mejor manera, los mismos que son:  $K_p=8$ ,  $T_i=2$  y  $T_d=2$ . Estos valores están dados en segundos.

**NOTA:** Los valores de  $K_p$ ,  $T_i$  y  $T_d$  pueden variar en un rango de 0 a 100, pero los valores adecuados para la sintonización son de 0 a 10.

6. Variar el valor del SET POINT y verificar que el control PID funcione tal como se ve en la figura 3.53.

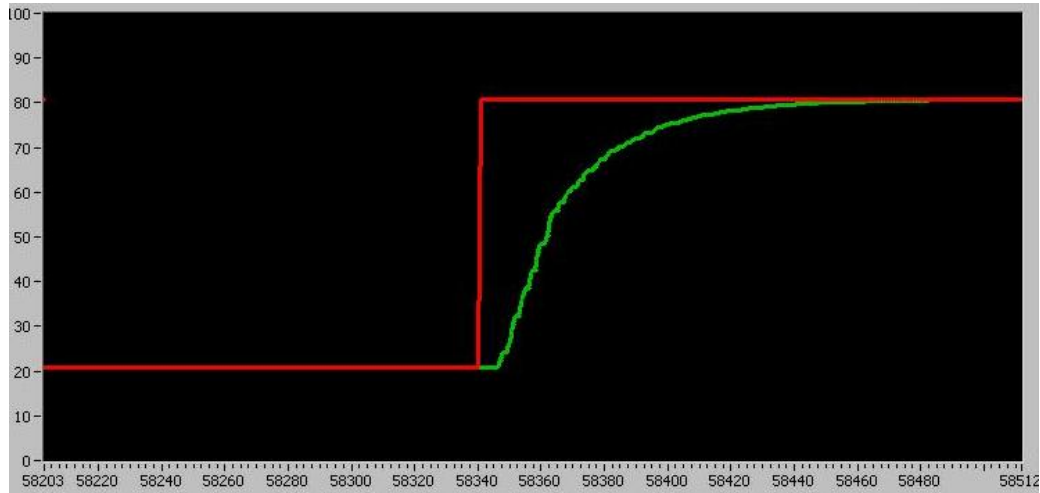


Figura 3.53 Control PID.  
Realizado por: Luis Andrade.

**NOTA:** La señal de color rojo indica el valor del SET POINT y la señal de color verde la señal de ENTRADA del motor.

### 3.8. GASTOS REALIZADOS

#### 3.8.1. GASTOS PRIMARIOS

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

Tabla 3.3 Gastos primarios

<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>TOTAL</b>
1	PLC Twido	\$603.75
1	Módulo Ethernet	\$350
1	Módulo de E/S analógicas	\$260

1	Cable de programación	\$195.69
1	Fuente externa	\$40
1	Cable serial	\$4
	<b>TOTAL</b>	<b>\$1453.44</b>

Realizado por: Luis Andrade

### 3.8.2. GASTOS SECUNDARIOS

Los gastos secundarios se refieren a los valores que no influyeron directamente en el proyecto práctico pero que se consideraran en la elaboración del proyecto escrito.

Tabla 3.4 Gastos secundarios

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Útiles de oficina	\$10
Internet	\$24
Impresiones	\$60
Anillado	\$10
Copias	\$5
Alimentación	\$60
Movilización	\$100
<b>TOTAL</b>	<b>\$269</b>

Realiza por: Luis Andrade

### 3.8.3. GASTO TOTAL

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

Tabla 3.5 Gasto total

COSTOS	VALOR
Costo primario	1453.44
Costo secundario	269
TOTAL	1722.44

Realizado por: Luis Andrade

## CAPÍTULO IV

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. CONCLUSIONES

- Se implementó el PLC TWIDO TWDLCAA24DRF de manera correcta en el control PID de un motor trifásico ya que se conoció y utilizó sus características de conteo súper rápido y frecuencímetro.
- Se determinó que un control PID en un proceso industrial es beneficioso, puesto que su implementación no es de mayor dificultad.
- El control PID de la velocidad de un motor trifásico realizado con el PLC TWIDO TWDLCAA24DRF es eficiente en tiempo de respuesta, ya que la sintonización es bastante rápida.
- La comunicación Ethernet es beneficiosa en términos de conflictos con otros programas, porque el proceso se realiza sin ninguna novedad y con mayor rapidez frente a una comunicación serial, que puede ocasionar conflictos con otros programas.
- La HMI realizada en LABVIEW permite que el control PID se realice a través de una interfaz amigable con el usuario y de fácil manejo.
- El software OPC SERVER fue de gran ayuda debido a que permitió la comunicación entre LABVIEW y TWIDO SUITE para realizar el control PID.
- La utilización de TWIDO SUITE es necesaria e imprescindible puesto que es el software que maneja el autómatas utilizado y su programación no es complicada.

## 4.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Para realizar todas las conexiones es recomendable realizarlas con la desenergización total de todos los equipos, para evitar así un corto circuito y futuros daños en los equipos a utilizar.
- ✓ Seguir cada una de las instrucciones que los manuales indican en las instalaciones, para evitar futuros problemas con el proceso que se realiza.
- ✓ Verificar que los cables de comunicación estén en buen estado y todas las conexiones estén bien realizadas para no tener problemas al momento de la puesta en RUN de todo el proyecto.
- ✓ Asegurarse que los cables que conducen VCC y GND estén conectados en donde corresponden, para evitar daños en las fuentes, en la red de alimentación y en los equipos que requieran de este tipo de corriente.
- ✓ Utilizar las fuentes necesarias con los voltajes adecuados para cada uno de los equipos, ya que requieren de VCC y VCA.



## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**ASCII:** Código estándar americano para el intercambio de información (del inglés “American Standard Code for Information Interchange”). Protocolo de comunicación que representa caracteres alfanuméricos, incluidos números, letras y algunos caracteres gráficos y de control.

**AUTÓMATA COMPACTO:** Tipo de autómata Twido que proporciona una configuración simple e integrada con ampliación limitada. Modular es el otro tipo de autómata Twido.

**BIT:** Es el acrónimo Binary digit (dígito binario). Un bit es un dígito del sistema de numeración binario. Mientras que en el sistema de numeración decimal se usan diez dígitos, en el binario se usan sólo dos dígitos, el 0 y el 1. Un bit o dígito binario puede representar uno de esos dos valores, 0 ó 1.

**BYTE:** Es una unidad de información utilizada como un múltiplo del bit. Equivale a 8 bits.

**CARTUCHO DE MEMORIA:** Cartuchos de memoria de copia de seguridad opcionales que pueden utilizarse para realizar una copia de seguridad y restaurar una aplicación (datos de configuración y programa). Hay dos tamaños disponibles: 32 y 64 KB.

**CODIFICACIÓN:** Es una forma de hacer abstracción a partir de los datos existentes en sus recursos para construir un mayor entendimiento de las fuerzas que intervienen.

**CÓDIGO BINARIO:** Es el sistema de representación de textos, o procesadores de instrucciones de computadora utilizando el sistema binario (sistema numérico de dos dígitos, o *bit*: el “0” (cerrado) y el “1” (abierto)).

**ETHERNET:** Ethernet es un estándar de redes de área local para computadores con acceso al medio por contienda CSMA/CD. CSMA/CD (Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones), es una técnica usada en redes Ethernet para mejorar sus prestaciones. El nombre viene del concepto físico de *ether*. Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.

**GRAFSET:** Es un grafo o diagrama funcional normalizado, que permite hacer un modelo del proceso a automatizar, contemplando entradas, acciones a realizar, y los procesos intermedios que provocan estas acciones. Inicialmente fue propuesto para documentar la etapa secuencial de los sistemas de control de procesos a eventos discretos. No fue concebido como un lenguaje de programación de autómatas, sino un tipo de Grafo para elaborar el modelo pensando en la ejecución directa del automatismo o programa de autómatas.

**HMI:** Interface Humano Máquina.

**IP:** El modelo TCP/IP, describe un conjunto de guías generales de diseño e implementación de protocolos de red específicos para permitir que un equipo pueda comunicarse en una red. TCP/IP provee conectividad de extremo a extremo especificando como los datos deberían ser formateados, direccionados, transmitidos, enrutados y recibidos por el destinatario. Existen protocolos para los diferentes tipos de servicios de comunicación entre equipos.

**LENGUAJE LADDER:** También denominado lenguaje de contactos o en escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje.

**MÓDULOS DE E/S DE AMPLIACIÓN:** Módulos de E/S de ampliación opcionales disponibles para agregar puntos de E/S a un autómata Twido. (No todos los modelos del autómata permiten la ampliación.)

**PLC:** Un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller), es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas.

**REGLAS HEURÍSTICAS:** actúan como impulsos generales dentro del proceso de búsqueda y ayudan a encontrar, especialmente, los medios para resolver los problemas.

**SENSOR:** es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas.

**TWIDO:** Línea de autómatas de Schneider Electric compuesta por dos tipos de autómatas (compacto y modular), módulos de ampliación para agregar puntos de E/S y opciones como reloj de tiempo real, comunicaciones, monitor de operación y cartuchos de memoria de copia de seguridad.

**TWIDOSUITE:** Software de desarrollo gráfico de Windows de 32 bits para configurar y programar autómatas Twido.

## BIBLIOGRAFÍA

### PÁGINAS WEB

- [http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional\\_integral\\_derivativo](http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo)
- <http://lra.unileon.es/es/book/export/html/268>
- [http://csd.newcastle.edu.au/SpanishPages/clase\\_slides\\_download/C07.pdf](http://csd.newcastle.edu.au/SpanishPages/clase_slides_download/C07.pdf)
- [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)
- <http://www.sincro-sur.com.ar/descargas/SCHNEIDER/Automata%20Programable%20Twido.pdf>
- <http://ebookbrowse.com/infoplc-net-manual-twido-bloques-predef-pdf-d328236425>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/PLC>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/ip>
- [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)
- <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABeEkAl/manual-twido>
- <http://static.schneiderelectric.us/docs/Machine%20Control/Automation%20Components%20Links/Twido/DIA3ED2041102EN.pdf>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>
- [http://www.gte.us.es/ASIGN/IE\\_4T/Tutorial%20de%20Labview.pdf](http://www.gte.us.es/ASIGN/IE_4T/Tutorial%20de%20Labview.pdf)
- <http://es.wikipedia.org/wiki/OPC>
- <http://www.matrikonopc.es/opc-servidor/index.aspx>
- [http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/8589f307e0be08b2c125723300392640/\\$file/2cdc125023m0201.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/8589f307e0be08b2c125723300392640/$file/2cdc125023m0201.pdf)

**ANEXOS**

## ANEXO A

1. Para configurar el hardware twido se hizo clic sobre el icono “Describir”.



Figura 3.13 Icono describir.

Fuente: [http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual\\_Twido.pdf](http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf)

En el panel de catálogo de productos se seleccionó bases, compactos y se pulsó sobre el Controlador Compacto TWDLCAA24DFR y arrastró hacia la área del panel gráfico agregando el elemento al hardware.

Barra de herramientas de descripción.

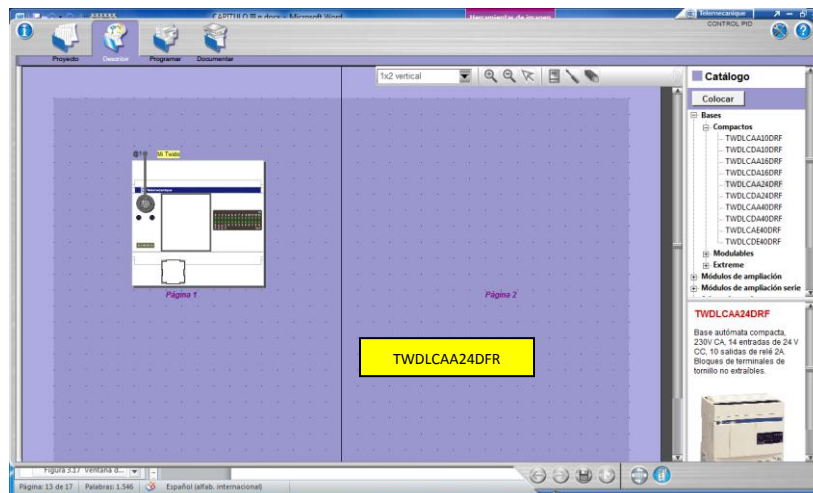


Figura 3.14 Ventana de configuración de Hardware “Describir” Selección de controlador compacto.  
Realizado por: Luis Andrade.

- Se seleccionó el Controlador Compacto TWDLCAA24DFR, se insertó el módulo de ampliación TM2AMM3HT y la interface Ethernet con sus respectivas configuraciones como se muestra a continuación.

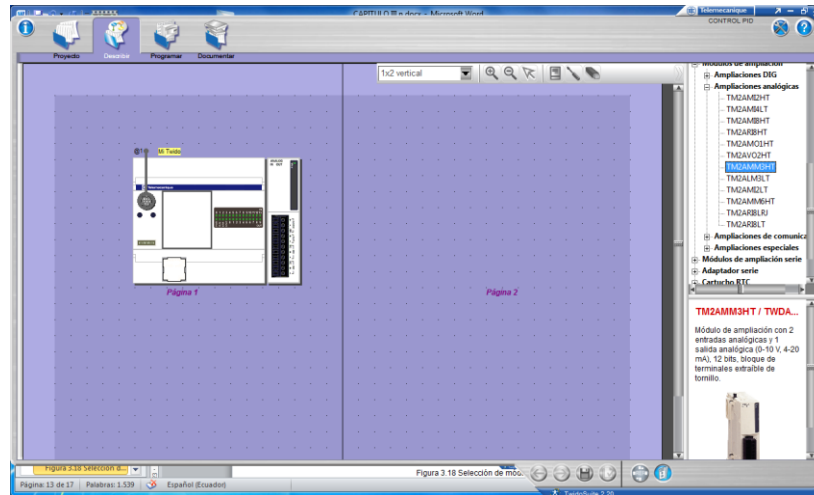


Figura 3.15 Selección de módulo de ampliación.  
Realizado por: Luis Andrade.

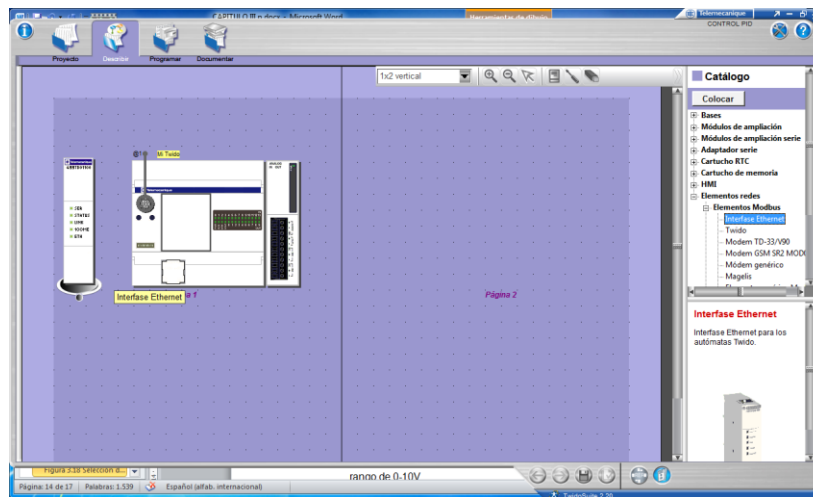


Figura 3.16 Selección la interface Ethernet.  
Realizado por: Luis Andrade.

- Para configurar los elementos anteriormente seleccionados se dio doble clic sobre los mismos, y se procedió a introducir las siguientes características.

4. En el módulo de ampliación se habilitó las entradas analógicas con un rango de 0-10V.

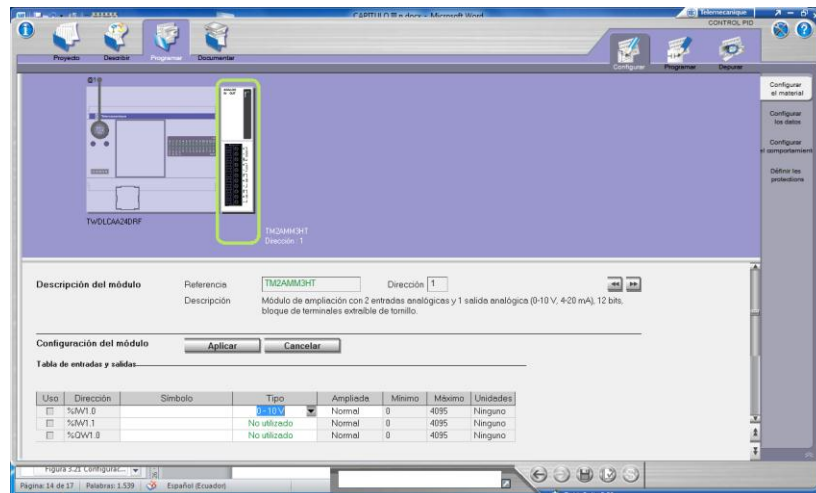


Figura 3.17 Configuración del módulo de ampliación.  
Realizado por: Luis Andrade.

5. Se configuró y creó la interface Ethernet como se muestra a continuación en los gráficos.

Se configuró la dirección IP para la comunicación del autómata y la PC.

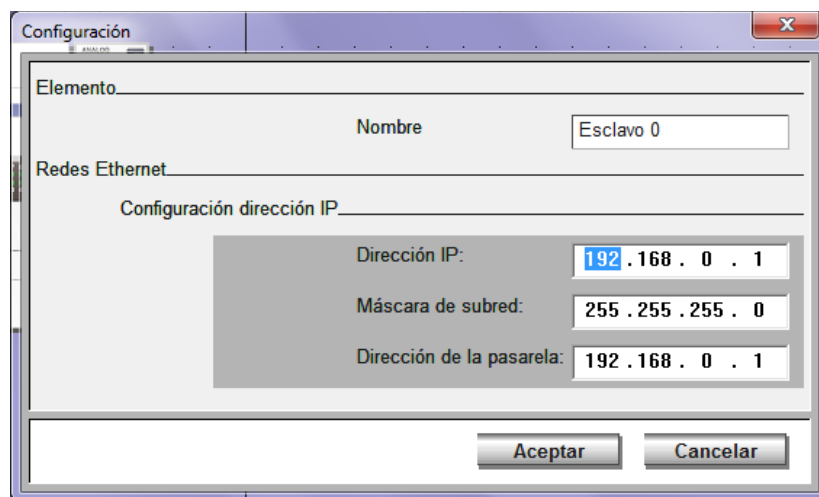


Figura 3.18 Configuración de la IP.  
Realizado por: Luis Andrade.

Se configuró el Puerto de comunicación del autómata como Modbus.



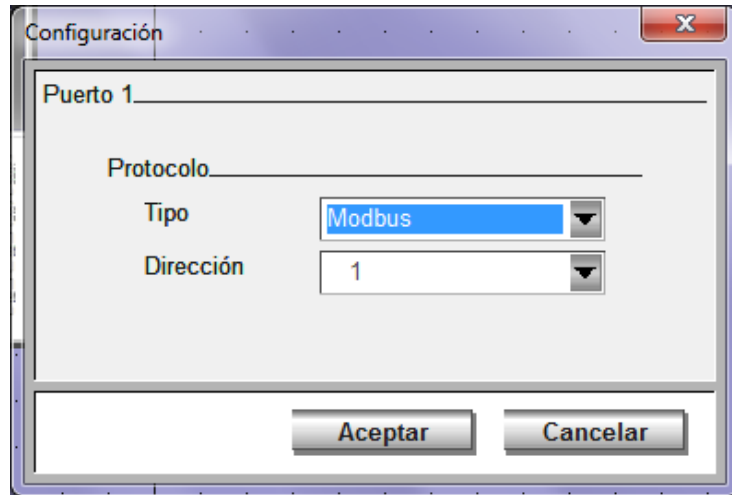


Figura 3.19 Configuración del puerto de comunicación.  
Realizado por: Luis Andrade.

Se configuró los parámetros de comunicación como se muestra en la figura 3.20.

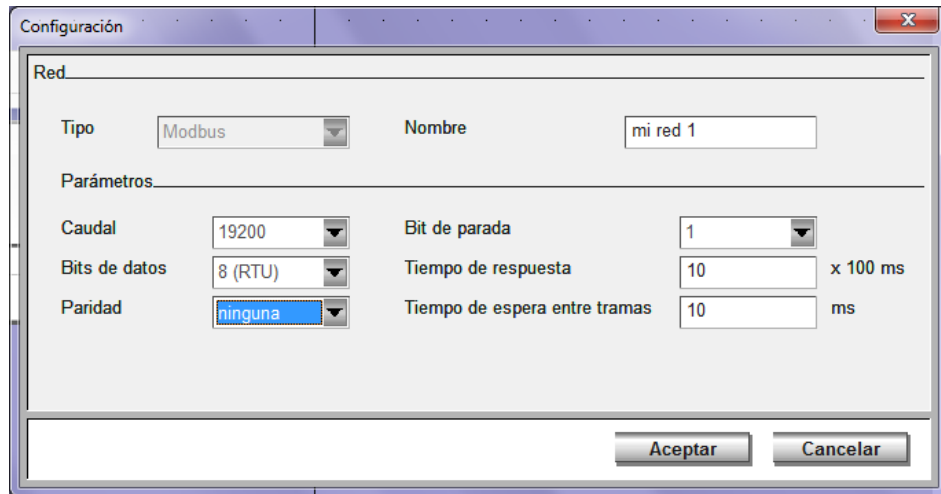
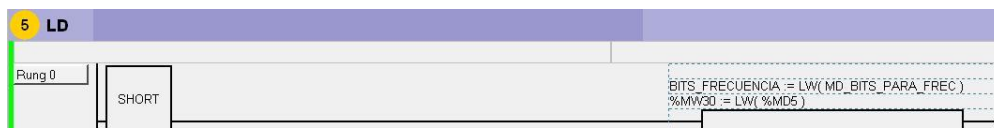
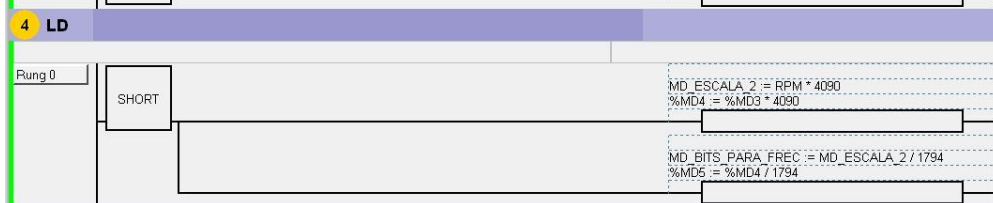
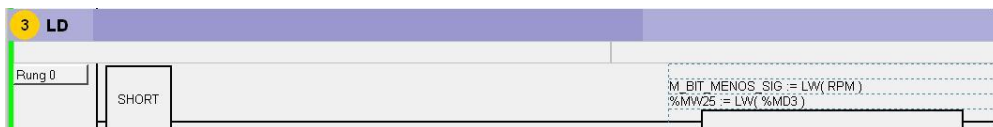
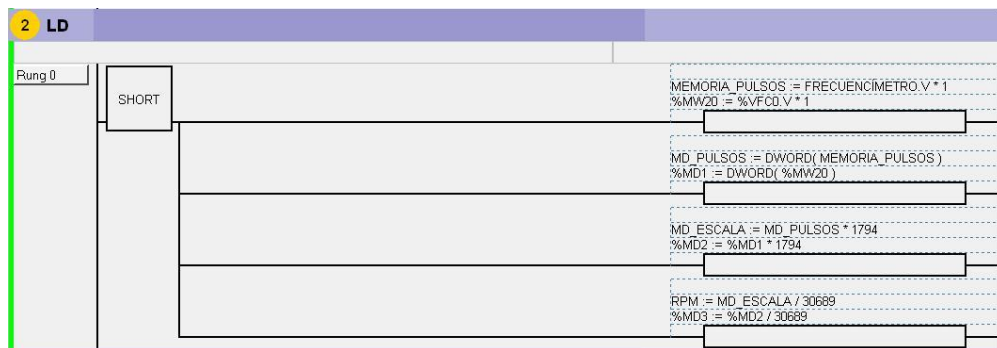
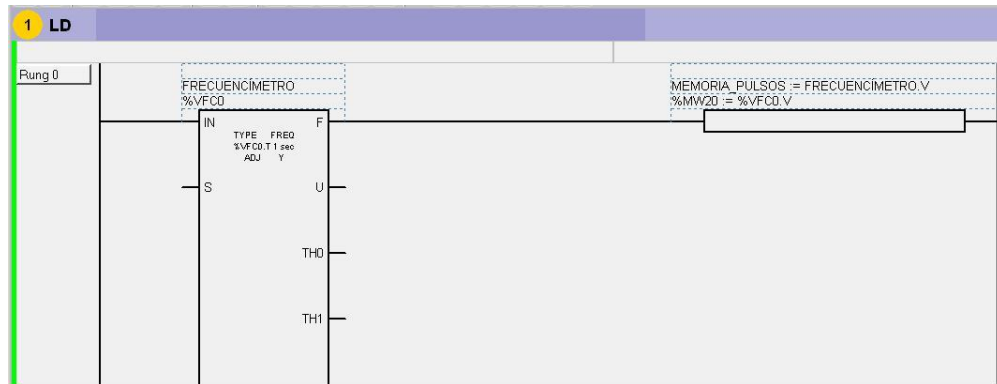
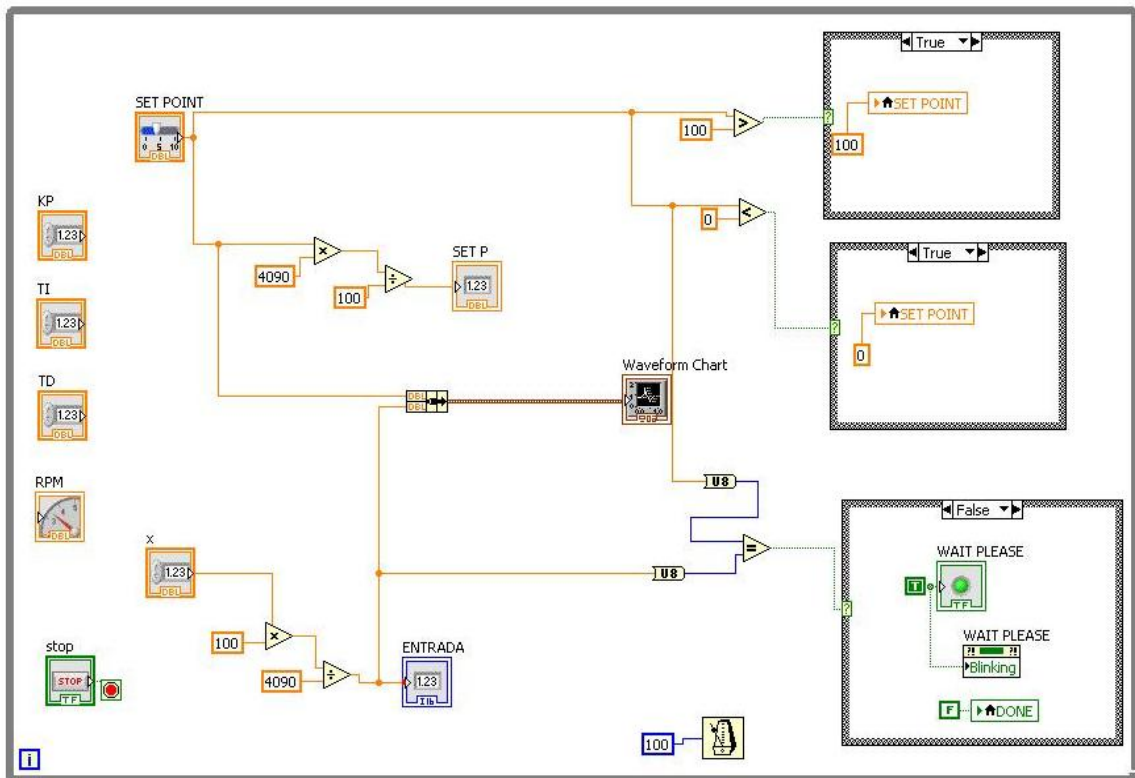


Figura 3.20 Configuración de los parámetros de Comunicación Modbus Ethernet.  
Realizado por: Luis Andrade.

# ANEXO B



# ANEXO C



## ANEXO D

Tabla 3.1 Sintaxis en Modbus Ethernet.

DESCRIPCIÓN	PLC	MODBUS ETHERNET
PALABRA DE MEMORIA	%MWn	40000 (n+1)
BIT DE MEMORIA	%Mn	00000 (n+1)
MEMORIA DOBLE	%MDn	40000 (n+1)

Realizado por: Luis Andrade

### 3.5.3. DESARROLLO DEL PROGRAMA

Para configurar las variables en OPC Server se debió seguir los pasos a continuación:

8. Se abrió OPC Server, se borró todos los OPC creados por default y se dio doble clic en add a Channel.

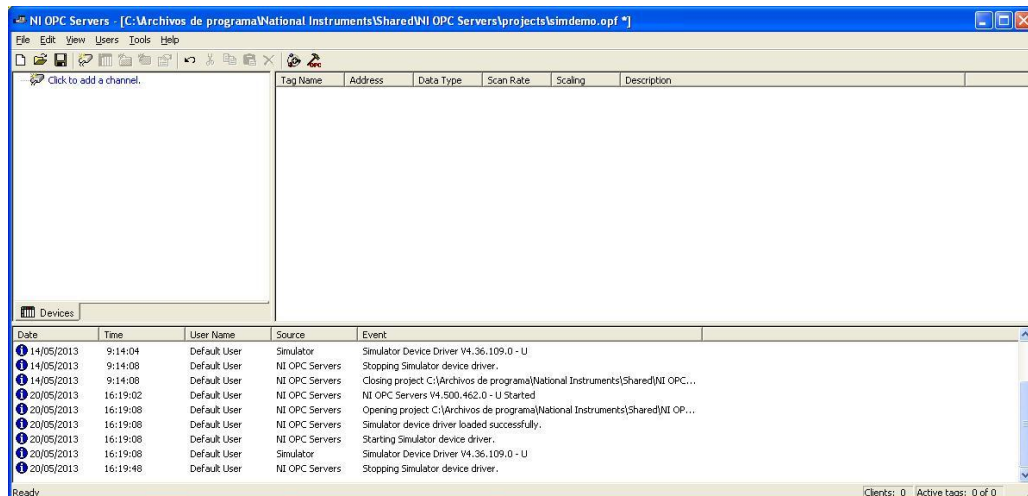


Figura 3.30 Crear nuevo archivo.  
Realizado por: Luis Andrade

9. Se asignó un nombre al nuevo canal, se dio clic en siguiente.

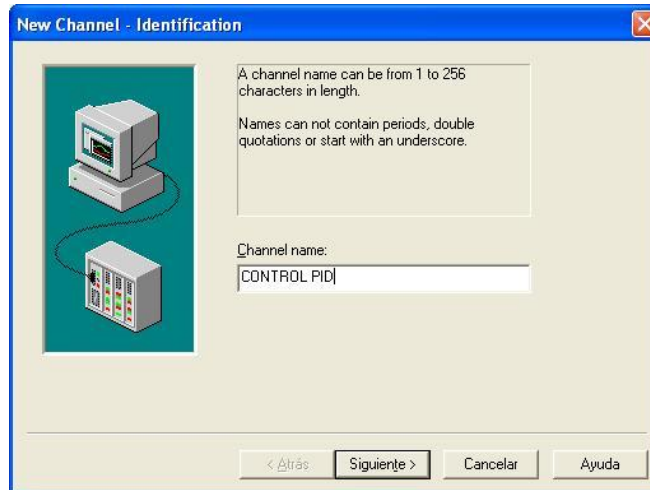


Figura 3.31 Asignación del nombre del canal.  
Realizado por: Luis Andrade.

10. Se seleccionó el tipo de driver que se usó para este caso Modbus Ethernet, se dio clic en siguiente.



Figura 3.32 Selección de driver.  
Realizado por: Luis Andrade.

11. Se seleccionó el adaptador de red (Modbus Ethernet), se dio clic en siguiente.

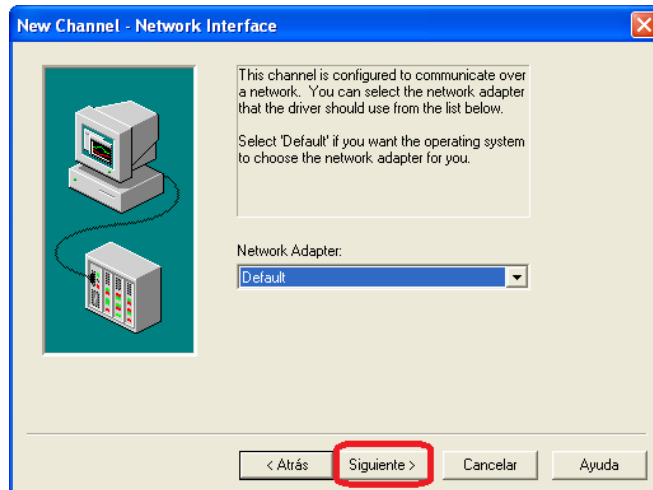


Figura 3.33 Adaptador de red.  
Realizado por: Luis Andrade.

12. A continuación se asignó el número de canales y el tipo de comunicación. Seleccionando “Use one or more sockets per device on this channel”.

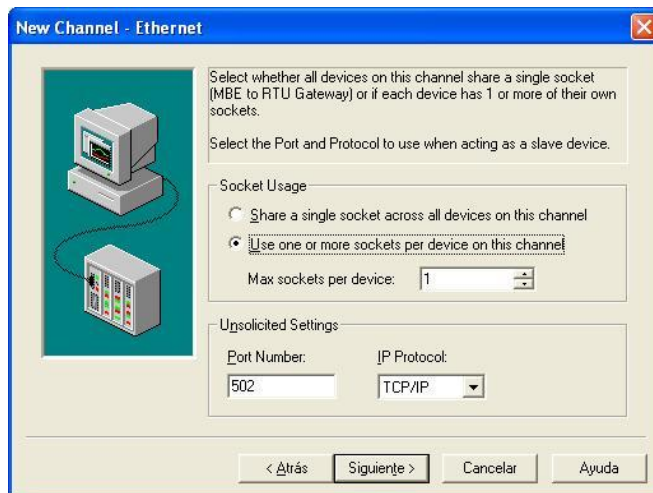


Figura 3.34 Nombre del dispositivo.  
Realizado por: Luis Andrade.

Se dio clic en siguiente.

13. A continuación se asignó la dirección IP que se usó en el PLC para este caso <192.168.0.1>1.

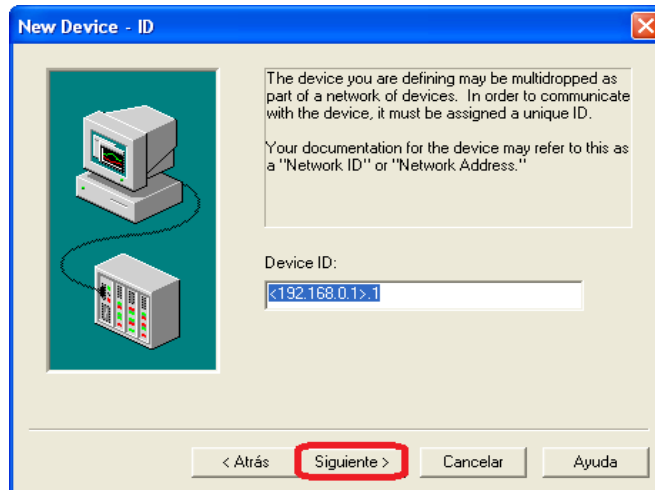


Figura 3.35 Dirección IP.  
Realizado por: Luis Andrade.

Se dio clic en finalizar.

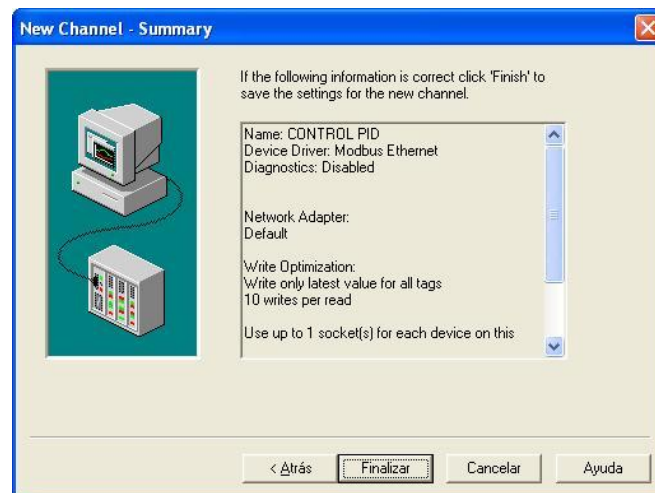


Figura 3.36 Crear nuevo tag.  
Realizado por: Luis Andrade.

14.Después de crear todos los tags se procedió a crear el programa en LABVIEW.

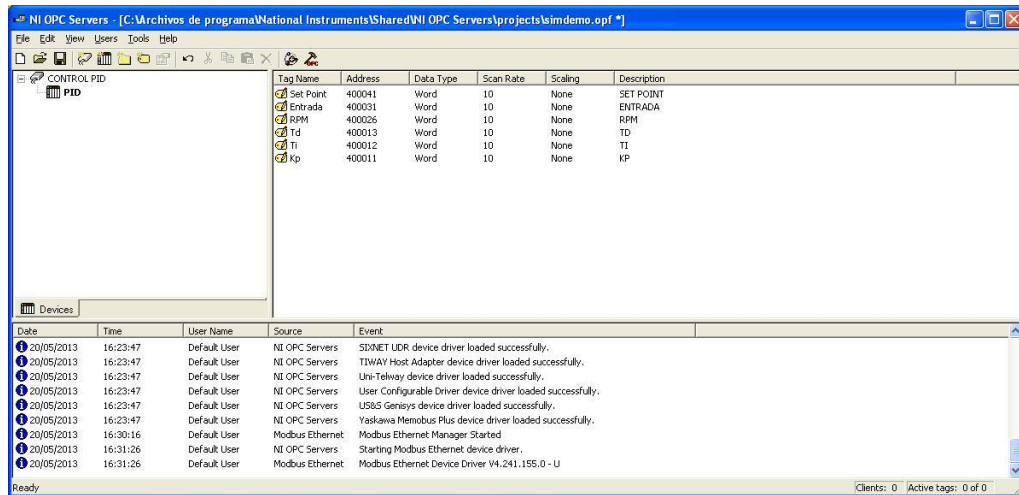


Figura 3.37 Lista de tags.  
Realizado por: Luis Andrade.

A continuación se explica los pasos que se desarrollaron para programar la HMI en LABVIEW.

3. Lo primero que se realizó es la edición de los gráficos que se involucran en el proceso.

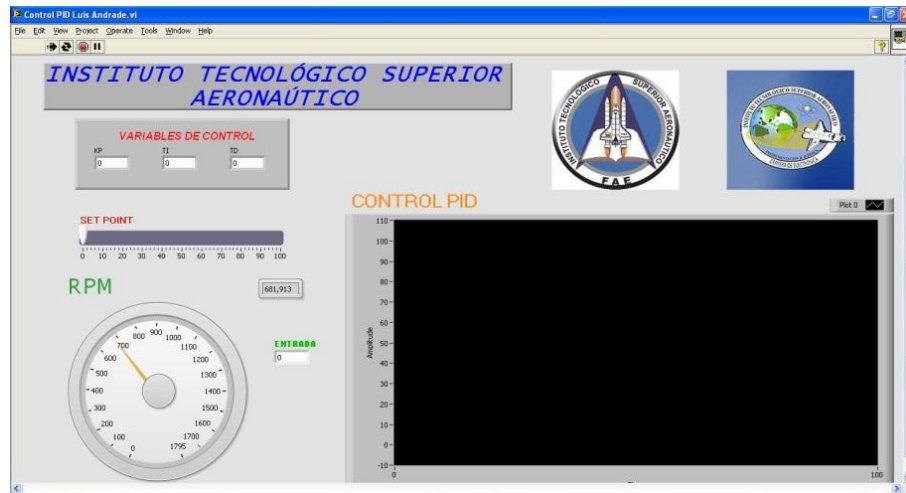


Figura 3.38 Edición de gráficos en LABVIEW.  
Realizado por: Luis Andrade.



Como se pudo visualizar en la figura 3.38 se tuvo un indicador de color negro en el cual estuvieron las señales del control PID (entrada y set point), dos indicadores de RPM uno digital y uno analógico respectivamente, un botón de tipo slider para el control de la velocidad de motor, también dos indicadores de tipo led que funcionan cuando el control PID esté en proceso y cuando ya esté listo respectivamente.

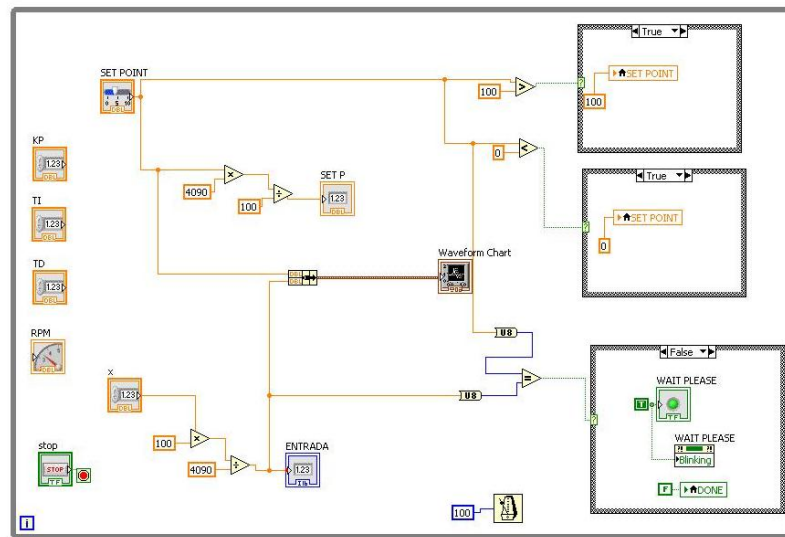


Figura 3.39 Diagrama de bloques.  
Realizado por: Luis Andrade.

4. Luego de editar los gráficos fue necesario asignar las variables a cada elemento, esto se realizó siguiendo los siguientes pasos:
  - d) Primero se ingresó a las propiedades del elemento dando clic derecho sobre el elemento para configurarlo.

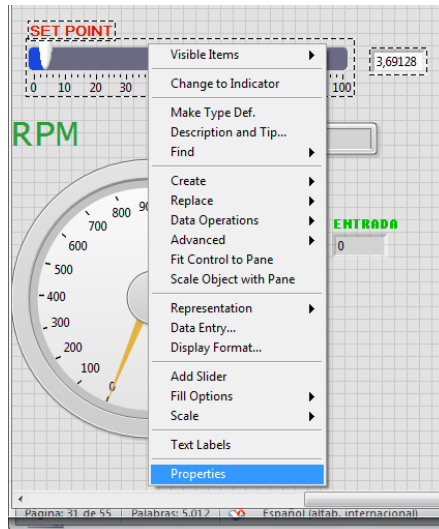


Figura 3.40 Propiedades del elemento.  
Realizado por: Luis Andrade.

e) Después se eligió la pestaña Data Binding.

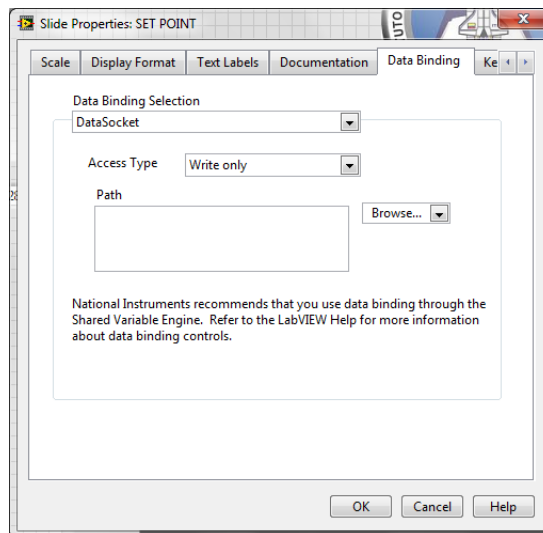


Figura 3.41 Data Binding.  
Realizado por: Luis Andrade.

f) Después de elegir la pestaña en la lista desplegable "Data Binding Selection" se seleccionó DataSocket, luego se eligió el tipo de acceso.

ANEXO E

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO



*CARRERA DE ELECTRÓNICA*  
*MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA*

**ANTEPROYECTO PARA EL TRABAJO DE GRADO**

**“IMPLEMENTACION DE UN PLC TWIDO PARA EL CONTROL Y  
MONITOREO DE LA VELOCIDAD DE UN MOTOR TRIFÁSICO”**

*REALIZADO POR:*  
**LUIS ANDRADE**

**FECHA:**  
**17-09-2012**

**TEMA:** Implementación de un plc twido para el control y monitoreo de la velocidad de un motor trifásico.

## **CAPITULO I**

### **1. EL PROBLEMA**

#### **1.1. Planteamiento del problema.**

Conforme el avance de la tecnología mundial se han ido solucionando los problemas a los que se ve expuesta la humanidad, los mismos que han sido muchos y que nos han afectado directa o indirectamente, es por ello la necesidad del desarrollo.

El desarrollo industrial se ha ido dando debido a la necesidad de suplir la mano del hombre por maquinas que sean capaces de realizar procesos mejorados en cuanto a la calidad del producto, el tiempo empleado y el costo, es así que surgió la automatización industrial, la misma que ayuda de gran manera y ahorra recursos a las empresas que disponen de la misma.

En la actualidad existen varios protocolos de comunicación los mismos que tienen características tanto similares como diferentes, es por ello la necesidad de conocer acerca de estos y la variedad de equipos en características y marcas existentes en el mercado, equipos como PLC's (Controlador Lógico Programable), los mismos que forman parte fundamental en la automatización industrial.

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico cuenta con el laboratorio de Instrumentación virtual destinado a la enseñanza de la antes mencionada materia, pero con la necesidad de renovar sus equipos y poder tener

variedad en los mismos, ya que en el campo laboral las industrias poseen distintos tipos de PLC's.

Junto con la versatilidad de los equipos existentes en el mercado existe también la necesidad de conocer su manejo, funcionalidad y aplicaciones que se les puede dar. Es por esto la necesidad de utilizar un PLC Twido en la formación académica tanto teórica como practica, para que el estudiante en un futuro este en la capacidad de poder manejar cualquiera de los equipos que las empresas posean.

## **1.2. Formulación del problema.**

¿De que manera ampliar y mejorar los conocimientos teórico-prácticos de los alumnos de la carrera de Electrónica mención Instrumentación y Aviónica del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, mediante la implementación de un PLC Twido en caminado al aprendizaje integral con nuevos y variados equipos?

## **1.3. Justificación e Importancia**

La razón principal para realizar la siguiente investigación es la de aportar gran manera al desarrollo educativo de la institución y formación pre-profesional de los alumnos de la carrera de Electrónica, pudiendo así ganar experiencia en la práctica, ya que es necesaria para el buen desempeño en el campo laboral.

Es así que, el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico debe contar con un PLC Twido en su laboratorio de instrumentación virtual, el mismo que es muy utilizado en las industrias por su fácil manejo, tamaño compacto y excelentes prestaciones, convirtiéndose en una necesidad académica.

Otra de las razones importantes de la siguiente investigación se da debido a que el Instituto debe contar con proyectos realizados por los estudiantes, que vayan en pro de las mejoras educativas, para una mejor enseñanza de los futuros Tecnólogos.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.3.1. General**

Establecer la importancia de realizar el control y monitoreo de un módulo didáctico con motor trifásico, para que los alumnos de la carrera de Electrónica del ITSA puedan ampliar y mejorar sus conocimientos.

### **1.3.2. Específicos**

- Realizar un estudio de una HMI (Interfaz Hombre Máquina), para poder entender correctamente su funcionamiento.
  
- Realizar una investigación de las aplicaciones MODBUS.

- Investigar el paquete Labview para el monitoreo de un motor trifásico.
- Estudiar las características y funcionamiento del PLC Twido LCAA 40 DRF.

## **1.4. ALCANCE Y DELIMITACION**

### **1.4.1. ALCANCE**

Con el presente proyecto se pretende mejorar la enseñanza futura en la carrera de Electrónica mención Instrumentación y Aviónica en el área de automatización industrial del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, puesto que con la implementación del PLC Twido LCAA 24 DRF se podrá conocer mas acerca de las distintas tecnologías que el mercado nos ofrece, para poder ampliar el conocimiento practico de los alumnos el mismo que es demandado por las actuales Industrias.

## **CAPITULO II**

### **2. PLAN METODOLOGICO**

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

##### **2.1.1 Investigación de campo.**

La investigación de campo se la realizara en el sitio en el Laboratorio de Instrumentación Virtual del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, usando para esto la observación de los equipos de los que dispone dicho laboratorio, para poder determinar si existe antes mencionado módulo didáctico con motor trifásico y de esta manera poder desarrollar el proyecto.

##### **2.1.2 Bibliografía documental.**

Se utiliza este método ya que tiene el “propósito de detectar, ampliar y profundizar diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores sobre una cuestión determinada basándose en documentos (fuentes primarias)”<sup>29</sup>, por lo cual se tomará información de diversas fuentes (Libros, folletos, manuales e internet).

---

<sup>29</sup>: Folleto de introducción a proyectos- M.Sc. Giovanni Vizuete- 2011



## **2.2 Tipos de investigación.**

### **2.2.1 No experimental.**

Se utilizará este método puesto que es un procedimiento en el que no se manipulan las variables independientes, por lo que no se variara intencionalmente las mismas, siendo así que la investigación estará fundamentada en las necesidades que tienen los docentes de ampliar la variedad de equipos (PLC's) para una mejor y mas amplia educación.

## **2.3 Niveles de investigación.**

### **2.3.1 Descriptiva.**

Mediante la investigación descriptiva se estudiará clara y hondamente la situación de la presente investigación, las propiedades y características de cualquier fenómeno que se someta a un análisis.

## **2.4 Universo, población y muestra.**

La investigación a realizarse tendrá lugar en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, ciudad Latacunga, tomando en cuenta que la población no existe puesto que solamente se realizará una encuesta al docente que imparte la materia de Automatización y control de procesos.

## **2.5 Recolección de datos.**

La recopilación de datos se la logrará de las fuentes que suministrarán la información necesaria, para ello se recurrirá al empleo de técnicas bibliográficas y de campo, que luego de ser analizadas contribuirán con soluciones para el problema antes planteado.

### **2.5.1 Técnicas de campo**

Estas técnicas permiten recolectar información primaria. Entre varias mencionaremos la siguiente:

#### **Bibliográfica**

Es una manera esencial de obtener información, puesto que se recurrirá a manuales, libros e internet para poder resumir la búsqueda acerca del PLC Twido.

## **2.6 Procesamiento de la información**

El procesamiento de la información se podrá obtener siempre y cuando se tome muy en cuenta el resultado obtenido al aplicar las técnicas de campo y bibliográficas, para así poder analizar los mismos de acuerdo a la importancia, realizando un estudio crítico de la información y eliminando de los datos que no nos puedan servir, ya sean estos contradictorios,

incompletos o no pertinentes.

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

El análisis y la interpretación de los resultados obtenidos, se lo hará tomando en cuenta la entrevista al docente de la institución. Ya que así se podrá conocer la relación existente entre el marco teórico, los resultados que se obtiene y los objetivos antes planteados en la presente investigación.

## **2.8 Conclusiones y recomendaciones**

De acuerdo con los resultados que arrojen las investigaciones de campo se procederá a desarrollar las conclusiones y recomendaciones.

## **CAPITULO III**

### **3. EJECUCIÓN DEL PLAN METODOLÓGICO**

#### **3.1. Marco teórico**

##### **3.1.1 Antecedentes de la investigación**

Los controladores lógicos programables constituyen una solución eficiente para los sistemas de control y se han convertido en los procesadores especializados del control industrial, siendo cada vez más importante su estudio y aplicación, es por eso que se implementaron estas prácticas para el laboratorio donde, de forma didáctica, se ayuda al estudiante al aprendizaje teórico-práctico del PLC basado en el TWIDO TWDLCAA24DRF.

##### **3.1.2 Fundamentación teórica**

###### **Interfaz de usuario**

La interfaz de usuario es el medio con que el usuario puede comunicarse con una máquina, un equipo o una computadora, y comprende todos los puntos de contacto entre el usuario y el equipo. Normalmente suelen ser fáciles de entender y fáciles de accionar.

###### **HMI**

Interfaz de usuario por sus siglas en idioma inglés, (Human Machine Interface) que se usa para referirse a la interacción entre humanos y máquinas; Aplicable a sistemas de Automatización de procesos.

## Protocolo de comunicaciones

Un protocolo de comunicaciones es el conjunto de reglas normalizadas para la representación, señalización, autenticación y detección de errores necesario para enviar información a través de un canal de comunicación.

## Modelo Osi

El modelo de interconexión de sistemas abiertos (ISO/IEC 7498-1), también llamado OSI (en inglés open system interconnection) es el modelo de red descriptivo creado por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) en el año 1984. Es decir, es un marco de referencia para la definición de arquitecturas de interconexión de sistemas de comunicaciones.



- **Nivel de aplicación.**- Ofrece a las aplicaciones la posibilidad de acceder a los servicios de las demás capas y define los protocolos que utilizan las aplicaciones para intercambiar datos, como correo electrónico (Post Office Protocol y SMTP), gestores de bases de datos y servidor de ficheros (FTP), por UDP pueden viajar.

Hay tantos protocolos como aplicaciones distintas y puesto que continuamente se desarrollan nuevas aplicaciones el número de protocolos crece sin parar.

Cabe aclarar que el usuario normalmente no interactúa directamente con el nivel de aplicación. Suele interactuar con programas que a su vez interactúan con el nivel de aplicación pero ocultando la complejidad subyacente.

### **Protocolo Modbus**

Modbus es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 o nivel de aplicación del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, diseñado en 1979 por Modicon para su gama de controladores lógicos programables (PLCs). Convertido en un protocolo de comunicaciones estándar de facto en la industria es el que goza de mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales. Las razones por las cuales el uso de Modbus es superior a otros protocolos de comunicaciones son:

1. es público
2. su implementación es fácil y requiere poco desarrollo
3. maneja bloques de datos sin suponer restricciones

Modbus permite el control de una red de dispositivos, por ejemplo un sistema de medida de temperatura y humedad, y comunicar los resultados a un ordenador. Modbus también se usa para la conexión de un ordenador de supervisión con una unidad remota (RTU) en sistemas de supervisión adquisición de datos (SCADA). Existen versiones del protocolo Modbus para puerto serie y Ethernet (Modbus/TCP).

Existen dos variantes, con diferentes representaciones numéricas de los datos y detalles del protocolo ligeramente desiguales. Modbus RTU es una representación binaria compacta de los datos. Modbus ASCII es una representación legible del protocolo pero menos eficiente. Ambas implementaciones del protocolo son serie. El formato RTU finaliza la trama con un suma de control de redundancia cíclica (CRC), mientras que el formato ASCII utiliza una suma de control de redundancia longitudinal (LRC). La versión Modbus/TCP es muy semejante al formato RTU, pero estableciendo la transmisión mediante paquetes TCP/IP (puerto del sistema 502, identificador asa-appl-PROTO)<sup>1</sup>

Modbus Plus (Modbus+ o MB+), es una versión extendida del protocolo y privativa de Modicon. Dada la naturaleza de la red precisa un coprocesador dedicado para el control de la misma. Con una velocidad de 1 Mbit/s en un par trenzado sus especificaciones son muy semejantes al estándar EIA/RS-485 aunque no guarda compatibilidad con este.

Cada dispositivo de la red Modbus posee una dirección única. Cualquier dispositivo puede enviar órdenes Modbus, aunque lo habitual es permitirlo sólo a un dispositivo maestro. Cada comando Modbus contiene la dirección del dispositivo destinatario de la orden. Todos los dispositivos reciben la trama pero sólo el destinatario la ejecuta (salvo un modo especial denominado "Broadcast"). Cada uno de los mensajes incluye información redundante que asegura su integridad en la recepción. Los comandos básicos Modbus permiten controlar un dispositivo RTU para modificar el valor de alguno de sus registros o bien solicitar el contenido de dichos registros.

Existe gran cantidad de modems que aceptan el protocolo Modbus. Algunos están específicamente diseñados para funcionar con este protocolo. Existen implementaciones para conexión por cable, wireless, SMS o GPRS.

## **PLC**

Los controladores lógicos programables o PLC (programmable logic controller en sus siglas en inglés) son dispositivos electrónicos muy usados en automatización industrial.

- **Usos**

Como su mismo nombre lo indica, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real. Por lo general, es posible encontrar este tipo de equipos en ambientes industriales.

Los PLC sirven para realizar automatismos; son dispositivos electrónicos que reproducen programas informáticos, que permiten controlar procesos. Estos equipos pueden contar tanto con salidas como entradas del tipo Analógico y/o Digital. Su costo tiende a ser moderado para sus grandes aplicaciones y suplantando completamente a la lógica cableada. Dejando de esta manera solo elementos de potencia.

- **Funciones**

Para que un PLC logre cumplir con su función de controlar, es necesario programarlo con cierta información acerca de los procesos que se quiere secuenciar. Esta información es recibida por captadores, que gracias al programa lógico interno, logran implementarla a través de los accionadores de la instalación. Es decir, a través de los dispositivos de entradas, formados por los sensores (transductores de entradas) se logran captar los estímulos del exterior que son procesados por la lógica digital programada para tal secuencia de proceso que a su vez envía respuestas a través de los dispositivos de salidas (transductores de salidas, llamados actuadores).

Un PLC es un equipo comúnmente utilizado en maquinarias industriales de fabricación de plástico, en máquinas de embalajes, en automóviles,



entre otras; en fin, son posibles de encontrar en todas aquellas maquinarias que necesitan controlar procesos secuenciales, así como también, en aquellas que realizan maniobras de instalación, señalización y control.

Dentro de las funciones que un PLC puede cumplir se encuentran operaciones como las de detección y de mando, en las que se elaboran y envían datos de acción a los preaccionadores y accionadores. Además cumplen la importante función de programación, pudiendo introducir, crear y modificar las aplicaciones del programa.

- **Ventajas**

Dentro de las ventajas que estos equipos poseen se encuentra que, gracias a ellos, es posible ahorrar tiempo en la elaboración de proyectos, pudiendo realizar modificaciones sin costos adicionales. Por otra parte, son de tamaño reducido y mantenimiento de bajo costo, además permiten ahorrar dinero en mano de obra y la posibilidad de controlar más de una máquina con el mismo equipo. Sin embargo, y como sucede en todos los casos, los controladores lógicos programables, o PLC's, presentan ciertas desventajas como es la necesidad de contar con técnicos cualificados y adiestrados específicamente para ocuparse de su buen funcionamiento.

- **Historia**

Su historia se remonta a finales de la década de 1960, cuando la industria buscó en las nuevas tecnologías electrónicas una solución más eficiente para reemplazar los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relés, interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica combinatorial.

- **Otros usos**

Hoy en día, los PLC no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controladores PID (Proporcional Integral y Derivativo).

- **Estructura**

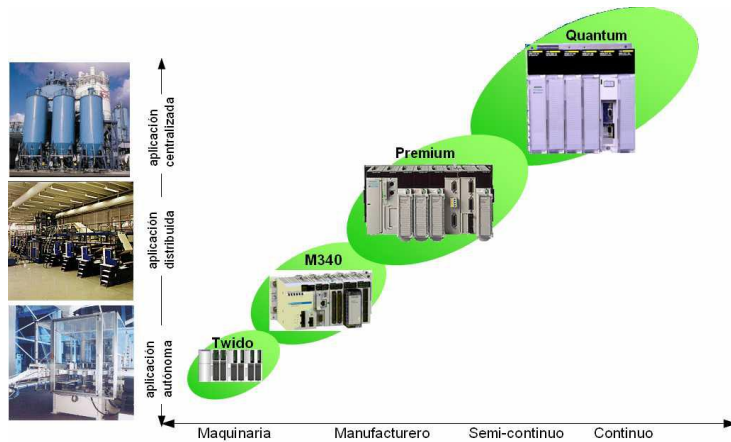
Su estructura básica son dos o más planos de puertas lógicas, normalmente AND y OR, que el programador debe conectar de forma adecuada para que hagan la función lógica requerida. Suelen programarse con lenguaje en escalera ó también con bloques de funciones. Para aplicaciones de mayor capacidad son sustituidos por FPGA.

Los PLC actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

## **PLC TWIDO LCAA 24 DRF**

### **Presentación general del Hardware Twido**

La elección de un modelo u otro de autómatas vendrá dada por la tipología y complejidad de la aplicación que se desea automatizar.



La gama de controladores programables compactos Twido ofrece una solución **“todo en uno”** con unas dimensiones reducidas, lo que permite reducir el tamaño de las consolas o de los cofres en las aplicaciones donde el espacio ocupado resulta primordial.

Los controladores de tipo compacto tiene integradas en el mismo cuerpo las entradas y salidas, para este modelo son: **24 E/S**.

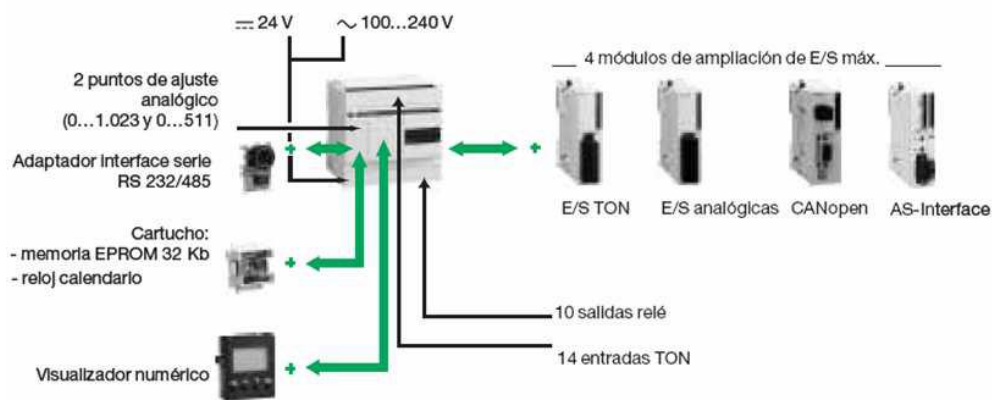
Los controladores de **24 E/S** y **40 E/S** admiten módulos de ampliación que nos confieren una mayor flexibilidad a la hora de elegir el tipo de controlador.



En los controladores de **24 E/S** es posible colocar hasta **4 módulos** de ampliación, dependiendo siempre de que no se supere los límites de consumo de potencia, este se puede controlar a través del software

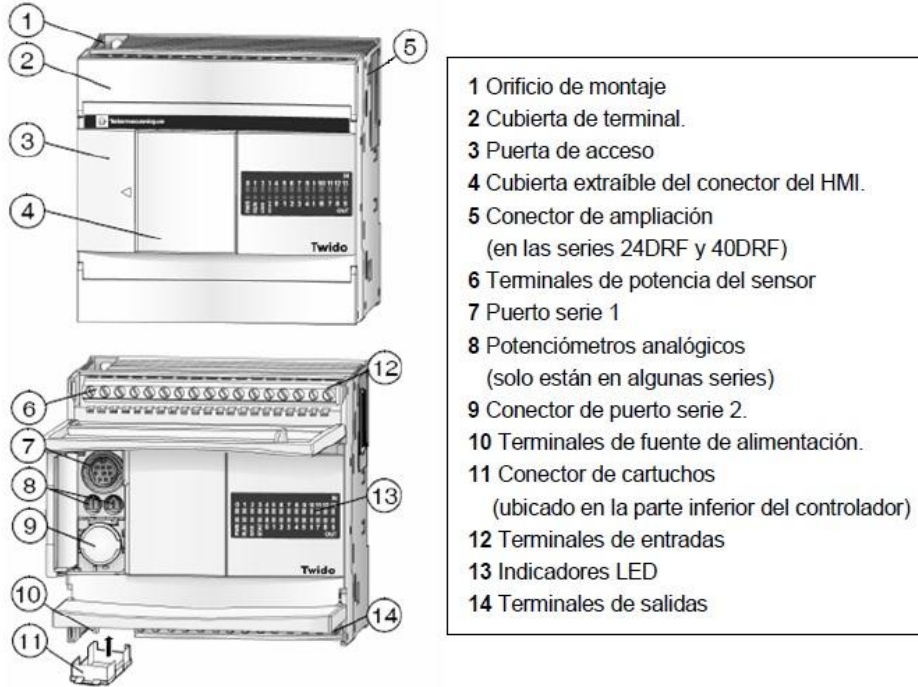
TwidoSuite. Dependiendo del tipo de módulo de ampliación se puede llegar hasta **152 E/S** con el controlador de **24 E/S**.

Los controladores Twido compactos ya tienen integrada la fuente de alimentación y utilizan: Una alimentación de corriente alterna comprendida entre **100 y 240 Vca** (que garantiza la alimentación **24 Vcc** de los captadores).



### Descripción de los componentes de un controlador compacto.

Los controladores Twido compactos están formados por los siguiente componentes, teniendo en cuenta que hay pequeñas diferencias entre modelos de controlador, pero que los componentes siempre serán los mismos:



## Instalación del software TwidoSuite

TwidoSuite es el primer software que está organizado según el ciclo de desarrollo del proyecto. La navegación por el software es tan sencilla que se convierte en innata. TwidoSuite es un entorno de desarrollo gráfico, lleno de funciones para crear, configurar y mantener aplicaciones de automatización para los autómatas programables Twido de Telemecanique. TwidoSuite permite crear programas con distintos tipos de lenguaje, después de transferir la aplicación para que se ejecute en un autómata.



**TwidoSuite** es un programa basado en **Windows** de 32 bits para un ordenador personal (PC) que se ejecuta en los sistemas operativos **Microsoft Windows 2000 y XP Professional**.

Las principales funciones del software TwidoSuite son:

- ✓ Interface de usuario intuitiva y orientada a proyectos.
- ✓ Diseño de software sin menús. Las tareas y funciones del paso seleccionado de un proyecto siempre se encuentran visibles.
- ✓ Soporte de programación y configuración.
- ✓ Comunicación con el autómata.
- ✓ Ayuda de primera mano acerca del nivel de tareas que ofrece enlaces relevantes a la ayuda en línea.

TwidoSuite es un software fácil de usar que necesita poco o nada de aprendizaje. Este software tiene por objeto reducir de forma significativa el tiempo de desarrollo de los proyectos simplificando todas las intervenciones.

## **Requisitos mínimos y recomendados:**

La configuración mínima necesaria para utilizar TwidoSuite es la siguiente:

- ✓ Se recomienda un equipo compatible con PC y procesador Pentium a **466 MHz** o superior.
- ✓ **128 MB** de RAM o más,
- ✓ **100 MB** de espacio libre en el disco duro.
- ✓ Sistema operativo: **Windows 2000 o Windows XP.**

**Nota: La conexión Autómata-PC hace uso del protocolo TCP/IP. Este protocolo debe estar instalado en el PC.**

### **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.

Siendo participe, se pudo palpar la realidad que a diario se repite pues la falta de PLC's impide que se lleve a cabo con normalidad las actividades programadas por el docente y a la vez el malestar causado por los alumnos pues el tiempo apremia y el aprendizaje es mínimo, ya que es de mucha importancia, que el conocimiento de los estudiantes sea más amplio y práctico.

#### **Bibliográfica documental**

Se utiliza esta modalidad que sirve para obtener información de los PLC's que se ha adquirido en años anteriores, los mismos que tenían relación con

la falta de material equipos e inexistente en el laboratorio de Instrumentación Virtual, y que fue de mucha ayuda para poder realizar nuestra investigación.

### **3.3 Tipos de investigación**

#### **No experimental**

Luego de la verificación correspondiente, 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, durante la labor académica, con lleva a que la falta de equipos PLC, sea una necesidad que deba ser atendida.

### **3.4 Niveles de investigación**

#### **Descriptivo**

Con la visita que se ha realizado y luego de una observación detenida del Laboratorio de Instrumentación Virtual, se puede conocer la realidad, la cual es la falta de PLC's solo con dos de estos equipos, lo que conlleva a no poder realizar las tareas previstas por el docente con los alumnos, por la falta de antes mencionados equipos, ya que son insuficientes.

### **3.5 Universo, población y muestra.**

No se pudo obtener ninguna muestra puesto que no se realizo encuestas, ni entrevistas, ya que la investigación esta orientada a una necesidad institucional, de la que no se tiene previos conocimientos por ser un equipo nuevo.



### **3.6 Recolección de datos**

La recolección de datos se la realizo en base a la observación directa que permitió llegar al análisis deseado.

### **3.7 Procesamiento de la información**

Por medio de la información requerida y que pudo ser recolectada para la investigación a través de la observación, se pudo llegar a verificar la falta de variedad de PLC's.

### **3.8 Análisis e interpretación de resultados.**

La observación fue realizada en el laboratorio de Instrumentación Virtual del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, pudiendo así observar la falta de equipos para la asignatura de automatización y control de procesos.

### **3.9 Conclusiones y recomendaciones**

#### **3.9.1 Conclusiones**

- ✓ Se necesita obtener un PLC Twido para que aporten en la practica de los alumnos y su desempeño crezca.
- ✓ Puesto que el laboratorio de Instrumentación Virtual, no dispone de una variedad en equipos PLC, es necesario el equipamiento acorde a los requerimientos en el campo laboral.
- ✓ Debido a que no se posee un PLC de tales características el aprendizaje de los estudiantes en la materia de Automatización y Control de procesos no

- ✓ se ha podido ampliar a nuevos software de programación para dicha materia.

### **3.9.1 Recomendaciones**

- ✓ Tomando en cuenta las conclusiones se recomienda la adquisición de PLC's distintos a los que el laboratorio de instrumentación virtual dispone.
- ✓ Se recomienda también la renovación de equipos, para poder estar a la par con el crecimiento de la tecnología y su gran variedad.

## **CAPÍTULO IV**

### **4.1 Factibilidad**

#### **4.1.1 Introducción.**

El propósito de la investigación es realizar el estudio y análisis por medio del cual se podrá establecer los parámetros debidos de la indagación y obtener así una solución al problema antes planteado.

#### **4.1.2 Análisis de la situación actual**

Por medio de los datos recolectados en la observación realizada se pudo determinar la situación actual del alumnado que hace uso del laboratorio de instrumentación virtual, y es así que existe un promedio de 20 alumnos por nivel de quinto y sexto respectivamente, siendo muy poco beneficioso para el aprendizaje de los mismos, puesto que se dispone de solamente de 2 PLC's de un solo fabricante. Esto con lleva a que se haga tan solo 2 grupos de trabajo y que no permita dar continuidad y alcance al cronograma de actividades pre-establecido para la asignatura, llegando a ser perjudicial para la materia y docentes, ya que el número de estudiantes en la actualidad ha crecido.

#### **4.1.3 Determinación de la factibilidad.**

Para la implementación de un nuevo PLC necesario tomar en cuenta las factibilidades necesarias tales como:

- Factibilidad Técnica.

- Factibilidad Operacional.
- Factibilidad Económica.

### Factibilidad técnica.

A continuación se presentará los materiales necesarios para la ejecución del proyecto de investigación cabe resaltar que estos parámetros son de gran importancia pues determinan la viabilidad del proyecto.

<b>MATERIALES</b>	<b>OBTENCIÓN</b>
1 PLC Twido TWDLCAA24DRF	Compra
1 Módulo de expansión con E/S analógicas TM2AMM3HT	Compra
1 Cable de programación TSXPCX1031	Compra
1 Módulo didáctico con motor trifásico	Existente en el Laboratorio de Instrumentación Virtual
Fuente de alimentación	Compra
Pc que contenga el paquete TwidoSoft	Existente en el Laboratorio de Instrumentación Virtual

El PLC Twido TWDLCAA24DRF posee características principales como:

- ✓ 24 E/S digitales.
- ✓ 2 Potenciómetros.
- ✓ 2 Conectores de puerto serie
- ✓ 3 Contadores rápidos
- ✓ 1 Contador Muy rápido
- ✓ 1 Conector de cartuchos.

- ✓ Indicadores LED.

El módulo de expansión posee:

- ✓ 2 entradas analógicas
- ✓ 1 salida analógica.

El computador que incluye el paquete TwidoSoft que se utilizará para control y monitoreo.

### **Factibilidad operativa.**

El laboratorio de Instrumentación Virtual contará con un nuevo PLC Twido TWDLCAA24DRF, un nuevo módulo de E/S analógicas y un nuevo cable de programación, con los cuales se realizará un control y monitoreo de la velocidad de un motor trifásico.

Dada las características anteriormente mencionadas del PLC se realizará un control PID (proporcional integral derivativo) del motor antes mencionado, es decir un mecanismo de control por realimentación el cual corregirá el error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener calculándolo y luego sacando una acción correctora que puede ajustar al proceso acorde. El error antes mencionado se dará porque el motor no dispondría de carga.

El algoritmo de cálculo del control PID se da en tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo. Y se realizará el monitoreo por medio del programa TwidoSuite, el mismo que es un software libre, por lo que nos brinda la facilidad de poder descargarlo del internet e instalarlo en cualquier computadora.

## 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 EQUIPOS TWIDO

### Gastos principales

<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>TOTAL</b>
1	PLC Twido	\$603.75
1	Módulo de E/S analógicas	\$260
1	Cable de programación	\$195.69
1	Fuente externa	\$40
	<b>TOTAL</b>	<b>\$1099.44</b>

### Gastos primarios

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Útiles de oficina	\$10
Internet	\$20
Impresiones	\$60
Anillado	\$10
Copias	\$5
<b>TOTAL</b>	<b>\$100</b>

### Gastos secundarios

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Alimentación	\$ 60
Movilización provincial	\$ 100
<b>TOTAL</b>	<b>\$50</b>

## **CAPÍTULO V**

### **DENUNCIA DEL TEMA**

**“IMPLEMENTACION DE UN PLC TWIDO PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE LA VELOCIDAD DE UN MOTOR TRIFÁSICO”**



**Dirección:**

Sangolquí, Barrio El Colibrí, Calle Las Alondras y Las Tangaras, Casa N°122

**Cel.:** 095634147**Telf.:** 022335958**C.I.:** 172067033-8**Estado Civil:** Soltero**Fecha de nacimiento:**

29 de Octubre 1988

---

## LUIS GILBERTO ANDRADE HARO

---

**Objetivo**

Hacer llegar a usted este documento con la aspiración de que mis ganas de superarme y adquirir experiencia sean las que ustedes requieran para así mantenerme firme en su organización.

**Educación**

**2001–2003** Instituto Tecnológico Superior “Luis Napoleón Dillon”

**2003 - 2007** Colegio Nacional Polivalente

“Juan de Salinas”

Sangolquí-Ecuador

- Bachiller en Comercio Y Administración Especialidad Informática.

**2009- 2012** Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico Latacunga-Ecuador

- Egresado de la carrera de Electrónica mención Instrumentación y Aviónica.

**Pasantías**

**2012** Fuerza Aérea Ecuatoriana, Ala N°11, Área de Electrónica.

**2012** Road Track Ecuador

**2013** Schlumberger Base Coca, línea D&M Power Drive, Área de Electrónica

**Experiencia Profesional**

Empresa: **Road Track Ecuador**

Desde: 01/10/2012

Hasta: 08/01/2013

Puesto: Técnico de mantenimiento y fabricación de herramientas

**Referencias**

Cbop. Jimmy Castillo

Dra. Grecia Álvarez

Ing. Erika Cadena

Telf.: 022974705; 087850593

Telf.: 022341014; 082981745

Telf.: 022339784;084482918

## ACEPTACIÓN DEL USUARIO

Latacunga, 05 de Junio del 2013

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 la Sr. ANDRADE HARO LUIS GILBERTO, con el tema: "IMPLEMENTACIÓN DE UN PLC TWIDO PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE LA VELOCIDAD DE UN MOTOR TRIFÁSICO", 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 extendiendo 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

---

Andrade Haro Luis Gilberto

DIRECTOR DE LA CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN  
INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA

---

Ing. Pablo Pilatásig

Latacunga, 05 de Junio del 2013

## CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, Andrade Haro Luis Gilberto, Egresado de la carrera de Electrónica Mención Instrumentación & Aviónica, en el año 2012 con Cédula de Ciudadanía N° 172067033-8, autor del Trabajo de Graduación Implementación de un PLC TWIDO para el control y monitoreo de la velocidad de un motor trifásico, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

---

Andrade Haro Luis Gilberto

CI. 172067033-8

Latacunga, 05 de Abril del 2013