

# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

TEMA:

“IMPLEMENTACION DE UN MODELO DIDACTICO PARA LA ADQUISICION DE DATOS Y CONTROL DE UN MOTOR TRIFASICO MEDIANTE UN CONTROLADOR PROGRAMABLE VIA RED LAN Y ELABORACION DE UN MANUAL DE USUARIO”.

**Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico.**

**AUTORES:**

Bastidas Apuz Vinicio Javier

Reina Estrada Jorge José

**DIRECTOR DE TESIS:**

Ing. Pablo Méndez

Ibarra, 2011

## ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Ing. PABLO MÉNDEZ

### CERTIFICA

Que después de haber examinado el presente trabajo de investigación elaborado por los señores estudiantes, **BASTIDAS AUPAZ VINICIO JAVIER** y **REINA ESTRADA JORGE JOSÉ** que han cumplido con las normas y las leyes de la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Educación Ciencia y Tecnología, Escuela de Educación Técnica en la elaboración de este Trabajo de Grado pudiendo estos realizar la defensa de la misma para la obtención del título de Ingenieros en Mantenimiento Eléctrico.

Ing. Pablo Méndez

Ibarra, Junio del 2011

## *Dedicatoria*

*Dedico este trabajo de grado a todos los que creyeron en mi, a todas las personas que me apoyaron, a toda mi familia que fue pilar fundamental en mi formación y educación como persona, a mis amigos y compañeros universitarios que me brindaron su ayuda, su atención y los mas importante su amistad.*

*VINICIO*

## *Dedicatoria*

*Dedico esta tesis a Dios, por ser mi guía, a mi Familia que me apoyó anímica, moral, material y económicamente durante todos estos años, a mi Padre por su ejemplo, por enseñarme el valor de la vida, a mi Madre por la aceptación incondicional y el apoyo mutuo que hemos conquistado, a mis hermanos por compartir el espacio y los momentos significativos de mi vida.*

**JORGE**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento a Dios por haberme dado la existencia y haberme permitido llegar a culminar esta carrera.

A todas y todos quienes de una u otra forma han colocado un granito de arena para el logro de este Trabajo de Grado, les agradezco de forma sincera su valiosa colaboración.

Agradezco también a nuestro Tutor por toda la ayuda que nos brindó, y la paciencia que nos tuvo.

### **VINICIO**

Un agradecimiento efusivo a toda mi familia, por haberme apoyado en todos mis sueños y en todas las metas que me propuse cumplir.

Agradezco a nuestro director de tesis y a los Ingenieros de la especialidad de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico por haber impartido toda su enseñanza a favor de los estudiantes.

Y a todas las personas que fueron participes de este trabajo por que sin ustedes hubiese sido imposible tener el resultado que tuvimos Mil Gracias.

**JORGE**

## ÍNDICE GENERAL

Aceptación del tutor	i
Dedicatorias	ii
Agradecimientos	iv
Indice General	v
Resumen	xi
Summary	xii
Presentación	1
CAPITULO I El problema de la investigacion	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Planteamiento del problema	4
1.3 Formulación del problema	5
1.4 Delimitación	5
1.4.1 Delimitación espacial	5
1.4.2 Delimitación temporal	5
1.5 Objetivos	6
1.5.1 Objetivo General	6
1.5.2 Objetivos Específicos	6
1.6 Justificación	7
CAPÍTULO 2 Marco Teórico	9
2.1 Historia de los sistemas PAC's	9
2.2 Controlador de automatización programable (PAC's)	11
2.3 Arquitectura de los PAC's	12
2.3.1. Panel del operador	12
2.3.2 Computadora	13
2.4 Características de los PAC's	15
2.5 Aplicaciones de los PAC's	16
2.6 Sistemas SCADA	18
2.6.1 Tareas y características del sistema SCADA	18
2.7 Comunicación y monitoreo de los PAC's	20
2.7.1 Tipos de comunicación y monitoreos	21
2.7.1.1 Hub	23
2.7.1.2 Modbus	23
2.7.1.3 Sistemas Land Line (Líneas terrestres)	24

2.8	Componentes de la comunicación	24
2.8.1	Procesadores de comunicación Front End	24
2.8.2	Radio	25
2.8.3	Circuitos telefónicos	26
2.9	P.L.C.	27
2.9.1	Componentes del P.L.C.	27
2.9.1.1	Rack principal	27
2.9.1.2	Fuente de alimentación	28
2.9.1.3	CPU	28
2.9.1.4	Tarjetas de entradas y salidas digitales	29
2.9.1.5	Tarjetas de entradas y salidas analógicas	29
2.9.1.6	Tarjetas especiales	30
2.9.2	Lenguajes de programación del P.L.C.	30
2.9.2.1	Lenguajes de alto nivel	32
2.9.2.2	Lenguajes de bajo nivel	32
2.9.3	Lenguajes de programación generales del P.L.C.	33
2.9.4	Módulos del P.L.C.	34
2.9.4.1	Módulos de entradas	34
2.9.4.2	Módulo de entradas digitales	36
2.9.4.3	Módulo de entradas analógicas	37
2.9.4.4	Modelos de salida	38
2.9.4.5	Módulo de salidas digitales	40
2.9.4.6	Módulo de salidas analógicas	41
2.9.4.7	Módulo de funciones especiales	42
2.9.4.8	Módulo de entrada de pulsos de alta velocidad	43
2.9.4.9	Módulo de control de ejes	44
2.9.4.10	Módulo de entradas de termocuplas	44
2.9.4.11	Módulo de entradas en RTD	45
2.10	Analizador de redes Eléctricas	46
2.11	Transformadores de medida (TC's)	46
2.12	Sensores y actuadores	48
2.13	Motores Eléctricos	50
2.13.1	Requisitos para el arranque y la protección de un motor	51
2.14	Glosario de términos	53

CAPÍTULO III	Metodología de la investigación	55
3.1	Tipo de investigación	55
3.1.1	Investigación documental	55
3.1.2	Investigación de aplicada	55
3.2	Métodos	56
3.2.1	Método inductivo deductivo	56
3.2.2	Método analítico sintético	56
3.2.3	Método científico	56
3.3	Técnicas e instrumentos	57
3.4	Esquema de la propuesta	57
CAPÍTULO IV	Análisis e interpretación de resultados	58
4.1	Entrevista	58
4.1.1	Entrevista al experto del tema	58
4.1.2	Análisis de la entrevista	62
4.2	Países con mayor automatización en su industria	62
4.3	Tipos de sistemas SCADA	63
4.4	Ventajas de los sistemas SCADA	64
4.5	Desventajas de los sistemas SCADA	65
4.6	Elección del sistema SCADA	65
CAPÍTULO V	Conclusiones y Recomendaciones	67
5.1	Conclusiones	67
5.2	Recomendaciones	68
CAPÍTULO VI	Propuesta Tecnológica	69
6.1	Tema	69
6.2	Justificación	69
6.3	Fundamentación	70
6.4	Objetivos	70
6.4.1	Objetivo General	70
6.4.2	Objetivos Específicos	70
6.5	Ubicación física y sectorial	71
6.6	Desarrollo de la propuesta	71
6.6.1	Diseño, construcción y programación del modelo didáctico	71
6.6.2	Componentes	72
6.6.3	Controlador Twido Telemecanique TWD LCA 40DRF	72

6.6.3.1	Características del controlador Telemecanique	74
6.6.3.2	Partes del controlador Telemecanique	76
6.6.4	Analizador de redes Eléctricas SACI LAB96	77
6.6.4.1	Características del analizador de redes	79
6.6.5	TC's	81
6.6.5.1	Características de los TC's	82
6.6.6	Conexión de los equipos	84
6.6.6.1	Adquisición de datos de línea y carga	86
6.6.6.2	Comunicación y transferencia de datos	88
6.6.6.2.1	Funciones Modbus implementadas	88
6.6.6.2.2	Control y monitoreo de los accionadores	89
6.6.6.3	Descripción de la aplicación	90
6.6.6.3.1	Programación de la aplicación	92
6.6.6.3.2	Requerimientos del sistema	93
6.6.6.3.3	Descripción de las comunicaciones	95
6.6.6.3.5	Programación del controlador en ladder logic	104
6.6.6.3.6	Verificación y animación de las tablas de datos	105
6.6.6.4	Manual de usuario	109
6.7	Impactos	117
6.7.6	Impacto social	117
6.7.7	Impacto educativo	117
6.8	Difusión	117
6.9	Anexos	118

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 2:1	Esquema del controlador de automatización programable	15
Figura. 2:2	Interfaz grafica del software SCADA	20
Figura. 2:3	Descripción de los enlaces por radio de un sistema PAC	25
Figura. 2:4	Descripción de comunicación vía telefónica de un PAC	26
Figura. 2:5	PLC Telemecanique	27
Figura. 2:6	Lenguajes de programación	31
Figura. 2:7	Tipos de lenguaje de programación	31
Figura. 2:8	Diagrama de lenguaje ladder	33

Figura. 2:9 Analizador de redes eléctricas SACI	46
Figura. 2:10 Tipos de transformadores de medida	47
Figura. 2:11 Actuadores que trabajan con conmutación ON/OFF	48
Figura. 2:12 Dispositivos usados en el modulo de entradas	49
Figura. 2:13 Componentes de motor eléctrico	51
Figura. 4:1 Sistema SCADA 1	63
Figura. 4:2 Sistema SCADA 2	64
Figura. 6:1 PLC Twido Telemecanique	74
Figura. 6:2 Tarjeta de Modbus	75
Figura. 6:3 Partes del PLC Twido Telemecanique	77
Figura. 6:4 Analizador de redes eléctricas SACI LAB 96	80
Figura. 6:5 Parte trasera del analizador	80
Figura. 6:6 Dimensiones del TC Camsco	83
Figura. 6:7 Vista de los TC's en el modelo didáctico	83
Figura. 6:8 Protección térmica Camsco trifásica	84
Figura. 6:9 Protección térmica Camsco 2 polos	85
Figura. 6:10 Protección térmica Camsco 1 polo	85
Figura. 6:11 Conexión del analizador de redes	86
Figura. 6:12 Intercambio de datos	88
Figura. 6:13 Conexión de entradas digitales	89
Figura. 6:14 Conexión de las salidas	89
Figura. 6:15 Circuito de mando	90
Figura. 6:16 Circuito de fuerza	91
Figura. 6:17 Conexión vía red LAN Ethernet	95
Figura. 6:18 Instrucción EXCH3	102
Figura. 6:19 Conexión de entradas discretas	104
Figura. 6:20 Bloque de escalón de una entrada discreta	104
Figura. 6:21 Interfaz Intouch direccionamiento de parámetros	107
Figura. 6:22 Conexión para medición de magnitudes	114
Figura. 6:23 Conexión de entradas digitales	115
Figura. 6:24 Conexión de salidas tipo relé	115

Figura. 6:25 Comunicación del modelo didáctico

116

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 4:1 Países con mayor automatización eléctrica	62
Tabla. 6:1 Componentes del sistema	72
Tabla. 6:2 Parámetros de medición del LAB 96	81
Tabla. 6:3 Pasos para comprobar la IP del PC	96
Tabla. 6:4 Pasos para configurar y ajustar la TCP/IP del PC	97
Tabla. 6:5 Pasos para configurar el TCP/IP del controlador	98
Tabla. 6:6 Categorías de IP según su clase	99
Tabla. 6:7 Cálculos de parámetros de medida	103
Tabla. 6:8 Animación de la tabla de datos	106
Tabla. 6:9 Magnitudes de medida	111

## RESUMEN

El presente trabajo describe el diseño y la construcción de un modelo didáctico para la adquisición de datos y control de un motor eléctrico trifásico, mediante un controlador de automatización programable vía red LAN, dicho modelo fue implementado en la especialidad de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico de la Universidad Técnica del Norte, se construyó este modelo didáctico con las debidas protecciones y siguiendo las normas y estándares de diseño y construcción de tableros de control industrial. En la región norte del país y en nuestra provincia de Imbabura, la actividad industrial es importante como impulsadora del desarrollo económico y social, es por eso que este trabajo se enfocó en la adaptación de nuevas tecnologías para controlar y monitorear motores eléctricos de corriente alterna que son las maquinas eléctricas base de la mayoría de los procesos productivos de la industria local, los beneficiarios directos de este trabajo de grado son los estudiantes de la especialidad de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico que podrán plasmar sus conocimientos teóricos en la practica y podrán combinar los sistemas informáticos con los sistemas eléctricos industriales para la adquisición de datos y control de maquinas eléctricas. El trabajo descrito contiene fundamentos teóricos relacionados con la historia de los sistemas PAC's, arquitectura, aplicaciones, comunicación y monitoreo de controladores de automatización programables, programación, y descripción de los componentes del modelo didáctico. Se realizo una investigación documental y una investigación de campo, además se describe los métodos y técnicas que se utilizaron en la elaboración de esta tesis. También se describen las ventajas y desventajas de la automatización y los elementos básicos de un sistema SCADA, se realizó las conclusiones y recomendaciones en base a la implementación de este trabajo. Se culminó realizando una propuesta de carácter tecnológico, también se redacta un manual de usuario para que el modelo didáctico cumpla con los objetivos trazados.

## SUMMARY

This paper describes the design and construction of a didactic model for data acquisition and control of a three-phase electric motor with a programmable automation controller via LAN, this model was implemented in the specialty of Electrical Maintenance Engineering of the University Technical Northern didactic model was constructed with due protection and following the rules and standards of design and construction of industrial control panels. In the northern region and the province of Imbabura, industrial activity is important as advancing economic development and social, is why this work focused on adapting new technologies to control and monitor electric motors of alternating current electrical machines are based most of the productive processes of the local industry, the direct beneficiaries of this graduate work are the majors of Engineering Maintenance Electrical that can translate their knowledge into practice and systems may be combined computer with industrial electrical systems for data acquisition and control of electrical machines. The theoretical work described has related the history of the PAC's systems, architecture, applications, communication and monitoring of programmable automation controllers, programming, and describe the components of the didactic model. We conducted a documentary research and field research also describes the methods and techniques used in the preparation of this thesis. It also describes the advantages and disadvantages of automation and the basic elements of a SCADA system, we performed the conclusions and recommendations based on the implementation of this work. Was completed by a proposed technological, also writes a manual for the model to meet the learning objectives.

## **PRESENTACIÓN**

El objetivo de este proyecto fue construir un modelo didáctico de control y adquisición de datos de un motor eléctrico trifásico, mediante un PAC con entradas y salidas digitales y analógicas, una entrada especial de Modbus con puerto de comunicación Ethernet RJ 45, programándolo mediante una plataforma de uso intuitivo de fácil aprendizaje y la más empleada en el campo industrial. Con este fin se construyó el sistema con las debidas protecciones y siguiendo las normativas y estándares de construcción y diseño de tableros de control industrial.

En el capítulo I, se describió los antecedentes, planteamiento y formulación del problema, los objetivos y la justificación del proyecto realizado. Se detalló el motivo principal del desarrollo de la presente tesis y los beneficios que con lleva en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico.

En el capítulo II, se presenta la teoría relacionada a los sistemas PAC's, su evolución, aplicaciones, formas de comunicación de los PAC's, características del controlador Twido TWD LCA 40DRF, y del analizador de redes eléctricas SACI Lab 96, y los diferentes dispositivos actuadores, de maniobra, de control, de ejecución, y las plataformas utilizadas en la programación del modelo didáctico.

El capítulo III, detalla la metodología de investigación, los tipos de investigación y los métodos utilizados así como las técnicas e instrumentos que se necesitaron.

El capítulo IV, da a conocer los resultados obtenidos en este trabajo de grado, el criterio de expertos y un análisis de las ventajas y desventajas de la automatización eléctrica.

En el capítulo V, se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas en el presente trabajo de grado.

En el capítulo VI, se desarrolló la propuesta tecnológica, su justificación, importancia y el desarrollo de la misma, se detalla la elaboración de un manual de usuario para el modelo didáctico y detalles de la construcción.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Antecedentes

En la región norte del país y en nuestra provincia de Imbabura, la actividad industrial es de suma importancia como impulsadora del desarrollo económico de la sociedad, por eso el presente proyecto de tesis se enfocó en la adaptación de nuevas tecnologías para controlar y monitorear motores eléctricos trifásicos de corriente alterna que son las maquinas eléctricas, las cuales son la base de la mayoría de los procesos productivos en la industria local, además se decidió aplicar esta tecnología en un tablero didáctico en conjunto con dispositivos informáticos y equipos eléctricos industriales para la adquisición de datos y control de motores, que beneficio a los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico.

La falta de implementación tecnológica en nuestro medio tanto en el sector industrial como el educativo, no está acorde con la actual demanda de producción y conocimientos, es por eso que el desarrollo de la industria en nuestra localidad y en el resto de la región norte del país no ha podido impulsarse con facilidad, y al no existir el personal capacitado que asesore e implemente tecnología de punta a la pequeña y mediana industria en procesos de producción, esto tiene como consecuencia un lento desarrollo en el ámbito económico y social.

Los estudiantes en el lapso del desarrollo de sus estudios, tienen diversas aspiraciones de incrementar sus conocimientos por medio de prácticas, al ver que no se cumplen con las condiciones adecuadas de enseñanza provocada por la carencia de módulos e implementos en el laboratorio de

Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico de la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología, los estudiantes egresados han tomado la decisión de implementar tableros didácticos de última tecnología para el laboratorio antes mencionado.

## **1.2 Planteamiento del problema**

El problema en sí de la implementación y adaptación de un controlador de automatización programable (PAC's), para la adquisición de datos y control de motores eléctricos trifásicos o de nuevas tecnologías para controlar y automatizar la producción, fue los limitados recursos tecnológicos, bibliográficos y el insuficiente personal técnico que instale y adapte dichos avances tecnológicos empeñados en mejorar la producción de la pequeña y mediana empresa.

Además de lo mencionado anteriormente, otro aspecto a tomar muy en cuenta es la insuficiencia en la enseñanza práctica de las nuevas tecnologías de control y automatismo industrial por la falta de recursos didácticos con tecnología de avanzada, no solo en nuestra universidad si no también a nivel de institutos tecnológicos y superiores que poseen carreras de la especialidad de electricidad o afines, esto se da por no existir el equipamiento adecuado en los laboratorios, que brinden facilidades al estudiante para aprender y al profesor para enseñar en forma real y practica los diferentes métodos de control industrial.

Un Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico que no haya logrado experiencias prácticas y manejo de habilidades con todos los elementos reales de un sistema de control y adquisición de datos de una maquina eléctrica, tendrá diversas dificultades en el ejercicio de su carrera en el sector industrial; por consecuencia este técnico podrá ser descrito como improductivo; reduciendo de esta manera sus posibilidades profesionales.

### **1.3 Formulación del problema**

¿Cómo implementar un modelo didáctico para la adquisición de datos y control de un motor eléctrico trifásico mediante un controlador programable vía red (LAN), para el laboratorio de la especialidad de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico de la F.E.C.Y.T.?

### **1.4 Delimitación**

#### **1.4.1 Delimitación espacial**

El modelo didáctico para la adquisición de datos y control de un motor eléctrico trifásico, tiene un diseño ergonómico y protegido contra el deterioro. Una vez construido se entregó a las autoridades de la Escuela de Educación Técnica y de la especialidad de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico.

#### **1.4.2 Delimitación temporal**

La parte teórica y el ensamblaje de este modelo didáctico, se las realizaron en el primer semestre del año 2010 de acuerdo al cronograma de actividades preestablecido con una planificación adecuada, además se tomó en cuenta la prueba de funcionamiento, para que el sistema trabaje con normalidad.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

- Implementar un modelo didáctico para la adquisición de datos y control de un motor eléctrico trifásico mediante un controlador programable vía red LAN, para el laboratorio de la especialidad de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Analizar y organización toda la información referente al diseño, construcción, instalación, operación y mantenimiento de un sistema de adquisición de datos y control de maquinas eléctricas.
- Diseñar y construir un modelo didáctico que simule el control de maquinas eléctricas existentes en la industria.
- Redactar un manual de usuario que ayude al manejo del modelo didáctico.

## **1.6 Justificación**

La formación de profesionales en las especialidades técnicas, tiene dos aspectos fundamentales que se deben considerar, los aspectos son la teoría y la práctica. La práctica es una experiencia de aprendizaje significativa ya que en una industria se suscitan diversos daños en equipos eléctricos y esto necesita de profesionales que resuelvan los problemas ocurridos con creatividad y con estrategias de solución fundamentadas basadas en la teoría; en este sentido, los estudiantes al adquirir conocimientos teóricos y fundamentos en la práctica, les permite reflejar la calidad de educación que se imparte en las aulas de la Universidad Técnica del Norte.

La especialidad de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico al estar dotada de excelentes laboratorios, entregará a la sociedad Imbabureña y del norte del país, Ingenieros que posean conocimientos extensos en su rama, lo que les permitirá competir con cualquier profesional del Ecuador. Estos profesionales brindan un gran aporte a la producción y a la economía del país, para ello es necesaria una preparación académica adecuada.

El presente trabajo de grado es factible de realizar, ya que en nuestro medio existe la suficiente información técnica y bibliográfica en libros, revistas, catálogos de carácter técnico y páginas web. Los materiales a utilizarse para la construcción del prototipo didáctico son fáciles de conseguir y su valor de adquisición está dentro del presupuesto planificado anteriormente.

Un modelo didáctico de adquisición de datos y control de un motor eléctrico trifásico permite obtener diversas habilidades con equipos eléctricos reales, y así comprobar los fundamentos de la teoría en la parte

práctica, esto hará que el estudiante se sienta convencido de que la enseñanza que actualmente los Docentes imparten en la Universidad es de vital importancia y es beneficiosa para el futuro laboral del estudiante.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Historia de los sistemas PAC's**

Ramírez (2007) dice que:

La historia de los autómatas programables comienza en Estados Unidos en los años 1968 y 1970 cuando Ford y General Motors realizaron el estudio de un sistema de control electrónico. Este equipo debía ser fácilmente programable, sin recurrir a los computadores industriales, ya en servicio en la industria fueron empleados en Europa dos años más tarde. Su fecha de creación coincide con el comienzo de la era del microprocesador y con la generación de la lógica cableada modular (p. 4).

La empresa Bedford Associates radicada en los Estados Unidos, propuso un aparato denominado controlador digital modular o Modicon a la industria automotriz, otras compañías propusieron a la vez esquemas basados en un ordenador.

El Modicon 084, resultó ser el primer controlador programable del mundo en ser producido comercialmente, y tras casi veinte años de servicio ininterrumpido fue donado por General Motors, cuando la unidad fue retirada. Una de las personas que trabajó en ese proyecto fue el americano Dick Morley, el es considerado Padre del autómata programable.

La marca Modicon fue vendida en 1977 a la empresa Gould Electronics y posteriormente los derechos de Modicon fueron adquiridos por la compañía alemana AEG, actualmente el dueño de todos los derechos es Schneider Electric.

Los nuevos controladores debían ser fácilmente programables por Ingenieros de planta o personal de mantenimiento de una empresa. El tiempo de vida debía ser largo y los cambios en el programa tenían que realizarse de forma sencilla, finalmente debían trabajar sin problemas en entornos industriales adversos. La solución fue el empleo de una técnica de programación familiar y reemplazar los relés mecánicos por relés de estado sólido.

A principios de los 70, los autómatas incorporan el microprocesador y elementos modernos de comunicación hombre-máquina, manipulación de datos, cálculos matemáticos, y diversas funciones de comunicación.

A mediados de los años 70, los PLC's eran máquinas de estado secuencial y su CPU estaba basado en el desplazamiento del bit. Los microprocesadores convencionales cedieron la potencia necesaria para resolver de forma rápida y completa la lógica de los pequeños autómatas. Por cada modelo de microprocesador había un modelo de autómata programable basado en el mismo.

En la segunda mitad de los años 70, se optimizó el PLC con mayor capacidad de memoria, posibilidad de entradas y salidas remotas, entradas analógicas y numéricas, funciones de control de posicionamiento, aparición de lenguajes con mayor número de instrucciones más potentes y existió un desarrollo de las comunicaciones con periféricos y ordenadores.

Las habilidades de comunicación del PLC, comenzaron a aparecer años después. El primer sistema fue el bus de Modicon (Modbus). El autómata podía ahora dialogar con otros autómatas programables y en conjunto podían estar aislados de las máquinas que controlaban. También podían

enviar y recibir señales de tensión variables, entrando en el mundo analógico.

Desafortunadamente la falta de un estándar acompañado con un continuo cambio tecnológico, ha hecho que la comunicación de los autómatas sea una marea de sistemas físicos y protocolos incompatibles entre sí. No obstante fue una gran década para los controladores autómatas programables.

En los años 80 se produjo un intento de estandarización de las comunicaciones con el protocolo MAP (Manufacturing Automation Protocol) de General Motors. También fue un tiempo en el que se redujeron las dimensiones del autómata y se pasó a programar con programación simbólica a través de ordenadores personales en vez de los clásicos terminales de programación. Hoy en día el autómata programable más pequeño es del tamaño de un simple relé.

Los años 90 mostraron una reducción en el número de nuevos protocolos, y en la modernización de las capas físicas de los protocolos más populares que sobrevivieron a los años 80. El último estándar IEC 1131-3 intenta unificar la forma de programación de todos los controladores autómatas programables en un estándar internacional. Ahora se dispone de autómatas que pueden ser programados en diagramas de bloques, lista de instrucciones y texto estructurado al mismo tiempo.

## **2.2 Controlador de automatización programable (PAC's)**

Desin Instruments (2007) dice que “Los sistemas PAC's (Controlador de Automatización Programable) son una nueva generación de equipos programables destinados al control de procesos industriales con variables analógicas” (p.2).

Los nuevos equipos son diseñados con nueva tecnología y reúnen funciones de control analógico, lógico, robustez de los controladores lógicos programables (PLC's), el desempeño de las computadoras y la flexibilidad de los circuitos y dispositivos estándares para la adquisición de datos y control. A diferencia de los controladores lógicos programables que fueron diseñados originalmente para realizar funciones lógicas y que sólo mas tarde fueron usados para realizar funciones analógicas, los sistemas PAC's están orientados principalmente al control analógico, pero sin prescindir de capacidad de control lógico.

### **2.3 Arquitectura de los PAC's**

Beltrán (2009) dice que “La arquitectura de un PAC está conformada por la interfaz de unión entre el operario y la máquina, el PLC, los sensores, los actuadores, el PC y el software de control (SCADA). Puede ser en un panel de operador o en una computadora (PC), pero en ambos casos se comunican y transmiten datos a y desde el PLC” (p. 6).

La arquitectura de un PAC se basa principalmente en el control y adquisición de datos de una maquina eléctrica, y en como realizar el interfaz con el operador que esta a cargo de la maquina.

#### **2.3.1. Panel del operador**

El panel de control se compone de una pantalla con más o menos resolución de gráficos y teclas numéricas y de función o como en algunos casos pantalla táctil. La pantalla puede ser en color o monocromo e indica el estado de los diferentes valores del proceso, con gráficos complejos o figuras sencillas permitiendo a su vez introducir valores para ajustar los parámetros de regulación del proceso o consignas del mismo. Se programan con un software propio, al igual que los PLC's. Se comunican

con el PLC a través de un puerto de comunicación, que varía de unos a otros, pero siendo lo más frecuente una comunicación RS232 a 19.2 Kb audios. Generalmente el panel frontal suele ser de un material plástico o similar con un alto grado de protección, IP65 o NEMA 12, ya que está expuesto a la intemperie o al ambiente agresivo del lugar de trabajo.

### **2.3.2 Computadora**

En el caso de una computadora, esta es la encargada de comunicar con el PLC. Realiza las mismas funciones que un panel de operador y además puede trabajar como sistema SCADA (adquisición de datos) y con los nuevos controles disponibles e integrados en los sistemas operativos (Windows 95/98/NT/Xp). Se puede hacer por ejemplo que ante una alarma del sistema, el PC marque un número telefónico o mande un mensaje a un móvil con un texto asociado al operario o personal de mantenimiento correspondiente. Para que un PC normal sea convertido a un PC de un sistema PAC's son necesarios los siguientes elementos:

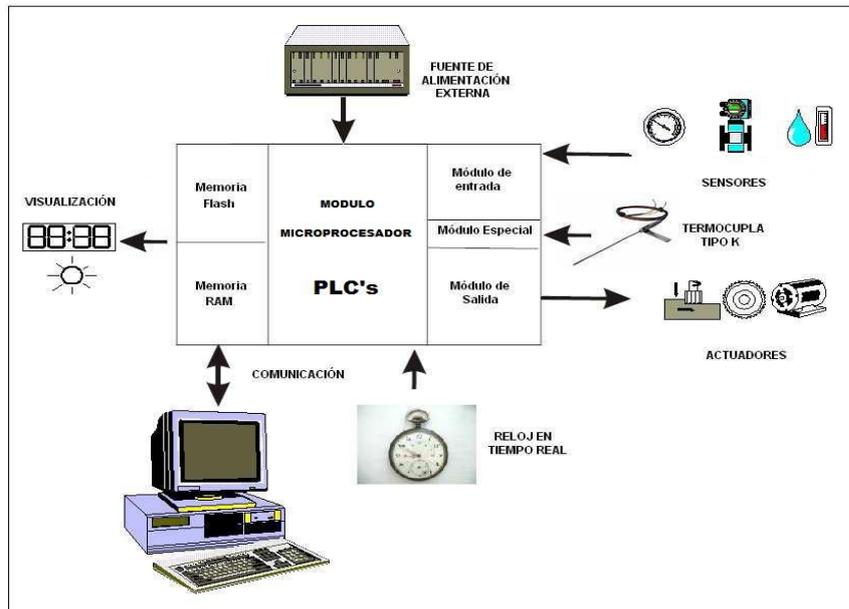
- **Software SCADA.** Es el programa de software que se instala en el PC y que hace trabajar al mismo como un sistema SCADA. Puede ser del mismo fabricante que el PLC o diferente.
- **Tarjeta de comunicación PC-PLC.-** Esta tarjeta suministra normalmente el fabricante del PLC o el del software SCADA. Se coloca en un bus libre, ISA o PCI del PC y se configura con un software propio y diferente al del SCADA.
- **Driver de comunicación.-** Es el traductor entre el sistema SCADA y el PLC. El driver de comunicación es un programa de software diferente al del SCADA y hace que el PC y el PLC se "entiendan" a través de la tarjeta de comunicación PC-PLC. Básicamente el

programa SCADA crea una base de datos con los parámetros del proceso (TAGS) y el driver es el encargado de leer y escribir estos datos en el PLC. En este caso es sumamente recomendable utilizar tarjetas de comunicación del mismo fabricante que el PLC para evitar problemas de comunicación.

No hay ninguna regla para la elección de los computadores a la hora de instalar un sistema SCADA, pero si hay que insistir siempre con el fabricante en la compatibilidad del mismo con el software a instalar y sobre todo las tarjetas de comunicación, que algunas de ellas no son Plug & Play y crean conflicto con el sistema Plug & Play del PC a la hora de reservarse espacio en memoria para su funcionamiento (conflicto con los IRQs). Un sistema SCADA basado en un computador tiene la ventaja de guardar en el disco duro los parámetros deseados para utilizarlos posteriormente en análisis estadísticos.

Con los nuevos sistemas de comunicación LAN (ETHERNET) y los protocolos asociados puede además monitorizarse el sistema desde cualquier lugar de una red o incluso desde casa a través de un módem. Ambos sistemas, panel de operados y el PC pueden asociarse haciendo un sistema sumamente completo.

Figura. 2:1 Esquema del controlador de automatización programable



Fuente: <http://www.sapiensman.com>

## 2.4 Características de los PAC's

National Instruments (2010) dice que:

Con un marco de referencia en mediciones, extendiendo los PAC's más allá de las (entradas/salidas) simples al incorporar mediciones de mas alta velocidad y capacidades de visión de una máquina. Muchas aplicaciones industriales coleccionan mediciones de alta velocidad para aplicaciones de calidad de potencia o vibración. Los datos coleccionados son utilizados para monitorear la condición de una máquina en rotación, determinar horarios de mantenimiento, identificar el uso de motor, y ajustar algoritmos de control. Los datos son normalmente coleccionados utilizando sistemas de adquisición de datos especializados o instrumentación solitaria y está incorporada a sistemas de control utilizando buses de comunicación (p. 10).

Los Ingenieros también incorporan visión a los sistemas de control, la visión es un área de la automatización que ha ganado gran momento en la última década. En un ambiente de manufactura, hay muchos errores y fallas que pueden identificarse a través de la inspección visual las cuales son difíciles de detectar utilizando técnicas de medición tradicionales. Aplicaciones comunes incluyen una parte de inspección para verificación de manufactura o ensamble, como la revisión para un correcto posicionamiento en el tablero de circuitos, reconocimiento de caracteres ópticos (OCR) para examinar códigos de datos y sortear productos, y mediciones ópticas para encontrar fallas en productos o para reacomodar de acuerdo a un criterio basado en calidad. Los PAC's de National Instruments incorpora la visión o mediciones de alta velocidad con lógica, y control de movimiento eliminando la necesidad de los Ingenieros para integrar plataformas de hardware y software incompatibles.

## **2.5 Aplicaciones de los PAC's**

Existe una variedad de aplicaciones de los PAC's y a continuación se las describe:

**Supervisión remota de instalaciones y equipos.-** Permite al operador conocer el estado de desempeño de las instalaciones y los equipos alojados en la planta, lo que ayuda a dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas.

**Control remoto de instalaciones y equipos.-** Mediante el sistema se puede activar o desactivar los equipos remotamente (por ejemplo abrir válvulas, activar interruptores, prender motores, etc.), de manera automática y también manual. Además es posible ajustar parámetros, valores de referencia, algoritmos de control.

**Procesamiento de datos.-** El conjunto de datos adquiridos conforman la información que alimenta el sistema, esta información es procesada, analizada, y comparada con datos anteriores, y con datos de otros puntos de referencia, dando como resultado una información confiable y veraz.

**Visualización gráfica dinámica.-** El sistema es capaz de brindar imágenes en movimiento que representen el comportamiento del proceso, dándole al operador la impresión de estar presente dentro de una planta real. Estos gráficos también pueden corresponder a curvas de las señales analizadas en el tiempo.

**Generación de reportes.-** El sistema permite generar informes con datos estadísticos del proceso en un tiempo determinado por el operador.

**Representación de señales de alarma.-** A través de las señales de alarma se logra alertar al operador frente a una falla o la presencia de una condición perjudicial o fuera de lo aceptable. Estas señales pueden ser tanto visuales como sonoras.

**Almacenamiento de información histórica.-** Se cuenta con la opción de almacenar los datos adquiridos, esta información puede analizarse posteriormente, el tiempo de almacenamiento dependerá del operador o del autor del programa.

**Programación de eventos.-** Esta referido a la posibilidad de programar subprogramas que brinden automáticamente reportes, estadísticas, gráfica de curvas y activación de tareas automáticas.

## **2.6 Sistemas SCADA**

Montero (2004) dice que:

Los sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) son aplicaciones de software, diseñadas con la finalidad de controlar y supervisar procesos a distancia. Se basan en la adquisición de datos de los procesos remotos, se trata de una aplicación de software, especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde una computadora. Además, envía la información generada en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como hacia otros supervisores dentro de la empresa, es decir, que permite la participación de otras áreas como por ejemplo: control de calidad, supervisión, mantenimiento (p. 51).

Generalmente se vincula el software SCADA al uso de una computadora o de un PLC, la acción de control es realizada por los controladores de campo, pero la comunicación del sistema con el operador es necesariamente vía computadora. Sin embargo el operador puede gobernar el proceso en un momento dado si es necesario.

### **2.6.1 Tareas y características del sistema SCADA**

Wonderware (2004) dice que:

Las tareas de Supervisión y Control generalmente están mas relacionadas con el software SCADA, en él, el operador puede visualizar en la pantalla del computador de cada una de las estaciones remotas que conforman el sistema, los estados de esta, las situaciones de alarma y tomar acciones físicas sobre algún

equipo lejano, la comunicación se realiza mediante buses especiales o redes LAN. Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real, y están diseñados para dar al operador de planta la posibilidad de supervisar y controlar dichos procesos (p. 20).

Estos sistemas actúan sobre los dispositivos instalados en la planta, como son los controladores, autómatas, sensores, actuadores, registradores, etc. Además permiten controlar el proceso desde una estación remota, para ello el software brinda una interfaz gráfica que muestra el comportamiento del proceso en tiempo real.

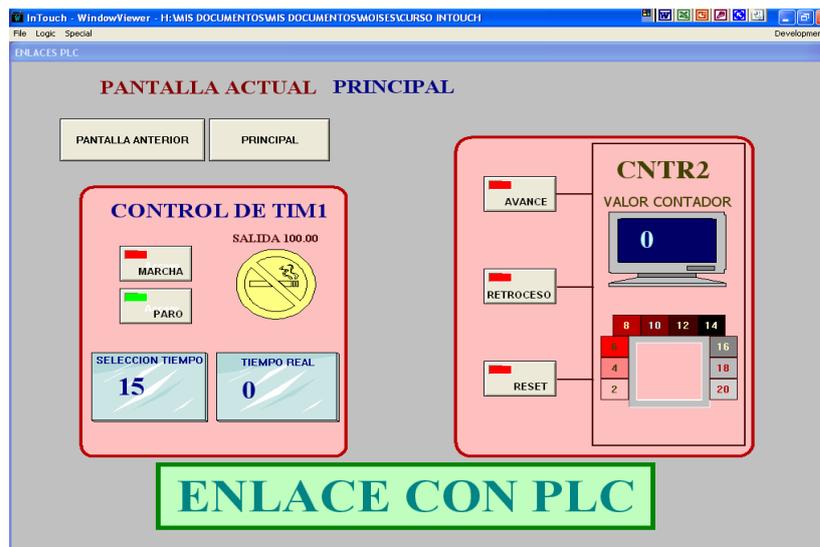
Generalmente se vincula el software al uso de una computadora o de un PLC, la acción de control es realizada por los controladores de campo, pero la comunicación del sistema con el operador es necesariamente vía computadora. Sin embargo el operador puede gobernar el proceso en un momento dado si es necesario.

Un software SCADA debe ser capaz de ofrecer al sistema lo siguiente:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de datos históricos de las señales de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso anular o modificar las tareas asociadas al autómata, bajo ciertas condiciones.

- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador.

Figura. 2:2 Interfaz gráfica software SCADA



Fuente: Guía de uso del software Intouch 9.5

## 2.7 Comunicación y monitoreo de los PAC's

Lemos (2006) dice que:

El problema común de los sistemas PAC's es que no cumplen con todos los requerimientos que una empresa necesita, o por el contrario están sobredimensionados para lo que el usuario final requiere realmente, haciendo que este pague una gran suma de dinero por una cantidad de funcionalidades que nunca usará, incluso se pueden presentar problemas, cuando se piensa en que el sistema debe ser usado por usuarios no expertos, para los cuales el manejo de una herramienta grande y compleja puede ser muy difícil (p. 8).

Una solución a estos problemas es el desarrollo de sistemas de comunicación, monitoreo y control propios, pero cuando se desarrollan aplicaciones distribuidas en ambientes industriales usando tecnologías

tradicionales de programación, se encuentran problemas difíciles de resolver, debido a que cada fabricante ha creado de manera independiente sus propias aplicaciones para que los sistemas informáticos se comuniquen con sus equipos industriales y a que en general, el software y el hardware desarrollados por un fabricante no son fáciles de integrar con los de otro, pues no están obligados a hacer desarrollos compatibles con los desarrollos de la competencia.

Es común que también un fabricante receloso de su propiedad intelectual, simplemente no revele los detalles de funcionamiento de sus equipos, dificultando con esto aun más el diseño de soluciones de automatización de plantas donde hay equipos de diferentes proveedores.

Como una respuesta a estos problema se propone la utilización del estándar OPC (OLE/COM for Process Control ) una tecnología de protocolos de alto nivel para el desarrollo de aplicaciones de software interoperable en sistemas distribuidos, para el monitoreo, comunicación y control en plantas industriales, esto daría cabida a que equipos de diferentes fabricantes puedan trabajar sin que se presenten conflictos entre ellos y facilitando el que cada empresa cree aplicaciones de medición y control hechas a su medida, sin tener que depender de una sola casa fabricante de equipos y sin tener que pagar los altos costos que implica la licencia del software industrial.

### **2.7.1 Tipos de comunicación y monitoreos**

Los sistemas PAC tienen tradicionalmente una combinación de radios y señales directas seriales o conexiones de módem para conocer los requerimientos de comunicaciones, incluso Ethernet e IP sobre SONET (fibra óptica) es también frecuentemente usada en sitios muy grandes como ferrocarriles y estaciones de energía eléctrica. Es más, los métodos

de conexión entre sistemas pueden incluso que sean a través de comunicación wireless y así no tener que emplear cables.

Lemos (2006) dice que:

El primer estándar hoy llamado Data Access Specification es el resultado de la colaboración de varios fabricantes de dispositivos de automatización trabajando en cooperación con Microsoft. El estándar, basado en las tecnologías de Microsoft OLE (Object Linking and Embedding) COM (Component Object Model) y DCOM (Distributed Component Object Model), define un conjunto estándar de objetos, interfaces y métodos para ser usados en el control de procesos y en las aplicaciones de automatización industrial para facilitar la interoperabilidad (p. 31).

Para explicar la necesidad de la creación del estándar Data Access Specification se puede utilizar la siguiente analogía sobre los drivers de impresoras en los sistemas operativos DOS y Windows. En DOS, el desarrollador de cada aplicación tenía que escribir además el driver de impresora para cada impresora. En el mundo de la automatización industrial, una empresa que desarrolle un software de interfase hombre máquina (HMI), tiene que desarrollar además un driver para cada dispositivo industrial, incluyendo todas las marcas de PLC's.

Windows solucionó el problema de los drivers de impresoras incorporando el soporte de las impresoras dentro del sistema operativo. De esta manera un solo driver de impresora es utilizado por todas las aplicaciones, y estos drivers son desarrollados por los fabricantes de impresoras y no por los desarrolladores de aplicaciones. Windows también proporcionó la solución para los drivers a nivel industrial, agregar la especificación OPC a la tecnología OLE de Microsoft en Windows permitió la estandarización, ahora los fabricantes de dispositivos

industriales pueden escribir los servidores de acceso de datos OPC y el software, como HMIs, pueden convertirse en clientes OPC.

#### **2.7.1.1 Hub**

Con los sistemas VSAT o Very Small Aperture Terminal, se designa un segmento del espacio (64k o más), y los datos se envían de un sitio remoto a un Hub vía satélite, hay dos tipos de hub, el primero es un sistema proporcionado típicamente por un proveedor de servicios de VSAT. La ventaja es un costo fijo para los datos aunque su implementación puede costar muy cara. La otra consideración para éstos es la necesidad de un backlink del Hub al centro de SCADA. Esto puede tener un costo considerable.

El otro tipo de sistema utiliza un “hub” pequeño (los clásicos de LAN estructuradas) que se puede instalar con la unidad maestra. Este es más barato, pero la administración del “hub” es responsabilidad exclusiva del propietario de SCADA. La interfaz a cualquier tipo de sistema de VSAT implica el uso de protocolos utilizados por el sistema de VSAT – quizás TCP/IP.

#### **2.7.1.2 Modbus**

Es un protocolo de comunicaciones desarrollado para el mundo del PLC, y fue definido para el uso de las conexiones por cable. Aunque los proyectos procuran con frecuencia utilizar Modbus sobre radio, éste está trayendo problemas, fundamentalmente con los temporizadores.

En cualquier caso, Modbus es incompleto como un protocolo para PAC y SCADA, y existen alternativas mejores tales como DNP 3.0. Modbus tiene

su campo de aplicación en comunicaciones con PLC sobre una conexión por cable.

### **2.7.1.3 Sistemas Land Line (Líneas terrestres)**

Estos sistemas son comúnmente usados, pero una gran cantidad de sistemas SCADA implican el uso de la radio para sustituir landlines ante una falla. Las termitas y el relámpago son problemas comunes para los landlines.

## **2.8 Componentes de la comunicación**

Los componentes de la comunicación son tres y a continuación se los describe y se enuncian sus funciones.

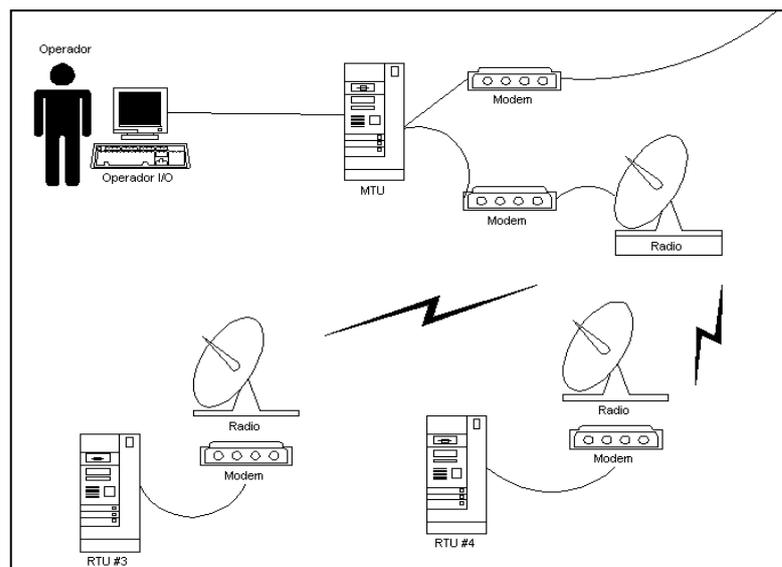
### **2.8.1 Procesadores de comunicación Front End**

Consiste típicamente en una colección de computadoras conectadas vía LAN o LAN redundante. Cada máquina realiza una tarea especializada. La responsabilidad de la colección de datos básicamente puede residir en una de ellas con un sistema visor, las visualizaciones pueden ser manejadas por una segunda computadora, etc. Una función asignada típicamente a una computadora separada, es la interfaz a la red de comunicaciones, esta manejará toda la interconexión especializada a los canales de comunicaciones, y en muchos casos realizará la conversión del protocolo de modo que el sistema principal pueda contar con datos entrantes en un formato estándar.

## 2.8.2 Radio

Una red de radio típica consiste en una conversación a través del repetidor situado en algún punto elevado, y un número de RTU (Unidad Remota Terminal) que comparten la red. Todos las RTU hablan sobre una frecuencia (F1) y escuchan en una segunda frecuencia (F2). El repetidor escucha en F1, y retransmite esto en F2, de modo que una RTU que transmite un mensaje en F1, lo tiene retransmitido en F2, tal que el resto de las RTU pueda oírlo. Los mensajes de la unidad maestra viajan sobre un enlace de comunicación dedicado hacia el repetidor y son difundidos desde el repetidor en F2 a todos las RTU. Si el protocolo de comunicaciones usado entre la unidad maestra y el repetidor es diferente al usado en la red de radio, entonces debe haber un Gateway en el sitio del repetidor. Este hecho permitiría utilizar los protocolos apropiados para cada uno de los medios. Se ha utilizado con éxito DNP3 sobre la red de radio y después encapsulado el DNP3 en el TCP/IP para permitir que una red de fines generales lleve los datos a la unidad maestra.

Figura. 2:3 Descripción de los enlaces por radio de un sistema PAC

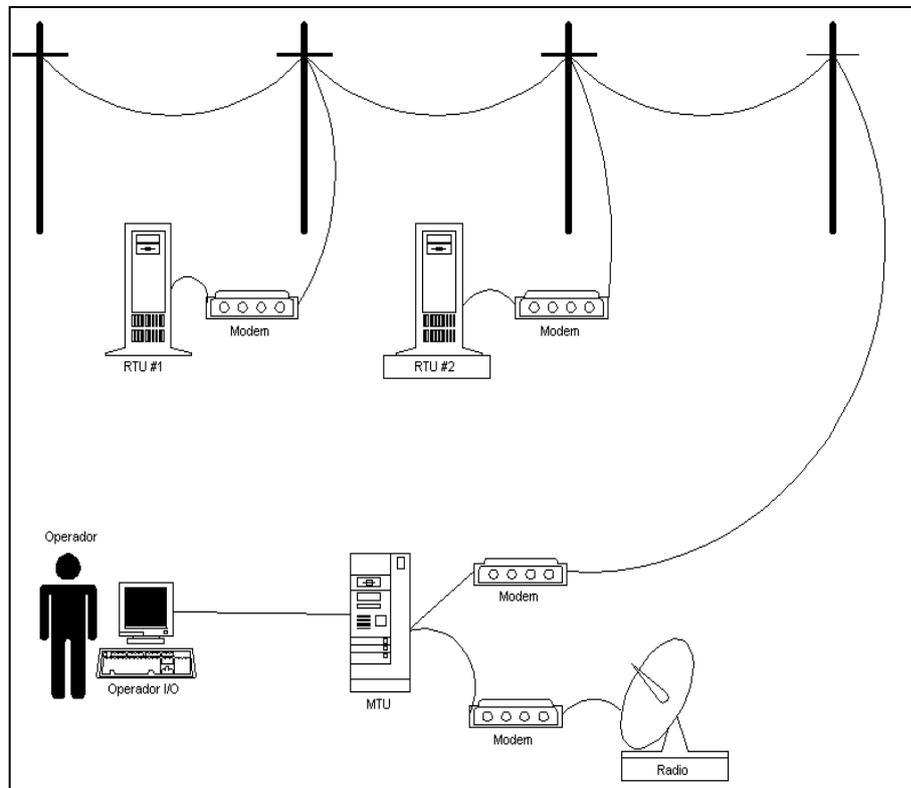


Fuente: Catálogo Survalent Technology Corp

### 2.8.3 Circuitos telefónicos

Tienen algunas implicaciones importantes para un sistema PAC. En primer lugar la administración de módems en campo puede ser molesta. En segundo lugar la RTU debe poder salvar datos mientras el módem está desconectado, para después transmitirlos cuando se establece la conexión. Preferiblemente la RTU debe poder iniciar la llamada cuando ocurre una alarma, o sus buffers de datos corren el riesgo de desbordar. La unidad maestra debe poder manejar la recepción de este cúmulo de datos, y al mismo tiempo rellenar su base de datos, generar los gráficos, etcétera. Algunos informes producidos por la unidad maestra pueden necesitar ser corregidos cuando llegan los datos.

Figura. 2:4 Descripción de comunicación vía telefónica de un PAC



Fuente: Catálogo Survalent Technology Corp

## 2.9 P.L.C.

Los controladores lógicos programables o PLC (Programmable Logic Controller en sus siglas en inglés) son dispositivos electrónicos de control de estado sólido, usando circuitos integrados en vez de dispositivos electromecánicos, que monitorea en tiempo real y en medios industriales procesos secuenciales para implementar funciones de control en dichos procesos y máquinas industriales. Basado en un programa de control escrito por el usuario y almacenado en memoria, monitorea los equipos conectados a las entradas y controla el estado de los equipos que están conectados como salidas.

Figura. 2:5 PLC Telemecanique



Fuente: Manual del PLC Twido

### 2.9.1 Componentes del P.L.C.

#### 2.9.1.1 Rack principal

Este elemento es sobre el que se enchufan o conectan el resto de los elementos, va atornillado a la placa de montaje del armario de control, puede alojar a un número infinito de elementos dependiendo del

fabricante y conectarse a otros racks similares mediante un cable al efecto, llamándose en este caso rack de expansión.

### **2.9.1.2 Fuente de alimentación**

Es la encargada de suministrar la tensión necesaria tanto a la CPU como a las tarjetas. La tensión de entrada es normalmente de 110/220V AC de entrada y 24 V DC de salida que es con la que se alimenta al CPU.

### **2.9.1.3 CPU**

Es el cerebro del PLC, consta de uno o varios microprocesadores (según fabricante) que se programan mediante un software propio. La mayoría de ellos ofrecen varias formas de programación (lenguaje contactos, lenguaje mnemónico o instrucciones, lenguaje de funciones, graficet, etc). Trabajan según la lógica de 0 y 1, esto es, dos estados para un mismo bit. Normalmente trabajan con bases de 16 bits, del 0 al 15 aunque algunos modernos trabajan con bases de 32 bits. Según los modelos de CPU ofrecen en principio más o menos capacidad de memoria pero también va ligado esto a un aumento de la velocidad del reloj del procesador y prestaciones de cálculo o funciones matemáticas especiales. Hoy en día la potencia de cálculo de estos PLCs es grandísima, sobre todo si se trabaja con números reales o coma flotante, dando unas resoluciones más que deseables. Trabajando con programas digitales puede alcanzarse un ciclo de scan de 10 ms. Con analógicas y un programa normal puede llegarse a los 40 ms, mucho mas rápido que cualquier sistema de lectura analógico o válvula de control. El programa alojado en la CPU va escrito en un lenguaje propio de la misma, se ejecuta en una secuencia programable y tiene un principio y un final. El tiempo que transcurre entre los dos se llama ciclo de scan y hay un temporizador interno que vigila que este programa se ejecute de principio a fin, llamado

perro guardián o watchdog. Si este temporizador finaliza y el programa no ha ejecutado la instrucción END, el PLC pasará a estado de STOP.

#### **2.9.1.4 Tarjetas de entradas y salidas digitales**

Se enchufan o conectan al rack y comunican con la CPU a través de la citada conexión. En el caso de las entradas digitales transmiten los estados 0 o 1 del proceso (reóstatos, finales carrera, detectores, conmutadores, etc) al CPU. En el caso de las salidas, el CPU determina el estado de las mismas tras la ejecución del programa y las activa o desactiva en consecuencia. Normalmente se utilizan tarjetas de entradas de 24 V DC y salidas de 24 V DC, aunque también las hay de 110 y 220 VAC, depende de las preferencias y normativas locales. Las hay de 8, 16 y 32 entradas o salidas o mezclas de ambas.

#### **2.9.1.5 Tarjetas de entradas y salidas analógicas**

Se enchufan o conectan al rack de igual manera que las anteriores, pero teniendo en cuenta que en algunos modelos de PLC's han de estar situadas lo más cerca posible del CPU. Estas tarjetas leen un valor analógico e internamente lo convierten en un valor digital para su procesamiento en el CPU. Esta conversión la realizan los convertidores analógico-digitales internos de las tarjetas que en algunos casos es uno para todos los canales de entrada o salida aunque actualmente se tiene uno por cada canal de entrada o salida. En este último caso el procesamiento de las señales analógicas es mucho más rápido que en el otro. Estas tarjetas son normalmente de 2, 4, 8 o 16 entradas/salidas analógicas, llamándose a cada una de ellas canal y empezando por el 0, esto es, una tarjeta de 4 canales analógicos comenzaría por el 0 y terminaría en el 3. Los rangos de entrada están normalizados siendo lo más frecuente el rango de 4-20 mA (miliamperios) y 0-10 DCV, aunque

también existen de 0-20 mA, 1-5V, 0-5V, etc. Lo más importante a la hora de elegir una tarjeta analógica es que esta disponga de separación galvánica para cada canal, es decir, que los canales sean totalmente independientes electrónicamente unos de otros dentro de la propia tarjeta para que no se afecten mutuamente por efecto de una mala tierra o derivación a la misma de uno de ellos.

#### **2.9.1.6 Tarjetas especiales**

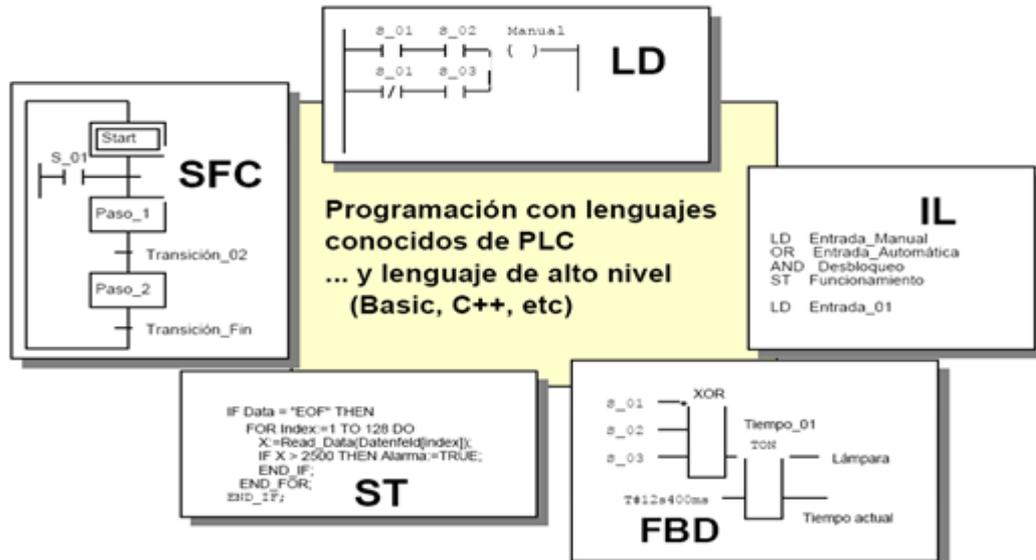
Se enchufan o conectan al rack y comunican con la CPU a través de la citada conexión, se utilizan normalmente para control o monitorización de variables o movimientos críticos en el tiempo, ya que usualmente realizan esta labor independientemente del CPU. Son algunas muestras las siguientes: Tarjetas de contaje rápido, posicionamiento de motores y regulación.

#### **2.9.2 Lenguajes de programación del P.L.C.**

Los lenguajes de programación son necesarios para la comunicación entre el usuario, sea programador u operario de la máquina o proceso donde se encuentre el PLC. La interacción que tiene el usuario con el PLC se la puede realizar por medio de la utilización de un cargador de programa también reconocida como consola de programación o por medio de un PC.

En procesos grandes o en ambientes industriales el PLC utiliza como interface para el usuario pantallas de plasma, pantallas de contacto (touch screen) o sistemas PAC (sistemas para la adquisición de datos, supervisión, monitoreo y control de los procesos).

Figura. 2:6 Lenguajes de programación

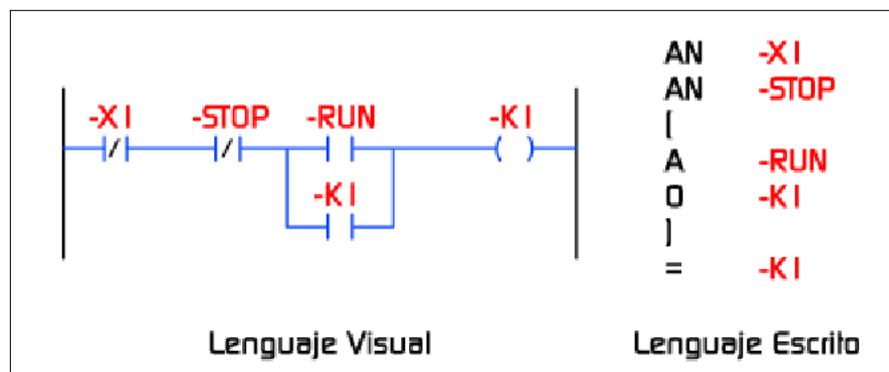


Fuente: Los autores

Los lenguajes de programación para PLC son de dos tipos, visuales ó gráficos y escritos ó literales.

Los visuales admiten estructurar el programa por medio de símbolos gráficos, similares a los utilizados para describir los sistemas de automatización, planos esquemáticos y diagramas de bloques. Los escritos son listados de sentencias que describen las funciones a ejecutar.

Figura. 2:7 Tipos de lenguajes de programación



Fuente: Manual Twido Soft 3.5

Los lenguajes de programación de sistemas basados en microprocesadores, como es el caso de los PLC, se clasifican en niveles; al microprocesador le corresponde el nivel más bajo, y al usuario el más alto, pueden ser de bajo y alto nivel.

### **2.9.2.1 Lenguajes de alto nivel**

Se basan en la construcción de sentencias orientadas a la estructura lógica de lo deseado; una sentencia de lenguaje de alto nivel representa varias órdenes de bajo nivel. Cabe la posibilidad que las sentencias de un lenguaje de alto nivel no cubran todas las instrucciones del lenguaje de bajo nivel, lo que limita el control sobre la máquina.

Para que un lenguaje de alto nivel sea legible por el sistema, debe traducirse a lenguaje ensamblador y posteriormente a lenguaje de máquina.

### **2.9.2.2 Lenguajes de bajo nivel**

**Lenguaje de máquina.-** Código binario encargado de la ejecución del programa directamente en el microprocesador.

**Lenguaje ensamblador.-** Lenguaje sintético de sentencias que representan cada una de las instrucciones que puede ejecutar el microprocesador. Una vez diseñado un programa en lenguaje ensamblador es necesario para cargarlo en el sistema, convertirlo o compilarlo a lenguaje de máquina. Los programadores de lenguajes de bajo nivel deben estar especializados en microprocesadores y demás circuitos que conforman el sistema.

### 2.9.3 Lenguajes de programación generales del P.L.C.

Los lenguajes visuales o gráficos tienen la siguiente clasificación:

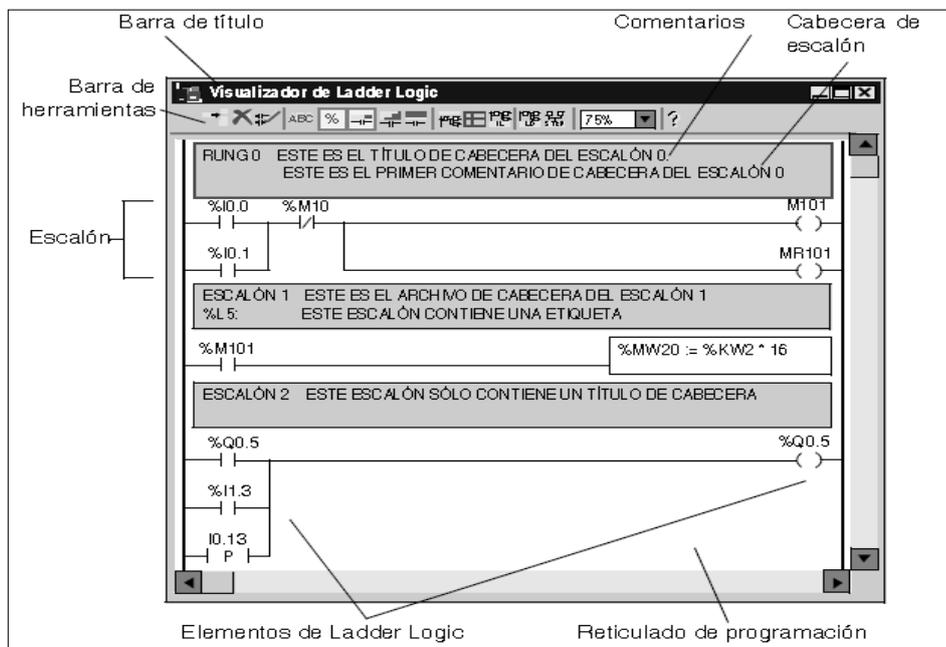
- Diagrama de escalera (Ladder Diagram, LD).
- Diagrama de Bloques Funcionales (Function Block Diagram, FBD)

Los lenguajes escritos o literales tienen la siguiente clasificación:

- Lista de instrucciones (Instruction List, IL)
- Texto estructurado (Structured Text, ST)

El lenguaje de programación de escalera es el que más similitudes tiene con el utilizado por un electricista al elaborar cuadros de automatismos. Muchos autómatas incluyen módulos especiales de software para poder programar gráficamente de esta forma.

Figura. 2:8 Diagrama de lenguaje ladder



Fuente: Manual Twido Soft 3.5

## 2.9.4 Módulos del P.L.C.

### 2.9.4.1 Módulos de entradas

Las entradas para un PLC vienen en unas pequeñas variantes básicas, las comunes entradas de AC y DC; y las entradas sourcing y las entradas sinking, con este tipo de entradas el dispositivo solo conmuta su estado en encendido o apagado, como lo haría un simple interruptor.

- **Sinking:** Cuando la salida activada conduce el flujo de corriente a una tierra común, esta es la mejor selección cuando se trabaja con diferentes fuentes de voltaje.
- **Sourcing:** Cuando al activarse la corriente fluye desde la fuente de alimentación, a través del dispositivo de salida y hacia tierra. Este método es la mejor selección cuando todos los dispositivos usan una sola fuente de voltaje.

Esto también se refiere a transistores NPN (sinking) y PNP (sourcing), el transistor NPN es el más popular, a medida que la complejidad del PLC aumenta, es necesario contar con otro tipo de interfaz que pueda interpretar señales analógicas provenientes del proceso y emitirlas como salidas. Cuando los requerimientos de control se hacen más complicados aun, aparece la demanda de interfaces inteligentes que descarguen parte del trabajo del CPU para hacer más rápida la ejecución del programa del usuario. Estas interfaces de entradas y salidas inteligentes pueden manipular datos y resolver comparaciones, conteos de alta velocidad o incluso manejar lenguajes como el BASIC con el agregado de otro microprocesador.

Los módulos de entrada reciben las señales provenientes del proceso y las convierten en señales que puedan ser usadas por el controlador. El interface de entrada permite fácilmente comunicar hacia el CPU toda la información correspondiente del proceso en el cual el autómata forma parte. El CPU realizara las acciones correspondientes ante las variantes de cualquier entrada.

A este módulo se unen eléctricamente los captadores. Se pueden diferenciar dos tipos de captadores conectables al módulo de entradas: los Pasivos y los Activos.

- Los Captadores Pasivos: Son aquellos que cambian su estado lógico, activado - no activado, por medio de una acción mecánica. Estos son los Interruptores, pulsadores, fines de carrera, etc.
- Los Captadores Activos: Son dispositivos electrónicos que necesitan ser alimentados por una tensión para que varíen su estado lógico. Este es el caso de los diferentes tipos de detectores (Inductivos, Capacitivos, Fotoeléctricos). Muchos de estos aparatos pueden ser alimentados por la propia fuente de alimentación del autómata.

Los automatismos industriales realizados por contactores, pueden utilizar, como captadores, contactos eléctricamente abiertos o eléctricamente cerrados dependiendo de su función en el circuito, sin embargo en circuitos automatizados por autómatas, los captadores son generalmente abiertos.

Los niveles de voltaje comúnmente utilizados en los módulos de entrada son los que se detallan a continuación:

12 V AC/DC
24 V AC/DC
48 V AC/DC
120 V AC/DC
230 V AC/DC
5 V DC

#### **2.9.4.2 Módulo de entradas digitales**

Los módulos de entrada digitales trabajan con señales de tensión, por ejemplo cuando por una vía llegan 24 voltios se interpreta como un 1 y cuando llegan cero voltios se interpreta como un 0.

El proceso de adquisición de la señal digital consta de las siguientes etapas:

- Protección contra sobrecorriente.
- Filtrado.
- Puesta en forma de la onda.
- Aislamiento galvánico o por optoacoplador.

Para la protección contra sobrecorriente se puede utilizar fusibles, los cuales permiten el paso de la corriente mientras ésta no supere un valor establecido; si el valor de la corriente que pasa, es superior, el fusible se derrite, se abre el circuito y en consecuencia no pasará corriente.

Un filtro eléctrico o un filtro electrónico es un elemento que discrimina una determinada frecuencia o gama de frecuencias de una señal eléctrica que pasa a través de él; el filtrado de una señal digital consiste en el muestreo

digital de la señal de entrada, el procesamiento considerando el valor actual de entrada y considerando las entradas anteriores.

Luego de todo este proceso se reconstruye la señal de salida para que tome la forma adecuada, los dispositivos más utilizados para el aislamiento eléctrico son los optoacopladores, además con estos elementos se puede incrementar o disminuir el nivel de voltaje de salida.

### **2.9.4.3 Módulo de entradas analógicas**

Los módulos de entradas analógicas convierten una magnitud analógica en un número que se deposita en una variable interna del autómata, lo que realiza es una conversión A/D, puesto que el autómata solo trabaja con señales digitales.

Esta conversión se realiza con una precisión o resolución determinada (número de bits) y cada cierto intervalo de tiempo (periodo muestreo). Los módulos de entrada analógica pueden leer tensión o intensidad.

El proceso de adquisición de la señal analógica consta de varias etapas:

- Filtrado
- Conversión A/D
- Memoria interna

El filtrado analógico discrimina valores preestablecidos de frecuencia y además se puede utilizar para atenuar la señal en mayor o menor grado; existen varios tipos y configuraciones atendiendo a: la ganancia, la respuesta en frecuencia, al método de diseño y a su aplicación.

Una conversión análoga-digital consiste en la transcripción de señales analógicas en señales digitales, con el propósito de facilitar su procesamiento y hacer la señal resultante más inmune al ruido y otras interferencias a las que son más sensibles las señales analógicas.

Existen cuatro procesos que intervienen en la conversión análoga-digital:

- Muestreo (en inglés, Sampling).- Se toma muestras periódicas de la amplitud de la onda, al número de muestras por segundo se denomina frecuencia de muestreo.
- Retención (en inglés, HOLD).- Las muestras son retenidas un tiempo para poder evaluar su nivel, es decir cuantificarlas.
- Cuantificación.- Consiste en asignar un margen de valor de una señal analizada a un único nivel de salida.
- Codificación.- Consiste en traducir los valores cuantificados a código binario. Durante el muestreo y la retención, la señal aún es analógica, puesto que aún puede tomar cualquier valor.

La memoria interna es utilizada para el almacenar el dato, el cual posteriormente puede ser utilizado para las operaciones respectivas a nivel de software.

#### **2.9.4.4 Modelos de salida**

Los módulos de salida convierten señales de control en señales externas que pueden ser usadas para el control de máquinas o procesos.

Los módulos de salida permiten al CPU comunicar las señales de operación hacia los dispositivos del proceso bajo su control.

Estos módulos generalmente tienen de 8 a 16 salidas del mismo tipo y pueden ser destinadas para varios rangos de corriente. Estas salidas pueden ser accionadas mediante relés, transistores o triacs.

Los relés son los dispositivos de salida más flexibles, son utilizados para conmutar tanto en AC como en DC, son robustos, tienen un costo elevado y pueden conmutar millones de veces antes de su deterioro; la desventaja es que son muy lentos en respuesta (alrededor de 10ms en su conmutación).

Las salidas de los relés son a menudo llamados contactos secos, un solo relé es dedicado para cada salida, lo cual permite trabajar con voltajes tanto de AC como de DC en un mismo controlador automático programable. Las salidas son aisladas independientemente para proteger a otras salidas y al PLC. Este método es el menos sensitivo a variaciones y picos de voltaje. Están basados en la conmutación mecánica, por la bobina del relé, de un contacto eléctrico normalmente abierto.

Los transistores son limitados a salidas de DC, y los triacs son para salidas de AC; los transistores y triacs son llamados salidas conmutadas. Un nivel de voltaje es provisto a la tarjeta del PLC, ésta conmuta a una salida diferente usando circuitos de estado sólido (transistores, triacs, etc.). Los triacs son dispositivos de AC que requieren menos de 1A, las salidas de transistores usan transistores tipo NPN o PNP típicamente de 1A; el tiempo de respuesta de estos dispositivos es menor a 1ms.

Para los módulos de salida se usan diversos niveles de voltaje, esto depende de cada uno de los fabricantes.

12-48 V AC
120 V AC
230 V AC
120 V AC
230 V DC
5 V DC
24 V DC

#### **2.9.4.5 Módulo de salidas digitales**

Un módulo de salida digital permite al autómata programable actuar sobre los preaccionadores y accionadores que admitan ordenes de tipo todo o nada (1L ó 0L). El valor binario de las salidas digitales se convierte en la apertura o cierre de un relé interno del autómata en el caso de módulos de salidas a relé.

En los módulos estáticos, los elementos que conmutan son los componentes electrónicos como transistores o triacs, y en los módulos electromecánicos son contactos de relés internos al módulo.

Los módulos de salidas estáticos solo pueden actuar sobre elementos que trabajan todos a la misma tensión, en cambio los módulos de salida electromecánicos, al ser libres de tensión, pueden actuar sobre elementos que trabajen a tensiones distintas.

El proceso de envío de la señal digital consta de varias etapas:

- Acondicionamiento.
- Aislamiento.
- Circuito de mando (relé interno).
- Tratamiento de cortocircuitos.

En el acondicionamiento la señal es adaptada de tal forma que cumpla los niveles de voltaje establecidos para un 1L ó un 0L. El aislamiento eléctrico para la protección del dispositivo CPU son, en la mayoría de las aplicaciones, optoacopladores.

Los relés son otra forma de obtener la señal de salida, estos permiten cerrar o abrir un contacto ante la presencia o no de energía eléctrica sobre la bobina. Para la protección contra cortocircuitos es necesaria la utilización de fusibles, el amperaje para la protección dependerá de lo que soporte el elemento de conmutación.

#### **2.9.4.6 Módulo de salidas analógicas**

Los módulos de salida analógica permiten que el valor de una variable numérica interna del autómeta se convierta en tensión o intensidad. Lo que realiza es una conversión D/A, puesto que el autómeta solo trabaja con señales digitales. Esta conversión se realiza con una precisión o resolución determinada (numero de bits) y cada cierto intervalo de tiempo (periodo de muestreo).

Esta tensión o intensidad puede servir de referencia de mando para actuadores que admitan mando analógico como pueden ser los variadores de velocidad, las etapas de los tiristores de los hornos, reguladores de temperatura, permitiendo al autómeta realizar funciones de regulación y control de procesos continuos.

El proceso de envío de la señal analógica consta de varias etapas:

- Aislamiento galvánico.
- Conversión D/A.
- Circuitos de amplificación y adaptación.

El aislamiento galvánico entre el primario y secundario lo proporciona un transformador de aislamiento, éste tiene una relación de 1:1 y principalmente se lo usa como medida de protección.

Un conversor digital-análogo es un dispositivo que admite un bus de datos en su entrada, el número de bits admitidos depende de la resolución del conversor. Los datos de entrada son traducidos a la salida del conversor en señales de corriente o de tensión analógica.

Los circuitos de amplificación y adaptación son utilizados para colocar la señal analógica en diversos niveles de voltaje, este nivel depende de las necesidades de la aplicación. Para variar los niveles de voltaje se puede utilizar amplificadores operacionales.

#### **2.9.4.7 Módulo de funciones especiales**

Cuando, por las características del proceso a controlar, se requieren tareas más complejas como resolución de ecuaciones que requieren aritmética avanzada, conteos de velocidades superiores a tiempo de barrido del equipo, control de temperatura, etc.; y siempre con la premisa de no complicar la programación del controlador se recurre a los módulos de funciones especiales.

Estos tienen capacidad propia para procesamiento de datos y no influyen en el tiempo de barrido del controlador, por contar con su propio microprocesador y un barrido asincrónico con respecto al CPU, pero tienen la capacidad de tomar, modificar y escribir datos en la memoria del equipo.

#### **2.9.4.8 Módulo de entrada de pulsos de alta velocidad**

Permite conectar al sistema dispositivos que producen trenes de pulsos demasiado rápidos para que el barrido del controlador pueda reaccionar o efectuar conteos. Estos dispositivos generadores de pulsos pueden ser, por ejemplo, encoders, caudalímetros a turbina, tacómetros, etc.

Este tipo de módulos tiene entradas y salidas; por las entradas ingresan las señales de frecuencia de hasta 50 KHz, y las salidas pueden adoptar estados de conexión o desconexión, de acuerdo al programa que el usuario carga en la memoria del módulo.

Este programa consiste fundamentalmente en comparaciones entre los valores reales de conteo de los pulsos de entrada con otros valores que el usuario prefija o que pueden ser tomados de la memoria principal del controlador. Cuando se alcanzan los valores prefijados, se activan las salidas del módulo y/o se actualizan los estados de la memoria del controlador que el usuario haya establecido.

El módulo puede tener más de una forma de operación, puede seleccionarse un modo de funcionamiento donde el conteo sea ascendente y descendente (bidireccional); puede seleccionarse el uso de un contador único de 32 bits, o partirlo en dos de 16 bits cada uno.

Algunas aplicaciones de este tipo de módulos son: en los caudalímetros con salida de pulsos para enviar datos a la pantalla, para los lectores de códigos de barra, impresoras, etc.

#### **2.9.4.9 Módulo de control de ejes**

Este módulo tiene la función de controlar posicionamiento punto a punto de servomotores en lazos cerrados. A pesar de ser capaz de manejar un eje, el PLC puede coordinar el movimiento de varios ejes y si es necesario sincronizarlos.

La tarea principal del módulo es el cómputo de la velocidad y posición, independientemente del barrido del controlador. Para ello, el módulo dispone de su propia CPU y se programa con un lenguaje de alto nivel parecido al BASIC, mediante una PC o una terminal sin inteligencia.

La memoria del módulo es del tipo RAM, soportada por una batería. Es ideal para el control de mecanizado, máquinas-herramienta, robots de soldadura, etc.

#### **2.9.4.10 Módulo de entradas de termocuplas**

Proveen alta precisión en la lectura de termocuplas usando resoluciones del orden de los 14 bits. La señal que el módulo envía al PLC puede expresarse en grados Celsius, en grados Fahrenheit o mili volts. El tipo de termocupla a conectar se selecciona en el módulo.

Los módulos permiten la conexión de varias termocuplas, que constituyen canales de entrada que se interpretan secuencialmente mediante un barrido propio del módulo.

El tiempo aproximado para ocho canales es de 40 milisegundos; los canales que no se usan se pueden deshabilitar para acelerar el barrido. Estos módulos permiten al PLC controlar inyectoras y extrusoras plásticas, entre otros procesos térmicos.

#### **2.9.4.11 Módulo de entradas en RTD**

Mediante la lectura del valor de resistencia y su posterior conversión, este módulo es capaz de enviar señales a la CPU del controlador en varios formatos (grados Celsius o Fahrenheit, Ohm o valor numérico). De esta forma no es necesario el uso de transmisores y entradas analógicas para medir temperaturas.

El módulo posee la capacidad necesaria para convertir el valor de resistencia leído en un formato útil para el usuario sin empleo de tablas de conversión. Otras características de este tipo de módulos son la compensación de la resistencia de cables y la capacidad de detectar resistencias abiertas. Al igual que el módulo de termocuplas, también en este se puede seleccionar el tipo de RTD conectado.

Dentro de la estructura de un autómata programable existen ventiladores que tienen por misión refrigerar todos los elementos que componen el PLC, ya que tanto la fuente de alimentación como la CPU pueden alcanzar temperaturas peligrosas para la circuitería de uno y otro componente.

Pero si la temperatura es peligrosa, no es menos peligroso el polvo y las partículas en suspensión que hay en el aire, con los ventiladores, se está provocando una corriente de aire forzada que recorre las distintas tarjetas; para evitar la entrada de partículas en suspensión en dichos elementos, entre los ventiladores y el PLC, se instalan filtros que es conveniente revisar y cambiar de vez en cuando. Se debe tener en cuenta que un filtro tupido impide, también, el paso del aire por lo que los ventiladores no cumplirán perfectamente su misión y se puede provocar sobre temperatura, sobre todo en la fuente de alimentación o en el CPU.

## 2.10 Analizador de redes Eléctricas

Saci Instruments (2010) dice que:

El analizador de red eléctrica es un instrumento de medida programable; ofrece una serie de posibilidades de empleo, las cuales pueden seleccionarse mediante menús de configuración en el propio instrumento. El analizador mide, calcula y visualiza los principales parámetros eléctricos de redes industriales monofásicas y trifásicas equilibradas o desequilibradas (p. 7).

La medida se realiza en verdadero valor eficaz, mediante tres entradas de tensión alterna y tres entradas de corriente, para la medición procedente de los transformadores de medida exteriores. Mediante su procesador, el equipo permite analizar simultáneamente todos los parámetros.

Figura 2:9 Analizador de redes Eléctricas SACI



Fuente: Manual de construcciones industriales

## 2.11 Transformadores de corriente (TC's)

Los transformadores de corriente se utilizan para tomar muestras de corriente de la línea y reducirla a un nivel seguro y medible, para las

gamas normalizadas de instrumentos, aparatos de medida, u otros dispositivos de medida y control.

Los valores nominales de los transformadores de corriente se definen como relaciones de corriente primaria a corriente secundaria. Unas relaciones típicas de un transformador de corriente podrían ser 600 / 5, 800 / 5, 1000 / 5. Los valores nominales de los transformadores de corriente son de 5 A y 1 A.

El primario de estos transformadores se conecta en serie con la carga, y la carga de este transformador está constituida solamente por la impedancia del circuito que se conecta a él.

Figura 2:10 Tipos de Transformadores de medida



Fuente: Catalogo de TC's

Los transformadores de corriente se clasifican de acuerdo con el aislamiento principal usado, como de tipo seco, rellenos de compuestos, moldeados o en baño de líquido.

## 2.12 Sensores y actuadores

Los sensores y actuadores tanto en sus características y funcionalidad están limitados a las salidas y entradas que permiten al PLC realizar alguna tarea en un proceso. Una corta lista de los sensores y actuadores más usados se detalla a continuación.

- Válvulas Solenoides.- Salidas lógicas que pueden ser conmutadas.
- Luces de indicación.- Salidas lógicas que pueden ser conectadas directamente desde el PLC hacia los tableros de señalización.
- Arranque de motores.- Los motores a menudo consumen grandes cantidades de corriente al arranque, por eso requieren actuadores para grandes potencias, estos son llamados contactores.
- Servomotores.- Una salida continua del PLC puede comandar la velocidad o la posición.

Figura. 2:11 Actuadores que trabajan con conmutación ON/OFF



Fuente: Catalogo de productos Camco

Las señales de entrada provienen de los sensores como una variación de fenómenos físicos en señales eléctricas, los ejemplos típicos de sensores se detallan a continuación.

- Interruptores de proximidad: Usan inductancias, capacitancias o luz para detectar un objeto, su cambio es lógico.
- Interruptores: Objetos mecánicos que abren o cierran contactos eléctricos para dar una señal lógica.
- Potenciómetros: Medidas continuas de posición angular, usando resistencia.
- LVDT (Linear Variable Differential Transformer): Medidas continuas lineales usando acoplamiento magnético.

Figura. 2:12 Dispositivos usados en los módulos de entradas



Fuente: Catalogo de Productos Camco

## 2.13 Motores Eléctricos

El motor de corriente alterna es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, principalmente mediante el movimiento rotatorio. En la actualidad existen nuevas aplicaciones con motores eléctricos que no producen movimiento rotatorio, sino que con algunas modificaciones, ejercen tracción sobre un riel, estos motores se conocen como motores lineales.

Ventajas de los motores eléctricos de inducción:

- Robustez y simplicidad de sus elementos.
- Buen rendimiento.
- Bajo precio.
- Bajo mantenimiento.

Desventajas de los motores eléctricos de inducción

- Complejidad a la hora de regular la velocidad de giro.
- La velocidad de giro disminuye ligeramente al aumentar la carga.

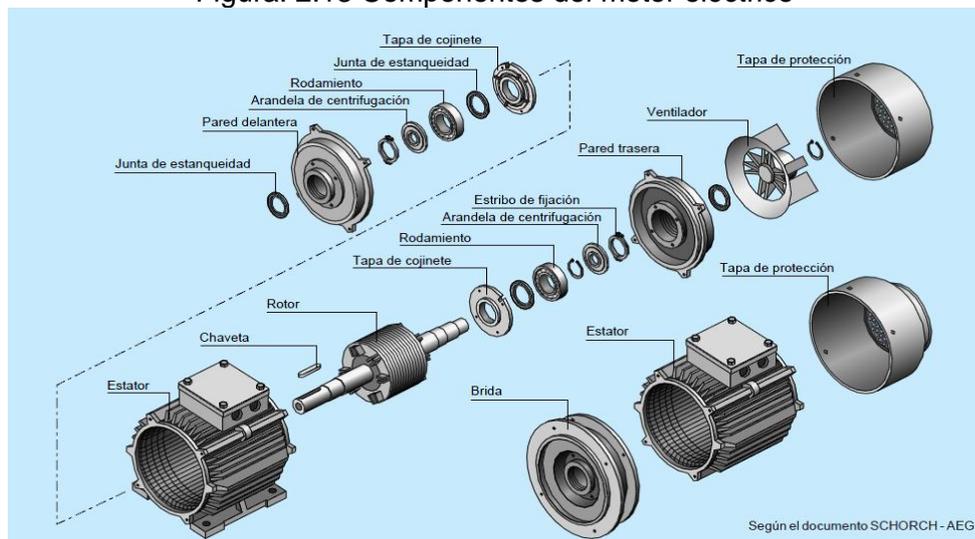
Los motores de inducción de rotor de jaula de ardilla son los más utilizados, porque, en relación a los de inducción de anillos rozantes, son ligeros, baratos, de fácil mantenimiento y no producen chispas al no necesitar escobillas (importante si se prevé su utilización en ambientes explosivos).

Los motores y generadores eléctricos, son aparatos que se utilizan para convertir la energía mecánica en eléctrica, o a la inversa, con medios electromagnéticos. A una máquina que convierte la energía mecánica en eléctrica se le denomina generador, alternador o dínamo, y a una

máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica se le denomina motor.

El control de motores asíncronos por equipos de contactores es perfectamente adecuado para una amplia gama de aplicaciones. Sin embargo, la progresión del uso de materiales electrónicos es constante: arrancadores progresivos para controlar el arranque y la parada, variadores reguladores de velocidad cuando es igualmente necesario regular la velocidad con precisión.

Figura. 2:13 Componentes del motor eléctrico



Fuente: Manual Electrotécnico Schneider Electric

### 2.13.1 Requisitos para el arranque y la protección de un motor

Schneider Electric (1992) dice que “Para poder arrancar con seguridad un motor eléctrico de inducción es necesario un mecanismo que cumpla algunos requisitos. Estos vienen dictados tanto por las necesidades de la maniobra como por las propias características del motor” (p. 86).

Los motores de inducción son las máquinas de impulsión eléctrica más utilizadas pues son sencillos, seguros y baratos.

Para poder realizar la maniobra el mecanismo debe ser capaz de:

- Seccionar el circuito eléctrico.
- Interrumpir a voluntad de forma manual el paso de corriente eléctrica, así como ser capaz de restablecerlo.
- Hacer los dos puntos anteriores al recibir una señal remota, de forma automática.

Asimismo, el mecanismo de arranque debe proteger el motor, la maquinaria y la instalación, así como a los operarios, de los posibles efectos provocados por:

- Defectos debidos a la carga arrastrada.
- Defectos de la alimentación.
- Defectos internos del motor.

Schneider Electric (1992) dice que “Por último, debido a las fuertes corrientes requeridas de la red por los motores eléctricos de inducción en el momento de arranque, es posible que se necesite un sistema que permita disminuir dicha punta de corriente sin comprometer en exceso el par de arranque inicial” (p. 87).

La corriente de fase en un arranque de un motor eléctrico trifásico, se multiplica por seis con respecto a la corriente nominal de la máquina.

## 2.14 Glosario de términos

**Analógico.-** Relativo a la analogía, directriz de un modelo físico o cibernético que representan las propiedades reales de un sistema por elementos relacionados entre si de modo que reproduzcan la estructura de ese sistema.

**C.P.U.-** Unidad de central de procesamiento.

**Cúmulo.-** Montón, junta de muchas cosas puestas unas sobre otras, junta de muchas cosas aunque no sean materiales.

**Diagrama Ladder.-** Circuito en forma de escalera.

**Digital.-** Relativo a los dedos, componente de un sistema en el que las variables se representan mediante magnitudes discretas de amplitud fija.

**Drivers.-** Son los traductores entre un software y una computadora para hacer que los dos se entiendan.

**Galvánico.-** Electricidad desarrollada por contacto de dos metales sumergidos en un líquido.

**Inducción.-** Vector introducido por Maxwell en el estudio del campo eléctrico y cuyo modulo representa la carga desplazada por unidad de superficie en un dieléctrico.

**Interfaz.-** Intervalo entre dos fases sucesivas, medio físico y lógico común y necesario de dos sistemas para intercambiar comunicación.

**P.A.C.-** Controlador de Automatización Programable.

**Relé.-** Dispositivo electromecánico para regular y dirigir la corriente de un circuito, utilizando una pequeña corriente auxiliar que circula por el circuito de propio dispositivo.

**Robustez.-** Fuerte, vigoroso.

**S.C.A.D.A.-** Supervisión, control y adquisición de datos.

**Sensor.-** Instrumento capaz de percibir una señal Eléctrica, Mecánica, etc.

**Software.-** Programa de la computadora, instrucciones.

**Termocuplas.-** Elemento capaz de medir temperatura.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Tipo de investigación**

La investigación es una acción que se inicia o tiene origen en la curiosidad que posee el ser humano basado en el deseo permanente de conocer algo y saber el porque de las cosas, cabe señalar que toda investigación se generaliza de acuerdo al objetivo planteado, y tiene como meta dar solución a un problema dado. En el presente trabajo de grado se utilizó la investigación documental y la investigación aplicada.

##### **3.1.1 Investigación documental**

Este tipo de investigación se basa en datos obtenidos de diversas fuentes de carácter documental como libros, catálogos, folletos y diversas páginas de internet que contienen información valiosa para la presente tesis de grado, la investigación documental es la principal, por que constituye la tarea inicial de cualquier tipo de estudio.

##### **3.1.2 Investigación de aplicada**

Esta investigación da inicio en la investigación básica ya que parte de una teoría y permanece en ella para utilizar o aplicar los conocimientos adquiridos en la elaboración de esta tesis y llevarlos a la práctica. La investigación aplicada se vale de los descubrimientos y de los logros, para utilizarlos en situaciones prácticas, la finalidad de esta investigación es resolver problemas reales.

## **3.2 Métodos**

### **3.2.1 Método inductivo deductivo**

El método inductivo deductivo va de lo general a lo particular, este método fue utilizado para la deducción de los contenidos generales o teorías ya demostradas y formular una teoría interpretativa para la explicación del tema que se está exponiendo en este trabajo, la inducción empieza generalmente con la observación de los casos o hechos suscitados, luego se determina la causa por la que se generó el problema.

### **3.2.2 Método analítico sintético**

Este método fue utilizado para realizar una síntesis, recaudación y ordenamiento de la información adquirida de las diversas fuentes bibliográficas, para una mejor conceptualización de los temas y subtemas para la redacción del marco teórico, donde se hizo necesario utilizar varios documentos que fueron revisados y analizados previamente.

### **3.2.3 Método científico**

Este método fue necesario utilizarlo para poder asimilar los conocimientos tecnológicos mediante la lectura, observación y experimentación, para redactar la guía de usuario del modelo didáctico implementado, este procedimiento sirve para dar confiabilidad y validez así como evitar la acumulación arbitraria o exagerada de datos.

### 3.3 Técnicas e instrumentos

Las técnicas e instrumentos que se desarrollaron en el presente trabajo investigativo fueron: la técnica de la observación y el criterio de expertos o entrevista.

La técnica de observación es aquella que se hace cada día al azar, de manera espontanea, sin un propósito o un objetivo definido, es decir se presta atención a diversas cosas que ocurren a nuestro alrededor, por lo tanto la técnica de la observación no solo es una de las actividades de nuestra vida sino que constituye una herramienta fundamental para la investigación.

Las entrevistas o criterio de experto es un diálogo intencional, una conversación personal que el entrevistador establece con el sujeto investigado, con el propósito de obtener información, esta técnica ayudo a conocer el punto de vista de expertos acerca de la implementación de sistemas SCADA en la industria Ecuatoriana.

### 3.4 Esquema de la propuesta



## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Entrevista

##### 4.1.1 Entrevista al experto del tema

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE EDUCACIÓN TÉCNICA

INGENERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO



#### ENTREVISTA

**Opinión sobre la implementación de sistemas de automatización en la industria Ecuatoriana**

**Nombre del Entrevistado:** Ing. Héctor Mafla

**Edad:** 50 Años      **Sexo:** Masculino

**Cargo que desempeña:** Jefe del Departamento Eléctrico de I.A.N.C.E.M.

## **Preguntas**

### **¿Qué significa para usted la automatización eléctrica?**

Los términos control automático y automatización son términos muy importantes en la industria actual. Automatización es sinónimo de optimización de procesos, reducción de costos y mejoramiento de la productividad de una industria.

### **¿Se ha implementado equipos para la automatización en el I.A.N.CE.M.?**

Si, existen diversos equipos de automatización en nuestra planta, y están ubicados en diversas secciones como son: molinos, centrifugación, embasamiento y calderos de vapor.

### **¿Seguirán automatizando la empresa donde usted labora?**

Por ser el único Ingenio Azucarero en el norte del país, nos gustaría permanecer como punta de flecha en los avances tecnológicos del sector, y mantenernos como referentes para la industria de la provincia de Imbabura.

### **¿Que opina acerca de la automatización en la industria de nuestro país?**

En el Ecuador la automatización aún se encuentra en un proceso de desarrollo. El pequeño y mediano empresario aún piensa que automatizar es una técnica reservada simplemente para las grandes empresas. Las empresas que brindan servicios de automatización o tienen productos de control industrial a la venta, deben difundir sus productos y propuestas, además se debe capacitar a empresarios, técnicos, estudiantes y

profesionales en las técnicas de instrumentación, control y automatización para lograr que a corto o mediano plazo nuestra industria alcance el desarrollo tecnológico requerido para que el Ecuador sea un País altamente competitivo a nivel sudamericano e internacional.

### **¿La inversión económica es la parte fundamental para automatizar una industria?**

Los principales sectores industriales del Ecuador vienen desarrollando grandes inversiones en la modernización de sus plantas, implementando nuevos sistemas de medición y control para automatizar sus procesos de manufactura y producción. La inversión es la parte principal a tomar en cuenta a la hora de implementar nueva tecnología, pero esta inversión es justificada por que se logra un significativo ahorro de la energía, una calidad del producto y un nivel de eficiencia altamente competitivo.

### **¿Que ventajas ofrece la automatización en una empresa?**

Con un desarrollo en la industria, todos ganan en el país, la industria es un instrumento de ingreso de recursos económicos para innumerables familias de nuestro país.

La inserción de una tecnología en la industria en principio ofrece seguridad, controles amigables para el usuario, reducción del número de trabajadores, reducción de costos de producción y reducción de los precios de la tarifa energética.

**¿En que industrias se podría implementar la automatización eléctrica?**

Existen muchas industrias que podrían automatizarse, todo depende de sus propietarios. A continuación menciono algunas empresas y sectores de aplicabilidad:

- Alimentos y bebidas
- Madera y productos de la madera
- Caucho y productos del caucho
- Ingenios Azucareros
- Industrias metálicas
- Textiles y confecciones
- Químicos y sus derivados
- Productos plásticos

**¿Ud. considera que un estudiante de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, debe tener conocimiento sobre los sistemas SCADA, PAC's y automatización?**

Términos como PLC's, SCADA, PAC's, Telemetría, Telecontrol, VDF's, etc, son términos cada vez más difundidos en la industria, lo cual hace ineludible que nuestros centros educativos de nivel medio y superior renueven los contenidos de sus mallas curriculares acorde a la realidad actual del Ecuador, formando los técnicos y profesionales que nuestra industria necesita para su desarrollo. La automatización industrial es la herramienta que necesita nuestro país para continuar con su proceso de crecimiento y convertirnos en una nación líder de la región.

#### 4.1.2 Análisis de la entrevista

El profesional entrevistado tiene una experiencia muy amplia en el sector eléctrico, en especial en la automatización, las respuestas que brindó fueron claras y concisas para aclarar todas las dudas que poseíamos, con esta entrevista estamos seguros de que este trabajo de grado cumple con todos los objetivos propuestos.

#### 4.2 Países con mayor automatización en su industria

Los países desarrollados poseen elevados ingresos de dinero y esto va de la mano con una industria potente y tecnológicamente avanzada, en las naciones más desarrolladas existe un mayor grado de automatización eléctrica en su industria.

La existencia de naciones que han tenido como fuente principal de su economía la industria, permiten establecer una relación entre industria y el desarrollo. Los países muy industrializados y tecnológicos terminan logrando alto desarrollo porque venden productos de calidad en todo el mundo, con un alto grado de competencia.

Tabla. 4:1 Países con mayor automatización eléctrica en su industria

<b>ESTADOS UNIDOS</b>	
<b>JAPON</b>	
<b>CANADA</b>	
<b>COREA DEL SUR</b>	
<b>ALEMANIA</b>	
<b>FRANCIA</b>	
<b>ITALIA</b>	
<b>INGLATERRA</b>	

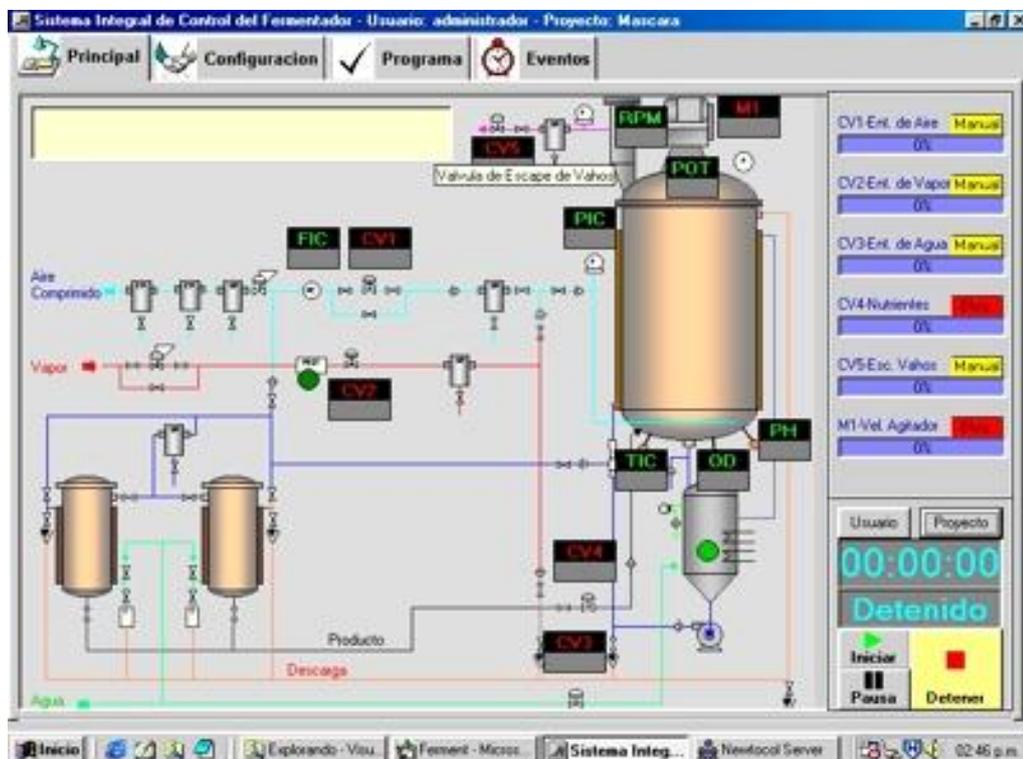
Fuente: los autores

### 4.3 Tipos de sistemas SCADA

La automatización en procesos industriales hace suponer la utilización de mecanismos de control y de monitoreo de funciones físicas en tiempo real, los beneficios de la automatización son diversos como por ejemplo aumentar la eficiencia de operación en los procesos industriales y aumentar la producción de una empresa.

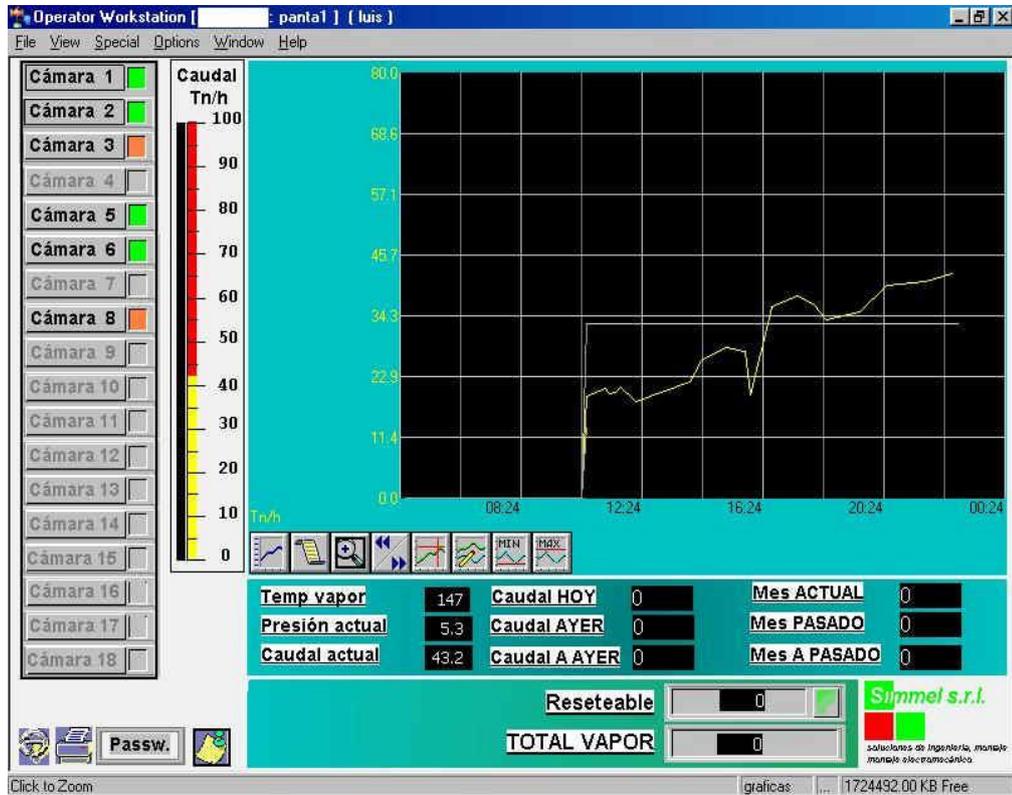
En los inicios de la automatización, los sistemas que se utilizaban para el control de procesos eran tecnológicamente simples. Con el tiempo ha ido aumentando la complejidad de estos sistemas, ya que han incorporado los últimos avances en visualización de datos, con las computadoras y las pantallas de visualización se mejora el diálogo entre el operador y el sistema, actualmente existe un variedad de sistemas para la automatización.

Figura. 4:1 Sistema SCADA 1



Fuente: <http://www.manelectronica.com.ar/automatizacion/scada.htm>

Figura. 4:2 Sistema SCADA 2



Fuente: [http://www.simmel.com.ar/sistemas\\_scada.htm](http://www.simmel.com.ar/sistemas_scada.htm)

#### 4.4 Ventajas de los sistemas SCADA

La automatización de un proceso frente al control manual del mismo proceso, brinda ciertas ventajas y beneficios de orden económico, social, y tecnológico, pudiéndose resaltar las siguientes:

- Se asegura una mejora en la calidad del trabajo del operador y en el desarrollo del proceso, esta dependerá de la eficiencia del sistema implementado.
- Se obtiene una reducción de costos, puesto que se racionaliza el trabajo, se reduce el tiempo y dinero dedicado al mantenimiento.
- Existe una reducción en los tiempos de procesamiento de información.

- Flexibilidad para adaptarse a nuevos productos y disminución de la contaminación y daño ambiental.
- Racionalización y uso eficiente de la energía y la materia prima.
- Aumento en la seguridad de las instalaciones y la protección a los trabajadores.

#### **4.5 Desventajas de los sistemas SCADA**

- Gran capital de inversión.
- Decremento severo en la flexibilidad.
- Incremento en la dependencia del mantenimiento y reparación.

#### **4.6 Elección del sistema SCADA**

Existen diversos tipos de sistemas SCADA dependiendo del fabricante y sobre todo de la finalidad con que se va a hacer uso del sistema, por ello antes de decidir cual es el más adecuado hay que tener presente si cumple o no ciertos requisitos básicos:

- Todo sistema debe tener arquitectura abierta, es decir, debe permitir su crecimiento y expansión, así como deben poder adecuarse a las necesidades futuras del proceso y de la planta.
- La programación e instalación no debe presentar mayor dificultad, debe contar con interfaces gráficas que muestren un esquema básico y real del proceso.
- Deben permitir la adquisición de datos de todo equipo, así como la comunicación a nivel interno y externo (redes locales y de gestión).

- Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables para el usuario.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

El conocimiento y la práctica adquirida en el ensamblaje del modelo didáctico, son fácilmente aplicables en nuestro medio, como por ejemplo en ingenios azucareros, imprentas, en fábricas de textiles, en procesadoras de alimentos y lácteos, en florícolas y en la industria en general toda industria que esta radicada en la provincia de Imbabura.

La inversión de tiempo y recursos realizada en el diseño y construcción del modelo didáctico, fue justificada ya que con este proyecto se da a conocer a los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico los fundamentos básicos sobre los sistemas PAC's o sistemas SCADA.

La aplicación incorporada en el prototipo, permitió verificar en tiempo real el funcionamiento de un motor trifásico y así aprender cómo es la programación, la adquisición de datos, y la conexión de los dispositivos actuadores que intervienen en el sistema.

La implementación de un sistema SCADA a un proceso o a una industria, facilita el monitoreo y control las maquinas eléctricas, ya que se mantiene siempre una comunicación entre la maquina y el operador sin existir un contacto físico.

Un tablero didáctico es una fuente de aplicación de conocimientos en el aprendizaje de una carrera universitaria, en este caso sobre la adquisición de datos y control de un motor eléctrico.

## **5.2 Recomendaciones**

Para aprovechar al máximo las prácticas que se van a realizar en el modelo didáctico de adquisición de datos y control de un motor eléctrico, se recomienda estudiar minuciosamente el manual de uso que se encuentra redactado en esta tesis.

Se recomienda que cuando se vaya a realizar una práctica, se tome en cuenta que el equipo está diseñado para soportar una carga de hasta 5 HP, y admite voltajes de 100, 240, 380 voltios en corriente alterna y 24 voltios en corriente directa.

Se recomienda también que a los estudiantes de los niveles superiores de la especialidad, se los lleve a efectuar visitas a lugares donde existan los sistemas SCADA o PAC's, para familiarizarse con los aparatos eléctricos que hay en la industria.

Para obtener una mayor gama de programaciones, y más tiempo de ejecución del software Intouch 9.5, se recomienda realizar el trámite de adquisición de la licencia para Universidades o Escuelas Politécnicas con la empresa Wonderware, esta licencia permitirá un tiempo de trabajo indefinido y 2500 variantes de programación extras.

Para reforzar los conocimientos teóricos con los prácticos, es necesario continuar con la implementación de modelos didácticos o tableros de prácticas en el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico.

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA TECNOLÓGICA**

#### **6.1 Tema**

**IMPLEMENTACION DE UN MODELO DIDACTICO PARA LA ADQUISICION DE DATOS Y CONTROL DE UN MOTOR ELECTRICO TRIFASICO.**

#### **6.2 Justificación**

La siguiente propuesta se la realiza buscando principalmente solucionar la deficiencia de material y equipo didáctico para la realización de prácticas de la especialidad de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico. El tablero didáctico le permitirá al docente impartir sus conocimientos basándose en hechos reales que se suscitan en la labor diaria de una industria y en la que el Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico deberá desenvolverse sin ningún tipo de inconvenientes.

El sistema de adquisición de datos y control de un motor eléctrico, es una aplicación de software, diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo como controladores autónomos, autómatas programables, y además controla el proceso de forma automática desde una computadora. El sistema envía la información generada en el proceso productivo a diversos usuarios, y a supervisores dentro de la empresa, es decir, que permite la participación de otras áreas como para el control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc.

### **6.3 Fundamentación**

La parte primordial de la propuesta es que el docente y el estudiante, tengan aparatos eléctricos de última tecnología, donde puedan plasmar todas las enseñanzas que día a día se imparten en las aulas universitarias.

En lo que respecta al carácter técnico, el modelo didáctico brindará un servicio de calidad ya que los elementos que lo conforman, tienen una vida útil extensa y además es muy fácil conseguir algún repuesto sin existiese algún daño.

### **6.4 Objetivos**

#### **6.4.1 Objetivo General**

- Implementar un modelo didáctico para la adquisición de datos y control de un motor eléctrico.

#### **6.4.2 Objetivos Específicos**

- Comprobar el funcionamiento ideal del modelo didáctico, realizando la prueba de funcionamiento de la aplicación mencionada.
- Redactar un manual de usuario o una lista de instrucciones para el estudiante.
- Motivar a los estudiantes de la especialidad de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, para que mediante la observación de este

equipo, despierten el interés por mejorar sus conocimientos sobre las nuevas tecnologías en Automatización.

## **6.5 Ubicación física y sectorial**

La propuesta tecnológica se la implemento en el laboratorio de la especialidad de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, el cual está ubicado en el inmueble de la escuela de Educación Técnica de la (F.E.C.Y.T.), que pertenece a la Universidad Técnica del Norte, la cual esta situada en el barrio el Olivo Bajo de la ciudad de Ibarra.

## **6.6 Desarrollo de la propuesta**

El desarrollo de la propuesta alternativa consta de una descripción de cómo se construyo el modelo didáctico y que materiales y equipos eléctricos se utilizo, además se redacto el manual de uso.

### **6.6.1 Diseño, construcción y programación del modelo didáctico**

Los componentes constitutivos del proyecto se adquirieron para cumplir con los objetivos propuestos en esta investigación, por las características que poseen los diferentes equipos del prototipo este podrá ser utilizado en prácticas de adquisición de datos de voltaje de línea en baja tensión trifásica, control y monitoreo de un motor, programación y manejo de un controlador programable y visualización de datos en tiempo real.

El tablero se construyó en una estructura metálica en conjunto con una estructura de lámina de acrílico, es de color crema. Se trato de estandarizar el modelo didáctico de acuerdo con los tableros que en la actualidad existen en el laboratorio.

## 6.6.2 Componentes

Tabla. 6:1 Componentes del sistema

Cantidad	Descripción
1	Controlador Twido Telemecanique TWD LCA 40DRF
1	Analizador de redes eléctricas SACI LAB96
3	TC's Camsco 30/5 <sup>a</sup>
1	Tarjeta Modbus Schneider Electric
1	Puerto de comunicación Ethernet RJ 45
3	Contactores General Electric 220/240 V AC, 20 A.
1	Relé térmico General Electric 220/240 V AC, 6/13 A.
1	Protección térmica Camsco 3 polos 220/240 V AC, 32 A.
1	Protección térmica Camsco 2 polos 220/240 V AC, 2 A.
1	Protección térmica Camsco 1 polo 220/240 V AC, 1 A.
2	Juegos de borneras de 6 pares
3 Mtrs	Cable UTP
70 Mtrs	Cable #n 18 AWG cableado de varios colores
3	Pulsadores Camsco N.A/N.C. 220/240VAC
1	Paro de emergencia Camsco 220/240VAC
1	Selector de 3 posiciones Camsco
6	Pares de bananas tipo plug.
1	Motor eléctrico trifásico WEQ 220/380 V AC 0,2 KW
2	Discos compactos con software Twido 3.5 e Intouch 9.5

Fuente: los autores

### 6.6.3 Controlador Twido Telemecanique TWD LCA 40DRF

El controlador Twido TWD LCA. 40DRF está provisto de entradas analógicas, digitales de control, comunicación Modbus y un puerto Ethernet para comunicación vía red LAN, y tiene la capacidad de

visualización de datos mediante la interfaz del Twido Soft, y se lo adquirió para que cumpla las siguientes funciones:

- Comunicación de datos hacia el PC y viceversa mediante red LAN.
- Recepción de parámetros de medición del LAB 96 mediante Modbus.
- Control de señales de E/S I/O discretas.
- Visualización interactiva de los resultados en el PC.

El Twido como parte del modelo didáctico puede ejecutar variadas aplicaciones y programas en lenguaje ladder ya que tiene 11 entradas digitales de 24 V DC, 2 salidas digitales tipo relé de 24 V DC, 8 salidas digitales tipo relé de 100/240 V AC y 3 puertos de comunicación (RS 485, Modbus, Ethernet), totalmente disponibles en borneras exteriores que el practicante puede utilizarlas dentro de las normas establecidas de conexión y utilización de controladores y PLC's.

Las ventajas del controlador Twido son:

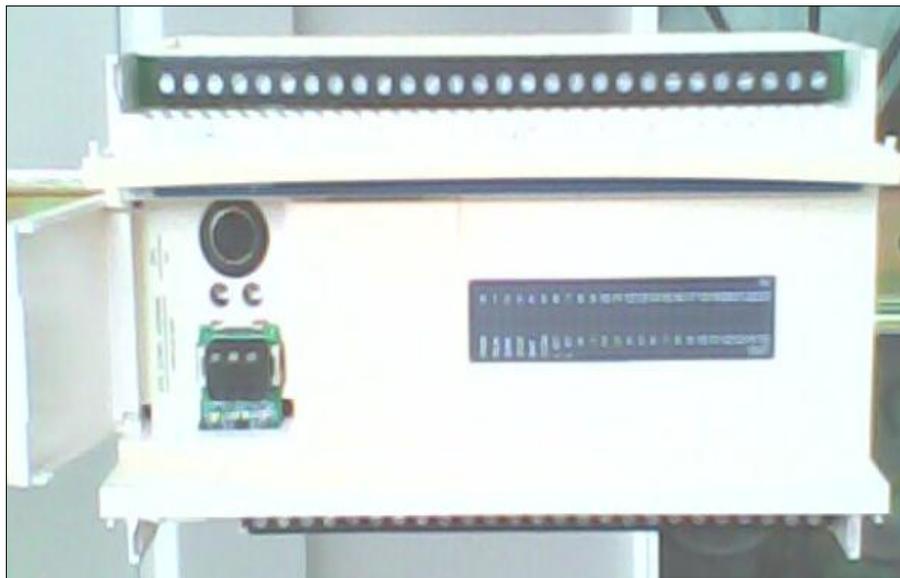
- El controlador tiene incorporado un puerto Ethernet/IP que soporta comunicación Ethernet peer to peer (punto a punto). Una tarjeta Modbus que sirve para la comunicación con dispositivos iguales o diferentes en aplicaciones y marcas en este caso con el analizador LAB 96. Además tiene un sistema operativo con sus respectivos drivers que pueden ser actualizados fácilmente con una descarga desde su sitio web. [www.schneiderelectric.com](http://www.schneiderelectric.com)
- Otra ventaja es que trae incorporada una fuente de 24 V DC interna, que permite realizar la energización de las señales de

entrada digitales para comprobar en la interfaz el comportamiento de estas.

Las desventajas del controlador Twido son:

- El equipo está capacitado para manejar corrientes y potencias relativamente bajas que van desde 0 a 2 A en AC y 0 a 3 A en DC.
- El controlador es extremadamente sensible a movimientos bruscos que pueden alterar su normal funcionamiento.

Figura 6:1 PLC Twido Telemecanique



Fuente: Los autores

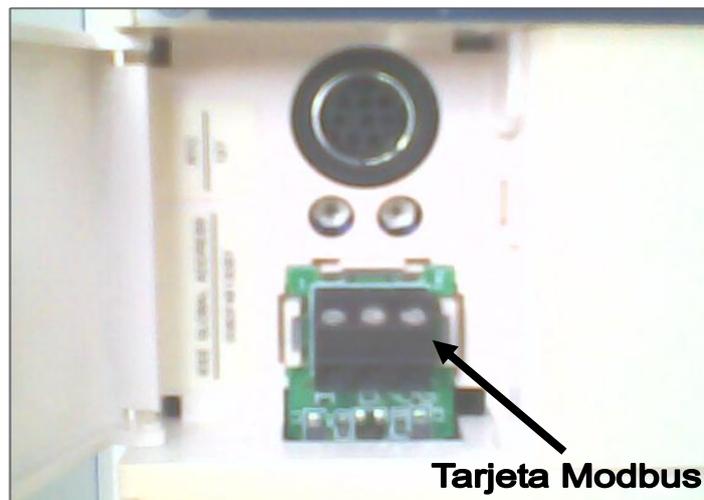
#### **6.6.3.1 Características del controlador Telemecanique**

Una genuina edición online (conexión PLC - Computador) permite la puesta a punto del programa, incluyendo PID sin cambiar a estado de desconexión (offline).

Un número significativo de E/S Digitales (hasta 40 E/S) en un tamaño pequeño es para aplicaciones donde el espacio es un factor importante se proporciona 24 V DC mediante una fuente interna para las entradas digitales o sensores externos.

Comunicación de hasta 7 módulos de expansión y 64 programaciones diferentes, pueden tomar módulos opcionales para una visualización digital, y reloj en tiempo real, también como comunicación adicional posee un puerto RS 485, RS 232C, para adaptación de tarjeta Modbus con gran flexibilidad de cableado para la expansión de E/S discontinuas, o la comunicación con otros equipos y dispositivos en el caso del proyecto con el analizador LAB 96.

Figura. 6:2 Tarjeta Modbus



Fuente: Los autores

La tarjeta Modbus guarda una copia de seguridad de aplicaciones en su memoria interna mediante una batería de litium de 1.5 V DC que le proporciona energía así no esté conectado a la red eléctrica.

Dimensiones: 3.1-6.18 x 3.54 x 2.75 mm (80/157 x 90 x 70 mm).

Voltajes de alimentación: Entre 100 y 240 V AC.

Corriente nominal de salida: 24 V DC, 3 A. 100-240 V AC 2 A.

Compact base controller	24 V inputs	Outputs relay	Analog adjustment	Serial ports	I/O expansion	Display module	Optional cartridge
TWD LCA●40DRF	24	14 + 2 source transistor outputs	1 point 0...1023 1 point 0...511	1 x RS 485, option 1 x RS 232C/485	Yes, 7 max (2)	Yes	1 memory slot (3)

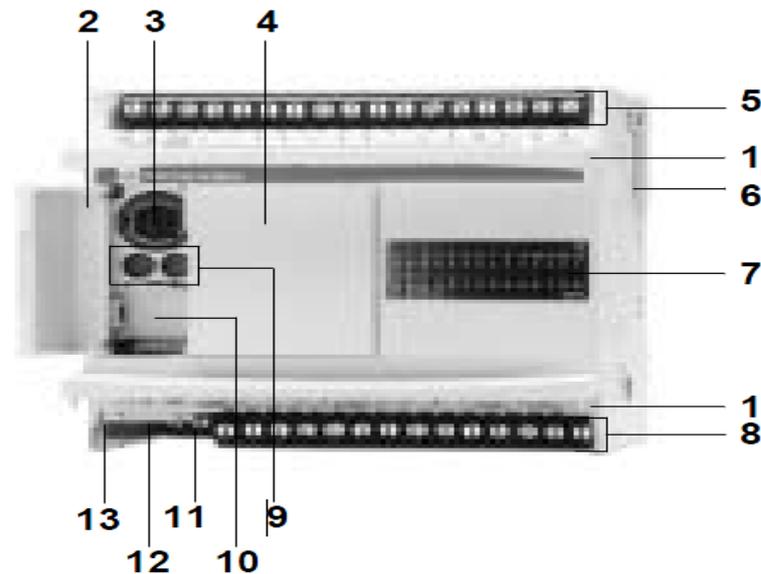
### 6.6.3.2 Partes del controlador Telemecanique

El controlador esta constituido por las siguientes partes:

1. Dos tapas de acceso a terminales de E/S.
2. Puerta de acceso a los puertos de comunicación.
3. Conector de puerto serie de tipo RS mini- estrépiteo 485.
4. Compartimento (protegido por una tapa removible) para la visualización de diagnóstico / mantenimiento digital.
5. Unidad terminal de tornillo para suministro de 24 V DC en entradas digitales.
6. Conector de módulos de expansión de E/S, aplicación de TWD y 10M3 de NOI de TWD.
7. Bloque de visualización:
  - El estado del controlador (PWR, RUN, ERR y STAT).
  - Las contribuciones y los productos (INp y OUTp).
8. Unidad terminal de tornillo para la conexión de los pre- actuadores de producto.
9. Dos puntos de ajuste de análogo (un punto por 10 y 16 modelos de E/S), conector de extensión.
10. Entrada para la adición de uno 2nd 232C / RS de RS 485 puerto serie tornillo bloque final.
11. Entrada para la conexión de 100/240 V o 19.2/30 V.
12. Conector de tarjeta Modbus para expansión de módulos.

13. Conector de RJ45 entrada (Acceso por la parte inferior del controlador) para la conexión Ethernet.

Figura. 6:3 Partes del PLC Twido Telemecanique



Fuente: Manual Programmable Controller Twido

#### 6.6.4 Analizador de redes Eléctricas SACI LAB96

El analizador de redes LAB 96 al poseer un puerto de comunicación Modbus es totalmente compatible con el controlador Twido, y al tener un alto rango mediciones en el prototipo didáctico cumple las siguientes funciones:

- Medición de parámetros de línea directa.
- Medición de carga mediante entradas de TC's.
- Calculo interno de todas las variables obtenidas.
- Visualización de datos en su display y en el PC por medio de envío de mensajes al controlador por Modbus.

El analizador de redes LAB 96 en el tablero didáctico se lo puede utilizar para el análisis y medición de redes trifásicas de baja tensión, adquisición de datos de carga de diferentes maquinas eléctricas mediante las entradas de señal de los TC's, las entradas están en la parte frontal del tablero con bananas tipo plug para que el estudiante lo pueda utilizar en varias practicas de medida, análisis de redes eléctricas y cargas, tomando en cuenta los valores nominales de funcionamiento del equipo.

Las ventajas del analizador de redes son las siguientes:

- La principal ventaja del LAB 96 es su capacidad de medir, analizar y calcular varios parámetros de línea y carga, y su conexión es fácil e intuitiva.
- El tamaño reducido y bajo peso, lo hace ser un equipo que puede ser instalado en la pantalla acrílica sin mayor complejidad.
- Su display luminoso incorporado es otra ventaja importante, ya que para observar las mediciones o el comportamiento de los datos no es necesario tener prendido el Twido y el PC.

Las desventajas del analizador son las siguientes:

- Una de las desventajas del equipo es su sensibilidad a variaciones de corriente y voltaje ya que es un equipo de alta precisión, por tal razón está provisto de sus respectivas protecciones montadas en el tablero.
- Otra desventaja es que el equipo no puede medir ni analizar mas de una maquina eléctrica trifásica ya que solo tiene entradas para tres TC's de medida.

#### 6.6.4.1 Características del analizador de redes

El analizador de panel LAB96 es un instrumento de medida programable; ofrece una serie de posibilidades de empleo, las cuales pueden seleccionarse mediante menús de configuración en el propio instrumento. Antes de poner en marcha el analizador se debe alimentar, conectar y programar de forma correcta, y elegir la forma de operación más conveniente para obtener los datos deseados.

Valores nominales de funcionamiento:

##### Fuente de Alimentación

Alimentación	230 V AC
Frecuencia	50-60 Hz
Tolerancia alimentación	-15% / +10%
Regleta conexión	Bornes 1-2 (Power Supply)
Consumo del equipo	5 V·A

##### Tensión e Intensidad de medida

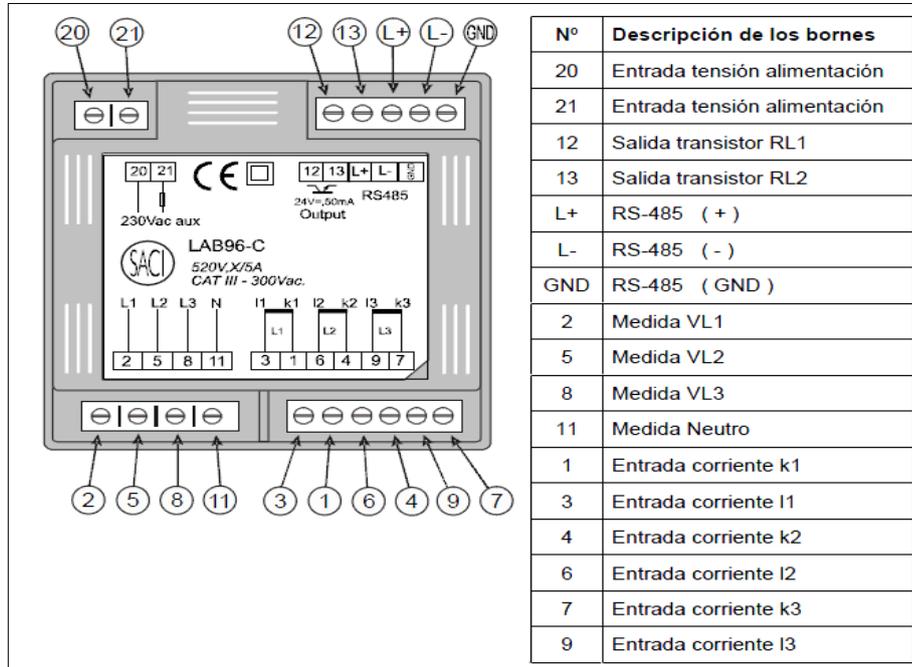
Tensión	300 V AC fase-neutro 520 V AC fase-fase
Frecuencia	45...65 Hz
Intensidad	Transformadores exteriores de In /5A

Figura. 6:4 Analizador de redes Eléctricas SACI LAB 96



Fuente: Los autores

Figura. 6: 5 Parte trasera del analizador



Fuente: Manual de Construcciones Industriales SACI

El LAB96 mide, calcula y visualiza los principales parámetros eléctricos de redes industriales trifásicas equilibradas o desequilibradas. La medida se

realiza en valor eficaz, mediante tres entradas de VAC y tres entradas de corriente, para la medida de los secundarios de 5 A, procedentes de los TC's de medida exteriores. Mediante su procesador y la central de medida permite analizar simultáneamente los parámetros.

Tabla. 6:2 Parámetros de medición del LAB 96

MAGNITUD	UNIDAD	L1	L2	L3	III
Tensión Simple	V	•	•	•	
Tensión Compuesta	V	•	•	•	
Corriente	A	•	•	•	••
Frecuencia	Hz	•			
Potencia Activa	kW	•	•	•	•
Potencia Reactiva L	kvarL	•	•	•	•
Potencia Reactiva C	kvarC	•	•	•	•
Potencia Aparente	kVA				•
Factor de Potencia	PF	•	•	•	
Cos $\varphi$	Cos $\varphi$				•
Máxima Demanda	Pd			•	
Corriente de Neutro	I <sub>N</sub>			•	
THD de Tensión	% THD – V	•	•	•	
THD de Corriente,	% THD – A	•	•	•	
kWh (consumo y generación)	W·h				•
kvarh.L (consumo y generación)	W·h				•
kvarh.C (consumo y generación)	W·h				•
kVAh (consumo y generación)	W·h				•

Fuente: Manual de Construcciones Industriales SACI

### 6.6.5 TC's

Los transformadores de corriente son los dispositivos encargados de obtener las señales de medida de la intensidad de la carga y de línea. En el modelo didáctico estos se conectan con el analizador de red LAB 96 a través de 6 pares de bananas tipo plug que también permiten a los practicantes la opción de utilizar las señales de los transformadores con otros equipos y aplicaciones las principales aplicaciones de los TC's son:

- Reducción de la señal de intensidad, a un valor admisible para el equipo de medición.
- Censo de la corriente de línea y carga.

Las ventajas del analizador de redes eléctricas son las siguientes:

- Una de las ventajas es su fácil uso y conexión ya que esta debidamente señalado sus bornes y sentido de posicionamiento.
- Su estructura es robusta y esta hecha de un material de plástico resistente con núcleo de hierro dulce que soporta altas temperaturas y tensión mecánica.

Las desventajas del equipo de las describe a continuación:

- El rango de medición de corriente es el más bajo con respecto a los transformadores de su tipo.
- Estos dispositivos no son fáciles de conseguir en el mercado local ya que son utilizados en trabajos industriales especializados.

#### **6.6.5.1 Características de los TC's**

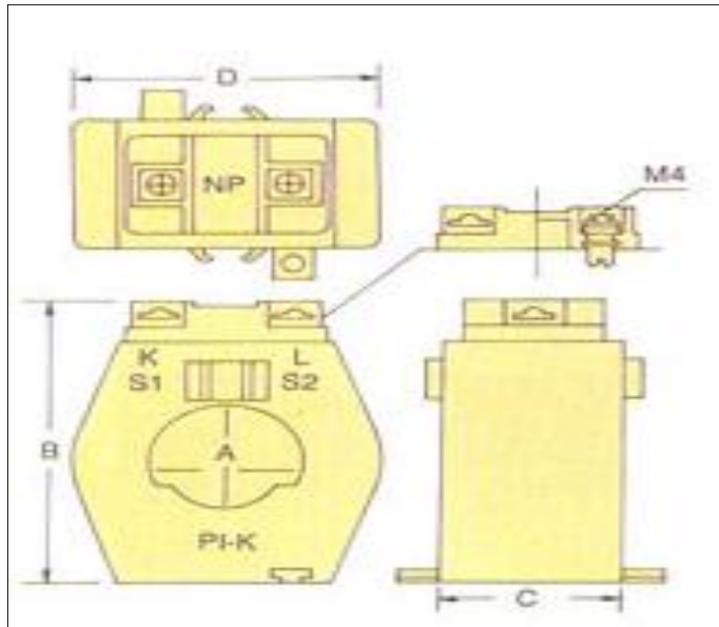
Los TC's Camsco son transformadores de medida revestidos de polietileno dieléctrico, con núcleo de hierro dulce y bobinado de cobre de alta conductividad sus especificaciones generales son:

A= 43mm, B=104mm, C=44mm, D=82mm.

Relación de transformación= 30/5

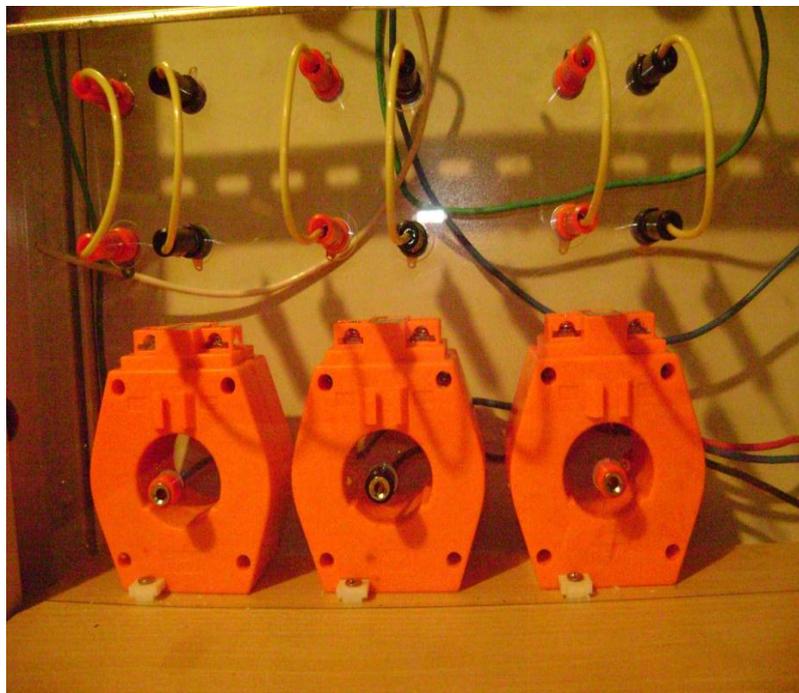
Capacidad= 2,5VA.

Figura. 6:6 Dimensiones del TC Camsco



Fuente: Catalogo de Productos Camsco

Figura. 6:7 Vista de los TC's en el modelo didáctico



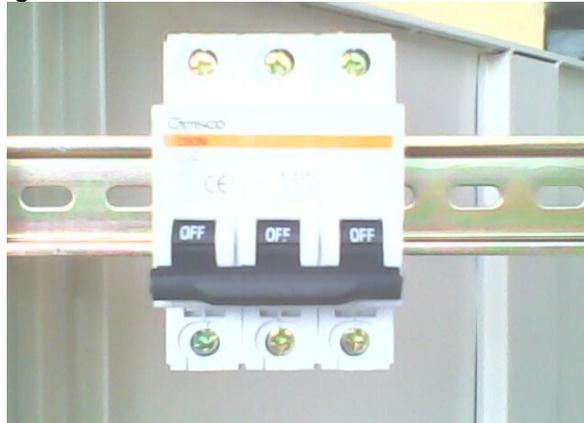
Fuente: Los autores

### 6.6.6 Conexión de los equipos

Una vez descritas las características de los dos equipos principales del modelo didáctico, se describirá la conexión de los dispositivos actuadores complementarios, la programación y el funcionamiento de todo el prototipo.

La instalación de los equipos y componentes se realizó sobre el riel DIN tras la pantalla de acrílico transparente, todas las conexiones quedan en el interior del cuadro eléctrico. Tomando en cuenta que con el equipo conectado, los bornes pueden ser peligrosos al tacto, y la apertura de cubiertas ó eliminación de elementos puede dar acceso a partes peligrosas al contacto, el equipo se conectó a un circuito de alimentación trifásico protegido con un interruptor térmico Camsco de 3 polos 220/240 V AC de 32 A.

Figura. 6:8 Protección térmica Camsco trifásico



Fuente: Los autores

Para la protección de las entradas de medición del analizador LAB 96 se instaló fusibles tipo GL de 0,5 A. y la protección del circuito de alimentación se la realizó con un interruptor térmico Camsco de 2 polos 220/240 V AC de 2 A.

Figura. 6:9 Protección térmica Camsco 2 polos



Fuente: Los autores

Para la protección del controlador Twido TWD LCA. 40DRF se instaló un interruptor térmico Camsco de 1 polo 110/127 VAC de 1A en el circuito de alimentación, y fusibles de 1 A en las salidas tipo relé de 100/240 V AC.

Figura. 6:10 Protección térmica Camsco 1 polo

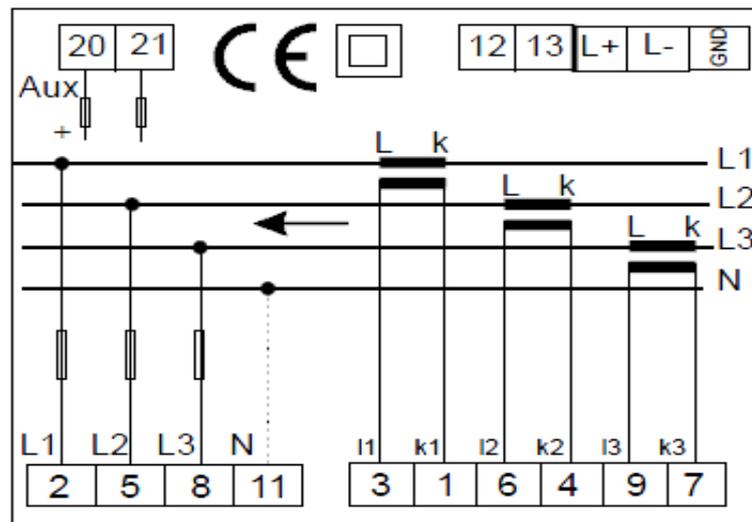


Fuente: Los autores

### 6.6.6.1 Adquisición de datos de línea y carga

La adquisición de datos en tiempo real del modelo didáctico se realiza a través del analizador de redes SACI LAB 96 el cual mide en forma directa V, Hz y mediante las entradas de corriente procedentes de los TC's de medida exteriores complementado con el análisis y calculo interno del equipo se obtiene I, P, fp, Kvar, KvarL, KvarC, Cos $\phi$  de línea y total. En la figura siguiente se expone la configuración de la conexión para el sistema trifásico con relación a neutro a ser medido.

Figura. 6:11 Conexión del analizador de redes



Alimentación "Universal"	
Borne	Descripción
20	+ V c.c.
21	- V c.c.

Fuente: Manual de Construcciones Industriales SACI

La conexión de los TC's se la realiza con la configuración de conexión observada en la figura anterior.

El analizador permite analizar las siguientes variables en su display:

- Visualización de todas las variables por pulsaciones sucesivas.
- Tecla de función en menú set-up: pulsando la tecla Display, se avanza por las diferentes pantallas, tanto en el menú de configuración como del menú de comunicaciones.

En modo runtime, mediante pulsación larga (manteniendo la tecla pulsada 2 segundos), se visualizan los contadores de energía:

- Energía Activa consumida.
- Energía Reactiva Inductiva consumida.
- Energía Reactiva Capacitiva consumida.
- Energía Aparente consumida.
- Energía Activa generada.
- Energía Reactiva Inductiva generada.
- Energía Reactiva Capacitiva generada.
- Energía Aparente generada.

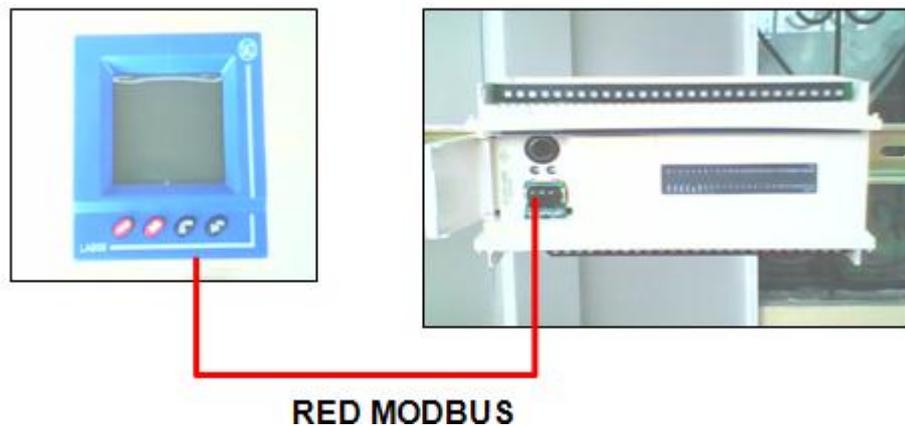
Con la pulsación de la Tecla Max y Min permite lo siguiente:

- Visualización de los máximos o mínimos de cada variable visualizada; esta función solo es válida mientras se está pulsando la tecla, una vez se deja de pulsar aparece de nuevo, transcurridos cinco segundos, los valores instantáneos.
- Teclas de función en menú set-up: la tecla MIN tiene como función, la selección del código o parámetro a modificar, y la tecla MAX asigna el código y/o variable correspondiente.

### 6.6.6.2 Comunicación y transferencia de datos

La transferencia de todos los datos adquiridos por el analizador hacia el controlador se realiza mediante comunicación en protocolo Modbus.

Figura. 6:12 Intercambio de datos



Fuente: Los autores

Dentro del protocolo MODBUS se utiliza el modo RTU (Remote terminal Unit) que el analizador contiene para acoplarse a una tarjeta de conversión de RS 485 a Modbus instalada en el controlador Twido.

#### 6.6.6.2.1 Funciones Modbus implementadas

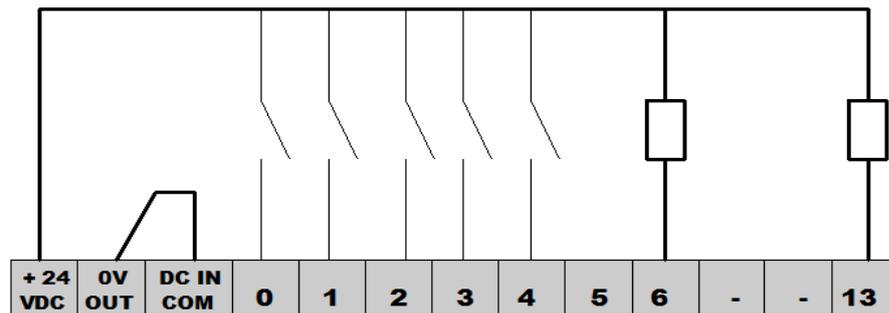
La función 03 y 04 lectura de n words (16 bits-2 bytes), es la función utilizada para la lectura de los parámetros eléctricos que está midiendo el LAB96. Todos los parámetros eléctricos son longs de 32 bits, es por ello que para pedir cada parámetro se necesitan dos words. Hay que tener en cuenta que la comunicación debe ser realizada mediante un cable de comunicación exclusivo y conectando con la polaridad correcta

### 6.6.6.2.2 Control y monitoreo de los accionadores

EL controlador Twido TWD LCA 40DRF da la posibilidad de transferir los datos que se obtiene del LAB 96 y las E/S digitales del controlador en si hacia el computador sin la necesidad de conectar un modulo de comunicación aparte, y esto lo realiza mediante un puerto de comunicación Ethernet RJ 45 con cable UTP categoría 5 mínimo.

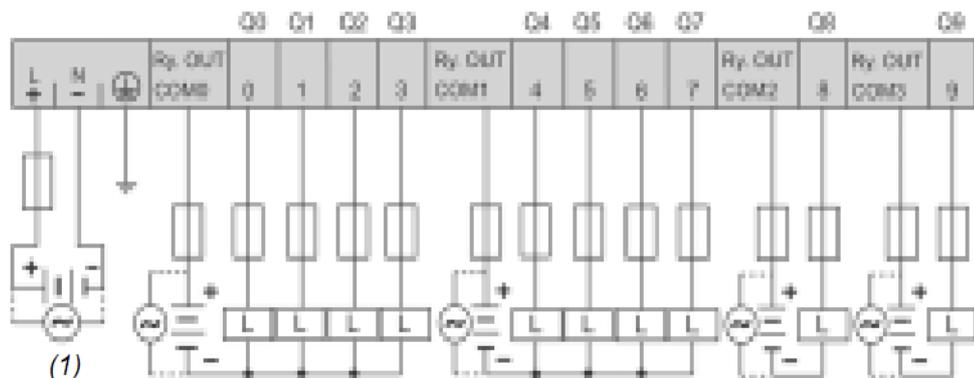
Las entradas que se utilizan en la aplicación del modelo didáctico se alimentan de la fuente interna del controlador, y las salidas digitales se conectan directamente al Twido con sus respectivas protecciones.

Figura. 6:13 Conexión de entradas digitales



Fuente: Manual Programmable Controller Twido

Figura. 6:14 Conexión de las salidas



Fuente: Manual Programmable Controller Twido

De las figuras anteriores, se tomó una guía de cómo conectar los diferentes actuadores que intervienen en la aplicación de control y verificación de datos de un motor eléctrico trifásico incluida en el modelo didáctico.

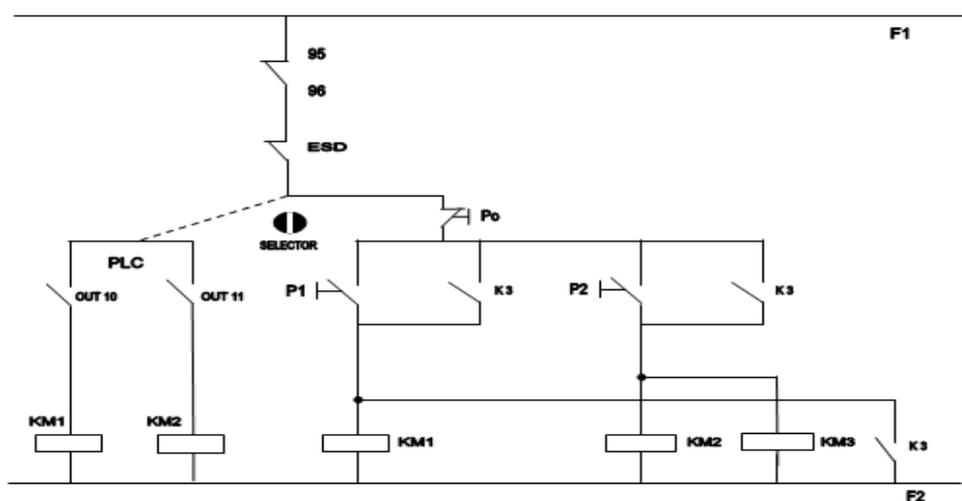
### 6.6.6.3 Descripción de la aplicación

La aplicación consta de dos modos de operación manual y automático que se puede elegir a través de un selector de tres posiciones.

En modo manual, la operación tiene la característica de controlar el motor mediante actuadores físicos como son pulsadores que accionan en forma directa a los contactores de arranque e inversión de giro del motor, sin que se suspenda de manera alguna la adquisición de datos y monitoreo de todo el sistema.

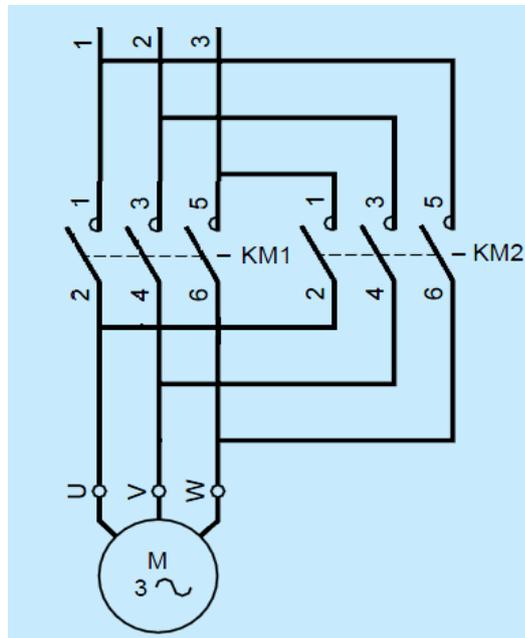
Además con el selector se obtiene una señal de entrada discreta I/O a 24 V DC para verificar de manera interactiva en la interfaz del programa Intouch 9.5. El modo de funcionamiento en tiempo real del modelo didáctico.

Figura. 6: 15 Circuito de mando



Fuente: Los autores

Figura. 6: 16 Circuito de fuerza



Fuente: Los autores

Los circuitos antes expuestos indican el proceso de control del motor trifásico que es ejecutado con tres contactores General Electric de 220/240 V AC de 20 A, y esta protegido contra sobre corrientes con un relé térmico General Electric 220/240 V AC, de 6-13 A.

La secuencia de control consiste en los pasos siguientes:

- Arranque de motor tipo directo.
- Stop de motor.
- Arranque de motor invertido el giro o viceversa.

La aplicación de control no tiene condicionante de encendido (KM1-KM2 o KM2-KM1), en la inversión de giro por tal razón se debe realizar el stop del motor antes de proceder a invertir el giro, para evitar cortocircuito de las fases en los contactores y la carga no debe superar los 5 HP en el circuito ya que el diseño del mismo no lo permite.

El modelo didáctico consta de un paro de emergencia general Camsco que opera en funcionamiento manual o automático y este puede ser accionado en condiciones normales o de falla, además el prototipo tiene luces piloto Camsco de 110/127 V AC que nos indican las condiciones antes mencionadas con dos colores diferentes, un verde para indicar el normal funcionamiento y un rojo que nos muestra una señal de alarma cuando el motor supera la carga límite programada en el controlador.

#### **6.6.6.3.1 Programación de la aplicación**

La programación del controlador Twido TWD LCA. 40DRF se ejecutó en lenguaje ladder o diagrama de escalera mediante el software de comunicación incluido en el equipo, que en este caso es la plataforma Twido Soft 3.5, estándar para algunos de los controladores Twido de Schneider Electric.

Las principales funciones de programación y configuración son:

- Programación de diagrama ladder reversible y de lenguaje de la lista de instrucciones.
- Programación de diagrama ladder mediante un sencillo clic con el ratón.
- Programación en modo offline y online.
- Animación de programas y datos.
- Configuración sencilla mediante el navegador de aplicación.
- Editores para las principales funciones de programación y configuración.
- Funciones de edición: cortar, copiar y pegar.
- Programación simbólica.
- Referencias cruzadas.
- Copias impresas de programas y configuración.

### **6.6.6.3.2 Requerimientos del sistema**

El sistema necesita de lo siguiente:

#### **Hardware**

- Al menos un procesador Intel Pentium IV.
- 128 MB de RAM para trabajar con controladores de la serie LCA RFD.
- Mínimo 5GB libres de espacio en el disco duro.
- Un adaptador grafico VGA de 32 bits de color y 1024 x 600 de resolución o mayores.
- Un lector óptico de CD.
- Un ratón.
- Un teclado.
- Una tarjeta de Red Ethernet 10/100 Mbps

El Software Twido Soft 3 es un entorno de desarrollo gráfico para crear, configurar y gestionar aplicaciones para los autómatas programables Twido. Twido Soft es un programa basado en Windows de 32 bits para un ordenador personal (PC) que se ejecuta con los sistemas operativos Microsoft Windows 98 segunda edición o Microsoft Windows 2000 Professional. Las versiones de Twido Soft superiores o iguales a 1.13 funcionan también con Microsoft Windows XP.

#### **Funciones del software**

Las principales funciones del software Twido Soft son:

- Interfase estándar de Windows.

- Navegador de aplicación y vistas de varias ventanas.
- Soporte de programación y configuración.
- Comunicación con el autómata.

### **Interfase estándar de Windows**

Las funciones básicas estándar de Windows son:

- Fácil utilización del teclado o ratón.
- Barras de herramientas y ventanas flotantes.
- Organización estándar de los menús.
- Información sobre herramientas, barra de estado y menús contextuales.
- Ayuda en línea con ayuda contextual.

### **Control y comunicaciones del autómata**

Las principales funciones de Twido Soft para soporte del autómata son las siguientes:

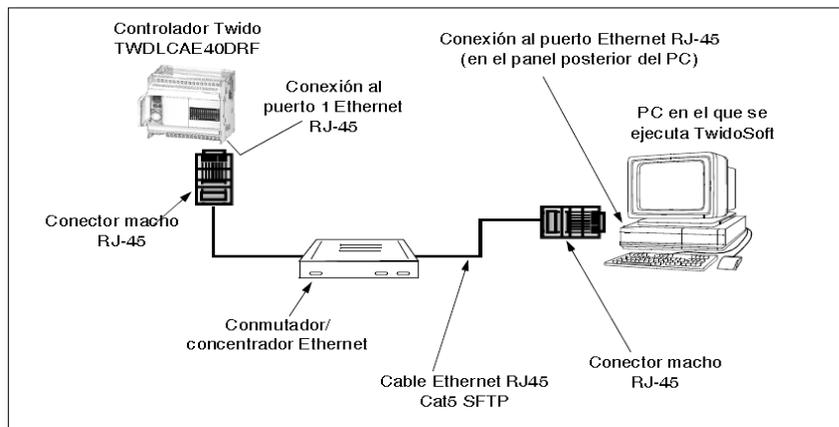
- Conexión y desconexión de un autómata.
- Funcionamiento del autómata.
- Supervisión del uso de memoria de la aplicación mediante el monitor de recursos.
- Carga y descarga de programas del autómata.
- Copia de seguridad de los programas del autómata en una memoria EEPROM opcional.

### 6.6.6.3.3 Descripción de las comunicaciones

En la figura 6:17 se muestra la conexión entre el PC en el que se ejecuta el programa de aplicación Twido y un controlador Twido a través de un conmutador/concentrador de red Ethernet. Este tipo de conexión sólo es compatible con un controlador Twido habilitado para Ethernet, como el controlador compact TWD LCAE 40DRF.

Aunque se admite la conexión directa de cable (mediante un cable cruzado para Ethernet) entre el dispositivo TWDLCAE40DRF Twido y el PC que ejecuta el software de programación Twido Soft, no es lo recomendado, por lo tanto, siempre se debería favorecer una conexión mediante un concentrador/conmutador de red Ethernet.

Figura. 6:17 Conexión vía red LAN Ethernet



Fuente: Manual de Funcionamiento Twido Soft 3.5

**Funciones para Ethernet.-** La información que sigue, describe las funciones habilitadas para Ethernet del controlador base TWD LCAE 40DRF Twido.

El controlador base TWD LCAE 40DRF es un dispositivo habilitado para Ethernet que aplica el protocolo de la aplicación Modbus (MBAP) en

TCP/IP. El TCP/IP Modbus proporciona una comunicación peer-to-peer (punto a punto) a través de la red en una topología de cliente/servidor.

El controlador compacto TWDLCAE40DRF Twido sólo admite el formato de trama Ethernet II.

**Ajustes de Direccionamiento TCP/IP en el PC.-** En la tabla 6:3 se describe cómo comprobar los ajustes actuales del IP del PC. De igual modo, este procedimiento es válido para todas las versiones del sistema operativo Windows:

Tabla. 6:3 Pasos para comprobar la IP del PC

Paso	Acción
1	Seleccionar <b>Ejecutar</b> en el menú de Windows <b>Inicio</b> .
2	Escribir " <b>command</b> " en el cuadro de texto <b>Abrir</b> del cuadro de diálogo Ejecutar. <b>Resultado:</b> Aparecerá el texto <b>C:\WINDOWS\system32\command.com</b> .
3	Escribir " <b>ipconfig</b> " en el indicador de comando.
4	Aparecerá la <b>Configuración IP</b> de Windows y se mostrarán los parámetros siguientes: Dirección IP.....: Máscara de subred.....: Puerta de enlace predeterminada.....: <b>Nota:</b> Los ajustes IP anteriores no se pueden modificar directamente en el indicador de comando. Sólo están disponibles para su consulta. Si tiene pensado modificar la configuración IP del PC, consulte la sección siguiente.

Fuente: Manual de Funcionamiento Twido Soft 3.5

**Configuración de los ajustes del TCP/IP del PC.-** En la tabla 6:4 se muestra los pasos para configurar los ajustes TCP/IP del PC que ejecuta la aplicación Twido Soft para programar y controlar el controlador Twido en la red. El procedimiento que se explica a continuación es aplicable a un PC que trabaje con el sistema operativo Windows XP y sólo es un

ejemplo. (Para otros sistemas operativos, consulte las instrucciones de configuración del TCP/IP que aparecen en la guía de usuario relativas al sistema operativo concreto instalado en su PC.)

Tabla. 6: 4 Pasos para configurar y ajustar la TCP/IP del PC

Paso	Acción
<p><b>Nota:</b> Si el PC ya está instalado y la tarjeta Ethernet está configurada en la red independiente existente, no tendrá que modificar los ajustes de la dirección IP (sáltese los pasos de 1 a 6 y continúe en la sección siguiente). Siga los pasos de 1-6 de este procedimiento sólo si desea modificar los ajustes del TCP/IP del PC.</p>	
1	Seleccionar <b>Panel de control &gt; Conexiones de red</b> en el menú <b>Inicio</b> de Windows.
2	Hacer clic en la <b>Conexión de área local</b> (la red independiente) en la que se desee instalar el controlador Twido y seleccionar <b>Propiedades</b> .
3	Seleccionar <b>Protocolo Internet (TCP/IP)</b> en la lista de componentes de red instalados y hacer clic en <b>Propiedades</b> . <p><b>Nota:</b> Si el protocolo TCP/IP no se encuentra en la lista de componentes instalados, consultar el manual de usuario de su sistema operativo para saber cómo se instala el componente de red TCP/IP.</p>
4	Aparecerá el cuadro de diálogo <b>Propiedades de Protocolo Internet (TCP/IP)</b> en el que se muestran los ajustes del TCP/IP actuales en el PC, incluidas la <b>Dirección IP</b> y la <b>Máscara de subred</b> . <p><b>Nota:</b> Cuando se trate de una red independiente, no utilice la opción <b>Obtener una dirección IP automáticamente</b>. El botón de selección <b>Especificar una dirección IP</b> debe estar activado y los campos Dirección IP y Máscara de subred deben contener ajustes IP válidos.</p>
5	Introducir una <b>dirección IP estática</b> válida en formato de notación decimal punteada. En una red independiente, es aconsejable especificar una dirección IP de red clase C (consulte <i>Direccionamiento IP</i> , p. 202). Por ejemplo, 192.168.1.198 es una dirección IP clase C. <p><b>Nota:</b> La dirección IP especificada debe ser compatible con el ID de red de la red existente. Por ejemplo, si la red existente admite las direcciones IP 192.168.1.xxx (donde 192.168.1 es el ID de red y xxx = 0-255 es el ID de ordenador principal), 191.168.1.198 se puede especificar como dirección IP válida para el PC. (Asegúrese de que el ID de ordenador principal 198 sea exclusivo en la red.)</p>
6	Introducir una <b>máscara de subred</b> válida en formato de notación decimal punteada. Si no se utilizan subredes en la red de clase C, es aconsejable especificar la máscara de subred predeterminada de red de clase C como, por ejemplo, 255.255.255.0.

Fuente: Manual de Funcionamiento Twido Soft 3.5

**Configuración de los ajustes del TCP/IP del controlador Twido.-** Una vez configurados los ajustes del TCP/IP del PC que contiene la aplicación Twido Soft, se configuraron los ajustes del TCP/IP del controlador Twido

con el que desea que se comunique Twido Soft en la red, como se describe en la tabla siguiente:

Tabla. 6: 5 Pasos para la configuración del TCP/IP del controlador

Paso	Acción
1	Conectar un cable serie (TSXPCX1031) entre el PC que ejecuta TwidoSoft y el puerto de consola RS-485 del controlador Twido.
2	Ejecutar el programa de la aplicación <b>TwidoSoft</b> en el PC.
3	Seleccionar un <b>Hardware</b> nuevo en el navegador de aplicación de TwidoSoft y seleccionar el controlador <b>TWDLCAE40DRF</b> .
4	Seleccionar <b>Autómata &gt; Seleccionar una conexión</b> en la barra de menús de TwidoSoft y seleccionar el puerto <b>COM1</b> .
5	Hacer doble clic en el icono <b>Puerto Ethernet</b> en el navegador de aplicación de TwidoSoft (o seleccionar <b>Hardware &gt; Ethernet</b> en la barra de menús) para abrir el cuadro de diálogo <b>Configuración Ethernet</b> como se muestra a continuación: <div data-bbox="582 840 1197 1227" data-label="Image"> </div>
6	<p>En la pestaña <b>Configurar dirección IP</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Seleccione el botón de radio <b>Desde un servidor</b> para utilizar el soporte de BootP cliente para obtener automáticamente una dirección IP dinámica desde el servidor. (Ir directamente al paso 10.) <b>Nota:</b> El controlador TWDLCAE40DRF realiza tres intentos con intervalos de 200 ms para enviar peticiones BootP al servidor. Si no se recibe ninguna respuesta válida, el controlador utiliza la dirección IP predeterminada alternativa.</li> <li>● Seleccione el botón de radio <b>Configurada</b> y configure los campos correspondientes a la Dirección IP estática, Máscara de subred y Dirección de pasarela, como se explica en los pasos 7-9. <b>Nota:</b> En este punto, sólo se está realizando la configuración básica de la comunicación entre el PC y el controlador a través de una red Ethernet. Por lo tanto, no tendrá que configurar todavía las pestañas IP marcado, Timeout y Dispositivos remotos.</li> </ul>
7	<p>Introducir una <b>Dirección IP</b> estática válida para el controlador Twido en formato de notación decimal punteada. Esta dirección IP debe ser compatible con la dirección IP del PC configurado en la sección anterior.</p> <p><b>Nota:</b> Las direcciones IP del controlador Twido y el PC deben compartir el mismo ID de red. Sin embargo, el ID de ordenador principal del controlador Twido debe ser diferente al ID de ordenador principal del PC y exclusivo en la red. Por ejemplo, si la dirección IP de clase C del PC es 192 . 168 . 1 . 198, una dirección válida del controlador Twido será 192 . 168 . 1 . xxx (donde 192 . 168 . 1 es el ID de red y xxx = 0-197, 199-255 es el ID de ordenador principal).</p>
8	<p>Introducir una <b>máscara de subred</b> válida en formato de notación decimal punteada. El controlador Twido y el PC que ejecute TwidoSoft deben estar en el mismo segmento de red. Por lo tanto, se debe introducir una máscara de subred que sea idéntica a la especificada para el PC.</p> <p><b>Nota:</b> Si no se utilizan subredes en la red de clase C, es aconsejable especificar la máscara de subred predeterminada de red de clase C como, por ejemplo, 255 . 255 . 255 . 0.</p>
9	<p>Introducir una dirección de <b>Pasarela</b> en formato de notación decimal punteada.</p> <p><b>Nota:</b> Si no hay ningún dispositivo de pasarela en la red independiente, introduzca en este campo la dirección IP propia del controlador Twido que acaba de configurar en el paso 6.</p>
10	Hacer clic en <b>Aceptar</b> para guardar los ajustes de configuración Ethernet del controlador Twido.

Fuente: Manual de Funcionamiento Twido Soft 3.5

**Direccionamiento IP.-** Una dirección IP es de 32 bits expresados en notación decimal punteada, está formada por cuatro grupos de números que van del 0 al 255 y están separados por un punto.

Por ejemplo, la IP designada a nuestro equipo es 192.168.0.10 para el controlador y 192.168.0.11 para el PC estas son direcciones IP en notación decimal punteada.

En las redes normales, las direcciones IP se clasifican en tres categorías denominadas redes Clase A, B y C. Las clases se diferencian según el valor de su primer número de acuerdo con la tabla siguiente:

Tabla 6:6 Categorías de IP según su clase

Primer grupo decimal	Clase de IP
0-127	Clase A
128-191	Clase B
192-223	Clase C

Fuente: Manual de Funcionamiento Twido Soft 3.5

**Máscara de subred IP.-** Una dirección IP está formada por dos elementos, el ID de red y el ID del ordenador principal. La máscara de subred se utiliza para separar la porción de la red de la dirección IP y así crear de forma artificial subredes con más ID de ordenadores principales, de este modo, la creación de subredes se usa como un medio para conectar varias redes físicas a redes lógicas. Todos los dispositivos de una misma subred comparten el mismo ID de red y todos los dispositivos de una misma subred comparten el mismo ID de red.

**Dirección de pasarela.-** La pasarela es el dispositivo de red también denominado encaminador, proporciona a su segmento de red acceso a

otros segmentos de red de la red global de su compañía, acceso a Internet o acceso a una intranet remota.

La dirección de pasarela usa el mismo formato de notación decimal punteada que las direcciones IP descritas anteriormente.

### **Comunicación Modbus TCP/IP del LAB 96-Twido-PC y viceversa.-**

Los mensajes de Modbus TCP se utilizan para permitir que el cliente Modbus TCP (controlador master) Twido TWD LCA 40 DRF reciba mensajes desde el servidor Modbus TCP (controlador slave) LAB 96 y envíe la información mediante la red LAN hacia el PC. Debido a que Modbus TCP es una herramienta de comunicaciones peer-to-peer, el controlador Twido puede ser tanto el cliente como el servidor en función de si realiza la consulta o responde a las solicitudes, respectivamente.

**Intercambio de mensajes mediante la red Ethernet.-** Los mensajes Ethernet los gestiona la instrucción EXCH3 y el bloque de función %MSG: EXCH3, también admite el encaminamiento del Twido hacia un ordenador principal mediante Ethernet o pasarela.

**Instrucción EXCH3.-** La instrucción EXCH3 permite al controlador Twido enviar o recibir información dirigida a nodos de red Ethernet o procedente de ellos. El usuario define una tabla de palabras (%MWi:L) que contiene información de control y los datos que se van a enviar o recibir (hasta 128 bytes en el envío o recepción). El formato de la tabla de palabras se describe luego.

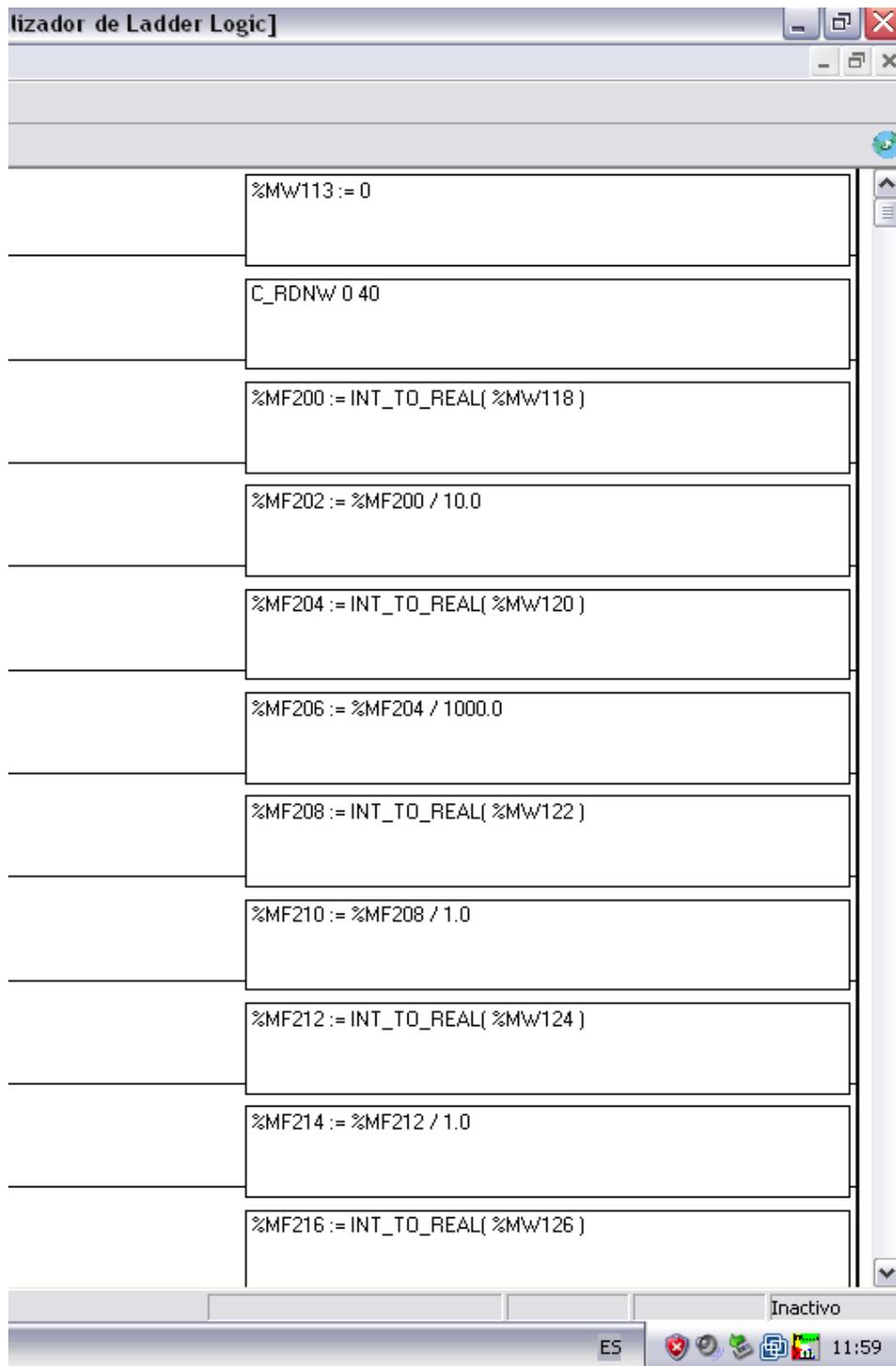
El controlador Twido debe finalizar el intercambio de la primera instrucción EXCH3 para que se pueda ejecutar la segunda, se debe utilizar el bloque de función %MSG3 cuando se envíen varios mensajes.

El procesamiento de la instrucción de lista EXCH3 se produce inmediatamente, con todos los envíos iniciados bajo control de interrupción (la recepción de datos también se encuentra bajo control de interrupción), lo que se considera procesamiento de fondo.

El uso de la instrucción EXCH3 es el mismo que el de EXCHx (donde x = 1 ó 2) que se utiliza con los Modbus anteriores. De igual modo, las sintaxis de las instrucciones son idénticas, sin embargo, existe una diferencia importante en la información contenida en el byte 1 de las tablas de envío y de recepción. Mientras que el byte 1 de los Modbus anteriores transporta la dirección de la conexión serie del controlador slave, el byte 1 del Modbus TCP transporta el número índice del controlador cliente de Modbus TCP. El número índice se especifica y guarda en la tabla de dispositivos remotos de la configuración Ethernet de Twido Soft

La sintaxis es [EXCH3 %MF200] donde: F200 = número de direccionamiento de la tabla de palabras de control, de envío y de recepción de datos en el LAB 96.

Figura. 6:18 Instrucción EXCH3



Fuente: Los autores

Tabla. 6:7 Cálculo de parámetros de medida

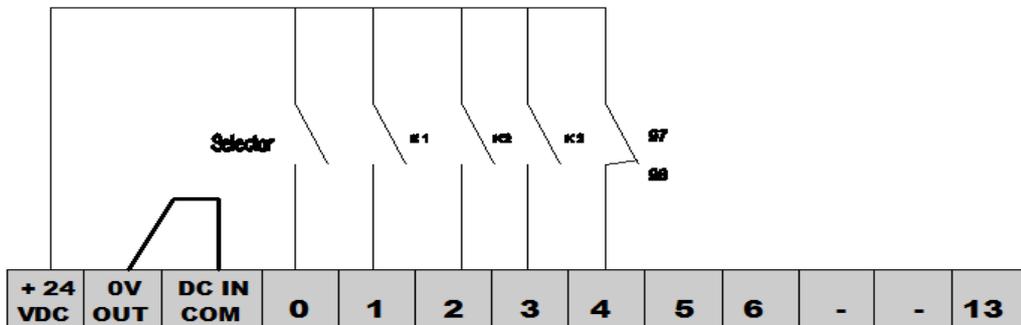
Magnitudes	S.	Inst	Máximo	Mínimo	Uds.	Instrucción EXCH3	Cálculo
Tensión Fase	V L1	00-01	60-61	C0-C1	V x10	%MF 202	18/10
Corriente	A L1	02-03	62-63	C2-C3	m A	%MF 206	20/1000
Potencia Activa	kW L1	04-05	64-65	C4-C5	w	%MF 210	22
Potencia Reactiva	Kvar L1	06-07	66-67	C6-C7	w	%MF 214	24
Factor de Potencia	PF L1	08-09	68-69	C8-C9	x 100	%MF 218	26/100
Tensión Fase	V L2	0A-0B	6A-6B	CA-CB	V x10	%MF 222	28/10
Corriente	A L2	0C-0D	6C-6D	CC-CD	m A	%MF 226	30/1000
Potencia Activa	kW L2	0E-0F	6E-6F	CE-CF	w	%MF 230	32
Potencia Reactiva	Kvar L2	10-11	70-71	D0-D1	w	%MF 234	34
Factor de Potencia	PF L2	12-13	72-73	D2-D3	x 100	%MF 238	36/100
Tensión Fase	V L3	14-15	74-75	D4-D5	V x10	%MF 242	38/10
Corriente	A L3	16-17	76-77	D6-D7	m A	%MF 246	40/1000
Potencia Activa	kW L3	18-19	78-79	D8-D9	W	%MF 250	42
Potencia Reactiva	Kvar L3	1A-1B	7A-7B	DA-DB	W	%MF 254	44
Factor de Potencia	PF L3	1C-1D	7C-7D	DC-DD	x 100	%MF 258	46/100
Potencia Activa III	kW III	1E-1F	7E-7F	DE-DF	w	%MF 262	48
Potencia Inductiva III	KvarL III	20-21	80-81	E0-E1	w	%MF 266	50
PotenciaCapacitiva III	KvarC III	22-23	82-83	E2-E3	w	%MF 270	52
Cos $\phi$ III	Cos $\phi$ III	24-25	84-85	E4-E5	x 100	%MF 274	54/100
Factor de Potencia III	PFIII	26-27	86-87	E6-E7	x 100	%MF 278	56/100
Frecuencia	Hz	28-29	88-89	E8-E9	Hz x 10	%MF 282	58/10
Tensión Línea L1-L2	V1 2	2A-2B	8A-8B	EA-EB	V x10	%MF 286	60/10
Tensión Línea L2-L3	V2 3	2C-2D	8C-8D	EC-ED	V x10	%MF 290	62/10
Tensión Línea L3-L1	V3 1	2E-2F	8E-8F	EE-EF	V x10	%MF 294	64/10

Fuente: Los autores

### 6.6.6.3.5 Programación del controlador en ladder logic

El ladder logic del Software Twido Soft permite insertar, editar y borrar escalones de programación del Twido TWD LCA 40DRF. La programación en Escalera nos da la opción de comandar las salidas tipo relé del Controlador, verificar los datos en tiempo real del LAB 96 y comprobar el comportamiento de las entradas digitales a 24VDC.

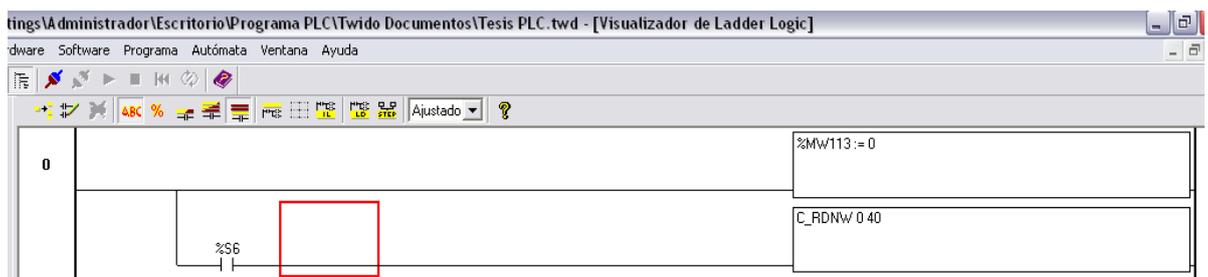
Figura. 6:19 Conexión de las entradas discretas



Fuente: Manual Programmable Controller Twido

La figura 6:19 muestra la conexión de las diferentes señales I/O discretas de 24VDC que se obtiene de los dispositivos actuadores que controlan el motor. El comportamiento de dichas señales nos proporciona la verificación de datos en el Twido Soft 3.5 como son enclavamiento de los contactores, señal de operación en manual-off-auto, acción del relé, paro de emergencia e inversión de giro.

Figura. 6:20 Bloque de escalón de una entrada discreta



Fuente: Los autores

#### **6.6.6.3.6 Verificación y animación de las tablas de datos**

La animación de una tabla de variables de datos nos muestra y actualiza los valores de la columna valor actual de la tabla de animación mientras el controlador está funcionando.

Para animar una tabla se debe realizar lo siguiente:

- Debe haber una aplicación abierta.
- Debe haber un PC conectado al controlador.
- El controlador puede encontrarse funcionando o detenido.

Los pasos a seguir para la animación de una tabla son los que a continuación se describen.

Seleccionar Programa →  Editor de tablas de animación en el menú principal para abrir el editor de tablas de animación. Antes de animar la tabla por primera vez, la columna Actual contiene asteriscos (\*).

Cuando el PC esté conectado al controlador, seleccionar Autómata →  Alternar animación en el menú principal para animar la tabla. Los valores actuales de la columna Actual se actualizan y aparece la palabra "Animación" en la barra de título del editor.

Seleccionar Autómata →  Alternar animación en el menú principal para desactivar la animación. Los valores actuales mantendrán el último valor actualizado.

Tabla 6:8 Animación de la tabla de datos

	Dirección	Actual	Guardado	Formato	Símbolo	Válido
1	%MF202	*	0.0	Flotante		
2	%MF206	*	0.0	Flotante		
3	%MF210	*	0.0	Flotante		
4	%MF214	*	0.0	Flotante		
5	%MF218	*	0.0	Flotante		
6	%MF222	*	0.0	Flotante		
7	%MF226	*	0.0	Flotante		
8	%MF230	*	0.0	Flotante		
9	%MF234	*	0.0	Flotante		
10	%MF238	*	0.0	Flotante		
11	%MF242	*	0.0	Flotante		
12	%MF246	*	0.0	Flotante		
13	%MF250	*	0.0	Flotante		
14	%MF254	*	0.0	Flotante		
15	%MF258	*	0.0	Flotante		
16	%MF262	*	0.0	Flotante		
17	%MF266	*	0.0	Flotante		
18	%MF270	*	0.0	Flotante		
19	%MF274	*	0.0	Flotante		
20	%MF278	*	0.0	Flotante		
21	%MF282	*	0.0	Flotante		
22	%MF286	*	0.0	Flotante		
23	%MF290	*	0.0	Flotante		
24	%MF294	*	0.0	Flotante		
25						

Fuente: Los autores

El Intouch es un software de desarrollo gráfico para crear, configurar y gestionar aplicaciones para variados sistemas de control de las marcas más conocidas a nivel industrial. Intouch es un programa basado en Windows de 32 bits para un ordenador personal (PC) que se ejecuta con los sistemas operativos Microsoft Windows 98 NT, Milenio, 2000, XP teniendo en cuenta la instalación de sus respectivos drivers de comunicación.

Para realizar la verificación de datos en forma interactiva en el programa Intouch se sigue los siguientes pasos:

- Crear la aplicación, el software ira desplegando ventanas consecutivas con sus respectivas indicaciones
- Insertar una ventana de datos con el nombre que se crea conveniente.
- Crear los botones o insertar los Trend Panel, direccionándolos hacia los parámetros del controlador.

El Intouch es una plataforma de fácil uso ya que una vez obtenido las direcciones de los diferentes datos y señales del controlador al Twido Soft la programación se la realiza como si fuera un software de edición gráfica ya que solo se ejecuta un doble clic en la figura o botón a ser animado y se despliega una ventana que permite escoger el parámetro que se desee visualizar, en la figura siguiente se muestra la ventana de direccionamiento o Tagname.

Figura. 6:21 Interfaz Intouch direccionamiento de parámetros

The screenshot shows the 'Tagname Dictionary' dialog box with the following details:

- Title:** Tagname Dictionary
- Navigation:** Main (selected), Details, Alarms, Details & Alarms, Members
- Buttons:** New, Restore, Delete, Save, <<, Select..., >>, Cancel, Close
- Tagname:** altura
- Type:** I/O Integer
- Group:** \$System
- Read/Write:** Read only (selected), Read/Write
- Comment:** AccessLevel
- Log Data:**  **Log Events:**  **Retentive Value:**  **Retentive Parameters:**
- Initial Value:** 0
- Deadband:** 0
- Min EU:** 0
- Max EU:** 32767
- Min Raw:** 0
- Max Raw:** 32767
- Eng Units:** (empty)
- Log Deadband:** 0
- Conversion:** Linear (selected), Square Root
- Access Name:** excel
- Item:** I1c2
- Use Tagname as Item Name:**

Fuente: Los autores

Hay que tomar en cuenta que para ejecutar el Intouch se debe instalar todos los equipos y la comunicación hacia el PC debe estar de forma correcta o caso contrario el programa no opera y se produce un error que nos indica la falla o causa del problema. Wonderware proporciona los drivers de comunicación para los diferentes equipos de control y solo son proporcionados bajo una licencia que en el caso de nuestro proyecto es para estudiante que está limitada a 120 minutos de funcionamiento y 30 categorías de aplicación.

**6.6.6.4      Manual de usuario**

**MODELO DIDÁCTICO PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS Y  
CONTROL DE UN MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO  
MEDIANTE UN CONTROLADOR PROGRAMABLE VÍA RED  
LAN.**

**MANUAL DE USUARIO**

**Ibarra, 2010**

## Guía de Usuario

Este manual pretende ser una ayuda en la instalación y manejo del modelo didáctico para la adquisición de datos y control de un motor eléctrico trifásico mediante un controlador programable vía red LAN, para obtener las mejores prestaciones del mismo.



La utilización segura del modelo didáctico es fundamental que las personas que lo manipulen sigan las medidas de seguridad habituales, así como las distintas advertencias indicadas en dicho manual de usuario.

## Características Generales

El modelo didáctico es un tablero de prácticas de control y adquisición de datos de un motor trifásico con comunicación LAN; ofrece una serie de posibilidades de empleo y prácticas, las cuales pueden seleccionarse mediante la configuración del controlador Twido TWD LCA 40 DRF en la plataforma Twido Soft. Antes de poner en marcha el modelo didáctico lea detenidamente los parámetros de funcionamiento nominal de los equipos de: alimentación, conexión y programación, y elija la forma de operación más conveniente para obtener los datos y control deseados en el motor trifásico.

El tablero didáctico mide, calcula, visualiza en la interfaz de el Twido Soft e Intouch los principales parámetros eléctricos de redes trifásicas equilibradas o desequilibradas y la carga instalada a esta, además controla el circuito de arranque de un motor eléctrico o maquina que se le dese conectar.

La medida se realiza en valor eficaz, mediante tres entradas de tensión alterna y tres entradas de corriente, para la medida de los secundarios

de 5 A, procedentes de los TC's de medida exteriores con el analizador de redes LAB 96.

Tabla 6: 9 Magnitudes de medida

MAGNITUD	UNIDAD	L1	L2	L3	III
Tensión Simple	V	•	•	•	
Tensión Compuesta	V	•	•	•	
Corriente	A	•	•	•	••
Frecuencia	Hz	•			
Potencia Activa	kW	•	•	•	•
Potencia Reactiva L	kvarL	•	•	•	•
Potencia Reactiva C	kvarC	•	•	•	•
Potencia Aparente	kVA				•
Factor de Potencia	PF	•	•	•	
Cos $\varphi$	Cos $\varphi$				•
Máxima Demanda	Pd			•	
Corriente de Neutro	$I_N$			•	
THD de Tensión	% THD – V	•	•	•	
THD de Corriente,	% THD – A	•	•	•	
kWh (consumo y generación)	W·h				•
kvarh.L (consumo y generación)	W·h				•
kvarh.C (consumo y generación)	W·h				•
kVAh (consumo y generación)	W·h				•
Descomposición armónica (V y A) *	%	•	•	•	15th

Fuente: Los autores

Las magnitudes antes expuestas se las puede observar mediante el display auto iluminado o la interfaz del software Twido Soft e Intouch.

#### Características del Equipo

- Medición en valor eficaz.
- Valores instantáneos, máximos y mínimos de cada parámetro.
- Función de medidor de energía.
- Display LCD retro-iluminado del LAB 96.
- Comunicación RS485 (Modbus RTU) incorporado
- Comunicación Ethernet conector RJ 45
- Disposición de entradas digitales de 24VDC
- Disposición de salidas tipo relé de 24VDC 3A. 100/240VAC 2A.
- Manejo de carga de hasta 5HP Trifásica

- Opción de control manual y automática.
- Utilización de algunos componentes en forma independiente.

### **Instalación del equipo**

Antes de la alimentación del equipo, deben comprobarse las siguientes variables:

- Tensión de alimentación.
- Tensión máxima en el circuito de medida.
- Corriente y Potencia máxima admisible.
- Características de entrada y salida.
- Condiciones de trabajo.
- Seguridad.

### **Tensión de Alimentación**

Alimentación Principal:	380 V trifásico C.A.
Frecuencia:	50-60 Hz
Tolerancia alimentación :	-15% / +10%
Consumo del equipo:	15 V·A

### **Tensión en el circuito de medida.**

Tensión:	127 V AC Fase-Neutro
	240 V AC Fase-Fase
Frecuencia:	45...65 Hz

### Corriente y Potencia máxima admisible.

Intensidad:	Transformadores exteriores de In /5A
Intensidad Mando:	Contactos Principales 15 A.
Potencia Mando:	Circuito de Control 5HP

### Características de entrada y salida

Voltaje/Intensidad:	Salidas tipo relé 24VDC 2A100/240VAC
Voltaje/Intensidad:	Entradas Digitales 24VDC 0,5mA.

### Condiciones de trabajo.

Temperatura	-10 °C / +50°C
Humedad relativa	5 a 95 % HR (sin condensación)
Altitud	hasta 2.000 metros

### Seguridad.

- Diseñado en instalaciones categoría III 600 V C.A (EN 61010).
- Protección al choque eléctrico por doble aislamiento clase II.
- Protección contra sobrecorriente y cortocircuitos clase II.

## Conexión del equipo

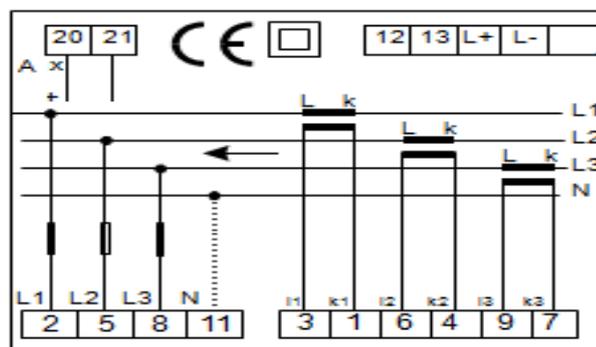
Una vez tomado todas las precauciones, se procede a conectar el equipo mediante un conductor tipo sucre 4x10 que se extiende del tablero hacia las borneras de la caja térmica existente en el laboratorio. Todos los componentes del tablero traen sus respectivas protecciones.

Una aplicación de control viene incorporada en el modelo didáctico que ya está conectada internamente. Utilizando algunas entradas y salidas del controlador Twido. Pero existe en la parte frontal del tablero mas E/S en borneras bien señalizadas.

## Esquema de conexión de entradas

Las entradas de medida se dividen en dos grupos las de medición de línea que están conectadas internamente y la de los TC's que se encuentran en bananas tipo plug en la parte frontal del tablero señalizadas adecuadamente.

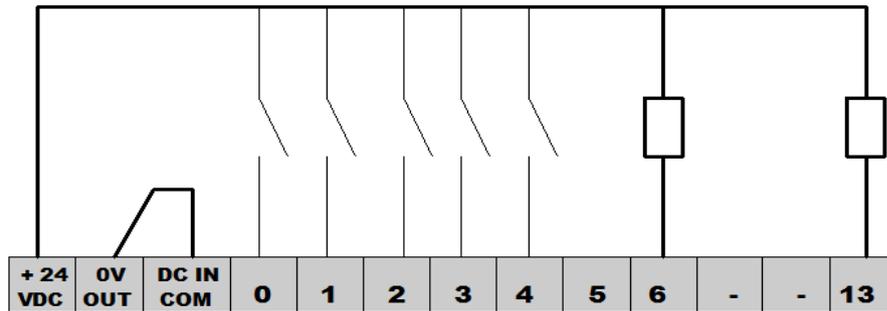
Figura. 6:22 Conexión para medición de magnitudes



Alimentación "Universal"	
Borne	Descripción
20	+V c.c.
21	-V c.c.

Fuente: Manual Programmable Controller Twido

Figura. 6:23 Conexión de entradas digitales

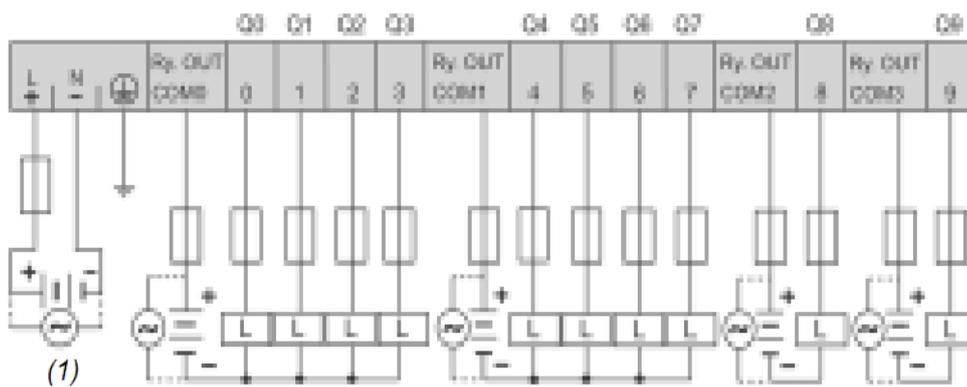


Fuente: Manual Programmable Controller Twido

### Esquema de conexión de las salidas tipo relé.

Las salidas tipo relé deben primero ser protegidas con fusibles de 0,5 a 2A. Para evitar daño por posibles cortocircuitos o falla del sistema. La conexión de las salidas digitales tipo relé se encuentran ubicadas en borneras en la parte frontal del tablero señalado y se la realiza como se muestra a continuación.

Figura. 6:24 Conexión de salidas tipo relé



Fuente: Manual Programmable Controller Twido

### Conexión Modbus.

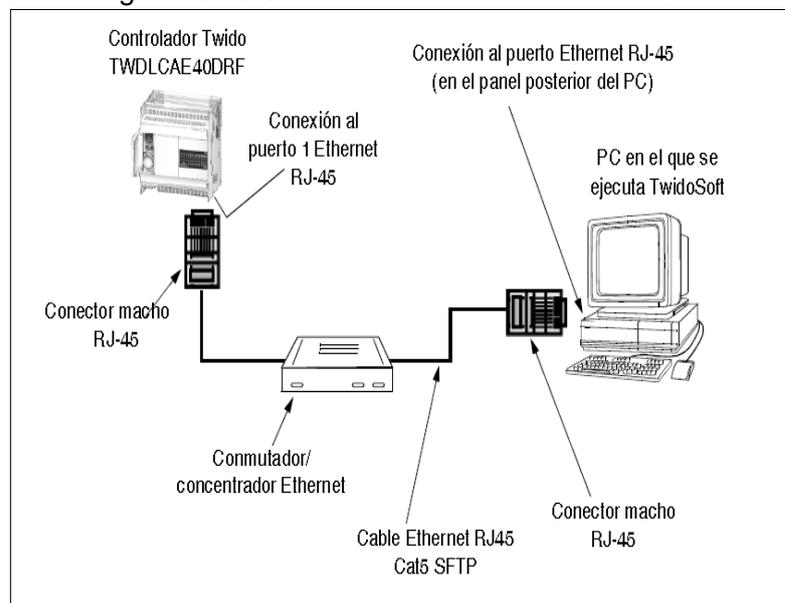
La conexión Modbus se la realiza tomando en consideración la polarización de los cables conectados, en el tablero ya viene una

conexión fija del Modbus del LAB 96 con un cable de 2m de longitud ideal para comunicación con otros equipos a más del Twido. El Twido TWD LCA 40 DRF consta con una tarjeta Modbus accesible a los usuarios como se muestra a continuación.

### Conexión Ethernet

La conexión para la red LAN se la realiza con un puerto Ethernet RJ 45, ubicado en la pantalla de acrílico del tablero es completamente accesible y se lo puede disponer para la conexión del modelo didáctico a cualquier PC que tenga los drivers de comunicación y las plataformas Twido Soft e Intouch. Los softwares antes dichos vienen incluidos en dos CD junto con el tablero práctico

Figura. 6:25 Comunicación del modelo didáctico



Catálogo Survalent Technology Corp

El direccionamiento IP se lo realiza poniendo la siguiente dirección IP en el PC 192.168.0.10 para el Twido y 192.168.0.XXX para el PC.

## **6.7 Impactos**

### **6.7.6 Impacto social**

El impacto social que provocó este trabajo, fue el de ayudar a los estudiantes y docentes que laboran en la especialidad de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico para que realicen prácticas de control industrial.

### **6.7.7 Impacto educativo**

La implementación de tableros didácticos ayudan a que el estudiante tenga un conocimiento mas claro de las prácticas de electricidad y además saber cuales son los beneficios y desventajas de la nueva tecnología aplicada a la industria. Esto le ayudará al alumno a tener una visión clara de lo que va a ser su vida laboral.

## **6.8 Difusión**

Este trabajo no solamente sirve para que los estudiantes realicen prácticas de automatización eléctrica, sino también para los empresarios de la provincia de Imbabura que desean modernizar su industria, ya que en este documento se explican las ventajas y las desventajas de los sistemas SCADA, y se describe que funciones pueden realizar estos.

## 6.9 Anexos

### Matriz de Coherencia

<b>TEMA: Modelo didáctico de un modelo didáctico para la adquisición de datos y control de un motor eléctrico trifásico para la especialidad de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico.</b>	
<b>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>
¿Cómo implementar un modelo didáctico para la adquisición de datos y control de un motor eléctrico trifásico para el laboratorio de la especialidad de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico?	Implementar un modelo didáctico para la adquisición de datos y control de un motor eléctrico trifásico para que los estudiantes de la especialidad de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico realicen sus prácticas.
<b>INTERROGANTE</b>	<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>
¿Cómo analizar y organización toda la información referente al diseño, construcción, instalación, operación y mantenimiento de un sistema de adquisición de datos y control de maquinas eléctricas?	Analizando y organizando toda la información referente al diseño, construcción, instalación, operación y mantenimiento de un sistema de adquisición de datos y control de maquinas eléctricas.
¿Cómo diseñar y construir un modelo didáctico que simule el control de maquinas eléctricas existentes en la industria?	Diseñando y construyendo un modelo didáctico que simule el control de maquinas eléctricas existentes en la industria.

## Bibliografía

1. ABAD Sara, NARVAEZ Fernanda. (2010), Diseño e implementación de un sistema SCADA para la administración de la materia prima de la zona de pastas en pinturas CONDOR S.A. (Tesis Ingeniería) Escuela Politécnica Nacional. Ecuador.
2. ACOSTA Pastor. (2008), *Desarrollo de un sistema SCADA para La producción de Harina en la Empresa Molino Electro Moderno S.A.* (Tesis Ingeniería) Escuela Politécnica Nacional. Ecuador.
3. BELTRÁN Cristian. (2009), *Que es un PLC y un SCADA.* Tesis de Bachillerato. Colegio Salesiano de Concepción, Escuela Industrial San José.
4. BOLDEA Steve. (1995). *Control Industrial.* México. Editorial Alfa Omega.
5. CAMSCO Industry. (2009), *Catalogo de Productos Industriales.*
6. DESIN Instrument. (2007), *Instrumentación Inteligente con Tecnología PAC Basada en Bloques de Función Programable.*
7. FLORES Juan. (1990). *Tecnología de Electricidad.* España. Editorial Paraninfo.
8. GOMEZ Luis. (2008). *Automatismos Eléctricos Industriales.* Bolivia. Editorial Bolivia.
9. INTYRE Ronald. (1992). *Control de Motores Eléctricos.* México. Editorial Alfaomega.
10. LEMOS Juan, MIRANDA Daniel. (2006), *OPC como Alternativa a las tecnologías Propietarias de Grupo GIMSC.* (Tesis Ingeniería) Universidad de San Buenaventura. Colombia.
11. MERLIN Gerin. (2009), *Catalogo de TC's.*

12. MILEAL Harry. (1998). *Curso Practico de Electricidad*. México. Editorial Ciencia y Técnica S. A.
13. MOLINA Gabriel. (1995). *Automatismos*. Ecuador. Editorial Escuela Politécnica Nacional. Ecuador.
14. MONTERO Danilo, QUIROZ José. (2004), *Sistemas de Control, Supervisión y Adquisición de Datos*. (Tesis Ingeniería) Universidad de Costa Rica. Costa Rica.
15. NATIONAL Instruments. (2010), *Introducción al Labview*.
16. PAREDES José. (1990). *Manual de Mantenimiento de Maquinas y Equipos Eléctricos*. México. Editorial Alfa Omega.
17. RAMIREZ José, SOTOMAYOR Juan. (2009), *Diseño y Construcción de Un PAC en Lenguaje FBD con Software de Simulación*. (Tesis Ingeniería) Escuela Politécnica Nacional. Ecuador.
18. RAMÍREZ José. (1990). *101 Esquemas de Contactores*. España. Editorial CEAC.
19. RAMÍREZ José. (1990). *101 Esquemas de Instalaciones Industriales-Motores*. España. Editorial CEAC.
20. ROLDAN José. (1999). *Manual de automatización por Contactores*. España. Editorial CEAC.
21. ROMERO Cristian. (2006), *Diseño de un sistema SCADA para el proceso de producción de los pozos petroleros de Petroecuador*. (Tesis Ingeniería) Escuela Politécnica Nacional. Ecuador.
22. SACI Instruments. (2010), *Manual de Construcciones Industriales*.
23. SCHNEIDER Electric. (2007), *Manual del PLC Twido*. Recuperado de [http:// www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com).
24. SCHNEIDER Electric. (2009) *Manual de Funcionamiento Twido Soft 3.5*. Recuperado de [http:// www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com).

25. WONDERWARE Inc, (2008), *Guía de Uso Intouch 9.5*. Recuperado de [www.automation.com](http://www.automation.com)

### **Documentos electrónicos**

Sistema SCADA. Recuperado el 05 de febrero del 2010. <http://www.galeon.com/hamd/pdf/scada.pdf>.

Descripción de un sistema SCADA. Recuperado el 01 de junio del 2010. <http://www.monografias.com/trabajos11/sisco/sisco.shtml>.

Qué es un sistema SCADA. Recuperado el 20 de enero del 2010. <http://control-accesos.es/scada/%C2%BFque-es-un-sistema-scada>.

Sistema SCADA. Recuperado el 05 de abril del 2010. <http://www.asayc.com/automatizacion/scada.htm>.

.

Sistema SCADA Eléctrico. Recuperado el 12 de marzo del 2010. [http://www.kyber.cl/Energiaelectrica/scada\\_electrico.html](http://www.kyber.cl/Energiaelectrica/scada_electrico.html).

.

Implementación de un sistema SCADA. Recuperado el 30 de mayo del 2010. <http://www.universidadperu.com/peru-implementacion-de-sistemas-scada.php>.

Tipos de sistemas SCADA. Recuperado el 06 de diciembre del 2009. <http://www.alfinal.com/Temas/sistemascada.php>.

Sistemas de control de datos. Recuperado el 22 de enero del 2010.  
[http://sisbib.unmsm.edu.pe/Bibvirtual/publicaciones/hidraulica\\_mecanica/1999\\_n1/sistema.htm](http://sisbib.unmsm.edu.pe/Bibvirtual/publicaciones/hidraulica_mecanica/1999_n1/sistema.htm).

Sistema SCADA. Recuperado el 15 de mayo del 2010.  
<http://www.motorola.com/Business/XLES/Productos+y+Servicios+para+Empresas/Sistemas+SCADA>

Que es realmente un sistema SCADA. Recuperado el 25 de abril del 2010  
<http://www.instrumentacionycontrol.net/es/cursos-sistemasscada/153-que-es-realmente-un-sistema-scada-en-tiempo-real.html>.

Sistema SCADA. Recuperado el 11 de mayo del 2010.  
[http://www.lawebdelprogramador.com/foros/SCADA/569967Sistemas\\_Scada.html](http://www.lawebdelprogramador.com/foros/SCADA/569967Sistemas_Scada.html).

## **Linkografia**

<http://www.sapiensman.com>

<http://www.manelectronica.com.ar/automatizacion/scada.htm>

[http://www.simmel.com.ar/sistemas\\_scada.htm](http://www.simmel.com.ar/sistemas_scada.htm)

[http://www.sapiensman.com/control\\_automatico/](http://www.sapiensman.com/control_automatico/)

<http://www.bairesrobotics.com.ar/stamp/controlIndustrial.pdf>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa\\_en\\_automatizaci%C3%B3n\\_y\\_control\\_industrial](http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_en_automatizaci%C3%B3n_y_control_industrial)

<http://ciecfie.epn.edu.ec/>

<http://www.tecsup.edu.pe/graficos/pdf/especializacion/instrumenta/folleto.pdf>

<http://www.hannachile.com/noticias-articulos-y-consejos/articulos/196-simbologia-instrumentacion-control-industrial>

<http://html.rincondelvago.com/control-industrial.html>

<http://www.control-industrial.com.ar/>  
<http://www.monografias.com/trabajos11/sisco/sisco.shtml>  
<http://www.automatas.org/redes/scadas.htm>  
<http://olmo.pntic.mec.es/jmarti50/enlaces/scada.htm>  
[http://www.lawebdelprogramador.com/foros/SCADA/688023Comunicacion  
\\_entre\\_PLC\\_y\\_SCADA.html](http://www.lawebdelprogramador.com/foros/SCADA/688023Comunicacion_entre_PLC_y_SCADA.html)  
[http://www.uco.es/investiga/grupos/eatco/automatica/ihtm/descargar/scada  
.pdf](http://www.uco.es/investiga/grupos/eatco/automatica/ihtm/descargar/scada.pdf)  
<http://www.galeon.com/hamd/pdf/scada.pdf>  
<http://www.profesormolina.com.ar/electromec/contactor.htm>  
<http://html.rincondelvago.com/contactores.html>  
<http://www.abb.com.ec/product/es/9AAC100107.aspx>  
<http://www.altechmexico.com/PDFs/CONTACTORSm.pdf>  
[http://www.grupomaser.com/PAG\\_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20  
PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm](http://www.grupomaser.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm)  
[http://html.rincondelvago.com/automatizacion\\_1.html](http://html.rincondelvago.com/automatizacion_1.html)  
<http://www.monografias.com/trabajos6/auti/auti.shtml>  
<http://www.automatizacion.com.co/>  
[http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia/automatizacion-en-  
procesos-como-mejores-practicas.htm](http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia/automatizacion-en-procesos-como-mejores-practicas.htm)  
[http://html.rincondelvago.com/metodologia-de-investigacion\\_1.html](http://html.rincondelvago.com/metodologia-de-investigacion_1.html)  
<http://www.monografias.com/trabajos14/investigaeduc/investigaeduc.shtml>  
[http://www.cienciaytecnologia.gob.bo/convocatorias/publicaciones/Metodo  
logia.pdf](http://www.cienciaytecnologia.gob.bo/convocatorias/publicaciones/Metodologia.pdf)

## **Entrevista a experto**

Formato de la entrevista que fue realizada al experto del tema.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE EDUCACIÓN TÉCNICA**

**INGENERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO**



## **ENTREVISTA**

**Opinión sobre la implementación de sistemas de automatización en la industria Ecuatoriana**

**Nombre del Entrevistado:**

**Edad:**                      **Sexo:**

**Cargo que desempeña:**

## **Preguntas**

**¿Qué significa para usted la automatización eléctrica?**

**¿Se ha implementado equipos para la automatización en el I.A.N.CE.M.?**

**¿Seguirán automatizando la empresa donde usted labora?**

**¿Que opina acerca de la automatización en la industria de nuestro país?**

**¿La inversión económica es la parte fundamental para automatizar una industria?**

**¿Que ventajas ofrece la automatización en una empre**

**¿En que industrias se podría implementar la automatización eléctrica?**

**¿Ud. considera que un estudiante de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, debe tener conocimiento sobre los sistemas SCADA, PAC's y automatización?**

## Elementos del modelo didáctico



## Instalación de las protecciones eléctricas



## Instalación del analizador de redes eléctricas



## Prueba de funcionamiento del sistema





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**  
**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## 1. IDENTIFICACIÓN

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040152588-6		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Bastidas Apuz Vinicio Javier		
DIRECCIÓN:	Barrio San Andrés San Gabriel		
EMAIL:	djviniobts@hotmail.com		
TELEFONO FIJO:	2291761	TELEFONO MOVIL	081121839

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"IMPLEMENTACION DE UN MODELO DIDACTICO PARA LA ADQUISICION DE DATOS Y CONTROL DE UN MOTOR TRIFASICO MEDIANTE UN CONTROLADOR PROGRAMABLE VIA RED LAN Y ELABORACION DE UN MANUAL DE USUARIO".
AUTORES:	Bastidas Vinicio – Reina Jorge
FECHA: AAAAMMDD:	2010-07-22
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico
ASESOR/DIRECTOR	Ing. Pablo Méndez

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Vinicio Bastidas, con cedula de identidad Nro. 040152588-6, en calidad de autor de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital

Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 143.

### 3. CONSTANCIAS

El autor que manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 27 días del mes de Junio de 2011

EL AUTOR:

ACEPTACION:

(Firma).....

(Firma).....

Nombre: Vinicio Bastidas

C.C.: 040152588-6

BIBLIOTECA

Nombre:

Cargo: JEFE DE

Facultado por resolución de Consejo Universitario.....



## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Vinicio Bastidas, con cedula de identidad Nro. 040152588-6, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5, y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: "IMPLEMENTACION DE UN MODELO DIDACTICO PARA LA ADQUISICION DE DATOS Y CONTROL DE UN MOTOR TRIFASICO MEDIANTE UN CONTROLADOR PROGRAMABLE VIA RED LAN Y ELABORACION DE UN MANUAL DE USUARIO", que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

(Firma).....

Nombre: Vinicio Bastidas

C.C.: 040152588-6

Ibarra, a los 27 días del mes de Junio de 2011



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**  
**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

#### 4. IDENTIFICACIÓN

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100203256-1		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Reina Estrada Jorge José		
DIRECCIÓN:	Calle Ibarra 4271 y 13 de Abril		
EMAIL:	jorgereinaestrada@hotmail.com		
TELEFONO FIJO:	2602293	TELEFONO MOVIL	094890916

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"IMPLEMENTACION DE UN MODELO DIDACTICO PARA LA ADQUISICION DE DATOS Y CONTROL DE UN MOTOR TRIFASICO MEDIANTE UN CONTROLADOR PROGRAMABLE VIA RED LAN Y ELABORACION DE UN MANUAL DE USUARIO".
AUTORES:	Bastidas Vinicio – Reina Jorge
FECHA: AAAAMMDD:	2010-07-22
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico
ASESOR/DIRECTOR	Ing. Pablo Méndez

#### 5. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Jorge Reina, con cedula de identidad Nro. 100203256-1, en calidad de autor de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la

Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 143.

## 6. CONSTANCIAS

El autor que manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 27 días del mes de Junio de 2011

EL AUTOR:

(Firma).....

(Firma).....

Nombre: Jorge Reina

C.C.: 100203256-1

BIBLIOTECA

ACEPTACION:

Nombre:

Cargo: JEFE DE

Facultado por resolución de Consejo Universitario.....



## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Jorge Reina, con cedula de identidad Nro. 100203256-1, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5, y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: "IMPLEMENTACION DE UN MODELO DIDACTICO PARA LA ADQUISICION DE DATOS Y CONTROL DE UN MOTOR TRIFASICO MEDIANTE UN CONTROLADOR PROGRAMABLE VIA RED LAN Y ELABORACION DE UN MANUAL DE USUARIO", que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

(Firma).....

Nombre: Jorge Reina

C.C.: 100203256-1

Ibarra, a los 27 días del mes de Junio de 2011