

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**



**TESIS DE GRADO**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TABLERO DE CONTROL PARA LA  
SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO SUMERGIBLE CON PLC Y  
SISTEMA SCADA INTOUCH.**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERA DE MANTENIMIENTO**

Jacqueline M onserrath Vallejo Yépez

Nancy Fabiola López Vargas

**RIOBAMBA – ECUADOR**

2009

## TABLA DE CONTENIDOS

<u>CAPÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
<b>1. GENERALIDADES</b>	
1.1 Antecedentes...	1
1.2 Justificación...	2
1.3 Objetivos...	2
1.3.1 Objetivo general...	2
1.3.2 Objetivos específicos...	2
<b>2. BASE TEÓRICA</b>	
2.1 Evolución del control industrial...	4
2.2 Sistemas de bombeo electrosumergible...	6
2.2.1 Descripción general...	6
2.2.2 Características y funcionamiento...	6
2.2.3 Aplicaciones...	7
<b>CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE</b>	
2.3 El PLC...	8
2.3.1 Estructura de un PLC...	9
2.3.2 Principio de funcionamiento del controlador lógico programable...	13
2.3.3 Lenguaje de programación...	15
<b>CANALES DE COMUNICACIÓN</b>	
2.4.1 Principios básicos...	18
2.4.2 Interfaz de comunicación.....	18
2.4.3 Protocolos de comunicación.....	22

## SISTEMA SCADA INTOUCH.

2.5.1	El software Intouch.....	26
2.5.2	Características.....	26
2.5.3	Funciones de Intouch.....	27
2.5.4	Diccionario de datos (TagName Dictionary).....	28
3. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL.		
3.1	Introducción.....	32
3.2	Elementos de automatización utilizados en el sistema.....	32
3.3	Diseño de la arquitectura de control.....	38
3.3.1	Diseño del circuito de fuerza y de control.....	38
3.4	Ensamblaje del sistema de bombeo.....	39
3.5	Conformación del sistema.....	40
3.5.1	Módulo de control.....	40
3.5.2	Módulo de proceso.....	41
3.6	Descripción del funcionamiento del sistema.....	41
3.7	Funcionamiento del sistema de monitoreo del bombeo sumergible.....	43
3.7.1	Sistema de Monitoreo.....	43
4. GUÍA DE OPERACIÓN Y DE PRÁCTICAS		
4.1	Instalación del Software Intouch.....	45
4.2	Instalación y preparación de TwidoSoft V3.2.....	68
5. MANUAL DE MANTENIMIENTO		
5.1	Organización.....	69
5.1.1	Sistema de control.....	69
5.1.2	Sistema de potencia.....	70
5.2	Inventario de equipos.....	70
5.2.1	Datos y características del sistema de control.....	72
5.2.1	Datos y características del sistema de potencia.....	72

5.3.	Banco de tareas...	72
5.3.1	Banco de tareas del sistema de control...	73
5.3.2	Banco de tareas del sistema de potencia...	75
5.4	Listado de herramientas...	77
5.4.1	Listado de herramientas y materiales para el sistema de control...	76
5.4.2	Listado de herramientas y materiales para el sistema de potencia...	77
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
6.1	Conclusiones...	78
6.2	Recomendaciones...	79

## LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>		<u>PÁGINA</u>
3.1	Características técnicas. ....	34
5.1	Ficha de datos del computador. ....	69
5.2	Ficha de datos PLC. ....	69
5.3	Ficha de datos del disyuntor. ....	70
5.4	Ficha de datos del cable de comunicación. ....	70
5.5	Ficha de datos de las electroválvulas. ....	71
5.6	Ficha de datos del relé. ....	71
5.7	Ficha de datos de la bomba. ....	71

## LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>	<u>PÁGINA</u>
2.1. Sistema de bombeo sumergible.....	6
2.2. Controlador lógico programable.....	8
2.3. Elementos de entradas salidas del PLC.....	8
2.4. Estructura de un PLC.....	9
2.5. Partes principales de la CPU.....	10
2.6. Ciclo de barrido de un PLC.....	14
2.7. Principio de ejecución de un programa en el PLC.....	15
2.8. Diagrama de escalera.....	16
2.9. Lenguaje secuencial de funciones.....	17
2.10. Integración de PLC's y una PC.....	19
2.11. Interfaz RS 232.....	21
2.12. Interfaz RS485.....	22
2.13. Ejemplo de un sistema de comunicación.....	23
2.14. Diferentes tipos de tagname.....	24
3.1. PLC twido.....	34
3.2. Arquitectura del control.....	38
3.3. Procedimiento de ensamblaje.....	39
3.4. Conformación del sistema.....	40
3.5. Módulo de control.....	41
3.6. Módulo de proceso.....	41
3.7. Menú principal del proceso.....	44
3.8. Panel de control y monitoreo del proceso.....	44
4.1. Ventana propiedades de sistema en una computadora.....	47
4.2. Ventana carpeta contenedora de Intouch 9.5.....	47
4.3. Ventana productos Wonderware Connectivity.....	48
4.4. Cuadro de instalación de Factory Suite I/O Common Components.....	49
4.5. Logotipo de TwidoSoft V3.2.....	50
4.6. Ventana o nuevo proyecto en TwidoSoft.....	52
4.7. Cuadro de administración de nivel funcional.....	53

4.8	Opción para cambio de controlador base.	53
4.9	Ventana de cambio de controlador base.	54
4.10	Ventana para edición ladder.	54
4.11	Diagrama ladder para el control del sistema de bombeo.	55
4.12	Icono de acceso para Intouch.	56
4.13	Ventana para selección de archivos Intouch.	56
4.14	Dirección de almacenamiento de archivos Intouch.	57
4.15	Ventanas para la creación de una nueva aplicación de Intouch.	57
4.16	Aparición de la nueva aplicación Intouch.	58
4.17	Ventanas de advertencia de uso del programa.	58
4.18	Ventana de configuración de interfaz de programación.	58
4.19	Interfaz de programación.	59
4.20	Simulación de botonera en el interfaz de programación.	59
4.21	Opciones de programación de botoneras.	60
4.22	Tagname de la botonera.	60
4.23	Mensaje de definición de variable.	61
4.24	Tagname dictionary.	61
4.25	Tipos de variable.	61
4.26	Selección del access name.	62
4.27	Directorio de access names.	62
4.28	Ventana de configuración de access names.	62
4.29	Aparición del nuevo access name.	63
4.30	Configuración del ítem.	63
4.31	Configuración de estado de la botonera.	64
4.32	Pestaña de estado del programa.	64
4.33	Programa en ejecución.	64
4.34	Topic definition.	65
4.35	Icono de red en desconexión.	66
4.36	Icono de red en conexión.	66
4.37	Comprobación de comunicación entre dispositivos.	67
4.38	Barra de conexión hacia el PLC.	67

## LISTA DE ABREVIACIONES

DTE	Equipo terminal de datos.
DCE	Equipo de comunicación de datos.
PLC	Controlador lógico programable.
SCADA	Sistema de control y adquisición de datos.
UTR	Unidad terminal remota

## SUMARIO

El objetivo del presente trabajo es el DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TABLERO DE CONTROL PARA LA SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO SUMERGIBLE CON PLC Y SISTEMA SCADA INTOUCH. El módulo ha sido diseñado para operar en modo manual, en el cual se tiene control individual sobre cada parte del equipo, o automático que requiere una herramienta de programación y configuración TWIDO SOFT 3.5 que sirva de interface entre el programador y el Controlador Lógico Programable PLC con fin de que se realicen las acciones de control para el gobierno y visualización del sistema de bombeo sumergible.

El equipo permite controlar el nivel de líquido por medio de tres finales de carrera que a través del PLC comanda la apertura de dos electroválvulas ubicadas en la entrada del tanque de llenado, y la activación de una bomba que suministra líquido desde un tanque de almacenamiento. El ingreso de parámetros se lo puede realizar desde el computador que contiene un software SCADA Intouch, por medio de una interfaz gráfica (HMI) permite además la supervisión y adquisición de datos del proceso.

Podemos indicar con toda seguridad que el sistema es funcional, hemos demostrado físicamente el control a voluntad de un proceso impuesto por nosotras como es el control de nivel, la fiabilidad y seguridad desde el punto de vista mecánico. Esta aportación es una herramienta básica, que nos permitirá tener un conocimiento de partida para todos aquellos estudiantes que desean ingresar al campo de la automatización

Recomendamos que la utilización de módulo se la realice conforme a la guía de operación y prácticas.

## SUMMARY

The objective of the present work consists of the DESIGN AND CONSTRUCTION OF A CONTROL BOARD FOR THE SIMULATION OF A SUBMERGIBLE PUMPING SYSTEM WITH PLC AND INTOUCH SCADA SYSTEM. The system has been designed to operate manually, in which there is an individual control on each equipment or an automated one requiring a configuration and programming tool TWIDO SOFT 3.2 to serve as an interface between the programmer and the Programmable Logic Controller PLC in order to carry out the control actions for the running and display of the submergible pumping system.

The module permits to control the liquid level through three run ends which, by the PLC commands the aperture of two electro-valves located at the filling tank entrance and a pump activation which provides liquid from a storage tank. The parameter entry can be performed from the computer which has a SCADA Intouch 9.5 software through a graphic interface (HMI). It also permits supervision and process data acquisition.

It is possible to indicate that the system is functional accomplishing the proposed process from the mechanical and automated point of view. This contribution is a basic tool to have a starting knowledge for all students wishing to enter into the automation field.

It is recommended to use the module according to the operation guide and practices.

## CAPÍTULO I

### 1. GENERALIDADES

#### 1.1 Antecedentes.

En la actualidad la industria posee cada vez procesos productivos más automatizados, complejos y en los que coexisten una gran diversidad de elementos: PLCs, computadores, accionamientos neumáticos o eléctricos, etc.

Esto dio lugar a la aparición de los sistemas de producción flexibles que proporcionan respuestas rápidas al mercado fuertemente cambiante de hoy en día. Como resultado de todas estas necesidades se originaron los llamados sistemas de control "inteligentes" basados en conceptos de: descentralización, autonomía, monitorización, cooperación y colaboración.

Con la finalidad de representar en parte uno de estos procesos y de obtener una aplicación, para el módulo implementado se decidió utilizar el diseño del sistema de automatización "SCADA" que selecciona un controlador lógico programable (PLC), con su respectivo software el cual posibilita programar todas las secuencias de funcionamiento, además mediante el uso de un software de automatización industrial se elabora el interfaz hombre-máquina (HMI), el cual permitirá operar todos los elementos de campo desde un computador.

De esta manera, se quiere que la Facultad de Mecánica y la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento vaya contando con equipos de laboratorio modernos con el fin de ir preparando a sus profesionales encaminados a la industria.

El equipo está diseñado para la realización de prácticas de laboratorio que permitan la capacitación del estudiante en el control de procesos. El presente Módulo permite realizar el control secuencial sobre el nivel de líquido en un tanque principal por medio de dos electroválvulas ubicada a la salida del tanque, y de una bomba que suministra líquido desde el tanque de almacenamiento.

En forma manual accionaremos las botoneras que controlarán al sistema de bombeo para el control secuencial de niveles de agua y obedecerá en forma automática las órdenes emitidas por el software Intouch que llegarán al PLC quién proveerá la corriente necesaria para arrancar el circuito el mismo que funcionará en forma rápida y sin errores.

## **1.2 Justificación.**

La Escuela de Ingeniería de Mantenimiento no cuenta con un equipo moderno en el laboratorio de control industrial, es por esta razón que surge la necesidad de desarrollar un módulo demostrativo de un sistema de control de bombeo sumergible con PLC's y la integración de un sistema SCADA, para proyectar en forma real los existentes en las empresas.

Este módulo demostrativo con la arquitectura de control planteado brindará un aporte importante en el desarrollo de nuestra Facultad y servirá para que las futuras generaciones tengan en su formación herramientas de enseñanza acordes a los avances tecnológicos para la realización de prácticas con equipos modernos utilizando tecnología electrónica de punta.

## **1.3 Objetivos.**

### **1.3.1 Objetivo general.**

- Diseñar y construir un tablero de control para la simulación de un sistema de bombeo sumergible con PLC y sistema SCADA INTOUCH.

### **1.3.2 Objetivos específicos.**

- Diseñar la arquitectura del panel de control.
- Programar el controlador lógico programable.
- Programar el sistema SCADA y conectividad.
- Poner en marcha y establecer pruebas en el tablero de control.
- Elaborar un manual de prácticas de laboratorio.

- Elaborar un manual de mantenimiento del tablero de control.

## CAPÍTULO II

### 2. BASE TEÓRICA

#### 2.1 Evolución del control industrial.

Hasta no hace mucho tiempo atrás el control de procesos industriales se hacía de forma cableada por medio de contactores y relés. Al operario, que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones, se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas y posteriormente mantenerlas. Además cualquier variación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones y montaje, siendo para ello un gran esfuerzo técnico y un mayor desembolso económico.

Es así que hoy en día la industria vive un proceso de modernización que trae consigo la automatización de sus procesos de producción. El uso de controladores lógicos programables (PLC's) integrados a sistemas de adquisición de datos (SCADA) son herramientas que se conjugan para brindar soluciones integrales a estos procesos de automatización.

Los PLC's permiten implementar sistemas de control con mayores prestaciones a los controles con relés que además pueden realizar diversas tareas de tratamiento de datos de los procesos sustituyendo de esta forma los circuitos tradicionales que ocupaban mucho espacio, difíciles de modificar y con grandes necesidades de mantenimiento por un programa computacional flexible, seguro, confiable con un mantenimiento mínimo y a un costo muy bajo.

Los controladores lógicos programables han sido diseñados para ser utilizados en medios industriales bastante exigentes, en donde otra tecnología de control ha fracasado. La utilización de computadoras personales integrados con software de control y adquisición de datos han tenido un significativo aumento en los últimos tiempos debido a la necesidad de interactuar con los procesos de producción; y obtener la información de las variables en tiempo real de los controladores lógico programables en interfaces gráficas, han dado como resultado que hoy se pueda controlar libremente las señales de los equipos, cambiar y

alterar los parámetros nominales del control, realizar análisis de producción en línea, generar reportes de producción para corregir cualquier cambio que altere los parámetros ideales del control.

El software SCADA Intouch, es una poderosísima herramienta de visualización de procesos industriales que corre bajo ambiente Windows. Permite a supervisores y administradores visualizar datos del área de producción en tiempo real desde un PC, desde cualquier lugar de la planta.

## **2.2 Sistema de bombeo sumergible.**

### **2.2.1 Descripción general.**

Un sistema de bombeo sumergible se basa en la extracción de agua mediante el uso de bomba y motor eléctrico acoplados en forma compacta, de modo que ambos funcionan sumergidos en el punto de captación, alimentado desde la superficie a través de un cable de potencia sumergidos dentro del fluido; se emplean casi exclusivamente en pozos muy profundos.

Una bomba sumergible es una bomba que tiene un motor sellado a la carcasa. El conjunto se sumerge en el líquido a bombear. La ventaja de este tipo de bomba es que puede proporcionar una fuerza de elevación significativa pues no depende de la presión de aire externa para hacer ascender el líquido.

Estas bombas tienen la desventaja de poseer eficiencia relativamente bajas, por lo cual, aun cuando su costo puede ser relativamente bajo, el costo de operación es elevado por su alto consumo de energía.

Otra desventaja es que al estar el motor y la bomba sumergidos, no existe forma de llegar a ellos cuando están instalados, en otras palabras la unidad no es susceptible de recibir mantenimiento sin paralizar el bombeo [1].

Los motores sumergibles están concebidos con velocidades de operación altas y son máquinas muy rígidas con respecto a la misma, no es factible hacer regulaciones durante la operación para variar la velocidad.

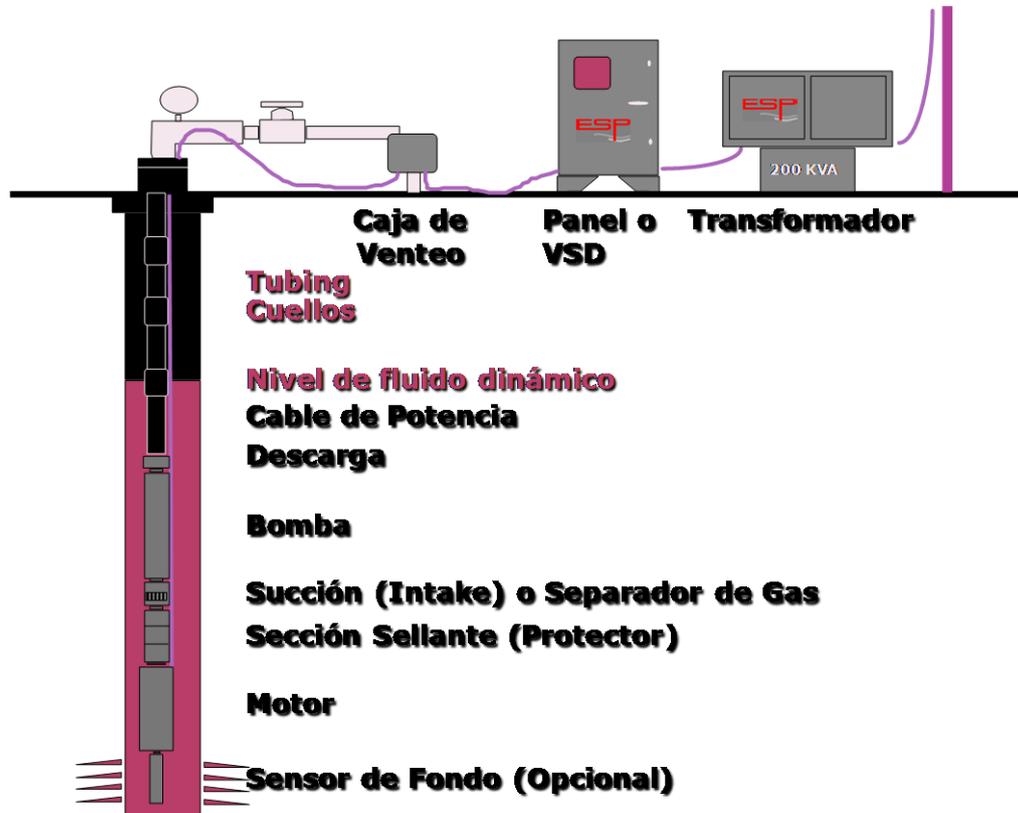


Figura 2.1 Sistema de bombeo sumergible.

### 2.2.2 Características y funcionamiento.

Un sistema de sellos mecánicos se utiliza para prevenir que el líquido que se bombea entre en el motor causando un cortocircuito. La bomba se puede conectar con un tubo, manguera flexible o poner abajo de los carriles o de los alambres de guía de modo que la bomba se asiente en un acoplador, de tal forma conectándola con la tubería de salida.

El sistema consiste en un número de rodets o platos giratorios instalados en serie para aumentar la presión. La energía para hacer girar la bomba proviene de una red eléctrica de alta tensión que acciona un motor especialmente diseñado para trabajar a temperaturas de hasta 150 °C.

Se requiere atención especial al tipo de bomba sumergible utilizado cuando se usan ciertos tipos de líquidos. En la mayoría de las aplicaciones se utilizan motores asíncronos de corriente alterna que accionan una bomba centrífuga radial, que puede ser de varias etapas conectadas en serie.

Las bombas sumergibles pueden trabajar también con tubería de aspiración, colocando la bomba por encima del nivel del depósito. Sin embargo, para funcionar tienen que estar cebadas, esto es, con líquido, de forma que la columna de líquido comunique la bomba con el depósito.

La tubería de aspiración no puede ser excesivamente alta para que no disminuya excesivamente la presión en la bomba y evitar la cavitación. El líquido bombeado, al circular alrededor del motor, también refrigera a éste. Para que los depósitos se refresquen.

Además, si la bomba está situada fuera del depósito, existe la posibilidad de que se produzcan fugas de gasolina y pueda causar un incendio. En algunos tipos de bomba no están preparados para ciertas aplicaciones, como el bombeo de líquido caliente o líquidos inflamables.

### **2.2.3 Aplicaciones.**

Las bombas de etapa simple se utilizan para el drenaje, el bombeo de aguas residuales, el bombeo industrial general y el bombeo de la mezcla.

Las bombas sumergibles se colocan habitualmente en la parte inferior de los depósitos de combustible y también se utilizan para la extracción de agua de pozos.

Las bombas sumergibles también se utilizan en depósitos de combustible. Aumentando la presión en el fondo del depósito, se puede elevar el líquido más fácilmente que aspirándolo (succión) desde arriba.

Los modelos más avanzados incluyen un separador de agua/aceite que permite reinyectar en el yacimiento sin necesidad de subirla a la superficie.

### 2.3 El controlador lógico programable.

Un controlador lógico programable (PLC) es una máquina electrónica diseñada para controlar en tiempo real y en un medio industrial procesos secuenciales. Realiza funciones lógicas, temporizaciones, conteos y otras más potentes como cálculos, regulaciones, etc.



Figura 2.2 Controlador lógico programable.

Se puede decir entonces que un PLC es un aparato en el que existen unos terminales de entrada a los que se conectan pulsadores, interruptores de fin de carrera, fotocélulas, sensores, detectores, etc.; tienen además unas terminales de salida a los que se conectan lámparas indicadoras, electroválvulas, motores, contactores, etc.; de tal forma que la actuación de estos últimos está en función de las señales de entrada que estén activadas y de un programa almacenado en el PLC.

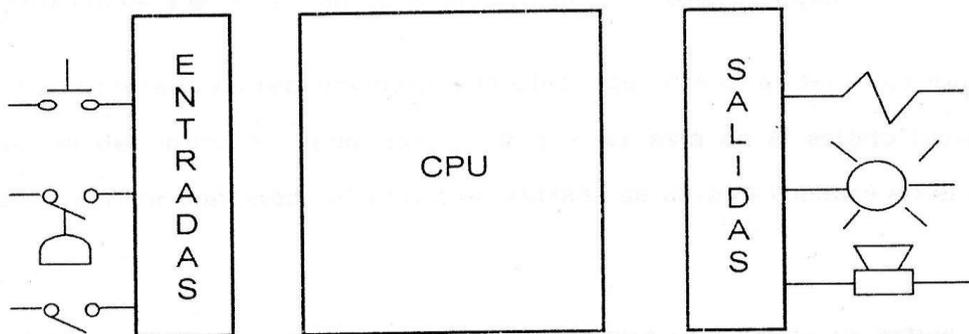


Figura 2.3 Elementos de entradas/salidas y funciones del PLC.

### 2.3.1 Estructura de un PLC.

Un controlador lógico programable está constituido por un conjunto de tarjetas o de circuitos impresos, sobre los cuales están ubicados componentes electrónicos.

El controlador lógico programable tiene la estructura típica de muchos sistemas programables, como por ejemplo una microcomputadora. La estructura básica del hardware de un PLC está constituido por [2]:

- Fuente de alimentación.
- Unidad de procesamiento central (CPU).
- Módulos de interfases de entradas/salidas (E/S) (I/O).
- Módulos de memorias.
- Unidad de programación.
- En algunos casos cuando el trabajo que debe realizar el controlador es más exigente, se incluyen módulos inteligentes.

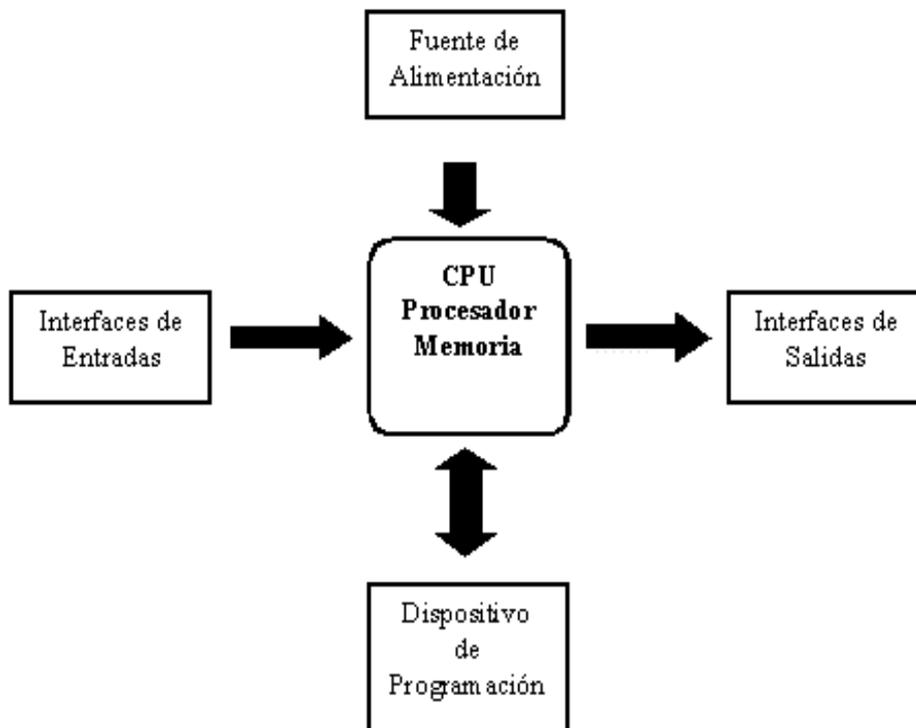


Figura 2.4 Estructura de un PLC.

## La Unidad central de procesamiento (CPU).

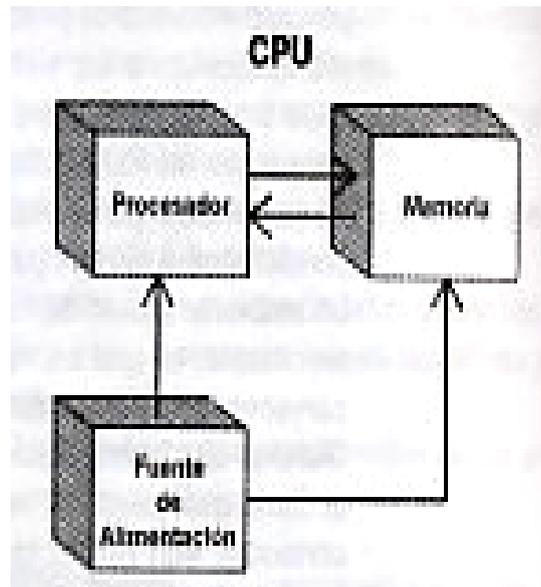


Figura 2.5 Partes principales de la CPU.

En la figura 2.5 se puede observar un esquema simplificado que representa las partes principales de una CPU: El procesador, la memoria y la fuente de alimentación. Este conjunto de componentes le otorgan la inteligencia necesaria al controlador, la CPU lee la información en las entradas provenientes de diferentes dispositivos de sensores (pulsadores, finales de carrera, sensores inductivos, medidores de presión, etc.), ejecuta el programa de almacenando en la memoria y envía los comandos a las salidas para los dispositivos de control (pilotos luminosos, contactores, válvulas, solenoides, etc.)

### Fuente de alimentación.

La fuente de alimentación es la que provee de energía al CPU y al sistema de E/S. La selección y capacidad de la fuente está directamente relacionada con la configuración del sistema del PLC y éste a su vez con la aplicación.

- +5V para alimentar a todas las tarjetas
- +5.2V para alimentar al programador.
- +24V para los canales de lazo de corriente 20mA.

## **M e m o r i a .**

Todos los datos que el PLC maneja, su sistema operativo, el programa de aplicación, la tabla de estado de las E/S, etc., se almacenan en memorias separadas y de distintos tipos. Según el tipo y capacidad del PLC, este puede manejar mayor o menor cantidad de datos, y a su vez datos con formato más o menos extenso.

El formato con que se agrupan los datos puede ser en grupos de 8 bits llamados bytes o en grupos de 16 llamados Word.

La memoria total de un equipo tiene distintas zonas en las que se almacenan datos:

- Área de programas de aplicación o memoria de usuario.
- Registro de E/S discretas.
- Registro de E/S analógicas.
- Registro de temporizadores y contactores.
- Registro de variables.
- Área auxiliar.
- Sistema operativo.

Los fabricantes en general especifican la cantidad de memoria disponible para el programa de aplicación así como para datos (o la cantidad disponible para cada tipo de registros). Por lo tanto necesita una memoria con capacidad de almacenamiento permanente, como son las memorias ROM, EPROM o EEPROM.

En cambio, el programa de aplicación debe permanecer estable durante el funcionamiento del equipo, pero también debe poder ser alterado fácilmente para la eliminación de errores de un programa o para reprogramar el controlador de una nueva aplicación. Se utiliza entonces memorias RAM.

## **M ó d u l o s o i n t e r f a c e s d e e n t r a d a y s a l i d a ( e / s ) .**

Son los que proporciona el vínculo entre el CPU del controlador y los dispositivos de campo del sistema.

A través de ellos se origina el intercambio de información ya sea para la adquisición de datos o la de mando para el control de máquinas del proceso.

Debido a que existen gran variedad de dispositivos exteriores (captadores, actuadores, pulsadores, etc.), encontramos diferentes tipos de módulos de entrada y salidas, cada uno de los cuales sirve para manejar cierto tipo de señal (discreta o analógica) ha determinado valor de tensión o de corriente en DC o AC.

- Módulos de entradas discretas.
- Módulos de salidas discretas.
- Módulos de entrada analógica.
- Módulos de salida analógica.

**a) Módulos de entradas y salidas discretas.**

Las E/S discretas se caracterizan por presentar dos estados diferenciados: presencia o ausencia de tensión, relé abierto o cerrado, etc. Su estado se puede visualizar mediante indicadores tipo LED que se iluminan cuando hay señal en la entrada o cuando se activa la salida. Los niveles de tensión de las entradas más comunes son 5V CC, 24V CC/CA, 48V CC/CA y 220V CA.

A las entradas se conectan sensores, que pueden ser: pulsadores, llaves, termostatos, presostatos, límites de carrera, sensores de proximidad y otros elementos que generan señales binarias (on-off).

Las salidas comandan distintos equipos, por ejemplo: lámparas, sirenas y bocinas, contactores de mando de motores, válvulas solenoide, relés, transistores y triacs otros elementos comandados por señales binarias.

**b) Módulos de entrada y salida analógicos.**

Estos módulos convierten las señales de corriente o voltaje provenientes de procesos continuos, en un valor numérico, para ser utilizados numéricamente por la CPU.

Estos módulos se caracterizan por el número de canales de entrada o salida disponibles.

Las señales analógicas de entrada típicamente son: 1 – 5, 0 – 5, 0 – 10V DC. Este es el voltaje medido en los terminales de entrada analógica. Si el proceso transmite señales de corriente típicamente de 4 – 20 mA, esta señal es convertida de 2 – 5V DC, usando resistencias escalonadas conectadas a través de los terminales de entrada del módulo analógico.

La señal analógica es convertida en señal digital mediante el uso de convertidores

Los módulos de entrada analógicos son disponibles de 8 hasta 16 bits de resolución.

### **2.3.2 Principio de funcionamiento del controlador lógico programable.**

Para poder gobernar todo el sistema, el procesador necesita de un programa escrito por el fabricante. Este programa contiene el conjunto de instrucciones utilizado para ejecutar el programa de aplicación, una rutina de autodiagnóstico y el sistema básico de interacción con los periféricos: tarjetas de E/S, puertos de comunicaciones, etc. A este programa se le denomina:

**Programa ejecutivo o sistema operativo.**

El sistema operativo no es accesible al usuario y se encuentra almacenado en la memoria no volátil que forma parte de la CPU.

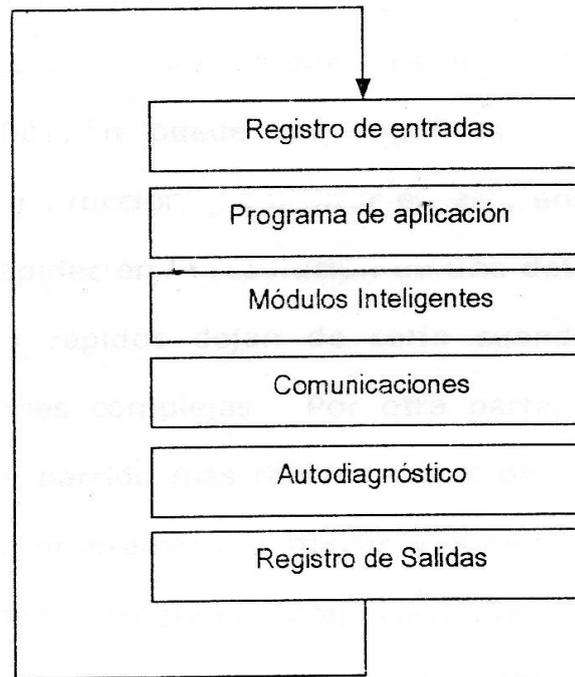
El PLC asigna tareas al procesador que son ejecutadas por éste en forma secuencial incesantemente mientras el equipo está conectado a la alimentación. Esta secuencia se denomina **barrido o “scan”**.

Una secuencia típica de barrido o scan consistiría en:

- Consultar el estado de las entradas y almacenar estos valores en la memoria.
- Resolver el programa de aplicación.
- Atender las comunicaciones con módulos inteligentes.
- Atender las comunicaciones de los puertos de la CPU.

- Ejecutar un autodiagnóstico.
- Actualizar las salidas a partir de los resultados almacenados en la memoria.
- Volver a empezar el ciclo.

El tiempo que necesita el procesador para llevar a cabo este ciclo se denomina **tiempo de barrido** o **“scan time.”**



**Figura 2.6** Ciclo de barrido de un PLC.

En la figura 2.6 muestra un ciclo básico de barrido que se ejecuta en un PLC. El ciclo de operación consiste de 2 partes. Existe el Scan del programa y un Scan de las entradas y salidas.

En el I/O Scan, los datos asociados con salidas externas son transferidos del archivo de datos de salida a los terminales de salida (estos datos fueron actualizados en el scan del programa precedente).

Adicionalmente, los terminales de entrada son examinados; y el estado de los bits asociados en el archivo de datos de entrada es cambiado concordantemente.

El I/O scan y el scan del programa son separados y funcionan independientemente. Entonces, cualquier cambio de estado que ocurra en los dispositivos de entrada externos durante el scan del programa, no son considerados sino hasta la próxima ejecución.

Similarm ente, el cambio de datos asociados con las salidas externas no son transferidos a las salidas sino hasta el próximo I/O scan; existiendo desde luego, excepciones para ciertas instrucciones.

La figura 2.7 muestra el principio de ejecución de un programa en el PLC .

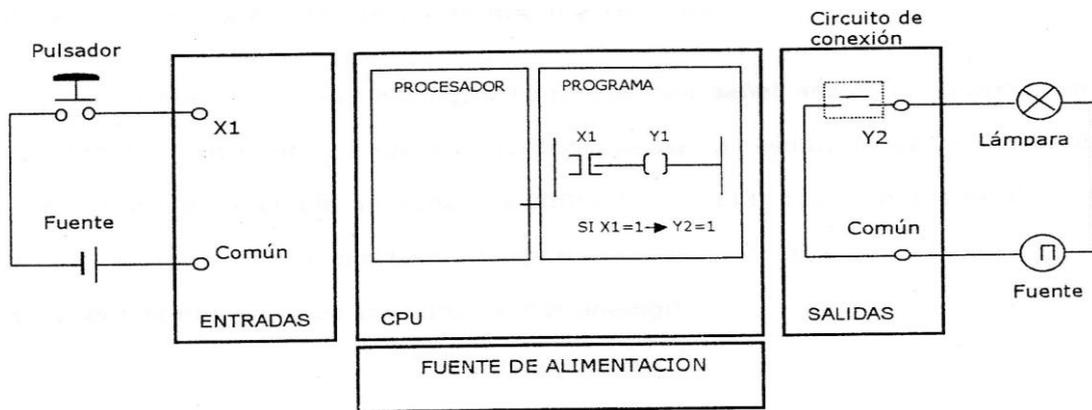


Figura 2.7 Principio de ejecución de un programa en el PLC .

### 2.3.3 Lenguaje de programación.

En la mayoría de controladores programables, el lenguaje de programación para programas de usuario, está concebido en forma de lenguaje de relés o diagrama de contactos (“ladder diagram”), que consiste en la representación gráfica de las tareas de automatización, mediante símbolos de circuitos eléctricos.

#### **Lógica en escaleras.**

La programación escalera son escalones (Rungs) individuales, cada una de las cuales contiene elementos de programación como: instrucciones y operandos. Otros fabricantes sin embargo, ofrecen otras opciones para la programación como: lista de instrucciones, diagrama de funciones, etc.

Este lenguaje de programación está basado en la descripción de lógicas utilizada por electricistas. Consiste en la representación del circuito utilizando contactos y bobinas, en forma similar a cuando se utilizan relés.

Los elementos básicos de programación son contactos (NA o NC, es decir, Normal Abiertos o Normal Cerrados, entendiéndose por normal la posición del contacto sin energizar) y bobinas.

Las operaciones booleanas básicas suma y producto se arman conectando apropiadamente estos contactos.

A estos elementos básicos se les adiciona contadores, temporizadores y otras instrucciones adicionales.



Figura 2.8 Diagrama de escalera.

El diagrama de escalera de la figura 2.8, muestra el circuito de autoalimentación de un relé, formado por 3 instrucciones de entrada (1 contacto NC y 2 contactos NA) y una instrucción de salida (bobina).

Nótese que cada instrucción en el diagrama tiene un operando o tipo de archivo (I, O) y una dirección (1/0, 2/0, 2/0).

Esta dirección identifica una localización de memoria en el archivo de datos del procesador, donde el estado "1" o "0" de cada instrucción es indicado.

El formato de presentación del operando y su dirección difiere de un fabricante a otro.

**Lenguaje secuencial de funciones.**

Es un método de análisis que consiste en descomponer un automatismo secuencial en una sucesión de etapas, a las que asocian acciones, transiciones y condiciones.

**GRAFTCET**

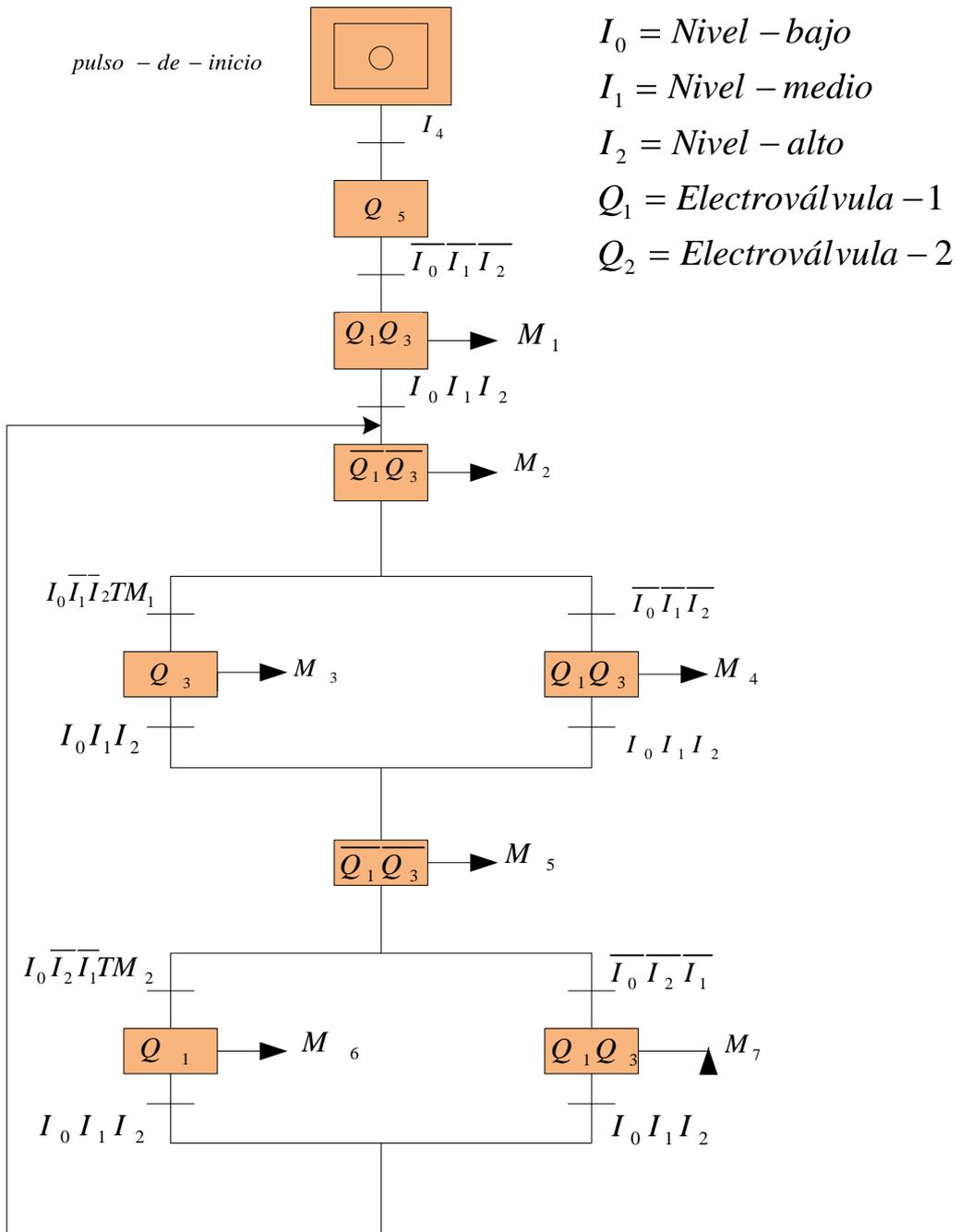


Figura 2.9 Lenguaje secuencial de función chart.

## **2.4 Canales de comunicación.**

### **2.4.1 Principios básicos.**

Los procesos industriales en la actualidad son parte de una estructura organizada que se encuentra cimentada sobre una columna formada por redes de comunicación, estas son las encargadas del transporte de información con el fin de efectuar acciones de control de manera rápida. Estas redes están formadas por un conjunto de dispositivos electrónicos que tienen la habilidad de comunicarse entre ellos, utilizando un medio físico y un idioma común.

La automatización de un proceso industrial requiere la implementación de una red cuando se necesita:

- Controlar un proceso entre varios PLCs.
- Compartir información del proceso.
- Conocer el estado de los dispositivos.
- Diagnosticar en forma remota.
- Transferir archivos.
- Reportar alarmas.
- Se puede afirmar que los componentes intervienen en una red son: dos o más dispositivos que tengan información para compartir.
- Un camino para la comunicación vínculo físico.
- Reglas de comunicación que determinan el lenguaje o protocolo.

### **2.4.2 Interfaces de comunicación.**

La comunicación maestro-esclavo es usual en muchas plantas industriales, para la integración de controladores lógicos programables con computadores personales.

En forma simplificada, el sistema consta de un computador personal en donde se puede alojar un sistema SCADA, al que llamaremos maestro, y un PLC al que llamaremos esclavo.

La diferencia básica entre el maestro y esclavo es que el maestro inicia las comunicaciones, mientras los esclavos sólo envían mensajes cuando el maestro así se los solicita. El proceso por el cual el maestro envía un mensaje, y recibe una respuesta del esclavo se denomina transacción.

Existen dos tipos de transacción:

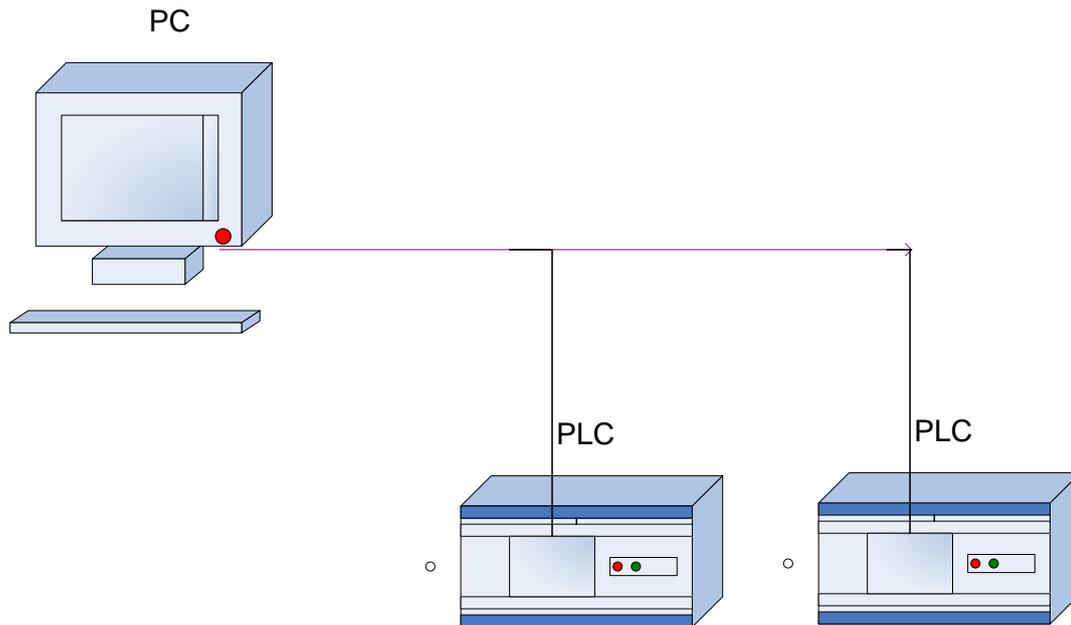


Figura 2.10 Integración de PLC's y una PC.

**Consulta respuesta (query/response):** El maestro transmite un mensaje a un esclavo determinado, el mismo que transmite una respuesta correspondiente al mensaje que recibió. Cada esclavo está identificado con una dirección (address) único en la red. Tanto el mensaje de consulta como el de respuesta contienen la dirección que identifica al esclavo al que fue dirigida la consulta. El mensaje que envía el maestro es escuchado por todos los esclavos, pero será contestado sólo por aquel esclavo cuya dirección coincida con la del mensaje.

**De difusión sin respuesta (broadcast/no response):** En este método el maestro transmite un mismo dato a todos los esclavos, en una sola transacción, y no recibe confirmación alguna del mensaje porque los esclavos no emiten mensaje de respuestas.

El maestro tiene capacidad de iniciar la transacción, y que los esclavos sólo hablan si este les ha preguntado algo. De esta forma, la relación maestro-esclavo es definitivamente una relación de jerarquía entre ambos equipos, al menos desde el punto de vista de las comunicaciones. Por razones de seguridad, es frecuente que el esquema maestro-esclavo se implemente utilizando únicamente transacciones consulta / respuesta.

La comunicación entre distintas estaciones se realizará en forma compatible utilizando un medio físico y un idioma común.

No es suficiente con ponerse de acuerdo sobre cómo han de ser las señales y cómo se han de transformar y enviar. La etapa siguiente consiste en ponerse de acuerdo sobre la forma de conectores, sobre los niveles de tensión que deberán manejar, lo que se conoce como el interfaz físico o eléctrico. Además, existe también el interfaz lógico, que define lo que significa cada señal.

**El interfaz físico o eléctrico;** define la manera de conectar el equipo, y entre otras cosas, el diseño de los conectores, también los niveles eléctricos y lo que éstos significan (unos y ceros).

En relación a los aspectos mecánicos, eléctricos y funcionales de la comunicación, la implementación de un esquema maestro-esclavo se basa con frecuencia en las normas RS-232 ó RS-485, que serán descritas a continuación.

**Interfaz standard RS 232 C.** El nombre de este interfaz viene de la norma RS 232 C definida por la Asociación de Industrias Electrónicas (Electronic Industry Association, EIA).

Esta norma fue diseñada para comunicación punto a punto, en donde se tiene una computadora (en la norma RS232 se le denomina DTE, Data Terminal Equipment) que se encuentra transmitiendo hacia un equipo esclavo (normalmente conocido como DCE, Data Communications Equipment) ubicado a una distancia no mayor a 15 metros, y a una velocidad máxima de 19,200 bps. Este tipo de transmisión se le conoce como "single ended"

porque usa en el cable la señal de transmisión, la recepción, las señales de control y un solo retorno. Es un modo de transmisión muy simple, pero también muy vulnerable al ruido aditivo en la línea y únicamente es empleada para comunicación punto a punto.

Originalmente la norma RS232 fue diseñada para comunicar a una computadora (DTE) con su módem (DCE), pero actualmente se usa también para comunicación entre dos computadoras, o bien una computadora con una Unidad Terminal Remota, UTR. Para la conexión por cable, se utiliza un conector DB9, con nueve señales, como el mostrado en las figuras. Adicionalmente a la señal de datos transmitidos y datos recibidos, la norma RS232 incluye definiciones para señales de control (en inglés "handshake signals") que se usan para varias funciones auxiliares en el protocolo de envío y recepción de datos, así como para el diagnóstico de fallas. Todas estas líneas tienen como referencia un cable común (señal de tierra)

Prácticamente todas las computadoras personales actuales poseen al menos un puerto serial RS232 para establecer comunicación con diferentes dispositivos.

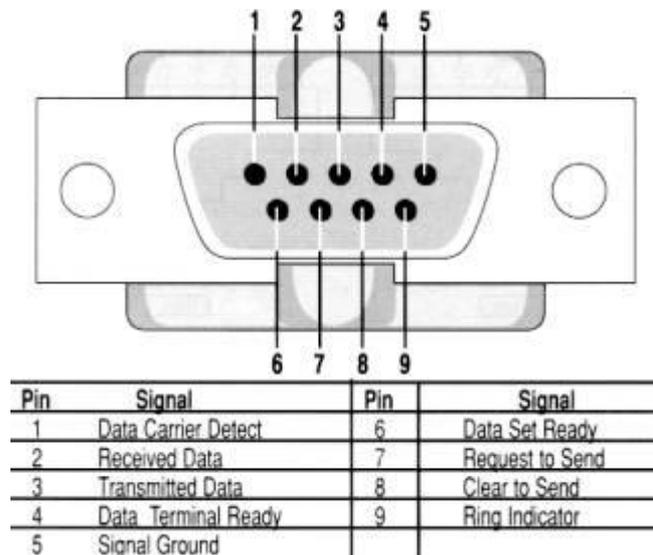


Figura 2.11 Interfaz RS-232.

**Interfaz estándar RS-485:** Esta norma es completamente diferente de la norma RS-232 porque éstas definen un modo de transmisión diferencial. Cada señal de datos es transmitida a través de dos cables, y no tiene referencia a tierra, Cuando se requieren

mayores distancias y velocidades de transmisión, entonces deben de emplearse la norma RS485. Además, esta norma permite también la transmisión multipunto, es decir una computadora central conectada con varias UTR. Dado que la computadora central típicamente tiene como salida la interfaz RS232, se hace necesaria la conexión de un módulo convertidor RS232 a 485, objeto del presente proyecto.

La transmisión diferencial permite velocidades de hasta 10 Mbps, sobre distancias de hasta 1.3 km s. Se usan dos señales para transmitir y dos para recibir, además de la tierra, la cual es normalmente conectada al blindaje del cable. En cada par, viajan la señal de transmisión y su complemento. En el receptor, la señal original se obtiene restando una de la otra. Esta técnica reduce grandemente el ruido generado en la línea, ya que éste se induce por igual en ambas líneas del par y es al final cancelado. Este tipo de transmisión debe de hacerse siempre sobre cable del tipo "par trenzado" (twisted pairs).

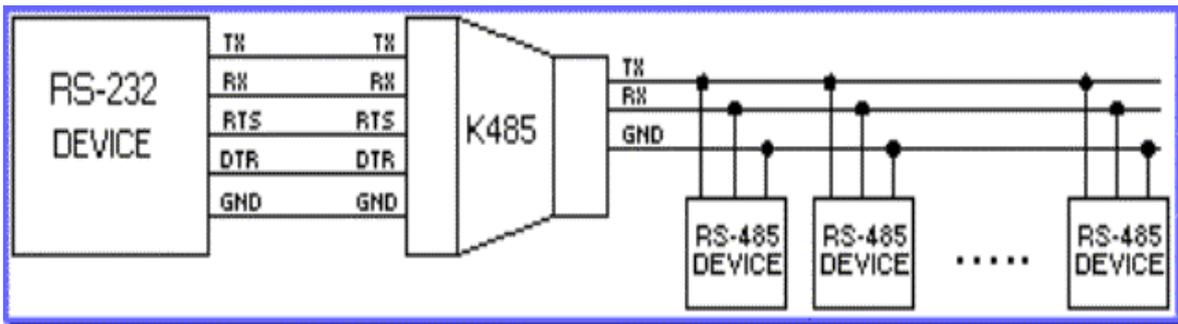


Figura 2.12 Interfaz RS-485.

## 2.5 Protocolos de comunicación.

Una vez definida la conexión física para poder transferir información entre los dispositivos o sistemas, debe existir un formato para los datos y una estrategia de sincronización de cómo se envía y recepta los mensajes, incluyendo la detección y corrección de los errores. En un enlace de datos se presentan bloques que cumplen diferentes funciones.

La transferencia ordenada de información en un enlace de comunicación se logra por medio de un Protocolo de Comunicación.

**Protocolo.**

Se define al conjunto de reglas detalles y especificaciones técnicas del lenguaje que utilizan los equipos para comunicarse entre sí y resolver el problema de comunicación.

Un protocolo regula el orden y la sincronización de las señales, como se inicia la comunicación, como se termina, a quien le toca emitir o recibir, cómo se confirma la recepción del mensaje. etc.

El objetivo es establecer una conexión entre DTE's, identificando el emisor y el receptor, asegurando que todos los mensajes se transfieran correctamente y controlando toda la transferencia de datos que permiten el enlace de datos.

Los modos de operación, la estructura de los mensajes, los tipos de solicitudes y respuestas, constituyen las diferentes piezas constructivas de un protocolo, para este caso Modbus. Los equipos, las conexiones, los cables, repetidoras, etc., constituyen el soporte físico como son: el cable conversor RS 485- RS 232C y los puertos de comunicación del PC y PLC.

Cada protocolo está optimizado para diferentes niveles de automatización y en consecuencia responden al interés de diferentes proveedores.

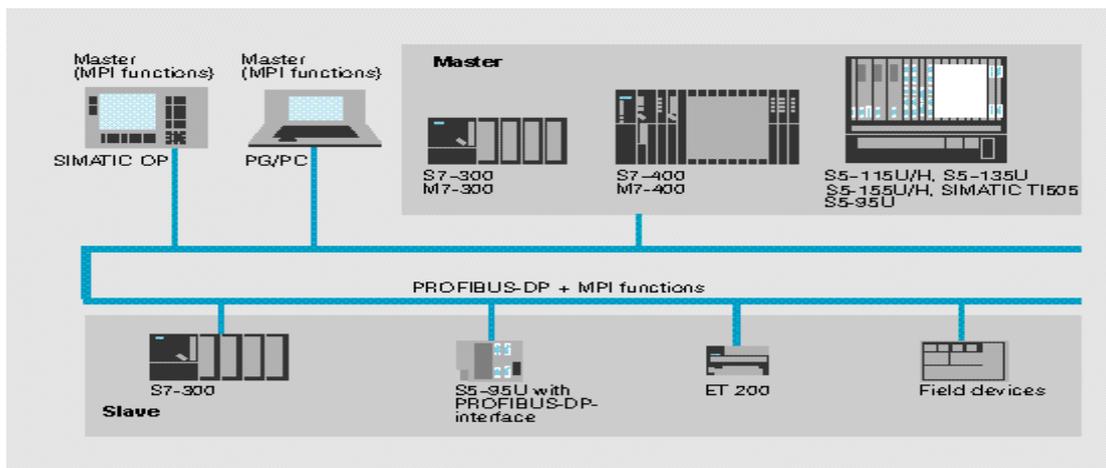


Figura 2.13 Ejemplo de un sistema de comunicación.

Cada protocolo tiene un rango de aplicación, fuera del mismo disminuye el rendimiento y aumenta la relación costo / prestación. En muchos casos no se trata de protocolos que compitan entre si, sino que se complementan, cuando se trata de una arquitectura de un sistema de comunicación de varios niveles.

#### **Protocolo modbus.**

Los controladores programables Modicon pueden comunicarse entre ellos y con otros dispositivos sobre una variedad de redes industriales Modicon-Modbus y Modbus Plus, y redes estándar como MAP y Ethernet. Las redes acceden por los puertos incorporados en los controladores o por adaptadores de red, módulos opcionales, y otras interfaces disponibles de Modicon.

El lenguaje común utilizado por todos los controladores Modicon es el Protocolo Modbus. Este protocolo define una estructura de mensaje que los controladores reconocerán y utilizarán, independientemente del tipo de red sobre la que se comuniquen.

El protocolo de Modbus provee el estándar interno que usa los controladores de Modicon para pasarse mensajes. Durante las comunicaciones en una red Modbus, el protocolo determina como cada controlador conocerá su dirección de dispositivo, reconocerá un mensaje dirigido a él, la clase de acción a tomar, y extraer los datos u otra información contenida en el mensaje. Si se requiere una respuesta el controlador construirá el mensaje de respuesta y lo enviara utilizando el Protocolo Modbus.

#### **Transacciones en redes modbus.**

Los puertos estándar Modbus en controladores Modicon utilizan una interfase serie compatible con RS-232C que define conectores, cableado, niveles de señal, velocidad de transmisión en baudios. Los controladores pueden estar conectados directamente o a través de módem.

Los controladores se comunican utilizando técnicas maestro - esclavo, en las que solamente un dispositivo (el maestro) puede iniciar las transacciones (llamadas

"consultas"). Los otros dispositivos (esclavos) responden suministrando la información solicitada por el maestro, o tomando la acción solicitada en la consulta.

Los dispositivos maestros típicos incluyen procesadores tipo "host" y paneles de programación.

Los esclavos típicos son los controladores programables.

El maestro puede dirigirse a esclavos individualmente, o pueden lanzar un mensaje general para todos los esclavos. Los esclavos devuelven un mensaje (llamado "respuesta") a las consultas que le son dirigidas individualmente. No se devuelven respuestas a los mensajes de consulta general lanzados por el maestro.

El protocolo de Modbus establece el formato para la consulta del maestro mandando hacia el dispositivo (o emitiendo) la dirección, un código de operación que define la acción solicitada, alguna información adicional, y un campo de comprobación de error. El mensaje respuesta del esclavo también se construye utilizando formato de protocolo Modbus. Contiene campos que confirman la acción tomada, y o la información pedida, y el campo de comprobación de error. Si ocurre un error en la recepción del mensaje, o si el esclavo es incapaz de realizar la acción solicitada, el esclavo devuelve un mensaje de error como respuesta.

## **2.5 Sistema Scada Intouch.**

Intouch de Wonderware, provee una visión integrada simple de todo el control y recursos de información. Intouch permite a los ingenieros, supervisores, administradores y operadores visualizar e interactuar con el trabajo de una operación completa, mediante representaciones gráficas de los procesos de producción.

Dentro de sus características de funcionamiento se destaca la facilidad que brinda para configurar las aplicaciones. Los objetos y grupos de objetos pueden ser movidos, darles tamaño, y animados rápidamente. Herramientas poderosas para diseño orientado a objetos hacen fácil dibujar, arreglar, alinear, duplicar, combinar los objetos etc.

Las animaciones de objetos pueden ser combinadas para proveer tamaños complejos, color, movimiento y/o cambios de posición. Los Animation Links llamados así, incluyen entradas discretas, análogas y strings; sliders horizontales y verticales; pulsadores; botones para presentar y esconder ventanas; y otras herramientas más.

### **2.5.2 El Software Intouch.**

Intouch es un programa que permite crear interfaces entre hombre y computadora para el sistema operativo de Microsoft Windows. Este software consta de dos componentes principales, WindowMaker y WindowViewer.

**a) WindowMaker.** Es el entorno de programación donde se asignan a los gráficos que representan el proceso las condiciones de operación para crear ventanas de visualización animadas que pueden dar la posibilidad de ingresar nuevas condiciones al proceso. Estas ventanas de visualización se pueden conectar a sistemas industriales E/S y otras aplicaciones de Windows.

**b) Windowviewer.** Es el entorno de ejecución que se utiliza para mostrar las ventanas de gráficos creadas en WindowMaker.

#### **Software Intouch. Características**

- Mejora significativamente la eficiencia operacional.
- Aumenta dramáticamente la productividad de ingeniería.
- Propaga cambios eficientes a múltiples aplicaciones con SmartSymbols de Wonderware.
- Visualiza y controla operaciones con una impresionante facilidad de uso.
- Crea aplicaciones flexibles, ágiles y escalables.
- Mantiene tus opciones abiertas con una incomparable conectividad.
- Beneficia la comodidad del Software y Hardware pre-Integrado.
- El software Intouch ha alcanzado la Certificación "Diseñado para Windows" XP otorgada por Microsoft.

### **2.5.3 Funciones de Intouch.**

El software SCADA Intouch posee un grupo de funciones que aumentan su **rendimiento**. El sistema de elaboración de gráficos está orientado a objetos, logrando que éstos puedan moverse, redimensionarse y animarse de forma muy rápida y sencilla que los gráficos de mapa de bits. Las herramientas de desarrollo de gráficos permite la creación de rectángulos rellenos, círculos, elipses, polígonos, arcos y demás objetos cuya **forma solo es limitado por la imaginación del ingeniero**. El usuario tiene la posibilidad de ordenar los objetos gráficos basados en los siguientes comandos:

- Alinear arriba o abajo.
- Alinear a la izquierda o derecha.
- Alinear puntos centrales.
- Espacio vertical u horizontal.
- Enviar adelante o atrás.
- Rotar en sentido de las manecillas del reloj.
- Rotar en sentido contrario a las manecillas del reloj.
- Agrupar objetos.

El editor de gráficos permite la estratificación de los objetos con el fin de activarlos basado en ciertas condiciones del proceso. Las herramientas de desarrollo de gráficos permiten la función " deshacer / rehacer ", con un número configurable de niveles. El sistema es capaz de importar los archivos .DXF con la posibilidad de animar tales objetos. También se pueden importar dibujos e imágenes en el formato de archivo .BMP. Los objetos gráficos animados o los símbolos del proceso pueden copiarse de una ventana o pantalla a otra reteniendo todas sus características de animación consiguiendo así la eliminación del esfuerzo en la duplicación. Adicionalmente, es posible importar ventanas desde otra aplicación.

Así mismo WindowMaker cuenta con una gran variedad de librerías de objetos llamados Wizards, estas librerías incluyen imágenes muy útiles graficadas de una manera **muy elaborada**. La mayoría de estos objetos sólo requieren de ciertos parámetros de configuración para que representen imágenes reales y dinámicas del proceso.

Estos elementos pueden ser sliders, buttons, switches, frames, historical trends, pantalla para ingreso de valores, displays, etc.

#### 2.5.4 Diccionario de datos (Tagname Dictionary).

El diccionario de datos o tagname dictionary es el corazón de Intouch. Para crear la base de datos el Intouch requiere la información necesaria de todas las entradas y datos (**tagname**) que se han creado. Cada variable necesita ser asignada a un tipo de tagname. Un tagname es el nombre simbólico que es ingresado al diccionario de la base de datos.

Este nombre simbólico puede ser configurado (valor mínimo, máximo, alarmas, etc.) y definido con tipo específico, por ejemplo, un tagname DDE. El tagname DDE llega a ser el enlace entre Intouch, el servidor E/S y el mundo real. El diccionario de tagname es el mecanismo usado para ingresar la información necesaria acerca de las variables y entradas dentro de la base de datos.

Existen diferentes tipos de tagname de acuerdo a su uso. Por ejemplo si los valores de un tagname son leídos o escritos desde otra aplicación de Windows, como un servidor DDE, éste será un tagname tipo DDE. Debemos también conocer si el tagname es discreto, tal como una entrada o salida de un PLC, o un tag análogo como un registro de 16, 32 o 64 bits, estos tags son de dos tipos enteros y reales.

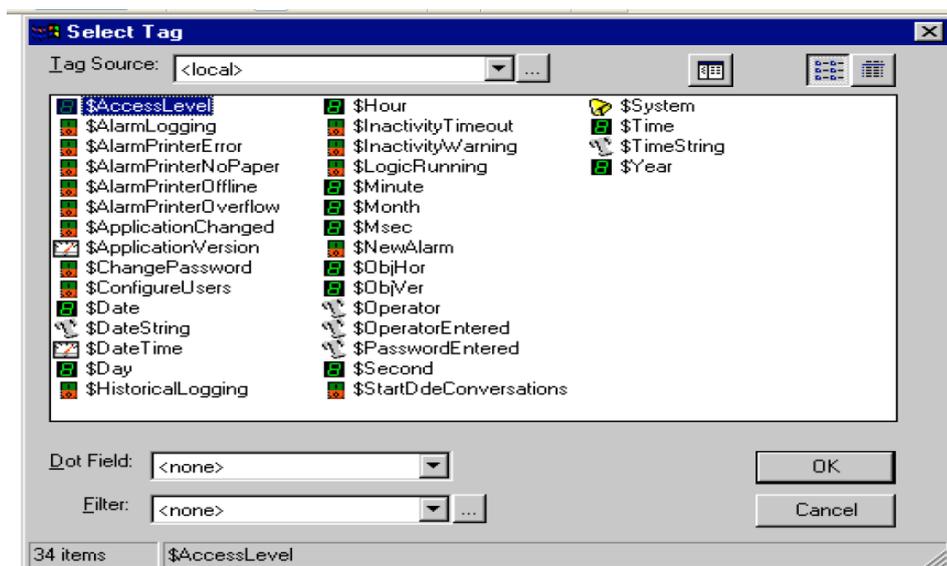


Figura. 2.15 Diferentes tipos de Tagnames.

En la figura 2.15, se muestran los diferentes tipos de tagnames. Los tagnames de memoria residen dentro del programa Intouch. Ellos pueden ser usados para crear constantes, demos y simulaciones, también para crear variables y poder acceder a otros programas de Windows.

En las simulaciones, los tagnames de memoria pueden ser usados para controlar las acciones de las escrituras lógicas (logic script). Por ejemplo, un tagname de memoria "CONTADOR" puede ser cambiado por medio de la acción de un pulsador, para causar varios efectos de animación.

Existen cuatro tipos de tagnames de memoria.

**Memoria Discreta:** Es un tagname interno discreto que puede tomar el valor de 0 (Falso, Apagado), o 1 (Verdadero, Encendido).

**Memoria Entera:** 32 bits que significa que el tagname puede tomar valores enteros entre - 2.147'438.648 y + 2.147'438.648.

**Memoria Real:** Con un punto flotante decimal. El valor de punto flotante deberá estar entre +/-  $3.4 e^{38}$

**Memoria Mensaje:** Tagname de texto que puede tener un largo de 131 caracteres. Todos los tagnames que leen y escriben valores hacia o desde otro programa de Windows son tagnames DDE. Estos incluyen todas las entradas y salidas desde controladores lógicos programables PLCs, computadoras de proceso, otros programas de Windows y desde nodos de red. Los tagnames DDE son ingresados por medio del protocolo de Microsoft Intercambio de Datos Dinámico.

**Access:** Es el nombre con el cual el Intouch identifica el camino de acceso a la información.

**Node Name:** Es la ruta en donde se encuentran residentes los servidores de datos o I/O Server, si los I/O Server se encuentran en la misma máquina este campo no necesita configurarse.

**Application Name:** Es el nombre del programa I/O Server que suministra la información al InTouch.

**Topic Name:** Es el nombre con el cual el Intouch genera el enlace con el I/O Server. El programa servidor al cual accede Intouch para tomar los valores que se originan en el PLC, y escribir en las entradas se llama Modbus, utilizando el protocolo de comunicación DDE.

Este servidor se comunica con una amplia lista de diferentes marcas de PLC's. Toma los valores directamente de la interfase de comunicación al que está conectado el PLC o la red. El Application Name del servidor es Modbus. Para empezar un proyecto se debe abrir un canal (Channel), archivo que inicia las comunicaciones con el PLC o la red. En un Channel pueden estar definidos varios PLC's cada uno con un Topic Name diferente. El Item Name será el nombre del TAG que representa alguna dirección en la memoria de datos del PLC.

En el Intouch se pueden desarrollar programas que se ejecutan en el software utilizando las memorias del PC. Estos programas son llamados "Scripts". Existen varios tipos de Scripts que pueden ejecutarse en el programa para controlar ciertas secuencias, así tenemos los Application Script, Condition Scripts, Windows Scripts, Key Scripts, Data Change, Quick Functions, ActiveX Event.

El Application Script es un programa principal que corre en toda la aplicación, mientras que los otros son subprogramas que se ejecutan siempre y cuando se cumplan las condiciones para que estos puedan arrancar.

Cuando otra aplicación bajo Windows requiere el valor de un dato de Intouch, el debe también saber los tres artículos de direccionamiento E/S. Para InTouch estas direcciones por convención son:

1. **VIEW** (application name) identifica el programa de runtime de Intouch que contiene el elemento dato.

2. **TAGNAME** (topic name) es la palabra usada cuando se lee / escribe sobre un tagname en la base de datos de Intouch.

3. **ACTUAL TAGNAME** (item name) es el actual tagname definido para el item Intouch Tagname Dictionary.

Una vez elaboradas las pantallas en WindowMaker, para iniciar la simulación del proceso se selecciona el runtime. El runtime es ejecutado por WindowViewer y se puede iniciar al seleccionar el acceso directo que se encuentra en la parte superior derecha de la pantalla de WindowMaker.

## CAPÍTULO III

### **3. DISEÑO DEL SISTEMA.**

#### **3.1 Introducción.**

En proyectos de automatización debemos recordar que todo el sistema de control y de proceso son las herramientas para llevar a cabo las tareas necesarias. El diseño de todo el sistema es el medio para realizarlas, por lo tanto se debe desarrollar una definición exacta de las funciones que el sistema va a realizar.

El diseño del sistema presenta una aplicación típica de un sistema de bombeo que es gobernada por un PLC, que se comunica por una red de comunicación Modbus RS 232, para ello se ha definido a la PC como maestro mientras al PLC como esclavo.

El PLC tiene residente en su CPU un programa que controla las variables del proceso e interactúa con ellas. Una vez que la información reside en el PLC éste envía hacia el sistema SCADA INTOUCH.

#### **3.2 Elementos de automatización utilizados en el sistema de bombeo.**

- Sistema SCADA Intouch.
- Controlador Lógico Programable PLC Twido TWDLCAA24DRF.
- Interfaz RS485 / RS232.

#### **Equipos auxiliares.**

- Sensores.
- Electroválvulas.
- Bomba.
- Botoneras.
- Luces piloto.

## **Sistema SCADA Intouch.**

En el desarrollo del sistema SCADA (Sistema de control y adquisición de datos), el HMI (Interfase hombre-máquina) juega un papel muy importante en la ejecución del sistema.

El primero involucra todas las pantallas de operación, ejecución y monitoreo de todo el proceso, y el segundo es donde reside toda las secuencias de operación del sistema, es el cerebro controlador de toda la lógica de proceso.

En el medio de la automatización industrial existen varios HMI desarrollados por distintas compañías, para el caso de nuestra tesis hemos usado el software Intouch 9.5 principalmente porque es el estándar y es el más utilizado en el país, aparte de su facilidad de manejo y por la compatibilidad que tiene con el PLC seleccionado, en este capítulo estudiaremos todo lo referente a este HMI, sus diferentes aspectos de uso, sus ventajas, características etc.

Intouch HMI para monitoreo y control de procesos industriales ofrece una sobresaliente facilidad de uso, creación y configuración de gráficos. Permite a los usuarios la creación y puesta en marcha de aplicaciones para la captura de información en tiempo real. Las aplicaciones creadas con Intouch son lo suficientemente flexibles para cubrir las necesidades y permitir su ampliación para el acondicionamiento a futuros requerimientos.

## **PLC Twido.**

A continuación se presenta una descripción del PLC Twido compacto (TWDLCA A24DRF), utilizado para la construcción del módulo.

Las entradas salidas E/S discretas, sin embargo hay determinadas E/S que se pueden asignar a tareas específicas durante la configuración, como:

Entrada ejecutar / Detener.

Salidas de estado del controlador

El controlador Twido dispone de un puerto serial que se utiliza para comunicar con el software TWIDO SOF 3.2 versión a utilizar en este proyecto es un conjunto de herramientas y ambiente de aplicaciones basado en entorno Windows para desarrollo de programas en un entorno de diseño gráfico que permite crear, configurar y gestionar las aplicaciones de los autómatas programables que funciona con el sistema operativo Microsoft Windows en sus más reconocidas versiones.

**Características técnicas.**



**Figura 3.1 PLC Twido.**

A continuación se presenta una descripción del PLC Twido, su función principal y las conexiones necesarias para la construcción del módulo.

**Tabla 3.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.**

Número de I/O	Entradas	Salidas	Memoria Programa	Peso Kg.
24 I/O	14 / 24 V CD	10 salidas de relé	3000 instrucciones	0.305

**Interfaz RS232 a RS485**

Para conectarse al sistema SCADA se utiliza una interfaz RS232/RS485 que es el enlace físico entre PLC y la PC.

### **Características técnicas RS232**

- Máxima longitud de cable: 15mts aprox.
- Conector DTE debe ser macho y el conector DCE hembra.
- Máxima velocidad de transmisión: 300 hasta 9600 bps.
- Los voltajes mas usados son: +12V / -12V, +9V / -9V.
- Sensibilidad de entrada:  $\pm 3V$ .

### **Características técnicas RS485.**

- Máxima velocidad de transmisión: 100 kbps hasta 1200 m y de 10 Mbps hasta 12m.
- Señal máxima 6 V y de cómo mínimo 200mV.

### **Comparación entre RS232 y RS485.**

- El uso de tenciones elevadas de hasta 15 V de RS232 y de circuitos no balanceados hace que sea susceptibles al ruido.
- En cambio en RS485 se utiliza voltajes de cómo máximos 6 V y circuitos balanceados por lo que se reduce el factor del ruido.
- Con RS485 se permite conectar hasta 64 dispositivos.
- Permite pasar e una comunicación RS232 a una RS485 y viceversa.
- El dispositivo al que se conecta el conversor debe realizar el control RTS.
- Los puertos RS232 y RS485 están optoaclopados.

### **La comunicación**

El estudio de las redes y los protocolos de comunicación nos permitirá conocer los parámetros necesarios para seleccionar la topología o red de comunicación acorde a los requerimientos del proceso.

Una topología de red está conformada por un conjunto de dispositivos electrónicos tales como puentes, cables de datos, tarjetas de comunicación, etc. que tienen la habilidad de

comunicarse entre ellos, utilizando un medio físico y un idioma común conocido como protocolo.

#### **Protocolo Modbus.**

Modbus es un protocolo master/slave, la PC modbus inicia una transmisión de solicitudes, esperando una respuesta desde el PLC esclavo. El PLC esclavo responde a las solicitudes y es modo de comunicación predeterminado si no hay ninguna comunicación configurada.

#### **Sensores.**

Los sensores son elementos de un sistema que conecta a los controladores lógicos programables con su entorno físico. Su función es obtener señales eléctricas utilizables en respuesta a magnitudes físicas que pueden ser medidas.

Según la forma de su señal los sensores pueden ser analógicos o digitales. El acondicionamiento de la señal de salida de los sensores digitales es mucho más simple que la de los analógicos, pero son pocos los dispositivos capaces de dar directamente una salida digital en respuesta a una magnitud física de entrada.

Los más conocidos en la industria son los siguientes:

- Sensor inductivo.
- Sensor capacitivo.
- Sensor fotoelectrónico.
- Emisor – receptor.
- Reflex.
- Barrera.
- Presóstatos.
- Termóstatos.
- Sensores de nivel por sondas o contacto.
- Microswitchs.
- Vibraswitchs.

Los sensores digitales dan una señal eléctrica on-off que indica el estado del sensor.

En cambio los sensores analógicos que más se utilizan en la industria son los siguientes:

- Sensor de presión.
- Sensor de temperatura.
- Sensores de nivel.
- Ultrasonido.
- Radar.
- Capacitivo.
- Sensores de caudal.
- Medidores magnéticos.
- Medidores másicos.
- Medidores de ultrasonido.
- Sensores de desplazamiento lineal o angular.
- Encoder.
- Tacómetros.

Estos sensores nos entregan una señal análoga de corriente (4... 20 mA) o de voltaje de (0... 10 V) que reflejan una magnitud física variable.

#### **Electroválvula:**

Una electroválvula es un dispositivo diseñado para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería.

Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula, Las electroválvulas pueden ser cerradas en reposo o normalmente cerradas lo cual quiere decir que cuando falla la alimentación eléctrica quedan cerradas o bien pueden ser del tipo abiertas en reposo o normalmente abiertas que quedan abiertas cuando no hay alimentación.

Hay electroválvulas que en lugar de abrir y cerrar lo que hacen es conmutar la entrada entre dos salidas. Este tipo de electroválvulas a menudo se usan en los sistemas de

calefacción por zonas lo que permite calentar varias zonas de forma independiente utilizando una sola bomba de circulación: Alimentación 110 V -60Hz.

#### **Bom ba :**

La bomba de agua que se utiliza para el sistema es una centrífuga que consta de un motor de ½ HP. Alimentación 110V -60Hz, potencia 0.37 Kw, Hmax 33m .

### **3.3 Diseño de la arquitectura de control.**

La arquitectura de control que se ha planteado para este módulo es el indicado a continuación.



**Figura 3.2 A rquitectura de control.**

#### **3.3.1 Diseño del circuito eléctrico de fuerza y control.**

Siempre que se desarrolla un proyecto de automatización se debe llevar una secuencia lógica de ejecución del proyecto. Uno de ellos es la esquematización eléctrica de sus componentes para ello es indispensable que el proyectista desarrolle toda la conexión eléctrica de los elementos que van a estar involucrados en el sistema de control.

En el Anexo C se adjuntan todos los planos de diseño que se elaboraron para este módulo.

### 3.4 Ensamblaje del sistema de bombeo.

El módulo del sistema de bombeo para su ensamblado tiene una distribución de acuerdo a lo que es el circuito de control y circuito de potencia, por esta razón su ensamblaje fue dividido en dos módulos de prácticas:

- Módulo de control.
- Módulo de potencia.

#### Procedimiento del ensamblaje.

La distribución de los módulos nos ayudará a comprender como debemos empezar a conectar todos los equipos, y para llegar a esto debemos regirnos a un procedimiento que continuación explicaremos:

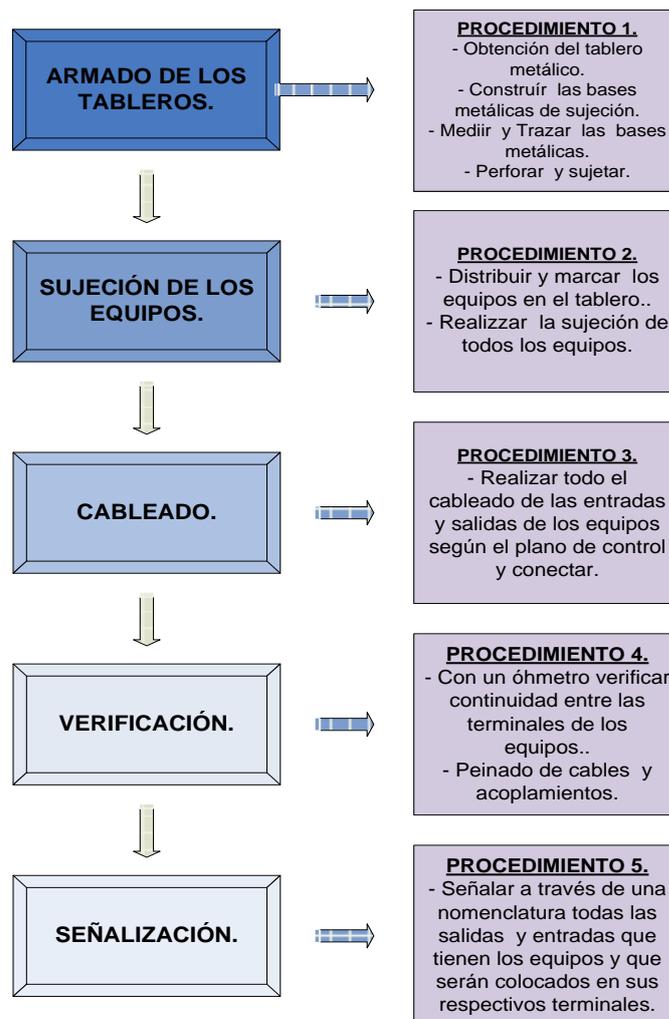


Figura 3.3 Procedimiento de ensamblaje.

### 3.5 Conformación del sistema.

El sistema de bombeo consta de dos módulos básicos los cuales al estar trabajando acoplados conforman todo un sistema.

Con este sistema lo que se desea explicar, es que si el circuito automático falla no se tendría problemas en el funcionamiento de los equipos, ya que en realidad al ocurrir esto, solo se perdería el monitoreo del sistema y equipo.

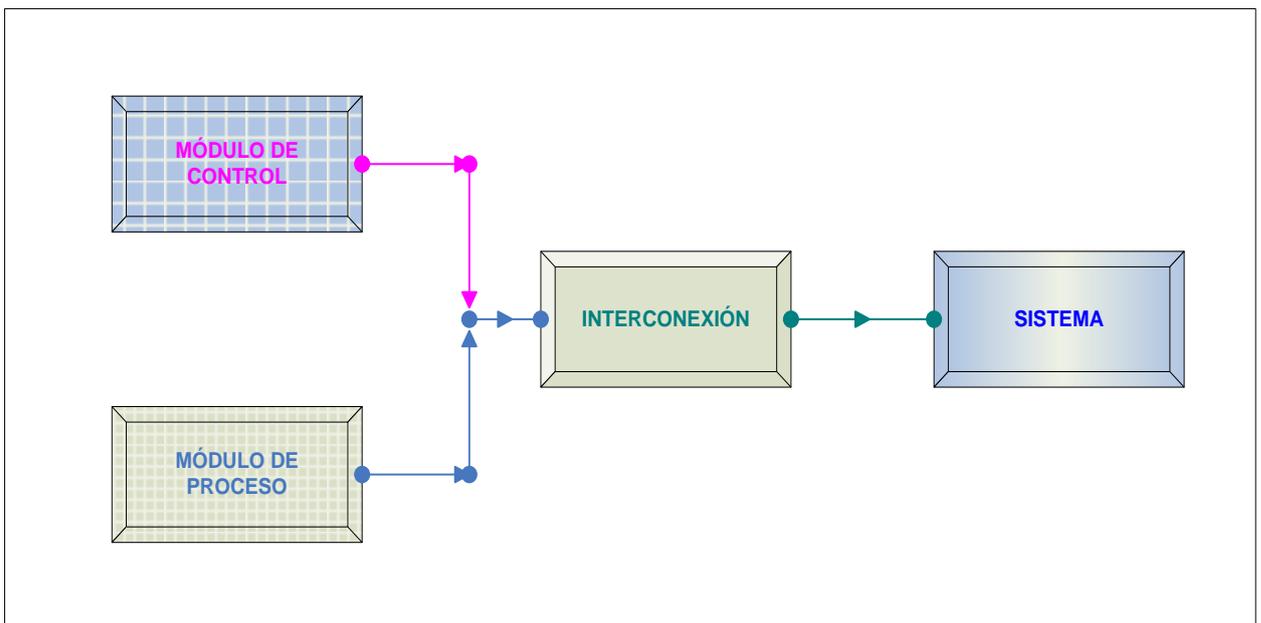


Figura 3.4 Conformación del sistema.

- Módulo de control.
- Módulo de proceso.

#### 3.5.1 Módulo de control.

El módulo de control consta de: una toma de alimentación monofásica, fusibles, un PLC réles, cable de alimentación para la transferencia de energía eléctrica para el PLC y para sus salidas de réles.

En el módulo de control el circuito que se encarga de controlar todas las magnitudes eléctricas, darles una dirección y función de acuerdo a la fuerza externa que se la aplique.

El circuito de control se maneja o administra bajas potencias.



Figura 3.5 M ó d u l o d e c o n t r o l .

### 3.5.2 M ó d u l o d e p r o c e s o .

El m ó d u l o d e p r o c e s o s e e n c u e n t r a c o n f o r m a d o , u n a b o m b a , d o s e l e c t r o v á l v u l a s , t r e s s e n s o r e s y l o s t a n q u e s d e a l i m e n t a c i ó n y l l e n a d o .

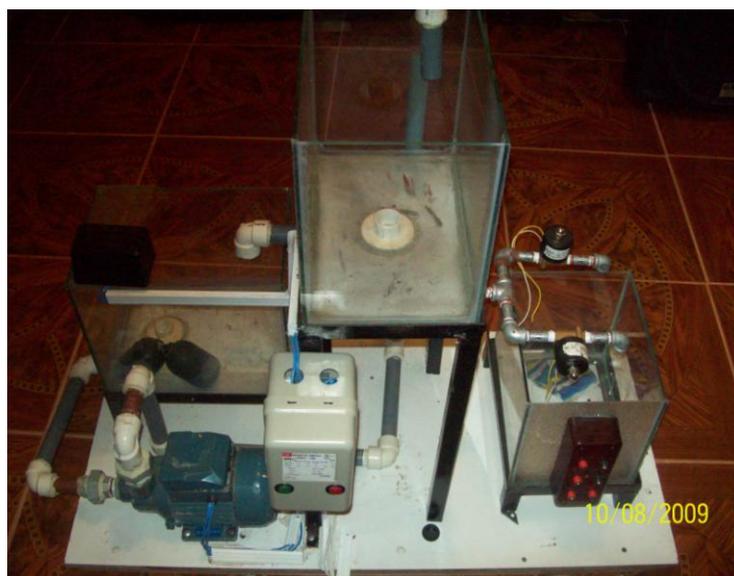


Figura 3.6 M ó d u l o d e p r o c e s o .

### 3.6 Descripción del funcionamiento del sistema.

#### **Operación manual:**

El accionamiento manual de los equipos se ha diseñado de tal manera que el mismo se lo realice con la intervención del hombre para controlar desde las botoneras de arranque y parada tanto de la bomba y electroválvulas con el fin de comandar el sistema en el caso que el PLC tuviera alguna falla. Esto implica que si uno de los circuitos deja de funcionar el otro podría seguir funcionando.

#### **Operación automática:**

El accionamiento automático tiene como característica el control de todo el sistema de bombeo por medio de un programa secuencial que ha sido configurado al PLC para gobernar el encendido y parada secuencial, así como también las paradas automáticas por falla del sistema.

El programa está diseñado de tal manera que en el nivel inferior active el motor y las dos electroválvulas hasta el llenado del tanque, el sensor superior envía la señal y los desactiva por consumo disminuye al nivel medio en donde el sensor del nivel medio envía la señal y apaga la una electroválvula hasta el nivel superior que vuelve a desactivarlos.

Este diseño fue considerado con el objetivo de tener en el sistema de equipos en stand -by facilitando el mantenimiento y evitando que se vaya a parar el proceso continuo.

Su funcionamiento empieza al mando de un computador que contiene el software de instalación del PLC en el cual se ingresa el circuito de control ya diseñado; una vez ingresado el circuito de control, este circuito o programa es cargado al PLC, para que éste a su vez pueda hacer correr el programa.

Después de haber cargado el programa al PLC, se procede a diseñar otro circuito de mando y monitoreo, el cual va hacer ingresado en el software Intouch; este programa es el encargado primero de tener un enlace y poder comandar las memorias del programa del

PLC, y segundo nos da la facilidad de monitorear y dar una imagen visual de cómo está constituido un sistema o sistemas que conforman todas las máquinas o máquina.

No hay que olvidar que para poder transferir datos entre el PC y el PLC tenemos que configurar el emisor y receptor.

Una vez cargado el programa al PLC y al software Intouch se procede a arrancar el PLC y se comprueba, primero, que el programa funcione sin errores; segundo, que exista una buena transferencia de datos y tercero que los equipos estén bien instalados y con la protección adecuada.

Además se observa que el circuito de potencia es alimentado a una fuente de 110 V, la cual es conectada a los contactos abiertos del relé, y finalmente a una bomba. La energización de las electroválvulas es controlado por los réles a través de las bobinas del mismo que son comandadas por el PLC; igualmente el sistema de control esta comandado por el PLC.

### **3.7 Funcionamiento del sistema de monitoreo del bombeo sumergible.**

#### **3.7.1 Sistema de monitoreo.**

El sistema de monitoreo se compone del software fundamental para la automatización, este software es llamado Intouch V 9.5, base fundamental del trabajo. Las ventanas para su control y monitoreo, dentro de ellas encontramos variables las cuales nos muestran en tiempo real los datos que necesitamos, como son: presión y nivel; logrando controlar dichas variables.

#### **Pantalla principal.**

Como se puede observar en el menú principal (figura 3-7) se encuentra la presentación del sistema, como también los accesos al panel de control, monitoreo, simulación, tendencias históricas, en tiempo real y las alarmas que tiene el sistema.



Figura. 3.7 Menú principal del proceso.

Panel de control de bombeo y monitoreo.

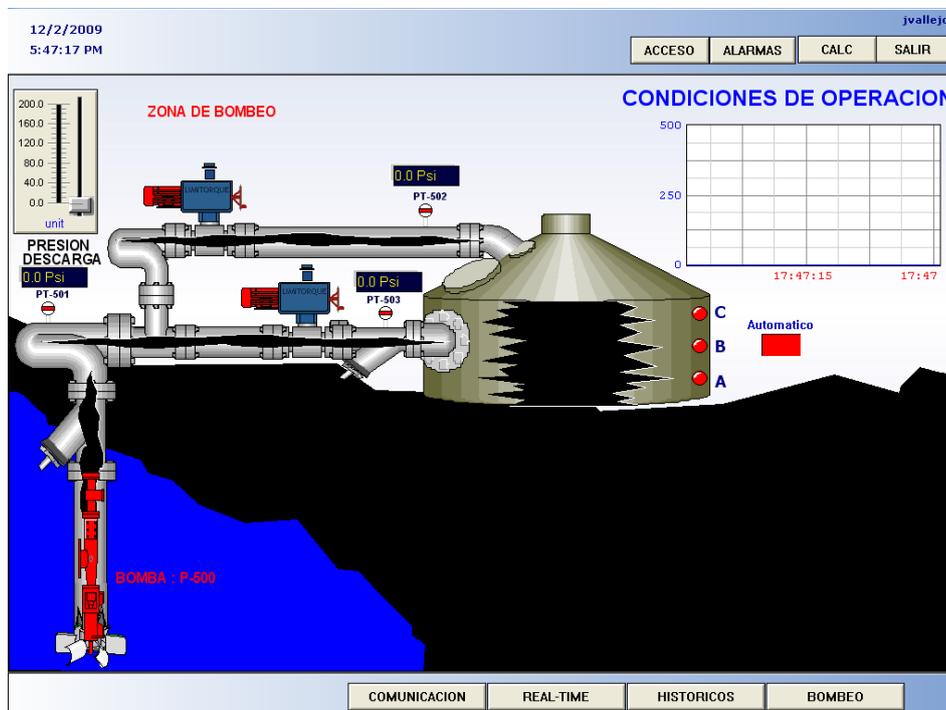


Figura. 3.8 Panel de control y monitoreo del proceso.

En figura 3.8 se puede observar el panel de control del proceso del sistema de automatización. En esta ventana, se presenta una visualización completa del sistema en tiempo real. Situado en el campo de producción en esta ventana principal el operario posee la capacidad de observar todas las variables a controlar en tiempo real; este funcionamiento es uno de los más usados en un sistema SCADA, ya que el operario verifica que el proceso se encuentre en buen estado.

En la figura encontramos tres etiquetas: Recipiente lleno, Recipiente Mínimo y Recipiente vacío, estas etiquetas no poseen ninguna aplicación, solo se muestra en diferentes colores según la variación del nivel.

En las etiquetas del lado izquierdo se muestra la variación de la presión, este es un tipo Display, y son valores en tiempo real, ya que a medida que varíe la presión en la tubería, se muestra el valor de dichas variables.

## CAPÍTULO IV

### 4. GUÍA DE OPERACIÓN Y DE PRÁCTICAS

#### 4.1 Instalación del Software Intouch.

La utilización de este software es bajo autorización de la empresa Elsystem de la ciudad de Quito, por lo tanto no se necesita ningún permiso adicional para su utilización.

Este software consta de dos CD's, el instalador del programa el # 1 y el parche con las herramientas el # 2.

#### **Procedimiento para la instalación del programa:**

Previamente, la computadora debe estar instalada o con Windows 2000 servi pack 4 o con Windows XP servi pack 2, cualquiera de los 2 sistemas operativos en **INGLÉS**.

Cree una cuenta de usuario con clave en la computadora que va a instalar, recuerde que para la instalación no debe olvidar el nombre de la cuenta, la clave y el nombre de la máquina.

Este último lo puede consultar, haciendo clic derecho con el mouse en el icono de Mi PC del escritorio y escogiendo la opción propiedades, allí encontraremos la pestaña que nos indicará el nombre de la máquina.

Se introduce en la computadora el CD # 1, se elige la carpeta Intouch 9.5 y se abre. Se desplegará la siguiente ventana que se encuentra en la figura 4.2.

Ahora se debe realizar doble clic en el archivo Setup que se encuentra junto a readme, cualquiera de los dos Setup funciona pero el que se menciona incluye Microsoft.NET Framework otro programa que necesita el software para trabajar[3].

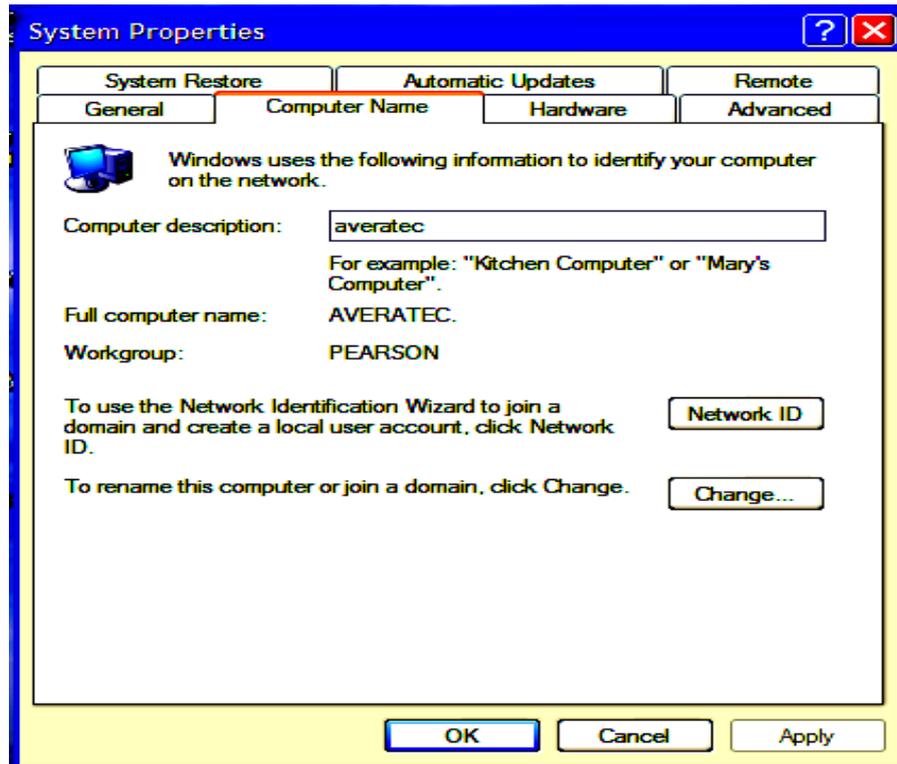


Figura 4.1 Ventana propiedades de sistema en una computadora.

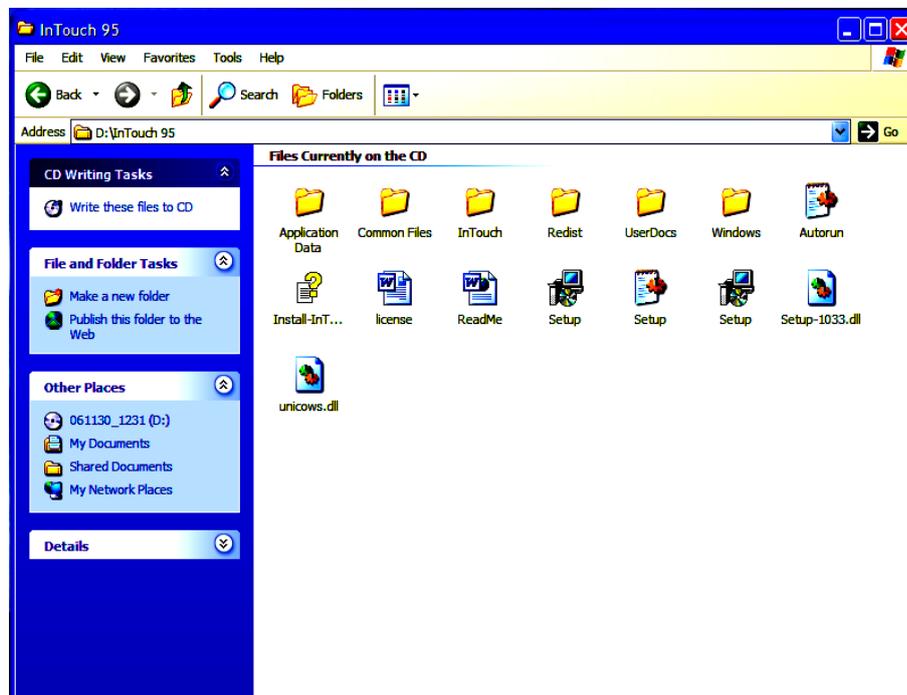


Figura 4.2 Ventana carpeta contenedora de Intouch 9.5.

Seguir, las instrucciones de la instalación y no debe olvidar colocar correctamente en el momento que lo pida el nombre de la máquina, de usuario y la contraseña.

Una vez terminada la instalación, NO reiniciar el equipo, y cerrar todas las ventanas que estén abiertas.

Se introduce ahora el CD # 2 para continuar la instalación. El CD arrancará solo.

Se desplegará la siguiente ventana, la cual se encuentra dividida en tres partes, el título, una ventana de sólo carpetas y a la derecha una ventana de información acerca de lo que contiene cada carpeta.



Figura 4.3 Ventana productos Wonderware Connectivity.

Seleccionar la opción Wonderware, y escoja el sub menú Factory Suite 2000 I/O Common Components, y en la ventana adjunta elija FS2K I/O Common Components, aparecerá una ventana en la cual debe seleccionar la pestaña run, y seguidamente debe seguir todas las instrucciones de instalación.



Figura 4.4 Cuadro de instalación de Factory Suite IO Common Components.

Una vez terminada esta instalación, tampoco reinicie el equipo, se han instalado los componentes y herramientas de Intouch.

NOTA: Tomar en cuenta que el programa es un demo y solamente funciona 2 horas, así que antes que se cumpla el tiempo guardar lo que esté haciendo para volver abrir el programa, solamente así no se caducará.

## 4.2 Instalación y preparación de TwidoSoft V 3.2.

### 4.2.1 ¿Qué es TwidoSoft?

El TwidoSoft V 3.2 es un conjunto de herramientas y ambiente de aplicaciones basado en entorno Windows para desarrollo de programas en un entorno de diseño gráfico que permite crear, configurar y gestionar las aplicaciones de los autómatas programables Twido, es un software de 32 bits para PC que funciona con el sistema operativo Microsoft Windows en sus más reconocidas versiones [4].

El software TwidoSoft utiliza una interface estándar que ofrece la facilidad de manejo del entorno Windows que ya les es familiar a los usuarios: ventanas, barras de herramientas, menús contextuales, pop-ups, ayudas contextuales, etc.

TwidoSoft ofrece además una serie de funcionalidades de carácter técnico que facilitan la programación y la configuración:

TwidoSoft es un entorno de desarrollo gráfico para crear, configurar y gestionar aplicaciones para los autómatas programables TwidoSoft es un programa basado en Windows de 32 bits para un ordenador personal (PC) que se ejecute con los sistemas operativos Microsoft Windows 98 segunda edición o Microsoft Windows 2000 profesional. Las versiones de TwidoSoft funcionan también con Microsoft Windows XP.



Figura 4.5 Logotipo de TwidoSoft V 3.2.

#### 4.2.2 Funciones del software.

Principales funciones del software TwidoSoft:

- Interfase estándar de Windows.
- Navegador de aplicación y vistas de varias ventanas.

- Soporte de programación y configuración.
- Comunicación con el autómeta.

#### **4.2.3 Interfase estándar de Windows.**

Funciones básicas estándar de Windows:

- 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.

#### **4.2.4 Programación y configuración.**

Principales funciones de programación y configuración:

- 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.

#### **4.2.5 Control y comunicaciones del autómeta.**

Principales funciones de TwidoSoft para soporte del autómeta:

- 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.

#### Instalación del TwidoSoft.

- Inserte el CD de twidoSoft en la computadora.
- El programa de instalación se abrirá automáticamente.
- Para su instalación no requiere ningún proceso especial.
- Elegir en todo momento siempre el idioma inglés, para que no exista conflicto con los otros programas.
- Siga el proceso de instalación de acuerdo a las instrucciones que vayan apareciendo.
- Al final de la instalación acepte la reiniciación de la computadora, para que el programa funcione correctamente.

Ahora se procede a dejar listo el TwidoSoft para comenzar a programar, y hacer doble clic con el mouse en el icono de TwidoSoft que aparece en el escritorio. En el menú File seleccione la opción New.

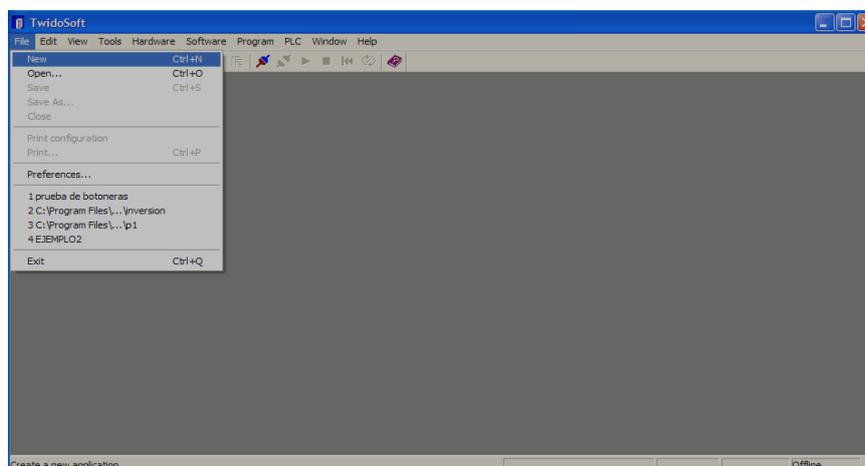


Figura 4.6 Ventana de nuevo proyecto en TwidoSoft.

Aparecerá una ventana con la información de administración de nivel funcional, que se utiliza para que el autómata tenga el más alto nivel de configuración, es decir que tenga todas las funciones habilitadas para ponerlo en funcionamiento, para las prácticas que vamos a realizar no tocamos nada de esta ventana.

Seleccionar O K .

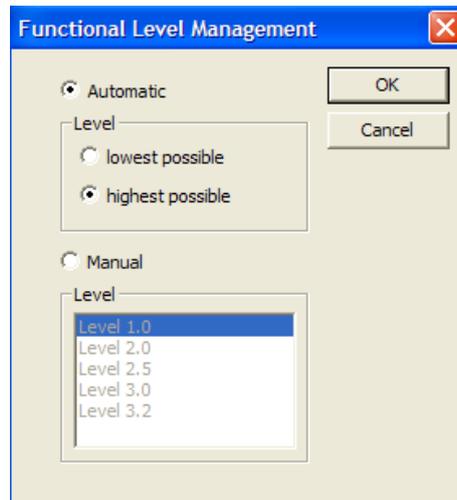


Figura 4.7 C uadro de administración de nivel funcional.

Esta es la ventana que sirve para realizar la programación ladder, pero seleccionar primero el tipo de controlador base que posee, para ello hacer clic derecho en el nombre del controlador base y seleccionar la opción Change Base Controller, tal como se muestra en la figura:

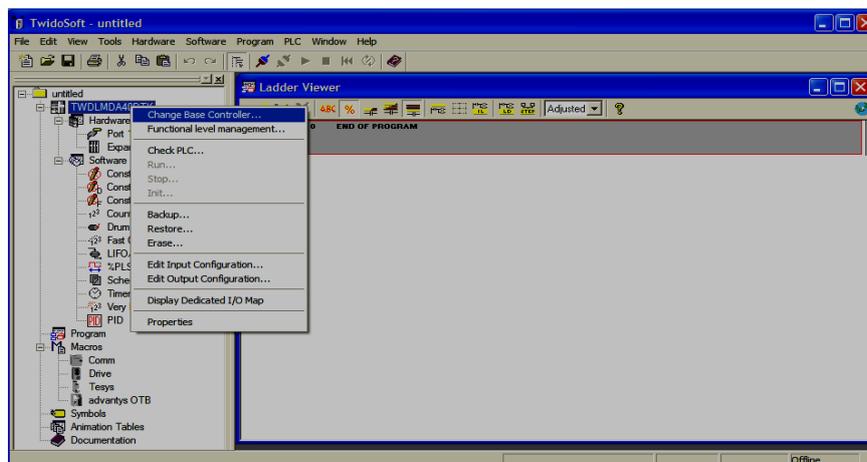


Figura 4.8 Opción para cambio de controlador base.

Elegir el controlador base TWDLCA24DRF (PLC que estamos utilizando), y hacer clic sobre la pestaña Change:

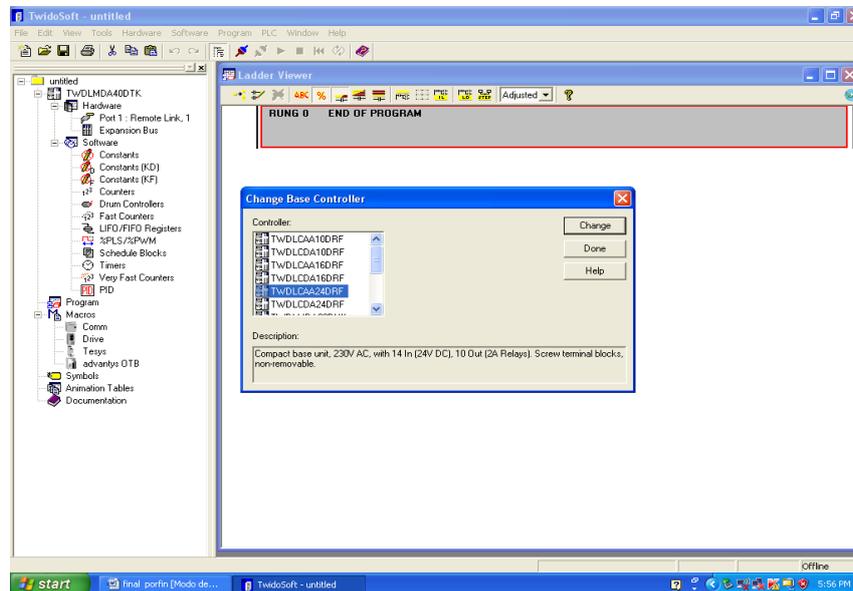


Figura 4.9 Ventana de cambio de controlador base.

Abrir el Programa TwidoSoft de su computadora y configurar tal como se lo realiza en la práctica # 2.

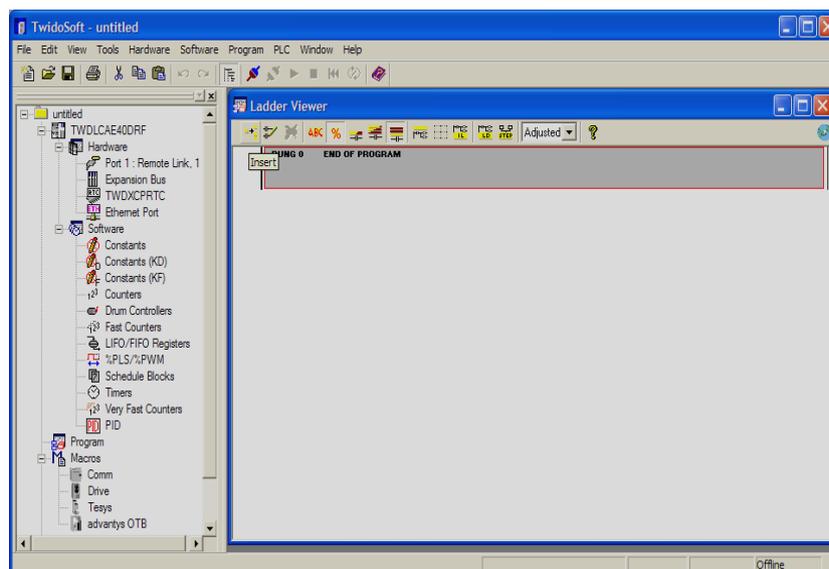


Figura 4.10 Ventana para edición ladder.

Ubicar con el mouse en el editor ladder del programa, específicamente en insert, y con la ayuda del mouse hacer clic en ese botón.

Construir el siguiente diagrama que controla el sistema de bombeo:



Figura 4.11 Diagrama ladder para el control del sistema de bombeo.

Colocarse en el cuadro que simboliza un visto y hacer un clic. Si el programa contiene algún error TwidoSoft se lo hará saber, y por el momento no hacer play al programa.

Minimice TwidoSoft, y abrir el software Intouch, ubicado en el menú Start.

Todas las ventanas que se van abriendo deben verse en el escritorio de Windows, lo cual indicará que siguen en funcionamiento a pesar de no poderse visualizar en pantalla, e ir continuamente utilizando el mouse para comprobar que todas las ventanas estén activas y sea una sola persona quien manipule el computador.

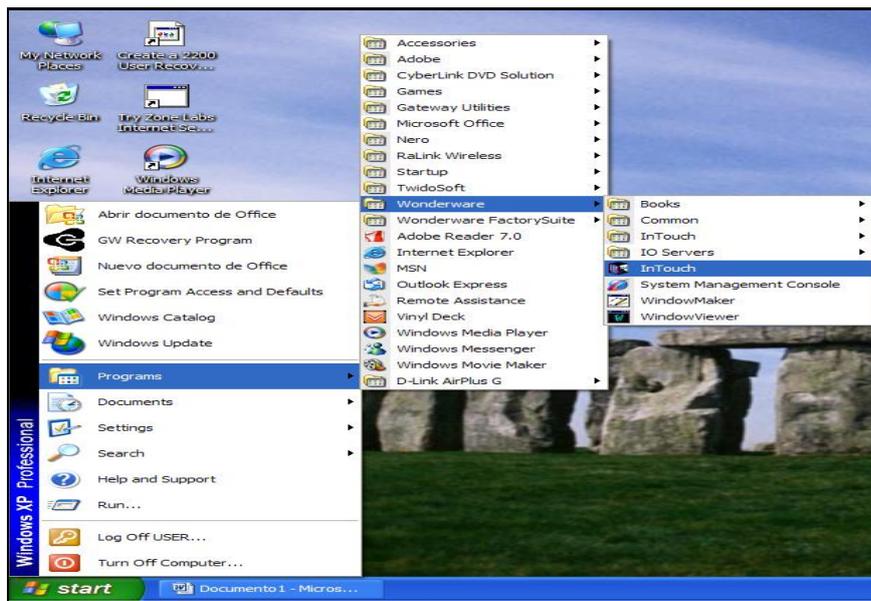


Figura 4.12 Icono de acceso para Intouch .

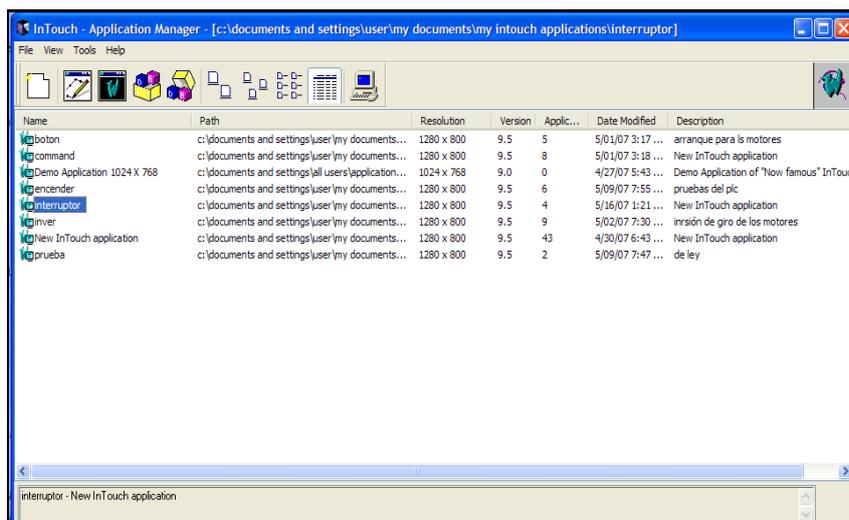


Figura 4.13 Ventana para selección de archivos Intouch .

Luego aparecerá una ventana con aplicaciones de demostración, desmarcar cualquier archivo y seleccionar el icono *New*, tal como se muestra en la figura.

Aparece una nueva ventana, donde se pone la dirección del lugar en el cuál se van a almacenar las nuevas aplicaciones, que por defecto se guarda en mis documentos. Seleccionar el botón *next* para continuar.

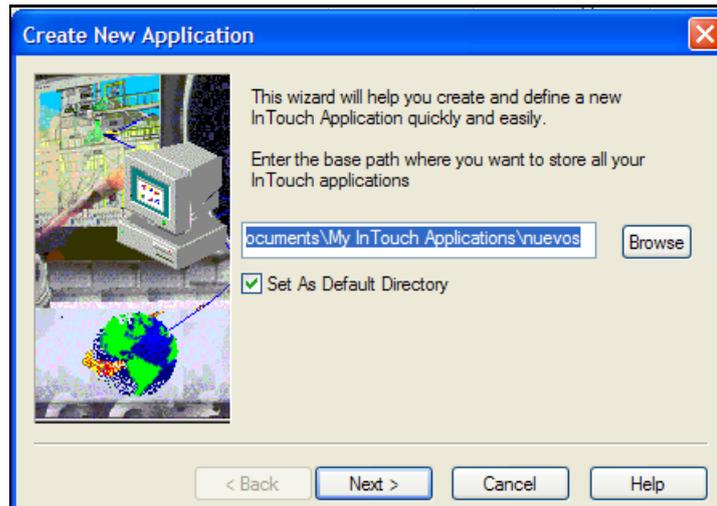


Figura 4.14 Dirección de almacenamiento de archivos Intouch.

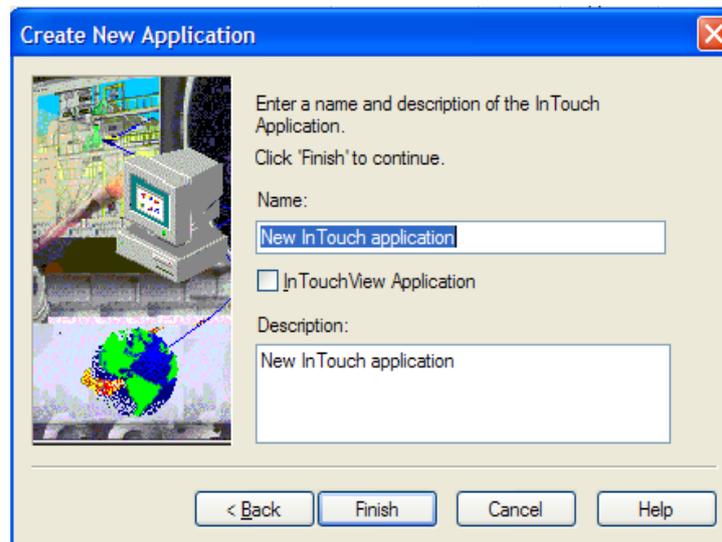


Figura 4.15 Ventanas para la creación de una nueva aplicación Intouch.

En las siguientes ventanas, primero ingrese el nombre de la carpeta en la cual se va a guardar la aplicación y luego el nombre de la aplicación con un pequeño comentario acerca de lo que realiza la aplicación. Haga clic en *Next* y *Finish* respectivamente.

Una vez finalizado, el programa regresa a la ventana de presentación y aparece el nombre de su aplicación creada, haga doble clic sobre ella. No tome en cuenta las demás aplicaciones hechas, y no intercambie la posición de ellas que aparecen en la ventana.

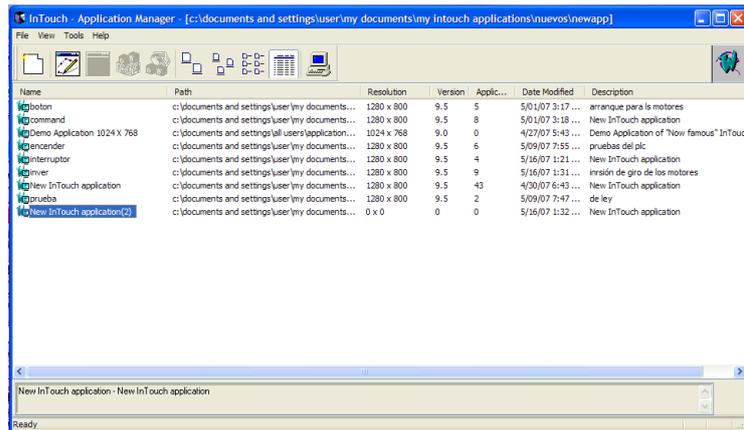


Figura 4.16 Aparición de la nueva aplicación Intouch.

Como el programa es un demo, aceptar e ignorar todos los avisos que aparecen para utilizar el producto.

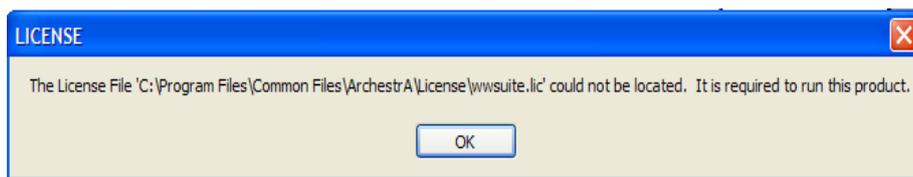


Figura 4.17 Ventanas de advertencia de uso de programa.

Llegar a la ventana de programación y con el mouse hacer clic en el ícono New, aparecerá la siguiente ventana:

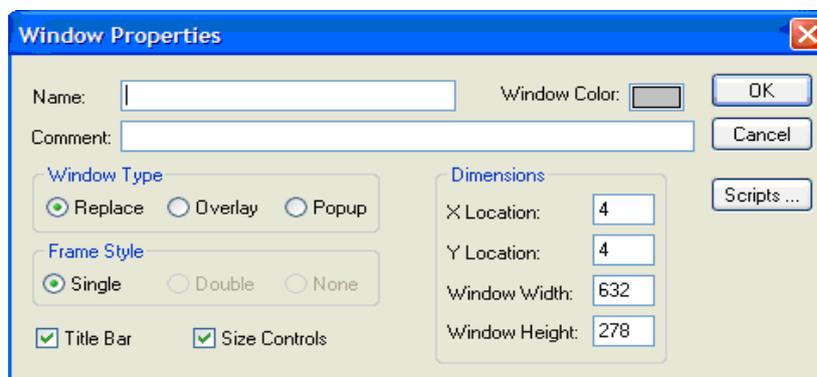


Figura 4.18 Ventana de configuración de interfaz de programación.

Poner un nombre a la interfaz de programación y hacer clic en OK. En esta pantalla se graficará y se programará cada objeto de los que representan las piezas reales que componen el proceso a controlar. Las barras de herramientas y de estado permiten hacer los gráficos del proceso en una forma muy amigable. Es posible agrupar, alinear, colorear, y adherir texto a los objetos. Si es necesario darle precisión a los gráficos se puede utilizar herramientas como la regla y el fondo de rejillas que el sistema dispone.



Figura 4.19 Interfaz de programación.

En el extremo derecho de su pantalla, se encuentra la barra de dibujo, seleccionar por el momento una elipse y dibújela sobre la interfaz, y colocar un nombre empezando por Stara etc.

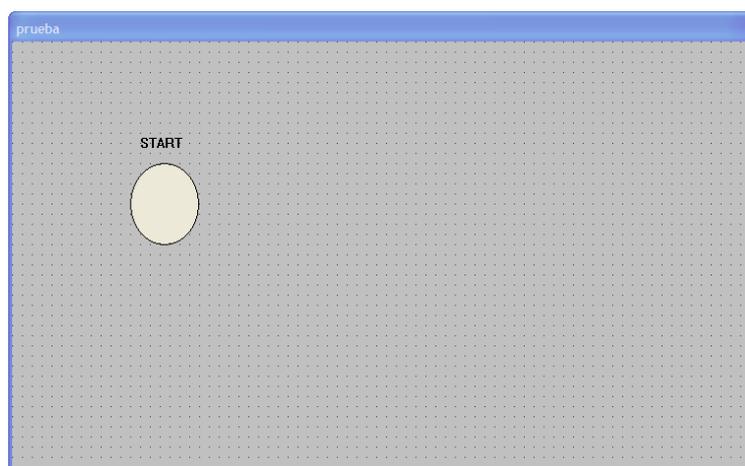


Figura 4.20 Simulación de botonera en el interfaz de programación.

Ahora se procede a programar la elipse, haga doble clic sobre ella y le aparecerá la siguiente pantalla, seleccione con un visto las opciones que se muestran. Esta pantalla indica todos los argumentos que se pueden programar para esta figura, pero por el momento sólo programaremos la opción que me permita emular un botón y la opción de colores para cambio de estado. No ingrese ni cambie ninguno de los otros argumentos.

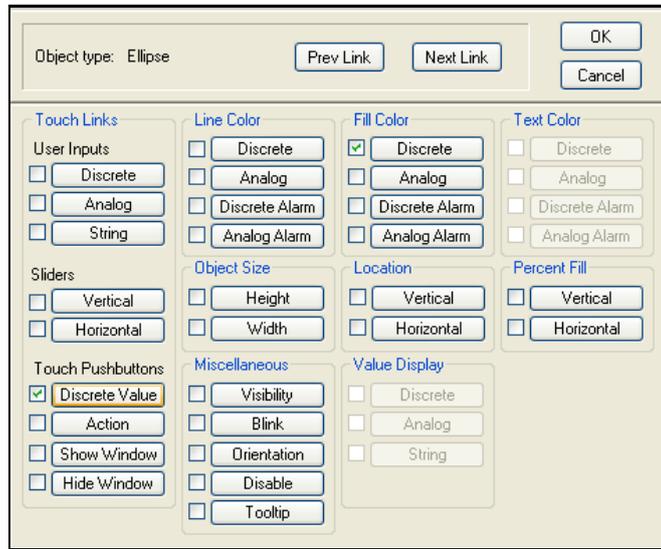


Figura 4.21 Opciones de programación de botonera.

Aplaste sobre el botón *Discrete Value*, y le aparecerá la siguiente ventana:

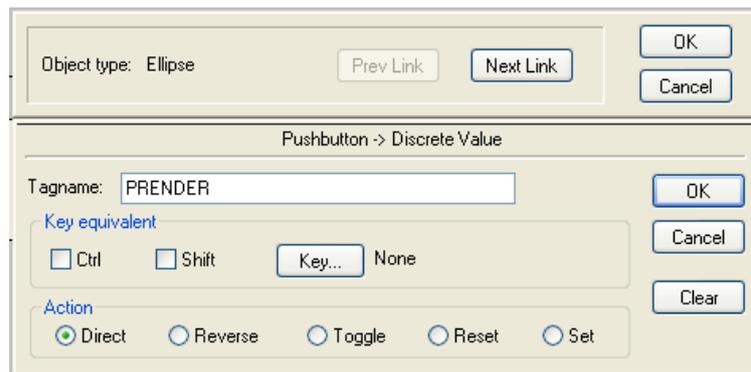


Figura 4.22 Tagname de la botonera.

El Tagname es el nombre de una variable discreta. Para este caso se va a colocar el nombre prender y pulsar OK, aparecerá el siguiente mensaje:

Una vez creada la variable vamos a definirla, aplastemos OK. El nombre de la variable se ha agregado en el diccionario, lo que permite elegir el tipo de variable ubicando el puntero en el botón *type*.

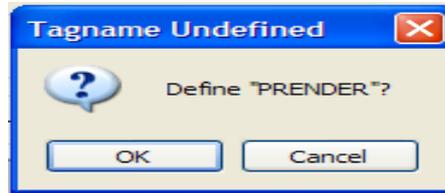


Figura 4.23 Mensaje de definición de variable.

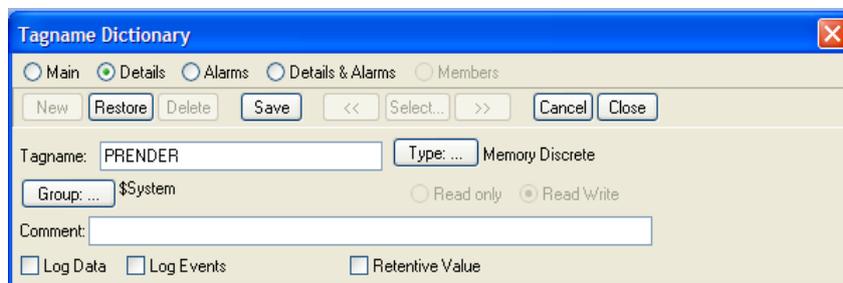


Figura 4.24 Tagname dictionary.

Al aparecer la siguiente ventana y escoger la opción *I/O discrete*, para este caso pertinente.

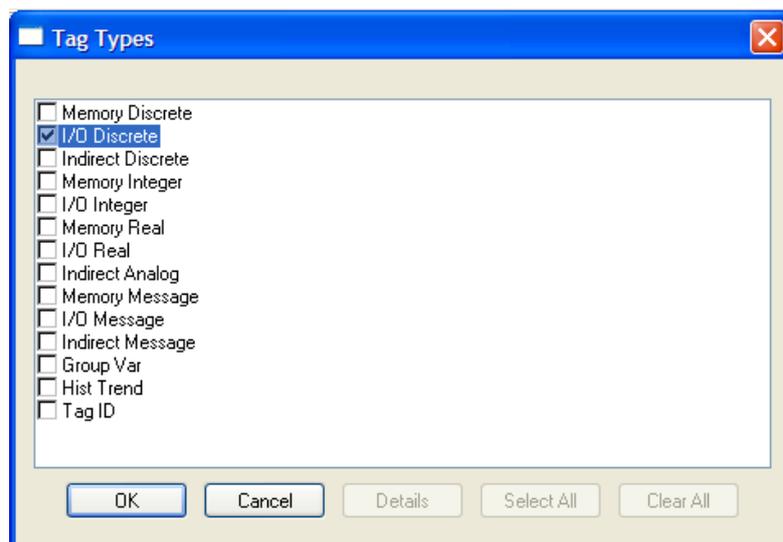


Figura 4.25 Tipos de variables.

Seleccionar OK y volver a la ventana anterior para configurar el nombre de acceso que tendrá el botón que pueda establecer la comunicación con el PLC y seleccionar la opción *Access Name*.

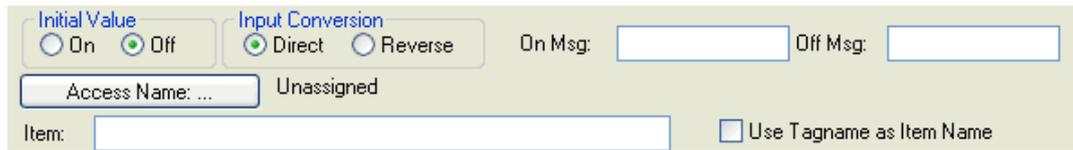


Figura 4.26 Selección del Access Name.

Aparecerá esta ventana y seleccionar Add.

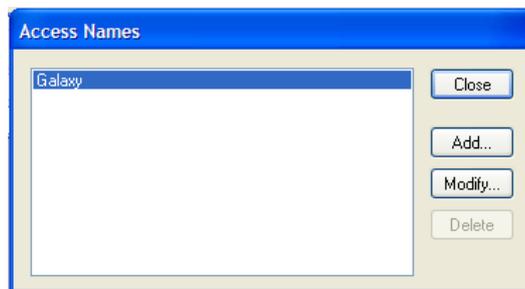


Figura 4.27 Directorio de Access Name.

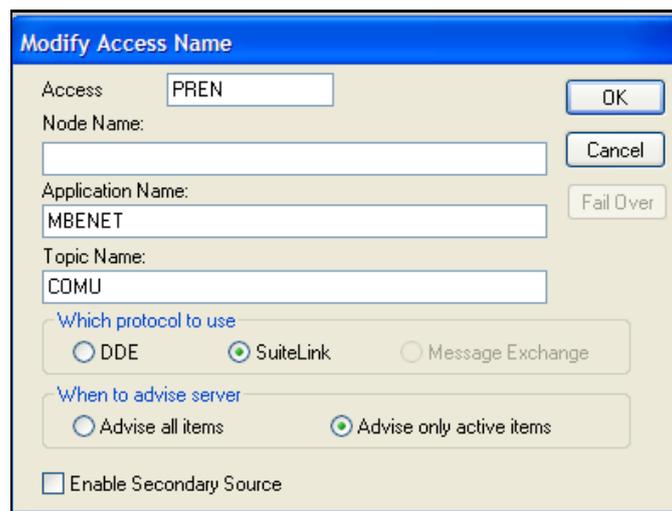


Figura 4.28 Ventana de configuración de Access Name.

En este cuadro deberá configurar correctamente para que no ocasione conflictos o problemas con el PLC: En *Access* ponga un nombre de acceso el que desee, en *aplicación name* siempre en toda configuración MBENET, en *Topic name* puede ir cualquier nombre pero siempre téngalo en cuenta ya que éste se volverá a configurar posteriormente. Presione OK.

Seleccione el nuevo nombre de acceso y cierre la ventana.

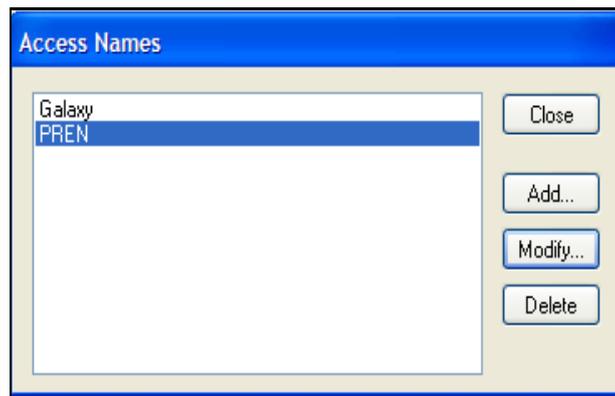


Figura 4.29 Aparición del nuevo Access Name.

Configurado el *Access Name*, ahora es de su decisión programar el text box item, ya que en el se especifica a que memoria del PLC va a hacer funcionar dicho botón. Por ejemplo si en el PLC se utiliza la memoria M5 se debe introducir en el item 000006, otro ejemplo si se utiliza la memoria M0 debe introducir 000001 y así según el número de la memoria que se utilice.

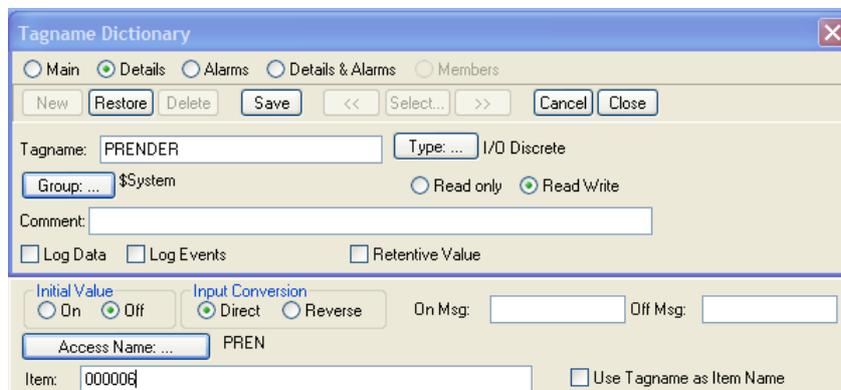


Figura 4.30 Configuración del ítem.

En esta misma ventana pulsar sobre el botón *save* y luego sobre *close*.

Le aparecerá el recuadro donde colocó el *Tagname*, allí se encuentra una opción que se denomina *Next Link*, haga clic allí y se desplegará la siguiente ventana:

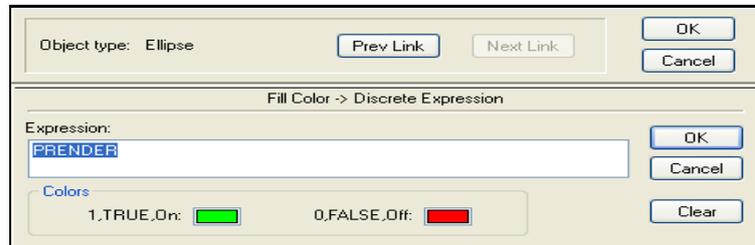


Figura 4.31 Configuración de estado de la botonera.

En *Expression* coloque el mismo nombre prender, y usted observa que debajo de la ventana aparecen las opciones de TRUE y FALSE, hacer clic sobre los colores, se los puede cambiar, esto quiere decir que cuando el botón entre en funcionamiento o esté pulsado se va a tornar de color verde, caso contrario va a permanecer en color rojo.

El botón está ya configurado, haga clic primero en OK de la parte de abajo y luego en el de arriba.

Va a volver a la interfaz de programación. Comprobar si funciona el botón, y en la parte superior del recuadro seleccione *Runtime*.



Figura 4.32 Pestaña de ejecución del programa.



Figura 4.33 Programa en ejecución.

Realizar varios clics sobre el botón y verifique si cambia de rojo a verde, caso contrario revise alguno de los pasos anteriores.

Hacer clic en *development*, y programe un botón más con el nombre Stop, recordar que el *access name* es el mismo para los dos, sólo cambia el nombre de la variable y el *item*.

Minimice Intouch.

Ignore todas las advertencias de licencia como lo hizo con Intouch.

Se le aparecerá una ventana en blanco, Elija el primero de los menús que aparecen en la barra de menús.

Elija la opción *Topic definition* y se le aparecerá la siguiente ventana.

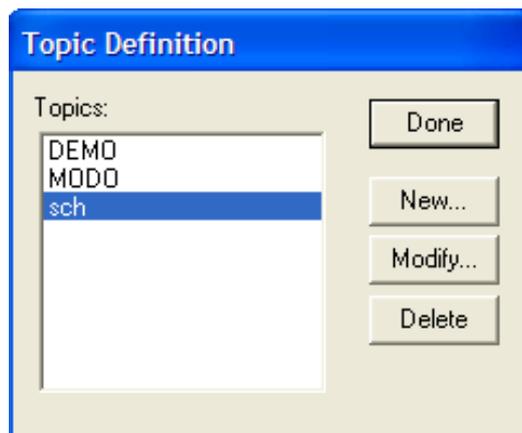


Figura 4.34 Topic definition.

Escoja el botón *New*, y configure la comunicación de Intouch a TwidoSoft.

Presione el Botón OK y en la primera ventana que apareció seleccione la conexión que acaba de configurar y pulse Done.

Minimice todas las ventanas, cuando el equipo esté operando observe que en la ventana de este programa aparecerá la dirección IP del PLC, lo cual quiere decir que se está

comunicando correctamente, si en algún momento no apareciera esta dirección, verifique todas las conexiones y las configuraciones.

Poner los equipos a punto para la operación:

Energizar el PLC mediante el cable de alimentación, encendiendo el primer interruptor contando de izquierda a derecha, observará que el PLC se ha encendido, parpadeará permanentemente lo que quiere decir que todavía no está recibiendo la comunicación a través de la computadora.

Colocar el USB Adapter 485 a 232 en el puerto que configuró este dispositivo. Vuelva a verificar si está bien colocada la dirección IP, para que no coincida con la del PLC.

Ubicar en el escritorio y hacer doble clic en el ícono *My Network Connections*. Seleccionar *View Network Connections*, allí encontrará el ícono del D - Link, luego verificar que aparezca sin una X, lo cual quiere decir que no se está comunicando.



**Figura 4.35 Icono de red en desconexión.**

Si no se comunica, pulsar clic derecho sobre el icono y elegir reparar, o si no dirigirse a propiedades en el mismo icono y busque la opción de redes disponibles para conectarse con la de receptor, en cualquiera de los dos casos el icono se le presentará así:



**Figura 4.36 Icono de red en conexión.**

Elegir en el menú, Start del escritorio y ubique la opción RUN o en español la opción ejecutar, escriba en la ventana que aparece el ping 192.168.0.10 (pinchar).

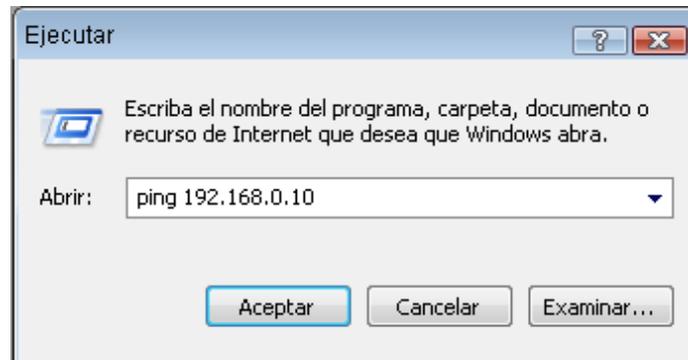


Figura 4.37 Comprobación de comunicación entre dispositivos.

Escoja aceptar, se le aparecerá momentáneamente una pantalla de DOS y si todo está bien esta pantalla desaparecerá, posteriormente observar si la computadora se está comunicando con el PLC.

Maximice la ventana de programa TwidoSoft. Se encontrará la siguiente barra:



Figura 4.38 Barra de conexión hacia el PLC.

Hacer clic en el icono conectar y pasar el programa al PLC. Seguidamente se activará el botón PLAY, el programa todavía no se encuentra corriendo. Pulse PLAY y el programa arrancará.

Minimizar momentáneamente el programa del PLC y Maximizar Intouch. Arrancar el programa de Intouch y comprobar en el PLC si se prende alguno de los leds al pulsar las botoneras.

## CAPÍTULO V

### 5. MANUAL DE MANTENIMIENTO

#### 5.1 Organización.

Para preservar la vida útil de todos los equipos que conforma este módulo de laboratorio se ha escogido un tipo de mantenimiento, el tipo es **mantenimiento preventivo planificado**. Este tipo de mantenimiento se escogió por las siguientes razones:

El mantenimiento preventivo planificado es la base de todos los mantenimientos que existen, pues cuando los equipos son nuevos no necesitamos otro tipo de mantenimiento donde el control de fallas y daños son más estrictos.

Este módulo es de tipo didáctico y no va estar en un proceso productivo y no se necesita de otro tipo de mantenimiento.

Como todos los equipos que conforman este módulo de laboratorio son nuevos, vamos a concluir que el estado técnico de los mismos es bueno y por ende el tipo de servicio de mantenimiento que vamos a dar es de revisión por lo general.

El módulo de laboratorio se ha dividido o agrupado en dos sistemas:

- Sistema de Control.
- Sistema de Potencia.

##### 5.1.1 Sistema de control.

Este sistema consta de los siguientes equipos:

- Un computador.
- El PLC.
- Disyuntores de Protección.
- Cables de conexión

- Electroválvulas.

### 5.1.2 Sistema de potencia.

Este sistema consta de los siguientes equipos:

- Relé térmico.
- Contactor.
- Bomba.
- Cables de alimentación.

### 5.2 Inventario de equipos.

#### 5.2.1 Datos y características del sistema de control.

**Tabla 5.1 FICHA DE DATOS DEL COMPUTADOR.**

<b>FICHA DE DATOS</b>	
<b>M Á Q U I N A : C O M P U T A D O R .</b>	
Marca: Intel	N° de serie: V 3,2B
Modelo: Pentium III 1,6GH z	Año de fabricación: Abril 2001
Fecha de adquisición: Sept 2006	N° de parte de la máquina: 05
Fabricante: ViewSonic	
<b>Características generales</b>	
Memory Support 256M b	
Fax /M odem D A A M odule.	
<b>REQUERIMIENTOS</b>	
Sistema operativo: W indows X P S P 2 , W indows 2000 S P 4 .	CD -R O M disk . Internet.

**Tabla 5.2 FICHA DE DATOS DEL PLC.**

<b>FICHA DE DATOS.</b>	
<b>EQUIPO : PLC</b>	
Marca: Telemecanique	Versión: 3,2 o 3,5
Modelo: TWDLCAA24DRF	Año de fabricación: 23-11-2005
Fecha de adquisición: 16-06-2009	N° de parte de la máquina: 1
Fabricante: Schneider electric.	
<b>Características Generales:</b>	
Alimentación a 110V	
14 entradas a 24V CD	
10 salidas de réles 110 V.	
Tiene módulo de display.	
Tiene un puerto serial 1 RS485.	
<b>REQUERIMIENTOS.</b>	
Windows XP, Windows 2000, Windows 98 SE.	

**Tabla 5.3 FICHA DE DATOS DEL DISYUNTOR [5].**

<b>FICHA DE DATOS.</b>	
<b>EQUIPO : Disyuntor</b>	
Marca: Merlin Gerin.	Serie : 23985
Modelo:	Año de fabricación: febrero,2005
Fecha de adquisición: 18-06-2008	N° de parte de la máquina:5
Fabricante: Schneider electric.	
<b>Características Generales</b>	
2 Disyuntor monofásico de (6)A.	
3 Disyuntor monofásico de (1)A.	

**Tabla 5.4 FICHA DE DATOS DE LOS CABLES DE COMUNICACIÓN.**

<b>FICHA DE DATOS</b>	
<b>ELEMENTO : Cables de Comunicación.</b>	
Marca:	Serie:
Modelo:	Año de fabricación: 2005
Fecha de adquisición: 12-07-2008	N° de parte de la máquina: 2
Fabricante:	
<b>Características Generales</b>	
RS232/485	

**Tabla 5.5 FICHA DE DATOS DE LAS ELECTROVÁLVULAS.**

<b>FICHA DE DATOS</b>	
<b>ELEMENTO : Electroválvula.</b>	
Marca: SURMAQ.	Serie:
Modelo:	Año de fabricación: 2005
Fecha de adquisición: 15-05-2009	N° de parte de la máquina: 2
Fabricante:	
<b>Características Generales</b>	
Voltaje de alimentación 110V AC.	
Diámetro de conducción de agua ¼ plg.	

**5.2.2 Datos y características del sistema de potencia.**

**Tabla 5-6 FICHA DE DATOS DEL RELÉ.**

<b>FICHA DE DATOS</b>	
<b>ELEMENTO : Relé.</b>	
Marca: Moeller	Serie:
Modelo:	Año de fabricación: 2005
Fecha de adquisición: 15-05-2009	Costo de adquisición: \$ 75

Fabricante:	N° de parte de la máquina: 2
<b>Características Generales</b>	

**Tabla 6-7 FICHA DE DATOS DE LA BOMBA.**

<b>FICHA DE DATOS</b>	
ELEMENTO : Bomba.	
Marca: Pedrollo	Serie:
Modelo: CR 1	Año de fabricación: 2005
Fecha de adquisición: 16-06-2009	N° de parte de la máquina: 1
Fabricante: Schneider Electric.	
<b>Características generales:</b>	
Tipo monofásico 110V.	
Frecuencia 60 Hz.	
Potencia ½ Hp.	
Altura máx. 3m	

### 5.3 BANCO DE TAREAS.

#### 5.3.1 Banco de tareas para el sistema de control.

##### Revisión del computador.

PROCEDIMIENTO:

FRECUENCIA: 720 Horas de trabajo.

- Apagar la máquina.
- Quitamos la tapa de la máquina.
- Limpiamos las impurezas e incrustaciones.
- Revisamos cables de alimentación de energía.
- Revisamos buses de transferencia de datos.
- Cambiamos la pila.
- Verificamos ruidos y defectos visuales.

- Colocar la tapa de la máquina.
- Encender la máquina.
- Si es necesario formatear el disco duro e instalar de nuevo todo el paquete.
- Actualizar programas cuya función es proteger el funcionamiento interno del equipo.
- Liberar espacio innecesario.
- Resetear la máquina.
- Apagar la máquina.

#### **Revisión del PLC.**

PROCEDIMIENTO:

FRECUENCIA: 60 Horas de trabajo.

- Apague el PLC.
- Realizar una inspección visual para comprobar que no tenga imperfecciones ni incrustaciones de ningún tipo.
- Revisar que la fuente de alimentación nos proporcione el voltaje asignado.
- Revisar que la batería esté en buenas condiciones.
- Revisar que los terminales de sujeción de las entradas y salidas del PLC estén en buenas condiciones.
- Encienda el PLC.
- A través del software Twidosoft, realice un circuito básico y compruebe que las entradas y salidas funcionan correctamente.
- Compruebe que los comunes del PLC no estén quemados.
- Revise otras aplicaciones del PLC.
- Apague el PLC.

#### **Revisión del disyuntor.**

PROCEDIMIENTO:

FRECUENCIA: 60 Horas de trabajo.

- Desconecte todos los disyuntores que estén conectados al PLC.

- Mediante un óhmetro comprobamos que haya continuidad en cada uno de los disyuntores.
- Conectamos los disyuntores independientemente con el fin de realizar las pruebas de cortocircuito y de sobrecarga.
- La prueba de cortocircuito se basa en provocar un cortocircuito y ver que los contactos del disyuntor se abran inmediatamente y así veremos si el disyuntor es confiable y está en buenas condiciones.
- La prueba de sobrecarga se basa en provocar un incremento de potencia adsorbida o real, el cual hará que el disyuntor se abra y desconecte el circuito.
- Revisar los terminales de sujeción.
- Conecte todos los disyuntores al PLC.

#### **Revisión de los cables de alimentación.**

PROCEDIMIENTO:

FRECUENCIA: 240 Horas de trabajo.

- Apague los dos módulos que conforman el tablero de control y potencia.
- Comprobar con un óhmetro la continuidad de los cables que conectan los puertos del PLC y la PC.

#### **Revisión de las electroválvulas.**

PROCEDIMIENTO:

FRECUENCIA: 240 Horas de trabajo.

- Apague los dos módulos que conforman el tablero de control y potencia.
- Comprobar con un óhmetro la continuidad de las bobinas de las electroválvulas.

#### **Revisión de la Bomba.**

PROCEDIMIENTO:

FRECUENCIA: 200 Horas de trabajo.

- Apague los dos módulos que conforman el tablero de control y potencia.
- Revisión del impulsor.

- Revisión de la vibración en el motor.

### 5.3.2 Banco de tareas del sistema de potencia.

#### Revisión del relé.

PROCEDIMIENTO:

FRECUENCIA: 60 Horas de trabajo.

- Apagar el módulo de potencia.
- Conectar el relé térmico independientemente y energizar a la bobina.
- Revisar que la bobina cierre los contactos del relé térmico.
- Revisar que en los contactos haya buena continuidad.
- Revisar los terminales de sujeción

#### Revisión de la bomba.

PROCEDIMIENTO:

FRECUENCIA: 6000 Horas de trabajo.

- Apagar el módulo de potencia.
- Conectar la bomba independientemente y energizarla previamente cebada.
- Revisar y lubricar rodamientos.
- Evitar las depresiones de impulsión.

### 5.4 Listado de herramientas y materiales para el banco de tareas del sistema de control.

#### Herramientas:

- Destornillador plano puna fina N° 2.
- Destornillador de estrella N° 3.
- Llave mixta 3/16 de pulgada.
- Una peladora y cortadora de cables.
- Un alicate.

- Una ponchadora.
- Un multímetro.
- Pistola de silicona.
- Un caudín.

**Materiales:**

- Estaño.
- Silicona.
- Una franela.
- Una brocha.

**5.5 Listado de herramientas y materiales para el banco de tareas del sistema de potencia.**

**Herramientas:**

- Un destornillador plano N° 3.
- Un destornillador de estrella N° 3.
- Un destornillador plano N° 2.
- Un multímetro.

**Materiales:**

- Una franela.
- Un limpiador de contactos (spray).
- Una brocha.

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 6.1 Conclusiones.

- Los controladores lógicos programables es la base del sistema de control facilita la realización de circuitos sin tanto cableado, para gobernar el funcionamiento de los procesos de producción.
- El control a distancia de los diferentes dispositivos, permite mayores comodidades y en especial seguridad para el contingente humano, los cuales verifican el correcto funcionamiento de los equipos a través de una computadora, inclusive desde lugares muy remotos.
- Gracias al desarrollo conjunto de los sistemas electrónicos y los sistemas de programación, se ha conseguido una herramienta poderosa que simplifica el trabajo de diseño del control de todo tipo de proceso en una industria. Se ha logrado disminuir el tiempo de diseño y montaje de los sistemas de control así como sus dimensiones, aumentando simultáneamente su maniobrabilidad, confiabilidad y eficiencia.
- Los avances conseguidos en la electrónica de telecomunicaciones y los métodos de administración de información, han producido que la transferencia de datos sea más rápida y confiable. Ahora los sistemas de control independientes pueden comunicarse entre sí, dando lugar a la formación de redes para facilitar el acceso al control.
- El control a distancia de los diferentes dispositivos, permite mayores comodidades y en especial seguridad para el contingente humano, los cuales verifican el correcto funcionamiento de los equipos a través de una computadora, inclusive desde lugares muy remotos.

- El PLC es diseñado para ejecutar el control en la industria. Este instrumento se ha convertido en la base de los sistemas de control. Complementando su trabajo con poderosos programas para su programación y de monitoreo, y formando parte de una red de información se puede obtener el sistema de control más seguro y versátil.
- La Automatización de procesos industriales ha evolucionado mucho con la electrónica. Todos las máquinas y equipos de medición en la actualidad tienen la posibilidad de comunicarse directa o indirectamente entre ellos y con sistemas remotos de monitoreo.
- La utilización de estas modernas herramientas de control así como la actualización permanente en este campo, es la única vía de desarrollo que tiene la industria esto es motivo suficiente para que la politécnica trabaje con más dedicación en este campo tan importante promoviendo el interés de los estudiantes en esta área de la ingeniería.

## **6.2 Recomendaciones.**

- Se debe impulsar el desarrollo de esta área de la Ingeniería, pues es nuestro deber estar al día con las nuevas tecnologías. Para esto es necesario equipar los laboratorios de control automático, así como la revisión del programa de estudios que comprenden las materias involucradas.
- Es importante el contacto permanente de la Politécnica con la empresa privada, gestionando visitas técnicas a los campos de trabajo por parte de los alumnos.
- Gestionar también charlas de capacitación por parte de personas con gran experiencia en la rama, brindando a los estudiantes la oportunidad de conocer la realidad del trabajo industrial.
- Debe promoverse seminarios de actualización en todas las áreas de estudio que la escuela dispone, ya que el desarrollo tecnológico crece en forma abismal y el no

tener acceso a las tecnologías de punta impiden que los profesionales tengan oportunidades ciertas de crecimiento.

- No se debe experimentar con los módulos de trabajo, utilizar el manual de operación, prácticas y mantenimiento que va junto con la tesis.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] LEM A, Mecánica de fluidos. Riobamba. Docucentro. 1999 pp 61-63.
- [2] MICROSOFT, C. Encarta. 14<sup>va</sup>.ed. E.E.U.U.: Redmond, 2006 pp 2.
- [3] ELECTRIC, Sch. C60N circuit breakers. 3<sup>ra</sup>.ed. France: Telemecanique, 2005 pp 85-90.
- [4] ELECTRIC, Sch. TwidoSoft 1<sup>ra</sup>.ed. France: Telemecanique, 2005 pp 25-30
- [5] WONDERWARE Corporation. Catálogo de sensores industriales cutler-hammer. Irvine. 2.ed. S.f. pp 115-120.

## BIBLIOGRAFÍA.

MICROSOFT, C. Encarta. 14<sup>va</sup>.ed. E.E.U.U.: Redmond, 2006.

MOLINA, J. Control Industrial. 2<sup>da</sup>.ed. Quito: Macro, 1997.

ELECTRIC, Sch. Soft Starters. 4<sup>ta</sup>.ed. France: Telemecanique, 2004.

ELECTRIC, Sch. C60N circuit breakers. 3<sup>ra</sup>.ed. France: Telemecanique, 2005.

ROLDÁN V.J. Esquema Básico de Electricidad Industrial. 5ta ed España: Paraninfo,  
1997.

MILROY J.B. Sistema de Entrenamiento en Controles Industriales. Canada: Paraninfo  
1979.

ELECTRIC, Sch. TwidoSoft 1<sup>ra</sup>.ed. France: Telemecanique, 2005.

## LINKOGRAFÍA

1. Access Name.

[http://es.wikipedia.org/wiki/Nombre\\_de\\_acceso](http://es.wikipedia.org/wiki/Nombre_de_acceso)

2009\10\29

2. Intouch.

<http://www.logiteksa.com/wonderware/Intouch.htm>

2009\10\29





