

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
EXTENSIÓN LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E  
INSTRUMENTACIÓN**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HMI DE  
UN ARREGLO DE COMPRESORES EN LA PLANTA DE  
ELABORACIÓN DE ENVASES PET EN LA EMPRESA “THE  
TESALIA SPRINGS COMPANY”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

**CÉSAR HERNÁN TACO PANCHI  
LUIS ALBERTO CANDO SIMBA**

**Latacunga, Julio del 2011**

## **CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado en su totalidad por los señores CÉSAR HERNÁN TACO PANCHI y LUIS ALBERTO CANDO SIMBA, bajo nuestra supervisión.

Latacunga, Julio del 2011

---

Ing. Galo Ávila  
DIRECTOR

---

Ing. Julio Acosta  
CODIRECTOR

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

### **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, César Hernán Taco Panchi y Luis Alberto Cando Simba.

#### **DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado denominado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HMI DE UN ARREGLO DE COMPRESORES EN LA PLANTA DE ELABORACIÓN DE ENVASES PET EN LA EMPRESA THE TESALIA SPRINGS COMPANY” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Julio 2011

-----  
CÉSAR HERNÁN TACO P.

CI: No.- 0502312952

-----  
LUIS ALBERTO CANDO S.

CI: No.- 0502307424

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

### **AUTORIZACIÓN**

Nosotros, César Hernán Taco Panchi y Luis Alberto Cando Simba

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación en la Biblioteca virtual de la institución del trabajo “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HMI DE UN ARREGLO DE COMPRESORES EN LA PLANTA DE ELABORACIÓN DE ENVASES PET EN LA EMPRESA “THE TESALIA SPRINGS COMPANY” cuyo contenido, ideas y criterios es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Julio 2011

-----  
CÉSAR HERNÁN TACO P.  
CI: No.- 0502312952

-----  
LUIS ALBERTO CANDO S.  
CI: No.- 0502307424

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la vida, a las personas que siempre estuvieron a mi lado, en especial a mis padres, hermanas, esposa e hija quienes cada día me han incentivado a alcanzar esta meta y quienes me han ayudarme a desarrollarme personalmente y profesionalmente.

Un agradecimiento a todos los docentes de la prestigiosa Escuela Politécnica del Ejército, quienes nos impartieron conocimientos que me han ayudado a superarme profesionalmente, igualmente a los amigos que colaboraron para terminar este proyecto.

**Hernán.**

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme el don de la vida y las fuerzas necesarias para seguir adelante.

A mis queridos padres César y Luz María que me brindaron el apoyo moral y económico, además me inculcaron valores de esfuerzo, respeto y responsabilidad a largo de mi vida, a mi querida esposa Gloria e hija Naomi por su comprensión, paciencia y apoyo incondicional, que Dios les bendiga siempre.

**Hernán.**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme las fuerzas necesarias para seguir adelante.

A mis padres que con su esfuerzo constante y ejemplo supieron guiarme por el camino del bien.

A mis hermanos por el apoyo moral e inspiración para poder culminar la carrera.

A todos los maestros que con su sabiduría depositaron en mi todos los conocimientos para poder superar los retos en el campo profesional.

**Luis.**

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme el don de la vida.

A mis queridos padres José Augusto y Luz Gladys por su trabajo, esfuerzo, apoyo moral y económico, valores inculcados que me enseñaron a luchar por las cosas que uno quiere en la vida y que con sacrificio todo es posible.

A mis hermanos que con su apoyo incondicional me alentaron a seguir adelante a pesar de las dificultades para poder culminar una etapa más de mi vida.

**Luis.**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO I</b>	<b>1</b>
<b>FUNDAMENTOS GENERALES</b>	<b>1</b>
1.1 Compresor.	1
1.1.1 Características y consideraciones generales de un compresor.	1
1.1.2 Tipos de compresores.	3
1.1.2.1 Compresor de émbolo oscilante.	4
1.1.2.2 Compresor de membrana.	4
1.1.2.3 Compresor rotativo multicelular.	5
1.1.2.4 Compresor de tornillo helicoidal, de dos ejes.	6
1.1.2.5 Compresor Roots.	7
1.1.2.6 Turbocompresores.	7
1.2 Plataformas de Programación.	8
1.2.1 Software de adquisición de datos.	9
1.2.1.1 Software de control.	10
1.2.1.2 Software de aplicación.	10
1.2.2 El software de Intouch.	11
1.2.2.1 Facilidad de uso.	13
1.2.2.2 Aplicaciones distribuidas.	14
1.2.2.3 Aplicaciones ágiles.	16
1.2.2.4 Curvas históricas.	16
1.3 Controladores lógicos programables (PLC's).	17
1.3.1 Definición de los autómatas programables.	17
1.3.2 Campos de aplicación de los PLC's.	18
1.3.3 Ventajas e inconvenientes de los autómatas programables.	19
1.3.3.1 Ventajas.	19
1.3.3.2 Inconvenientes.	20
1.3.4 Estructura externa de los PLC's.	20

1.3.5	Arquitectura básica de los PLC's.	21
1.3.5.1	Unidad Central de Proceso.	21
1.3.5.2	Fuente de Alimentación.	21
1.3.5.3	La memoria.	22
1.3.5.4	Entradas / Salidas.	22
1.3.5.5	Interfaces.	23
1.3.5.6	Equipos o unidades de programación.	24
1.3.5.7	Dispositivos periféricos.	24
1.3.5.8	Software de programación.	25
1.4	Comunicaciones industriales.	26
1.4.1	Introducción a las redes de campo.	27
1.4.2	Tipos de bus i/o en redes.	28
1.4.2.1	Bus de dispositivos.	29
1.4.2.2	Bus de proceso.	29
1.4.3	Protocolos de los buses y redes de campo industriales.	29
1.4.4	Profibus.	31
1.4.5	Profibus-DP.	33
1.4.5.1	Configuración Profibus-DP.	34
a.	Capa física de Profibus.	34
b.	Componentes disponibles para Profibus.	35
c.	Cables para Profibus.	35
d.	Cable de conexión Profibus.	36
1.5	Diagrama P&ID.	38
1.5.1	Definición.	38
1.5.2	Letras de identificación.	39
1.6	Lazos de control.	42
1.6.1	Definición.	42
1.6.2	Clasificación de lazos de control.	43
1.6.2.1	Lazo de control abierto.	43
1.6.2.2	Lazo de control cerrado.	45
1.6.2.3	Realimentación.	48

1.6.2.4 Características de la realimentación.	49
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>50</b>
<b>ANÁLISIS Y DISEÑO</b>	<b>50</b>
2.1 Especificación de requisitos del sistema	50
2.2 Diagrama de bloques del sistema	51
2.2.1 Compresor.	51
2.2.1.1 Primera etapa de presión.	52
2.2.1.2 Segunda etapa de presión.	52
2.2.1.3 Tercera etapa de presión.	52
2.2.1.4 Cuarta etapa de presión.	52
2.2.2 Refrigeración.	52
2.2.3 Depósito.	52
2.2.4 Regulación.	53
2.2.5 Secado.	53
2.2.6 Filtrado.	54
2.2.7 Controlador plc.	54
2.2.8 Adquisición de datos HMI.	55
2.3 Diagrama P&ID de un compresor de aire comprimido.	55
2.4 Análisis de hardware o diseño de hardware.	58
2.4.1 Características generales de los PLC's S7-200	58
2.4.2 Comunicación entre PLC's S7-200.	59
2.4.3 Configuraciones y conexiones.	60
2.4.3.1 Puertos de comunicación.	61
2.4.3.2 Conectores de bus.	61
2.4.4 Ajuste de los parámetros de comunicación en step7 MicroWin.	62
2.4.5 Comunicación Modbus.	66
2.4.5.1 Librerías de Siemens vs Modbus.	66
2.4.5.2 Requisitos para utilizar el protocolo Modbus.	66
2.4.5.3 Inicialización y tiempo de ejecución del protocolo	

Modbus.	67
2.4.5.4 Direccionamiento Modbus.	68
2.4.6 Configuración del puerto de comunicación del protocolo Modbus.	72
2.5 Wonderware Intouch 9.5.	75
2.5.1 Requerimientos mínimos de Intouch.	76
2.5.2 Características y prestaciones.	76
2.5.2.1 Creación de una aplicación.	77
2.5.2.2 Creación de pantallas y ventanas.	78
2.5.2.3 Opciones.	78
2.5.2.4 Creación de menús desplegados y cambios de pantalla.	80
2.5.3 Gráficos de tendencia históricos y de tiempo real.	82
2.5.4 Alarmas.	85
2.5.5 Animaciones.	86
2.5.6 Enlace Intouch 9.5 con plc Siemens S7-200.	89
<b>CAPÍTULO III</b>	94
<b>RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES</b>	94
3.1 Descripción física del sistema.	94
3.1.1 Módulos de ampliación S7-200.g.	95
3.1.2 Módulos de ampliación digitales.	96
3.1.3 Módulos de ampliación analógicos.	97
3.1.4 Módulo análogo PM130.	98
3.1.5 Reóstato.	99
3.2 Pruebas experimentales.	100
3.2.1 Pruebas de Adquisición de Voltaje.	100
3.3 Análisis de resultados.	104
3.4 Análisis técnico económico.	105
3.5 Alcance y limitaciones.	106
3.5.1 Alcance.	106

3.5.2 Limitaciones.	107
<b>CAPÍTULO IV</b>	108
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	108
4.1 Conclusiones.	108
4.1.1 Monitoreo HMI.	109
4.1.2 Compresores.	109
4.2 Recomendaciones.	109
4.2.1 InTouch HMI.	109
4.2.2 Sistema de compresores.	110
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ENLACES</b>	112
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

Fig. 1.1	Tipos de compresores.	3
Fig. 1.2	Compresor de émbolo oscilante.	4
Fig. 1.3	Compresor de membrana.	5
Fig. 1.4	Compresor rotativo multicelular.	6
Fig. 1.5	Compresor de tornillo helicoidal.	6
Fig. 1.6	Compresor Roots.	7
Fig. 1.7	Compresor axial.	8
Fig. 1.8	Compresor radial.	8
Fig. 1.9	Smart Symbols.	12
Fig. 1.10	Editor WindowMarker.	13
Fig. 1.11	Herramientas de configuración.	14
Fig. 1.12	Aplicaciones distribuidas.	15
Fig. 1.13	Descripción del Historical Logging.	17
Fig. 1.14	Función del PLC.	18
Fig. 1.15	Arquitectura Básica del PLC	26
Fig. 1.16	Conexión entre un PLC, una LAN y un Bus I/O.	28
Fig. 1.17	Estándares de protocolos.	30
Fig. 1.18	Jerarquía de la Red Profibus.	33
Fig. 1.19	Configuración PROFIBUS DP.	34
Fig. 1.20	Componentes PROFIBUS.	35
Fig. 1.21	Cables para Profibus .	36
Fig. 1.22	Conectores bus para PROFIBUS.	37
Fig. 1.23	Ejemplo de un P&ID.	41
Fig. 1.24	Nombres de las variables del P&ID.	41
Fig. 1.25	Líneas de Conexión de Instrumentos.	42
Fig. 1.26	Elementos de lazo de control.	43
Fig. 1.27	Lazo de control abierto.	45

Fig. 1.28	Lazo de control cerrado.	46
-----------	--------------------------	----

## **CAPÍTULO II**

Fig. 2.1	Esquema representativo secuencial de compresión.	51
Fig. 2.2	Diagrama P&ID de un compresor de aire comprimido.	55
Fig. 2.3	Comunicación PC PLC mediante cable PC/PPI.	59
Fig. 2.4	Pines del puerto de comunicación de la CPU S7-200.	60
Fig. 2.5	Polarizar y cerrar el cable de interconexión.	61
Fig. 2.6	Cable PC/PPI para la comunicación con varias CPUs.	62
Fig. 2.7	Vista general del STEP 7 MICROWIN.	63
Fig. 2.8	Comunicación, ajuste interface PG/PC.	64
Fig. 2.9	Configuración de Propiedades PC/PPI cable PPI.	64
Fig. 2.10	Actualización de la comunicación de la CPU del PLC S7-200.	65
Fig. 2.11	Selección de los bloques para cargar en PG.	65
Fig. 2.12	Selección de modo AWL en step 7 Micro Win.	71
Fig. 2.13	Esquema de dirección de dispositivos en librería Modbus.	72
Fig. 2.14	Opciones de configuración del Modbus.	73
Fig. 2.15	Configuración de nuevos enlaces.	74
Fig. 2.16	Selección de ventana para guardar configuración de servidor.	75
Fig. 2.17	Aspecto general de la portada de InTouch 9.5.	75
Fig. 2.18	Pasos para crear una aplicación en InTouch.	77
Fig. 2.19	Formato de configuración y apariencia de las ventanas.	78
Fig. 2.20	Pantalla de presentación del HMI.	79
Fig. 2.21	Representación inicial de nuestro HMI.	80
Fig. 2.22	Aspecto inicial de una de las aplicaciones creadas.	81
Fig. 2.23	Aspecto de distribución general de las ventanas creadas.	81
Fig. 2.24	Forma de acceder a las propiedades de las imágenes insertadas.	82
Fig. 2.25	Habilitación de variable para representarle en una gráfica de tendencias.	83

Fig. 2.26	Gráficos de Tendencias.	83
Fig. 2.27	Selección de propiedades del Historical Logging.	84
Fig. 2.28	Añadiendo variables a la gráfica de tendencias.	85
Fig. 2.29	Alarmas generadas en Intouch.	85
Fig. 2.30	Aspecto de una ventana animada en Intouch 9.5.	86
Fig. 2.31	Selección de opciones para animación.	87
Fig. 2.32	Aspecto de la pestaña horizontal para animación.	87
Fig. 2.33	Vista de la pestaña Visibility en animación de imágenes.	88
Fig. 2.34	Ventana de programación para control de animaciones.	89
Fig. 2.35	Ventana de selección para un enlace InTouch-PLC.	90
Fig. 2.36	Configuración Access Name.	90
Fig. 2.37	Selección de la variable del PLC mediante en Access Name.	91
Fig. 2.38	Prueba Runtime para verificar la comunicación InTouch Plc S7-200.	92
Fig. 2.39	Pantalla principal del monitoreo de un compresor.	92
Fig. 2.40	Monitoreo de tableros eléctricos y alarmas presentes.	93
Fig. 2.41	Verificación de comunicación Modbus.	93

### **CAPÍTULO III**

Fig. 3.1	Módulo de ampliación digital EM 22X.	97
Fig. 3.2	Módulo de ampliación analógico EM 23X.	97
Fig. 3.3	Aspecto físico del módulo análogo PM130.	98
Fig. 3.4	Aspecto posterior de conexiones del módulo PM130.	99
Fig. 3.5	Aspecto físico de un reóstato.	99
Fig. 3.6	Definición de variables para señales análogas.	100
Fig. 3.7	Denominación del ítem para adquisición del voltaje entre líneas 2-3.	101
Fig. 3.8	Configuración de la variable de visualización del valor análogo.	101
Fig. 3.9	Aproximación de máximos y mínimos cuadrados.	102
Fig. 3.10	Código para control de señal análoga.	102

Fig. 3.11	Simulación de valores adquiridos por InTouch.	103
Fig. 3.12	Asistente de configuración de tareas programadas.	104
Fig. 3.13	Adquisición y control de datos del compresor.	105

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Familia Profibus.	32
Tabla 1.2	Definición de letras de identificación.	40
Tabla 2.1	Instrumentos instalados en el sistema.	56
Tabla 2.2	Características principales del PLC SIEMENS S7-200	58
Tabla 2.3	Asignación de pines del puerto de comunicación de la CPU S7-200.	60
Tabla 2.4	Asignación de las direcciones Modbus.	69
Tabla 3.1	Características de los Módulos de ampliación.	95
Tabla 3.2	Tabla indicadora del análisis económico.	106

## INTRODUCCIÓN

Las industrias de hoy día necesitan optimizar todos sus recursos y procesos, para lo cual deciden automatizar los equipos de todos sus procesos, con miras de alcanzar los objetivos propuestos que involucran mayor productividad con calidad.

El proyecto desarrollado en la empresa “THE TESALIA SPRINGS COMPANY” permite que las personas encargadas del funcionamiento de los compresores conozcan el estado de estos de manera continua, a fin de evitar los repentinos paros de producción que al momento se presentan en las diferentes líneas de producción, los cuales involucran pérdidas de dinero para la empresa; para conocer el estado de los compresores se ha visto en la necesidad de colocar un monitor que muestra el funcionamiento del compresor de manera gráfica.

El proyecto está dividido en cuatro capítulos:

El capítulo I, Fundamentos, presenta el marco teórico referente al proyecto, conceptos básicos acerca del compresor, plataformas de programación, controladores lógicos programables (PLC's), comunicaciones industriales, diagrama P&ID y lazos de control.

El capítulo II, Análisis y Diseño, presenta detalladamente las especificaciones del sistema, la configuración de la red implementada y la programación de la plataforma utilizada.

El capítulo III, Resultados y Pruebas Experimentales, muestra los resultados obtenidos en cada fase de nuestro proyecto y las pruebas experimentales que debieron realizarse para obtener los resultados deseados.

Finalmente el capítulo IV, se presenta las conclusiones y recomendaciones que son de verdadero aporte cuando deseen realizar proyectos de la misma magnitud.

## **CAPÍTULO I**

### **FUNDAMENTOS GENERALES**

#### **1.1 COMPRESOR**

Un compresor es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como lo son los gases y los vapores. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.

##### **1.1.1 CARACTERÍSTICAS Y CONSIDERACIONES GENERALES DE UN COMPRESOR.**

Todo compresor se caracteriza por:

- Generar caudal de aire en condiciones normales de acuerdo al requerimiento del proceso (las condiciones normales técnicas están definidas por la presión absoluta de  $1\text{Kp/cm}^2$  y la temperatura  $20^\circ$ ).
- La presión máxima que es capaz de soportar para que tenga mayor vida útil.

De forma general y para un caudal determinado, los compresores lentos son más caros, pero de mayor duración y rendimiento que los compresores rápidos.

Al comprimir un gas, éste se calienta, por lo que la presión final conseguida es superior a la correspondiente a la reducción de volumen realizada sobre el gas. Esta sobrepresión, debido al aumento de

temperatura del gas, exige un trabajo complementario durante la compresión, trabajo que se pierde por la refrigeración del gas en la instalación, disminuyendo el rendimiento de la misma.

Ello hace pensar que el compresor ideal sería aquél en el que durante la compresión no se calentase el gas, lo que exige una elevada refrigeración, que aparte de resultar antieconómica, daría lugar a la condensación del vapor de agua presente en el aire, reduciendo el volumen de aspiración y por tanto el rendimiento de la instalación. Por los motivos anteriores se hace una refrigeración del cilindro, de modo que la temperatura final del aire sea superior a la del punto de rocío para la presión suministrada por el compresor.

En base a las características de consumo y presión de la instalación, se realiza la selección del compresor de la siguiente forma:

- El caudal que debe suministrar el compresor es igual, al consumo de los sistemas neumáticos a él conectados, más el consumo estimado en función de las previsiones de futuro, más un suplemento del orden del 20% para compensar las pérdidas por fugas.
- La presión de trabajo del compresor debe ser del orden de 1 a 1.5 bar superior a la necesaria para el funcionamiento de los circuitos neumáticos, pues de este modo se evita el funcionamiento continuo del motor y se garantiza el funcionamiento correcto de los circuitos, a pesar de las fluctuaciones de presión en la red. Pero tampoco debe ser superior al valor señalado porque la presión cuesta dinero.

Cuando se precisan grandes caudales es mejor utilizar varios compresores que uno solo, ya que de este modo, aunque se produzca el fallo de alguno de ellos, se dispone de aire para realizar las necesidades prioritarias.

El compresor se debe instalar siempre a la sombra, para que el aire esté lo más fresco posible y por tanto con la mínima humedad.

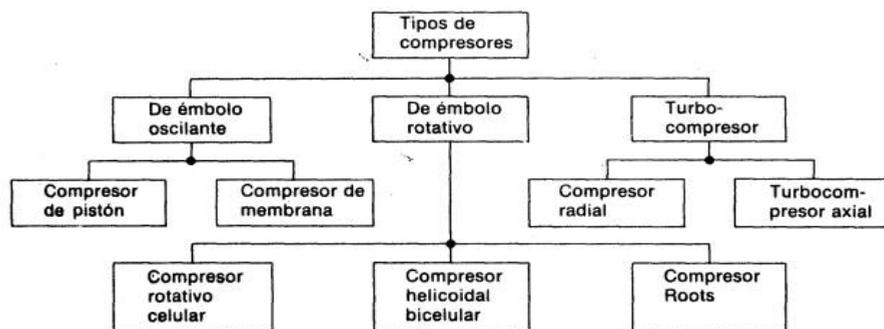
El compresor puede ser accionado por un motor térmico o eléctrico, utilizándose el primero para unidades móviles y el segundo para unidades fijas.

### 1.1.2 TIPOS DE COMPRESORES

Según las exigencias referentes a la presión de trabajo y al caudal de suministro, se pueden emplear diversos tipos de construcción. Fig. 1.1.

Se distinguen dos tipos básicos de compresores:

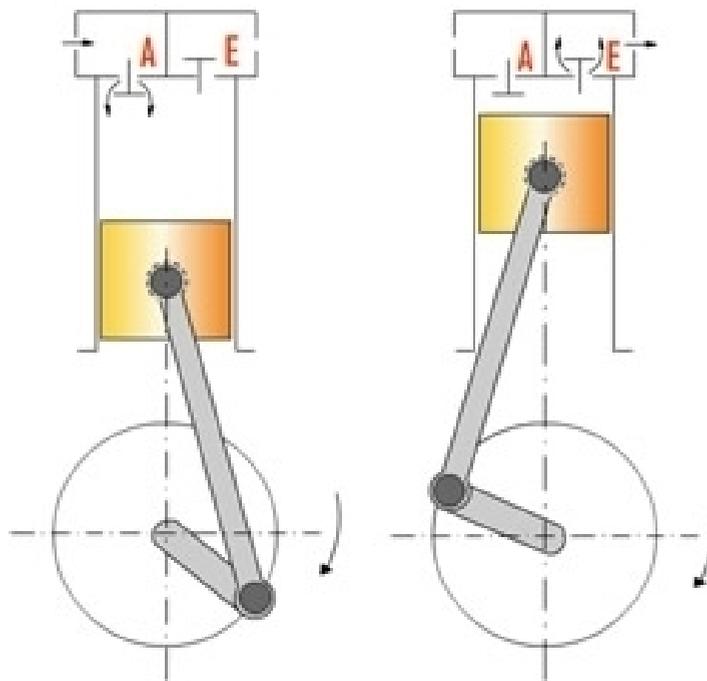
- El primero trabaja según el principio de desplazamiento. La compresión se obtiene por la admisión del aire en un recinto hermético, donde se reduce luego el volumen. Se utiliza en el compresor de émbolo (oscilante o rotativo).
- El otro trabaja según el principio de la dinámica de los fluidos. El aire es aspirado por un lado y comprimido como consecuencia de la aceleración de la masa (turbina).



**Fig. 1.1 Tipos de compresores**

### 1.1.2.1 COMPRESOR DE ÉMBOLO OSCILANTE.

Este es el tipo de compresor más difundido actualmente. Es apropiado para comprimir a baja, media o alta presión. Su campo de trabajo se extiende desde unos 1 .100 kPa (1 bar) a varios miles de kPa (bar). Fig. 1.2.

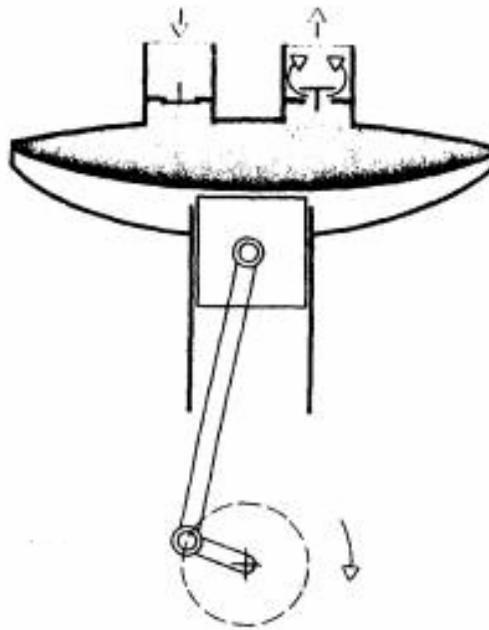


**Fig. 1.2 Compresor de émbolo oscilante**

### 1.1.2.2 COMPRESOR DE MEMBRANA

Este tipo forma parte del grupo de compresores de émbolo. Una membrana separa el émbolo de la cámara de trabajo; el aire no entra en contacto con las piezas móviles. Por lo tanto, en todo caso, el aire comprimido estará exento de aceite. Estos compresores se emplean con

preferencia en las industrias alimenticias, farmacéuticas y químicas. Fig. 1.3.



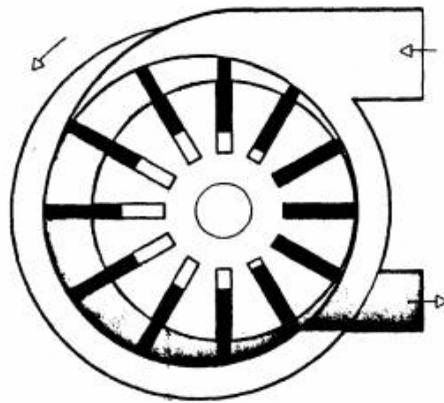
**Fig. 1.3 Compresor de membrana**

### **1.1.2.3 COMPRESOR ROTATIVO MULTICELULAR**

Un rotor excéntrico gira en el interior de un cárter cilíndrico provisto de ranuras de entrada y de salida. Las ventajas de este compresor residen en sus dimensiones reducidas, su funcionamiento silencioso y su caudal prácticamente uniforme y sin sacudidas.

El rotor está provisto de un cierto número de aletas que se deslizan en el interior de las ranuras y forman las células con la pared del cárter. Cuando el rotor gira, las aletas son oprimidas por la fuerza

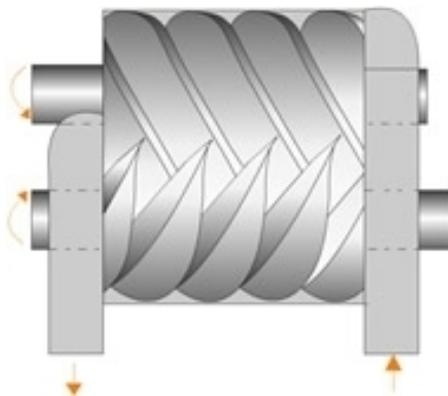
centrífuga contra la pared del cárter, y debido a la excentricidad el volumen de las células varía constantemente. Fig. 1.4.



**Fig. 1.4 Compresor rotativo multicelular**

#### **1.1.2.4 COMPRESOR DE TORNILLO HELICOIDAL, DE DOS EJES**

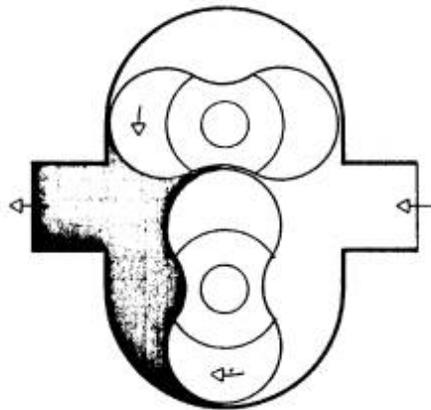
Dos tornillos helicoidales que engranan con sus perfiles cóncavo y convexo impulsan hacia el otro lado el aire aspirado axialmente. Fig. 1.5.



**Fig. 1.5 Compresor de tornillo helicoidal**

### 1.1.2.5 COMPRESOR ROOTS

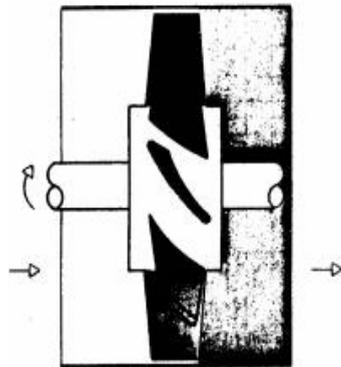
En estos compresores, el aire es llevado de un lado a otro sin que el volumen sea modificado. En el lado de impulsión, la estanqueidad se asegura mediante los bordes de los émbolos rotativos. Fig. 1.6.



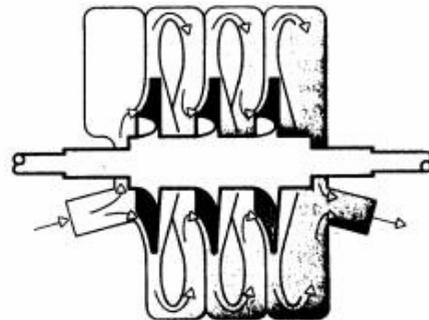
**Fig. 1.6 Compresor Roots**

### 1.1.2.6 TURBOCOMPRESORES

Trabajan según el principio de la dinámica de los fluidos y son muy apropiados para grandes caudales. Se fabrican de tipo axial Fig. 1.7 y radial Fig. 1.8. El aire se pone en circulación por medio de una o varias ruedas de turbina. Esta energía cinética se convierte en una energía elástica de compresión. La rotación de los alabes acelera el aire en sentido axial de flujo.



**Fig. 1.7 Compresor axial**



**Fig. 1.8 Compresor radial**

## 1.2 PLATAFORMAS DE PROGRAMACIÓN

Una de las herramientas disponibles hoy en día es el lenguaje de programación gráfica, el cual es útil en aplicaciones de control e instrumentación, ya que son lenguajes de programación de alto nivel que cuentan con funciones para adquisición y procesamiento de datos. Estas plataformas de programación facilitan la tarea de adquisición, análisis y presentación de datos; por lo tanto, solo es necesario el enfoque en el problema original de adquisición o medición.

La filosofía del lenguaje de programación gráfica u orientada a objetos, toma como base la estructura de un instrumento tradicional, el cual cuenta con controles, botones e interruptores para configurar el proceso de medición e indicadores para desplegar el valor medido, además posee un programa o código fuente que representa el ensamble de componentes electrónicos que desarrollan la función del instrumento virtual (VI), el cual se construye uniendo bloques (funciones) mediante líneas que llevan el flujo de datos.

Una plataforma de programación gráfica realiza diversas funciones como:

- Manejo y actualización de una base de datos.
- Manejo del soporte o canal de comunicación.
- Manejo de uno o varios protocolos de comunicación (Drive).
- Administración de alarmas (Eventos).
- Generación de archivos históricos.
- Interfaces con el operador (HMI).
- Capacidad de programación (Visual Basic, C, etc.)
- Transferencia dinámica de datos (DDE)
- Conexión a redes.

Existen varios proveedores independientes de las plataformas de programación que no son fabricantes de equipos de medición y control tales como:

- LABVIEW
- GENESIS
- TAURUS
- IFIX
- INTOUCH
- REALFLEX

### **1.2.1 SOFTWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS**

Independiente del hardware utilizado siempre es necesario enviar y recibir información hacia y desde el dispositivo de adquisición de datos, la información que se envía generalmente es de configuración, la información que se recibe pueden ser datos mensajes de estado o mensajes de error.

Hay dos tipos de software para adquisición de datos:

- Software de Control
- Software de Aplicación.

#### **1.2.1.1 SOFTWARE DE CONTROL**

El software de control permite acceder y controlar las funciones del hardware de adquisición de datos. Entre otras cosas, un software de control básico permite:

- Enviar y recibir datos desde y hacia la tarjeta de adquisición de datos
- Controlar la frecuencia a la cual son adquiridos los datos.
- Integrar el hardware con los recursos de la computadora tales como interrupciones del procesador y memoria.
- Integrar el hardware de adquisición de datos con un hardware de acondicionamiento de señal.
- Acceder a subsistemas múltiples.
- Acceder a múltiples tarjetas de adquisición de datos.

#### **1.2.1.2 SOFTWARE DE APLICACIÓN**

El software de aplicación proporciona una conveniente interface entre el usuario y el software de control.

El software de control permite:

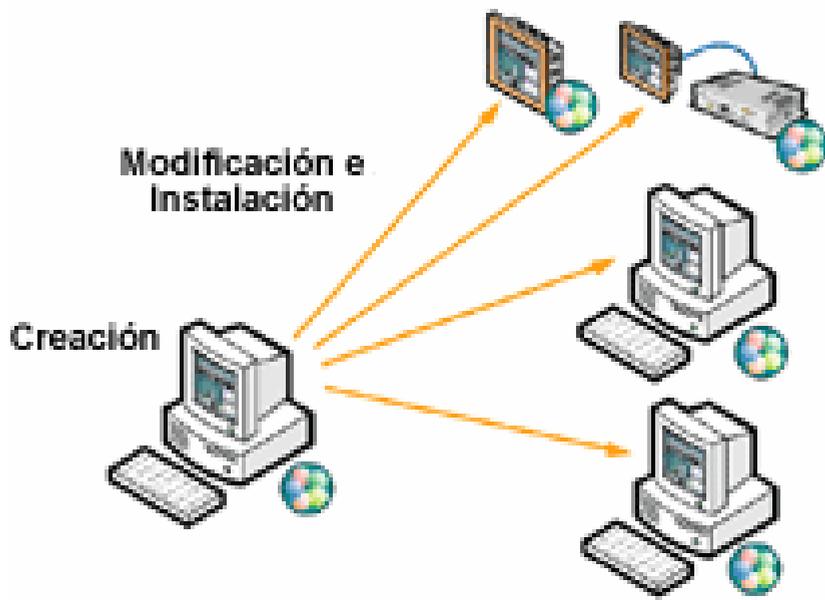
- Reportar información relevante; por ejemplo, el número de muestras adquiridas.
- Generar eventos.
- Manejar los datos almacenados en la memoria de la computadora.
- Acondicionar las señales adquiridas.

- Graficar los datos adquiridos.

### 1.2.2 EL SOFTWARE DE INTOUCH

El software **InTouch® HMI** para monitorización 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 a tiempo real mediante potentes asistentes y sus nuevos *Wonderware® SmartSymbols*. Las aplicaciones creadas con InTouch son lo suficientemente flexibles para cubrir las necesidades y permitir su ampliación para el acondicionamiento a futuros requerimientos, manteniendo todos los esfuerzos e inversiones realizadas en las primeras fases de desarrollo. Están preparadas para el acceso desde dispositivos móviles, *Thin Clients*, estaciones de Red o a través de Internet.

Los SmartSymbols representan un gran avance en la creación, puesta en marcha y mantenimiento de elementos gráficos de una aplicación. Los desarrolladores de aplicaciones pueden crear plantillas de gráficos con conexión a *Archestra®*, Tags locales y Tags identificados mediante referencias remotas a través del SmartSymbols Manager. Estos modelos se guardan en librerías que pueden ser reutilizadas mediante técnicas de instanciación con tan sólo un arrastre de ellas a una pantalla de una aplicación InTouch. Fig. 1.9.



**Fig. 1.9 SmartSymbols**

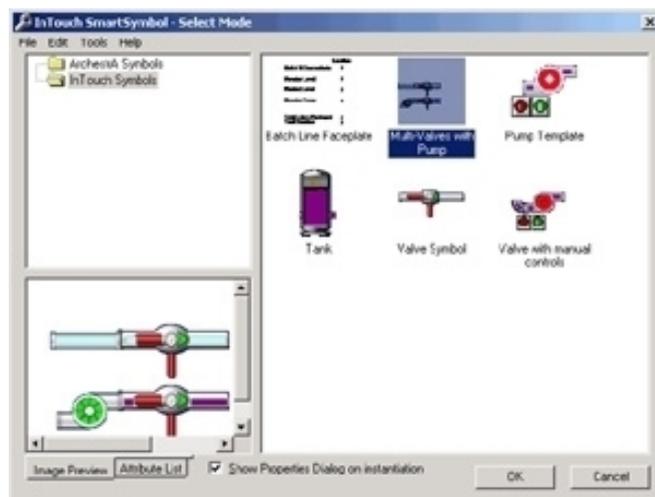
Cualquier gráfico de una pantalla de aplicación se puede convertir en un SmartSymbol con tan sólo un click derecho sobre él. Las librerías SmartSymbol/ son exportables a otras aplicaciones y plantas, permitiendo a las compañías la estandarización de aplicaciones a nivel corporativo. Los cambios que se produzcan en un SmartSymbol se propagan automáticamente a todas las pantallas de una aplicación que lo utilicen.

Esta prestación permite realizar las modificaciones, cambios y actualizaciones muy fácilmente y a gran velocidad. La validación y re-validación de aplicaciones tras la realización de modificaciones se convierte en una tarea sencilla.

Los clientes se benefician enormemente de esta flexibilidad, reduciendo el riesgo de posibles errores en el sistema y ahorrando una gran cantidad de tiempo invertido en los cambios realizados.

### 1.2.2.1 FACILIDAD DE USO

InTouch HMI facilita a los usuarios el desarrollo fácil y rápido de aplicaciones industriales para crear las vistas gráficas de sus procesos. Los usuarios pueden crear gráficos con el programa editor WindowMaker™ Fig.1.10, que incluye herramientas como gráficos estándar: imágenes bitmap, controles ActiveX®, *Symbol Factory* (avanzada librería gráfica que contiene miles de imágenes preconFig.uradas utilizadas en el mundo industrial), y ahora con los nuevos SmartSymbols.



**Fig. 1.10 Editor WindowMaker**

Todas ellas intuitivas y preparadas para un rápido y eficaz desarrollo de aplicaciones.

InTouch dispone de múltiples herramientas de dibujo, enlaces de conexión I/O de fácil conFig.uración, un motor de generación de programas (*Scripts*) potente y amigable y un interface de un sólo click para sus operaciones fundamentales. Sus asistentes y herramientas de conFig.uración permiten a los usuarios la creación, depuración y puesta

en marcha de aplicaciones en minutos tras haber instalado el paquete.

Fig. 1.11

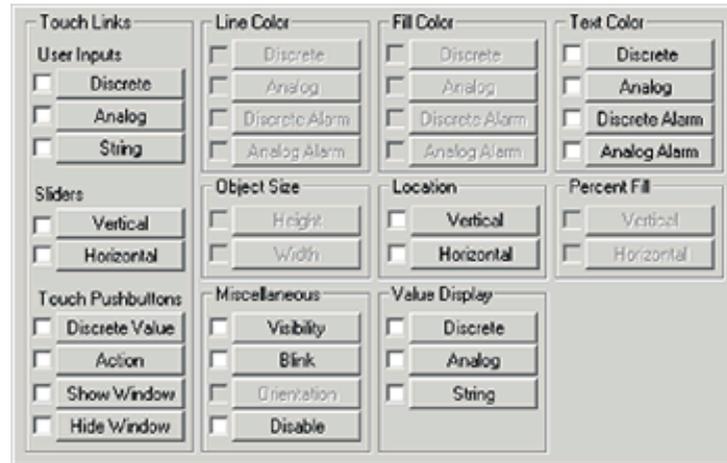
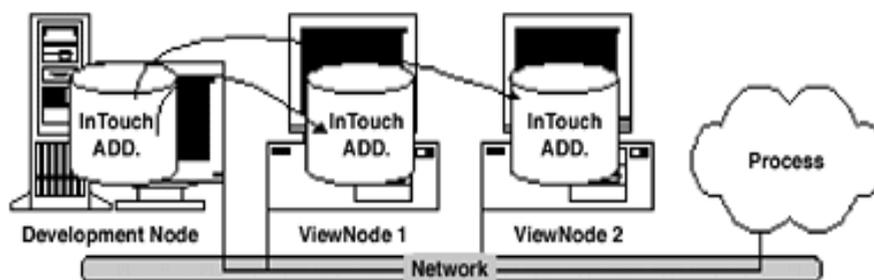


Fig. 1.11 Herramientas de configuración

### 1.2.2.2 APLICACIONES DISTRIBUIDAS

InTouch funciona bien para la creación de aplicaciones para una sola estación de trabajo, y es totalmente escalable en el entorno de una red de desarrollo de aplicaciones (*NAD*) de cientos de nodos. *NAD* facilita el mantenimiento centralizado de una copia máster de una aplicación InTouch usando un servidor de red. Cada nodo cliente dispone de una copia local de la aplicación máster, lo que permite su trabajo en el caso de que el servidor no esté disponible. Su reconexión al servidor es automática y transparente cuando éste se active. Fig. 1.12



**Fig. 1.12 Aplicaciones distribuidas**

Los usuarios cliente son notificados por el sistema de los cambios generados en la aplicación del servidor y los pueden aceptar a conveniencia sin necesidades de parar la aplicación. Una vez aceptados, se transfieren únicamente los componentes que han cambiado. En el caso de no aceptarlos, la aplicación seguirá con su versión actual hasta la próxima vez que se reinicie el sistema. De esta manera, los clientes están usando siempre la última versión de la aplicación con posibilidad de actualización sin decremento en tiempo o pérdida de visualización del proceso.

InTouch HMI permite la visualización de información mediante **Wonderware Industrial Application Server**, el cual reduce drásticamente el esfuerzo y tiempo requeridos en el mantenimiento y puesta en marcha de aplicaciones de una planta o incluso de múltiples plantas.

Industrial Application Server centraliza el control de la seguridad, ejecución de Scripts, adquisición de datos y conectividad para todas las aplicaciones. Todo ello facilita un entorno de desarrollo común gracias a que está basado en la plataforma Orchestra, eliminando la necesidad de formación extra para nuevas aplicaciones de desarrollo. Además, el

esfuerzo de ingeniería y el coste se preservan para la expansión del sistema debido a la política de Wonderware de facilitar siempre un camino para la migración de aplicaciones existentes.

### **1.2.2.3 APLICACIONES ÁGILES**

Las aplicaciones generadas con InTouch son visibles desde muchos dispositivos sin necesidad de cambios en su configuración. Se puede visualizar una aplicación en uno o varios monitores. La misma aplicación es visible desde terminales Thin Client, dispositivos móviles como PDAs o Tablet PCs o a través de Internet con el uso de InTouch HMI en modo Terminal Services. InTouch reduce el coste del proyecto permitiendo la visualización de la misma aplicación en múltiples dispositivos. Esencialmente, InTouch HMI suministra la información que los usuarios necesitan en los dispositivos que prefieran.

InTouch incluye una nueva función para utilizar en sus scripts, *IOSetRemoteReferences*, que permite la modificación de todos los orígenes de datos asociados a una pantalla con la ejecución de una sola línea de código. Esta prestación permite la actualización a tiempo real de la información presentada a gran velocidad. Cabe la posibilidad de utilizar esta función asociada con los nuevos SmartSymbols para crear modelos que encapsulen tanto la información gráfica estándar como el modelo de acceso a datos y se beneficien de las capacidades de propagación de cambios.

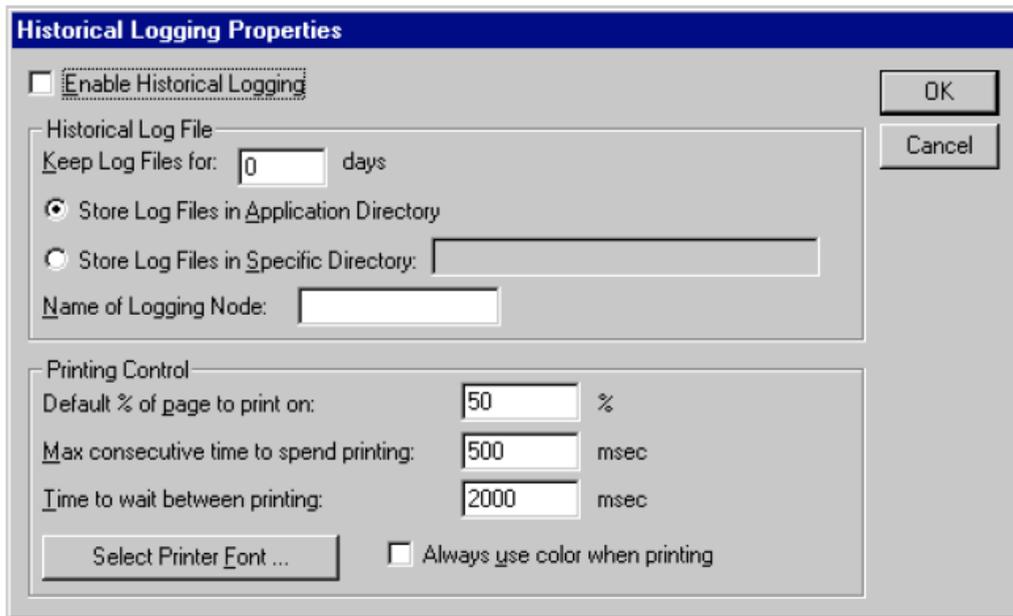
### **1.2.2.4 CURVAS HISTÓRICAS**

InTouch permite la visualización de históricos distribuidos (gestión de los históricos bajo una estructura cliente/servidor en una red de ordenadores). Las curvas históricas permiten visualizar la evolución con respecto al tiempo de un dato en forma de curva o tendencia. Este dato debe haber

sido almacenado previamente, por lo que el tagname visualizado en este tipo de curvas debe haber sido previamente definido como del tipo logged

**a. Configurar Historical Logging:**

Para activar el gestor de históricos de InTouch, es necesario acudir a SPECIAL → CONFIGURE HISTORICAL → LOGGING



<i>Enable Historical Logging</i>	Habilítelo para activar el gestor de históricos
<i>Keep Log Files For</i>	Indique e número de días que quiere mantener en disco los ficheros históricos. "0" significa que jamas se borran automáticamente.
<i>Store Log Files ...</i>	Indique la carpeta donde se guardarán los ficheros históricos
<i>Printing Control</i>	Control de impresión. Recomendamos dejar por defecto

**Fig. 1.13 Descripción del Historical Logging.**

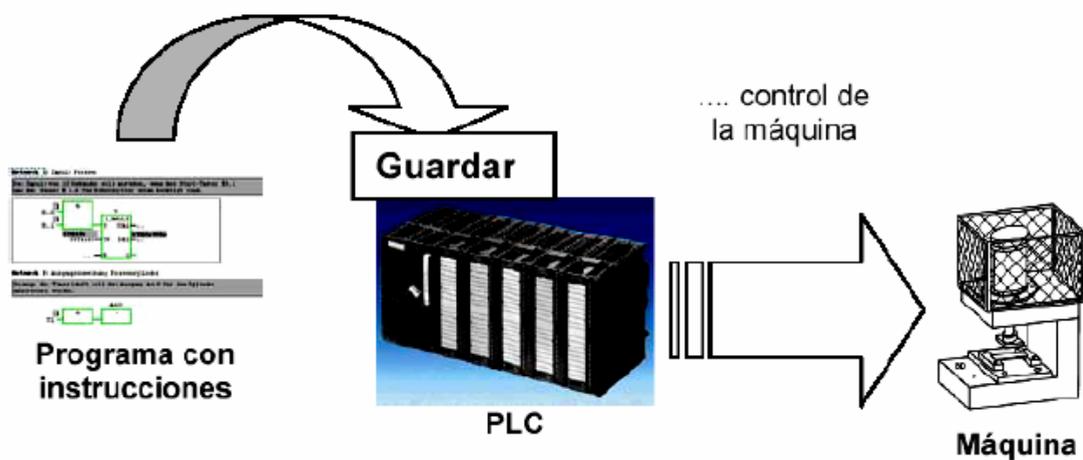
**1.3 CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES (PLC´s)**

**1.3.1 DEFINICIÓN DE LOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES**

Es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

La función básica de los autómatas programables es la de reducir el trabajo del usuario a realizar el programa, es decir, la relación entre las señales de entrada que se tienen que cumplir para activar cada salida, puesto que los elementos tradicionales (como relés auxiliares, de enclavamiento, temporizadores, contadores...) son internos.

El autómata programable es un aparato electrónico programable por un usuario programador y destinado a gobernar, dentro de un entorno industrial, máquinas o procesos lógicos secuenciales. Fig. 1.14



**Fig. 1.14 Función del PLC**

### **1.3.2 CAMPOS DE APLICACIÓN DE LOS PLC's**

Un autómata programable suele emplearse en procesos industriales que tengan una o varias de las siguientes necesidades:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.

- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

Aplicaciones generales:

- Maniobra de máquinas.
- Maniobra de instalaciones.
- Señalización y control.

### **1.3.3 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES**

#### **1.3.3.1 VENTAJAS:**

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:
  - No es necesario dibujar el esquema de contactos
  - No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
- La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor coste de mano de obra de la instalación.

- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden indicar y detectar averías.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo cableado.
- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

### **1.3.3.2 INCONVENIENTES**

- Como inconvenientes se puede hablar, en primer lugar, de que hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en tal sentido, pero hoy en día ese inconveniente está solucionado porque las universidades ya se encargan de dicho adiestramiento.
- El coste inicial también puede ser un inconveniente.

### **1.3.4 ESTRUCTURA EXTERNA DE LOS PLC's**

Todos los autómatas programables, poseen una de las siguientes estructuras:

- Compacta: en un solo bloque están todos los elementos.
- Modular puede ser de dos tipos:
  - Estructura americana: separa las E/S del resto del autómata.
  - Estructura europea: cada módulo es una función (fuente de alimentación, CPU, E/S, etc.).

Exteriormente se encontrará cajas que contienen una de estas estructuras, las cuales poseen indicadores y conectores en función del modelo y fabricante. Para el caso de una estructura modular se dispone

de la posibilidad de fijar los distintos módulos en bastidores normalizados, para que el conjunto sea compacto y resistente.

### **1.3.5 ARQUITECTURA BÁSICA DE LOS PLC'S**

Los elementos esenciales, que todo autómatas programable posee como mínimo, son:

#### **1.3.5.1 UNIDAD CENTRAL DE PROCESO (CPU)**

Se encarga de procesar el programa de usuario que se le introduce. Para ello se dispone de diversas zonas de memoria, registros, e instrucciones de programa. Adicionalmente, en determinados modelos más avanzados, se puede disponer de funciones ya integradas en la CPU; como reguladores PID, control de posición, etc. Se puede considerar que la CPU toma, una a una, las instrucciones programadas por el usuario y las va ejecutando. Cuando llega al final de la secuencia de instrucciones programadas, la CPU vuelve al principio y sigue ejecutándolas de manera cíclica.

#### **1.3.5.2 FUENTE DE ALIMENTACIÓN**

Es la encargada de convertir la tensión de la red, 220V corriente alterna, a baja tensión de corriente continua, normalmente a 24V. Siendo esta la tensión de trabajo en los circuitos electrónicos que forma el autómatas.

#### **1.3.5.3 LA MEMORIA**

Dentro de la CPU se dispone de una área de memoria, la cual se emplea para diversas funciones:

- Memoria del programa de usuario: aquí se introduce el programa que el autómatas va a ejecutar cíclicamente.

- Memoria de la tabla de datos: se suele subdividir en zonas según el tipo de datos (como marcas de memoria, temporizadores, contadores, etc.).
- Memoria del sistema: aquí se encuentra el programa en código máquina que monitoriza el sistema (programa del sistema o firmware). Este programa es ejecutado directamente por el microprocesador/microcontrolador que posea el autómata.
- Memoria de almacenamiento: se trata de memoria externa que se usa para almacenar el programa de usuario, y en ciertos casos parte de la memoria de la tabla de datos. Suele ser de uno de los siguientes tipos: EPROM, EEPROM, o FLASH.

Cada autómata divide su memoria de esta forma genérica, haciendo subdivisiones específicas según el modelo y fabricante.

#### **1.3.5.4 ENTRADA / SALIDAS:**

Generalmente se dispone de dos tipos de E/S:

- Digital.
- Analógica.

Las E/S digitales se basan en el principio de todo o nada, es decir no conducen señal alguna o poseen un nivel mínimo de tensión. Estas E/S se manejan a nivel de bit dentro del programa de usuario.

Las E/S analógicas pueden poseer cualquier valor dentro de un rango determinado especificado por el fabricante. Se basan en convertidores A/D y D/A aislados de la CPU (óptimamente o por etapa de potencia). Estas señales se manejan a nivel de byte o palabra (8/16 bits) dentro del programa de usuario.

Las E/S son leídas y escritas dependiendo del modelo y del fabricante, es decir pueden estar incluidas sus imágenes dentro del área de memoria o ser manejadas a través de instrucciones específicas de E/S.

Todas las salidas del PLC deben protegerse contra las sobretensiones que aparecen sobre ellas, principalmente en el momento del apagado de las cargas a las que están conectadas.

#### **1.3.5.5 INTERFACES**

Todo autómatas, salvo casos excepcionales, posee la virtud de poder comunicarse con otros dispositivos (como con una PC o con otro PLC).

Lo normal es que posea una Interface E/S serie del tipo RS-232 / RS-422, a través de esta línea se pueden manejar todas las características internas del autómatas, incluida la programación del mismo, y suele emplearse para monitorización del proceso en otro lugar separado.

#### **1.3.5.6 EQUIPOS O UNIDADES DE PROGRAMACIÓN**

El autómatas debe disponer de alguna forma de programación, la cual se suele realizar empleando alguno de los siguientes elementos:

- **Unidad de programación:** suele ser en forma de calculadora. Es la forma más simple de programar el autómatas, y se suele reservar para pequeñas modificaciones del programa o la lectura de datos en el lugar de colocación del autómatas.
- **Consola de programación:** es un terminal a modo de ordenador que proporciona una forma más cómoda de realizar el programa de usuario y observar parámetros internos del autómatas.
- **PC:** es el modo más potente y empleado en la actualidad. Permite programar desde un ordenador personal estándar, con todo lo que ello

supone: herramientas más potentes, posibilidad de almacenamiento en soporte magnético, impresión, transferencia de datos, monitorización mediante software SCADA, etc.

Para cada caso el fabricante proporciona lo necesario, bien el equipo o el software/cables adecuados. Cada equipo, dependiendo del modelo y fabricante, puede poseer una conexión a uno o varios de los elementos anteriores.

#### **1.3.5.7 DISPOSITIVOS PERIFÉRICOS**

El autómata programable, en la mayoría de los casos, puede ser ampliables, las ampliaciones abarcan un gran abanico de posibilidades, que van desde las redes internas (LAN, etc.), módulos auxiliares de E/S, memoria adicional... hasta la conexión con otros autómatas del mismo modelo.

Cada fabricante facilita las posibilidades de ampliación de sus modelos, los cuales pueden variar incluso entre modelos de la misma serie.

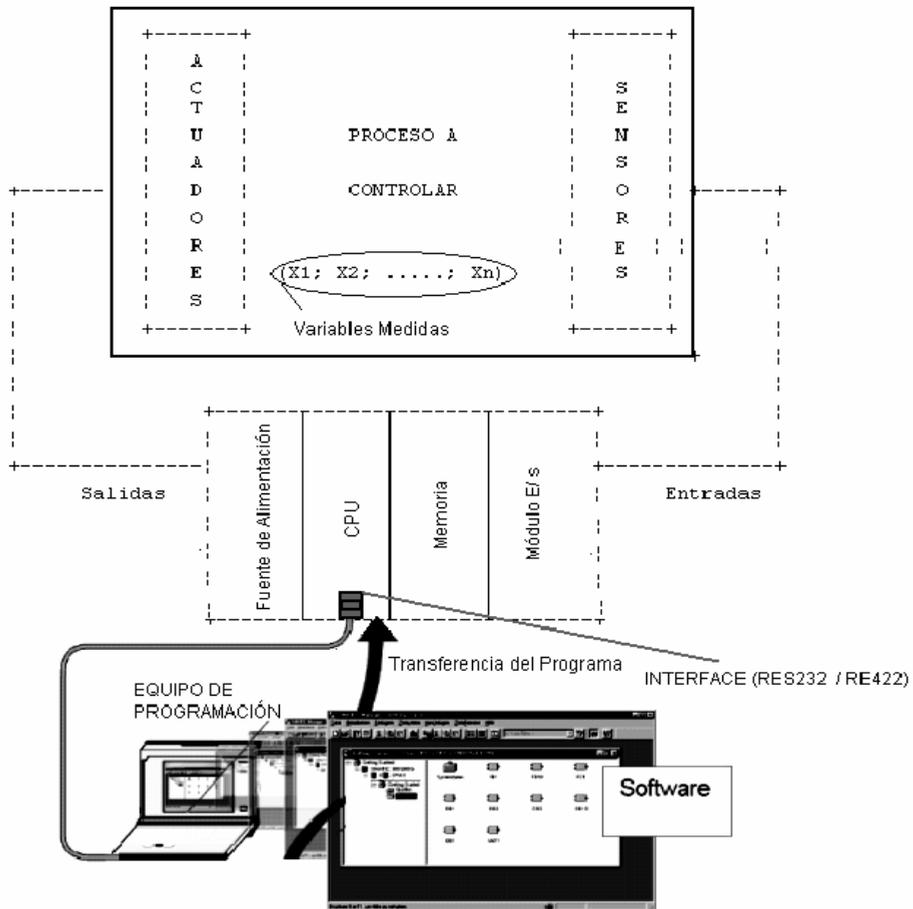
#### **1.3.5.8 SOFTWARE PARA LA PROGRAMACIÓN**

Los paquetes de software para programación de autómatas convierten un ordenador personal en un equipo de programación específico, aprovechando sus potentes recursos de interfaz con otros sistemas (impresoras, otros PC) y con el usuario (teclado, monitor), y el bajo precio del hardware debido a la estandarización y generalización de uso de los ordenadores compatibles. Esta opción (PC + software) constituye, junto con las consolas, y éstas en menor medida, prácticamente la totalidad de equipos de programación utilizados por los programadores de autómatas.

Los requisitos de hardware y software exigidos para instalar sobre el PC un entorno de programación de autómatas suelen ser, en general, muy ligeros.

Algunos entornos actuales que corren bajo Windows presentan exigencias algo más duras en cuanto al hardware necesario en el PC (procesador 486 o superior, 8 Mbytes RAM,...), aunque en la práctica quedan cubiertas si el equipo está ya soportando el entorno Windows.

El paquete de programación se completa con la unidad externa de conexión que convierte y hace compatibles las señales físicas entre la salida serie estándar de PC (RS-232C, RS-422/485) y el puerto de conexión de la consola del autómata, canal usualmente utilizado también para la conexión con el PC. Fig. 1.15.



**Fig. 1.15 Arquitectura básica del PLC**

#### 1.4 COMUNICACIONES INDUSTRIALES

La estandarización de protocolos en la industria es un tema en permanente discusión, donde intervienen problemas técnicos y comerciales. Cada protocolo está optimizado para diferentes niveles de automatización y en consecuencia responden al interés de diferentes proveedores como Fieldbus Foundation, Profibus, Hart; que están diseñados para instrumentación de control de procesos. En cambio

DevicetNect y SDC están optimizados para los mercados de los dispositivos discretos (on-off) de detectores, actuadores e interruptores, donde el tiempo de respuesta y repetibilidad son factores críticos.

#### **1.4.1 INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE CAMPO**

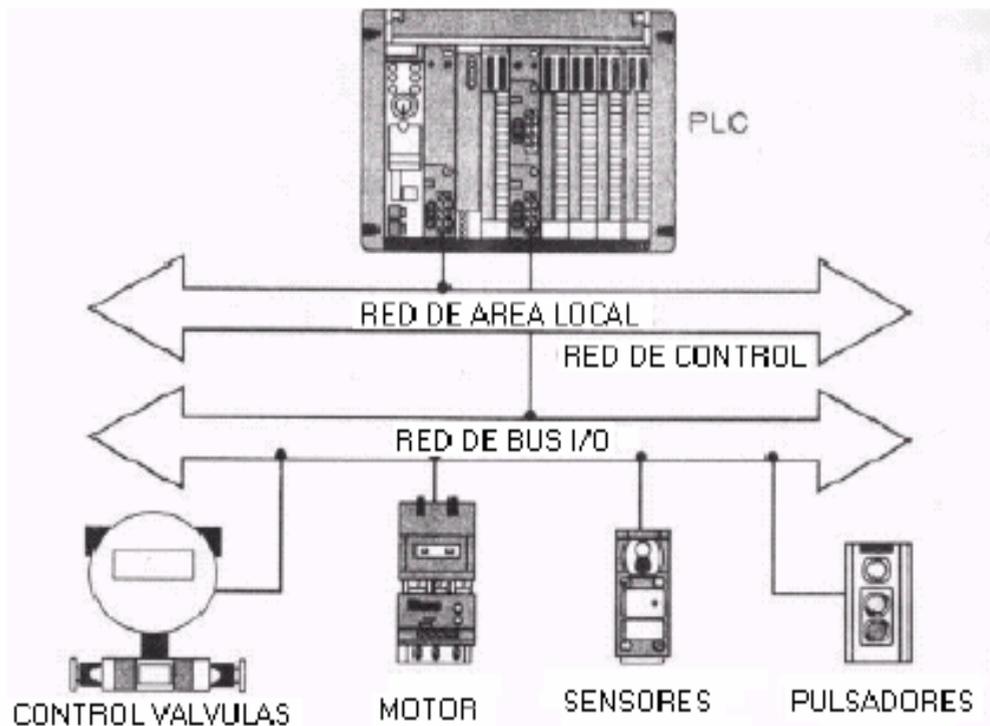
Redes de campo industriales, conocidas también como Bus I/O. Existen dos tipos de buses I/O:

- El bus de dispositivos.
- El bus de procesos.

Las redes industriales o buses I/O permite a un PLC comunicarse con dispositivos de entrada y salida de manera similar a como en una red de área local, PCs o PLCs supervisores se comunican con PLCs individuales.

Una configuración descentraliza el control en un sistema para que los PLCs se encarguen de controlar partes de un todo, dando como resultado un sistema de control más grande y rápido. Rápido pues la información tenderá a viajar solamente hasta / desde un PLC. Poco tráfico será el que tenga que recorrer muchos caminos en la red con lo que se optimiza el flujo de datos en la misma.

La topología o arquitectura física de un bus I/O sigue la configuración de un bus o bus extendido, esto permite que dispositivos inteligente (interruptores de fin de carrera, fotoeléctricos y de proximidad) se conecten directamente sea a otro PLC o a una LAN. En estos buses se debe hacer notar una diferencia: el bus, a más de tener líneas para transmitir datos, puede también tener líneas de alimentación. La Fig. 1.16 ilustra una conexión típica entre un PLC, una red de área local y un bus I/O.



**Fig. 1.16 Conexión entre un PLC, una LAN y un Bus I/O.**

#### **1.4.2 TIPOS DE BUS I/O EN REDES**

Los buses I/O de redes pueden dividirse en dos diferentes categorías: una que tiene que ver con dispositivos de bajo nivel que son típicos de operación de manufactura discretas y los otros son dispositivos de alto nivel utilizados en procesos industriales.

Las categorías de los buses de red son:

- Buses de dispositivos.
- Buses de proceso.

#### **1.4.2.1 BUS DE DISPOSITIVOS**

Es la interfaz con los dispositivos de campo de bajo nivel (pulsadores, interruptores de fin de carrera, etc.), cuyo fin es proporcionar información respecto al estado de los dispositivos (ON/OFF) o al estado de operación (operación correcta / incorrecta). Estas redes generalmente transmiten solo desde unos pocos bits hasta varios bytes de datos en un determinado tiempo.

#### **1.4.2.2 BUS DE PROCESO**

Por otro lado, estos buses se conectan a dispositivos de campo capaces de generar un alto nivel de información (válvulas de proceso inteligentes, medidores de nivel inteligentes, etc.), que típicamente se emplean en aplicaciones de control de procesos en donde se requiere un control más “fino” de sus variables. El bus de procesos maneja grandes lotes de datos (varias centenas de bytes), dando información acerca del proceso, así como de los mismos dispositivos de campo (marca del equipo, fecha de último mantenimiento, etc.).

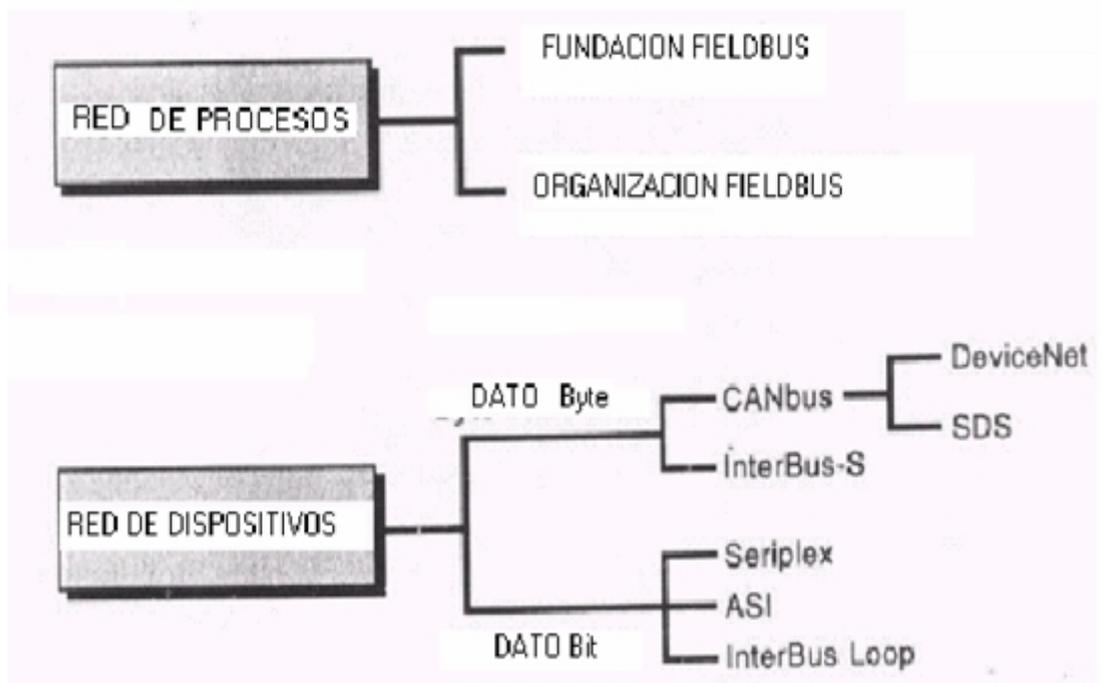
#### **1.4.3 PROTOCOLOS DE LOS BUSES Y REDES DE CAMPO INDUSTRIALES**

Ninguno de los dos buses I/O tienen un protocolo estándar; sin embargo algunas organizaciones están trabajando para desarrollar tanto especificaciones para los buses de dispositivos como de proceso.

En el área del bus de proceso dos organizaciones principales, la Fundación fieldbus (que es el resultado de la unión de la Fundación ISP y FIP) y la Organización de Comercio Profibus (bus de proceso inteligente) están trabajando para producir estándares para protocolos y redes industriales.

Otras organizaciones como la ISA y el IEC están también participando en el desarrollo de estos estándares. Esta es la razón por la que algunos fabricantes especifican que sus productos analógicos son compatibles con Profibus, Fieldbus u otro tipo de esquema de protocolo de comunicación.

La Fig. 1.17 ilustra un diagrama de bloques de los protocolos disponibles.



**Fig. 1.17 Estándares de protocolos**

Tanto los buses de dispositivos como los de proceso transmiten su información de la misma manera; esto es, digitalmente. De hecho, la

necesidad de la comunicación digital fue uno de las mayores razones para el establecimiento de las redes industriales. La comunicación digital es la que permite que más de un dispositivo pueda conectarse a un mismo medio y compartirlo debido a la capacidad de direccionamiento que ofrecen y a que los nodos involucrados sean capaces de reconocer los datos. Por otro lado, los datos digitales son menos propensos a sufrir de distorsión producto de la EMI o RFI.

También, los PLC's pueden transmitir datos digitales sin tener que convertirlos a análogos y viceversa. De esta manera hay menos errores asociados a la conversión A/D y D/A. Por último otra de las grandes ventajas tiene que ver con la enorme reducción de cableado al no tener que conectar los dispositivos de campo con cables de conexión individuales.

#### **1.4.4 PROFIBUS**

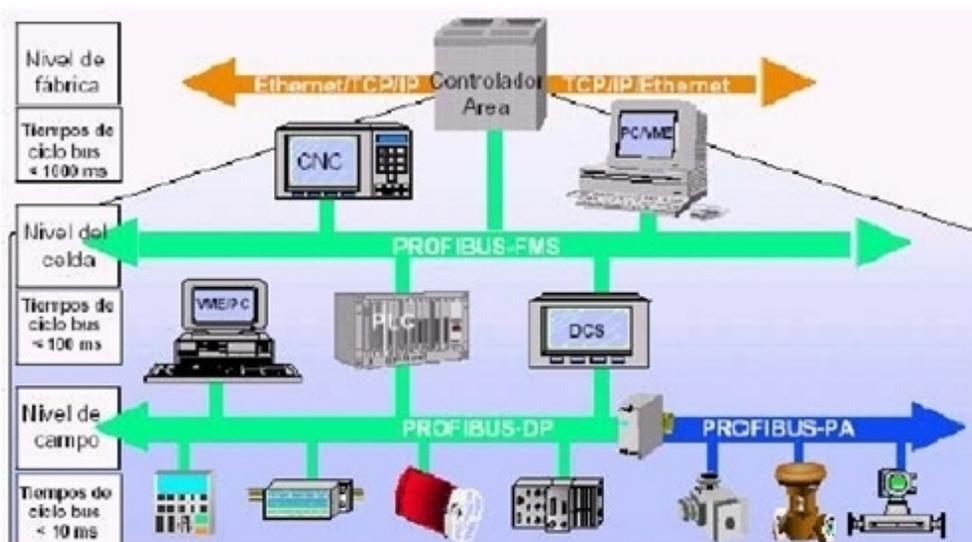
La base de la especificación del estándar PROFIBUS (PROcess Field BUS) fue un proyecto de investigación (1987-1990) llevado a cabo por los siguientes participantes: ABB, AEG, Bosch, Honeywell, Moeller, Landis & Gyr, Phoenix Contact, Rheinmetall, RMP, Sauter-cumulus, Schleicher, Siemens y cinco institutos alemanes de investigación. Hubo además un pequeño apoyo por parte del gobierno alemán. El resultado de este proyecto fue el primer borrador de la norma DIN 19245, el estándar Profibus, partes 1 y 2. La parte 3, Profibus-DP, se definió en 1993.

Existen tres variantes principales de PROFIBUS de acuerdo a las características de la aplicación, tal como se muestra en la tabla 1.1

<p>Automatización de fábricas</p> <p><b>PROFIBUS DP</b></p> <p>(DIN 19245 T1 + T3)</p> <p>pr EN 50170</p> <p>Alta velocidad de transferencia de data para periféricos descentralizados</p>	<p>Automatización para propósitos generales</p> <p><b>PROFIBUS FMS</b></p> <p>(DIN 19245 T1 + T2)</p> <p>pr EN 50170</p> <p><b>Perfiles de aplicación específicos:</b></p> <p>Maquinas textiles Automatización de edificios Drivers, sensores y actuadores, PLCs, Switch gear debajo voltaje</p>	<p>Automatización de procesos</p> <p><b>PROFIBUS PA</b></p> <p>(DIN 19245 T4)</p> <p>en preparación</p> <p>Técnicas de transmisión con seguridad intrínseca de acuerdo a IEC 1158-2</p>
--	--	---

**Tabla 1.1 Familia PROFIBUS**

En la Fig.ura 1.18 se muestra como se conectan y relacionan estas redes de la familia Profibus.



**Fig. 1.18 Jerarquía de la Red Profibus.**

### **1.4.5 PROFIBUS-DP**

Esta es la versión de desempeño optimizado de la red PROFIBUS, dedicado específicamente a comunicaciones de tiempo crítico entre sistemas de automatización y periféricos distribuidos.

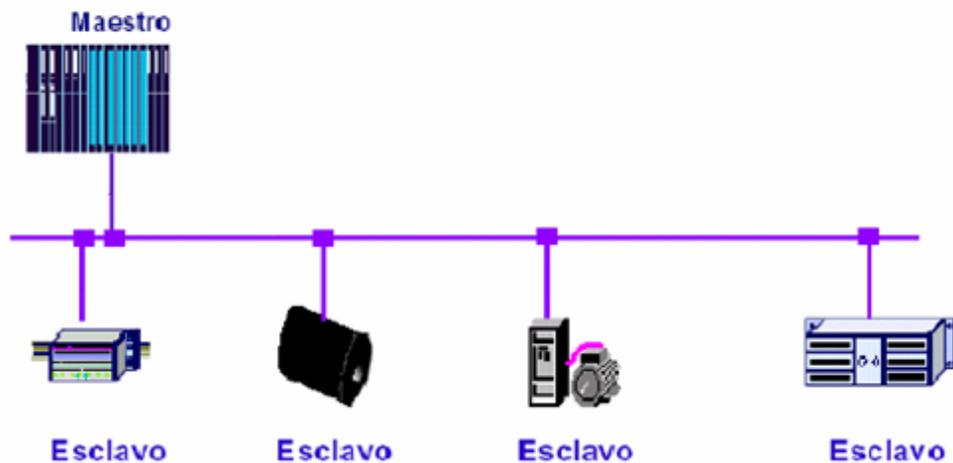
Es apropiado como un reemplazo del costoso cableado paralelo de 24 Vdc y 4 a 20 mA utilizado en medición de señales. PROFIBUS DP está basado en la parte 1 de la norma DIN 19245 y ha sido mejorado con funciones de comunicación efectivas para el propósito requerido. Ha estado disponible como Normativa Alemana DIN 19245 parte 3 desde 1993. PROFIBUS DP está incluida en la Norma de Fieldbus Europea (European Fieldbus Standard) parte EN 50170.

#### **1.4.5.1 CONFIGURACIÓN PROFIBUS-DP**

Un sistema típico PROFIBUS-DP consiste en:

- Un PLC o PC como sistema de control.
- Varios dispositivos E/S como:
  - E/S digitales o analógicas.
  - Accionamientos AC o DC.
  - Válvulas magnéticas o neumáticas.

La Fig. 1.19 indica la configuración PROFIBUS-DP maestro.



**Fig. 1.19 Configuración PROFIBUS DP**

**a. Capa Física de Profibus**

El área de aplicación de un sistema de bus de campo es afectado sustancialmente por la selección del medio físico de transmisión y la interfaz al bus físico. En adición a los requerimientos para integridad de los datos, el costo de provisión e instalación del cableado es de un significado crítico. Por consiguiente, la norma PROFIBUS define un protocolo único de acceso al medio para diferentes técnicas.

**b. Componentes disponibles para Profibus.**

Existe una variedad de componentes para Profibus, la Fig. 1.20 muestra los componentes disponibles para Profibus.



**Fig. 1.20 Componentes PROFIBUS.**

### **c. Cables para Profibus.**

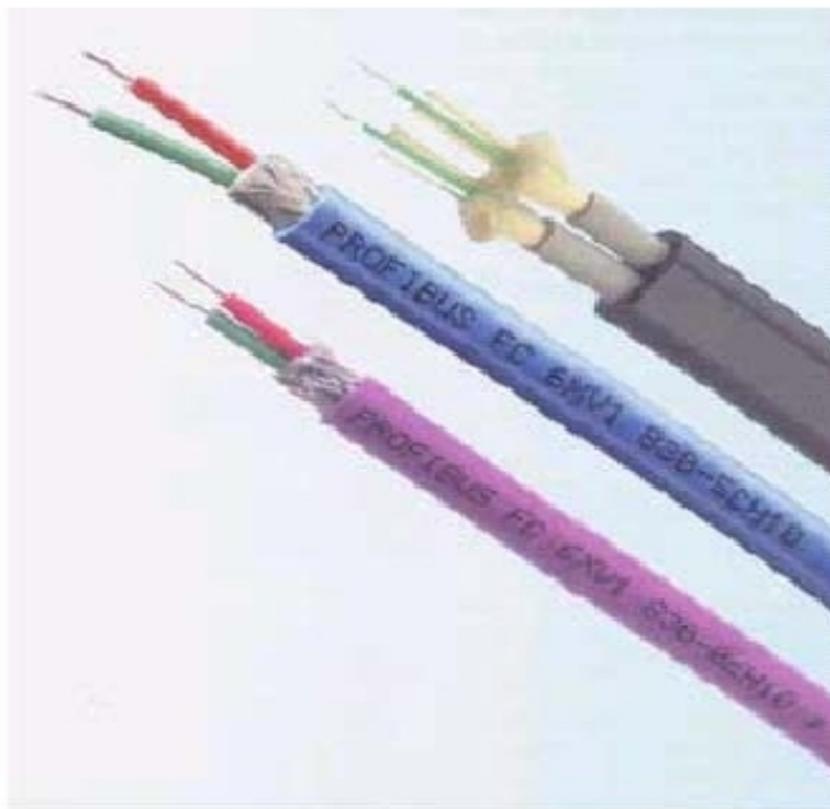
**Alambre de cobre:** Esta versión es definida como la versión básica de la técnica de transmisión para aplicación en fabricación, construcción, automatización y control de drivers de acuerdo a la normativa americana EIA RS-485; esta usa un cable par trenzado con blindaje opcional.

Están disponibles dos versiones de cables con máximas distancias distintas.

Ahorro de tiempo mediante un rápido y fácil montaje de los conectores con cables FastConnect para diferentes aplicaciones a través de cables de bus especiales.

La Fig. 1.21 muestra los diferentes tipos de cables PROFIBUS

- Red insensible a interferencia – mediante doble apantallado – concepto de tierra universal.
- Cable de bus para sistemas de bus según IEC 61158- 2, p.e. PROFIBUS-PA.
- Distintas variantes para diferentes aplicaciones (Ex, No Ex).
- Alta seguridad ante interferencias mediante un buen apantallamiento.
- Fácil estimación de longitud mediante marcación por metros.



**Fig. 1.21 Cables para Profibus**

**d. Cable de conexión Profibus.**

Cable preconfeccionado para una rápida y barata conexión de participantes de PROFIBUS a OLM's o a OBT's.

Cable preconfeccionado para la conexión de participantes PROFIBUS (p.e. HMI) a los equipos de automatización.

- Posibilidad de conexión a PC.
- Terminales de bus.
- Cable de conexión 830-1 T.
- Cable de conexión 830-2.



**Fig. 1.22 Conectores bus para PROFIBUS**

La Fibra óptica: PNO (Profibus User Organization/Organización de Usuarios de PROFIBUS) está preparando la especificación de una técnica de transmisión por fibra óptica de manera de ampliar la longitud del bus y lograr altas velocidades de transmisión, y para ser usado en aplicaciones en ambientes con alta distorsión. Esta aplicación está disponible como

una propuesta en el manual de PNO. Además se dice que las técnicas inalámbricas, están basadas en la radiación infrarroja.

## **1.5 DIAGRAMA P&ID**

### **1.5.1 DEFINICIÓN**

Un Diagrama de Tuberías e Instrumentación “P&ID” (Piping & Instrumentation Diagram) es un diagrama que muestra el flujo del proceso en las tuberías, así como los equipos instalados y el instrumental.

Un P&ID está definido por el Instituto de Instrumentación y Control de la siguiente manera:

- Un diagrama que muestra la interconexión de equipos de proceso e instrumentos utilizados para controlar el proceso. En la industria de procesos, un conjunto estándar de símbolos se utiliza para preparar los dibujos de los procesos. El instrumento de símbolos utilizados en estos dibujos se basa generalmente en Sistemas de Instrumentación y Automatización de la Sociedad (ISA) Norma S5. 1.
- El principal esquema utilizado para la colocación de un proceso de control de la instalación.

Los P&ID desempeñan un papel importante en el mantenimiento y modificación del proceso que describe. Es fundamental para demostrar la secuencia física de los equipos y sistemas, así como la forma en que estos sistemas de conexión. Durante la etapa de diseño, el esquema también proporciona la base para el desarrollo de sistemas de control del sistema, lo que permite aumentar la seguridad operacional y las investigaciones, como los estudios de peligros y operatividad (HAZOP).

Para las instalaciones de procesamiento, es una representación pictórica de:

- Instrumentos clave de las tuberías y los detalles.
- Control y sistemas de cierre.
- Seguridad y los requisitos reglamentarios.
- Puesta en marcha e información operativa.
- Instrumentación y denominación.
- Equipo mecánico con nombres y números.
- Válvulas y sus identificaciones.
- Proceso de tuberías, el tamaño y la identificación.
- Miscelánea: las rejillas de ventilación, desagües, instalaciones especiales de muestreo, reductores.
- Permanente puesta en marcha y el vaciado de las líneas.
- Flujo de direcciones.
- Interconexiones referencias.
- Control de entradas y salidas.
- Interfaces para la clase de cambios.
- Sistema de control de entrada de ordenador.
- Identificación de los componentes y subsistemas entregados por otros.

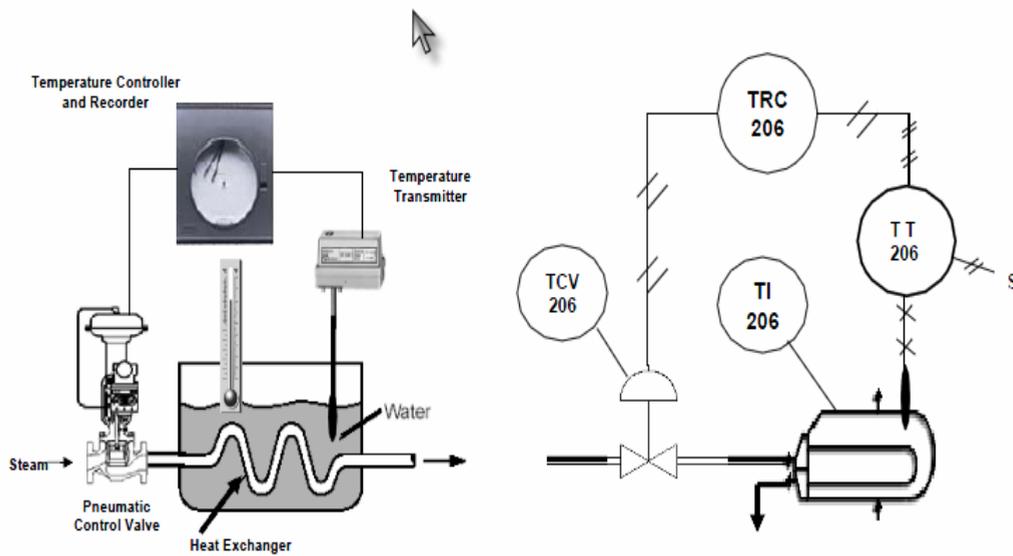
### **1.5.2 LETRAS DE IDENTIFICACIÓN**

La familia de P&ID se utiliza para la identificación de las mediciones en los procesos. Las letras de identificación para las mediciones se basan en la norma S5. 1 y la norma ISO 14617-6:

Primera letra Medición	
D	Densidad
E	Electricidad
F	Caudal
H	Operario
J	Potencia
K	Jornada, Calendario
L	Nivel
M	Humedad
P	Presión
Q	Calidad
R	Radiación
S	Velocidad, Frecuencia
T	Temperatura
V	Viscosidad
W	Peso

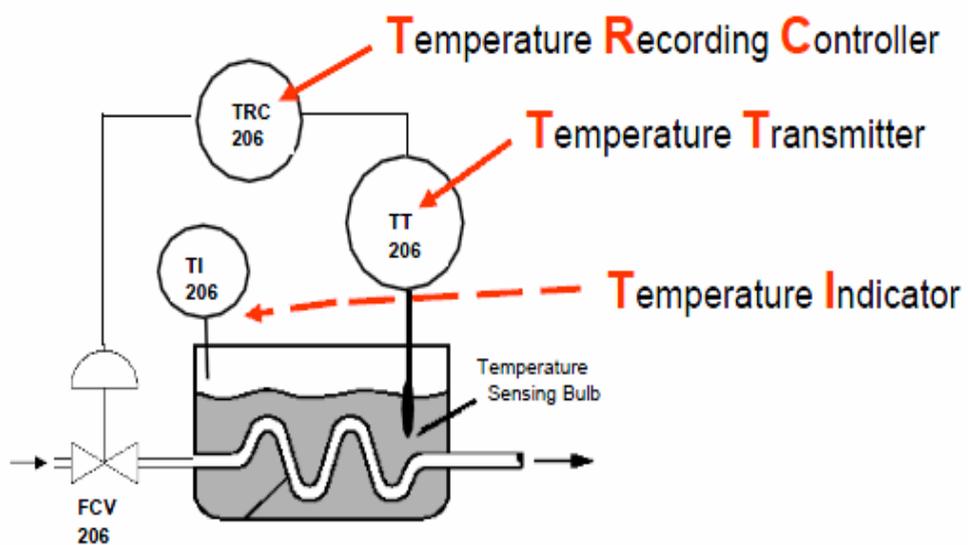
**Tabla 1.2 Definición de letras de identificación.**

La Fig. 1.23 muestra un ejemplo de un P&ID



**Fig. 1.23 Ejemplo de un P&ID.**

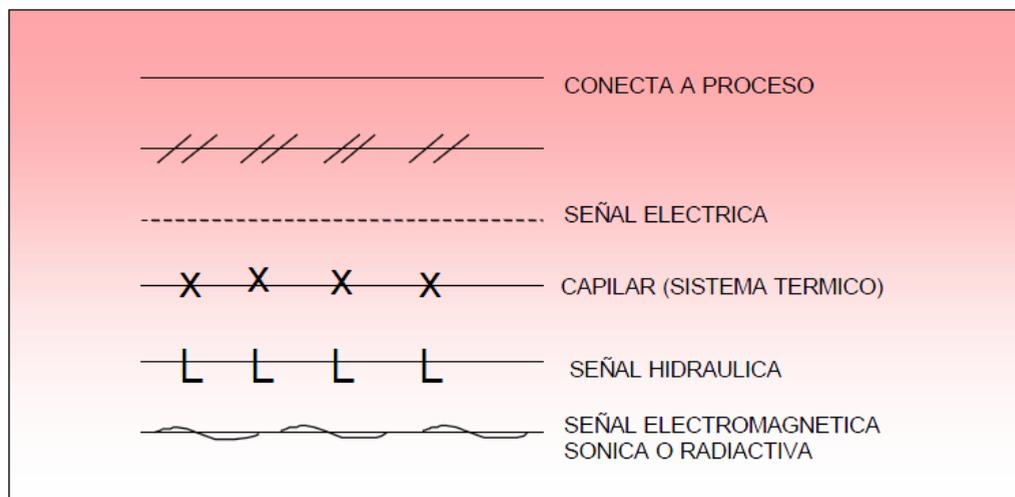
La Fig. 1.24 nos muestra los nombres de las diferentes variables que intervienen en el proceso.



**Fig. 1.24 Nombres de las variables del P&ID.**

Los símbolos y diagramas son usados en el control de procesos para indicar la aplicación en el proceso, el tipo de señales empleadas, la secuencia de componentes interconectadas y de alguna manera, la instrumentación empleada. La Sociedad de Instrumentistas de América (ISA por sus siglas en inglés Instruments Society of America) publica normas para símbolos, términos y diagramas que son generalmente.

Las señales de instrumentación utilizadas en el control de procesos son usualmente de los siguientes tipos: neumática, electrónica (eléctrica), capilar, hidráulica, sónica o indicando radioactividad. Cada señal tiene un símbolo diferente y los símbolos son mostrados en la Fig. 1.25.

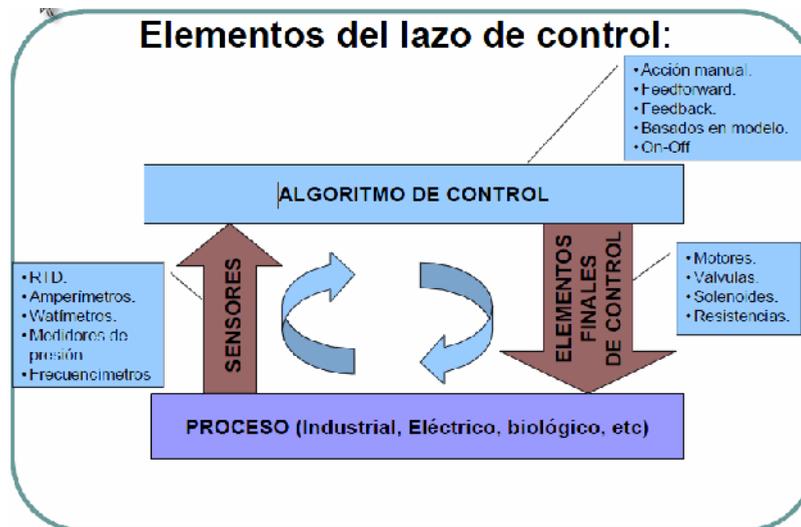


**Fig. 1.25 Líneas de Conexión de Instrumentos.**

## 1.6 LAZOS DE CONTROL

### 1.6.1 DEFINICIÓN

Arreglo de elementos orientados al mantenimiento de condiciones específicas en un proceso, maquinaria o sistema.



**Fig. 1.26 Elementos de lazo de control.**

Para mantener una cantidad física, como la presión, el flujo o la temperatura a un nivel deseado durante un proceso se puede emplear tanto un control de lazo abierto como de lazo cerrado.

## 1.6.2 CLASIFICACIÓN DE LAZOS DE CONTROL

Existen los siguientes lazos de control:

- Lazo de control abierto
- Lazo de control cerrado

### 1.6.2.1 LAZO DE CONTROL ABIERTO

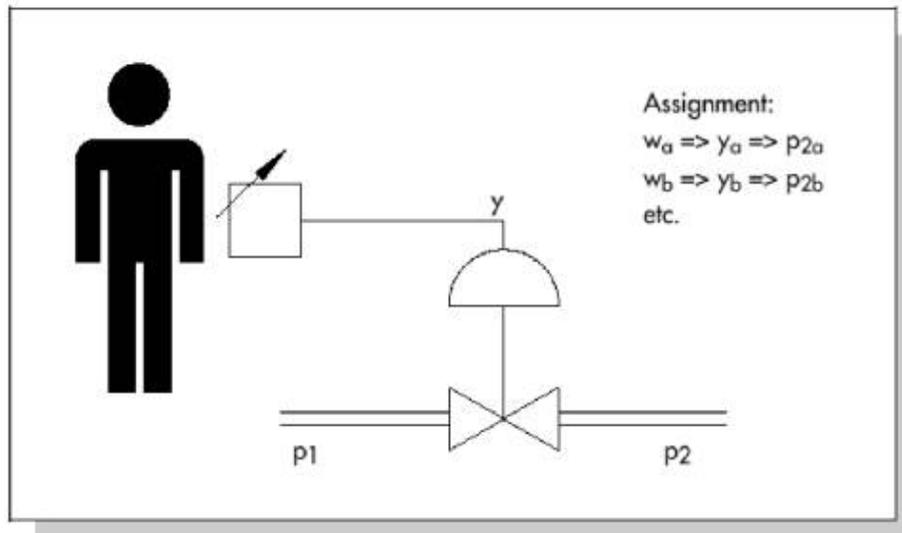
Los sistemas de control en los que la salida no tiene efecto sobre la acción de control, se denominan sistemas de control de lazo abierto. En otras palabras, en un sistema de control de lazo abierto la salida ni se mide ni se retroalimenta para compararla con la entrada.

Los sistemas de control a lazo abierto tienen dos rasgos sobresalientes:

- La habilidad que éstos tienen para ejecutar una acción con exactitud está determinada por su calibración. Calibrar significa establecer o restablecer una relación entre la entrada y la salida con el fin de obtener del sistema la exactitud deseada.
- Estos sistemas no tienen el problema de la inestabilidad, que presentan los de lazo cerrado.

Un ejemplo práctico lo constituye una lavadora de ropa doméstica. El remojo, lavado y enjuague en la lavadora se cumplen por tiempos. La máquina no mide la señal de salida, es decir, la limpieza de la ropa.

En cualquier sistema de control de lazo abierto, no se compara la salida con la entrada de referencia. Por tanto, para cada entrada de referencia corresponde una condición de operación fija. Así, la precisión del sistema depende de la calibración. En presencia de perturbaciones, un sistema de control de lazo abierto no cumple su función asignada. En la práctica el control de lazo abierto sólo se puede utilizar si la relación entre la entrada y la salida es conocida, y si no se presentan perturbaciones tanto internas como externas. Desde luego, tales sistemas no son sistemas de control retroalimentado. Nótese que cualquier sistema de control que funciona sobre una base de tiempos, es un sistema de lazo abierto. Por ejemplo, el control de tráfico con señales accionadas en función de tiempos, es otro caso de control de lazo abierto.



**Fig.. 1.27 Lazo de control abierto.**

La tarea del operador ilustrado en la Fig. 1.27 es la de ajustar la presión ( $p_2$ ) en una tubería por medio de una válvula de control. Para este propósito, el utiliza un valor asignado que determina una cierta señal de control ( $y$ ) surgida de un ajustador remoto para cada set point ( $w$ ). Dado que este método de control no considera posibles fluctuaciones en el flujo; él es recomendado únicamente en sistemas donde las perturbaciones no afecten la variable de control.

#### **1.6.2.2 LAZO DE CONTROL CERRADO.**

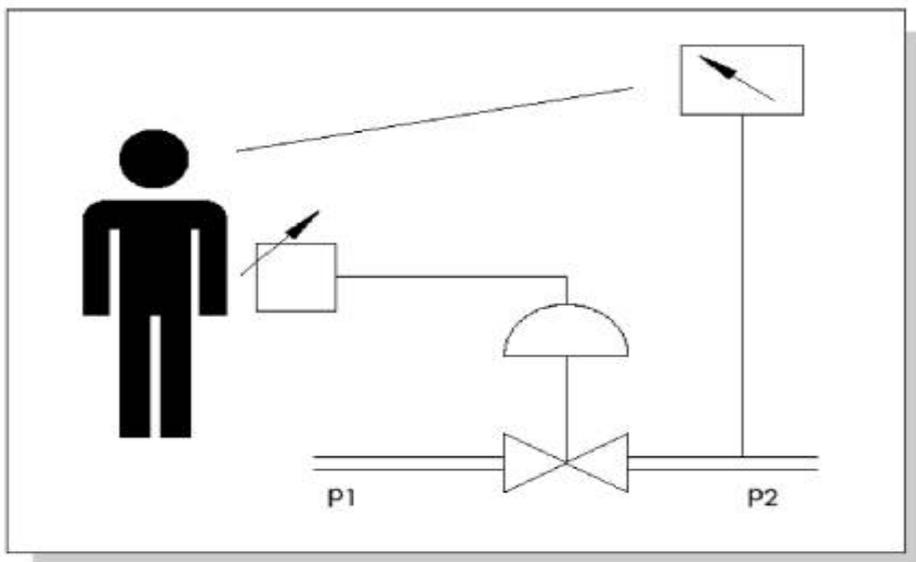
Un sistema de control de lazo cerrado es aquel en el que la acción de control es en cierto modo dependiente de la salida.

Los sistemas de control de lazo cerrado se llaman comúnmente sistemas de control por realimentación (o retroacción).

Un mecanismo de piloto automático y el avión que controla, forman un sistema de control de lazo cerrado (por realimentación). Su objetivo es mantener una dirección específica del avión, a pesar de los cambios

atmosféricos. El sistema ejecutará su tarea midiendo continuamente la dirección instantánea del avión y ajustando automáticamente las superficies de dirección del mismo (timón, aletas, etc.) de modo que la dirección instantánea coincida con la especificada. El piloto u operador, quien fija con anterioridad el piloto automático, no forma parte del sistema de control.

La señal de error actuante, que es la diferencia entre la señal de entrada y la de retroalimentación (que puede ser la señal de salida o una función de la señal de salida y sus derivadas), entra la controlador para reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado. El término lazo cerrado implica siempre el uso de la acción de control retroalimentado para reducir el error del sistema.



**Fig. 1.28 Lazo de control cerrado.**

El bosquejo del operador de la Fig. 1.28 monitorea la presión  $p_2$  en una tubería para la cual diferentes consumidores están conectados. Cuando

se incrementa el consumo, la presión en la tubería decrece. El operador reconoce que la presión cae y cambia la presión de control de la válvula de control neumática hasta que la presión deseada  $p_2$  es alcanzada de nuevo. A través del monitoreo de la presión y la inmediata reacción, el operador asegura que la presión es mantenida al nivel deseado.

Una ventaja del sistema de control de lazo cerrado es que el uso de la retroalimentación hace que la respuesta del sistema sea relativamente insensible a perturbaciones externas y a variaciones internas de parámetros del sistema. De este modo, es posible utilizar componentes relativamente imprecisos y económicos, y lograr la exactitud de control requerida en determinada planta, cosa que sería imposible en un control de lazo abierto. Desde el punto de vista de la estabilidad, en el sistema de control de lazo abierto, esta es más fácil de lograr, ya que en él la estabilidad no constituye un problema importante. En cambio, en los sistemas de lazo de control cerrado, la estabilidad si es un problema importante, por su tendencia a sobre corregir errores que pueden producir oscilaciones de amplitud constante o variable.

Hay que puntualizar que para sistemas cuyas entradas son conocidas previamente y en los que no hay perturbaciones, es preferible utilizar el control de lazo abierto.

Los sistemas de control de lazo cerrado tienen ventajas solamente si se presentan perturbaciones no previsibles y/o variaciones imprevisibles de componentes del sistema. Nótese que la potencia de salida determina parcialmente el costo, peso y tamaño de un sistema de control. La cantidad de componentes utilizados en un sistema de control de lazo cerrado es mayor a la correspondiente a un sistema de control de lazo abierto. Así, entonces, un sistema de control de lazo cerrado es generalmente de mayor costo y potencia.

### **1.6.2.3 Realimentación:**

Es la propiedad de un sistema de lazo cerrado que permite que la salida (o cualquier otra variable controlada del sistema) sea comparada con la entrada al sistema (o con una entrada a cualquier componente interno del mismo con un subsistema) de manera tal que se pueda establecer una acción de control apropiada como función de la diferencia entre la entrada y la salida.

Más generalmente se dice que existe realimentación en un sistema cuando existe una secuencia cerrada de relaciones de causa y efecto entre las variables del sistema.

El concepto de realimentación está claramente ilustrado en el mecanismo del piloto automático del ejemplo dado.

La entrada es la dirección especificada, que se fija en el tablero de control del avión y la salida es la dirección instantánea determinada por los instrumentos de navegación automática. Un dispositivo de comparación explora continuamente la entrada y la salida.

Cuando los dos coinciden, no se requiere acción de control. Cuando existe una diferencia entre ambas, el dispositivo de comparación suministra una señal de acción de control al controlador, o sea al mecanismo de piloto automático. El controlador suministra las señales apropiadas a las superficies de control del avión, con el fin de reducir la diferencia entre la entrada y la salida.

La realimentación se puede efectuar por medio de una conexión eléctrica o mecánica que vaya desde los instrumentos de navegación que miden la dirección hasta el dispositivo de comparación.

#### **1.6.2.4 Características de la realimentación**

Los rasgos más importantes que la presencia de realimentación imparte a un sistema son:

- ✓ Aumento de la exactitud. Por ejemplo, la habilidad para reproducir la entrada fielmente.
- ✓ Reducción de la sensibilidad de la salida, correspondiente a una determinada entrada, ante variaciones en las características del sistema.
- ✓ Efectos reducidos de la no linealidad y de la distorsión.
- ✓ Aumento del intervalo de frecuencias (de la entrada) en el cual el sistema responde satisfactoriamente (aumento del ancho de banda)
- ✓ Tendencia a la oscilación o a la inestabilidad.

## **CAPÍTULO II**

### **ANÁLISIS Y DISEÑO**

#### **2.1 ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DEL SISTEMA**

El sistema a implementarse debe ser capaz de monitorear el estado de los tres compresores de aire comprimido de 40 bares de manera continua, para conocer su comportamiento.

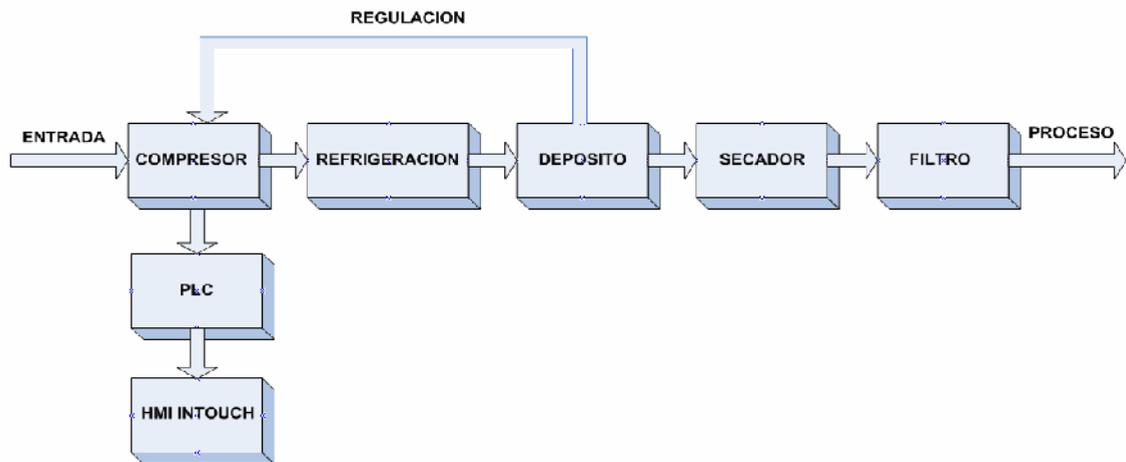
Los compresores tienen un alto nivel de ruido, alrededor de los 105 DB, este nivel de ruido es perjudicial para el ser humano; por lo tanto se monitoreará a una distancia superior a 80 metros para no tener problemas de salud de las personas encargadas de su operación, el monitoreo de los compresores debe ser confiable, que no se pierda la comunicación entre la PC y los compresores.

Los compresores tienen variables como: presión, corriente, voltaje, potencia, estado del compresor (carga, vacío), alarmas; todos esos datos se visualizará en un computador dedicado para monitorear, las personas que tienen accesibilidad a este computador son los operadores y el personal de mantenimiento; quienes deberán conocer el correcto funcionamiento de los compresores para tomar acciones correctivas adecuadas cuando se presenta un fallo, los daños pueden ser eléctricos o mecánicos.

El HMI debe ser entendible y amigable, para que el personal encargado (operadores y técnicos de mantenimiento) entienda que está sucediendo con los compresores, lo cual les servirá para tomar decisiones ante los requerimientos de producción y mantenimiento, el HMI no debe afectar de ninguna manera el funcionamiento de los compresores en caso de pérdida de comunicación, computador dañado o manipulación inadecuada del computador.

## 2.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA

El diagrama de la Fig. 2.1 indica cómo funciona un compresor de aire comprimido de 40 bares, representado a manera de bloques.



**Fig. 2.1. Esquema representativo secuencial de compresión.**

Este diagrama de bloques es de fácil entendimiento y muestra los componentes principales del sistema; a continuación se describen cada bloque:

### 2.2.1 COMPRESOR

El compresor consta de un motor eléctrico de 310 HP (230 KW) que hace girar el cigüeñal a 750 RPM y este a su vez acciona los 6 cilindros, los cilindros están orientados de manera horizontal, característica propia de los compresores de marca ABC.

El aire/gas aspirado a través de los filtros de aspiración es comprimido en los cilindros, produciéndose en estos un aumento de la presión y de la temperatura.

Este aumento de presión del compresor se realiza en cuatro etapas.

### **2.2.1.1 PRIMERA ETAPA DE PRESIÓN**

Actúan los cilindros 2 y 4 obteniéndose una presión de salida de 2.5 a 3.9 bares.

### **2.2.1.2 SEGUNDA ETAPA DE PRESIÓN**

Actúan los cilindros 1 y 3 obteniéndose una presión de salida de 11 a 15 bares.

### **2.2.1.3 TERCERA ETAPA DE PRESIÓN**

Actúa el cilindro 6 obteniéndose una presión de salida de 15 a 19 bares.

### **2.2.1.4 CUARTA ETAPA DE PRESIÓN**

Actúa el cilindro 5 obteniéndose una presión de salida de 38 a 40 bares, presión ideal para el proceso.

## **2.2.2 REGRIGERACIÓN**

En la etapa de enfriamiento, cada etapa de compresión es refrigerada por agua, tanto en los cilindros y fondos, como en los intercambiadores en los que con un flujo de agua a contracorriente, se consiguen temperaturas de salida de aire o gas de 10°C por encima de la temperatura de entrada de agua.

## **2.2.3 DEPÓSITO**

El compresor necesita un depósito para su regulación (carga-vacío), así como para tener almacenado aire/gas de forma que se produzca una respuesta inmediata a las necesidades del usuario mientras arranca el compresor, a la vez que elimina los picos de presión que se origina en la compresión; a mayor volumen se tendrá un mejor pulmón de mayor duración.

#### **2.2.4 REGULACIÓN**

La regulación del compresor se consigue mediante una electroválvula, un transmisor de presión y unos pistones descargadores.

El compresor trabaja en carga hasta que la presión del aire gas en el depósito llega al máximo fijado, entonces el regulador presóstato abre los contactos que comunican tensión a la electroválvula, al ser normalmente abierta dejará pasar el aire gas de regulación que accionará los descargadores manteniendo abierta las válvulas de aspiración por lo que el aire gas aspirado por ellas volverá a salir por las mismas hasta que la presión en el depósito se reduzca hasta el valor fijado en el regulador/presóstato con lo que dará tensión a la bobina de la electroválvula y cortará el aire gas de regulación, evacuando al mismo tiempo la presión que actúa sobre los descargadores, quedando estos liberados y entrando el compresor en carga.

#### **2.2.5 SECADO**

El enfriamiento del fluido comprimido en el equipo secador se efectúa en dos escalones:

El primero tiene lugar en el recuperador “ RC “ y utiliza como medio refrigerante el fluido comprimido seco frío ,el cual se recalienta así desde el punto de rocío, hasta la temperatura de salida .

El segundo tiene lugar en el enfriador “EA” y constituye el secado frigorífico propiamente dicho, en el cual, el fluido pre-enfriado anteriormente es secado hasta la temperatura mínima.

La fase líquida que se forma como consecuencia de la condensación del vapor de agua es arrastrado por el flujo de fluido comprimido hasta el separador “ SC “, en donde se la aparta de la corriente, siendo expulsada seguidamente al exterior por medio del purgador automático.

### **2.2.6 FILTRADO**

El filtrado se realiza por medio de un filtro desolador DBN y un filtro depurador AFN.

En el interior del filtro desolador DBN el gas se somete a un proceso de filtración absoluta al atravesar una bujía cilíndrica de micro fibra de borosilicato, de características tales que retiene partículas hasta el tamaño de 0.01 micra con una eficacia del 99.9998%.

En el interior del filtro depurador AFN el gas se somete a un proceso de filtración absoluta al atravesar una bujía cilíndrica, con dos capas de micro fibra de borosilicato con una carga de carbón activado y de características tales que retienen también las partículas hasta el tamaño de 0.01 micra con una eficacia del 99.999%.

Los filtros que poseen los compresores para productos alimenticios, deben tener los respectivos certificados de calidad.

### **2.2.7 CONTROLADOR PLC**

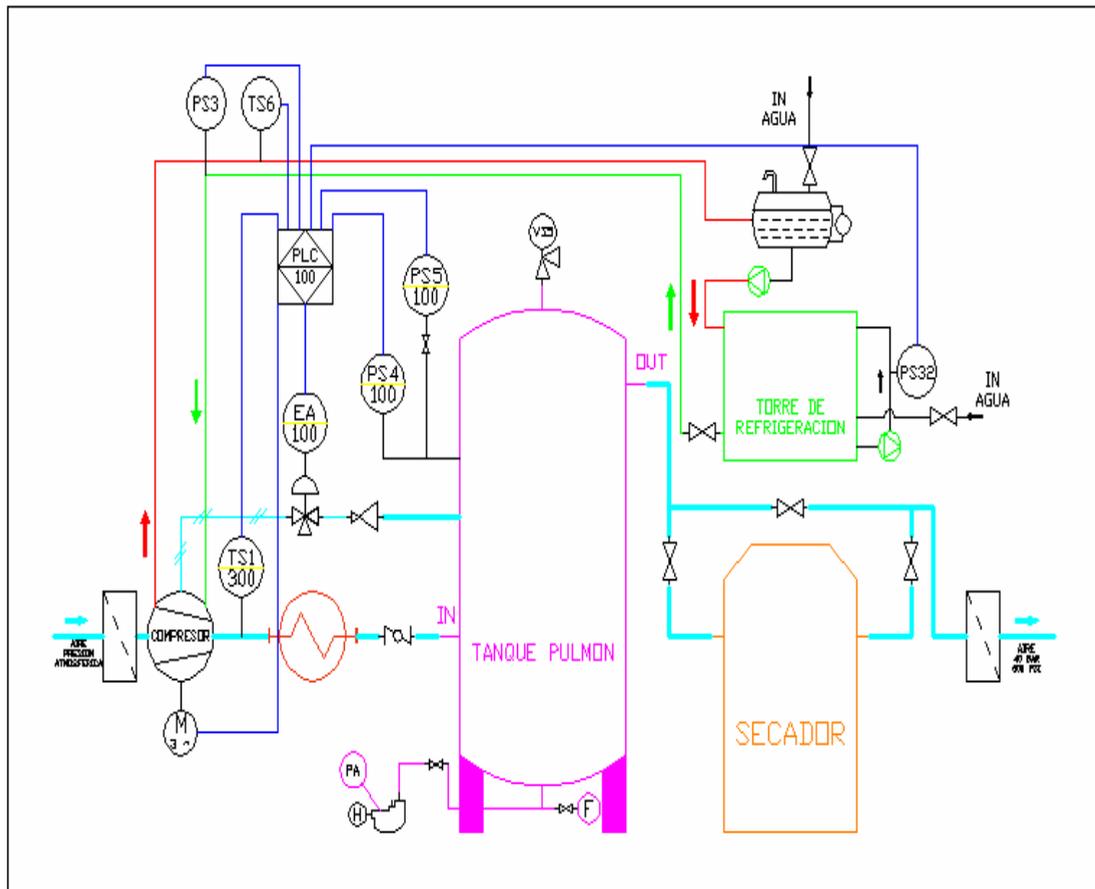
En la etapa de control, el PLC S7-200 CPU 224 Y 224XP activa una señal para que el compresor arranque o se apague, este PLC controla todo el proceso de cada compresor de manera independiente.

### **2.2.8 ADQUISICIÓN DE DATOS HMI**

La visualización del proceso de los compresores se realiza por medio de la plataforma Intouch 9.5, la cual ofrece muchas maneras de adquisición de datos, utilizando el protocolo de comunicación MODBUS RTU, los datos que se adquieren con este protocolo son en tiempo real, proporcionando al operador una verdadera confiabilidad del sistema implementado.

### 2.3 DIAGRAMA P&ID DE UN COMPRESOR DE AIRE COMPRIMIDO.

El diagrama P&ID de un compresor de aire comprimido nos muestra el flujo del proceso en las tuberías y los diferentes instrumentos instalados, como se muestra en la Fig. 2.2.



**Fig. 2.2 Diagrama P&ID de un compresor de aire comprimido.**

La siguiente tabla 2.1 indica los diferentes instrumentos instalados en el sistema:

## LISTADO DE INSTRUMENTOS

Detalle	DENOMINACION	RANGO	TRABAJO
TS1	Termostato alta temp aire 4° etapa	60-150°C	125°C
TS6	Termostato parada alta temp agua	30/90°C	55°C
PS1	Presóstato alarma baja presión aceite	0,22-4 bar	1,3-1,5 bar
PS2	Presóstato parada baja presión aceite	0,22-4 bar	1-1,2 bar
PS3	Presóstato parada baja presión agua	0,22-4 bar	2-2,2 bar
PS4	Presóstato regulación	25-50 bar	42 bar
PS5	Presóstato regulación	2-32 bar	27 bar
PS32	Presóstato parada baja presión agua	0,11-2 bar	0,3 bar
FA	Filtro aire	0-16 bar	9,5 bar
EA	Electroválvula regulación	0-16 bar	9,5 bar
VS5	Válvula seguridad deposito	0-85 bar	45 bar
VS6	Válvula seguridad regulación	0-15 bar	12 bar
FV5	Filtro purgador automático deposito	0-102 bar	42 bar
PA5	Purgador automático deposito	0-51 bar	42 bar
MP	Regulador presión aire regulación	0-238 bar	e/i/e 42 bar
BAG	Bomba agua	16 m <sup>3</sup> /h	2,5 bar
VN	Nivel agua		
VR1	Válvula retención aire	0-64 bar	42 bar

**Tabla 2.1 Instrumentos instalados en el sistema.**

En el sistema se tiene los siguientes elementos de control:

**Switch.-** un interruptor eléctrico es un dispositivo utilizado para desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica, las aplicaciones son innumerables, van desde un simple interruptor que apaga o enciende un bombillo, hasta un complicado selector de transferencia automático de múltiples capas controlado por computadora.

Su expresión más sencilla consiste en dos contactos de metal inoxidable y el actuante. Los contactos, normalmente separados, se unen para permitir que la corriente circule. El actuante es la parte móvil que en una de sus posiciones hace presión sobre los contactos para mantenerlos unidos.

**Termostato.-** La función de un termostato consiste, en evitar que el agua fluya dentro del motor, hasta que este, no haya llegado a su temperatura de funcionamiento, de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

En cuanto el motor alcanza su temperatura de funcionamiento, el material del que está hecho el termostato, dilata su resistencia, permitiendo que la presión del agua caliente, abra la compuerta, y de esta manera el agua circula por todo el sistema de enfriamiento.

**Válvulas.-** Una válvula es un dispositivo mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos. Debido a su diseño y materiales, las válvulas pueden abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar una enorme serie de líquidos y gases, desde los más simples hasta los más corrosivos o tóxicos.

Las válvulas tienen la misión de permitir la entrada y salida de gases al cilindro cada fase, cerrando herméticamente los conductos de acceso y evacuación de la cámara de combustión durante el tiempo del ciclo.

Las válvulas de admisión y descarga, están sometidas a grandes sollicitaciones mecánicas y térmicas; por lo tanto, deben ser construidas de un material adecuado para este trabajo.

## 2.4 ANÁLISIS DE HARDWARE O DISEÑO DE HARDWARE

### 2.4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS PLC'S S7-200

Cada compresor cuenta con un PLC S7-200 CPU 224, con las siguientes características:

Características	CPU 224	CPU 224XP
E/S integradas	14ED / 10SD	14ED / 10SD
E/S análogas integradas	0	2EA / 1SA
E/S máx. vía expansión (EM)	80/64	80/64
N. máx. Canales/ N. máx. EM	168 / 7EM	168 / 7EM
Canales análogos (E/S/máx.)	28 / 14 / 35	28 / 14 / 38
Memoria de programa /Datos	12 KB / 8KB	16 KB / 10 KB
Tiempo de ejecución CPU	0.22 us	0.22 us
Contadores Timer	256 / 256	256 / 256
Contadores rápidos	6X30 KHZ	6X30 KHZ
Reloj tiempo real	INTEGRADO	INTEGRADO
Salidas de pulsos	2X20 KHZ	2X20 KHZ
Interfaces de comunicación	1 X RS-485	2 X RS-485
Potenciómetro	2 X 8 BITS	2 X 8 BITS
Dimensiones An x Al x Pr (mm)	120.5 X 80 X 62	140 X 80 X 62

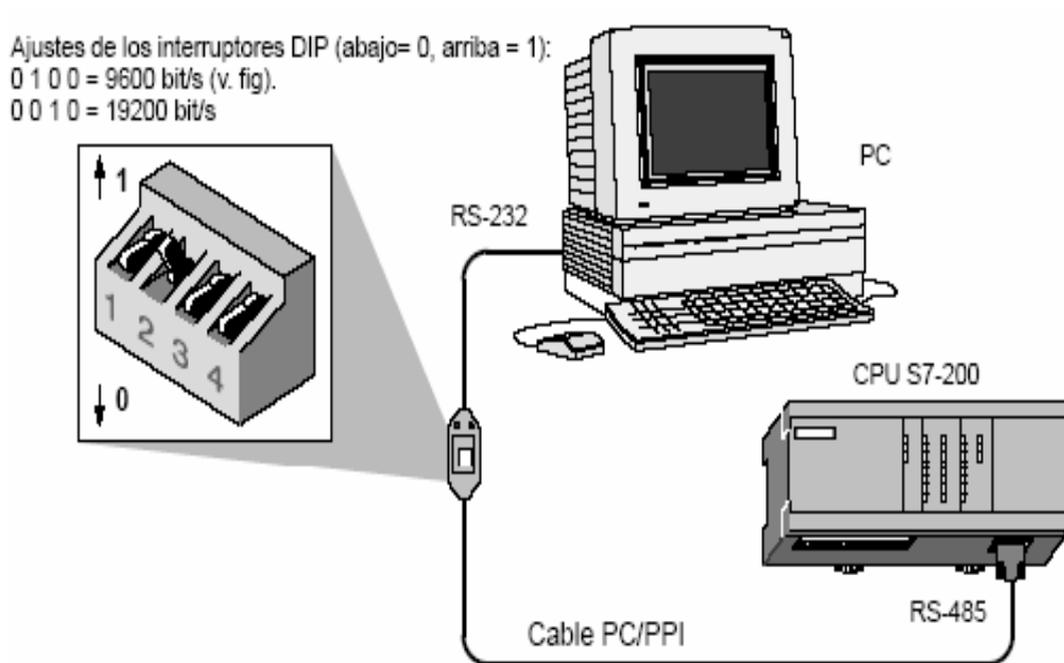
**Tabla 2.2 Características principales del PLC SIEMENS S7-200**

### 2.4.2 COMUNICACIÓN ENTRE PLC'S S7-200

La Fig. 2.3 muestra una configuración típica para conectar el PC a la CPU mediante el cable PC / PPI. Para establecer un enlace correcto entre los componentes; se requieren los siguientes pasos:

1. Ajustar los interruptores DIP del cable PC/PPI para determinar la velocidad de transferencia deseada

2. Conectar el extremo RS-232 del cable PC/PPI al puerto de comunicación de su PC (COM1 o COM2) y apretar los tornillos de conexión.
3. Conectar el otro extremo (RS-485) del cable PC/PPI al interface de comunicación de la CPU y apretar los tornillos de conexión.

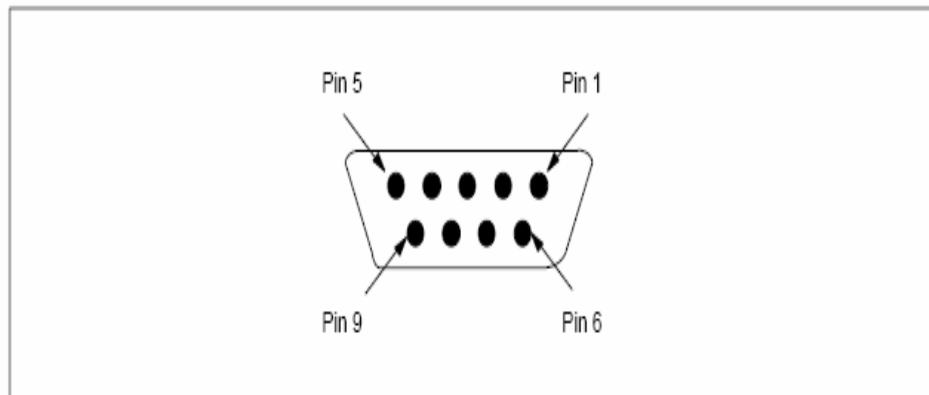


**Fig. 2.3 Comunicación PC PLC mediante cable PC/PPI.**

## **2.4.3 CONFIGURACIONES Y CONEXIONES.**

### **2.4.3.1 Puerto de comunicación**

Los puertos de comunicación de las CPUs S7-200 son compatibles con el estándar RS-485 mediante un conector D subminiatura de 9 pines conforme al estándar PROFIBUS definido en la norma europea EN 50170. La Figura 2.4 muestra el conector que ofrece el enlace físico para el puerto de comunicación y en la tabla 2-3 Figuran las asignaciones de pines para los puertos de comunicación.



**Fig. 2.4 Pines del puerto de comunicación de la CPU S7-200.**

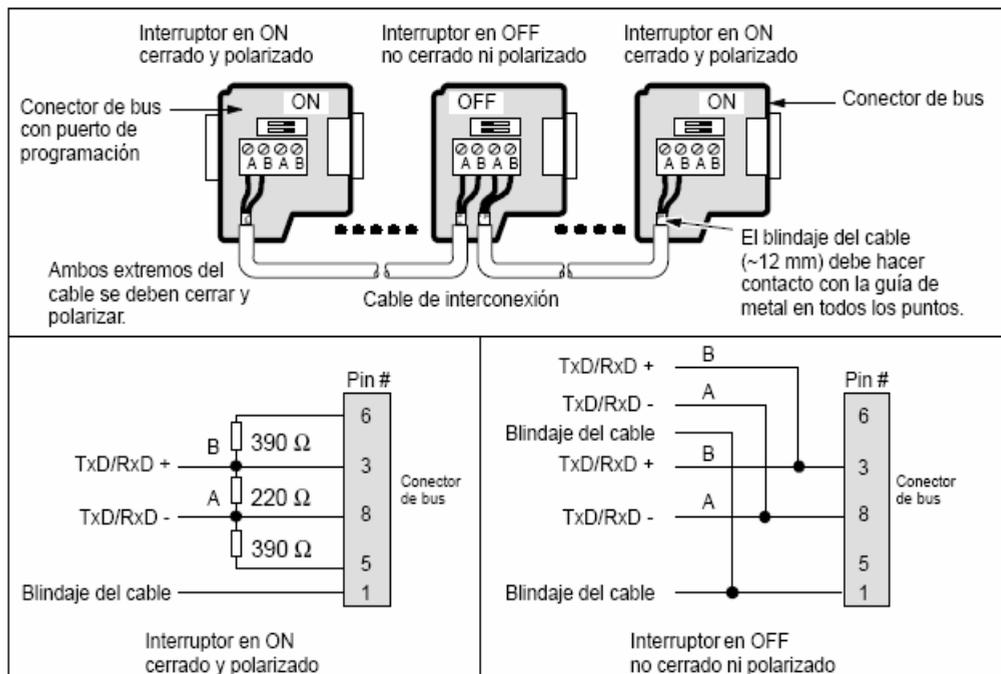
Nº de pin	Denominación PROFIBUS	Puerto 0/Puerto 1
1	Blindaje	Tierra
2	Hilo de retorno 24 V	Hilo lógico
3	Señal B RS-485	Señal B RS-485
4	Petición de transmitir	RTS (TTL)
5	Hilo de retorno 5 V	Hilo lógico
6	+5 V	+5 V, 100 $\Omega$ resistor en serie
7	+24 V	+24 V
8	Señal A RS-485	Señal A RS-485
9	No aplicable	Selección protocolo de 10 bits (entrada)
Carcasa del enchufe	Blindaje	Tierra

**Tabla 2.3 Asignación de pines del puerto de comunicación de la CPU S7-200**

#### 2.4.3.2 Conectores de bus

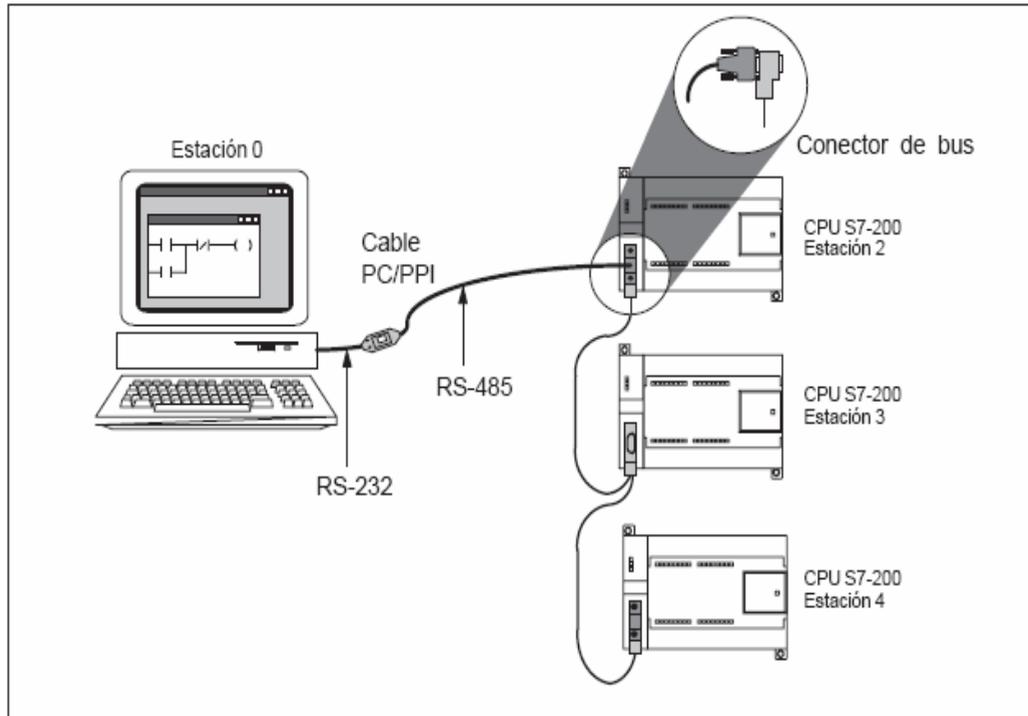
Siemens ofrece dos tipos de conectores de bus que permiten conectar fácilmente varios dispositivos a una red. Ambos conectores poseen dos juegos de tornillos para fijar los cables de entrada y salida. Asimismo,

disponen de interruptores para polarizar y cerrar la red de forma selectiva. Uno de ellos ofrece sólo un enlace a la CPU, en tanto que el otro agrega un puerto de programación (Fig. 2.5).



**Fig. 2.5. Polarizar y cerrar el cable de interconexión**

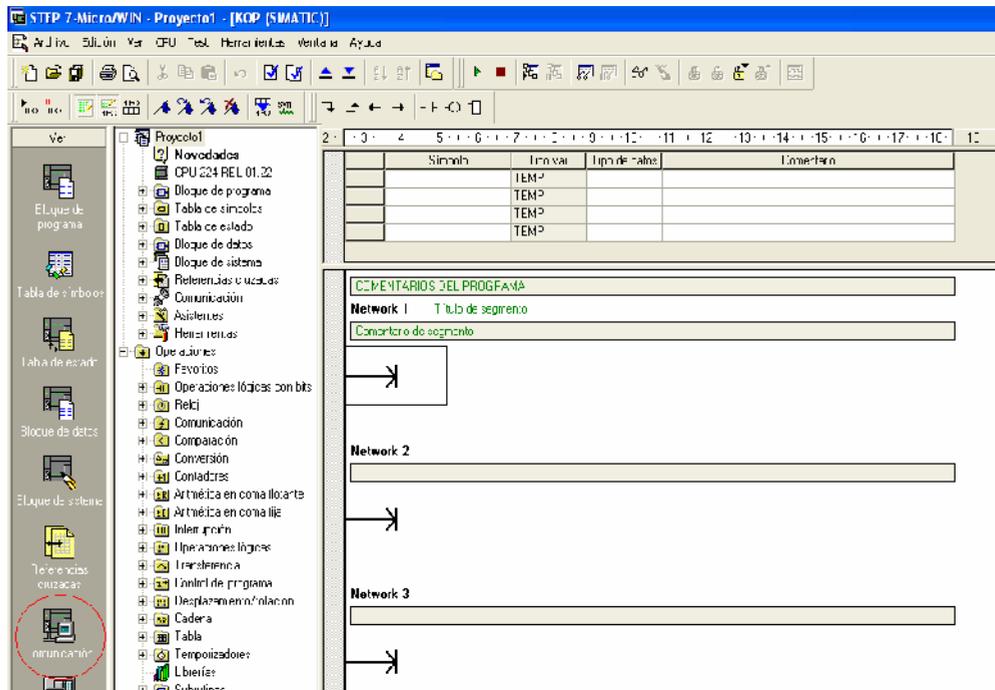
La Fig. 2.6 muestra una configuración con un PC conectado a varias CPUs S7-200. STEP 7-Micro/WIN 32 se ha diseñado para comunicarse con una sola CPU S7-200. No obstante, se puede acceder a cualquier CPU que intervenga en la red. Las CPUs pueden ser tanto maestras como esclavas.



**Fig. 2.6. Cable PC/PPI para la comunicación con varias CPUs**

#### **2.4.4 AJUSTES DE LOS PARÁMETROS DE COMUNICACIÓN EN STEP 7 MICRO/WIN**

1.- Haga clic en el icono "Comunicación" o el comando del menú ver > comunicación.



**Fig. 2.7. Vista general del STEP 7 MICROWIN.**

- 2.- Observar que la dirección del cable PC/PPI esté ajustada a 0 en el cuadro de diálogo “Comunicación”.
- 3.- Verifique que la interfaz del parámetro de red esté configurada para el cable PC/PPI (COM1).
- 4.- Verificar que la velocidad de transferencia esté ajustada a 9,6 kbit/s. En el cuadro de Diálogo “Comunicación”, haga clic en el botón “Interface PG/PC...” para acceder al Cuadro de diálogo “Ajustar interface PG/PC”.

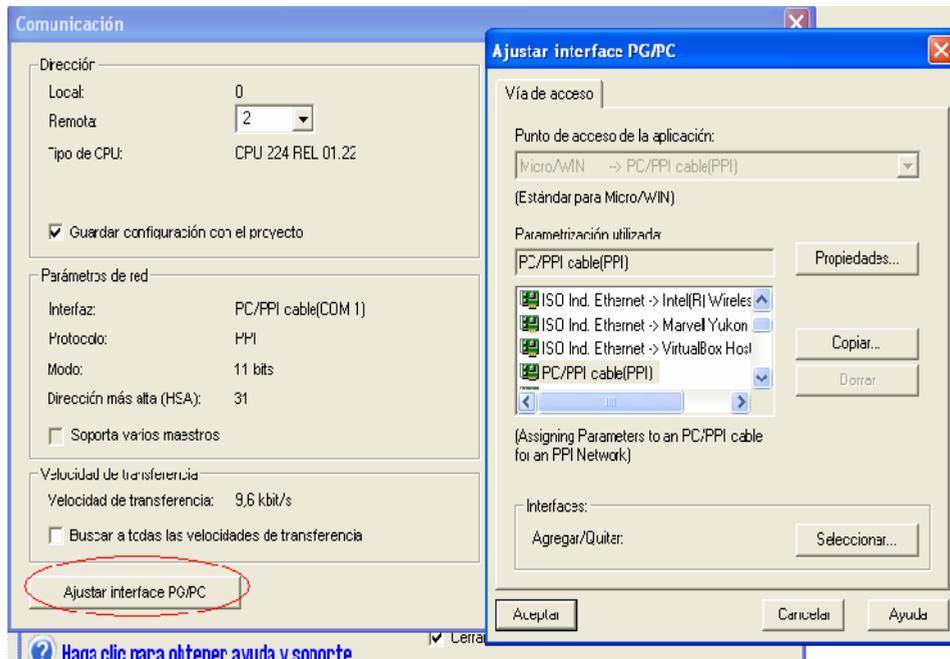


Fig. 2.8 Comunicación, ajuste interface PG/PC.

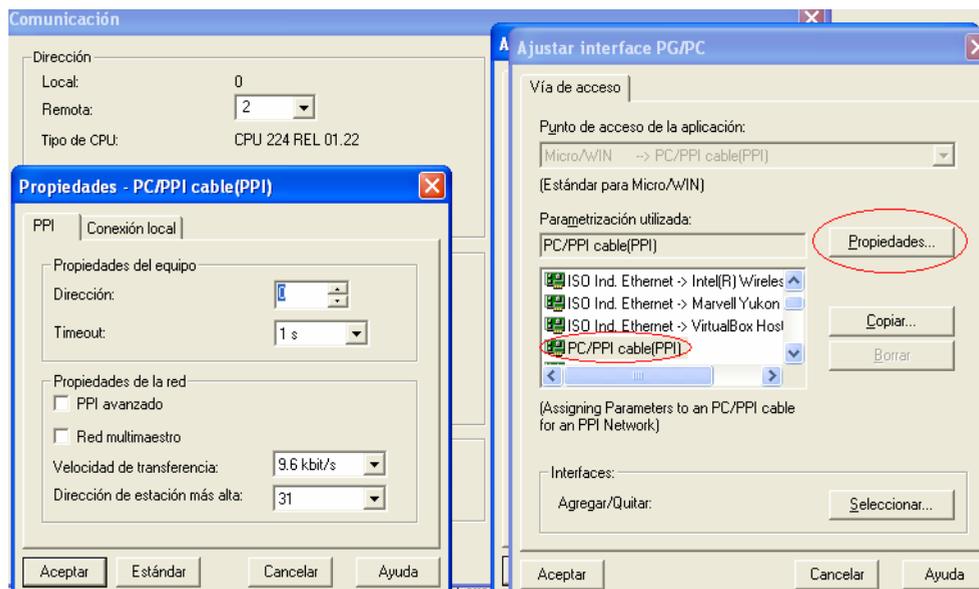


Fig. 2.9 Configuración de Propiedades PC/PPI cable PPI.

5.- Hacer doble clic en el campo destinado a actualizar la comunicación. Con ello la CPU conectada debería reconocerse y registrarse automáticamente.

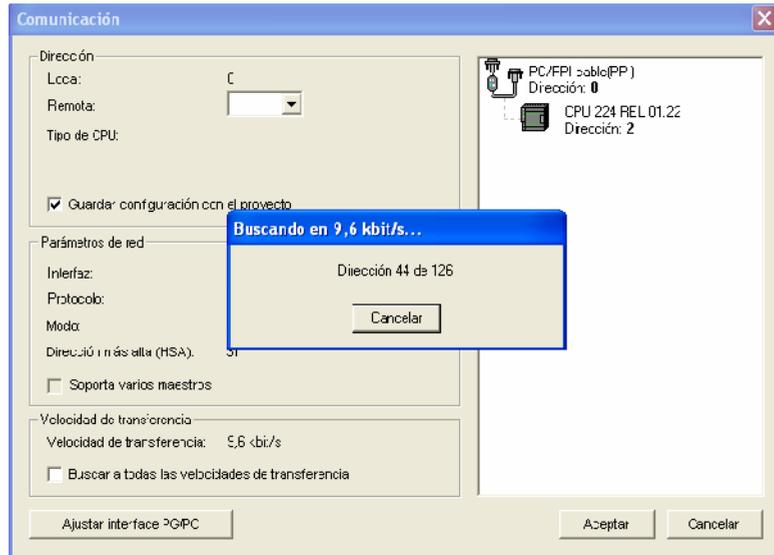


Fig. 2.10 Actualización de la comunicación de la CPU del PLC S7-200.

6.-Cargar programa de la CPU en PG

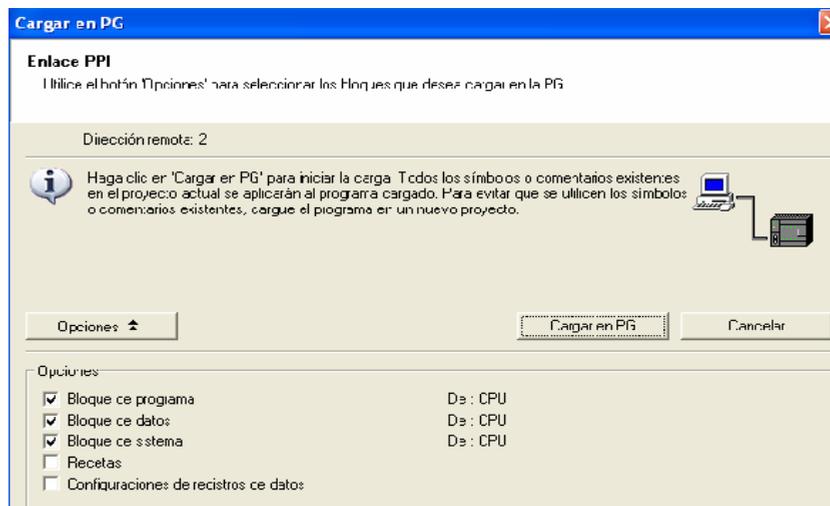


Fig. 2.11 Selección de los bloques para cargar en PG.

## **2.4.5 COMUNICACIÓN MODBUS**

### **2.4.5.1 Librerías de Siemens vs Modbus**

Las librerías de operaciones de STEP 7-Micro/WIN facilitan la comunicación con los aparatos maestros Modbus, ya que incorporan subrutinas y rutinas de interrupción preconfiguradas y diseñadas especialmente para la comunicación Modbus. Las operaciones del protocolo Modbus permiten configurar el S7-200 para que actúe de esclavo Modbus RTU y se comunique con maestros Modbus.

Estas operaciones se encuentran en la carpeta "Librerías" del árbol de operaciones de STEP 7-Micro/WIN. Gracias a estas nuevas operaciones, el S7-200 puede actuar de esclavo Modbus. Cuando se selecciona una operación del protocolo Modbus, se agregan automáticamente una o más subrutinas asociadas al proyecto.

### **2.4.5.2 Requisitos para utilizar el protocolo Modbus**

Las operaciones del protocolo para esclavos Modbus utilizan los siguientes recursos del S7-200:

La inicialización del protocolo para esclavos Modbus utiliza el puerto 0 para la comunicación Modbus.

Si el puerto 0 se está utilizando para las operaciones del protocolo para esclavos Modbus, no se podrá usar para ninguna otra función, incluyendo la comunicación con STEP 7-Micro/WIN. La operación MBUS\_INIT asigna el puerto 0 al protocolo para esclavos Modbus, o bien al protocolo PPI.

Las operaciones del protocolo para esclavos Modbus afectan a todas las direcciones de marcas especiales (SM) asociadas a la comunicación Freeport por el puerto 0.

Las operaciones del protocolo para esclavos Modbus utilizan 3 subrutinas y 2 rutinas de interrupción.

Las operaciones del protocolo para esclavos Modbus necesitan 1857 bytes de espacio en el programa para las dos operaciones Modbus y las rutinas de soporte.

Las variables de las operaciones del protocolo para esclavos Modbus necesitan un bloque de 779 bytes de la memoria V. El usuario asigna la dirección inicial de este bloque, que se reserva para las variables Modbus.

Para conmutar el puerto 0 a modo PPI, de manera que pueda comunicarse con STEP 7-Micro/WIN, utilice otra operación MBUS\_INIT para reasignar el puerto 0. Alternativamente, utilice el selector de modos de operación del S7-200 para cambiar a modo STOP. Ello restablece los parámetros estándar del puerto 0.

#### **2.4.5.3. Inicialización y tiempo de ejecución del protocolo Modbus**

La comunicación Modbus utiliza una CRC (comprobación de redundancia cíclica) para garantizar la integridad de los mensajes de comunicación. El protocolo para esclavos Modbus usa una tabla de valores pre-calculados (tabla CRC), con objeto de decrementar el tiempo necesario para procesar los mensajes. La inicialización de la tabla CRC tarda aproximadamente 425 milisegundos, efectuándose en la subrutina MBUS\_INIT. Por lo general, ello sucede en el primer ciclo del programa de usuario tras pasar el S7-200 a modo RUN.

El usuario debe borrar el temporizador de vigilancia y mantener las salidas habilitadas (si lo exigen los módulos de ampliación), en caso de que el tiempo necesario para la subrutina MBUS\_INIT y otras inicializaciones exceda los 500 milisegundos de vigilancia del ciclo. El temporizador de vigilancia del módulo de salidas de borra escribiendo en

las salidas del módulo. Consulte la descripción de la operación Borrar temporizador de vigilancia.

El tiempo de ciclo se prolonga cuando la subrutina MBUS\_SLAVE procesa una petición. Puesto que la mayor parte del tiempo se dedica a calcular la CRC, el tiempo de ciclo se alarga unos 650 microsegundos por cada byte de la petición y de la respuesta. Una petición/respuesta máxima (lectura o escritura de 120 palabras) prolonga el tiempo de ciclo en aproximadamente 165 milisegundos.

#### **2.4.5.4 Direccionamiento Modbus**

Por lo general, las direcciones Modbus se escriben como valores de 5 ó 6 caracteres, conteniendo el tipo de datos y el offset. El primer carácter o los dos primeros caracteres determinan el tipo de datos, en tanto que los últimos cuatro caracteres seleccionan el valor apropiado dentro del tipo de datos en cuestión. El maestro Modbus asigna luego las direcciones de manera que correspondan a las funciones correctas.

Las operaciones para esclavos Modbus soportan las direcciones siguientes:

- '000001 hasta 000128 son salidas digitales asignadas a Q0.0 hasta 15.7
- '010001 hasta 010128 son entradas digitales asignadas a I0.0 hasta I15.7
- '030001 hasta 030032 son registros de entradas analógicas asignados a AIW0 hasta AIW62.
- '040001 hasta 04xxxx son registros de retención asignados a la memoria V.

Todas las direcciones Modbus se basan en "1". La tabla siguiente muestra la asignación de las direcciones Modbus a las direcciones del S7-200.

Dirección Modbus	Dirección S7-200
000001	Q0.0
000002	Q0.1
000003	Q0.2
...	...
000127	Q15.6
000128	Q15.7
010001	I0.0
010002	I0.1
010003	I0.2
...	...
010127	I15.6
010128	I15.7
030001	AIW0
030002	AIW2
030003	AIW4
...	...
030032	AIW62
040001	HoldStart
040002	HoldStart+2
040003	HoldStart+4
...	...
04xxxx	HoldStart+2 x (xxxx-1)

**Tabla 2.4 Asignación de las direcciones Modbus.**

El protocolo para esclavos Modbus permite limitar la cantidad de entradas, salidas, entradas analógicas y registros de retención (memoria V) accesibles a un maestro Modbus.

El parámetro MaxIQ de la operación MBUS\_INIT indica la cantidad máxima de entradas o salidas digitales (I o Q) a las que puede acceder el maestro Modbus.

El parámetro MaxAI de la operación MBUS\_INIT indica la cantidad máxima de registros de entradas analógicas (AIW) a los que puede acceder el maestro Modbus.

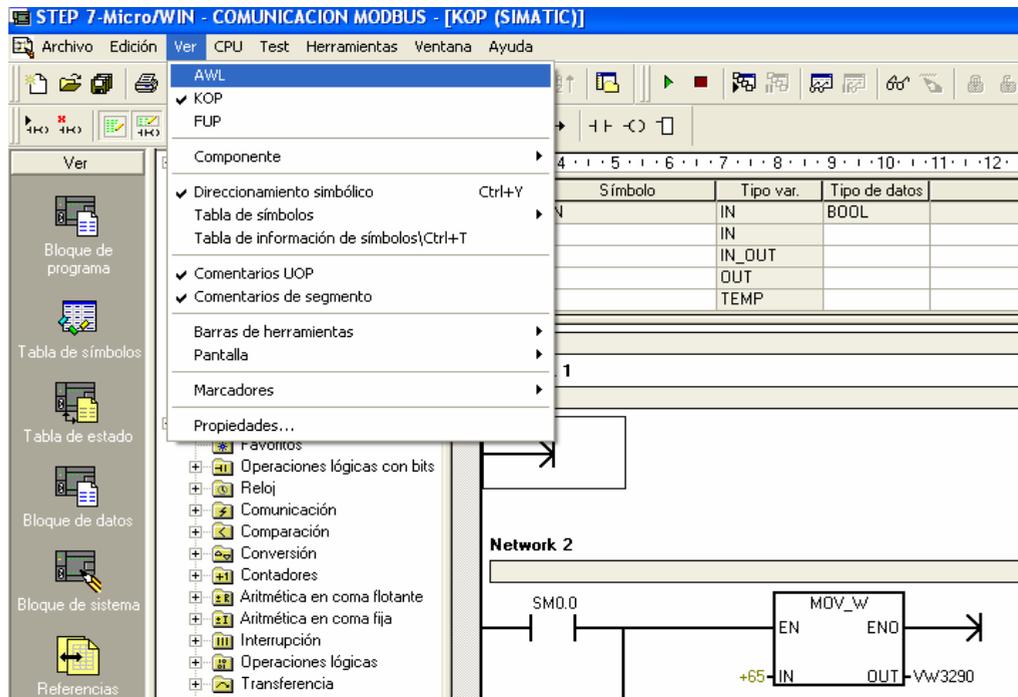
El parámetro MaxHold de la operación MBUS\_INIT indica la cantidad máxima de registros de retención (palabras de la memoria V) a los que puede acceder el maestro Modbus.

#### **a. Configuración de direccionamiento.**

Para modificar los valores de la librería Modbus, activar la opción AWL en el menú ver del Step 7.

El editor AWL visualiza el programa textualmente. Permite crear programas de control introduciendo la nemotécnica de las operaciones, sirve para crear ciertos programas que de otra forma no se podría programar con los editores KOP ni FUP.

El AWL es más apropiado para los programadores expertos.



**Fig. 2.12 Selección de modo AWL en step 7 Micro Win.**

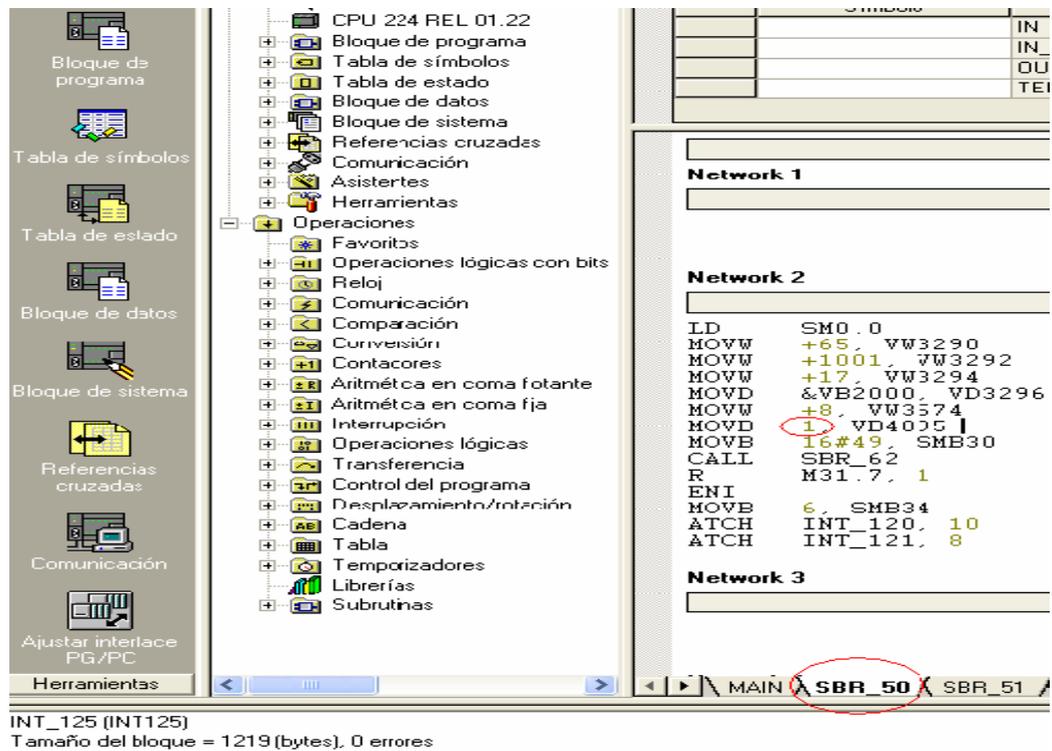
Se selecciona la subrutina 50, en la línea 7 se modifica la dirección del Modbus, sirve para añadir más dispositivos (PLC'S, panel operador, Variador de frecuencia, etc.) a una configuración RS 485.

Ejemplo:

MOVB 1, VB4095 // Setear dispositivo con dirección = 1.

MOVB 2, VB4095 // Setear dispositivo con dirección = 2

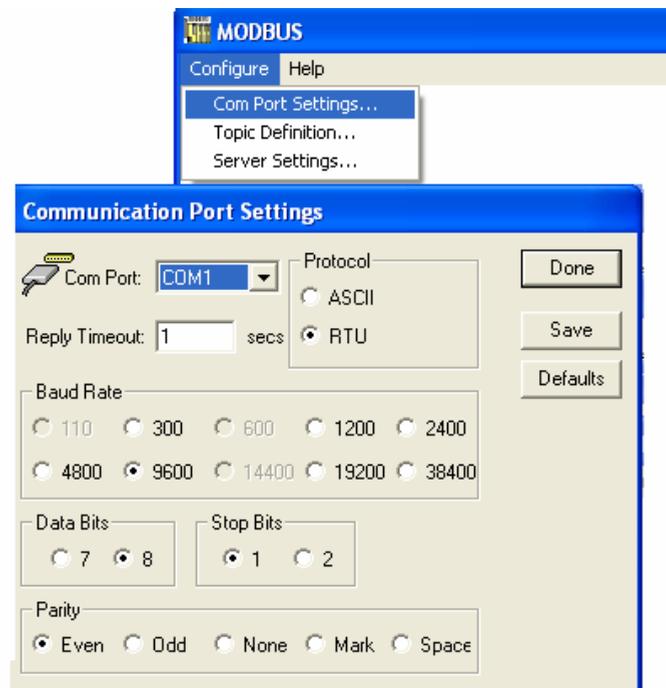
MOVB 10, VB4095 // Setear dispositivo con dirección = 10.



**Fig. 2.13. Esquema de dirección de dispositivos en librería Modbus.**

## 2.4.6 Configuración del puerto de comunicación del protocolo Modbus

Aquí se define el puerto Comm, el protocolo, la tasa de transferencia, bits de paridad, entre otros.



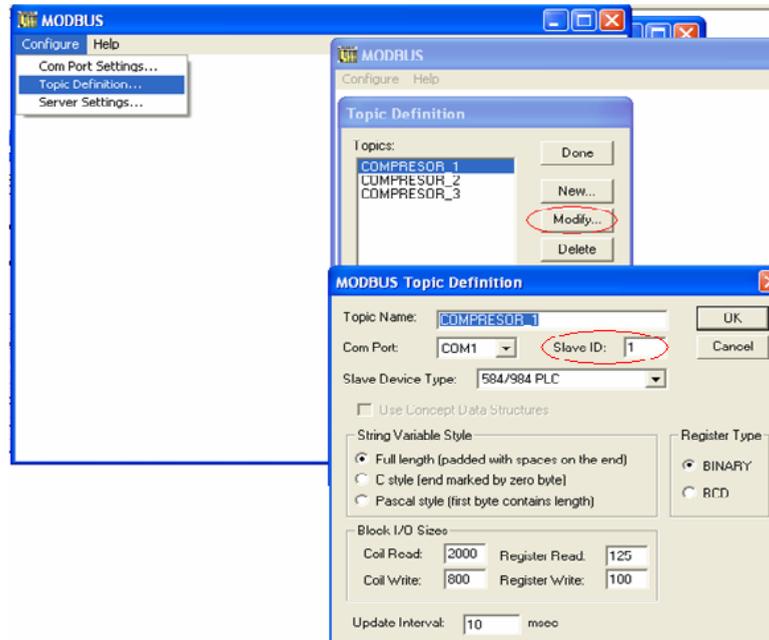
**Fig. 2.14 Opciones de configuración del Modbus.**

Cada dispositivo añadido debe relacionarse con un Slave ID diferente, si se añade 3 dispositivos la configuración quedaría así:

MOVB 1, VB40 // Setear dispositivo con dirección = 1.Slave ID=1

MOVB 2, VB409 // Setear dispositivo con dirección = 2.Slave ID=2

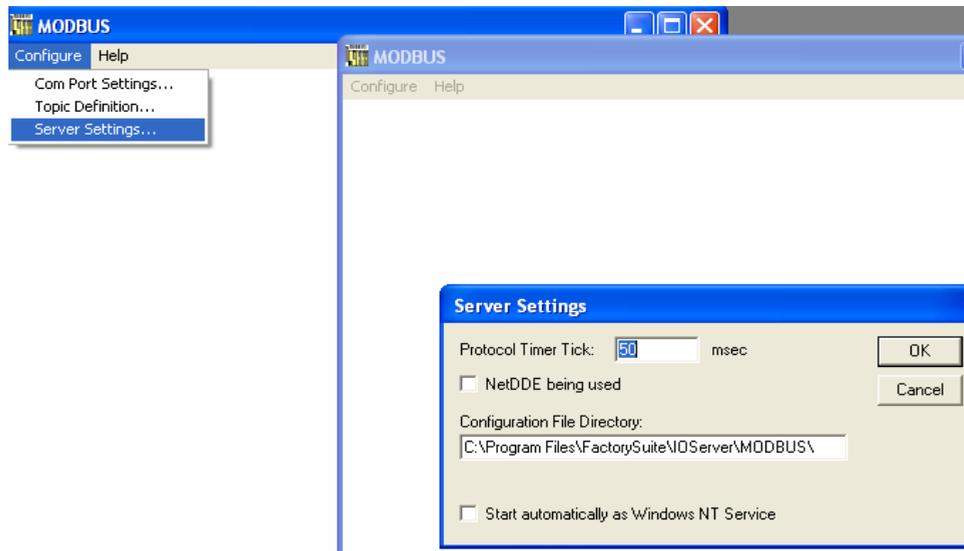
MOVB 10, VB409 // Setear dispositivo con dirección = 10.Slave ID=10



**Fig. 2.15 Configuración de nuevos enlaces.**

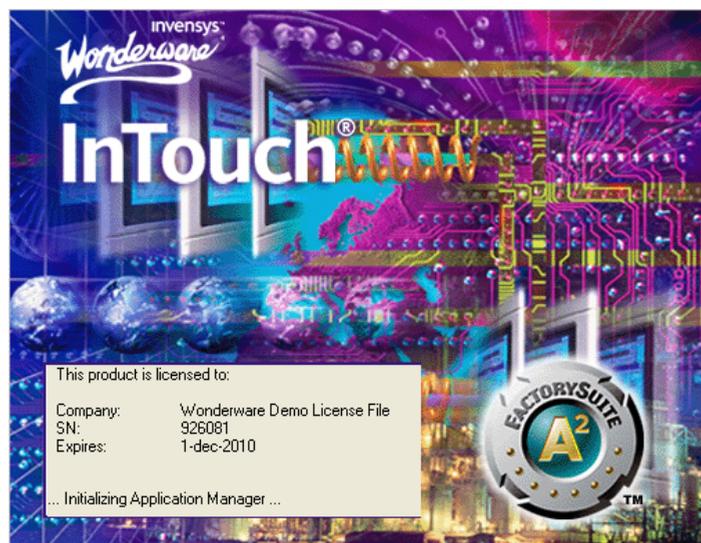
Si la comunicación es entre PLC'S uno debe ser máster los demás deberán configurarse como esclavos, es decir cada plc tiene que tener su librería modificada según su dirección.

Finalmente se debe configurar el servidor.



**Fig. 2.16. Selección de ventana para guardar configuración de servidor.**

## 2.4. WONDERWARE INTOUCH 9.5



**Fig. 2.17 Aspecto general de la portada de InTouch 9.5.**

Wonderware InTouch es un generador de aplicaciones MMI destinadas a la automatización industrial, control de procesos y supervisión.

Wonderware ofrece mediante InTouch la posibilidad de generar aplicaciones HMI al más alto nivel, utilizando las herramientas de programación orientada a objetos, para usuarios no informáticos.

Miles de aplicaciones creadas en InTouch se encuentra en estos momentos en pleno uso y produciendo unos resultados inmejorables. Sus usuarios informan de una mejora significativa en su calidad y cantidad de producción y en una reducción de costes de proyecto y mantenimiento.

#### **2.5.1. REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE INTOUCH**

Hardware: PC compatible IBM con un mínimo de 512 MB de RAM, procesador Pentium IV de 1.2 GHz

Software: Microsoft Windows NT/ 2000/ XP o superior

Redes: Soporte para cualquier red estándar NetBIOS: Ethernet, Novell, TokenRing, Arcnet, etc. Soporte para conexión serie, TCP/ IP o DecNET.

#### **2.5.2. CARACTERÍSTICAS Y PRESTACIONES**

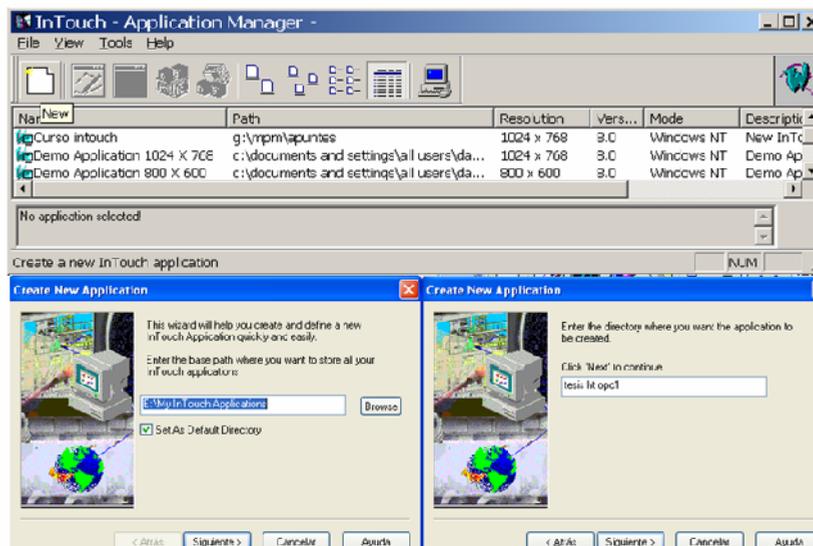
Gráficos Orientados a Objetos.

- Animación de objetos.
- ActiveX.
- SuiteLink/ OPC.
- Gráficos de Tendencia Históricos y de Tiempo Real.
- Alarmas.
- Programación.
- Seguridad.
- Actualización de lecturas/ escrituras optimizada.

- Generación de Informes Personalizados y Documentación.
- Aplicaciones en Red.
- Soporte Técnico.
- QI Analyst (SPC).
- Recetas.
- SQL Access.
- Servidores I/O.

### 2.5.2.1. CREACIÓN DE UNA APLICACIÓN.

Arrancar el programa y seleccionar la opción: Nueva aplicación. En la siguiente ventana, especificar la ruta donde se guardará la aplicación. Y para terminar, indicar el Nombre que tendrá la aplicación. Finalizar.

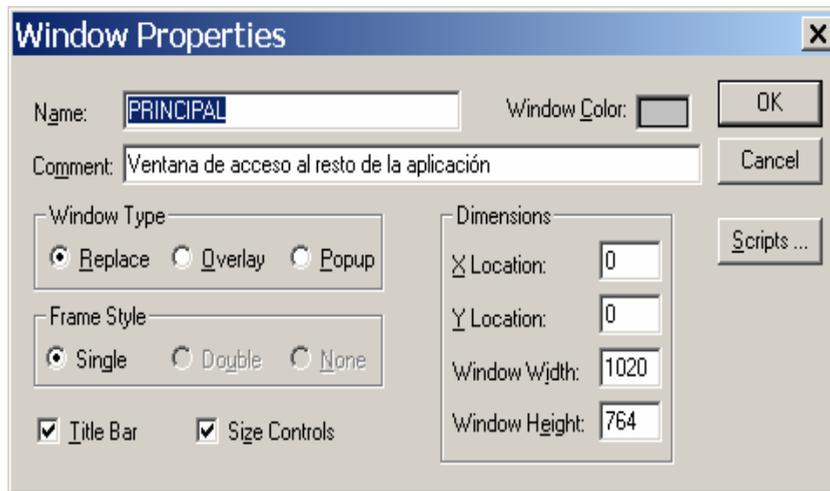


**Fig. 2.18. Pasos para crear una aplicación en InTouch.**

Una vez creada la aplicación, en WindowMaker, hay que crear las ventanas y las animaciones correspondientes.

### 2.5.2.2. CREACIÓN DE PANTALLAS Y VENTANAS. TIPOS

Seleccionar el icono para crear pantallas. Aparece la siguiente ventana:



**Fig. 2.19. Formato de configuración y apariencia de las ventanas.**

Asignar el nombre, el tamaño, en la ventana aparece reflejado el tamaño máximo.

### **2.5.2.3. Opciones:**

**Replace:** pantalla que reemplaza a las anteriores.

**Overlay:** ventana emergente, las situadas detrás permanecen activas y se cambia a ellas sólo con pinchar sobre ellas.

**Popup,** igual que overlay pero la ventana siempre está activa, para cambiar a otra, es necesario cerrarla.

La primera pantalla en mostrarse es la que muestra en la Fig. 2.30, esta pantalla indica la información acerca del proyecto de titulación.



**Fig. 2.20 Pantalla de presentación del HMI.**

Para ingresar al monitoreo del HMI es necesario validar nuestra información, ingresando un nombre de usuario y una contraseña correspondiente. Hay tres diferentes niveles de monitoreo: Administrador, Operador, Usuario.

El modo ADMIN, tiene prioridad sobre las demás el password en un código alfanumérico de 4 cifras.

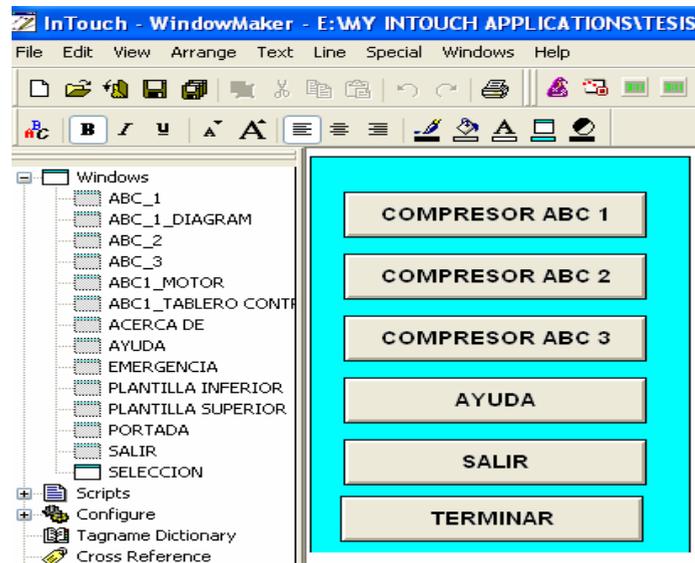


**Fig. 2.21 Representación inicial de nuestro HMI.**

#### **2.5.2.4. CREACIÓN DE MENÚS DESPLEGABLES Y CAMBIOS DE PANTALLA**

En la aplicación crear las siguientes pantallas y ventanas:

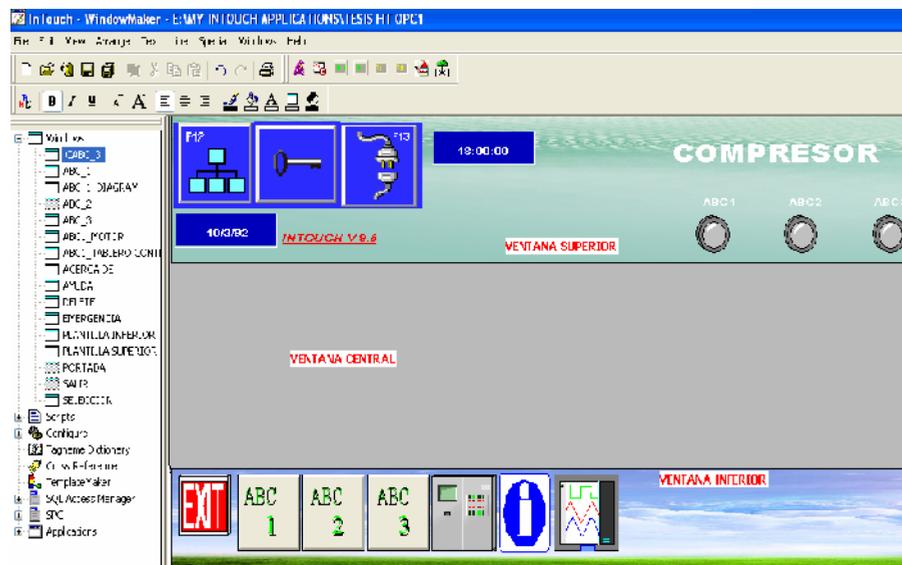
COMPRESOR ABC 1, COMPRESOR ABC 2, COMPRESOR ABC 3, AYUDA, SALIR, TERMINAR, Las cuales tienen como propiedades las de la imagen. Crear una ventana emergente tipo Popup la cual aparece al pulsar el botón MENÚ DE VENTANAS. En esta ventana colocar los botones de cambio de pantalla. La animación de los botones se podría hacer de forma sencilla con la opción ShowWindow, para permitir disponer de un tagname que guarde el nombre de la pantalla actual, es necesario animar los botones con la opción Action.



**Fig. 2.22 Aspecto inicial de una de las aplicaciones creadas.**

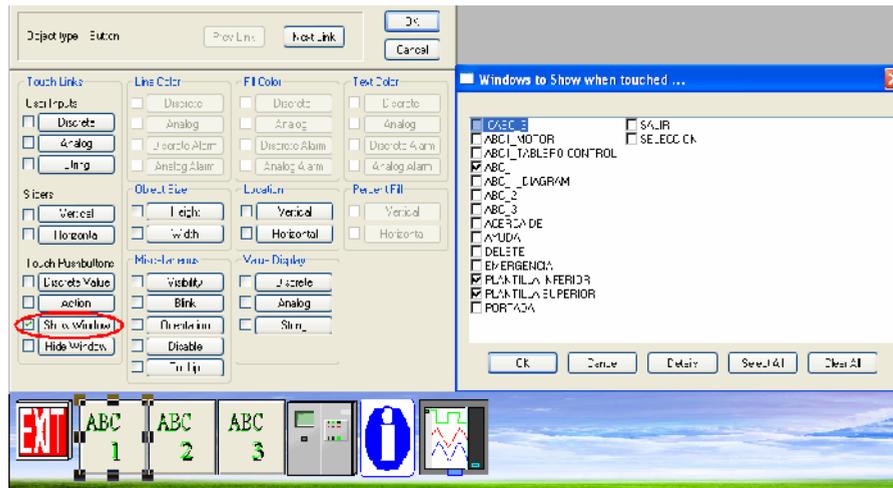
Para fácil navegación entre las pantallas, se diseñó tres ventanas: superior, inferior y central; esta última tomará diferentes controles, mientras que las dos primeras permanecerán visibles en todo momento.

En la ventana inferior se colocaron botones que al pulsar permitan ir directamente a la pantalla deseada.



**Fig. 2.23 Aspecto de distribución general de las ventanas creadas.**

Para animar un botón dar doble clic sobre el mismo, activar la opción Show Windows, dar un clic y seleccionar las ventanas vinculadas a este botón.

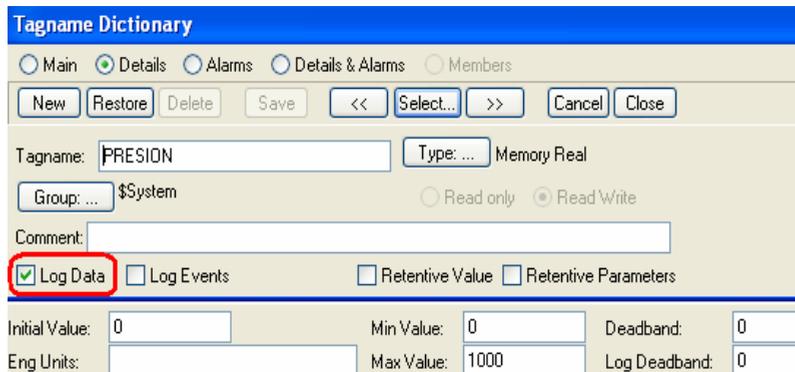


**Fig. 2.24** Forma de acceder a las propiedades de las imágenes insertadas.

### 2.5.3 Gráficos de Tendencia Históricas y de Tiempo Real.

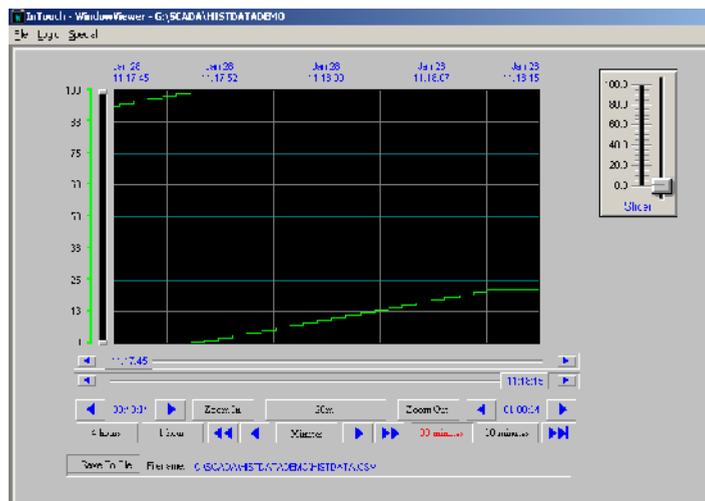
La incorporación de gráficos históricos y en tiempo real en las aplicaciones es sencilla a través de objetos incorporados. Cada gráfico puede presentar hasta 16 plumas con referencias a variables y ficheros históricos independientes.

Para representar un valor en la gráfica de tendencias, es necesario habilitar la opción Log Data en las propiedades de la variable, caso contrario dicha variable no aparecerá al momento de añadirla en el Historical Trend.



**Fig. 2.25** Habilitación de variable para representarle en una gráfica de tendencias.

Insertar un grafico de tendencias y un slider para pruebas, desde la patela Wizards, tal como muestra la figura siguiente:

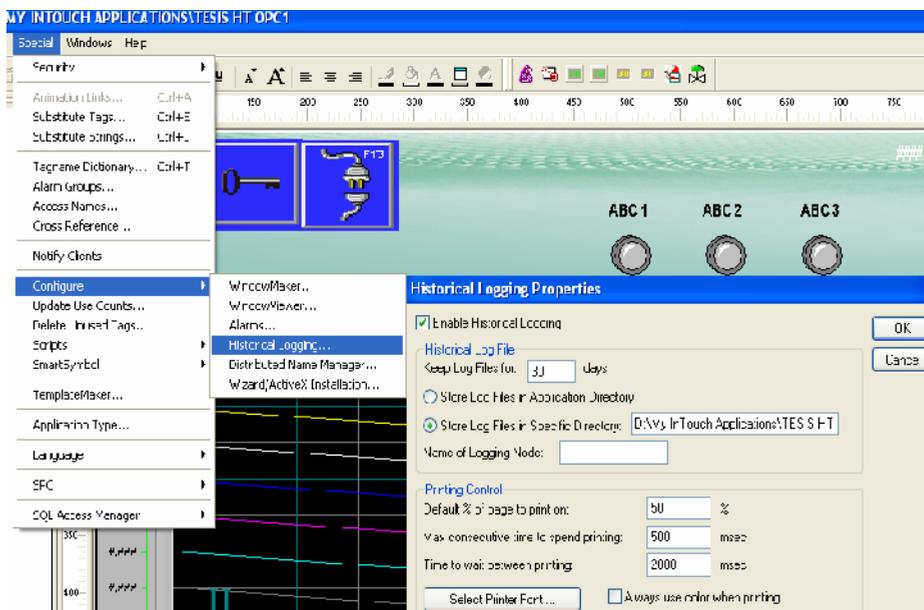


**Fig. 2.26.** Gráficos de Tendencias.

En cada uno de los gráficos se dispone en tiempo de ejecución de: selección de variables, visualización del valor en la posición del cursor, ampliación, desplazamiento o centrado.

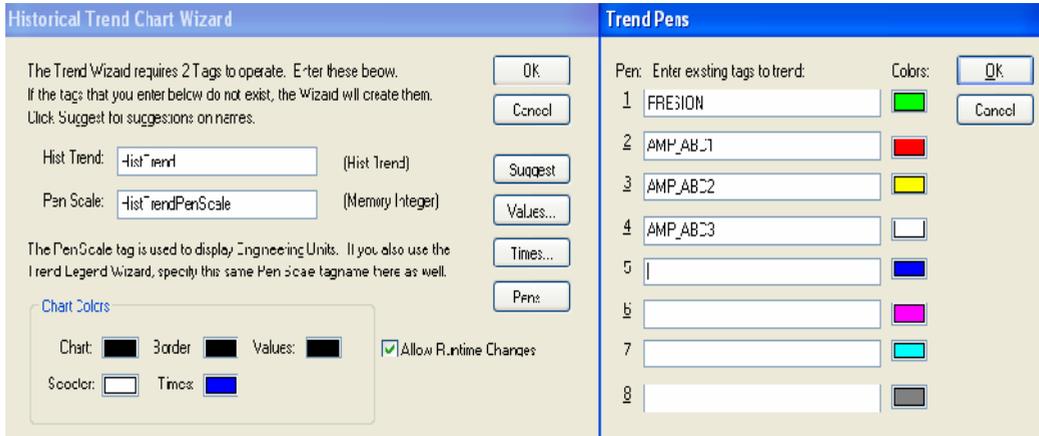
No existe límite en cuanto al número de gráficos a visualizar por pantalla o en toda la aplicación.

También hay que habilitar la opción Enable Historical Logging desplegando el menú Special, Configure, Historical Logging tal como indica la figura 2.27.



**Fig. 2.27 Selección de propiedades del Historical Logging.**

Para añadir las variables de control a ser vistas gráficamente en el gráfico de tendencias, abrir presionar el botón Pens, luego dentro de los numerales dar doble clic y se mostrarán las variables disponibles.



**Fig. 2.28 Añadiendo variables a la gráfica de tendencias**

## 2.5.4 ALARMAS

InTouch permite configurar y establecer prioridades de alarmas rápidamente. Hasta 999 prioridades diferentes, cambios de color de acuerdo con el estado de la alarma y hasta 8 niveles de jerarquía entre grupos de alarma con posibilidad de hasta 16 subgrupos para cada uno de ellos. No hay límite en el número de alarmas. Se pueden visualizar todas o un extracto de ellas de forma historia o en tiempo real y grabar en disco o imprimir en diferentes formatos personalizables.

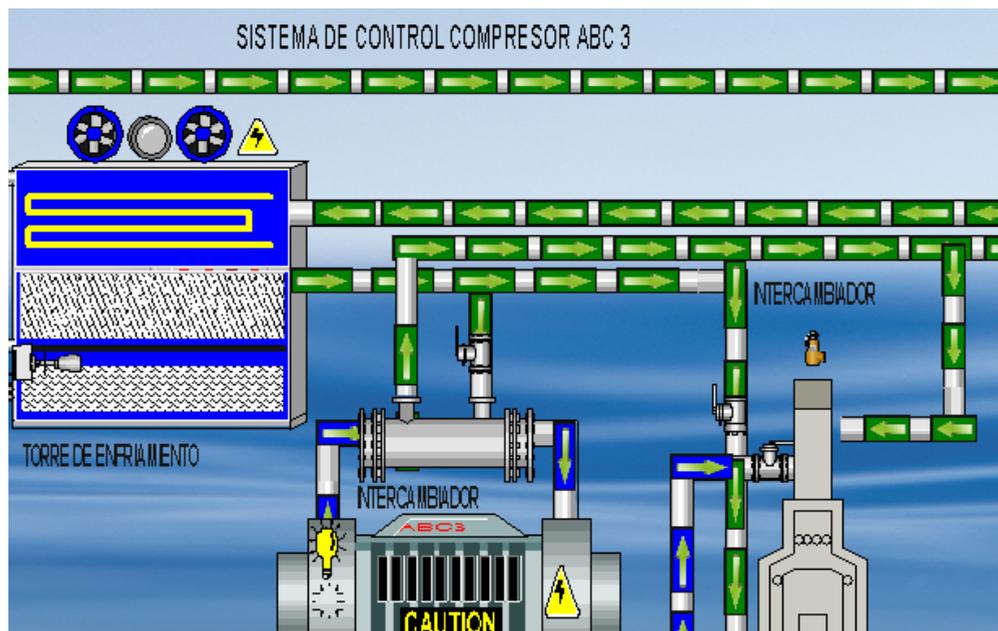
Date	Time	P.	Name	Value
08 mar	20:39	1	abc3_desplaza_led	12
08 mar	20:39	1	ABC3_ON_CORTO	12
08 mar	20:39	1	ABC3_ON_CORTO	12
08 mar	20:39	1	ABC3_ON_CORTO	12
08 mar	20:39	1	ABC3_ON_CORTO	12
08 mar	20:39	1	ABC3_ON_CORTO	12
08 mar	20:39	1	abc3_desplaza_led	12
08 mar	20:39	1	ABC3_ON_CORTO	12
08 mar	20:39	1	ABC3_ON_CORTO	12
08 mar	20:39	1	ABC3_ON_CORTO	12
08 mar	20:39	1	ABC3_ON_CORTO	12
08 mar	20:39	1	abc3_desplaza_led	12
08 mar	20:39	1	ABC3_ON_CORTO	12

**Fig. 2.29 Alarmas generadas en Intouch.**

Las nuevas funciones de alarmas distribuidas incluyen reconocimiento global o selectivo, desplazamiento por la lista y visualización de alarmas procedentes de diferentes servidores en un único panel.

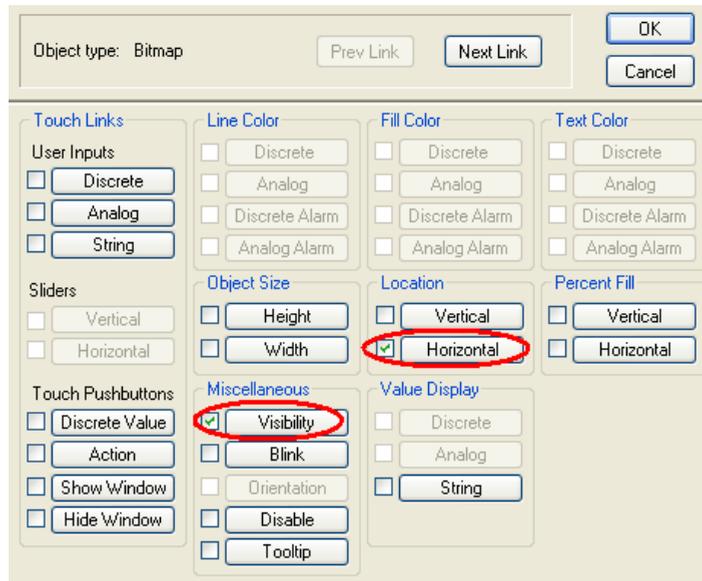
### 2.5.5 ANIMACIONES

Para un realce de entorno de control, se usan animaciones de tuberías según su trayectoria, tanque de almacenamiento, controles de nivel, movimientos de ventiladores, accionamiento de motores, giro de ventiladores, entre otros.



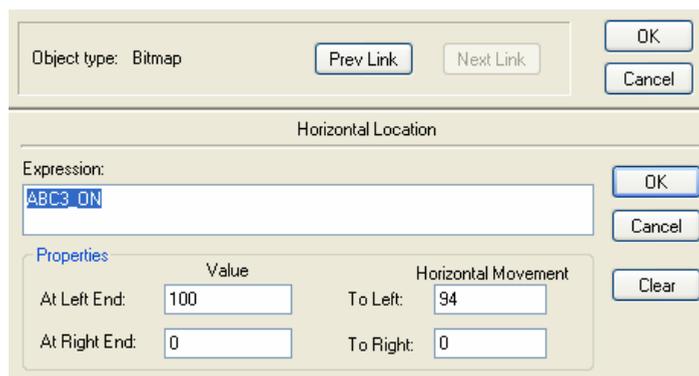
**Fig. 2.30 Aspecto de una ventana animada en Intouch 9.5**

Al dar doble clic sobre las imágenes insertadas, aparece una ventana general, en donde se puede escoger todos los ítems deseados para la aplicación.



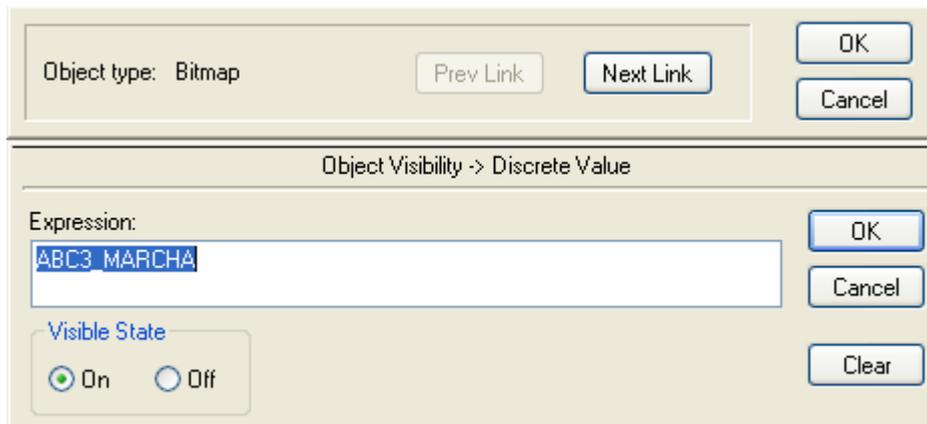
**Fig. 2.31 Selección de opciones para animación.**

En la pestaña horizontal tenemos:



**Fig. 2.32. Aspecto de la pestaña horizontal para animación.**

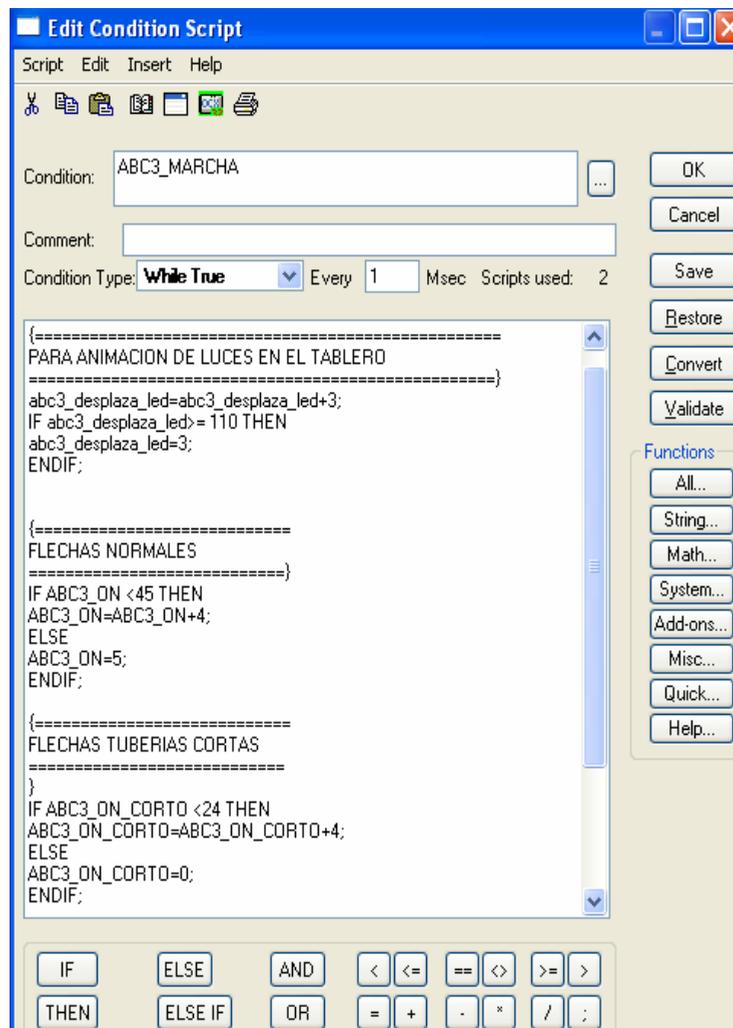
Mientras que en la pestaña Visibility la expresión a ser validada es ABC3\_MARCHA



**Fig. 2.33 Vista de la pestaña Visibility en animación de imágenes.**

Para animar el desplazamiento de cada flecha, se utilizan variables anidadas y contadores bajo condiciones de desbordamiento. El editor de programas muestra todas las funciones disponibles en pulsadores y dispone de utilidades de búsqueda y reemplazo, conversión y hasta 256 caracteres en expresiones para programas condicionales.

Los usuarios pueden visualizar números decimales de precisión sencilla mientras se calculan con doble precisión. InTouch tiene funciones de manipulación de cadenas de texto, matemática, entrada/ salida de ficheros, recursos del sistema, representaciones hexadecimales y científicas de valores, etc.



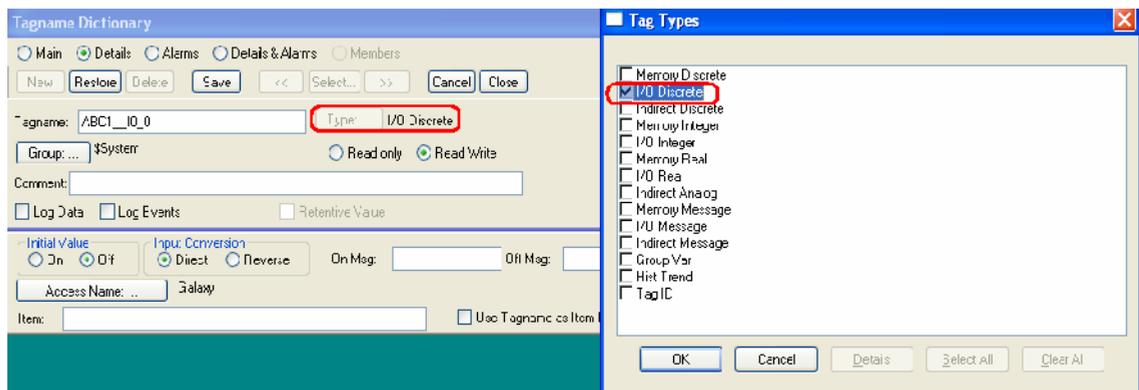
**Fig. 2.34. Ventana de programación para control de animaciones.**

### 2.5.6 ENLACE INTOUCH 9.5 CON PLC SIEMENS S7 200

La interfaz Hombre Máquina HMI desarrollada es interactiva, totalmente gráfica y permite realizar el monitoreo de los equipos en forma dinámica. Para visualizar un proceso es necesario enlazar las variables del PLC con las variables de InTouch.

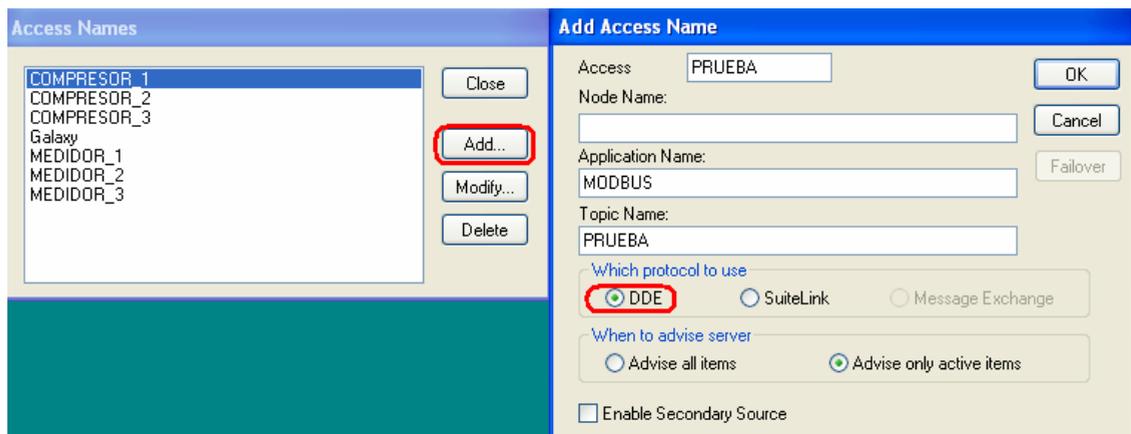
Se crea un variable en Tagname Dictionary, se elige el tipo del Tag (Memoria Real, Entrada/salida Discreta, Entrada/salida Discreta, etc.), en

este caso seleccionamos I/O Discrete, luego en la pestaña Access Name se añade una ruta de comunicación como lo indica las siguiente Fig. 2.35.



**Fig. 2.35 Ventana de selección para un enlace InTouch-PLC.**

Para establecer el enlace entre el PLC e InTouch, es necesario también definir nuestros nombres de enlace, los mismos que se incluyen al acceder a la ventana Add Access Name presionando en Access Name.



**Fig. 2.36 Configuración Access Name.**

**Access Name:** Nombre de enlace. Puede ser un nombre aleatorio (es recomendable utilizar el mismo que el tópico).

**Node Name:** Nombre del Nodo. Sólo hay que rellenarlo si vamos a leer datos de otro PC. En caso que los datos sean del mismo PC, dejarlo en blanco.

**Application Name:** Nombre de la aplicación de la que se quiere leer (por ejemplo: Excel, Siemens, etc.).

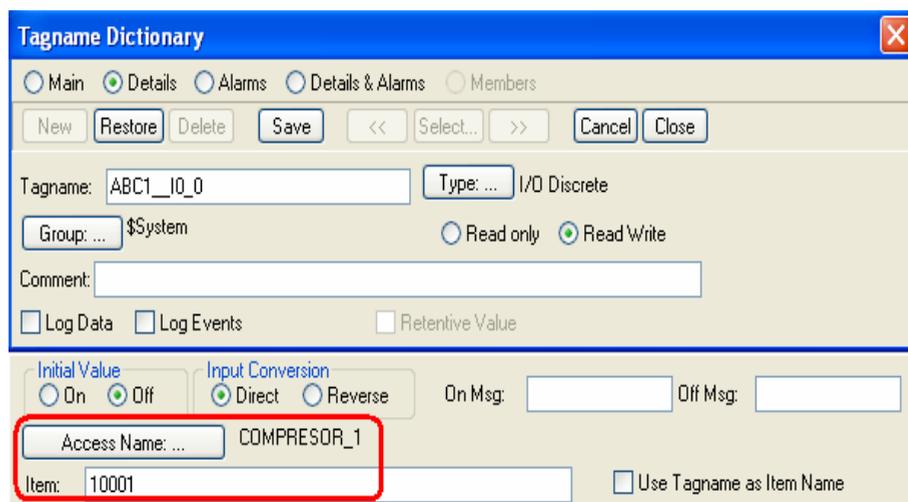
**Topic Name:** Nombre del tópico del que se quiere leer (por ejemplo: Libro1.xls, PLC1, etc.).

**Which protocol to use:** DDE para enlace DDE.

**SuiteLink:** para enlace SuiteLink (sólo entre aplicaciones FS2000).

**When to Advise Server:** Normalmente dejar por defecto.

**Enable Secondary Source:** permite establecer otro Access Name secundario.



**Fig. 2.37 Selección de la variable del PLC mediante en Access Name.**

Al activar la opción Runtime del InTouch, esta inicia todo el proceso de monitoreo y control de nuestro proyecto.



Fig. 2.38

**Prueba Runtime para verificar la comunicación InTouch Plc S7-200.**

A medida que el proceso requiera, se van agregando más dispositivos de control, tales como módulos de voltaje, amperaje, sensores de presión, etc. tan solo configurando las direcciones del Modbus.

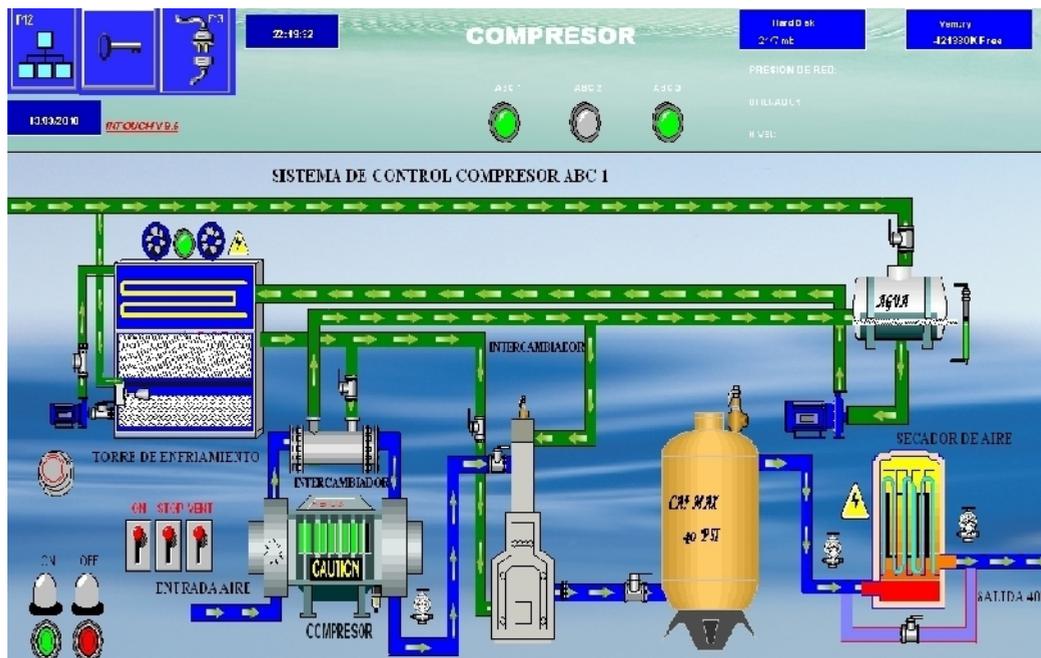
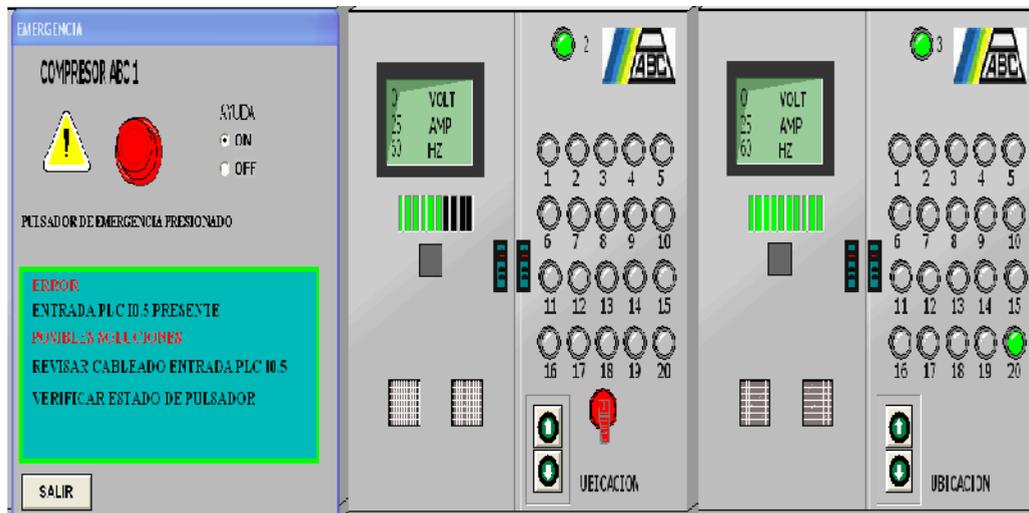
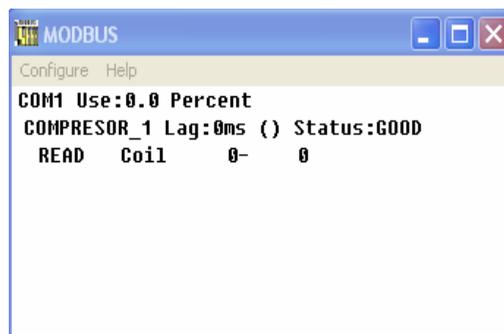


Fig. 2.39 Pantalla principal del monitoreo de un compresor.



**Fig. 2.40 Monitoreo de Tableros Eléctricos y alarmas presentes.**

Vale recalcar la verificación de la comunicación para estar seguros que los datos sean tomados en tiempo real.



**Fig. 2.41 Verificación de comunicación Modbus.**

## **CAPÍTULO III**

### **RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES**

#### **3.1 DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL SISTEMA.**

Antes de realizar la implementación de HMI fue necesario realizar pruebas de comunicación con los equipos disponibles al momento, para definir con exactitud que equipos adicionales son los que necesitaría para conseguir el objetivo.

Para lo cual se utilizó los siguientes elementos:

- Portátil Intel Pentium Dual-Core 1.2 GHz, con Windows XP SP2.
- Software: Intouch 9.5, I/O Servers, Microwin Step 7 V4.0.1.10.
- Plc SIEMENS S7 200 CPU 226.
- Módulo de expansión análogo EM231.
- Módulo de expansión Entradas Digitales EM221.
- Cable de comunicación PPI SIEMENS.
- Transmisor de presión diferencial.
- Fuente SITOP 24 DC 5A.
- Multímetro FLUKYE.
- Reóstato (para pruebas análogas).
- Medidor de Potencia PM130.
- Conectores DB9 macho-hembra.
- Cable de comunicación UPT CAT 5E.
- Cable blindado 4x20 para sensor de presión.
- Manuales y Diagramas de Equipos.

### 3.1.1 MÓDULOS DE AMPLIACIÓN S7-200.

La gama de los S7-200 incluye una gran variedad de módulos de ampliación para poder satisfacer aun mejor los requisitos de la aplicación. Estos módulos se pueden utilizar para agregar funciones a la CPU S7-200. En la tabla siguiente figura una lista de los módulos de ampliación disponibles en la actualidad.

Módulos de ampliación	Tipo de datos			
<b>Módulos digitales</b>				
Entrada	8 entradas DC	8 entradas AC	16 entradas DC	
Salida	4 salidas DC	4 salidas de relé	8 salidas de relé	
	8 salidas DC	8 salidas AC		
Combinación	4 entradas DC / 4 salidas DC	8 entradas DC / 8 salidas DC	16 entradas DC / 16 salidas DC	32 entradas DC / 32 salidas DC
	4 entradas DC / 4 salidas de relé	8 entradas DC / 8 salidas de relé	16 entradas DC / 16 salidas de relé	32 entradas DC / 32 salidas de relé
<b>Módulos analógicos</b>				
Entrada	4 entradas analógicas	8 entradas analógicas	4 entradas termopar	
	2 entradas RTD	2 entradas RTD		
Salida	2 salidas analógicas	4 salidas analógicas		
Combinación	4 entradas analógicas 4 salidas analógicas			
<b>Módulos inteligentes</b>				
	Posición	Módem	PROFIBUS-DP	
	Ethernet	Ethernet IT		
<b>Otros módulos</b>				
	ASInterface	SIWAREX MS <sup>1</sup>		

**TABLA 3.1 Características de los módulos de ampliación.**

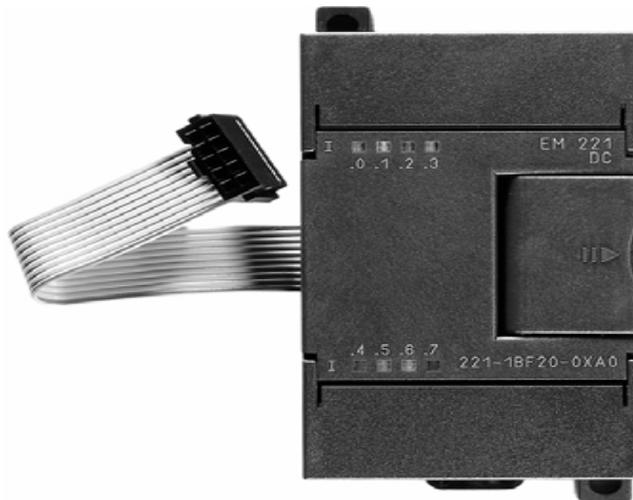
En general estos módulos cuentan con:

- Una fuente de alimentación de 24 V para sensores y carga, posibilitando la conexión directa de sensores y actuadores.

- Entradas y salidas digitales.
- Puertos de comunicación.
- Bus de ampliación para la conexión de módulos de ampliación.
- Entradas de alarma.
- Contadores rápidos.
- Expansión sencilla gracias a los módulos de ampliación digitales y analógicos (EM).
- Simulador.
- Potenciómetro analógico.
- Salidas de impulsos de alta frecuencia (máx. 20kHz) para resolver tareas de posicionamiento y mando de motores regulados por frecuencia y motores paso a paso mediante etapas de potencia adecuadas.
- Reloj de tiempo real.
- Cartucho de memoria EEPROM que permite cambiar rápidamente de programa y almacenar adicionalmente el programa.
- Módulo de pila para respaldar los datos durante mucho tiempo (valor típico de 200 días).

### **3.1.2 Módulos de ampliación digitales.**

Los módulos de ampliación digitales complementan la periferia integrada en los módulos CPU. Sirven para adaptar flexiblemente el autómata a la tarea respectiva y para añadir o ampliar posteriormente la instalación con entradas y salidas adicionales.

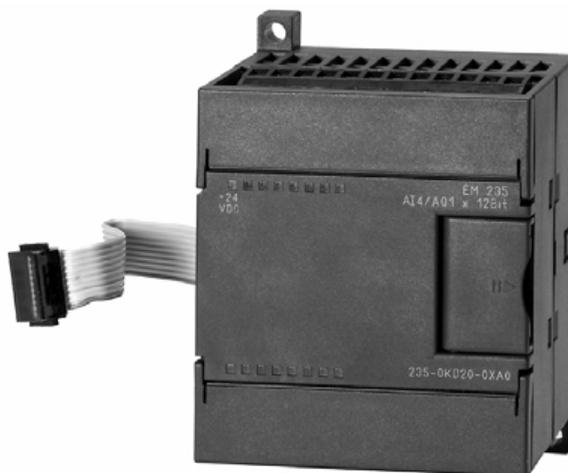


**Fig. 3.1 Módulo de ampliación digital EM 22X.**

Existen 3 modelos de este tipo, el EM 221, el EM222 y el EM223.

### **3.1.3 Módulos de ampliación analógicos.**

Los módulos de ampliación analógicos permiten aplicar entradas-salidas analógicas. Éstas sirven para conectar sensores analógicos y actuadores sin necesidad de amplificador adicional.



**Fig. 3.2 Módulo de ampliación analógico EM 23X.**

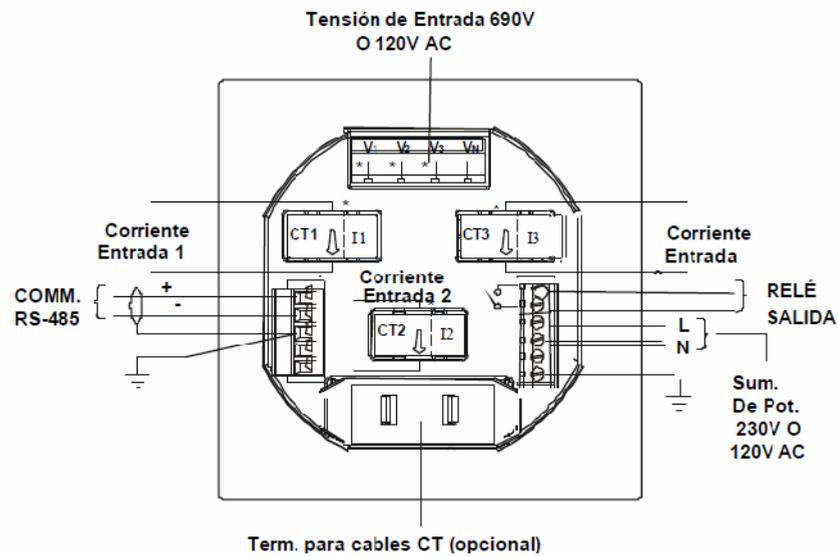
Existen 3 modelos de este tipo, el EM 231, el EM232 y el EM235.

### 3.1.4 Módulo análogo PM130.



**Fig.3.3 Aspecto físico del Módulo análogo PM130.**

Este medidor de potencia es un instrumento basado en el micro procesamiento usado para la medición, monitoreo y manejo de los parámetros eléctricos. Las conexiones al PM130 están hechas por medio de terminales (entrada de voltaje, suministro de potencia, comunicación y salida opcional de relé) y los núcleos CT están localizados en la parte trasera del instrumento como se muestra en la figura 3.4.



**Fig. 3.4 Aspecto posterior de conexiones del módulo PM130.**

### 3.1.5 Reóstato.



**Fig. 3.5 Aspecto físico de un reóstato.**

El reóstato comprende básicamente de una bobina con una toma central rotatoria para ir graduando el voltaje requerido, el comportamiento es similar a un potenciómetro logarítmico.

En este caso es una bobina con alambre número 21 AWG, enrollado en un núcleo de ferrita, si a la salida se le agrega una etapa rectificadora con

un filtro, obtenemos una fuente DC variable de 3A para pruebas de laboratorio.

## 3.2. PRUEBAS EXPERIMENTALES.

### 3.2.1. Pruebas de Adquisición de Voltaje.

Las primeras pruebas con el módulo PM130 se realizó con la ayuda de un reóstato, el mismo que da la oportunidad de obtener un voltaje variable en relación a la entrada. En InTouch se crea una variable V1\_2 tipo I/O Integer que va a recoger los valores arrojados por el módulo PM130.

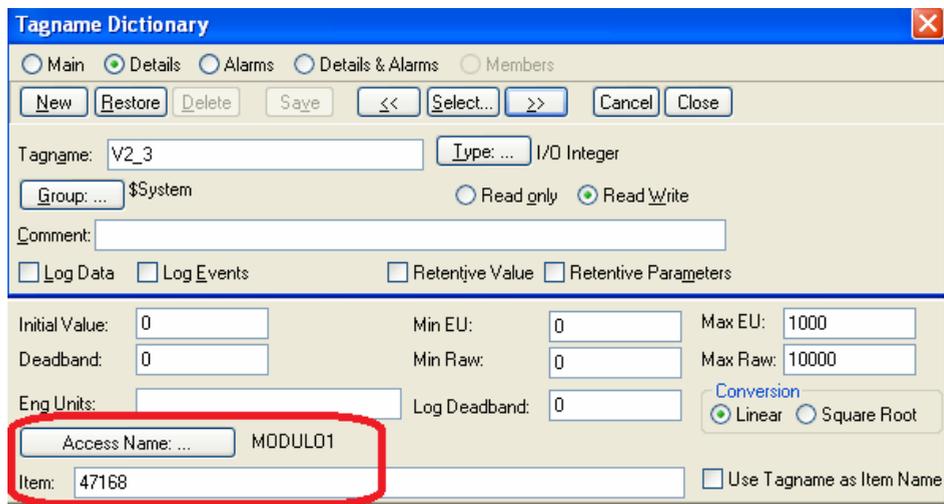
The screenshot shows the 'Tagname Dictionary' dialog box with the following details:

- Tab: Details
- Buttons: New, Restore, Delete, Save, <<, Select..., >>, Cancel, Close
- Tagname: V1\_2
- Type: I/O Integer
- Group: \$System
- Read/Write: Read Write (selected)
- Comment: (empty)
- Log Data: (unchecked)
- Log Events: (unchecked)
- Retentive Value: (unchecked)
- Retentive Parameters: (unchecked)
- Initial Value: 0
- Min EU: 0
- Max EU: 1000
- Deadband: 0
- Min Raw: 0
- Max Raw: 10000
- Eng Units: (empty)
- Log Deadband: 0
- Conversion: Linear (selected), Square Root (unchecked)
- Access Name: MODULO1 (highlighted with a red box)
- Item: 47167 (highlighted with a red box)
- Use Tagname as Item Name: (unchecked)

**Fig.3.6 Definición de variables para señales análogas.**

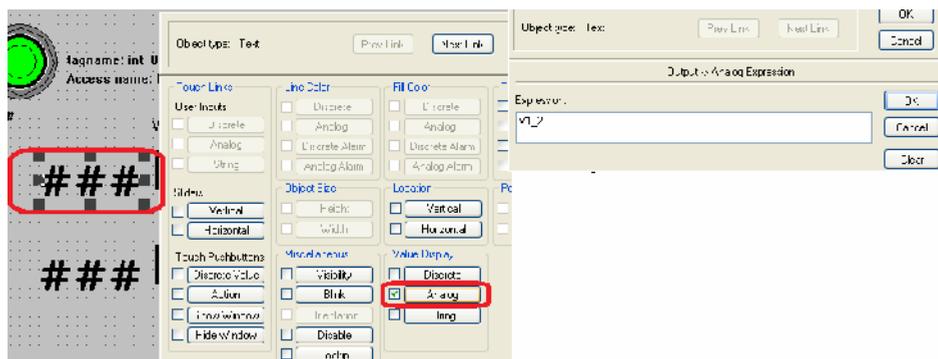
El valor del item depende del equipo que se esté usando, en este caso se utiliza un lector análogo tipo PM130.

Item = 40001 (valor para señales análogas) + 7167 (parámetro Voltaje L12 del PM130).



**Fig. 3.7 Denominación del item para adquisición del voltaje entre líneas 2-3.**

Item = 40001 (valor para señales análogas) + 7168 (parámetro Voltaje L23 del PM130).

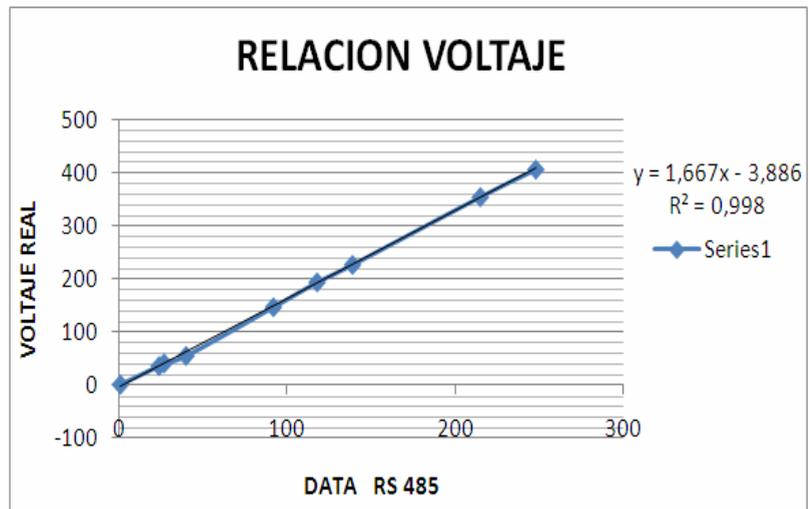


**Fig. 3.8 Configuración de la variable de visualización del valor análogo.**

Las primeras lecturas de voltaje del Módulo no coinciden con los datos visualizados en InTouch, para corregir este error se define una aproximación de máximos y mínimos cuadrados realizado en excel.

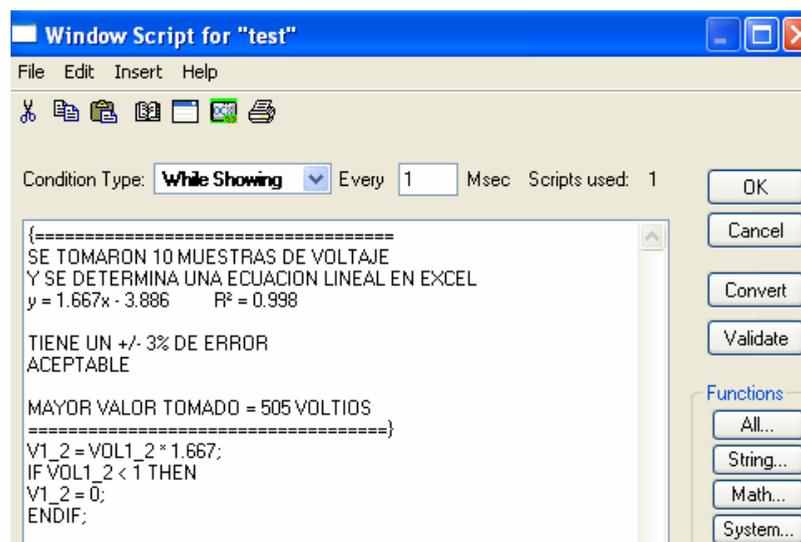
valor b	valor x (Vol)
---------	---------------

1	1
24	36
27	41
40	55
92	147
118	194
139	227
215	355
248	407



**Fig. 3.9 Aproximación de Màximos y Mínimos cuadrados.**

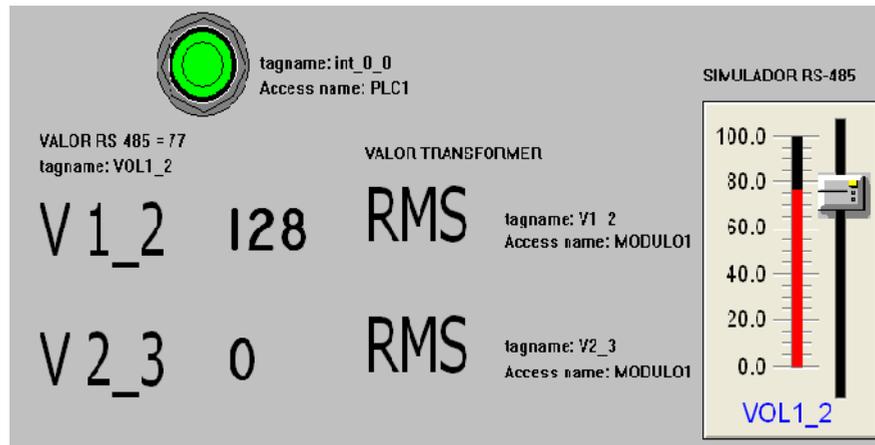
La ecuación se inserta en Windows Script de la ventana “test” creada con el propósito de pruebas de adquisición de valores análogos, el reóstato proporcionó un rango mínimo de 5VAC y un máximo de 505 VAC.



**Fig. 3.10 Código para control de señal análoga.**

Para una mejor visualización de los resultados, se implementó una ventana de simulación, con la ayuda de un slider escalado desde 0 hasta

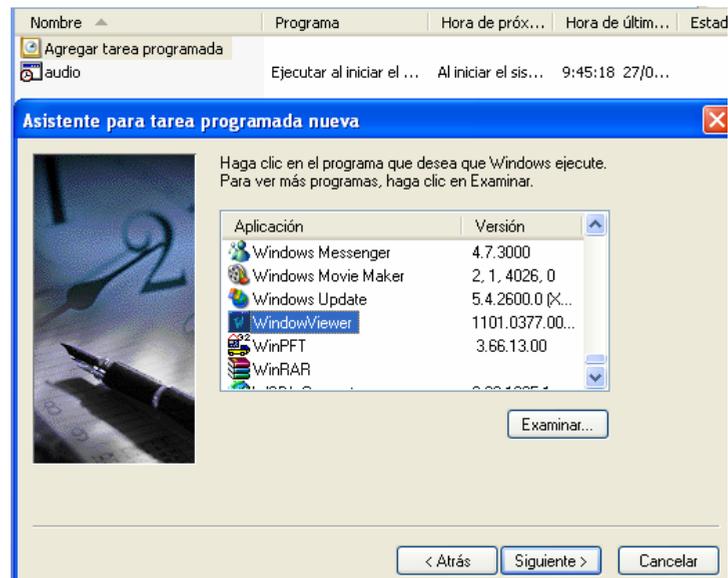
100, en el que se vé el resultado de la ecuación generada anteriormente en Excel.



**Fig. 3.11 Simulación de valores adquiridos por InTouch.**

Una de las facilidades que presenta la HMI es que esta arranca sola, ya que se diseñó de esta forma, por lo que el usuario no necesita iniciar manualmente la aplicación desde el Application Manager o desde de la barra de inicio.

Para activar esta opción debe ir a Panel de control, escoger Tareas Programadas, luego en Agregar Tareas Programadas siga las instrucciones de configuración tal como lo muestra la figura 3.12. Se debe hacer esto con WindowView, HistData y con Modbus.



**Fig. 3.12 Asistente de configuración de tareas programadas.**

### **3.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS.**

El reto de un HMI es el de controlar procesos en tiempo real, por tal motivo que se añadió dos controles principales para el encendido y el apagado del compresor mediante los botones ON y OFF, cabe recalcar que la carga a ser controlada es aproximadamente 315 KW por lo que se tomó todas las debidas precauciones para este tipo de prueba. Sin embargo el resultado fue favorable.

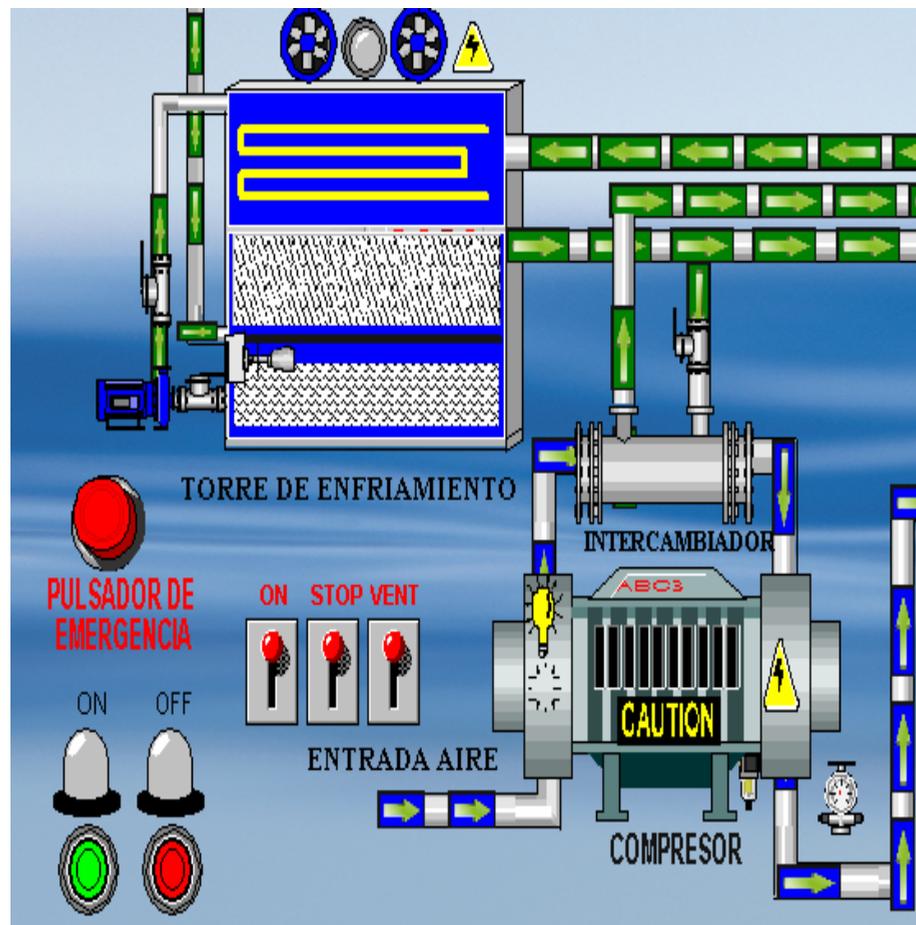


Fig. 3.13 Adquisición y control de datos del compresor.

### 3.4 ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO.

Para el desarrollo e implementación de HMI se necesitó de los siguientes recursos que a continuación se detallan.

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	1	Computador Intel Pentium IV	750	750
2	1	PLC SIEMENS S7 200 CPU 224 XP	760	760
3	1	Sensor de presión XMLG M12	730	730
4	1	Módulo análogo EM221	810	810
5	1	Fuente sitop 24 Vdc 5a.	240	240
6	1	Cable de comunicación PPI	130	130
7	3	Cables conversor usb serial	35	105
8	260	Metros de cable UTP CAT 5	0,7	182
9	4	Conectores puerto comm SIEMENS	60	240
10	1	Reóstato 440vac 500 VA	95	95
11	1	Transformador 110-220 VAC 2A	30	30
12	3	Módulos PM 130	350	1050
13	1	Accesorios eléctricos	40	40
14	10	Copias planos eléctricos	0,3	3
15	4	Impresiones de catálogos	3	12
16	1	Desarrollo del HMI	2000	2000
17	1	Implementación del HMI	800	800
18	1	Asesor técnico	300	300
19	1	Otros	200	200
<b>TOTAL</b>				<b>8477</b>

**Tabla 3.2 Tabla indicadora del análisis económico**

### **3.5 ALCANCE Y LIMITACIONES.**

#### **3.5.1 ALCANCE.**

Se aplicará exclusivamente a la sala de compresores de la empresa de embotellado de gaseosa SETOTIP.

- El sistema facilitará la Adquisición de Datos, permitiendo de esta manera determinar los niveles de producción, establecer programas

de mantenimiento en base al tiempo de funcionamiento y generación de reportes.

- Centraliza la información (configuración y supervisión) en un mismo punto provocando así una menor pérdida de concentración.
- Con el diseño animado de los compresores en InTouch, se puede seguir la trayectoria del proceso desde el inicio hasta la salida, dando al operador o supervisor un mejor enfoque del control y funcionamiento.
- Es permitido visualizar el comportamiento del proceso en tiempo real y en el momento deseado sin necesidad de recurrir a un registrador de papel.
- Mejora los índices de mantenibilidad y confiabilidad, cuando se requiera de apoyo técnico en caso de ser necesario frente a un daño en el área de compresores o algún componente del mismo.

### **3.5.2 LIMITACIONES.**

- El sistema de Supervisión se limitará únicamente al monitoreo, para tener control es necesario un sistema más seguro, debido a la magnitud, seguridad, protección de los equipos y riesgo en el manejo de los mismos.
- Se accederá a los compresores ABC, cuyos tableros estén controlados con PLCs. SIEMENS S7-200.
- Los datos adquiridos pueden ser afectados debido a la distancia desde el sitio de monitoreo hasta la sala de compresores.
- La velocidad de respuesta es lenta para procesos que requieran rapidez por ejemplo en el manejo de posicionadores, encoders, etc.
- El límite de Tags a monitorear se ve limitado por la versión de la licencia del Runtime adquirido.
- Una vez cargado la librería Modbus en el PLC, no se puede monitorear ni hacer cambios en caliente con el software STEP 7

MICRO-WIN, es necesario poner el PLC en estado STOP para realizar modificaciones en el programa fuente.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### **4.1 CONCLUSIONES.**

##### **4.1.1. Monitoreo HMI.**

- Intouch presenta un ambiente amigable para el usuario, su panel frontal dispone de controles fáciles de manejar y dispositivos de visualización muy comprensibles, que hacen que las HMI se puedan diseñar de forma muy intuitiva.
- El monitoreo HMI es un sistema abierto para personal calificado, es decir se pueden realizar modificaciones de acuerdo a los requerimientos del sistema.
- Monitorear un determinado sistema permite conocer con prontitud el comportamiento que presenta éste y tomar las respectivas medidas ante algún evento anormal que se presente.
- En el proyecto realizado intervienen algunos campos de la ingeniería como son: Control de Procesos, Sistemas HMI, Instrumentación Industrial e Interfaces.
- El registro automático del monitoreo ayuda a conocer el rendimiento de los compresores con anterioridad de tal manera que ayuda a establecer un adecuado cronograma de mantenimiento
- Mediante el monitoreo se determina e identifica con rapidez cualquier tipo de falla que pueda existir y de esta forma se reduce los tiempos de mantenimiento y por lo tanto incrementa la producción.

#### **4.1.2 Compresores.**

- Las sacudidas mecánicas que se producen durante los arranques y las paradas pueden ser inaceptables para la máquina así como para la seguridad y comodidad de los usuarios.
- Los valores de voltaje medidos en los diferentes compresores varía según la carga instalada (demanda), tiende a disminuir al aumentar la carga, sin embargo esto depende de la potencia disponible en el transformador de distribución instalado.

### **4.2 RECOMENDACIONES.**

#### **4.2.1 InTouch HMI.**

- Cambiar las claves de acceso al HMI periódicamente para un manejo adecuado de las seguridades de la HMI.
- Evitar usar retardos demasiados largos entre cada instrucción en el código del programa del Intouch, debido a que el proceso debe ejecutarse con mucha rapidez.
- Optimizar al máximo el número de instrucciones del Intouch con el propósito de adquirir datos cercanos al tiempo real.
- Instalar correctamente la aplicación HMI ante cualquier falla que pueda existir en el computador, para un adecuado funcionamiento, se debe seguir las instrucciones del manual de instalación así como la del manual del usuario.
- Implementar una Red de tal manera que se pueda tener integrado desde el nivel del operador hasta el nivel administrativo, todo

concentrado en un Computador Principal, donde cada uno de estos niveles permiten realizar a cada uno solo funciones dedicadas.

#### **4.2.2 Sistema de compresores.**

- Asegurarse de usar carteles de aviso “Trabajo de mantenimiento”, verificar que el compresor no pueda ser puesto en marcha accidentalmente, cuando esté realizando algún trabajo en los tableros eléctricos.
- Usar equipo de protección especial para el ingreso a la sala de compresores tales como orejeras, guantes, overol, gafas, etc.
- Desconectar el suministro eléctrico, antes de abrir cualquier parte del compresor, y asegurarse de que no haya presión en su interior.
- Alejarse de las válvulas de seguridad, éstas pueden dispararse en cualquier momento provocando un accidente. Especialmente si no ocupa un equipo de protección, y si el estado anímico del cuerpo humano no es confiable.
- Evitar el uso de válvulas de seguridad, para destinarlas como válvulas de control ni reguladoras de presión.
- Manejar adecuadamente los manuales y hojas de datos de los dispositivos tanto de adquisición (sensores) como de lectura (amperímetros, osciloscopios, etc.), de este modo se garantiza un correcto funcionamiento y vida útil de los mismos.
- Tener cuidado con las polarizaciones, es esencial en este proyecto, la mala conexión puede afectar y producir daños irreparables a la circuitería de los módulos de adquisición.

- Montar la red de comunicación con cable blindado UTP CAT 5E, o superior, con el objetivo de evitar que el ruido eléctrico pueda afectar a los equipos electrónicos.
- Separar el cableado de control con el de potencia.
- Instalar equipos supresores de transientes, lo más próximo a las fuentes de los PLCs. para evitar daños en casos de alguna variación de voltaje o corriente.
- Revisar periódicamente los equipos de automatización (sensores, transductores, PLCs., fichas de conexión, etc.) para evitar falsas señales en el sistema de monitoreo.
- Capacitar a los operadores, así como supervisores en cada una de las automatizaciones, lo que permitirá obtener mejor manejo de recursos tanto personal como material.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- WONDERWARE MODICON, MODBUS I/O Server User's Guide, Wonderware Corporation, 2000.
- TITUAÑA Rubén, Automatización del Sistema de Calentamiento de Aire de los Bombos de Recubrimiento de la Planta de Grageados para la Fábrica CONFITECA, Quito/ EPN/ FEBRERO-2002.
- MORRIS Alan S "Principios de medición e instrumentación" primera edición, Pearson Educación, México, 2002.
- CREUS Solé Antonio, "Instrumentación Industrial", sexta edición, Alfaomega, México, 1998.
- RODRIGUEZ José, "Instrumentación Industrial", folleto didáctico, ESPE-L Latacunga, 1999.
- LAZARO, Antonio. Programación gráfica para el control de instrumentos.
- WAGNER, V. E. A. A. Andreshak, et al., "Power quality and factory automation." 1990.
- IEEE Standard 1564 draft 6 (2004) "Recommended Practice for the Establishments of Voltage Sags Indices".
- Manual del sistema de automatización S7-200.

## ENLACES

- [http://www.isa.cie.uva.es/~felipe/docencia/ra12itielec/tema1\\_trasp.pdf](http://www.isa.cie.uva.es/~felipe/docencia/ra12itielec/tema1_trasp.pdf).
- <http://www.slideshare.net/gdetecno/el-control-de-fluidos>.
- [http://www.sapiensman.com/control\\_automatgico/control\\_automatgico2.htm#el\\_control](http://www.sapiensman.com/control_automatgico/control_automatgico2.htm#el_control).

- [http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional\\_integral\\_derivativo#Proporcional](http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo#Proporcional).
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Variador\\_de\\_velocidad](http://es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_velocidad).
- <http://www.xuletas.es/ficha/transmisores-neumaticos-electronicointeligentes-y-convertidores/>.
- <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT3/plc/PLC.html>.
- <http://www.automatica.mex.tl/imagesnew/5/0/1/4/2/PLC%20GUIA%203.pdf>.
- <http://www.mailxmail.com/curso-controladores-logicosprogramables/estructura-basica-plc>.
- <http://www.foxboro.com/us/eng/products/instrumentation/downloads/ecpressuresafety/ecpressuresafety.htm>.
- <http://www.siemens.com/sinamics-g110>.
- <https://www.automation.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/logic-module-logo/application-examples/Pages/Default.aspx>.
- <http://www.sebyc.com/descargas/reea/siemens/profinet.pdf>.
- <https://www.automation.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/logic-module-logo/application-examples/Pages/Default.aspx>.
- <http://global.wonderware.com/LA/Pages/WonderwareInTouchHMI.aspx>
- <http://www.youtube.com/watch?v=LsiXDGXjTLg>.
- <http://es.kioskea.net/contents/elec/connecteur-prise-db9.php3>.
- <http://juandeg.tripod.com/conectordb9.htm>.
- <http://www.pantallas-electronicas.es/index.php/es/maes-lejos-con-rs485.html>.
- <http://www.totalground.com/modbus.html>.
- <http://www.lammertbies.nl/comm/info/modbus.html>.
- <http://www.wilkinsonpc.com.co/free/articulos/cable-de-red-cruzado-y-recto.html>.

**ANEXO A**

**GLOSARIO DE TÉRMINOS**

## A

**ACTUADOR.** Es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control como, por ejemplo, una válvula.

**A/D.** Análogo Digital.

**ADC.** Conversor Análogo a Digital- Un dispositivo electrónico, a menudo un circuito integrado que convierte el voltaje análogo en un número digital.

**ANSI.** American National Standards Institute (Instituto Americano de Estandarización Nacional).

**ANALÓGICO** Se refiere a las magnitudes o valores que "varían con el tiempo en forma continua" como la distancia y la temperatura, la velocidad, que podrían variar muy lento o muy rápido como un sistema de Audio.

**AUTOMATIZACIÓN.** Es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

**AUTÓMATA.** Máquina que imita la figura y los movimientos de un ser animado.

**AUTÓMATA PROGRAMABLE.** Equipo electrónico programable en lenguaje no informático y diseñado para controlar, en tiempo real y en ambiente industrial, procesos secuenciales.

**API.** (Application Programming Interface) Una interfaz de programación de aplicaciones es el conjunto de funciones y procedimientos que ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción.

## **B**

**BASE ADDRESS.** Una dirección de memoria empleada para programación de registros.

**BAUD RATE.** Velocidad de transmisión en la comunicación serial expresada en Bits por segundo (b/s).

**BIT.** Un dígito entre "0" ó "1".

**BASE DE DATOS.** Es un conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente en formato digital que ofrece un amplio rango de soluciones al problema de almacenar datos para su posterior uso.

**BUSES DE CAMPO.** Es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción.

## C

**CONFIGURAR.** Adaptar una aplicación software o un elemento hardware al resto de los elementos del entorno y a las necesidades específicas del usuario. Es una tarea esencial antes de trabajar con cualquier nuevo elemento.

**CAMPO MAGNÉTICO.** Es una región del espacio en la cual una carga Eléctrica puntual de valor que se desplaza a una velocidad, sufre los efectos de una fuerza que es perpendicular y proporcional tanto a la velocidad como al campo.

## D

**DB9.** Es un conector estándar para comunicación serial.

**DISPOSITIVOS DE ESTADO SÓLIDO.** Son pequeños componentes electrónicos activos que están que están contruidos por materiales semiconductores, por los cuales e conduce corriente eléctrica y son utilizados en la fabricación de circuitos integrados.

**DIAFRAGMA.** Elemento sensible formado por una membrana colocada entre dos volúmenes, la membrana es deformada por la presión diferencial que le es aplicada.

## E

**ELEMENTOS FINALES DE CONTROL.** Es el instrumento que recibe las señales del sistema tomadas por el controlador y las ejecuta directamente sobre la variable controlada.

**ESTADO ESTACIONARIO.** Es aquel punto donde todas las variables en términos per cápita efectivo permanecen constantes.

**ERROR.** Es la diferencia entre el valor leído del instrumento y el valor real de la variable.

## **G**

**GRAFICADORES.** Son programas informáticos que gracias a dibujos vectoriales o mapa de bits, representación de una imagen por pequeños puntos o píxeles con un color y luminosidad determinada, nos ayudan a crear ilustraciones desde un logotipo o cualquier otra ilustración profesional.

## **H**

**HMI. (Human Machine Interface)** Interfaz Hombre Máquina.

**HISTÉRESIS.** Diferencia máxima entre los valores de salida del instrumento para el mismo valor cualquiera del campo de medida cuando la variable recorre toda la escala en los dos sentidos ascendente y descendente, viene expresada en tanto por ciento de alcance.

## I

**INSTRUMENTO.** Es un dispositivo que se encarga de interpretar señales proporcionales a la magnitud de la variable.

**INTERFAZ DE USUARIO** es el medio con que el usuario puede comunicarse con una máquina, un equipo o una computadora, y comprende todos los puntos de contacto entre el usuario y el equipo, normalmente suelen ser fáciles de entender y fáciles de accionar.

**INFRARROJO.** Es un tipo de luz que no podemos ver con nuestros ojos. Nuestros ojos pueden solamente ver lo que llamamos luz visible. La luz infrarroja nos brinda información especial que no podemos obtener de la luz visible.

## K

**KOP.** Lenguaje de programación a contactos de Siemens.

## M

**MICROPROCESADOR.** Es el circuito integrado central y más complejo de una computadora u ordenador; a modo de ilustración, se le suele asociar por analogía como el "cerebro" de una computadora.

**MECANISMO.** Es un conjunto de sólidos resistentes, móviles unos respecto de otros, unidos entre sí mediante diferentes tipos de uniones,

llamadas pares cinemáticas (pernos, uniones de contacto, pasadores, etc.), cuyo propósito es la transmisión de movimientos y fuerzas.

## P

**PERTURBACIONES.** Señal que afecta la respuesta real del sistema produciendo un error en la medida, ejemplo los campos magnéticos, la inductancia etc. según la sensibilidad individual.

**PROCESOS.** Es un desarrollo que es realizado por un conjunto de elementos cada uno con ciertas funciones que gradual y progresivamente producen un resultado final.

**PID.** Acción de control Proporcional-Integral-Derivativo.

**PLC.** Programmable Logic Controller .Controlador Lógico Programable.

**PPI.** Point-to-Point Interface. Interfaz punto a punto, es una interfaz integrada.

## R

**RETROALIMENTADO.** Es un proceso por el que una cierta proporción de la señal de salida de un sistema se dirige de nuevo a la entrada.

Esto es frecuente en el control del comportamiento dinámico del sistema

**RS-485.** Recommended Standard 485. Interfaz de comunicación serial de la EIA/TIA.

**RS-232.** Consiste en un conector tipo DB-25 (de 25 pines), aunque es normal encontrar la versión de 9 pines (DE-9).

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

## S

**SEÑAL.** Salida que emana del instrumento. Información representativa de un valor cuantificado.

**SET POINT.** Punto en que una señal se establece bajo ciertos parámetros deseados. Es un punto de consigna para valor de la señal de la variable.

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

**SOFTWARE.** Conjunto de programas que ejecuta un computador o PLC.

**S7-200.** PLC de Siemens de la línea SIMATIC.

**SQL.** (Lenguaje de Consulta Estructurado) es un lenguaje declarativo de acceso a bases de datos relacionales que permite especificar diversos tipos de operaciones en éstas.

**SCRIPTS.** Es un programa usualmente simple, que por lo regular se almacena en un archivo de texto plano.

## T

**TRANSDUCTOR.** Dispositivo que recibe una o varias señales provenientes de la variable medida y pueden modificarla o no en otra señal.

**TIEMPO MUERTO.** Intervalo de tiempo desde el momento en que la señal aparece en la entrada de un componente, y el momento en que la respuesta correspondiente, aparece en la salida.

**TIA.** (Telecommunications Industry Association) Asociación de Industrias de Telecomunicaciones

## V

**VARIABLE.** Es cualquier elemento que posee características dinámicas, estáticas, química y físicas bajo ciertas condiciones, que constantemente se pueden medir.

**VARIABLE CONTROLADA.** Es la variable directa a regular, sobre la que constantemente estamos pendientes ya que afecta directamente al sistema del proceso, es decir, es la que dentro del bucle de control es captada por el transmisor para originar una señal de retroalimentación.

**ANEXO B**

**HOJAS DE CARACTERÍSTICAS  
TÉCNICAS.**



**La Configuración** se maneja por medio del menú, con contraseña opcional de protección.

**Las comunicaciones** están disponibles usando un estándar RS-485, con los protocolos ASCII/Modbus o ASCII/DNP3.0. Tiene disponible 120 registros asignables para el usuario. El estado del transmisor y del receptor se visualiza en la página de la información de estado.

**Un relé** (opcional) es provisto para los pulsos de energía (KYZ) o control remoto y alarma.

**Se proporcionan contadores de operaciones de cuatro tiempos**, los cuales son operados y liberados por disparadores definidos por el usuario. Estos se utilizan para contar el tiempo total de los generadores o el tiempo de la sobrecarga de los transformadores o cables.

**La sincronización externa** del intervalo de la demanda de la potencia se Proporciona a través del puerto de comunicaciones en el PM130E.

A continuación se representa una tabla de las principales direcciones para configuración Modbus.

Parameter	Address	Size, Byte	Data ID	Direction	Unit	Range/ Scale		Conversion.
						Low	High	
<b>Real-time values per phase (power values – P)</b>								
Voltage L1/L12	7136	2	3072	R	V	0	Vmax	LIN3
Voltage L2/L23	7137	2	3073	R	V	0	Vmax	LIN3
Voltage L3/L31	7138	2	3074	R	V	0	Vmax	LIN3
Current L1	7139	2	3075	R	A	0	Imax	LIN3
Current L2	7140	2	3076	R	A	0	Imax	LIN3
Current L3	7141	2	3077	R	A	0	Imax	LIN3
Kw L1	7142	2	3078	R	Kw	-Pmax	Pmax	LIN3
Kw L2	7143	2	3079	R	Kw	-Pmax	Pmax	LIN3
Kw L3	7144	2	3080	R	Kw	-Pmax	Pmax	LIN3
kvar L1	7145	2	3081	R	kvar	-Pmax	Pmax	LIN3
kvar L2	7146	2	3082	R	kvar	-Pmax	Pmax	LIN3
kvar L3	7147	2	3083	R	kvar	-Pmax	Pmax	LIN3
Kva L1	7148	2	3084	R	Kva	0	Pmax	LIN3
Kva L2	7149	2	3085	R	Kva	0	Pmax	LIN3
Kva L3	7150	2	3086	R	Kva	0	Pmax	LIN3
Power factor L1	7151	2	3087	R	0.001	-1.000	1.000	LIN3
Power factor L2	7152	2	3088	R	0.001	-1.000	1.000	LIN3
Power factor L3	7153	2	3089	R	0.001	-1.000	1.000	LIN3
Reserved	7154	2	3090	R		0	0	
Reserved	7155	2	3091	R		0	0	
Reserved	7156	2	3092	R		0	0	
Reserved	7157	2	3093	R		0	0	
<b>Real-time total values (P)</b>								
Total Kw	7256	2	3840	R	Kw	-Pmax	Pmax	LIN3
Total kvar	7257	2	3841	R	kvar	-Pmax	Pmax	LIN3
Total Kva	7258	2	3842	R	Kva	0	Pmax	LIN3
Total PF	7259	2	3843	R	0.001	-1.000	1.000	LIN3
<b>Real-time auxiliary values</b>								
Reserved	7296	2	4096	R		0	0	
Neutral current	7297	2	4097	R	A	0	Imax	LIN3
Frequency	7298	2	4098	R	0.01Hz	0	100.00	LIN3
<b>Average values per phase (power values – P)</b>								

Voltage	L1/L12	7336	2	4352	R	V	0	Vmax	LIN3
Voltage	L2/L23	7337	2	4353	R	V	0	Vmax	LIN3
Voltage	L3/L31	7338	2	4354	R	V	0	Vmax	LIN3
Current	L1	7339	2	4355	R	A	0	Imax	LIN3
Current	L2	7340	2	4356	R	A	0	Imax	LIN3
Current	L3	7341	2	4357	R	A	0	Imax	LIN3
Kw	L1	7342	2	4358	R	Kw	-Pmax	Pmax	LIN3
Kw	L2	7343	2	4359	R	Kw	-Pmax	Pmax	LIN3
Kw	L3	7344	2	4360	R	Kw	-Pmax	Pmax	LIN3
Kva	L2	7349	2	4365	R	Kva	0	Pmax	LIN3
Kva	L3	7350	2	4366	R	Kva	0	Pmax	LIN3
Power factor	L1	7351	2	4367	R	0.001	-1.000	1.000	LIN3
Power factor	L2	7352	2	4368	R	0.001	-1.000	1.000	LIN3
Power factor	L3	7353	2	4369	R	0.001	-1.000	1.000	LIN3
Reserved		7354	2	4370	R		0	0	
Reserved		7355	2	4371	R		0	0	
Reserved		7356	2	4372	R		0	0	
Reserved		7357	2	4373	R		0	0	
Reserved		7358	2	4374	R		0	0	
Reserved		7359	2	4375	R		0	0	
Reserved		7360	2	4376	R		0	0	
Reserved		7361	2	4377	R		0	0	
<b>Average total values (P)</b>									
Total Kw		7456	2	5120	R	Kw	-Pmax	Pmax	LIN3
Total kvar		7457	2	5121	R	kvar	-Pmax	Pmax	LIN3
Total Kva		7458	2	5122	R	Kva	0	Pmax	LIN3
Total PF		7459	2	5123	R	0.001	-1.000	1.000	LIN3
<b>Average auxiliary values</b>									
Reserved		7496	2	5376	R		0	0	
Neutral current		7497	2	5377	R	A	0	Imax	LIN3
Frequency		7498	2	5378	R	0.01Hz	0	100.00	LIN3
<b>Present demands</b>									

Volt demand L1/L12 (P)	7536	2	5632	R	V	0	Vmax	LIN3
Volt demand L2/L23 (P)	7537	2	5633	R	V	0	Vmax	LIN3
Volt demand L3/L31 (P)	7538	2	5634	R	V	0	Vmax	LIN3
Ampere demand L1	7539	2	5635	R	A	0	Imax	LIN3
Ampere demand L2	7540	2	5636	R	A	0	Imax	LIN3
Ampere demand L3	7541	2	5637	R	A	0	Imax	LIN3
Block Kw demand (E)	7542	2	5638	R	Kw	0	Pmax	LIN3
Reserved	7543	2	5639	R	0	0	0	
Block Kva demand (E)	7544	2	5640	R	Kva	0	Pmax	LIN3
Sliding window Kw demand (E)	7545	2	5641	R	Kw	0	Pmax	LIN3
Reserved	7546	2	5642	R		0	0	
Sliding window Kva demand (E)	7547	2	5643	R	Kva	0	Pmax	LIN3
Reserved	7548	2	5644	R		0	0	
Reserved	7549	2	5645	R		0	0	
Reserved	7550	2	5646	R		0	0	
Accumulated Kw demand (import) (E)	7551	2	5647	R	Kw	0	Pmax	LIN3

**Tabla B.1 Tabla resumida de parámetros Medidor PM130.**

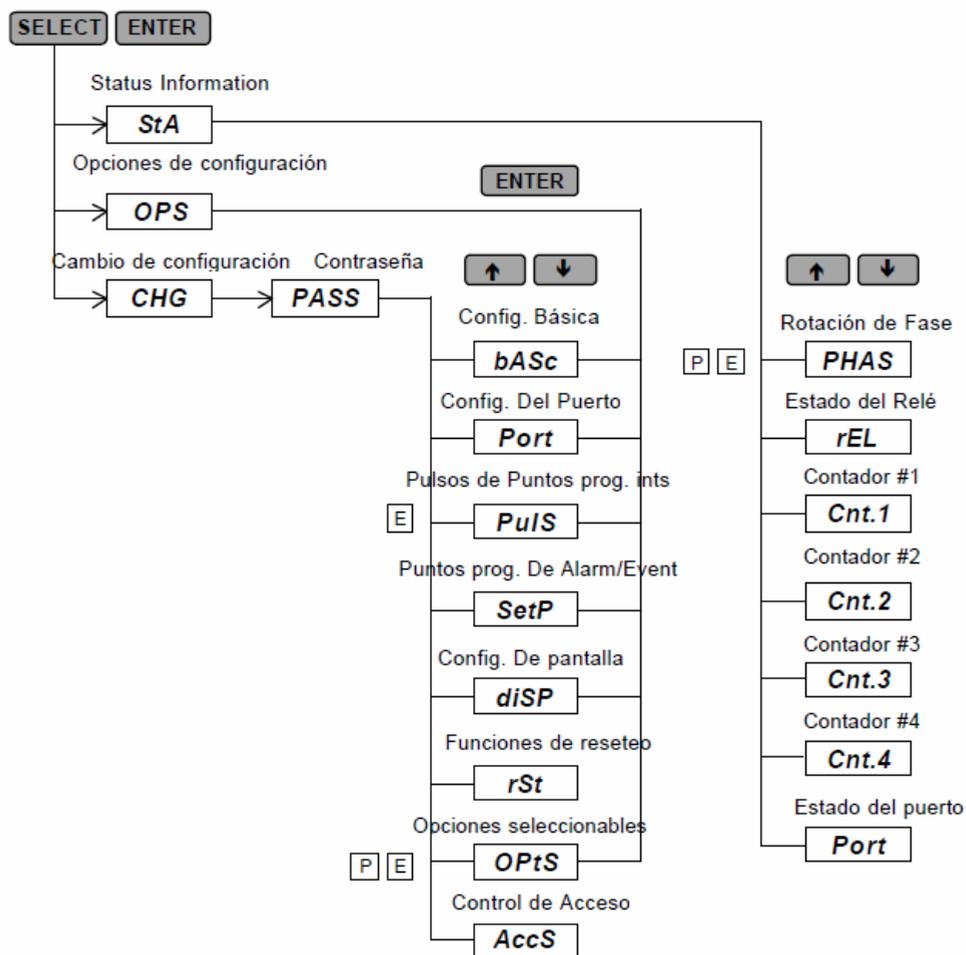


Fig. B.2 Estructura del menú del medidor Pm 130.

### Menú de configuración del puerto de comunicación.



Este menú permite acceder a las opciones de puerto de comunicaciones que el *PM130* usa para comunicarse con la

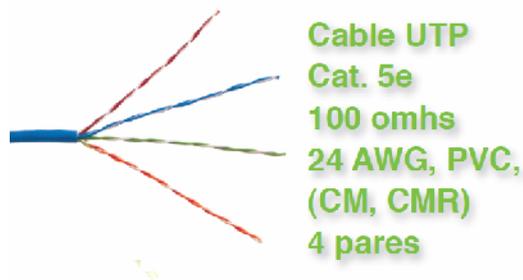
computadora maestra. La tabla siguiente enlista las comunicaciones de operaciones, los nombres de sus códigos y las opciones aplicables.

Activar la ventana del medio para moverse a través de la lista de opciones disponibles, y luego activar la ventana inferior para establecer el valor opcional .

<b>Código</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Opciones</b>	<b>Descripción</b>
<i>Prot</i>	Protocolo de Comunicación	<i>ASCII</i> <i>rtu</i>	Protocolo ASCII Protocolo Modbus RTU
<i>rS</i>	interfase standard	<i>485</i>	Interface RS-485 (no se puede cambiar)
<i>Addr</i>	Dirección	<i>0 -99 ASCII</i> <i>1 -247 Modbus</i>	Dirección del medidor de potencia
<i>bAud</i>	Baud rate	<i>110</i> <i>300</i> <i>600</i> <i>1200</i> <i>2400</i> <i>4800</i>	110 baud 300 baud 600 baud 1200 baud 2400 baud 4800 baud
<i>dAtA</i>	Formato de datos	<i>7E</i> <i>8n</i>	7 bits, paridad par 8 bits, sin paridad

**Tabla B.2 Opciones de comunicación Módulo PM130.**

## CABLE UTP



**Fig. B.3 Características del cable UTP CAT 5e.**

- ✓ Calibre del conductor: 24 AWG.
- ✓ Tipo de aislamiento: polietileno sin halógenos.
- ✓ Tipo de ensamble: 4 pares.
- ✓ Tipo de cubierta LSZH: con propiedades de baja emisión de humos sin halógenos.
- ✓ Para conexiones y aplicaciones IP.
- ✓ Conductor de cobre sólido de 0.51 mm.
- ✓ Diámetro exterior 5 mm.
- ✓ Desempeño probado hasta 200 Mhz.
- ✓ Impedancia: 100 .

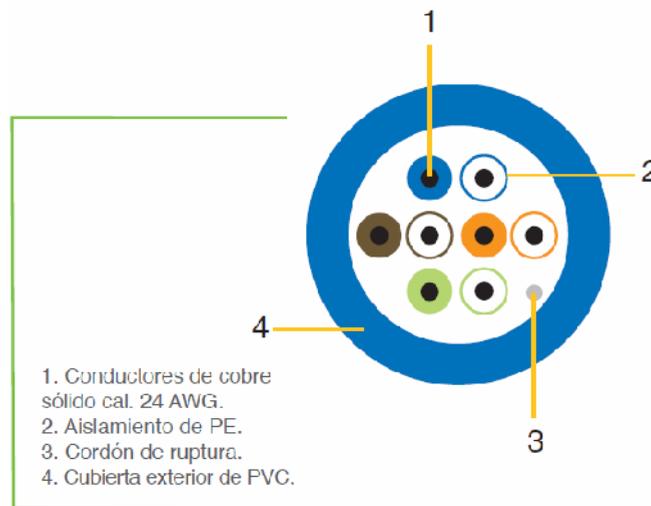
### **Normas aplicables.**

- ✓ ISO/IEC 11801 (2a edición, clase D).
- ✓ NEMA WC63.1.
- ✓ EN 50173-1.
- ✓ UL.
- ✓ IEC 60332-1 (parte 1).
- ✓ IEC 60332-3 C.
- ✓ IEC 1034 1/2.
- ✓ IEC 60754-1/2.
- ✓ NES 713.

✓ NMX-I-248-NYCE-2005.

### Aplicaciones.

- ✓ - 1.2 Gbps ATM.
- ✓ - 622 Mbps ATM.
- ✓ - 100 Base T.
- ✓ - 100 Mbps TP-PMD.
- ✓ - 100 BASE VG ANYLAN.
- ✓ - 1000 Base T.



**Fig. B.4 Vista superior del cable UTP CAT 5e.**

## **TRANSMISOR DE PRESIÓN PARA APLICACIONES GENERALES – P68 XA-700.**



**Fig. B.5 Apariencia de un sensor de presión.**

### **DESCRIPCIÓN.**

Esta serie de transmisores de presión, fabricados para soportar un grado de protección IP-68, se ha desarrollado para cubrir la mayoría de aplicaciones industriales en la ingeniería mecánica, hidráulica, neumática, etc. Son típicas las destinadas a la medición continua de gases, líquidos.

El transmisor está realizado con las técnicas más novedosas y dispone en su interior de un circuito conversor de alta calidad. El margen de la tensión de alimentación del transmisor es muy amplio y puede variar entre 8 y 35 Vdc. sin variar la señal de salida

### **TÉCNICA UTILIZADA.**

El sensor del transmisor de presión está realizado con cerámica, siendo la técnica utilizada la piezoresistiva. Esta tecnología está relacionada con la

deformación del diafragma, en el cual están grabadas cuatro resistencias eléctricas formando un puente de Wheastone. Por consiguiente, cualquier deformación que tenga el diafragma por efecto de una presión desequilibrará el circuito electrónico que conformará una señal de salida proporcional y lineal a la presión que soporta la célula cerámica. Los sensores cerámicos utilizados están compensados internamente en temperatura mediante resistencias PTC.

El empleo de la técnica cerámica en el campo de los transmisores de presión aporta una excelente fiabilidad al realizarse la presión directamente sobre el sensor cerámico. Al no existir ninguna cámara de fluido en su interior (aceite sintético, glicerina, etc., que pueden producir variaciones por efectos de dilatación) aporta una alta estabilidad frente a los efectos de la temperatura.

Presiones	Relativas
Campos de medida	0-0,250 Bar a 0-60 Bar
Tipo de sensor	Cerámico
Error combinado del sensor (histéresis, linealidad, repetibilidad)	El típico menor que 0,4 % FE
Resolución del sensor	0,01 a 0,014 %FE
Tiempo de respuesta	Menor que 1 mseg.
Materiales en contacto con el proceso	Acero inox. AISI-316L, cerámica y el material de la junta
Material de la junta	Acrilnitrilo butadieno (NBR) Otros materiales bajo demanda (VITON, EPDM, PTFE...)
Material del cuerpo exterior	Acero inoxidable AISI 316L
Tipo de protección	IP-68
Señal de salida	Lineal
Tensión de alimentación	Comprendida entre 8 y 35 Vdc.
Protecciones eléctricas	De polaridad y de cortocircuito
Señal de salida normalizada	4-20 mAdc. a dos hilos
Máx.resistencia de carga en $\Omega$	$Ra \leq [Ub(Vdc)-8(Vdc)] / 0,02 \text{ Adc}$
Conexión eléctrica	Mediante cable de tres polos
Temperatura de proceso	-5 a +70 °C
Dimensiones del transmisor	Véanse planos
Sección exterior	27 mm.
Peso del transmisor con cable	<500 gr. con 2 mts. cable
Conformidad CE	

**Tabla B.3 Características del sensor de presión.**

Sección exterior (aprox.)	9 mm.
Color de la funda exterior	Azul – Ral: 5015
Protección IP68 del cable	Con tubo de poliofelina
Material de la cubierta norma UNE 21031/13	PVC acrílico TM5 según
Tubo de compensación atms.	De nylon 1x2
Conductores eléctricos	3x0,34 mm <sup>2</sup> (UNE 21064)
Cable portor de acero	1 mm.
Carga de rotura	110 Kg.
Peso aproximado	100 gr./mt.

Resistencia eléctrica del conductor a 20 °C 59 /Km.

Código de colores Rojo, amarillo y azul.

Temperatura de proceso -5 a +70 °C.

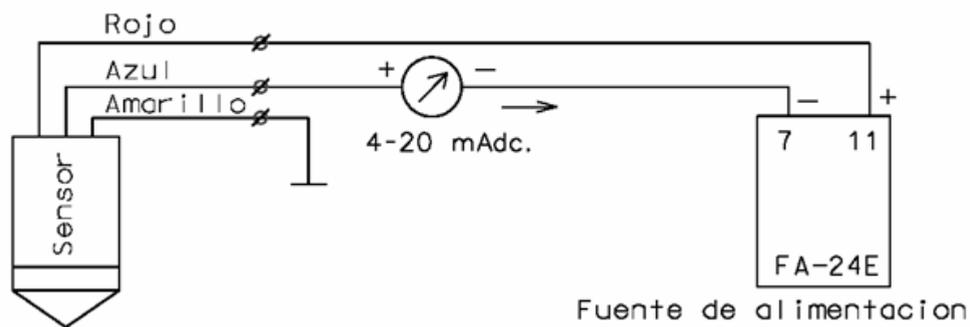


Fig. B.6 Esquema de conexión de sensor de presión.

## PROTOCOLO RS485

### Sistema Bs de bus RS485

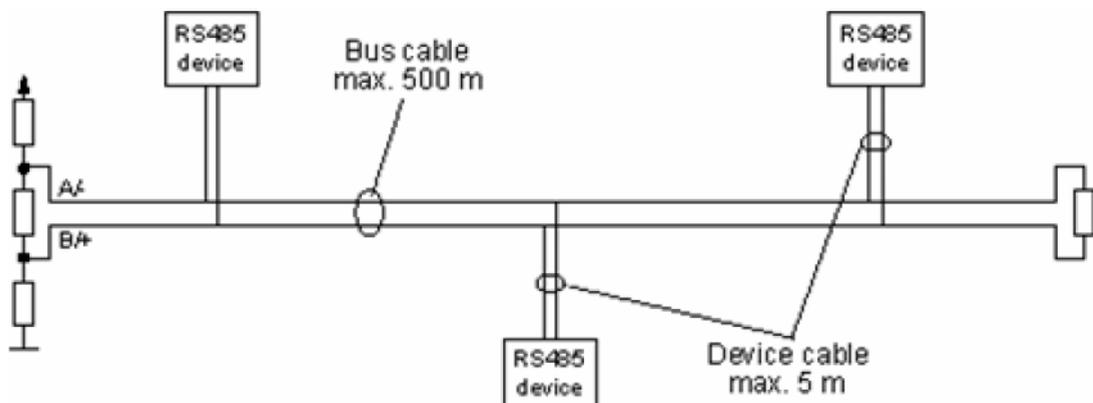
**RS-485** o también conocido como **EIA-485**, que lleva el nombre del comité que lo convirtió en estándar en 1983. Es un estándar de comunicaciones en bus de la capa física del Modelo OSI.

Está definido como un sistema en bus de transmisión **multipunto diferencial**, es ideal para transmitir a altas velocidades sobre largas distancias (35 Mbps hasta 10 metros y 100 Kbps en 1.200 metros) y a través de canales ruidosos, ya que reduce los ruidos que aparecen en los voltajes producidos en la línea de transmisión. El medio físico de transmisión es un par **entrelazado** que admite hasta 32 estaciones en 1 solo hilo, con una longitud máxima de 1.200 metros operando entre 300 y 19200 bps y la comunicación **half-duplex** (semiduplex). Soporta 32 transmisiones y 32 receptores. La transmisión diferencial permite múltiples drivers dando la posibilidad de una configuración multipunto. Al tratarse de un estándar bastante abierto permite muchas y muy diferentes configuraciones y utilidades.

La interfaz RS485 ha sido desarrollada - analógicamente a la interfaz **RS422** - para la transmisión en serie de datos de alta velocidad a grandes distancias y encuentra creciente aplicación en el **sector industrial**. Pero mientras que la RS422 sólo permite la conexión unidireccional de hasta 10 receptores en un transmisor, la **RS485** está concebida como sistema Bus bidireccional con hasta 32 participantes. Físicamente las dos interfaces sólo se diferencian mínimamente. El **Bus** RS485 puede instalarse tanto como sistema de 2 hilos o de 4 hilos. Dado que varios transmisores trabajan en una línea común, tiene que garantizarse con un protocolo que en todo momento esté activo como máximo un transmisor de datos. Los otros transmisores tienen que encontrarse en ese momento en estado ultraohmio. La norma RS485 define solamente las especificaciones eléctricas para receptores y transmisores de diferencia en sistemas de bus digitales. La norma **ISO 8482** estandariza además adicionalmente la topología de cableado con una longitud máx. de 500 metros.

#### **Bus de 2 hilos RS485.**

El Bus de 2 hilos **RS485** se compone según el bosquejo inferior del cable propio de Bus con una longitud máx. de 500m. Los participantes se conectan a este cable a través de una línea adaptadora de máx. 5 metros de largo. La ventaja de la técnica de 2 hilos reside esencialmente en la capacidad **multimaster**, en donde cualquier participante puede cambiar datos en principio con cualquier otro. El Bus de 2 hilos es básicamente apto sólo **semidúplex**. Es decir puesto que sólo hay a disposición una vía de transmisión, siempre puede enviar datos un solo participante. Sólo después de finalizar el envío, pueden p. ej. responder otros participantes. La aplicación más conocida basada en la técnica de 2 hilos es el **PROFIBUS**.

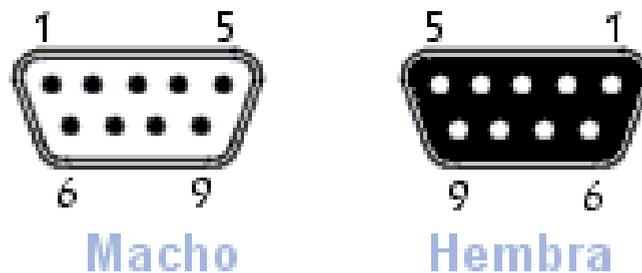


**Fig. B.7 Aplicación básica de bus de 2 hilos RS485.**

### **CONECTOR DB9.**

El conector **DB9** (originalmente *DE-9*) es un conector analógico de 9 clavijas de la familia de conectores D-Subminiature (D-Sub o Sub-D).

El conector DB9 se utiliza principalmente para conexiones en serie, ya que permite una transmisión asíncrona de datos según lo establecido en la norma RS-232 (RS-232C).



**Fig. B.8 Vista frontal de los conectores DB9.**

Se debe tener en cuenta que existen adaptadores DB9-DB25 para convertir fácilmente un enchufe DB9 en uno DB25 y viceversa.

**Clavijas.**

Número de clavija	Nombre
1	CD: Detector de transmisión
2	RXD: Recibir datos
3	TXD: Transmitir datos
4	DTR: Terminal de datos lista
5	GND: Señal de tierra
6	DSR: Ajuste de datos listo
7	RTS: Permiso para transmitir
8	CTS: Listo para enviar
9	RI: Indicador de llamada
	Protección

**Fig. B.9 Descripción de pines del puerto DB9.**

**ANEXO C**

**MANUAL DE INSTALACIÓN**

## MANUAL DE INSTALACIÓN.

### **1 PROCEDIMIENTO.**

Para instalar el sistema de monitoreo se deben seguir los siguientes procedimientos:

- 1 Instalar el Software Industrial Intouch V9.5
- 2 Instalar el Software Microwin Step 7 V4.0.1.10.
- 3 Instalar y configurar el driver de comunicación Modbus.
- 4 Crear y configurar el ODBC para almacenar información en la base de datos.

El sistema tiene la característica de ejecutarse automáticamente sin la intervención del hombre, para lo que se debe agregar en el menú de inicio los programas InTouch Window Viewer y Modbus.

### **2 INSTALACIÓN DEL SOFTWARE INTOUCH.**

Antes de proceder con la instalación del software de monitoreo se debe verificar que el computador cumpla con los requerimientos mínimos de hardware y de software, los cuales son:

#### **Requerimientos mínimos del PC.**

- Hardware: PC compatible IBM con un mínimo de 512 MB de RAM, procesador Pentium IV de 1.2 GHz.
- Software: Microsoft Windows NT/ 2000/ XP o superior, no es compatible con Windows Vista tampoco con Windows Seven.

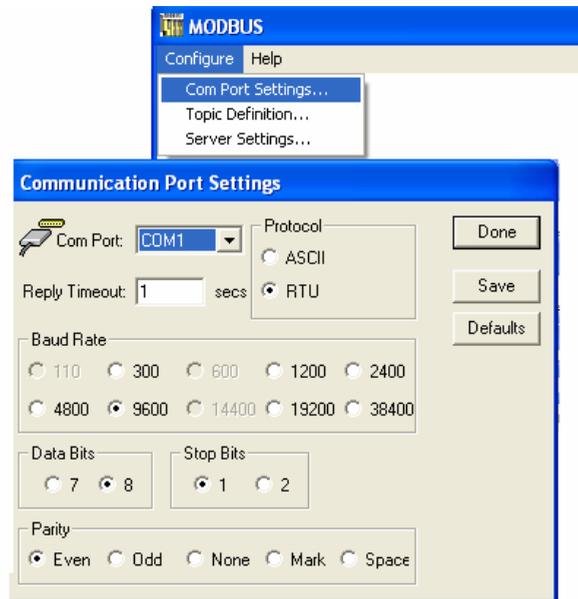
- Redes: Soporte para cualquier red estándar NetBIOS: Ethernet, Novell, TokenRing, Arcnet, etc. Soporte para conexión serie, TCP/ IP o DecNET.

### **3 Pasos para instalar InTouch V9.5.**

- 1 Deshabilitar el Firewall, esto se realiza en el Panel del programa.
- 2 Desinstalar los antivirus para que no entre en conflicto con el software Intouch 9.5.
- 3 Instalar el paquete microsoft.net framework 1.1.
- 4 Instalar el software InTouch 9.5, seguir paso a paso hasta llegar a la ventana de dispositivos a instalar, en esa página habilitar las opciones de SIMBOL FACTORY.  
Al momento de seleccionar los módulos opcionales de instalación incluir el "SQL Manager".
- 5 Con el CD de IO\_Servers instalar el driver "MODBUS RTU" en el directorio C:\Program Files\FactorySuite\IOServer\MODBUS.
- 6 Para habilitar la licencia, desplegar menú inicio, Wonderware, Common finalmente License Utility. Seleccionar archivo WWSUITE.LIC e ejecutar.
- 7 Reiniciar la PC.

### **4 CONFIGURACIÓN DEL PUERTO DE COMUNICACIÓN DEL PROTOCOLO MODBUS.**

Aquí se define el puerto Comm, el protocolo, la tasa de transferencia, bits de paridad, entre otros.



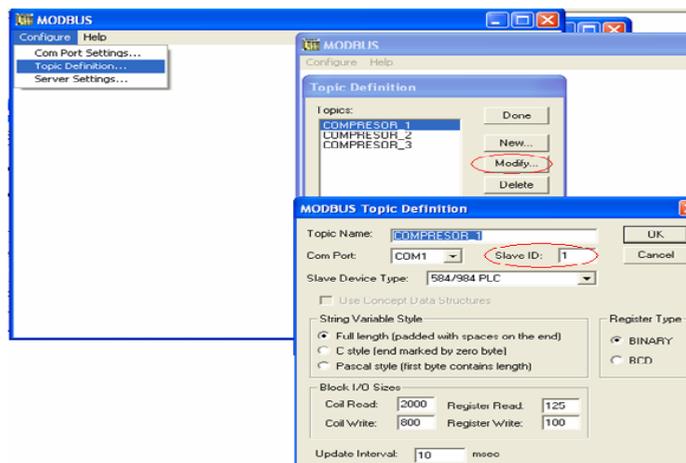
**Fig. C.1 Opciones de configuración del Modbus.**

Cada dispositivo añadido debe relacionarse con un Slave ID diferente, si añadimos 3 dispositivos nuestra configuración quedaría así:

```

MOVB 1, VB40 // Setear dispositivo con dirección = 1.Slave ID=1
MOVB 2, VB409 // Setear dispositivo con dirección = 2.Slave ID=2
MOVB 10, VB409 // Setear dispositivo con dirección = 10.Slave ID=10

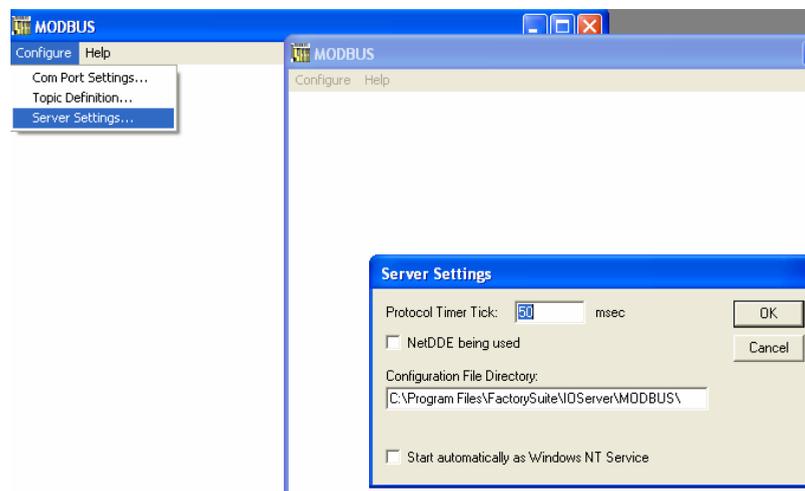
```



**Fig. C.2. Configuración de nuevos enlaces.**

Si la comunicación es entre PLC'S uno debe ser máster los demás deberán configurarse como esclavos, es decir cada plc tiene que tener su librería modificada según su dirección.

Finalmente se debe configurar el servidor.



**Fig. C.3. Selección de ventana para guardar configuración de servidor.**

**ANEXO D**  
**MANUAL DE USUARIO.**

## MANUAL DE USUARIO.

### PANTALLA PRINCIPAL.

El sistema de monitoreo de la sala de compresores inicia su operación con la primera pantalla, Figura D.1, que es la de presentación de la interfaz HMI, contiene la información acerca del proyecto de titulación así como un acceso controlado por medio de claves o password.



**Fig. D.1 Pantalla Principal.**

Para ingresar al monitoreo del HMI es necesario validar nuestra información, ingresando un nombre de usuario y una contraseña correspondiente. Hay tres diferentes niveles de monitoreo: Administrador, Operador, Usuario.

El modo ADMIN, tiene prioridad sobre las demás el password en un código alfanumérico de 6 cifras.



**Fig. D.2 Representación inicial de nuestro HMI**

Las claves de acceso son las siguientes:

<b>Usuario.</b>	<b>Clave.</b>
ADMIN	AD1218
OPER	OP1520
USER	US1390

## **PANTALLAS.**

### **Pantalla de desplazamiento.**

Para desplazarte entre las pantallas se dispone de un menú desplegable. El mismo que se muestra en la imagen siguiente.



**Fig. D.3 Menú 1 desplegable.**

También puede desplazarse entre las pantallas con la ayuda de los botones animados ubicados en la parte inferior de la pantalla.



**Fig.D.4. Menú 2 Iconos del desplazamiento.**

### **Pantalla de análisis gráfica.**

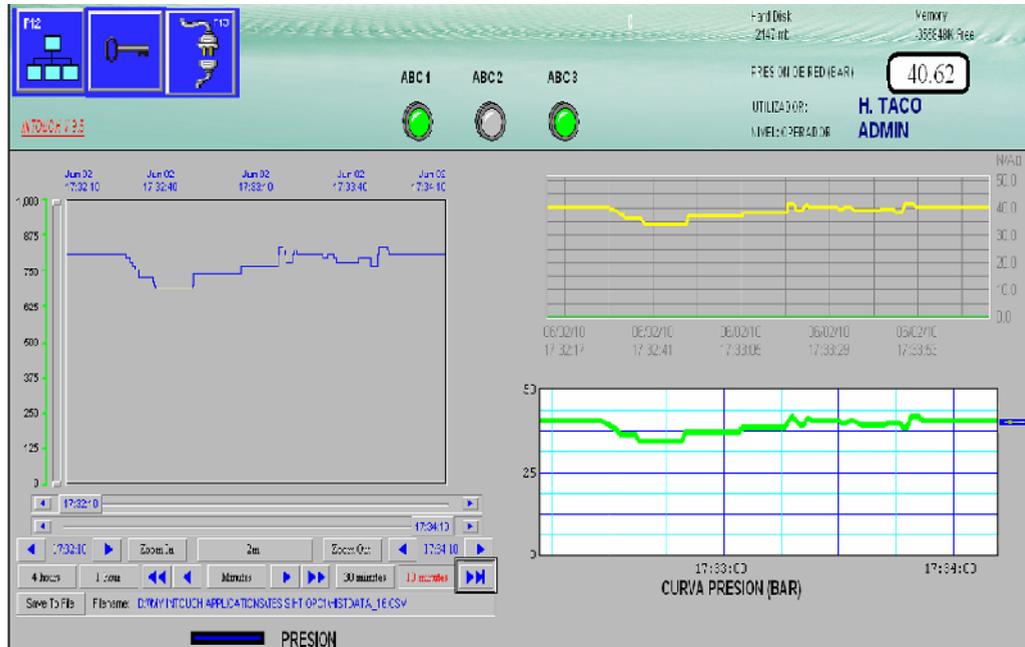
Esta es la más importante del HMI, dispone del esquema gráfico de tendencias, tanto históricos como en tiempo real, las mismas que permite el monitoreo de todas las variables de interés tales como:

Presión de línea (bares).

Amperaje de los compresores.

Temperatura.

Estados de los motores, entre otras.



**Fig.D.5 Monitoreo de presión en la línea.**

### **Pantalla de alarmas.**

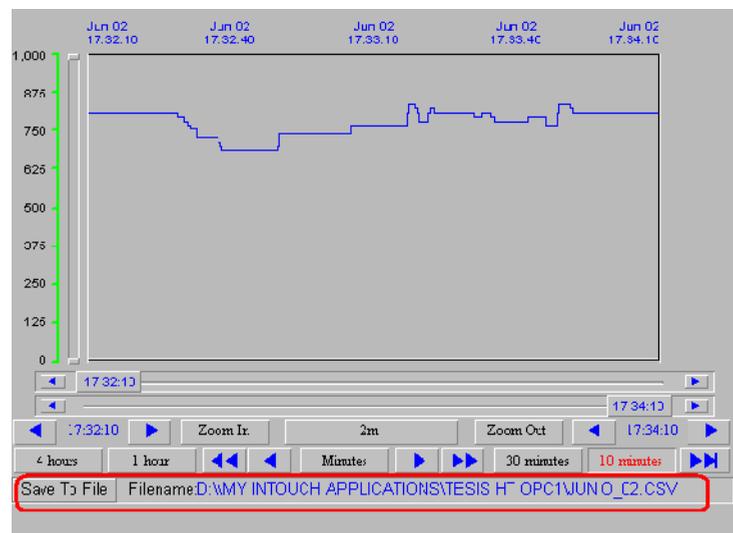
La Pantalla de alarmas está diseñada de tal forma que el reconocimiento y visualización de éstas se puede realizar en su totalidad o en sus distintos grupos de alarmas.



**Fig. D.6 Pantalla ilustrativa de alarmas.**

### **Pantalla reportes históricos.**

Los reportes se pasan a una tabla en Excel, la dirección y nombre del archivo se configura en la barra del HistData Wizards, como se ilustra en la gráfica siguiente.



**Fig. D.7 Directorio de almacenamiento de la Pantalla de alarma.**

A continuación se muestra un ejemplo de resultados almacenados del 5 de Junio del 2010. En la que se tomaron muestras de la Presión y el Amperaje en los tres compresores ABC.

\$Date	\$Time	PRESION	AMP_ABC1	AMP_ABC2	AMP_ABC3
05/06/2010	11:17:30	38,37854	0	323	277
05/06/2010	11:17:42	38,37854	0	331	293
05/06/2010	11:17:54	38,37854	0	340	288
05/06/2010	11:18:06	38,37854	0	328	280
05/06/2010	11:18:18	38,37854	0	320	284
05/06/2010	11:18:30	38,37854	0	332	301
05/06/2010	11:18:42	38,37854	0	324	284
05/06/2010	11:18:54	38,37854	0	315	280
05/06/2010	11:19:06	38,37854	0	320	287
05/06/2010	11:19:18	38,37854	0	324	287
05/06/2010	11:19:30	38,37854	0	332	284
05/06/2010	11:19:42	38,37854	0	325	272
05/06/2010	11:19:54	38,37854	0	313	285
05/06/2010	11:20:06	38,37854	0	321	293
05/06/2010	11:20:18	38,37854	0	320	268
05/06/2010	11:20:30	38,37854	0	316	281
05/06/2010	11:20:42	38,37854	0	321	295
05/06/2010	11:20:54	38,37854	0	329	285
05/06/2010	11:21:06	38,37854	463	336	304
05/06/2010	11:21:18	38,37854	211	320	277
05/06/2010	11:21:30	38,37854	293	331	291
05/06/2010	11:21:42	38,37854	331	332	296
05/06/2010	11:21:54	38,37854	324	331	280
05/06/2010	11:22:06	38,37854	328	333	283
05/06/2010	11:22:18	38,37854	327	321	296
05/06/2010	11:22:30	38,37854	328	323	284
05/06/2010	11:22:42	38,37854	333	321	277
05/06/2010	11:22:54	38,37854	332	319	291
05/06/2010	11:23:06	38,37854	316	324	285
05/06/2010	11:23:18	38,37854	328	320	280

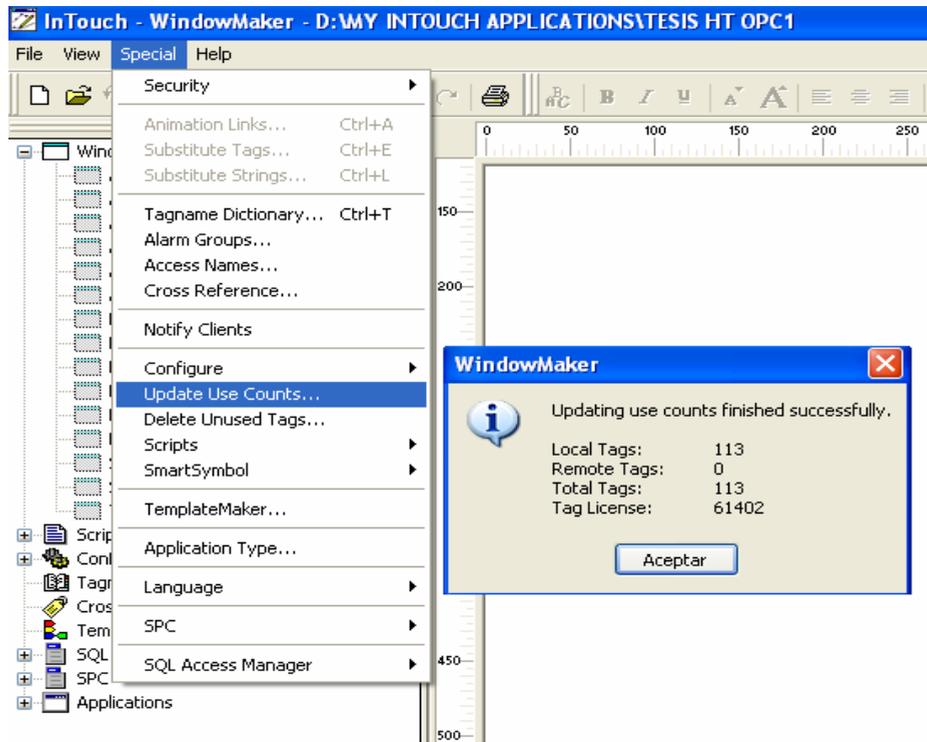
05/06/2010	11:23:30	38,37854	319	315	288
05/06/2010	11:23:42	38,37854	327	305	275
05/06/2010	11:23:54	38,37854	321	316	291
05/06/2010	11:24:06	38,37854	331	311	283
05/06/2010	11:24:18	38,37854	312	313	0
05/06/2010	11:24:30	38,37854	316	320	0
05/06/2010	11:24:42	38,37854	308	315	0
05/06/2010	11:24:54	38,37854	317	307	0
05/06/2010	11:25:06	38,37854	316	315	0
05/06/2010	11:25:18	38,37854	308	319	0
05/06/2010	11:25:30	38,37854	307	313	0
05/06/2010	11:25:42	38,37854	311	319	0
05/06/2010	11:25:54	38,37854	307	307	0
05/06/2010	11:26:06	38,37854	312	315	0
05/06/2010	11:26:18	38,37854	311	305	0
05/06/2010	11:26:30	38,37854	303	313	0
05/06/2010	11:26:42	38,37854	312	305	0
05/06/2010	11:26:54	38,37854	299	309	0
05/06/2010	11:27:06	38,37854	313	309	0
05/06/2010	11:27:18	38,37854	316	325	116
05/06/2010	11:27:30	38,37854	328	324	241

**Tabla. D.1 Datos generados por el gráfico de tendencias de Intouch.**

**Tags utilizados.**

Para determinar el número de Tags utilizados, hay que cerrar todas las ventanas del Diseño HMI, luego en el menú Special, Update Use Counts se visualizará los Tags usados para la aplicación.

Para este monitoreo se usó 113 Tags, de un total de 61402.



**Fig. D.8 Vista general del número de Tags usados.**

Latacunga, Julio del 2011

**ELABORADO POR:**

---

César Hernán Taco P.

0502312952

---

Luis Alberto Cando S.

0502307424

**APROBADO POR:**

---

Ing. Armando Álvarez S.

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
ESPECIALIDAD INSTRUMENTACIÓN

**CERTIFICADO POR:**

---

Dr. Eduardo Vásquez A.

SECRETARIO ACADÉMICO