

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO
PARA HORNOS DE SECADO DE ELECTRODOS DE
SOLDADURA**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

INGENIERO MECATRÓNICO

ALAN JAVIER PANEZ RICALDI

PROMOCION 2008 - I

LIMA-PERU

2011

DEDICATORIA

***A mis padres Haydeé y Simeón, a mis abuelos
Victoria y Paulino y a mis tíos Nelly y Mario, por
el cariño y el apoyo que siempre me brindan.***

ÍNDICE

PRÓLOGO	01
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	03
1.1 Antecedentes	03
1.2 Planteamiento del Problema	04
1.3 Objetivo	05
1.4 Justificación	05
1.5 Alcances	06
CAPÍTULO II	
GENERALIDADES DE LA AUTOMATIZACIÓN	07
2.1. Sistemas de Control en la Industria	07
2.1.1. Clasificación	09
2.2. Tipo de Controladores	11
2.2.1. Controlador P	12
2.2.2. Controlador PD	12
2.2.3. Controlador PI	13
2.2.4. Controlador PID	14
2.3. Sintonización de Controladores	14
2.3.1. Primer método: curva de reacción	15
2.3.2. Segundo método: oscilación continua	16
2.4. Redes de Comunicaciones Industriales	18
2.4.1. Niveles en una red industrial	19
2.4.2. Buses de campo	21
2.5. Protocolo Modbus	28

IV

2.5.1. Estructura de la red	28
2.5.2. Protocolo	29
2.6. Sensores y Actuadores	32
2.6.1. Sensores	32
2.6.2. Actuadores	35
2.7. GRAFCET	37
2.7.1. Elementos de programación	38
2.7.2. Principios básicos	39
2.7.3. Clasificación de las secuencias	40
2.8. Sistemas SCADA	42
2.8.1. Funciones principales de los sistemas SCADA	44
2.8.2. Transmisión de la información	46
2.8.3. Comunicaciones	46
2.8.4. Elementos del sistema	48
CAPÍTULO III	
DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE SECADO	50
3.1. Descripción del Proceso de Fabricación de Electrodo de Soldadura	50
3.1.1. Fabricación del producto semielaborado masa <i>seca</i>	50
3.1.2. Fabricación del producto semielaborado alambre cortado	51
3.1.3. Elaboración del revestimiento	52
3.1.4. Extrusión de electrodos de soldadura	53
3.1.5. Descripción del proceso de secado de <i>electrodos</i>	55
3.1.6. Embalaje	56
3.2. Descripción de los Principales Componentes de los Hornos de Secado	57
3.2.1. Descripción de los hornos de secado	57
3.2.2. Descripción de los sensores	61

3.2.3. Descripción de actuadores	62
3.3. Descripción del Sistema Actual	64
3.3.1. Descripción del sistema SCADA.....	64
3.3.2. Secuencia completa de un proceso de secado.....	66
3.3.3. Suspensión y cancelación de un proceso.....	67
3.3.4. Iniciar un secado con inicio retrasado.....	67
3.3.5. Diagrama de flujo del proceso de secado.....	67
3.4. Diagrama P&ID del Sistema Actual	68
3.4.1. Diagrama P&ID actual de los hornos a petróleo.....	69
3.4.2. Diagrama PI&D actual de los hornos eléctricos	70
CAPÍTULO IV	
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	71
4.1. Selección del Controlador Programable.....	71
4.1.1. Comparación cuantitativa	72
4.1.2. Comparación cualitativa	76
4.1.3. Validación del controlador seleccionado	78
4.2. Diseño de la Lógica de Control	79
4.2.1. GRAFSET de programación.....	79
4.2.2. Esquemas del sistema de control.....	81
4.2.3. Descripción de entradas y salidas.....	82
4.2.4. Variables de programación	85
4.2.5. GRAFSET de programación con el nombre de cada variable	87
4.3. Equipos y Software necesarios para la Implementación	89
4.3.1. Controlador de procesos PMA KS42	89
4.3.2. Controlador programable de automatización ICP DAS	90
4.3.3. Software SCADA Indusoft Web Studio v6.1	92

4.4. Diseño de la Arquitectura de Red	93
4.4.1. Red PC de supervisión – PAC	94
4.4.2. Red PAC – monitor touch screen ADP-1080	96
4.4.3. Red PAC - controladores de temperatura	97
4.4.4. Topología de red	98
4.5. Implementación del SCADA	99
4.5.1. Pantalla principal	99
4.5.2. Pantalla de cada homo	100
4.5.3. Pantalla de selección de curvas	101
4.5.4. Pantalla de curvas de temperatura	102
4.5.5. Pantalla de búsqueda de lotes	102
4.5.6. Pantalla para modificar recetas	103
4.6. Implementación del Sistema de Control	104
4.6.1. Creación de variables en Indusoft Web Studio (IWS)	104
4.6.2. Configuración de las tareas Math	104
4.7. Simulación de las Funciones del nuevo SCADA	105
4.8. Sintonización de Parámetros PID	106
4.9. Validación del Diseño	107
4.10. Consideraciones para la Instalación de los Equipos	109
4.10.1. Layout actual	109
4.10.2. Layout propuesto	110
4.11. Costos	111
4.11.1. Costo de materiales y equipos	111
4.11.2. Evaluación comparativa	112
CONCLUSIONES	113
RECOMENDACIONES	114

BIBLIOGRAFÍA 115

ANEXO N° 1: CONFIGURACIÓN DE RED EN EL PAC

ANEXO N° 2: DESARROLLO DEL PROYECTO EN IWS

ANEXO N° 3: PROGRAMACIÓN DE CONTROLADORES DE PROCESOS PMA

ANEXO N° 4: CONFIGURACIÓN DEL MONITOR TOUCH SCREEN ADP-1080

ANEXO N° 5: MANUAL DE USUARIO - PAC WINCON 8000

ANEXO N° 6: BROCHURE CONTROLADOR UNIVERSAL DE PROCESOS KS 42

ANEXO N° 7: DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO MODBUS - CONTROLADOR KS 42

ANEXO N° 8: COTIZACIÓN EMPRESA ELECONT

ANEXO N° 9: COTIZACIÓN EMPRESA BERMIT

PRÓLOGO

La soldadura manual por arco eléctrico se ha establecido en muchos sectores de procesamiento de acero, como un proceso versátil y simple. Debido a sus requerimientos mínimos de equipamiento, el proceso ha demostrado ser el más convincente, especialmente en el campo de la construcción, gracias a su gran movilidad. Un punto más a su favor es que no requiere de un gas protector, sensible al viento. Y no obstante su bajo costo, se logran resultados de alta calidad.

Uno de los elementos principales en el proceso de soldadura por arco eléctrico, son los electrodos de soldadura, dichos electrodos deben tener valores adecuados de humedad, excentricidad y porosidad para obtener una soldadura de buena calidad. Para asegurar la producción de electrodos de soldadura de buena calidad, el fabricante debe contar con la tecnología necesaria para optimizar sus procesos.

Uno de los procesos más importantes en la fabricación de electrodos de soldadura es el proceso de secado, en dicho proceso los electrodos pre elaborados, son introducidos en unos hornos de secado con la finalidad de disminuir su porcentaje de humedad.

El presente informe describe el diseño de un sistema de control de temperatura para hornos de secado de electrodos de soldadura, dicho sistema será utilizado para asegurar la capacidad productiva de la principal empresa productora de electrodos de soldadura a nivel nacional.

El sistema a diseñar será desarrollado utilizando la tecnología PAC (Programmable Automation Controller) de la marca ICP DAS y el software SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) Indusoft Web Studio versión 6.1.

En el Capítulo I, se desarrolla la introducción donde se describe los antecedentes, el planteamiento del problema, el objetivo, la justificación y los alcances del presente informe.

El Capítulo II, corresponde a las generalidades básicas teóricas, las cuales describen la base conceptual del sistema a desarrollar.

En el Capítulo III, se describe el proceso de fabricación, los principales componentes de los hornos y el funcionamiento del actual sistema de secado.

En el Capítulo IV, se describe el diseño e implementación del sistema propuesto, así como también la validación del mismo mediante simulaciones y una prueba con carga.

Finalmente se presentan las conclusiones del informe y las recomendaciones para la futura implementación del sistema propuesto. También se presentan documentos anexos que contienen información técnica que ayudarán a comprender algunos tópicos del presente informe.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En el año 1996 la empresa Soldexa, empresa líder en unión y corte de materiales del Perú, implementó un sistema automatizado para el control y monitoreo de sus hornos de secado de electrodos, dicho sistema aún está operativo y controla la temperatura de siete hornos siguiendo unas curvas de homeado. Este sistema está compuesto principalmente por un PLC de la marca Fanuc que se encarga del control de temperatura de los hornos siguiendo distintos intervalos de temperaturas y tiempos, además cuenta con una PC en la cual se ha instalado el SCADA Simplicity, el cual permite programar los estados operativos de cada uno de los hornos, estos estados operativos son: secando, enfriando, inactivo e inicio retrasado. El sistema SCADA instalado les permite generar reportes de las curvas de secado de todos los lotes.

En el año 2009 Soldexa adquirió un nuevo horno eléctrico de 200 kW de potencia, con la intención de ampliar su capacidad productiva, este nuevo horno cuenta con un sistema de control y monitoreo distinto al inicial y que fue desarrollado por el personal del Área de Proyectos de Soldexa, área en la que me encontraba laborando. Este nuevo sistema ha demostrado tener la misma

confiabilidad y estabilidad que el sistema antiguo, y tiene la ventaja de poder integrarse a la red de Soldexa.

1.2 Planteamiento del Problema

Los sistemas de control y monitoreo, generalmente considerados el “cerebro” de las plantas industriales, son la herramienta principal de los operadores. Por eso, reemplazar un sistema automatizado es cosa seria, ya que puede tener un gran impacto en diversas áreas, especialmente en las operaciones.

En Soldexa, por lo general el sistema automatizado con 15 años de antigüedad tiene un nivel aceptable de disponibilidad. Sin embargo, su principal inconveniente es que el software SCADA utilizado sólo corre en la plataforma de Windows 95, esto sumado a un tema de licencias hace difícil instalar un sistema operativo más moderno. La antigüedad del sistema operativo y la PC instalada actualmente disminuyen la confiabilidad del sistema. Últimamente se han reportado algunos inconvenientes con dicho sistema, por ejemplo es imposible exportar los reportes de secado para imprimirlos.

Desde su instalación, el mantenimiento preventivo y correctivo del sistema instalado, así como todas las modificaciones, han estado a cargo de la empresa que lo instaló, esto ha generado una dependencia de Soldexa hacia el proveedor que instaló el sistema desde el año 1996.

Existe una necesidad de contar con un sistema moderno que tenga las mismas y mejores funcionalidades del sistema actualmente instalado, utilizando una tecnología que sirva de base para un futuro sistema SCADA de toda la planta de Soldexa.

1.3 Objetivo

Diseñar un nuevo sistema de control y monitoreo para 08 hornos de secado de electrodos de soldadura, este sistema realizará un control basado en intervalos de temperaturas y tiempos, utilizando un PAC y el software SCADA Indusoft.

1.4 Justificación

La empresa Soldexa actualmente tiene dos sistemas automatizados para el control de sus ocho hornos de secado, el primer sistema fue implementado hace quince años, mientras que el segundo sistema fue implementado hace dos años, Soldexa se ve en la necesidad de integrar estos dos sistemas y contar con un sistema único y moderno que pueda integrarse fácilmente a la red de Soldexa.

Los principales beneficios con la implementación de este proyecto son:

- Conectividad con la red de Soldexa, el sistema propuesto será fácilmente integrado a la red administrativa y permitirá en un futuro, enlazar el sistema de secado con el sistema ERP de la empresa.
- Asegurar la capacidad productiva, apostando por el cambio tecnológico.
- La no dependencia de un proveedor en cuanto al mantenimiento correctivo y futuras modificaciones al sistema. Al ser el secado de electrodos un proceso fundamental para Soldexa, el personal del Área de Mantenimiento encontrará en el presente informe los pasos a seguir para ofrecer una rápida respuesta ante algún inconveniente o para realizar mejoras al sistema.

- La propuesta desarrollada en este informe, tendrá un tiempo de implementación menor ya que se cuenta con la experiencia y el pleno conocimiento del proceso.
- Se propone aprovechar la capacidad de los equipos existentes en Soldexa, con la finalidad de utilizar una tecnología conocida para el personal de mantenimiento y por supuesto reducir los costos de implementación.

1.5 Alcances

El presente informe contempla las siguientes actividades:

- Describir los procesos de fabricación de electrodos de soldaduras.
- Describir los componentes que se utilizaran durante el diseño del sistema propuesto.
- Describir el actual sistema de control y monitoreo de los hornos de Soldexa.
- Validar el controlador programable a utilizar.
- Diseñar la nueva lógica de control
- Realizar pruebas de funcionamiento del sistema propuesto.
- Realizar una evaluación comparativa de costos.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES DE LA AUTOMATIZACIÓN

2.1. Sistemas de Control en la Industria

Un sistema dinámico puede definirse conceptualmente como un ente que recibe unas acciones externas o variables de entrada, y cuya respuesta a estas acciones externas son las denominadas variables de salida.

Las acciones externas al sistema se dividen en dos grupos, variables de control, que se pueden manipular, y perturbaciones sobre las que no es posible ningún tipo de control. La figura 2.1, ilustra de un modo conceptual el funcionamiento de un sistema dinámico.

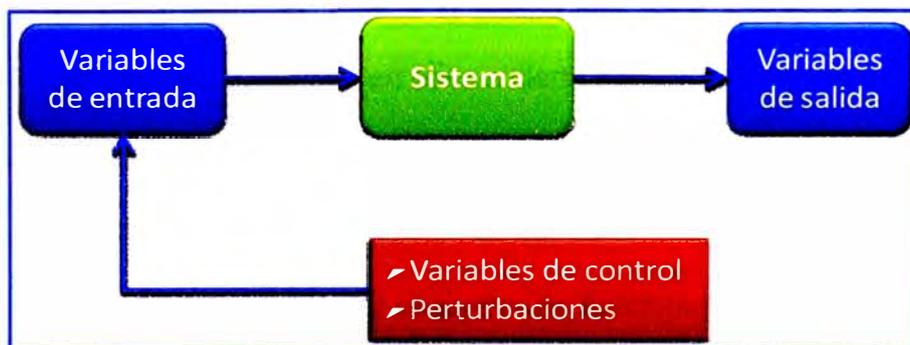


Figura 2.1. Esquema general de un sistema dinámico

Un sistema de control ideal debe ser capaz de conseguir su objetivo cumpliendo los siguientes requisitos:

- a. Garantizar la estabilidad y, particularmente, ser robusto frente a perturbaciones y errores en los modelos.
- b. Ser tan eficiente como sea posible, según un criterio preestablecido. Normalmente este criterio consiste en que la acción de control sobre las variables de entrada sea realizable, evitando comportamientos bruscos e irreales.
- c. Ser de fácil implementación y cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador.

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

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

La Figura 2.2, ilustra el esquema de funcionamiento de un sistema de control genérico.

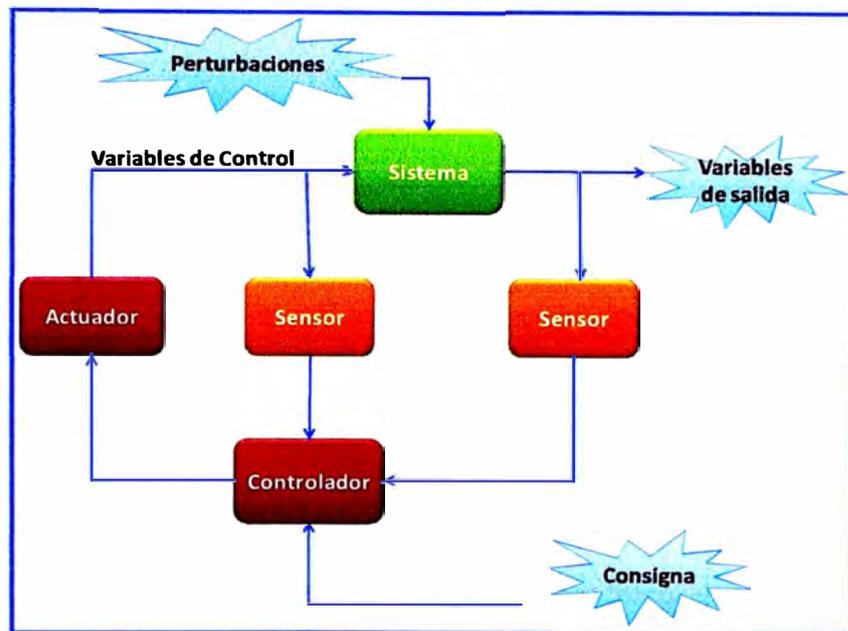


Figura 2.2. Esquema general de un sistema de control

2.1.1. Clasificación

Son muchas las clasificaciones posibles de realizar; aquí se presentan algunas de mayor interés.

De acuerdo a la acción de control: Variable que activa el sistema a controlar.

- De lazo abierto: Acción de control independiente de la salida; para su buen desempeño se requiere de una buena calibración; si el proceso a controlar es estable, no hay riesgo de inestabilidad.
- De lazo cerrado: Se compara la entrada y la salida y usa la diferencia (error) como acción de control; se requiere por tanto de una realimentación, la cual genera posibilidad de inestabilidad.

De acuerdo a la fuente de energía del elemento que genera la acción de control:

Neumáticos (Aire a presión).

Hidráulicos (Aceite o agua a presión).

Eléctricos - Electrónicos (Electricidad).

De acuerdo a como se genera la acción de control a partir del error:

ON – OFF (Control Secuencial)

Proporcional (P), Integral (I), Proporcional Integral (PI), Proporcional Derivativo (PD), Proporcional Integral Derivativo (PID).

Adelanto y/o Atraso de Fase.

De acuerdo a la función:

Servomecanismo: Busca seguir una entrada variante; la salida es la posición y/o sus derivadas; por ejemplo, el sistema de control de posición hidráulico.

Regulador: Busca mantener constante la salida, principalmente ante cambios debidos a disturbios; por ejemplo, los sistemas de control de tensión y frecuencia de los sistemas de generación; el sistema de control de temperatura,

De acuerdo a las propiedades del proceso controlado:

Parámetros Concentrados – Distribuidos.

Determinístico - Estocástico.

Continuo - Discreto (Flujo del producto).

Estático - Dinámico.

Lineal - No lineal.

De acuerdo a la aplicación industrial:

De Procesos: temperatura, flujo, presión, PH, nivel, densidad, composición, viscosidad, color, etc.

De acuerdo a la estrategia de control:

Directo (feedforward) - Realimentado (feedback).

Serie - Paralelo.

Centralizado - Distribuido

Cascada, sobrerango, selectivo, etc.

De acuerdo a las señales involucradas en el sistema de control.

Monovariable, si el sistema controla una sola variable.

Multivariable, si tiene múltiples entradas y salidas.

2.2. Tipo de Controladores

El controlador PID básico combina las acciones proporcional, derivativa e integral mediante el siguiente algoritmo de control:

$$u(t) = K_c \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_d \frac{de(t)}{dt} \right) = P + I + D$$

$u(t)$: Señal de control

K_c : Ganancia proporcional

$e(t)$: Señal de error

T_i : Tiempo integral

T_d : Tiempo derivativo

Como se sabe, el término proporcional contribuye a la reducción del error en régimen permanente. Ahora bien, la ganancia requerida para que dicho error se reduzca hasta los niveles deseados con la aplicación de un control proporcional puede ser incompatible con las especificaciones de sobre oscilación y estabilidad relativa del sistema. La acción integral tiene un efecto cualitativo sobre el error en régimen permanente, ya que aumenta el tipo del sistema y garantiza la anulación de éste cuando la referencia es de tipo escalón. El término derivativo permite una cierta predicción del futuro error y por tanto juega un papel anticipativo.

2.2.1. Controlador P

En ciertos tipos de procesos es posible trabajar con una ganancia elevada sin tener ningún problema de estabilidad en el controlador. Muchos procesos que poseen una constante de tiempo dominante o son integradores puros caen en esta categoría. Una alta ganancia en un controlador P significa que el error en estado estacionario será pequeño y no se necesitará incluir la acción integral. Un ejemplo característico en el que no es muy relevante el error en régimen permanente es el bucle interno de un controlador en cascada; el que la variable que se ha tomado como secundaria no alcance su valor no debe preocupar excesivamente.

2.2.2. Controlador PD

En líneas generales, el control PD puede ser apropiado cuando el proceso a controlar incorpore ya un integrador. Por ejemplo, un proceso térmico con un buen aislamiento opera de forma análoga a un integrador. Casi toda la energía que se le suministra se emplea en elevar la temperatura del horno ya que las pérdidas son despreciables. Con esta clase de

procesos es posible trabajar con ganancias elevadas en el controlador sin que sea necesario introducir la acción integral. La acción derivada es sensible al ruido ya que a altas frecuencias tiene una ganancia relativamente elevada, por lo tanto, en presencia de altos niveles de ruido se debe limitar dicha ganancia, o prescindir de la acción derivativa. Asimismo, en procesos con grandes tiempos muertos la acción anticipativa del término derivativo deja de ser efectiva ya que la aproximación lineal tan sólo tiene validez para pequeños valores de T_d .

$$e(t + T_d) \approx e(t) + T_d \frac{de(t)}{dt}$$

Debido a los tiempos muertos hay un retardo antes de que los efectos de cualquier acción de control se puedan detectar sobre la variable de proceso. Es, por lo tanto, considerablemente mejor con esta clase de procesos intentar predecir su acción futura analizando la señal de control en combinación con un modelo del proceso

2.2.3. Controlador PI

Es la estructura más usual del controlador. La introducción de la acción integral es la forma más simple de eliminar el error en régimen permanente. Otro caso en el que es común utilizar la estructura PI es cuando el desfase que introduce el proceso es moderado (procesos con una constante de tiempo dominante o incluso integradores puros). La acción derivativa más que una mejora en esta situación es un problema ya que amplifica el ruido existente. También se recomienda la acción PI cuando hay retardos en el proceso, ya que la acción derivativa no resulta

apropiada en este tipo de sistemas. Un tercer caso en el que se debería desconectar la acción derivativa es cuando el proceso está contaminado con niveles de ruido elevados. Como primera medida, se debería filtrar el ruido existente, pero en algunas ocasiones esto no es suficiente.

2.2.4. Controlador PID

La acción derivativa suele mejorar el comportamiento del controlador, ya que permite aumentar las acciones proporcional e integral. Se emplea para mejorar el comportamiento de procesos que no poseen grandes retardos pero que si presentan grandes desfases. Este es el caso típico de procesos con múltiples constantes de tiempo.

2.3. Sintonización de Controladores

La sintonización de los controladores se realiza sin que se disponga de dicha información y resulta sumamente útil en los casos en que la obtención del modelo del proceso es muy engorrosa. Los métodos de diseño utilizan restricciones particulares impuestas a la respuesta deseada que permiten determinar con precisión los parámetros del controlador, en tanto que en el caso de la sintonización de un controlador, dichos parámetros se van ajustando de forma tal que se obtenga una respuesta temporal aceptable.

Los métodos de sintonización están basados en estudios experimentales de la respuesta al escalón de diferentes tipos de sistemas, razón por la cual los parámetros del controlador que se determinan utilizando estas metodologías podrían dar como resultado una respuesta medianamente indeseable. Es por ello que dichos parámetros se utilizan como punto de partida para la definitiva

sintonización de los mismos, lo cual se realizará ajustándolos continuamente de forma tal que se logre obtener la respuesta deseada.

En esta sección se mostrarán dos reglas de sintonización de controladores desarrolladas por Ziegler y Nichols, las cuales simplifican altamente el problema de la selección de parámetros de un controlador. Dichas reglas podrían no ser la mejor alternativa pero su sencillez y disponibilidad las mantienen como una fuerte opción aún hoy en día.

2.3.1. Primer método: curva de reacción

En este método la respuesta de la planta al aplicar un escalón unitario debe tener el aspecto de una curva en forma de S, como se observa en la siguiente figura 2.3, en el caso en que la curva no presente esta dicha forma, no es posible aplicar el método. Si la planta incluye integrador(es) o polos dominantes complejos conjugados, la respuesta al escalón unitario no será como la requerida y no podrá utilizarse el método.

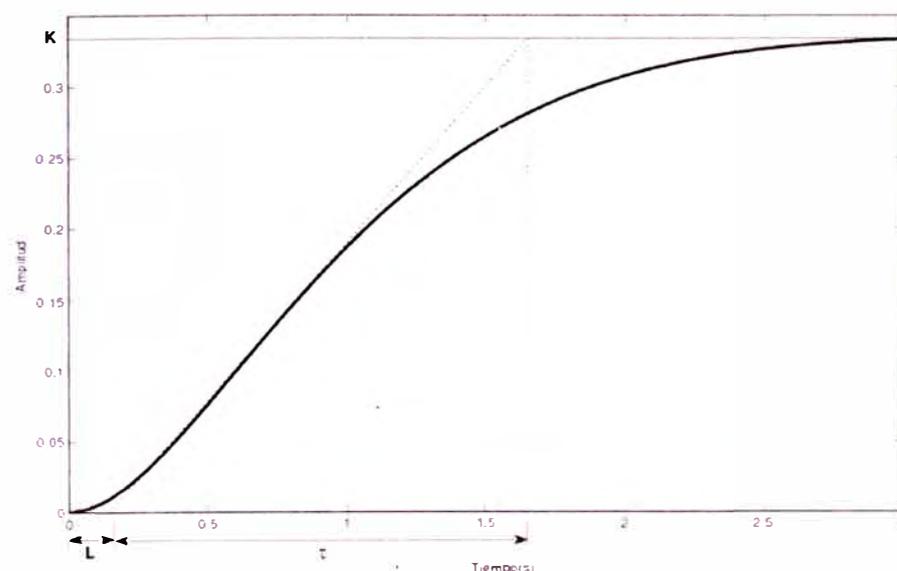


Figura 2.3. Respuesta al escalón de una planta

La respuesta al escalón se obtiene experimentalmente y a partir de allí el modelo del proceso puede ser aproximado a una función de transferencia como la que se muestra en la siguiente ecuación, en la cual los parámetros K , ζ y L corresponden con la ganancia, la constante de tiempo y el retardo del proceso y deben ser identificados a partir de dicha respuesta.

$$Gp(s) = \frac{K e^{-Ls}}{\tau s + 1}$$

Una vez identificados los parámetros antes mencionados se calcularán los parámetros del controlador utilizando la Tabla 2.1.

Tipo de Controlador	K_c	T_i	T_d
P	$\frac{\tau}{L}$	∞	0
PI	$0,9 \frac{\tau}{L}$	$\frac{L}{0,3}$	0
PID	$1,2 \frac{\tau}{L}$	$2L$,L

Tabla 2.1. Tabla para hallar los parámetros del controlador

2.3.2. Segundo método: oscilación continua

Este método solamente puede aplicarse cuando un proceso a lazo cerrado, como el que se muestra en la figura 2.4, presenta una respuesta que oscile continuamente. Un valor específico de su ganancia a lazo abierto, es decir, el sistema a lazo cerrado tiene una ganancia crítica, la cual corresponde con el límite de estabilidad del sistema a lazo cerrado.

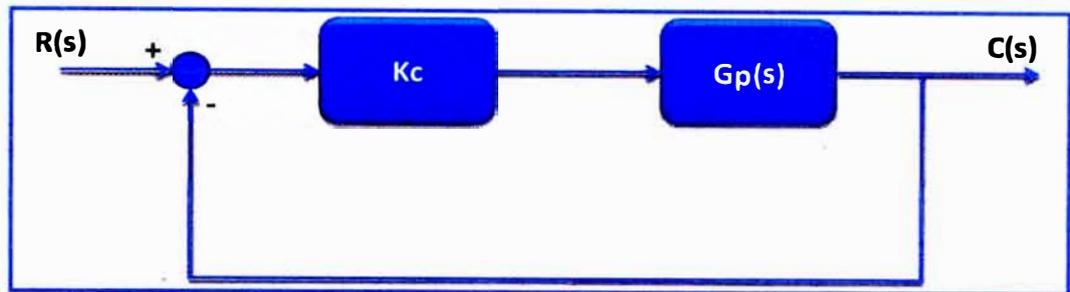


Figura 2.4. Proceso de lazo cerrado

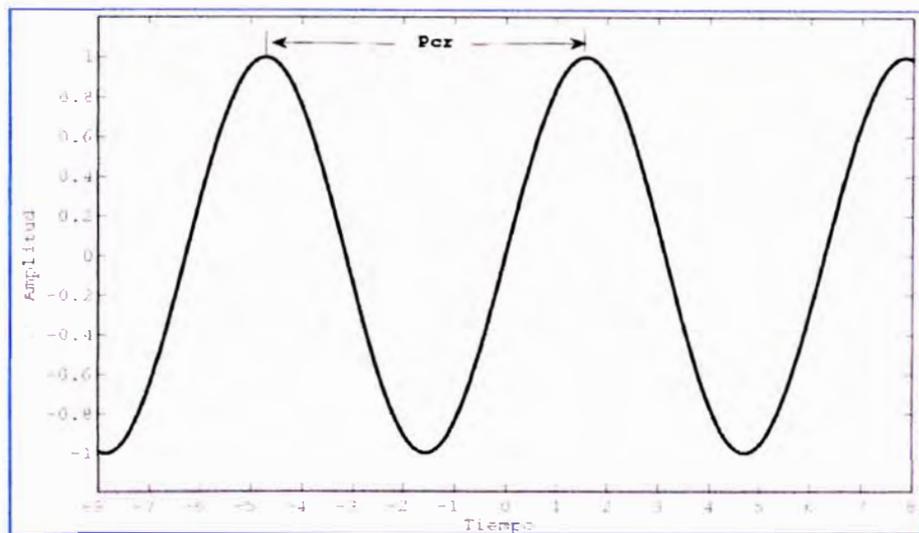


Figura 2.5. Oscilación continua de un sistema a lazo cerrado

Tanto la ganancia crítica (K_{cr}) como el periodo crítico (P_{cr}) pueden ser determinados en forma experimental (ver figura 2.5), a partir de los cuales los parámetros del controlador pueden hallarse según la tabla 2.2.

Adicionalmente, si se conoce la función de transferencia del proceso los valores de la ganancia y del periodo críticos podrán ser obtenidos teóricamente utilizando el criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz.

Tipo de Controlador	K_c	T_i	T_d
P	$0,5K_{cr}$	∞	0
PI	$0,45K_{cr}$	$\frac{P_{cr}}{1,2}$	0
PID	$0,5K_{cr}$	$0,5P_{cr}$	$0,125P_{cr}$

Tabla 2.2. Tabla para hallar los parámetros del controlador

Al igual que en el primer método, los parámetros determinados a través de la tabla 2.2 servirán como inicio a partir de los cuales se ajustarán los mismos hasta lograr la respuesta deseada.

2.4. Redes de Comunicaciones Industriales

Las redes de comunicaciones industriales deben su origen a la fundación FieldBus (Redes de campo). La fundación FieldBus, desarrolló un nuevo protocolo de comunicación, para la medición y control de procesos donde todos los instrumentos puedan comunicarse en una misma plataforma. FieldBus permite disponer de una nueva tecnología para una nueva generación de sistemas de control y automatización, físicamente más simple, donde toda la rutina de control regulatorio y control lógico, es efectuado por dispositivos de campos, posibilitando además una arquitectura abierta donde cualquier fabricante de equipos de instrumentación pueda integrarse a la red de campo existen en una fabrica o empresa.

La gran mayoría de los fabricantes de instrumentos han anunciado la posibilidad de desarrollar productos basados en las especificaciones de la fundación FieldBus. En este momento existen los desarrollos liderados por organizaciones que agrupan a ciertos fabricantes, que en algunos casos tuvieron como punto de partida estándares establecidos en algunos países. Entre estos tenemos a Profibus, WorldFip y LonWorks que poseen como principal ventaja su amplia base instalada.

2.4.1. Niveles en una red industrial

La integración de los diferentes equipos y dispositivos existentes en una planta se hace dividiendo las tareas entre grupos de procesadores con una organización jerárquica. Así, dependiendo de la función y el tipo de conexiones, se suelen distinguir cuatro niveles en una red industrial (Figura 2.16):

- **Nivel de entrada/salida:** es el nivel más próximo al proceso. Aquí es donde encontramos las máquinas con las que opera la empresa, y con ellas, todos los sensores y actuadores para la toma de medidas y realización de acciones de control sobre el proceso.
- **Nivel de campo y proceso:** integra pequeños automatismos (PLCs compactos, PIDs, multiplexores de e/s, etc.) en subredes o 'islas'. En el nivel más alto de estas redes podemos encontrar uno o varios autómatas modulares actuando como maestros de la red o maestros flotantes. En este nivel se emplean los buses de campo.

- **Nivel de control:** enlaza las células de fabricación o zonas de trabajo. A este nivel se sitúan los autómatas de gama alta y los ordenadores dedicados al diseño, control de calidad, programación, etc. En este nivel es donde se suelen emplear las redes de tipo LAN (Local Area Network) o Ethernet.
- **Nivel de gestión:** es el nivel más alto y se encarga de integrar los siguientes niveles en una estructura de fábrica o varias fábricas (ver figura 2.6). Se suelen emplear estaciones de trabajo que establecen la conexión entre el proceso productivo y la gestión (ventas, stocks, etc.). Las redes empleadas son de tipo LAN o WAN (Wide Area Network).



Figura 2.6. Pirámide de automatización

Esta estructura no es universal, varía con el tamaño del proceso y sus características particulares. Además, para cualquiera de los niveles, no hay un estándar universalmente aceptado que cubra todos los aspectos

desde el nivel físico al de aplicación (si nos referimos al modelo OSI de ISO).

2.4.2. Buses de campo

Con la implantación en los últimos años del microprocesador en los instrumentos de medida, se han conseguido reducciones en los costos y grandes mejoras en cuanto funcionamiento, tales como: linealización de respuesta, facilidad de calibración haciendo uso de teclado y display, etc.

No obstante, la comunicación digital se ha limitado hasta ahora, a una transmisión de datos de diagnóstico y de configuración, superpuesta a la señal analógica de medición, haciendo uso de un terminal específico de configuración. Este es el caso de los instrumentos denominados "inteligentes", que utilizando protocolos de comunicación como Hart e Intensor, permiten configurar los instrumentos de forma remota, sin necesidad de acceder físicamente al dispositivo.

Aún con estas tecnologías, la transmisión de la variable de proceso se ha realizado utilizando señales analógicas. Como ejemplo, podemos citar la transmisión en bucle de corriente 4-20 mA, que sin duda se trata de la más extendida en la industria.

En la actualidad, las señales de procesos industriales, originadas a pie de máquina, se transmiten normalmente con un extenso cableado punto a punto, incluso haciendo uso de transmisores "inteligentes".

Esto significa que cada sensor o actuador situado en campo se encuentra conectado a los módulos de entrada-salida de los PLC's (autómatas), o

DCS's (sistemas de control distribuido), utilizando un par de hilos por instrumento.

Cuando la distancia entre el instrumento y sistema de control comienza a ser considerable, debemos tener en cuenta los costos de cableado, sobre todo cuando se establece la necesidad de un número extenso de conductores de reserva, de cara a futuras ampliaciones.

La filosofía de Bus de Campo hace posible la sustitución de muchos conductores, por un simple cable bifilar o fibra óptica, común para todos los sensores y actuadores, con el consiguiente ahorro económico que ello supone. La comunicación de la variable de proceso será totalmente digital.

Un Bus de Campo es, en líneas generales, un sistema de dispositivos de campo (sensores y actuadores) y dispositivos de control, que comparten un bus digital serie bidireccional para transmitir informaciones entre ellos, sustituyendo a la convencional transmisión analógica punto a punto (ver figura 2.7).

Los buses de campo constituyen el nivel más simple y próximo al proceso dentro de la estructura de las comunicaciones industriales. Se basan en procesadores simples y protocolos sencillos (si los comparamos con protocolos de LAN u otras redes) para gestionar el enlace entre dichos procesadores.

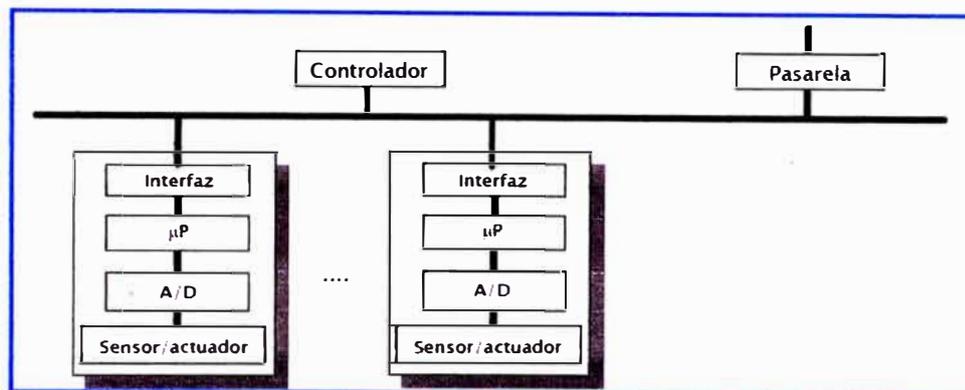


Figura 2.7. Estructura típica de un bus de campo

Estos buses permiten, además, la comunicación con buses jerárquicamente situados en niveles superiores mediante el empleo de pasarelas.

La existencia de un elevado número de buses de campo diferentes se debe a que cada compañía venía utilizando un sistema propio para sus productos, aunque en los últimos años se observa una cierta tendencia a utilizar buses comunes.

En buses de campo podemos distinguir:

Buses propietarios: son propietarios de una compañía o grupo de compañías, y para utilizarlos es necesario obtener una licencia, que es concedida a la empresa que la disfruta con una serie de condiciones asociadas, y a un precio considerable.

Buses abiertos:

- Las especificaciones son públicas y disponibles a un precio razonable.

- Los componentes críticos también están disponibles.
- Los procesos de validación y verificación están bien definidos y disponibles en las mismas condiciones que los anteriores.

Las características fundamentales que el bus de campo debe cumplir, en lo referente a la conexión de dispositivos, son:

- ✓ Interconectividad: al bus se deben poder conectar de forma segura dispositivos de diferentes fabricantes que cumplan el protocolo. Es el nivel mínimo, y no proporciona, en principio, ninguna ventaja.
- ✓ Interoperatividad: los dispositivos de diferentes fabricante funcionan satisfactoriamente en el mismo bus.
- ✓ Intercambiabilidad: los dispositivos de un fabricante pueden ser sustituidos por otros equivalentes, de otro fabricante, y seguir funcionando. Este es el objetivo final, y sólo se consigue si las especificaciones son completas y se dispone de un sistema de prueba y validación.

Ventajas de los Buses de Campo

Los buses de campo, si son correctamente elegidos para la aplicación, ofrecen numerosas ventajas, como:

- Flexibilidad: el montaje de un nuevo instrumento supone la simple conexión eléctrica al bus y una posterior configuración, normalmente remota (desde la sala de control). Si se trata de buses abiertos,

resultará posible la conexión de instrumentos de distintos fabricantes al mismo bus.

- Seguridad: Transmisión simultánea de señales de diagnóstico de sensores y actuadores, permitiendo así instalaciones más seguras, ya que esta tecnología permite incluir en el control de planta actuaciones ante fallos de periféricos.
- Precisión. Transmisión totalmente digital para variables analógicas.
- Facilidad de mantenimiento: resulta posible diagnosticar el funcionamiento incorrecto de un instrumento y realizar calibraciones de forma remota desde la sala de control. Esto permite localizar rápidamente conexiones erróneas en la instalación, con lo que los errores de conexión son menores y más rápidamente solucionados (reducción de los tiempos de parada y pérdidas de producción).
- Reducción de la complejidad del sistema de control en términos de hardware:
 - Reducción drástica del cableado.
 - Se elimina la necesidad de grandes armarios de conexiones para el control del equipamiento asociado.
 - Reducción del número de PLCs.
 - Al reducir el hardware se reduce el tiempo de instalación y el del personal necesario para ello.

Características de algunos Buses de Campo

A continuación se presentan los buses de campo de más utilización en la actualidad y sus principales características:

- **Profibus:** es un bus de campo impulsado por fabricantes alemanes.

Estándar abierto bajo norma DIN 19.245

Variantes: Profibus DP, FMS y PA.

Es un subjuego de MINIMAP (usada en niveles superiores con más prestaciones).

Concreta bastante el nivel de aplicación.

Utiliza topología en bus o árbol.

Medio físico: RS-485, fibra óptica y enlaces módem y radio.

Acceso al medio: Multimaestro (paso de testigo con maestro flotante).

Fabricantes: Bosch, Siemens, ABB, AEG, Bauer, Danfoss, Endress + Hauser,...

- **ASi (Actuator Sensor Interface).** Desarrollado en común por once fabricantes de actuadores, sensores y sistemas de control y dos universidades con el objetivo de conseguir un sistema simple, seguro y rápido capaz de utilizar par trenzado no blindado:

Sistema abierto.

Topología en árbol, estrella o bus. Posibilidad de derivaciones, que no necesitan terminadores.

Acceso al medio: Maestro-esclavo.

Longitud máxima 100m (hasta 300 con repetidores).

Cable normalizado 2x2, 5 mm² de potencia 2x1, 5mm² plano tipo ASi, que permite conexionado directo con tomas de tipo vampiro.

Velocidad de transmisión de 167 Kbps.

Datos transmitidos digitalmente por modulación sobre la corriente de alimentación.

Muy utilizado en conjunto con Profibus DP para instalaciones industriales.

Fabricantes: asociación ASi con más de 160 fabricantes (Siemens, Scheneider Electric, Crouzet, Danfoss, Bürkert, ...)

➤ Modbus: marca registrada de Gould Inc.

Estándar de uso. No está recogido en ninguna norma internacional, pero está muy extendido (comenzó en los 80s, empleándose por muchas compañías).

Topología en bus.

Medio físico: RS-485 semidúplex con par trenzado, RS-422m BC 4-20 mA o fibra óptica.

Acceso al medio: Maestro-esclavo

Fabricantes: Modicon, Crouzet, Sncneider Electric,...

Otros buses de campo:

Profibus, Modbus, Modbus Plus, Jbus, Bitbus, Hart, WorldFIP, DeviceNet, Lonworks, EIB, Fieldbus Foundation, FIP, ASi, CAN, ArcNet, BACnet, CEBus, InterBus-S, ISP, P-net, SDS, SP50.

2.5. Protocolo Modbus

La designación Modbus Modicon corresponde a una marca registrada por Gould Inc. Como en tantos otros casos, la designación no corresponde propiamente al estándar de red, incluyendo todos los aspectos desde el nivel físico hasta el de aplicación, sino a un protocolo de enlace (nivel OSI 2). Puede, por tanto, implementarse con diversos tipos de conexión física y cada fabricante suele suministrar un software de aplicación propio, que permite parametrizar sus productos.

No obstante, se suele hablar de MODBUS como un estándar de bus de campo, cuyas características esenciales son las que se detallan a continuación.

2.5.1. Estructura de la red

Medio Físico

El medio físico de conexión puede ser un bus semidúplex (half duplex) (RS-485 o fibra óptica) o dúplex (full duplex) (RS-422, BC 0-20mA o fibra óptica).

La comunicación es asíncrona y las velocidades de transmisión previstas van desde los 75 baudios a 19.200 baudios. La máxima distancia entre

estaciones depende del nivel físico, pudiendo alcanzar hasta 1200 m sin repetidores.

Acceso al Medio

La estructura lógica es del tipo maestro-esclavo, con acceso al medio controlado por el maestro. El número máximo de estaciones previsto es de 63 esclavos más una estación maestra.

Los intercambios de mensajes pueden ser de dos tipos:

- Intercambios punto a punto, que comportan siempre dos mensajes: una demanda del maestro y una respuesta del esclavo (puede ser simplemente un reconocimiento («acknowledge»).
- Mensajes difundidos. Estos consisten en una comunicación unidireccional del maestro a todos los esclavos. Este tipo de mensajes no tiene respuesta por parte de los esclavos y se suelen emplear para mandar datos comunes de configuración, reset, etc.

2.5.2. Protocolo

La codificación de datos dentro de la trama puede hacerse en modo ASCII o puramente binario, según el estándar RTU (Remote Transmission Unit). En cualquiera de los dos casos, cada mensaje obedece a una trama que contiene cuatro campos principales, según se muestra en la figura 2.8. La única diferencia estriba en que la trama ASCII incluye un carácter de encabezamiento («:»=3A_H) y los caracteres CR y LF al final del mensaje.

Pueden existir también diferencias en la forma de calcular el CRC, puesto que el formato RTU emplea una fórmula polinómica en vez de la simple suma en módulo 16.

Con independencia de estos pequeños detalles, a continuación se da una breve descripción de cada uno de los campos del mensaje:

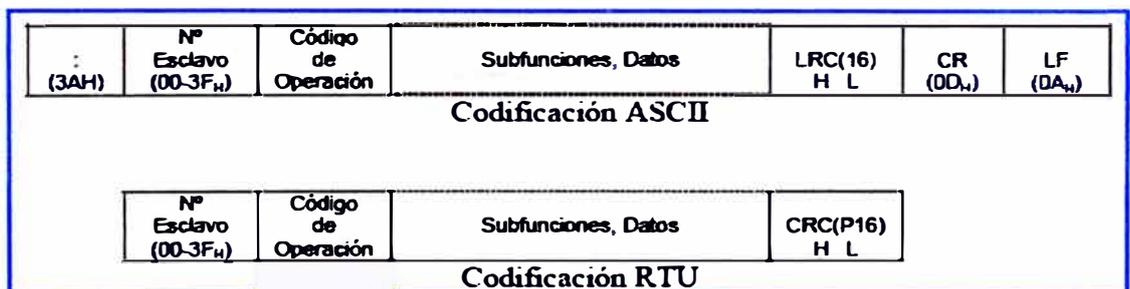


Figura 2.8. Trama genérica del mensaje según el código empleado

Número de esclavo (1 byte):

Permite direccionar un máximo de 63 esclavos con direcciones que van del 01_H hasta 3F_H. El número 00_H se reserva para los mensajes difundidos.

Código de operación o función (1 byte):

Cada función permite transmitir datos u órdenes al esclavo. Existen dos tipos básicos de órdenes:

- Órdenes de lectura/escritura de datos en los registros o en la memoria del esclavo.
- Órdenes de control del esclavo y el propio sistema de comunicaciones (RUN/STOP, carga y descarga de programas, verificación de contadores de intercambio, etc.)

La tabla 2.3 muestra la lista de funciones disponibles en el protocolo MODBUS con sus correspondientes códigos de operación.

Función	Código	Tarea
0	00 _H	Control de estaciones esclavas
1	01 _H	Lectura de <i>n</i> bits de salida o internos
2	02 _H	Lectura de <i>n</i> bits de entradas
3	03 _H	Lectura de <i>n</i> palabras de salidas o internos
4	04 _H	Lectura de <i>n</i> palabras de entradas
5	05 _H	Escritura de un bit
6	06 _H	Escritura de una palabra
7	07 _H	Lectura rápida de 8 bits
8	08 _H	Control de contadores de diagnósticos número 1 a 8
9	09 _H	No utilizado
10	0A _H	No utilizado
11	0B _H	Control del contador de diagnósticos número 9
12	0C _H	No utilizado
13	0D _H	No utilizado
14	0E _H	No utilizado
15	0F _H	Escritura de <i>n</i> bits
16	10 _H	Escritura de <i>n</i> palabras

Tabla 2.3. Funciones básicas y códigos de operación

Campo de sub funciones/datos (n bytes):

Este campo suele contener, en primer lugar, los parámetros necesarios para ejecutar la función indicada por el byte anterior. Estos parámetros podrán ser códigos de subfunciones en el caso de órdenes de control (función 00_H) o direcciones del primer bit o byte, número de bits o palabras a leer o escribir, valor del bit o palabra en caso de escritura, etc.

Palabra de control de errores (2 bytes):

En código ASCII, esta palabra es simplemente la suma de comprobación ('checksum') del mensaje en módulo 16 expresado en ASCII. En el caso

de codificación RTU el CRC se calcula con una fórmula polinómica según el algoritmo mostrado en la figura 2.9.

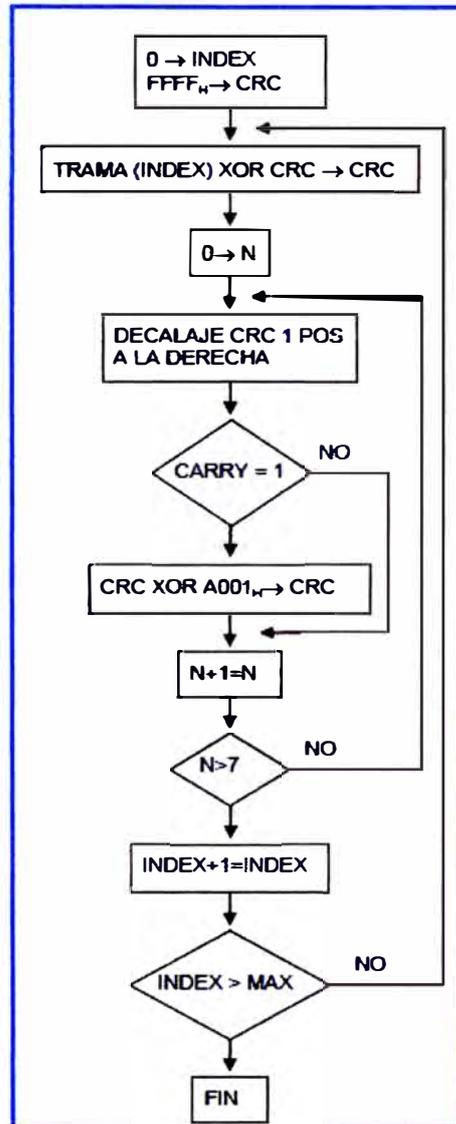


Figura 2.9. Cálculo del CRC codificación RTU

2.6. Sensores y Actuadores

2.6.1. Sensores

Son dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc., y la trasmite adecuadamente.

Transductor: Dispositivo que transforma el efecto de una causa física, como la presión, la temperatura, la dilatación, la humedad, etc., en otro tipo de señal, normalmente eléctrica (ver figura 2.10).

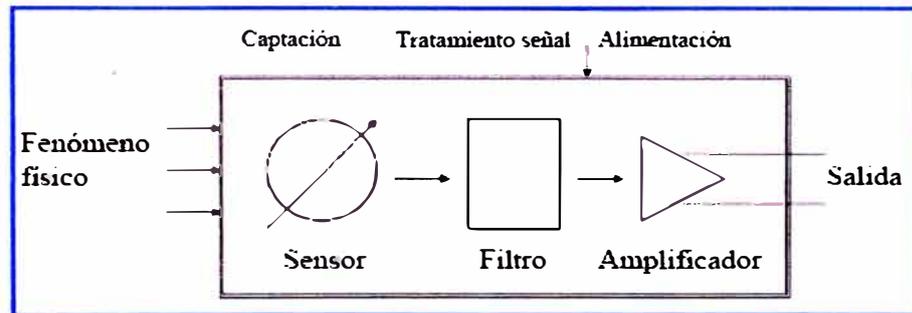


Figura 2.10. Esquema general de un transductor

Curva de calibración

- También llamada curva característica (ver figura 2.11).
- Relaciona la variable medida y la señal generada
- Se puede obtener aplicando una serie de entradas físicas conocidas y almacenando la respuesta del sistema.

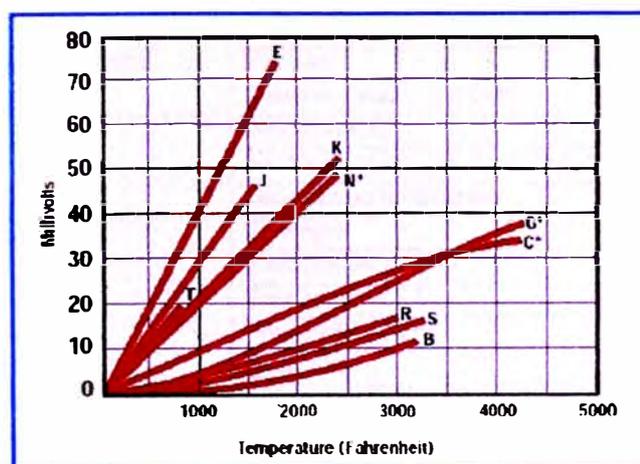


Figura 2.11. Curvas de calibración

Clasificaciones

Según el tipo de señal de salida:

- Analógicos: Dan como salida un valor de tensión o corriente variables en forma continua dentro del campo de medida.
- Digitales: Dan como salida una señal en forma de una palabra digital.
- Todo-nada: Indican cuándo la variable detectada rebasa un cierto umbral.

Según la magnitud física a detectar:

- Posición, velocidad, fuerza y par, presión, caudal, proximidad, etc (ver tabla 2.4).

Magnitud Física	Transductor	Características
Posición (Lineal o Angular)	Potenciómetro	Analogico
	Encoder	Digital
	Sinco y Resolver	Analogico
Pequeños desplazamientos	Transformador diferencial	Analogico
	Galga Extensiométrica	Analogico
Velocidad (Lineal o Angular)	Dinamo tacométrica	Analogico
	Encoder	Digital
	Detector inductivo u óptico	Digital
Aceleración	Acelerómetro	Analogico
	Sensor de velocidad + calculador	Digital
Fuerza y Par	Galga Extensiométrica	Analogico
Temperatura	Termopar	Analogico
	Resistencias PT100	Analogico
	Termistores CTN	Analogico
	Termistores CTP	Todo-Nada
	Bimetálicos	Todo-Nada
Sensores de Presencia o Proximidad	Inductivos	Analogico o Todo-Nada
	Capacitivos	Todo-Nada
	Ópticos	Analogico o Todo-Nada

Tabla 2.4. Clasificación de sensores según su magnitud

Características generales

- **Campo de medida:** Rango de valores de la magnitud de entrada comprendido entre el máximo y el mínimo detectables por un sensor, con una tolerancia de error aceptable.
- **Resolución:** Mínima diferencia entre dos valores próximos que el sensor es capaz de distinguir.
- **Sensibilidad:** Variación de la salida producida por una variación de entrada. Pendiente de la curva de calibración. Cuanto mayor, mejor.
- **Linealidad:** Cercanía de la curva característica a una recta especificada. Linealidad equivale a sensibilidad cte.
- **Saturación:** No linealidad producida por disminución de sensibilidad típicamente al principio o al final del rango.
- **Exactitud:** diferencia entre la salida real y el valor teórico de dicha salida (valor verdadero). Se suele dar en valor absoluto o relativo.
- **Precisión:** capacidad de obtener la misma salida cuando se realizan varias lecturas de la misma entrada y en las mismas condiciones.

2.6.2. Actuadores

Genéricamente se conoce con el nombre de actuadores a los elementos finales que permiten modificar las variables a controlar en una instalación automatizada. Se trata de elementos que ejercen de interfaces de potencia, convirtiendo magnitudes físicas, normalmente de carácter eléctrico en otro tipo de magnitud que permite actuar sobre el medio o

proceso a controlar. Al mismo tiempo aíslan la parte de control del sistema de las cargas que gobiernan el proceso (ver figura 2.12).

Entre los accionamientos más habituales se encuentran los destinados a producir movimiento (motores y cilindros), los destinados al trasiego de fluidos (bombas) y los de tipo térmico (hornos, intercambiadores, etc.)

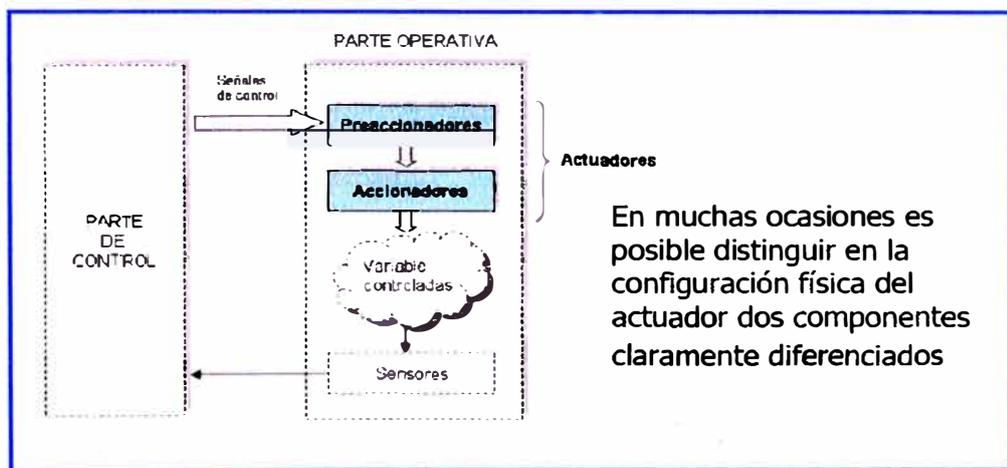


Figura 2.12. Pre accionadores y accionadores dentro de la parte operativa

Clasificación atendiendo al tipo de energía empleada en el accionamiento:

- Accionamientos eléctricos
- Accionamientos neumáticos
- Accionamientos hidráulicos
- Accionamientos térmicos

Dentro de cada una de estas tecnologías encontramos accionamientos de dos tipos:

- Accionamientos todo-nada
- Accionamientos de tipo continuo

(Pre)Accionamientos eléctricos

- Relés y contactores. Dispositivos electromagnéticos que conectan o desconectan un circuito eléctrico de potencia al excitar un electroimán o bobina de mando.
- Los relés están previstos para accionar pequeñas potencias (del orden de 1kW)
- Servomotores. Pequeñas máquinas especialmente diseñadas para el control de posicionamiento

(Pre)Accionamientos hidráulicos y neumáticos

- Válvulas distribuidoras. Dispositivos que permiten establecer o cortar la conexión hidráulica o neumática entre dos o más vías.
- Servoválvulas. Válvulas proporcionales capaces de regular la presión o el caudal siguiendo una cierta magnitud de consigna de tipo eléctrico.
- Cilindros. Permiten obtener un movimiento aplicando una presión hidráulica o neumática a uno u otro lado del émbolo.

2.7. GRAFCET

El GRAFCET (GRAFica de Control de Etapas de Transición) es un grafo o diagrama funcional normalizado, que permite hacer un modelo del proceso a automatizar, contemplando entradas, acciones a realizar, y los procesos intermedios que provocan estas acciones. Inicialmente fue propuesto para documentar la etapa secuencial de los sistemas de control de procesos a eventos

discretos. No fue concebido como un lenguaje de programación de autómatas, sino un tipo de Grafo para elaborar el modelo pensando en la ejecución directa del automatismo o programa de autómatas. Varios fabricantes en sus autómatas de gama alta hacen este paso directo, lo que lo ha convertido en un potente lenguaje gráfico de programación para autómatas, adaptado a la resolución de sistemas secuenciales. En la actualidad no tiene una amplia difusión como lenguaje, puesto que la mayoría de los autómatas no pueden programarse directamente en este lenguaje, a diferencia del Lenguaje Ladder. Pero se ha universalizado como herramienta de modelado que permite el paso directo a programación, también con Ladder.

2.7.1. Elementos de programación

Para programar un autómata en GRAFCET es necesario conocer cada uno de los elementos propios de que consta. En la tabla 2.5 se muestran los comunes.

Símbolo	Nombre	Descripción
	Etapa inicial	Indica el comienzo del esquema GRAFCET y se activa al poner en RUN el autómata. Por lo general suele haber una sola etapa de este tipo.
	Etapa	Su activación lleva consigo una acción o una espera.
	Unión	Las uniones se utilizan para unir entre sí varias etapas.
	Transición	Condición para desactivarse la etapa en curso y activarse la siguiente etapa, Se indica con un trazo perpendicular a una

unión.		
	Dirección amiento	Indica la activación de una u otra etapa en función de la condición que se cumpla.
	Proceso simultáneo o	Muestra la activación o desactivación de varias etapas a la vez.
	Acciones asociadas	Acciones que se realizan al activarse la etapa a la que pertenecen.

Tabla 2.5. Elementos GRAFCET de programación Símbolo Nombre Descripción

2.7.2. Principios básicos

Para realizar el programa correspondiente a un ciclo de trabajo en lenguaje GRAFCET, se deberán tener en cuenta los siguientes principios básicos:

- Se descompone el proceso en etapas que serán activadas una tras otra.
- A cada etapa se le asocia una o varias acciones que sólo serán efectivas cuando la etapa esté activa.
- Una etapa se activa cuando se cumple la condición de transición y está activa la etapa anterior.
- El cumplimiento de una condición de transición implica la activación de la etapa siguiente y la desactivación de la etapa precedente.
- Nunca puede haber dos etapas o condiciones consecutivas, siempre deben ir colocadas de forma alterna.

2.7.3. Clasificación de las secuencias

En un GRAFCET podemos encontrarnos con tres tipos de secuencias:

Lineales

En las secuencias lineales el ciclo lo componen una sucesión lineal de etapas como se refleja en el siguiente GRAFCET de ejemplo:

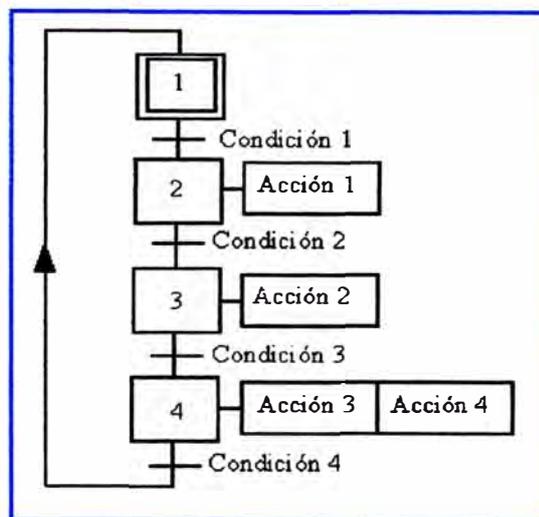


Figura 2.13. Diagrama de secuencia lineal

El programa irá activando cada una de las etapas y desactivando la anterior conforme se vayan cumpliendo cada una de las condiciones. Las acciones se realizarán en función de la etapa activa a la que están asociadas. En el ejemplo de la figura 2.13, con la etapa 1 activa tras arrancar el programa, al cumplirse la "Condición 1", se activará la etapa 2, se desactivará la 1, y se realizará la "Acción 1".

Con direccionamiento

En un GRAFCET con direccionamiento el ciclo puede variar en función de la condición que se cumpla. En el ejemplo de la figura 2.14 a partir de la

etapa inicial se pueden seguir tres ciclos diferentes dependiendo de cual de las tres condiciones (1, 2 ó 3) se cumpla, (sólo una de ellas puede cumplirse mientras la etapa 1 esté activa):

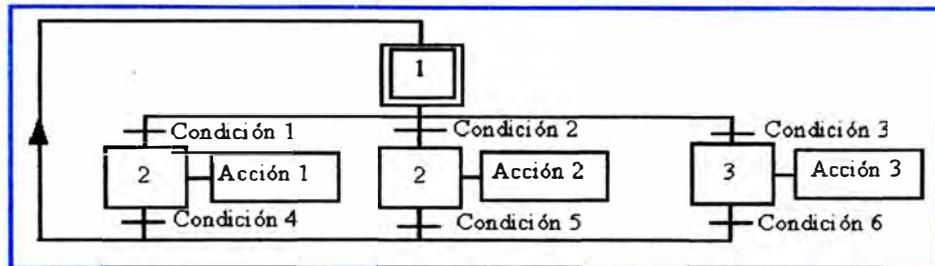


Figura 2.14. Diagrama de secuencia con direccionamiento

Simultáneas

En las secuencias simultáneas varios ciclos pueden estar funcionando a la vez por activación simultánea de etapas. En el ejemplo de la figura 2.15, cuando se cumple la condición 1 las etapas 2, 3 y 4 se activan simultáneamente:

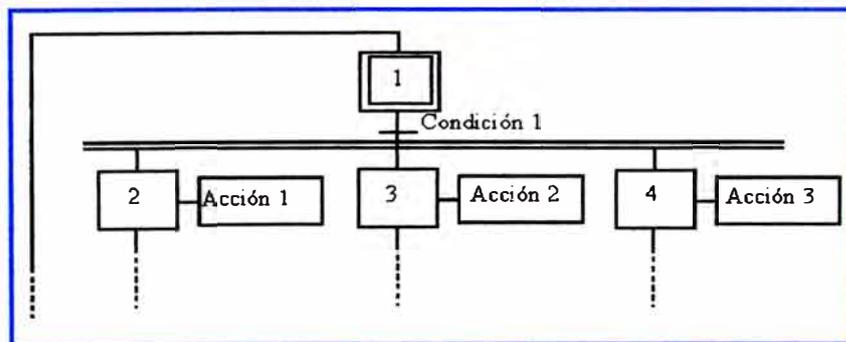


Figura 2.15. Diagrama de secuencia simultánea

2.8. Sistemas SCADA

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

Cada uno de los items de SCADA involucran muchos subsistemas, por ejemplo, la adquisición de los datos puede estar a cargo de un PLC (Controlador Lógico Programable) el cual toma las señales y las envía a las estaciones remotas usando un protocolo determinado, otra forma podría ser que una computadora realice la adquisición vía un hardware especializado y luego esa información la transmita hacia un equipo de radio vía su puerto serial, y así existen muchas otras alternativas.

Las tareas de Supervisión y Control generalmente están más relacionadas con el software SCADA, en él, el operador puede visualizar en la pantalla del computador de cada una de las estaciones remotas que conforman el sistema, los estados de ésta, las situaciones de alarma y tomar acciones físicas sobre algún equipo lejano, la comunicación se realiza mediante buses especiales o redes LAN. Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real, y están diseñados

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

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

Un software SCADA debe ser capaz de ofrecer al sistema:

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

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

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

2.8.1. Funciones principales de los sistemas SCADA

- Supervisión remota de instalaciones y equipos: Permite al operador conocer el estado de desempeño de las instalaciones y los equipos alojados en la planta, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas.
- Control remoto de instalaciones y equipos: Mediante el sistema se puede activar desactivar los equipos remotamente (por ejemplo abrir válvulas, activar interruptores, prender motores, etc.), de manera automática y también manual.

- Además es posible ajustar parámetros, valores de referencia, algoritmos de control, etc.
- **Procesamiento de datos:** El conjunto de datos adquiridos conforman la información que alimenta el sistema, esta información es procesada, analizada, y comparada con datos anteriores, y con datos de otros puntos de referencia, dando como resultado una información confiable y veraz.
- **Visualización gráfica dinámica:** El sistema es capaz de brindar imágenes en movimiento que representen el comportamiento del proceso, dándole al operador la impresión de estar presente dentro de una planta real. Estos gráficos también pueden corresponder a curvas de las señales analizadas en el tiempo.
- **Generación de reportes:** El sistema permite generar informes con datos estadísticos del proceso en un tiempo determinado por el operador.
- **Representación de señales de alarma:** A través de las señales de alarma se logra alertar al operador frente a una falla o la presencia de una condición perjudicial o fuera de lo aceptable. Estas señales pueden ser tanto visuales como sonoras.
- **Almacenamiento de información histórica:** Se cuenta con la opción de almacenar los datos adquiridos, esta información puede analizarse posteriormente, el tiempo de almacenamiento dependerá del operador o del autor del programa.

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

2.8.2. Transmisión de la información

Los sistemas SCADA necesitan comunicarse vía red, puertos GPIB, telefónica o satélite, es necesario contar con computadoras remotas que realicen el envío de datos hacia una computadora central, esta a su vez será parte de un centro de control y gestión de información.

Para realizar el intercambio de datos entre los dispositivos de campo y la estación central de control y gestión, se requiere un medio de comunicación, existen diversos medios que pueden ser cableados (cable coaxial, fibra óptica, cable telefónico) o no cableados (microondas, ondas de radio, comunicación satelital).

Cada fabricante de equipos para sistemas SCADA emplea diferentes protocolos de comunicación y no existe un estándar para la estructura de los mensajes, sin embargo existen estándares internacionales que regulan el diseño de las interfaces de comunicación entre los equipos del sistema SCADA y equipos de transmisión de datos.

2.8.3. Comunicaciones

En una comunicación deben existir tres elementos necesariamente:

- ✓ Un medio de transmisión, sobre el cual se envían los mensajes
- ✓ Un equipo emisor que puede ser el MTU

- ✓ Un equipo receptor que se puede asociar a los RTU's.

En telecomunicaciones, el MTU y el RTU son también llamados Equipos terminales de datos (DTE, Data Terminal Equipments). Cada uno de ellos tiene la habilidad de generar una señal que contiene la información a ser enviada. Asimismo, tienen la habilidad para descifrar la señal recibida y extraer la información, pero carecen de una interfaz con el medio de comunicación.

La figura 2.16, muestra la conexión de los equipos con las interfaces para el medio de comunicación. Los modems, llamados también Equipo de Comunicación de Datos (DCE, Data Communication Equipment), son capaces de recibir la información de los DTE's, hacer los cambios necesarios en la forma de la información, y enviarla por el medio de comunicación hacia el otro DCE, el cual recibe la información y la vuelve a transformar para que pueda ser leído por el DTE.

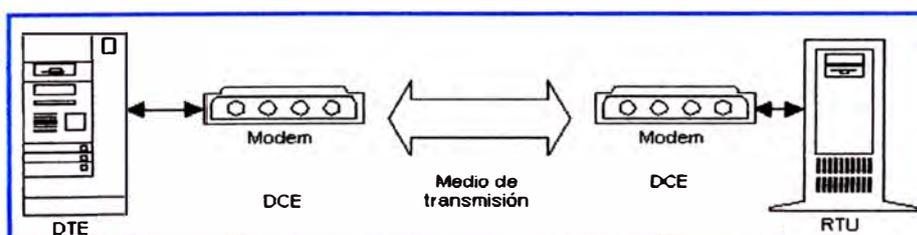


Figura 2.16. Esquema de conexión de equipos e interfaces de comunicación

2.8.4. Elementos del sistema

Un sistema SCADA está conformado por:

- ✓ **Interfaz Operador Máquinas:** Es el entorno visual que brinda el sistema para que el operador se adapte al proceso desarrollado por la planta. Permite la interacción del ser humano con los medios tecnológicos implementados.
- ✓ **Unidad Central (MTU):** Conocido como Unidad Maestra. Ejecuta las acciones de mando (programadas) en base a los valores actuales de las variables medidas. La programación se realiza por medio de bloques de programa en lenguaje de alto nivel (como C, Basic, etc.). También se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.
- ✓ **Unidad Remota (RTU):** Lo constituye todo elemento que envía algún tipo de información a la unidad central. Es parte del proceso productivo y necesariamente se encuentra ubicada en la planta.
- ✓ **Sistema de Comunicaciones:** Se encarga de la transferencia de información del punto donde se realizan las operaciones, hasta el punto donde se supervisa y controla el proceso. Lo conforman los transmisores, receptores y medios de comunicación.
- ✓ **Transductores:** Son los elementos que permiten la conversión de una señal física en una señal eléctrica (y viceversa). Su calibración

es muy importante para que no haya problema con la confusión de valores de los datos (ver figura 2.17).

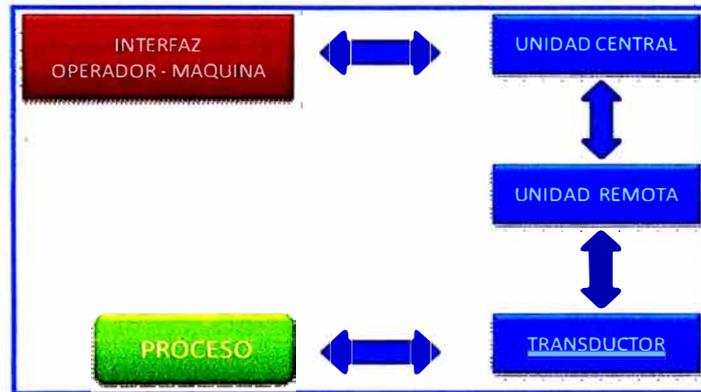


Figura 2.17. Esquema de los elementos de un sistema SCADA

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE SECADO

3.1. Descripción del Proceso de Fabricación de Electroodos de Soldadura

El proceso de fabricación se inicia con la obtención de dos productos semielaborados, estos son la Masa Seca y Alambre Cortado. A continuación se describe la forma en que se obtiene dichos productos y como a partir de estos se obtienen los electroodos de soldadura.

3.1.1. Fabricación del producto semielaborado masa seca

Este producto se obtiene de la mezcla de distintos minerales y otros elementos, los tipos y las cantidades de cada componente varían según el tipo de revestimiento que se requiera producir. Los operarios van agregando en una tolva móvil cada componente siguiendo una hoja de ruta que le indica el tipo de componente y la cantidad a utilizar (ver figura 3.1). La tolva móvil tiene acondicionada una balanza digital que le permite al operario ir pesando todos los minerales que va mezclando hasta llegar al peso final de la mezcla. Luego todos los minerales pesados son pasados a través de un tamiz vibrador, que retiene elementos extraños y de mayor tamaño, luego, la mezcla tamizada cae dentro de un cilindro

metálico con ruedas conocido como “olla”. La olla es llevada a una máquina mezcladora en forma de “Y” donde la masa seca será mezclada homogéneamente por unos cuantos minutos. Luego de transcurrido el tiempo de mezclado, se descarga la olla del mezclador y se vierte todo el contenido dentro de un saco de polipropileno. Finalmente se cierra el saco, se rotula y se apila, para luego ser transportada en parihuelas al almacén de masas secas.



Figura 3.1. Tolva móvil de mezclado de minerales

3.1.2. Fabricación del producto semielaborado alambre cortado

Este producto se obtiene a partir de rollos de alambón de aproximadamente de 2 toneladas de peso y un diámetro de alambre de 6.4 mm. (ver figura 3.2). Dicho alambón es colocado en una máquina trefiladora cuya función es pasar el alambón a través de un arreglo de dados de trefilación que van reduciendo el diámetro inicial, para obtener a la salida un alambre en un rango de 2,5 a 4 mm. (ver figura 3.3). Luego

del proceso de trefilación, se deriva el alambre a una máquina cortadora que va cortando el alambre en longitudes de 350 a 450 mm a una velocidad de hasta 1500 varillas por minuto. Finalmente estas varillas cortadas son almacenadas en jaulas metálicas.



Figura 3.2. Alambrón para trefilería

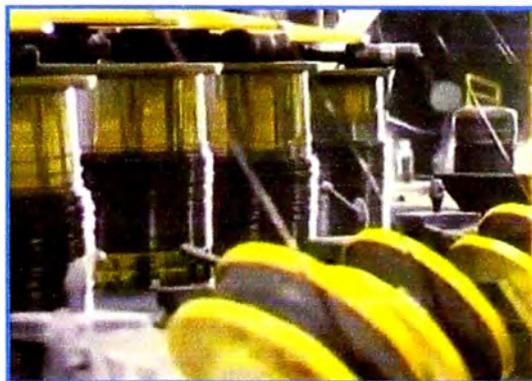


Figura 3.3. Máquina trefiladora

3.1.3. Elaboración del revestimiento

A partir del producto semielaborado masa seca, se inicia el proceso de mezclado húmedo, dicho proceso consiste en agregar la masa seca en una máquina mezcladora y adicionar una cantidad determinada de agua y silicatos, la máquina mezcladora cuenta con un par de cuchillas que baten la mezcla y un par de ruedas metálicas que compactan la mezcla (ver

figura 3.4). El material es mezclado, compactado y batido por unos minutos hasta obtener una masa uniforme. Luego la masa húmeda es llevada a una máquina briquetera que se encarga de preparar moldes cilíndricos del revestimiento de los electrodos (ver figura 3.5).



Figura 3.4. Máquina Mezcladora LogosWeld



Figura 3.5. Briqueta de revestimiento

3.1.4. Extrusión de electrodos de soldadura

En dicho proceso se tiene a dos máquinas trabajando en conjunto, una de ellas es una prensa hidráulica (ver figura 3.7) en la que se introducen los moldes de revestimiento y la otra es una máquina alimentadora de alambre (ver figura 3.6) que va lanzando los alambres cortados por un conducto ubicado en el interior del pistón hidráulico de la prensa

hidráulica. Cuando la prensa hidráulica ejerce presión sobre los moldes de revestimiento, la máquina alimentadora lanza a una velocidad constante los alambres cortados por el centro de la prensa extrusora, luego debido a la presión ejercida sobre el revestimiento y a la velocidad de los alambres cortados, el revestimiento se va adheriendo a los alambres y es así como se forman los electrodos de soldadura. Los electrodos ya extruidos son recogidos en bandejas metálicas y apilados sobre parihuelas metálicas.

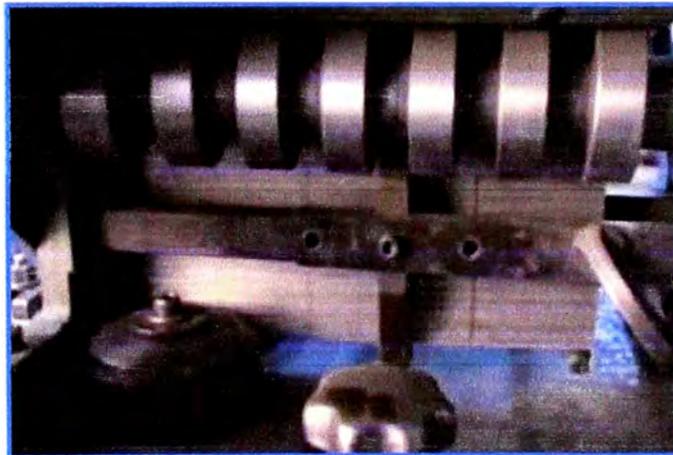


Figura 3.6. Máquina alimentadora de alambre



Figura 3.7. Electrodos extruidos

3.1.5. Descripción del proceso de secado de electrodos

Los electrodos de soldadura húmedos son dejados a la temperatura ambiente para que en forma natural bajen su porcentaje de humedad. Luego los electrodos son llevados por unas cuantas horas a unas cámaras de pre secado, los cuales mantienen una temperatura entre 40 y 60°C para seguir reduciendo su porcentaje de humedad. Finalmente los electrodos son llevados a los hornos de secado (ver figura 3.9) para obtener el porcentaje de humedad final. Para cada tipo de electrodo tenemos un tipo de curva diferente, cada curva está conformada hasta por 6 pasos, y cada paso está compuesto por dos parámetros que son: el tiempo y la temperatura. Estos dos parámetros nos indican que el horno debe mantener el set point de temperatura durante un tiempo determinado. En la figura 3.8 se muestra una curva real de un lote secado.

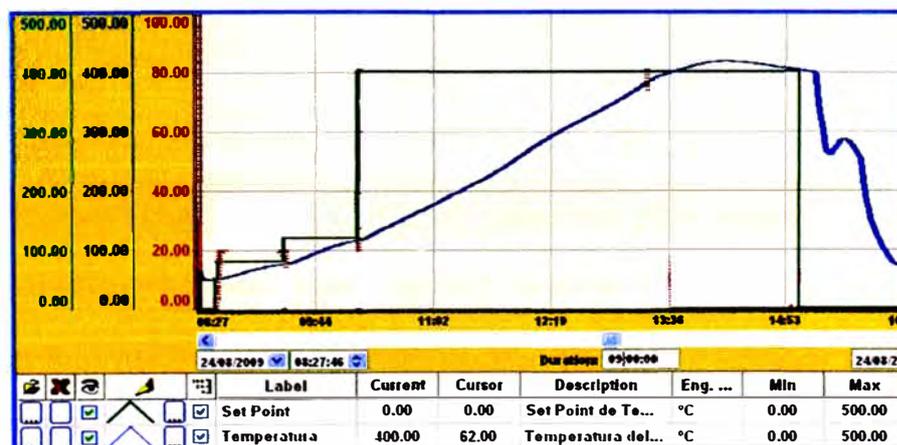


Figura 3.8. Curva de horneado

Al finalizar el proceso de secado se mide el porcentaje de humedad final y se realizan pruebas de soldabilidad para seguir con el proceso de embalaje.



Figura 3.9. Hornos de Secado

3.1.6. Embalaje

Dependiendo del tipo producto y el diámetro de los electrodos se tienen diferentes presentaciones: en envases de hojalata de 2, 5, 20 o 25 kg o en cajas. Durante el proceso de embalaje se realiza una estricta inspección visual para detectar defectos de presentación en la soldadura. Se cuenta con patrones fotográficos y patrones materiales para asegurar la calidad del producto embalado. Para asegurar que los envases con electrodos contengan el peso nominal requerido, se emplea una balanza digital con un sistema verificador de peso, dicho sistema indica mediante un foco verde si el peso del envase es correcto, de no tener el peso correcto un pin de seguridad se activa y no deja pasar dicho envase. Cada envase metálico se rotula con etiquetas que identifican al producto y aseguran su trazabilidad. En la figura 3.10 se muestra la máquina cerradora de latas.



Figura 3.10 Embalaje de electrodos de soldadura

3.2. Descripción de los Principales Componentes de los Hornos de Secado

3.2.1. Descripción de los hornos de secado

Soldexa cuenta con dos tipos de hornos, los hornos a petróleo que están diseñados para alcanzar una temperatura máxima de 150°C y los hornos eléctricos que pueden alcanzar temperaturas de hasta 450°C. Dependiendo de las temperaturas de secado que requieran los electrodos se determina si debe utilizarse un horno a petróleo o uno eléctrico. Estos hornos tienen un diseño robusto fabricados en acero estructural, con juntas de expansión para contrarrestar los efectos de la dilatación térmica. En la figura 3.11 se muestra un esquema de los hornos de secado.

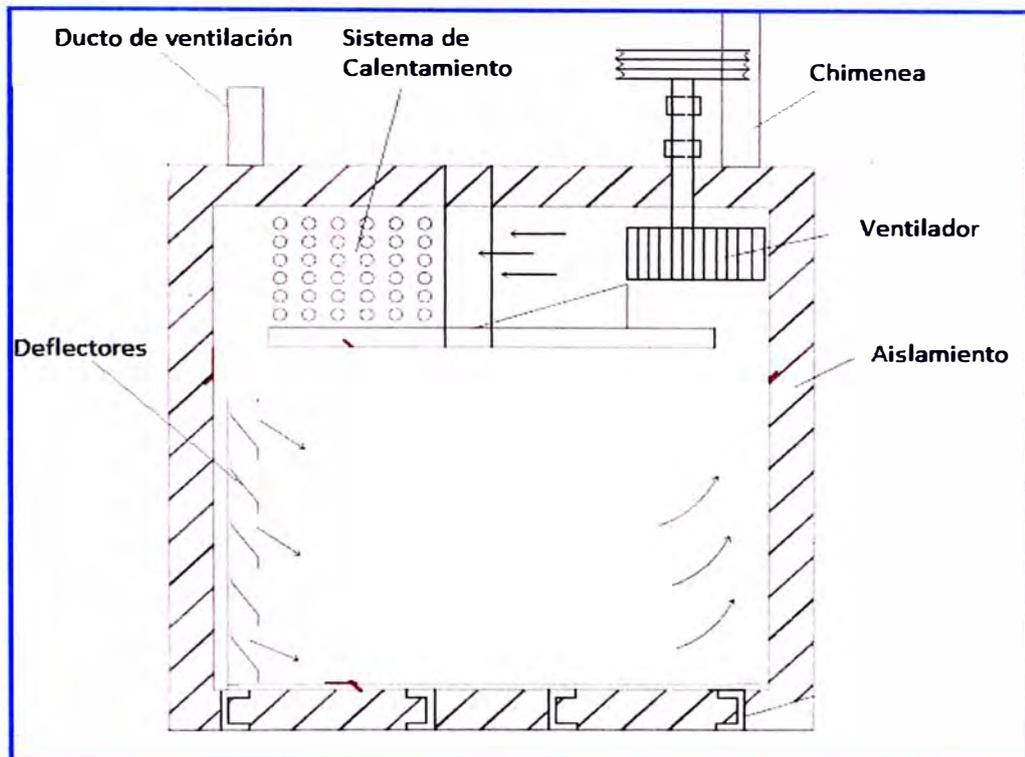


Figura 3.11. Esquema de los hornos de secado

A continuación se describen los principales componentes de los hornos:

a. Ventiladores

Los hornos cuentan con dos tipos de ventiladores: los ventiladores axiales instalados en los hornos a petróleo (ver figura 3.12) y los ventiladores centrífugos instalados en los hornos eléctricos (ver figura 3.13). La función de estos ventiladores es hacer circular el aire a través del interior del horno. El movimiento de los ventiladores es suministrado por motores eléctricos mediante un sistema de transmisión con fajas y poleas.

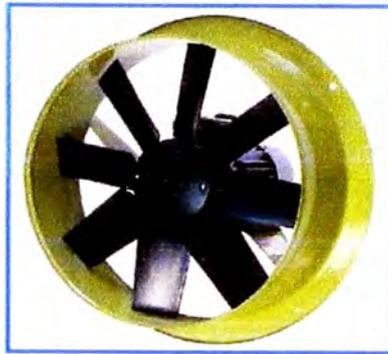


Figura 3.12. Ventilador axial

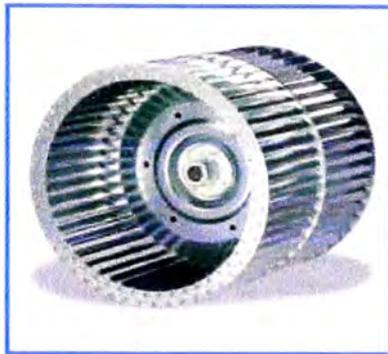


Figura 3.13. Ventilador centrifugo

b. Deflectores

Los deflectores son láminas de metal instaladas en la pared de los hornos, cuya función principal es direccionar el aire impulsado por los ventiladores hacia el intercambiador de calor de los quemadores o hacia las resistencias eléctricas, otros deflectores se encargan de que el aire caliente pase a través de los electrodos ubicados al interior del horno.

c. Sistema de calentamiento

La función del sistema de calentamiento es entregar la energía necesaria para elevar la temperatura de la cámara y así poder reducir

el porcentaje de humedad en los electrodos. La transferencia de calor de los sistemas de calentamiento y el flujo de aire del horno es por convección.

Los sistemas de calentamiento pueden ser:

- **Por combustión:** está compuesto por una cámara de combustión la cual recibe la energía calorífica proveniente de unos quemadores. Los gases calientes producto de la combustión pasan a través de un conjunto de tubos, los cuales actúan como un intercambiador de calor que eleva la temperatura del aire que es lanzado por los ventiladores.
- **Por resistencias eléctricas:** a diferencia del sistema de calefacción por combustión los elementos que entregan la energía calorífica son resistencias eléctricas, estas resistencias entran en contacto directo con el aire que lanzado por los ventiladores.

d. Ductos de ventilación y chimenea.

Las ductos de ventilación y chimeneas se ubican en el techo de la cámara de secado (ver figura 3.14). Su función es permitir el intercambio de aire entre el interior y el exterior. La apertura y cierre de estos ductos depende de las condiciones de humedad relativa y la temperatura ambiente.



Figura 3.14. Chimenea y ducto de ventilación

3.2.2. Descripción de los sensores

Los sensores que intervienen en el proceso de secado son los siguientes:

- a. **Termocuplas Tipo J:** tanto los hornos eléctricos o petroleros, tienen instalado 3 termocuplas (ver figura 3.15). Un cable compensado conecta cada termocupla con su respectivo controlador o indicador de temperatura.

Termocupla N°1: Termocupla conectada a un controlador de la marca Shimaden que trabaja como dispositivo de seguridad, cuando este controlador detecta una temperatura mayor de 500°C utiliza una de sus salidas digitales para deshabilitar las resistencias o quemadores.

- Termocupla N°2: Esta Termocupla entrega la variable de proceso al PLC para que este puede realizar el control en el modo automático.

Termocupla N°3: Termocupla conectada a otro controlador Shimaden , cuya función es permitir el control en modo manual del horno.

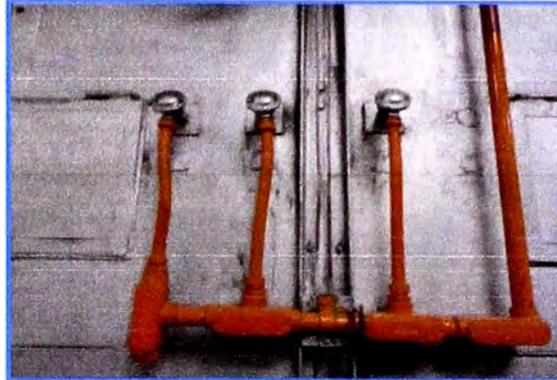


Figura 3.15. Termocuplas instaladas en los hornos

- b. Foceldas fotoconductoras:** estas fotoceldas están ubicadas dentro de cada quemador de los hornos petroleros y envían una señal discreta de 220VAC al circuito de mando de los quemadores, su función es deshabilitar el circuito de control si el quemador no se ha encendido correctamente (ver figura 3.16).



Figura 3.16. Foceldas fotoconductoras de los quemadores

3.2.3. Descripción de actuadores

A continuación se describen los actuadores que intervienen en el funcionamiento de los hornos.

a. Reguladores de voltaje

Este dispositivo regula la potencia eléctrica suministrada a las resistencias de los hornos eléctricos. El regulador de voltaje trifásico está compuesto por un arreglo de transistores diseñado para controlar cargas desde 10 – 525A mediante un control de ángulo de fase. (ver figura 3.17).

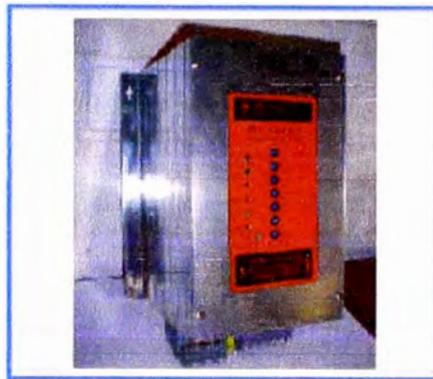


Figura 3.17. Regulador de voltaje

b. Resistencias eléctricas

En los hornos eléctricos, tenemos paquetes de resistencias eléctricas tubulares en forma de “U”, cada resistencias tiene una potencia de 3kW. Las potencias de los hornos eléctricos varían entre 150 – 200 kW (ver figura 3.18).



Figura 3.18. Resistencias eléctricas tubulares

c. Quemadores

Los hornos petroleros cuentan con quemadores de la marca Beckett modelo F, con una capacidad de 300,000 BTU/h.(ver figura 3.19).

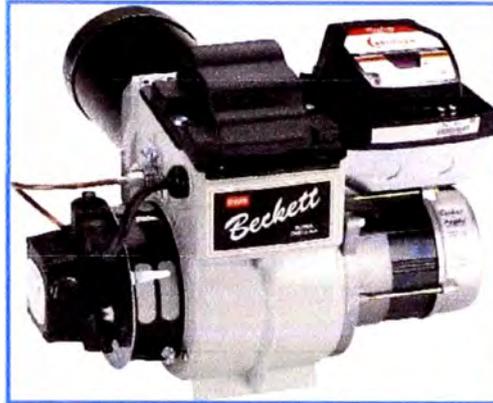


Figura 3.19. Quemador de petróleo Beckett

3.3. Descripción del Sistema Actual

A continuación se hará una descripción del sistema de control y monitoreo que controla los siete hornos de secado: Este sistema tiene 15 años de funcionamiento y fue instalado por la empresa Elecont.

3.3.1. Descripción del sistema SCADA

Pantalla principal: es la pantalla inicial en la cual encontramos una imagen de los hornos y los valores de sus principales parámetros (ver figura 3.20). El horno puede encontrarse en cualquiera de los siguientes estados:

- Inactivo: cuando el horno está disponible para iniciar un proceso de secado.
- Secando: cuando ya inició algún proceso de secado.

- Enfriando: cuando el horno ya terminó su etapa de secado y se encuentra enfriando.
- Suspendido: si el horno tuvo que suspender su operación por algún motivo.



Figura 3.20. Pantalla principal – SCADA Elecont

Pantalla de cada horno: es esta pantalla se encuentra la figura del horno seleccionado, los botones de arranque o parada, suspensión o reanudación y el botón para programar el inicio retrasado del horno (ver figura 3.21). También se puede visualizar la temperatura real del horno, el número de lote, tiempo de secado, tipo de producto, etc.

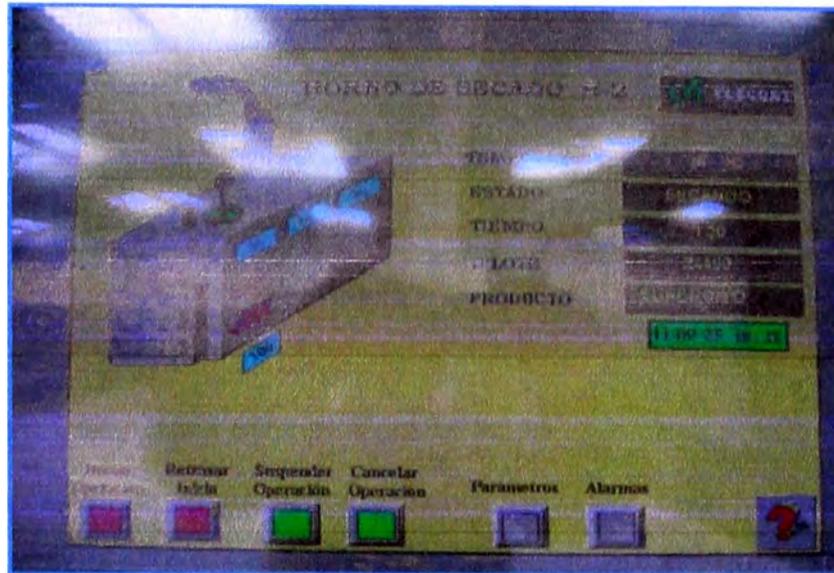


Figura 3.21. Pantalla de cada horno – SCADA Elecont

3.3.2. Secuencia completa de un proceso de secado

En la pantalla principal debemos seleccionar el horno que vamos a utilizar, para esto hacemos clic en la figura de dicho horno.

Luego se abre la pantalla del horno seleccionado, aquí presionamos el botón “Parámetros” para seleccionar la curva de secado que deseamos utilizar.

Luego iniciamos el secado presionando el botón “Iniciar Operación”.

Tras la orden de inicio, se podrá observar el encendido de los ventiladores y luego se encenderán los quemadores o resistencias eléctricas.

En este punto el PLC empezará a regular la temperatura en los valores prefijados, respetando los tiempos programados para cada paso.

Una vez terminado todos los pasos de temperatura, el horno pasa al estado enfriando.

3.3.3. Suspensión y cancelación de un proceso

Un proceso en marcha puede ser detenido en cualquier momento del proceso de secado. Un proceso permanece suspendido todo el tiempo que se requiera. Si el proceso estaba en calentamiento, se continuará calentando y seguirá el control de temperatura.

3.3.4. Iniciar un secado con inicio retrasado

El inicio retrasado del proceso de secado permite programar la operación de un horno con anticipación de varias horas e incluso días, esta función es muy utilizada ya que permite iniciar los hornos automáticamente los días domingos por la noche, para obtener los electrodos listos para ser embalados en el primer turno del día lunes.

3.3.5. Diagrama de flujo del proceso de secado

En la figura 3.22, se muestra el diagrama de flujo del proceso de secado, los pasos resaltados en color rojo son los pasos en donde actuará el sistema de control y monitoreo desarrollado en el presente informe.

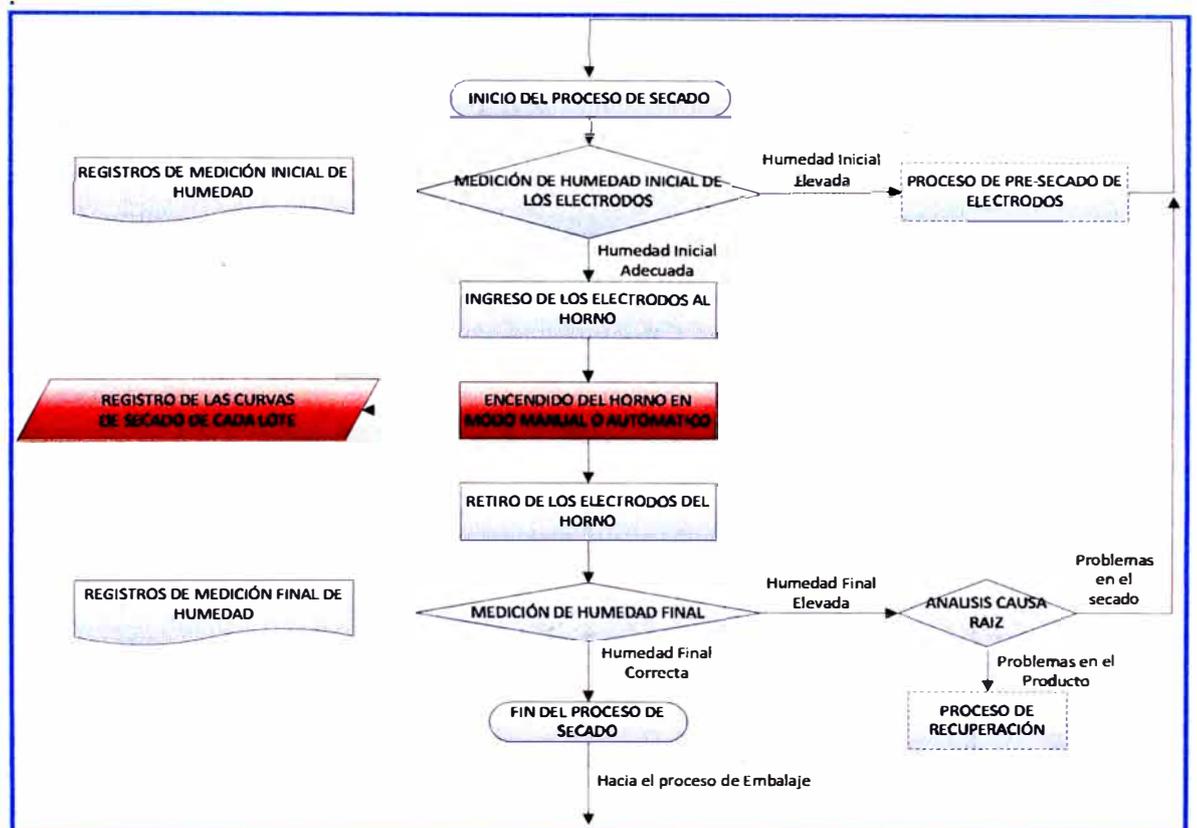


Figura 3.22. Diagrama de flujo del proceso de secado

3.4. Diagrama P&ID del Sistema Actual

A continuación se presentan los diagramas de instrumentación para los hornos, cabe mencionar que todos los hornos petroleros tienen el mismo diagrama de instrumentación (ver figura 3.23), lo mismo ocurre en los hornos eléctricos (ver figura 3.24).

3.4.1. Diagrama P&ID actual de los hornos a petróleo

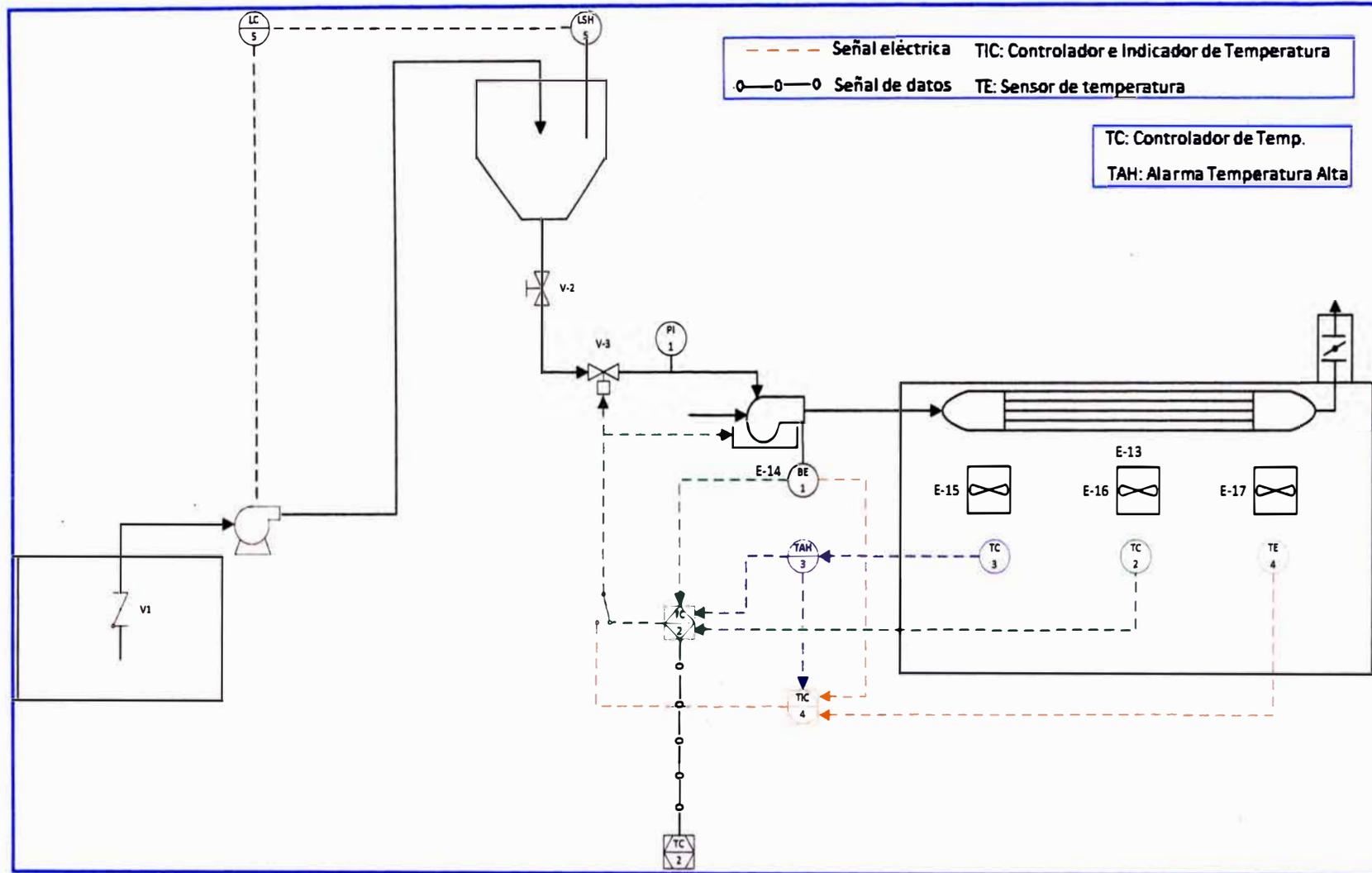


Figura 3.23. Diagrama P&ID actual típico de horno a Diesel

3.4.2. Diagrama P&ID actual de los hornos eléctricos

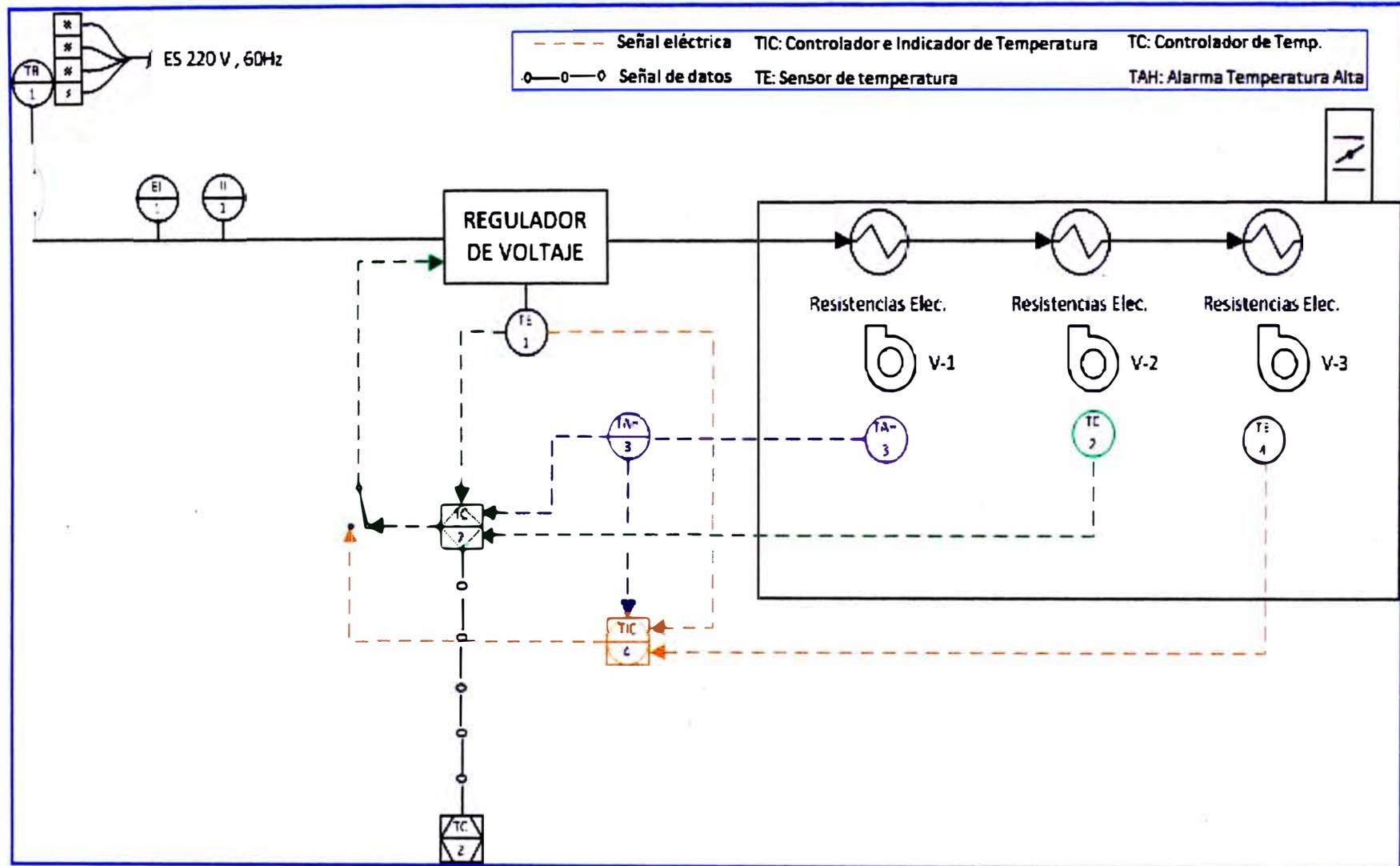


Figura 3.24. Diagrama P&ID actual típico de horno eléctrico

CAPÍTULO IV

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

4.1. Selección del Controlador Programable

Actualmente en la empresa Soldexa se cuenta con un horno de secado que es controlado por un PAC modelo W8749 de la marca ICP DAS. La propuesta desarrollada en el presente informe plantea reutilizar este PAC para que pueda controlar todos los hornos de secado; las características del PAC se muestran en la tabla 4.1.

Modelo	W8749
Procesador	Compatible con CPU Intel Strong Arm, 206 MHz
Sistema Operativo	Windows CE.NET 4.1
Pre-carga de software	InduSoft software para W-8x49
SDRAM	Bytes de 64M□
Flash	32M bytes□
EEPROM	16K bytes□
Ranura de expansión	Compact Flash de tipo II insertar con eyector
Interfaz	Puerto VGA x 1
Puertos Ethernet	10/100 BaseT x2

COM 2	9-pin D-Sub (RS-232)
COM 3	De 2 hilos del bloque de terminales (RS-485)
Función por defecto	Hardware de 64 bits único número de serie, botón de Reset, Power LED, temporizador watchdog, reloj de tiempo real
I/O Ranura de expansión	7
Temperatura de funcionamiento.	-25 °C a +75 °C
Humedad	5 ~ 95%
Fuente de alimentación	20W, 10 Vdc a 30 Vdc
Dimensiones (LxAxP) (mm)	354 x 110 x 90

Tabla 4.1. Especificaciones del PAC W8749 de ICP CDAS

4.1.1. Comparación cuantitativa

Dentro de estos criterios se pueden englobar todas aquellas características que definen a este tipo de equipos y que pueden ser medidas y por tanto comparadas:

- Ciclo de ejecución. Mide el tiempo que el autómata tarda en ejecutar una instrucción o un Kbyte de instrucciones. Depende directamente de la velocidad de la CPU del equipo e influirá directamente en el ciclo de escaneo.
- Capacidad de entradas/salidas. Define el número de E/S que se pueden conectar a un equipo y determina por tanto la capacidad del equipo para conectarse con el proceso.

- **Características de las entradas/salidas.** Determina el tipo de E/S que se pueden conectar al controlador y determina por tanto la forma en que el equipo se relaciona con el proceso.
- **Módulos funcionales.** Algunos tipos de acciones que se pueden llevar a cabo sobre el proceso como por ejemplo el posicionamiento de ejes, el control de procesos continuos, la noción del tiempo, etc., requieren de módulos especiales que pueden ser añadidos al autómeta para complementarlo pero que en su configuración básica quizá no tenga.
- **Memoria de programa.** Define el tamaño de la memoria del autómeta programable y al igual que en el caso de los PCs, ésta se mide en bytes o múltiplos de bytes.
- **Conjunto de instrucciones.** No todos los controladores son capaces de ejecutar los mismos tipos de instrucciones, como por ejemplo, realizar operaciones en coma flotante. Esta característica determinará la potencia del equipo para afrontar el control de ciertos tipos de procesos.
- **Comunicaciones.** Otra de las características más importantes a la hora de poder establecer comparaciones entre autómetas es la capacidad que tengan para intercambiar información con otros autómetas u otros módulos de E/S.
- **Periferia y programación.** Los controladores programables pueden ser complementados con dispositivos auxiliares que sin ser esenciales

para llevar a cabo su principal función (controlar un proceso), si facilitan ciertas tareas secundarias.

De forma gráfica se puede confeccionar un diagrama que permite comparar de manera visual varios controladores programables para determinar cuál es el que mejor se adapta a nuestras necesidades.

Como se puede observar en la figura 4.1, en cada eje del mismo se encuentran presentadas las características enumeradas, estas aumentan en capacidad a medida que se alejan del centro del mismo. Si para cada autómatas de los que se pretenden comparar se establece una marca en cada eje en el punto más exterior que por sus características llega a alcanzar y posteriormente se unen todos estos puntos en una línea recta, se obtendrá un polígono octogonal. El polígono que mayor área tenga representará al autómatas más potente.

A continuación se presenta una comparación entre el controlador seleccionado W8749 de la marca ICP DAS versus los controladores S7 – 1200 de la marca Siemens y el controlador Versamax de la marca Fanuc. Se realiza la comparación con dichos controladores ya que fueron propuestos por unos proveedores de sistemas automatizados al solicitarles una cotización para el desarrollo del nuevo sistema para la empresa Soldexa.

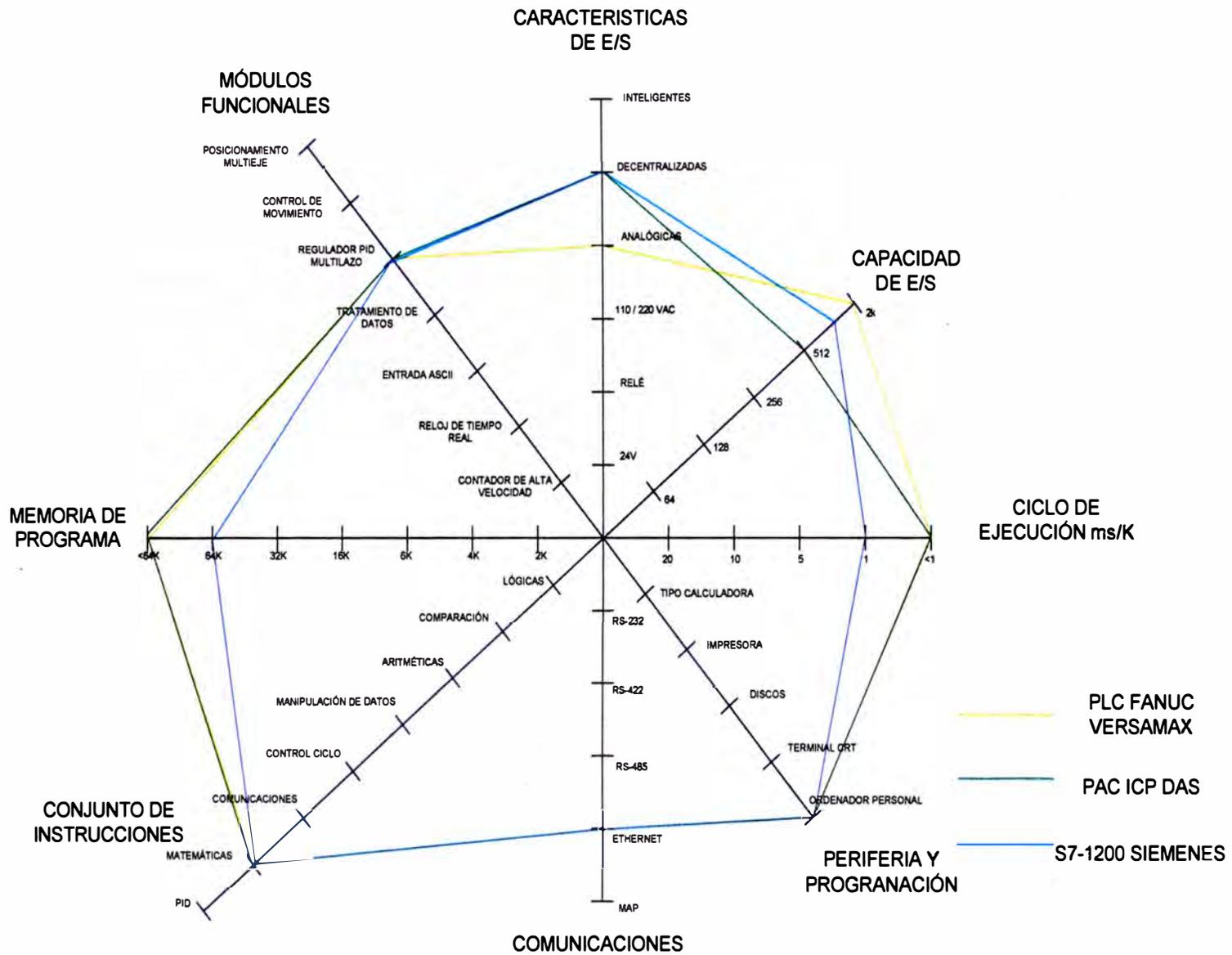


Figura 4.1. Comparación cuantitativa de los controladores

4.1.2. Comparación cualitativa

Como su propio nombre lo indica son criterios que hacen referencia de aspectos que determinan en cierta medida la calidad del controlador. Son por ejemplo:

- **Ayudas al desarrollo de programas.** Hace referencia a la cantidad de información y ayuda que presta la empresa distribuidora del equipo a nivel local o estatal.
- **Fiabilidad del producto.** Es una característica muy importante que hace referencia directamente al funcionamiento del controlador. Por lo general la marca o nombre del fabricante del equipo es un aval suficiente para reconocer el grado de fiabilidad del mismo.
- **Servicios del suministrador.** Es muy importante evaluar qué servicios extra aporta el distribuidor del equipo a nivel local o nacional, tales como: cursos de formación, su precio, el lugar de impartición y el número de fechas disponibles, capacidad para aportar recursos humanos, capacidad para aportar recursos técnicos, etc.
- **Normalización en planta.** Esta característica hace referencia a la capacidad del equipo para ser conectado e intercambiar información de manera correcta y efectiva con el resto de dispositivos y equipos que ya estén instalados en una planta dada. Vendrá determinada por la capacidad del controlador para soportar estándares internacionales de comunicación, de programación, de conexión, de arquitectura, etc.

- Compatibilidad con equipos de otras gamas. Puede darse el caso en que dos equipos del mismo fabricante pero de gamas distintas no sean compatibles entre sí, desde el punto de vista de la conexión y la capacidad de comunicación.
- Costo. Aunque el precio de un producto es un criterio cuantitativo que puede ser medido y comparado, su coste o valor apreciado no lo es. Este hace referencia a la apreciación de qué tan caro o barato le parece a una persona un producto.

Estas características cualitativas a la larga acaban convirtiéndose en las más importantes a la hora de seleccionar no tanto qué equipo adquirir sino de qué fabricante en cuestión. Esto es debido fundamentalmente a que hoy en día todos los fabricantes proporcionan equipos con características cuantitativas muy similares y con una alta gama de formatos. Esto hace que el punto de vista cuantitativo no sea determinante a la hora de seleccionar el autómata programable más adecuado.

Si consideramos la escala del 1 – 5 para comparar los controladores se obtiene la tabla 4.2.

	PLC VersaMax Fanuc	PAC ICPDAS	PLC S7-1200 Siemens
Ayudas al desarrollo de programas	3	5	4
Fiabilidad del producto	4	3	5

Servicios del proveedor	4	1	4
Normalización en planta	2	4	3
Compatibilidad con equipos de otras gamas	3	5	3
Costo	3	5	3
Total	19	23	22

Tabla 4.2. Comparación cualitativa de los controladores

4.1.3. Validación del controlador seleccionado

Luego de realizar las comparaciones cuantitativas y cualitativas, vemos que el PLC Fanuc tiene como principal ventaja el número de entradas y salidas que puede manejar, sin embargo este controlador no es muy difundido en nuestro medio y la falta de soporte técnico es su principal desventaja. En el caso del PLC S7-1200 de Siemens al compararlo con las otras dos alternativas, este tiene una buena fiabilidad y un buen soporte técnico en nuestro medio, pero tiene la desventaja de ser el controlador de mayor costo.

Los tres controladores comparados cumplen con las características necesarias para el desarrollo del nuevo sistema (ver figuras 4.2, 4.3 y 4.4). Sin embargo, se aprecia que el PAC W8749 tiene mejores cuantitativas y cualitativas con respecto a los otros dos controladores, por tal motivo es el controlador ideal para el desarrollo del nuevo sistema.

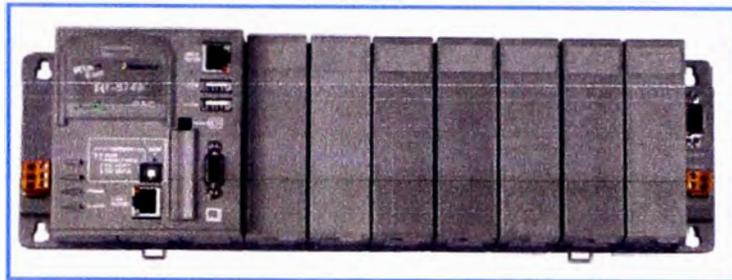


Figura 4.2. PAC W8747 – ICP DAS



Figura 4.3. PLC S7 – 1200 - SIEMENS



Figura 4.4. PLC Versamax - FANUC

4.2. Diseño de la Lógica de Control

4.2.1. GRAFSET de programación: Siguiendo el método descrito en el apartado 2.8, se ha modelado la nueva lógica de control a implementar (ver figura 4.5).

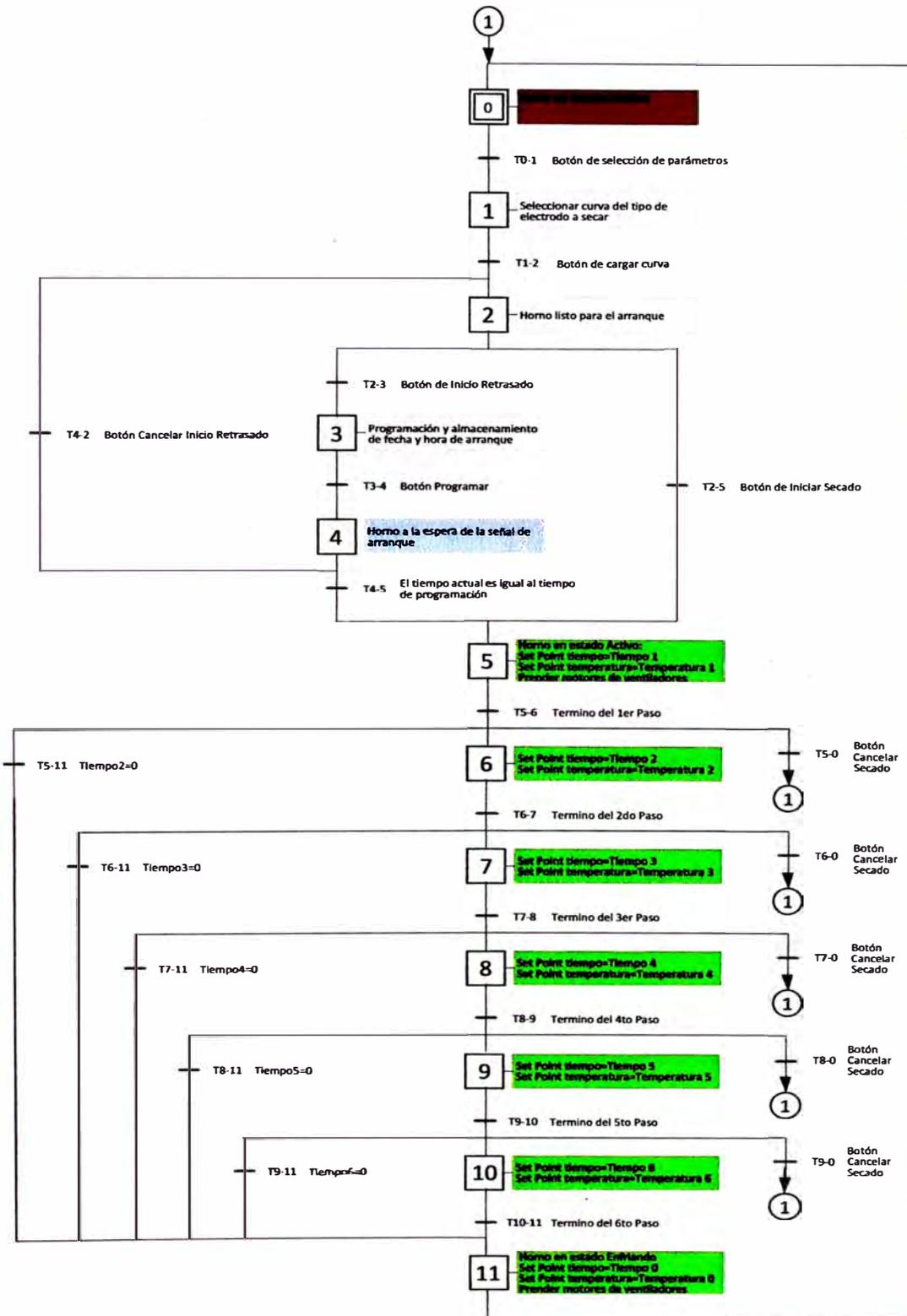


Figura 4.5. GRAFSET de la lógica de control

4.2.2. Esquemas del sistema de control

a. Configuración actual de los hornos de secado:

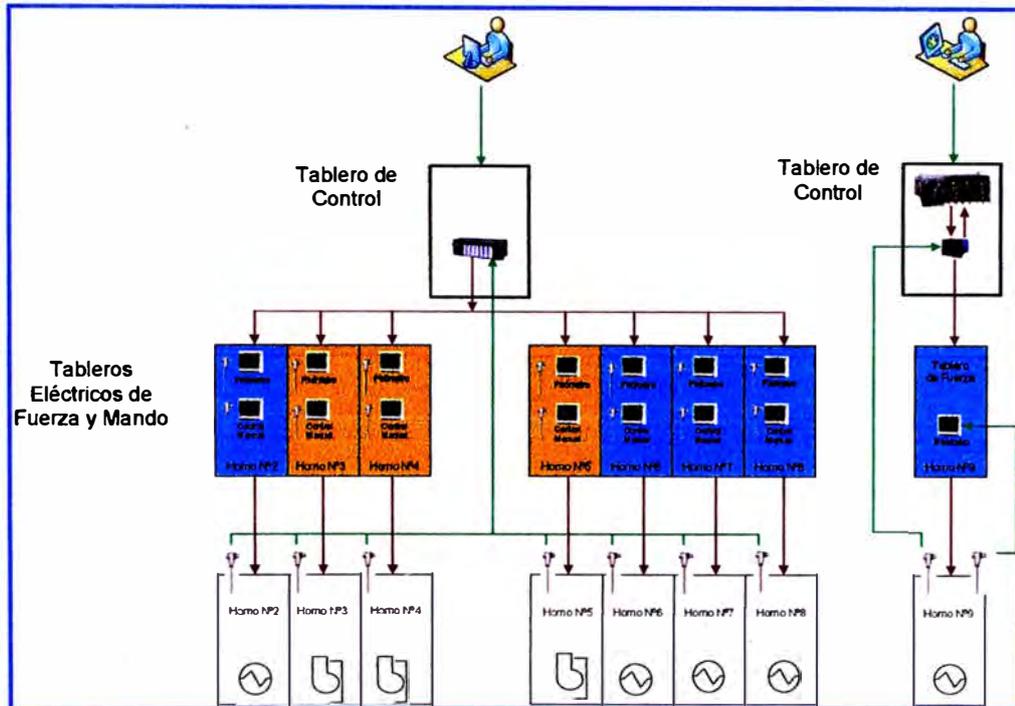


Figura 4.6. Esquema de la configuración actual de los hornos

Actualmente, en Soldexa existen dos sistemas distintos y sin ninguna conexión entre ellos. El sistema con 15 años de antigüedad, controla siete hornos y tiene como principal elemento al PLC Fanuc, mientras que el sistema con dos años de antigüedad tiene como elementos principales un PAC ICP DAS y un controlador de procesos PMA (ver figura 4.6).

b. Configuración propuesta para los hornos de secado:

La configuración del nuevo sistema de automatización considera mantener los componentes de control en modo manual y los

componentes de seguridad, pero se propone modificar los lazos de control en modo automático. En la nueva configuración se tendrá ocho controladores de proceso que recibirán los parámetros de control del PAC. Todo el proceso de secado será operado y monitoreado desde una PC a través del software SCADA Indusoft (ver figura 4.7).

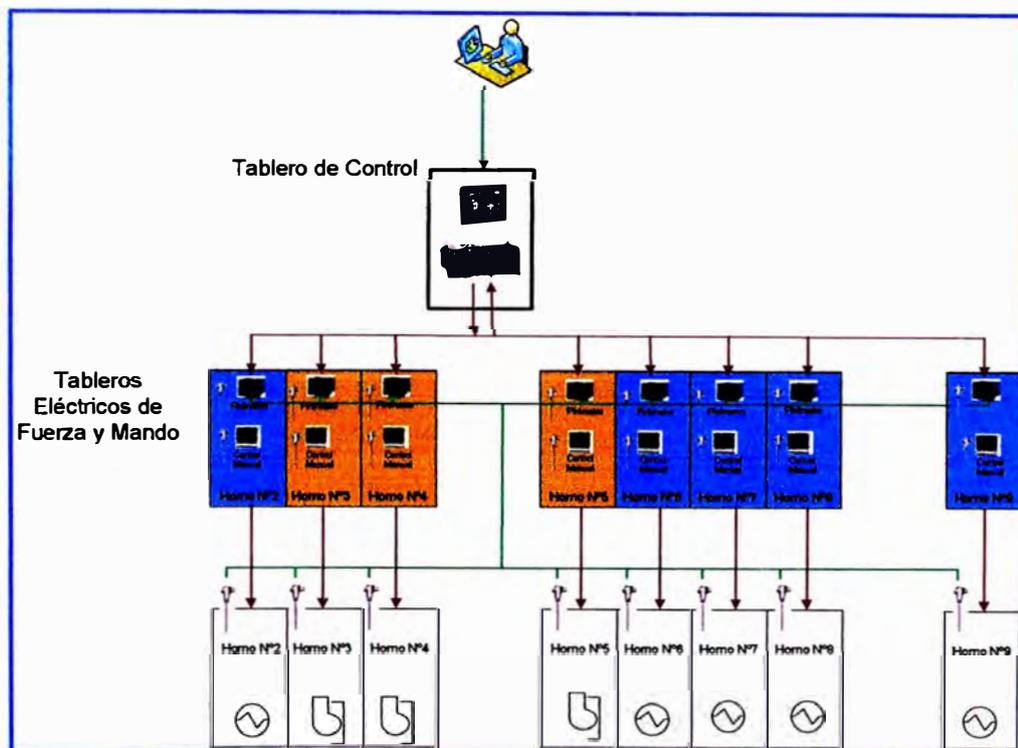


Figura 4.7. Esquema de la configuración propuesta para los hornos

4.2.3. Descripción de entradas y salidas

a. Cuadro de entradas y salidas de los tableros de control:

En la tabla 4.3 se describen las señales de entrada y salida necesarias para el control de los ocho hornos de secado. Esto nos ayudará más adelante para la creación de variables en la programación de la lógica de control en el PAC.

Item	Nº Horno	Tipo de E/S	Descripción	Tipo de señal
1	2	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado al PLC	Entrada tipo termocupla
2	2	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado a Controlador de Sobretemperatura	Entrada tipo termocupla
3	2	Entrada	Señal de indicación de falla en módulo regulador de voltaje	Entrada digital 220V
4	2	Salida	Señal para encendido de motores de ventiladores	Salida tipo relé
5	2	Salida	Señal para el encendido del módulo regulador de voltaje (Resistencia)	Salida tipo relé
6	3	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado al PLC	Entrada tipo termocupla
7	3	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado a Controlador de Sobretemperatura	Entrada tipo termocupla
8	3	Entrada	Señal de indicación de falla en módulo regulador de voltaje	Entrada digital 220V
9	3	Salida	Señal para encendido de motores de ventiladores	Salida tipo relé
10	3	Salida	Señal para el encendido del módulo regulador de voltaje (Resistencia)	Salida tipo relé
11	4	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado al PLC	Entrada tipo termocupla
12	4	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado a Controlador de Sobretemperatura	Entrada tipo termocupla
13	4	Entrada	Señal de indicación de falla en módulo regulador de voltaje	Entrada digital 220V
14	4	Salida	Señal para encendido de motores de ventiladores	Salida tipo relé
15	4	Salida	Señal para el encendido del módulo regulador de voltaje (Resistencia)	Salida tipo relé
16	5	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado al PLC	Entrada tipo termocupla
17	5	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado a Controlador de Sobretemperatura	Entrada tipo termocupla
18	5	Entrada	Señal de indicación de falla en módulo regulador de voltaje	Entrada digital 220V
19	5	Salida	Señal para encendido de motores de ventiladores	Salida tipo relé
20	5	Salida	Señal para el encendido del módulo regulador de voltaje (Resistencia)	Salida tipo relé
21	6	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado al PLC	Entrada tipo termocupla
22	6	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado a Controlador de Sobretemperatura	Entrada tipo termocupla
23	6	Entrada	Señal de indicación de falla en módulo regulador de voltaje	Entrada digital 220V
24	6	Salida	Señal para encendido de motores de ventiladores	Salida tipo relé
25	6	Salida	Señal para el encendido del módulo regulador de voltaje (Resistencia)	Salida tipo relé
26	7	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado al PLC	Entrada tipo termocupla
27	7	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado a Controlador de Sobretemperatura	Entrada tipo termocupla
28	7	Entrada	Señal de indicación de falla en módulo regulador de voltaje	Entrada digital 220V
29	7	Salida	Señal para encendido de motores de ventiladores	Salida tipo relé
30	7	Salida	Señal para el encendido del módulo regulador de voltaje (Resistencia)	Salida tipo relé
31	8	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado al PLC	Entrada tipo termocupla
32	8	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado a Controlador de Sobretemperatura	Entrada tipo termocupla
33	8	Entrada	Señal de indicación de falla en módulo regulador de voltaje	Entrada digital 220V
34	8	Salida	Señal para encendido de motores de ventiladores	Salida tipo relé
35	8	Salida	Señal para el encendido del módulo regulador de voltaje (Resistencia)	Salida tipo relé
36	9	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado al PLC	Entrada tipo termocupla
37	9	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado a Controlador de Sobretemperatura	Entrada tipo termocupla
38	9	Entrada	Señal de indicación de falla en módulo regulador de voltaje	Entrada digital 220V
39	9	Salida	Señal para encendido de motores de ventiladores	Salida tipo relé
40	9	Salida	Señal para el encendido del módulo regulador de voltaje (Resistencia)	Salida tipo relé

Tabla 4.3. Señales de entrada y salida conectadas a los controladores

b. Cuadro de entradas y salidas de los tableros de mando y fuerza:

A continuación se describen las entradas y salidas que intervienen en los modos de activación manual (ver tabla 4.4). Cabe mencionar que la propuesta planteada no modificará la configuración del control en modo manual de los hornos, por lo tanto no se realizarán mayores modificaciones en los tableros de fuerza y mando.

Item	Nº Horno	Tipo de E/S	Descripción	Tipo de señal
1	2	Entrada	Termocupla tipo J - Modo manual	Entrada tipo termocupla
2	2	Entrada	Selector de habilitación de resistencias	Entrada digital 220V
3	2	Entrada	Selector de manual automático	Entrada digital 220V
4	2	Entrada	Pulsador de arranque de motores de ventiladores	Entrada digital 220V
5	2	Entrada	Pulsador de parada de motores de ventiladores	Entrada digital 220V
6	2	Salida	Lámpara de indicación de encendido de motores de Ventiladores	Salida digital 220 V
7	2	Salida	Lámpara de indicación de encendido de motores de Ventiladores	Salida digital 220 V
8	3	Entrada	Termocupla tipo J - Modo manual	Entrada tipo termocupla
9	3	Entrada	Selector de habilitación de quemadores	Entrada digital 220V
10	3	Entrada	Selector de manual automático	Entrada digital 220V
11	3	Entrada	Pulsador de arranque de motores de ventiladores	Entrada digital 220V
12	3	Entrada	Pulsador de parada de motores de ventiladores	Entrada digital 220V
13	3	Salida	Lámpara de indicación de encendido de motores de Ventiladores	Salida digital 220V
14	3	Salida	Lámpara de indicación de encendido de motores de Ventiladores	Salida digital 220 V
15	4	Entrada	Termocupla tipo J - Modo manual	Entrada tipo termocupla
16	4	Entrada	Selector de habilitación de quemadores	Entrada digital 220V
17	4	Entrada	Selector de manual automático	Entrada digital 220V
18	4	Entrada	Pulsador de arranque de motores de ventiladores	Entrada digital 220V
19	4	Entrada	Pulsador de parada de motores de ventiladores	Entrada digital 220V
20	4	Salida	Lámpara de indicación de encendido de motores de Ventiladores	Salida digital 220V
21	4	Salida	Lámpara de indicación de encendido de motores de Ventiladores	Salida digital 220 V
22	5	Entrada	Termocupla tipo J - Modo manual	Entrada tipo termocupla
23	5	Entrada	Selector de habilitación de quemadores	Entrada digital 220V
24	5	Entrada	Selector de manual automático	Entrada digital 220V
25	5	Entrada	Pulsador de arranque de motores de ventiladores	Entrada digital 220V
26	5	Entrada	Pulsador de parada de motores de ventiladores	Entrada digital 220V
27	5	Salida	Lámpara de indicación de encendido de motores de Ventiladores	Salida digital 220 V
28	5	Salida	Lámpara de indicación de encendido de motores de Ventiladores	Salida digital 220 V
29	6	Entrada	Termocupla tipo J - Modo manual	Entrada tipo termocupla
30	6	Entrada	Selector de habilitación de resistencias	Entrada digital 220V
31	6	Entrada	Selector de manual automático	Entrada digital 220V
32	6	Entrada	Pulsador de arranque de motores de ventiladores	Entrada digital 220V
33	6	Entrada	Pulsador de parada de motores de ventiladores	Entrada digital 220V
34	6	Salida	Lámpara de indicación de encendido de motores de Ventiladores	Salida digital 220 V
35	6	Salida	Lámpara de indicación de encendido de motores de Ventiladores	Salida digital 220 V
36	7	Entrada	Termocupla tipo J - Modo manual	Entrada tipo termocupla
37	7	Entrada	Selector de habilitación de resistencias	Entrada digital 220V
38	7	Entrada	Selector de manual automático	Entrada digital 220V
39	7	Entrada	Pulsador de arranque de motores de ventiladores	Entrada digital 220V
40	7	Entrada	Pulsador de parada de motores de ventiladores	Entrada digital 220V
41	7	Salida	Lámpara de indicación de encendido de motores de Ventiladores	Salida digital 220V
42	7	Salida	Lámpara de indicación de encendido de motores de Ventiladores	Salida digital 220 V
43	8	Entrada	Termocupla tipo J - Modo manual	Entrada tipo termocupla
44	8	Entrada	Selector de habilitación de resistencias	Entrada digital 220V
45	8	Entrada	Selector de manual automático	Entrada digital 220V
46	8	Entrada	Pulsador de arranque de motores de ventiladores	Entrada digital 220V
47	8	Entrada	Pulsador de parada de motores de ventiladores	Entrada digital 220V
48	8	Salida	Lámpara de indicación de encendido de motores de Ventiladores	Salida digital 220 V
49	8	Salida	Lámpara de indicación de encendido de motores de Ventiladores	Salida digital 220 V
50	9	Entrada	Termocupla tipo J - Modo manual	Entrada tipo termocupla
51	9	Entrada	Selector de habilitación de resistencias	Entrada digital 220V
52	9	Entrada	Selector de manual automático	Entrada digital 220V
53	9	Entrada	Pulsador de arranque de motores de ventiladores	Entrada digital 220V
54	9	Entrada	Pulsador de parada de motores de ventiladores	Entrada digital 220V
55	9	Salida	Lámpara de indicación de encendido de motores de Ventiladores	Salida digital 220 V
56	9	Salida	Lámpara de indicación de encendido de motores de Ventiladores	Salida digital 220 V

Tabla 4.4. Señales de entrada y salida conectadas a los tableros de mando y fuerza

4.2.4. Variables de programación

Ahora que conocemos la lógica de control y se ha identificado las señales que intervienen en el sistema de control en modo automático, podemos asignar un nombre a cada variable, esto permitirá realizar la programación de la lógica de control en el PAC con mayor facilidad (ver tabla 4.5).

Item	Nº Horno	Tipo de E/S	Descripción	Tipo de señal	TAG
1	2	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado al PLC	Entrada tipo termocupla	H2 TC PV
2	2	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado a Controlador de Sobretemperatura	Entrada tipo termocupla	H2 TC PV2
3	2	Entrada	Señal de indicación de falla en módulo regulador de voltaje	Entrada digital 220V	H2 Alarma Temp ON
4	2	Salida	Señal para encendido de motores de ventiladores	Salida tipo relé	H2 Motores
5	2	Salida	Señal para el encendido del módulo regulador de voltaje (Resistencia)	Salida tipo relé	H2 Controller
6	2	Salida	Set Point de Temperatura	Datos- RS 232	H2 TC SP
7	2	Salida	Set Point de Tiempo Homo	Datos- RS 232	H2 TC TSink
8	2	Salida	Número de Lote asignado a la carga del Horno	Datos- RS 232	H2 Lote
9	3	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado al PLC	Entrada tipo termocupla	H3 TC PV
10	3	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado a Controlador de Sobretemperatura	Entrada tipo termocupla	H3 TC PV2
11	3	Entrada	Señal de indicación de falla en módulo regulador de voltaje	Entrada digital 220V	H3 Alarma Temp ON
12	3	Salida	Señal para encendido de motores de ventiladores	Salida tipo relé	H3 Motores
13	3	Salida	Señal para el encendido del módulo regulador de voltaje (Resistencia)	Salida tipo relé	H3 Controller
14	3	Salida	Set Point de Temperatura	Datos- RS 232	H3 TC SP
15	3	Salida	Set Point de Tiempo Homo	Datos- RS 232	H3 TC TSink
16	3	Salida	Número de Lote asignado a la carga del Horno	Datos- RS 232	H3 Lote
17	4	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado al PLC	Entrada tipo termocupla	H4 TC PV
18	4	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado a Controlador de Sobretemperatura	Entrada tipo termocupla	H4 TC PV2
19	4	Entrada	Señal de indicación de falla en módulo regulador de voltaje	Entrada digital 220V	H4 Alarma Temp ON
20	4	Salida	Señal para encendido de motores de ventiladores	Salida tipo relé	H4 Motores
21	4	Salida	Señal para el encendido del módulo regulador de voltaje (Resistencia)	Salida tipo relé	H4 Controller
22	4	Salida	Set Point de Temperatura	Datos- RS 232	H4 TC SP
23	4	Salida	Set Point de Tiempo Homo	Datos- RS 232	H4 TC TSink
24	4	Salida	Número de Lote asignado a la carga del Horno	Datos- RS 232	H4 Lote
25	5	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado al PLC	Entrada tipo termocupla	H5 TC PV
26	5	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado a Controlador de Sobretemperatura	Entrada tipo termocupla	H5 TC PV2
27	5	Entrada	Señal de indicación de falla en módulo regulador de voltaje	Entrada digital 220V	H5 Alarma Temp ON
28	5	Salida	Señal para encendido de motores de ventiladores	Salida tipo relé	H5 Motores
29	5	Salida	Señal para el encendido del módulo regulador de voltaje (Resistencia)	Salida tipo relé	H5 Controller
30	5	Salida	Set Point de Temperatura	Datos- RS 232	H5 TC SP
31	5	Salida	Set Point de Tiempo Homo	Datos- RS 232	H5 TC TSink
32	5	Salida	Número de Lote asignado a la carga del Horno	Datos- RS 232	H5 Lote
33	6	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado al PLC	Entrada tipo termocupla	H6 TC PV
34	6	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado a Controlador de Sobretemperatura	Entrada tipo termocupla	H6 TC PV2
35	6	Entrada	Señal de indicación de falla en módulo regulador de voltaje	Entrada digital 220V	H6 Alarma Temp ON
36	6	Salida	Señal para encendido de motores de ventiladores	Salida tipo relé	H6 Motores
37	6	Salida	Señal para el encendido del módulo regulador de voltaje (Resistencia)	Salida tipo relé	H6 Controller
38	6	Salida	Set Point de Temperatura	Datos- RS 232	H6 TC SP
39	6	Salida	Set Point de Tiempo Homo	Datos- RS 232	H6 TC TSink
40	6	Salida	Número de Lote asignado a la carga del Horno	Datos- RS 232	H6 Lote
41	7	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado al PLC	Entrada tipo termocupla	H7 TC PV
42	7	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado a Controlador de Sobretemperatura	Entrada tipo termocupla	H7 TC PV2
43	7	Entrada	Señal de indicación de falla en módulo regulador de voltaje	Entrada digital 220V	H7 Alarma Temp ON
44	7	Salida	Señal para encendido de motores de ventiladores	Salida tipo relé	H7 Motores
45	7	Salida	Señal para el encendido del módulo regulador de voltaje (Resistencia)	Salida tipo relé	H7 Controller
46	7	Salida	Set Point de Temperatura	Datos- RS 232	H7 TC SP
47	7	Salida	Set Point de Tiempo Homo	Datos- RS 232	H7 TC TSink
48	7	Salida	Número de Lote asignado a la carga del Horno	Datos- RS 232	H7 Lote
49	8	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado al PLC	Entrada tipo termocupla	H8 TC PV
50	8	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado a Controlador de Sobretemperatura	Entrada tipo termocupla	H8 TC PV2
51	8	Entrada	Señal de indicación de falla en módulo regulador de voltaje	Entrada digital 220V	H8 Alarma Temp ON
52	8	Salida	Señal para encendido de motores de ventiladores	Salida tipo relé	H8 Motores
53	8	Salida	Señal para el encendido del módulo regulador de voltaje (Resistencia)	Salida tipo relé	H8 Controller
54	8	Salida	Set Point de Temperatura	Datos- RS 232	H8 TC SP
55	8	Salida	Set Point de Tiempo Homo	Datos- RS 232	H8 TC TSink
56	8	Salida	Número de Lote asignado a la carga del Horno	Datos- RS 232	H8 Lote
57	9	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado al PLC	Entrada tipo termocupla	H9 TC PV
58	9	Entrada	Termocupla tipo J - Conectado a Controlador de Sobretemperatura	Entrada tipo termocupla	H9 TC PV2
59	9	Entrada	Señal de indicación de falla en módulo regulador de voltaje	Entrada digital 220V	H9 Alarma Temp ON
60	9	Salida	Señal para encendido de motores de ventiladores	Salida tipo relé	H9 Motores

Tabla 4.5. Nombre de variables para programación del GRAFSET en el

PAC

4.2.5. GRAFSET de programación con el nombre de cada variable

Luego de asignar un nombre a cada variable que interviene en la nueva lógica de control, se muestra el GRAFSET actualizado con los nombres de cada variable (ver figura 4.8), cabe recordar que la configuración propuesta permite que la lógica de control sea la misma tanto para los hornos eléctricos como para los hornos petroleros, la diferencia del tipo de control entre un horno petrolero y uno eléctrico está en la configuración de su controlador de procesos.

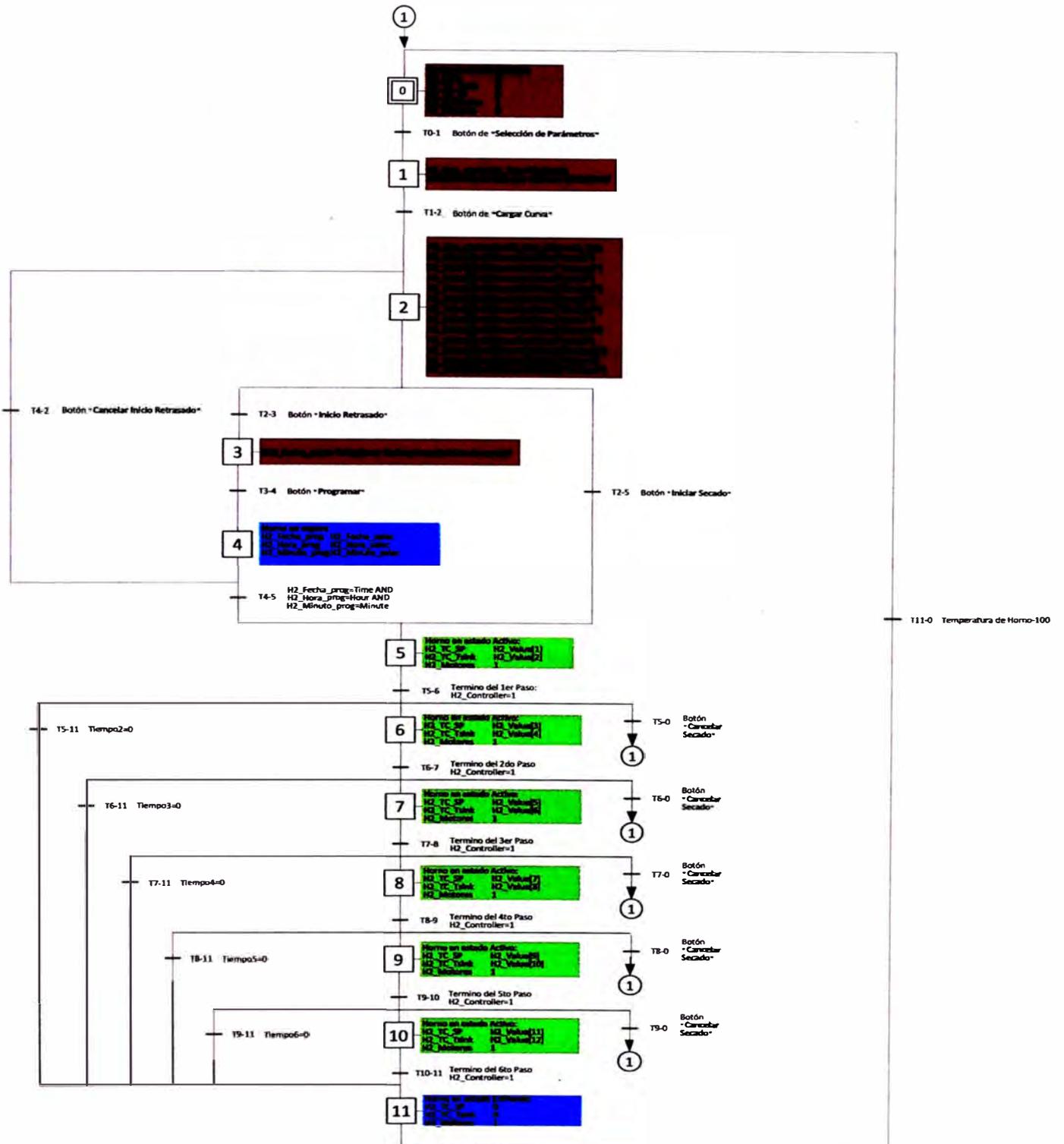


Figura 4.8. GRAFSET actualizado con el nombre de las variables

4.3. Equipos y Software necesarios para la Implementación

4.3.1. Controlador de procesos PMA KS42

Será necesario adquirir siete controladores de procesos KS42 de la marca PMA (ver figura 4.9), uno para cada horno, el octavo horno ya cuenta con uno de estos controladores. Dichos controladores pueden comunicarse con el PAC mediante el protocolo Modbus RTU, esto permitirá el envío de los parámetros de tiempo y temperatura del PAC hacia los controladores PMA. En el caso de los hornos eléctricos, dicho controlador enviará señales de 4-20 mA. Hacia los módulos reguladores de voltaje, dichos módulos se encargarán de regular la energía eléctrica enviada hacia las resistencias eléctricas. Para el caso de los hornos con quemadores, dicho controlador enviará una señal ON - OFF de 220VAC hacia los tableros de mando, estos a su vez activarán o desactivarán los quemadores.



Figura 4.9. Controlador de procesos modelo KS42 – PMA

El controlador KS42, tiene varios modos de operación, pero uno de ellos es el ideal para trabajar con distintos pasos de temperatura y tiempo, dicho modo permite tener un tiempo set point (t.SP) que se contará desde el momento en que la temperatura del horno entre en un rango cercano a

la temperatura set point (SP), En la figura 4.10 se puede apreciar el modo de trabajo del controlador. Una vez finalizado el tiempo set point el controlador KS42 enviará una señal digital mediante el protocolo MODBUS hacia el PAC indicando que ha finalizado un paso, luego el PAC procesará este dato y enviará los set point de tiempo y temperatura del siguiente paso.

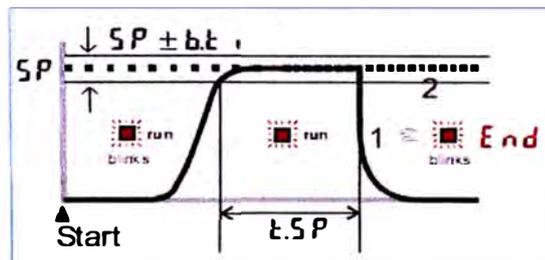


Figura 4.10. Controlador de procesos modelo KS42 – PMA

Se ha configurado los controladores de proceso, de tal forma que el tiempo programado ($t.SP$) empieza a contabilizarse cuando la temperatura esta dentro de un rango de $\pm 5^{\circ}C$ del set point (SP). Ejemplo: Si el controlador tiene como temperatura Set Point $400^{\circ}C$ el temporizador empezara a correr desde $355^{\circ}C$.

4.3.2. Controlador programable de automatización ICP DAS

Un PAC es una tecnología industrial orientada al control automatizado, al diseño de prototipos y a la medición. El PAC se refiere al conjunto formado por un controlador (una CPU típicamente), módulos de entradas y salidas, y uno o múltiples buses de datos que lo interconectan todo.

Este controlador combina eficientemente la fiabilidad de control de un autómeta (controlador lógico programable o PLC) junto a la flexibilidad de

monitorización y cálculo de un PC. A veces incluso se le une la velocidad y personalización de la microelectrónica. Los PACs pueden utilizarse en el ámbito investigador (prototipaje rápido de controladores o RCP), pero es sobre todo en el industrial, para control de máquinas y procesos, donde más se utiliza. A destacar los siguientes: múltiples lazos cerrados de control independientes, adquisición de datos de precisión, análisis matemático y memoria profunda, monitorización remota, visión artificial, control de movimiento y robótica, seguridad controlada, etc (ver figura 4.11).

Los PACs se comunican usando los protocolos de red abiertos como TCP/IP, OPC (OLE for process control), SMTP, puerto serie (con Modbus por ejemplo), etc, y es compatible con los privados (CAN, Profibus, etc).

Para nuestro caso el PAC es el equipo que toma todas las decisiones sobre el funcionamiento de los hornos. Se le puede considerar el "cerebro" del sistema. La lógica de control que se ha diseñado, será insertada en el PAC, y luego este tomará decisiones basadas en los valores que ingrese el operador de los hornos. Como se explicó anteriormente el PAC se comunicará con los controladores de proceso PMA mediante el puerto serial con el protocolo Modbus.

Para poder reutilizar el PAC que actualmente controla un solo horno de secado, se debe cambiar la licencia del SCADA Indusoft que viene embebido en el PAC, actualmente dicho PAC cuenta con una licencia

para trabajar con 150 variables, sin embargo, para poder controlar los ocho hornos de secado se debe adquirir una licencia de 1500 variables.

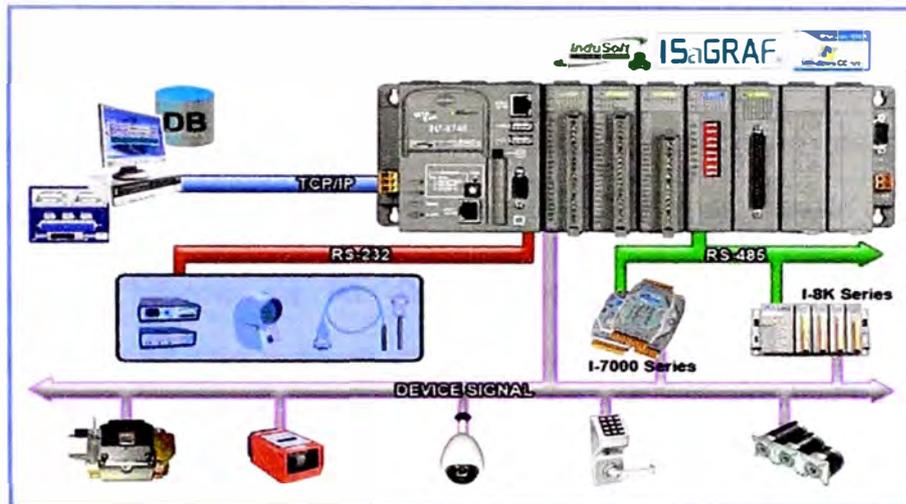


Figura 4.11. PAC- W8749 – ICP DAS

4.3.3. Software SCADA Indusoft Web Studio v6.1

InduSoft Web Studio, es un potente conjunto de herramientas de automatización totalmente modular para el desarrollo de cualquier tipo de aplicación, desde modernas interfaces Hombre - Máquina (HMI) hasta completos sistemas de supervisión, control y adquisición de datos, bajo cualquier plataforma basada en Windows como NT, 2000, XP, Windows 7, CE o CE.net y para Internet o Intranet (ver figura 4.12). Su entorno de desarrollo le permitirá trasladar los más complejos comportamientos de sus procesos industriales a aplicaciones con tan solo simples arrastres y clics de ratón. Estas aplicaciones consisten en pantallas animadas que sirven de interfaz con el operador, drivers para PLC y otros dispositivos de E/S controlables, una base de datos de etiquetas para aplicaciones, y

módulos opcionales tales como monitores para alarmas, gráficas de tendencia, recetas, planificadores de tareas, y un sistema de seguridad.

Como se mencionó anteriormente, será necesario adquirir una licencia Run Time de 1500 tags para el SCADA Indusoft embebido en el PAC, esto genera la necesidad de adquirir también una licencia de desarrollo de 1500 tags para la PC donde se desarrollará el nuevo sistema de control.

El presente informe se ha desarrollado utilizando una versión de evaluación de SCADA Indusoft, dicha versión no tiene ninguna restricción en cuanto a sus funciones, pero si un tiempo límite de 40 horas de funcionamiento.



Figura 4.12. Pantalla de desarrollo del SCADA Infusoft Web Studio

4.4. Diseño de la Arquitectura de Red

Todos los equipos seleccionados cumplen con la característica importante de poder transmitir datos en una red de comunicación. En una automatización a nivel industrial el elemento principal de control es un controlador programable,

por tal razón, es necesario explicar cómo este puede comunicarse con otros dispositivos en una misma red. En la figura 4.13 se presentan las redes presentes en la propuesta de automatización.

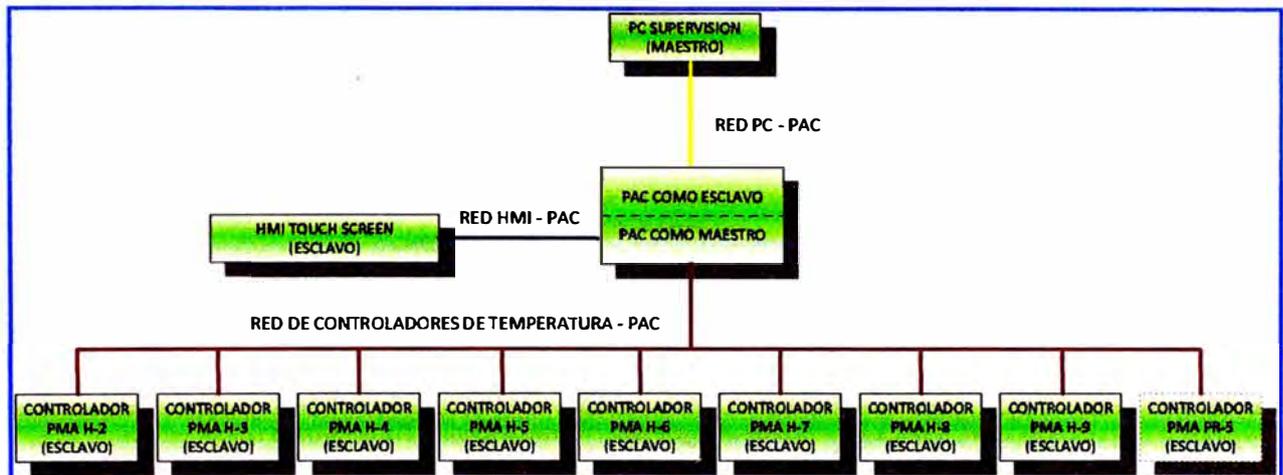


Figura 4.13. Arquitectura de red para el nuevo sistema de control

4.4.1. Red PC de supervisión – PAC

El PAC Wincon 8749 cuenta con un puerto estándar de Ethernet por el cual se puede conectarse a una red LAN, navegar por internet y comunicarse con otros dispositivos a través del protocolo TCP IP (ver figura 4.14).

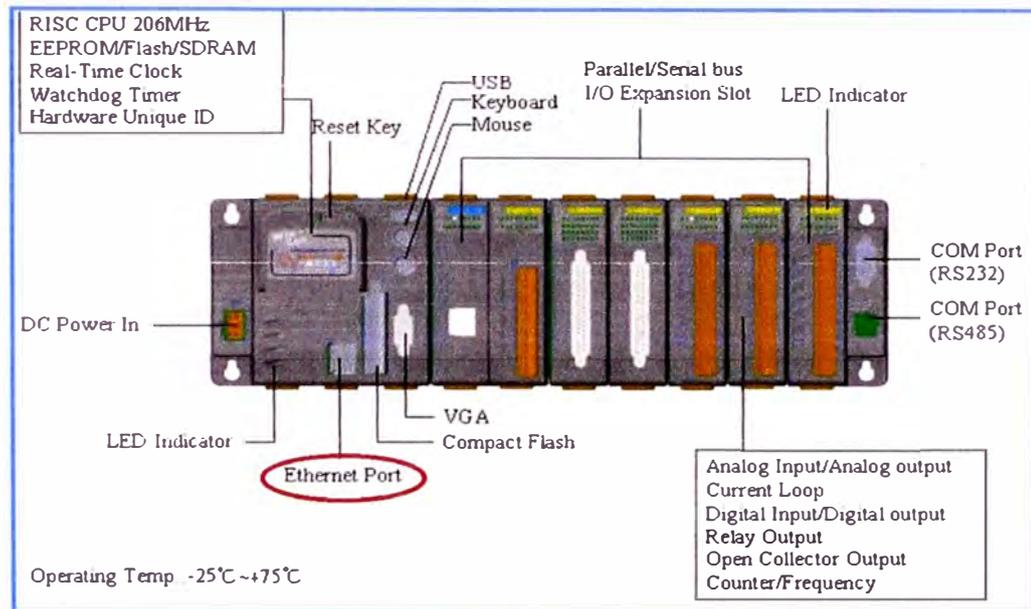


Figura 4.14. Descripción de los puertos del PAC W8749

Se configurará el PAC para que se integre a la Red Local Administrativa de Soldexa (ver anexo N°1), esto permitirá programar el PAC desde la PC donde se instale el software Indusoft con la licencia de desarrollo. Como se puede observar en la figura 4.15 el PAC cuenta el sistema operativo Windows CE, es a través de este sistema operativo donde se realiza la configuración de red del PAC



Figura 4.15. Entorno del sistema operativo Windows CE del PAC W8749

La figura 4.16, muestra un esquema de la integración del PAC a la red de Soldexa.

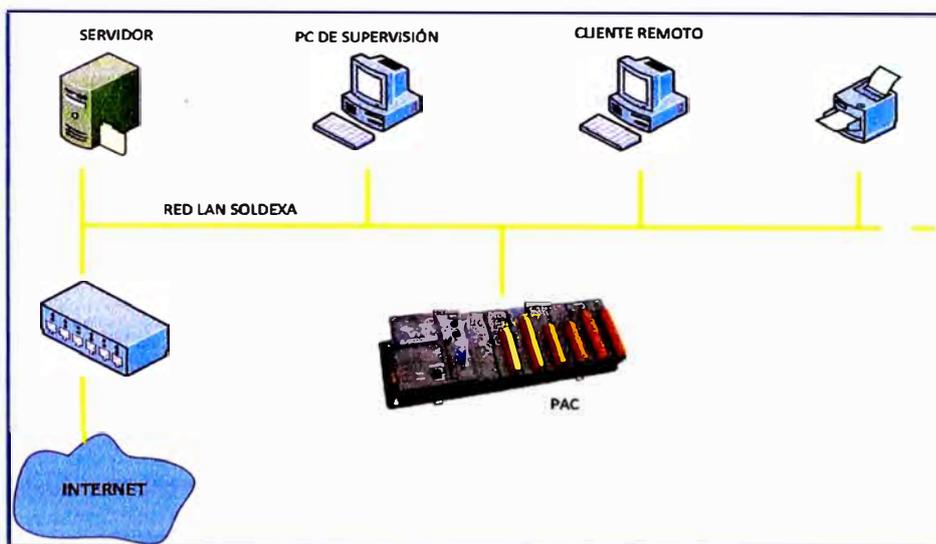


Figura 4.16. Red PC de supervisión - PAC W8749

4.4.2. Red PAC – monitor touch screen ADP-1080

Una de las ventajas de trabajar con un PAC es el puerto VGA que trae incluido, esto hace posible conectar un monitor Touch Screen con la PC mediante un cable VGA (ver figura 4.17), luego de conectar el PAC al monitor presentará las pantallas del sistema operativo Windows CE como se muestra en la figura 4.15.

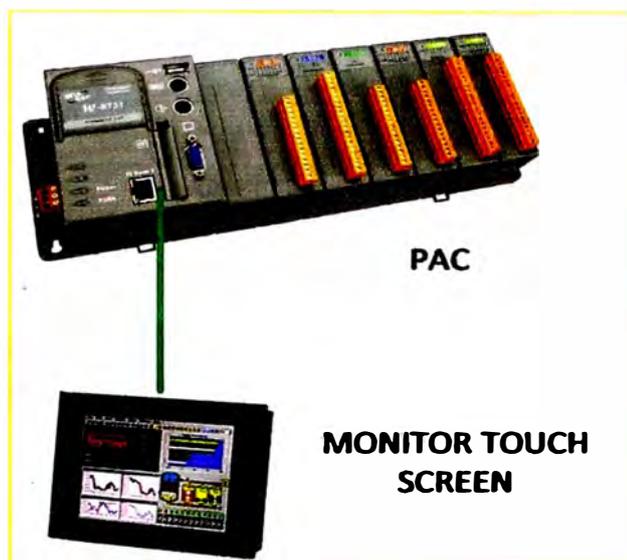


Figura 4.17. Red PAC – Monitor Touch Screen ADP-1080

4.4.3. Red PAC - controladores de temperatura

La comunicación entre el PAC y los controladores de proceso se realizará mediante el protocolo MODBUS RTU, para esto utilizaremos puerto RS-232 incluido en el PAC, dicho puerto será conectada a un interfaz RS232 – RS485, y luego conectaremos esta interfaz con cada uno de los ocho controladores PMA de cada homo (ver figura 4.18).

Esta red tendrá como dispositivo maestro al PAC y los ocho controladores PMA actuarán como esclavos.

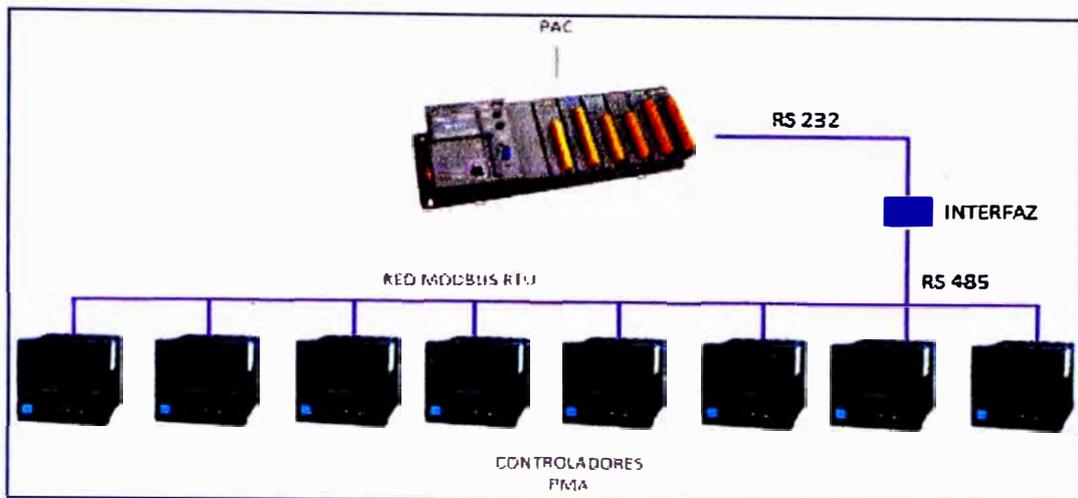


Figura 4.18. Red PAC - Controladores de Temperatura

Los parámetros de comunicación serán configurados de la siguiente forma:

- Tasa de transmisión: 9600 bps (baud rate)
- Time out: 500 ms.
- Bits de datos: 8 bits
- Bits de parada: 1 bit
- Paridad: No
- Dirección del nodo: Según el número de esclavo

4.4.4. Topología de Red.

Finalmente la topología de red propuesta será tal como se muestra en la figura 4.19.

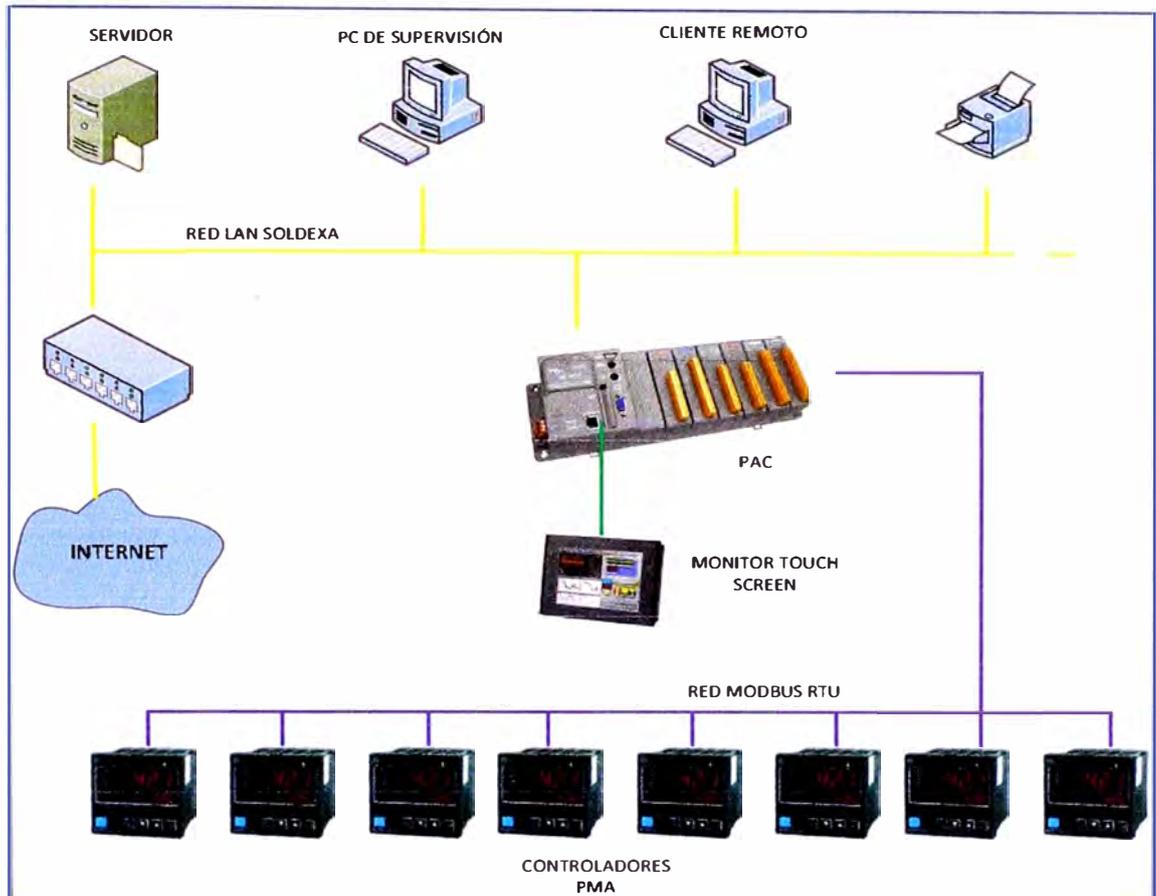


Figura 4.19. Topología de red propuesta

4.5. Implementación del SCADA

4.5.1. Pantalla principal

Se ha insertado una imagen en 3D de la distribución actual de los hornos de secado, esta imagen a escala, ayudará al operario a identificar con mayor facilidad el horno que desea operar. También se ha elaborado un cuadro resumen el cual indica el estado operativo de cada horno, el número de lote, la temperatura real y el tipo de producto. Se han insertado botones para acceder a las pantallas de "Búsqueda de Lotes" y "Modificar Recetas" (ver figura 4.20).



Figura 4.20. Pantalla inicial del nuevo SCADA

4.5.2. Pantalla de cada horno

En esta pantalla se encuentra una imagen en 3D de un horno, se ha insertado una animación que se activa cuando los ventiladores del horno están encendidos, esta pantalla muestra también el estado operativo del horno, el set point de temperatura, el set point de tiempo, el número de lote y el tipo de producto. También tenemos los botones de “Iniciar Secado”, “Cancelar Secado”, Inicio Retrasado, y los botones de acceso a las pantallas “Curvas de Temperatura” (ver figura 4.21).



Figura 4.21. Pantalla de cada horno del nuevo SCADA

4.5.3. Pantalla de selección de curvas

Presionando el botón "Parámetros" se puede acceder a la pantalla de Selección de Curvas, en dicha pantalla podremos escoger el tipo de electrodo que deseamos secar, una vez seleccionado el tipo de electrodos en la parte inferior se mostrarán el número de pasos de tiempo y temperatura que tienen dicho electrodos (ver figura 4.22). Los datos presentados en esta pantalla son extraídos desde una base de datos de Access almacenada en un servidor de Soldexa.

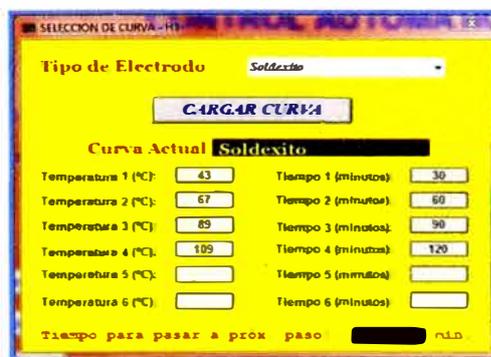


Figura 4.22. Pantalla de cada horno del nuevo SCADA

4.5.4. Pantalla de curvas de temperatura

En dicha pantalla podemos observar la tendencia de tres variables, el Set Point de temperatura, la temperatura real del horno y la variable de control (ver figura 4.23). Los datos históricos se van almacenando en una base de datos de Access que se encontrará en un servidor de Soldexa.



Figura 4.23. Pantalla de Curvas de Temperatura

4.5.5. Pantalla de búsqueda de lotes

En esta pantalla podemos realizar una búsqueda de los lotes secados, dicha búsqueda se puede realizar ingresando la fecha del lote secado, el tipo de producto o el número de horno, esta pantalla de búsqueda es una mejora considerable con respecto al sistema anterior (ver figura 4.24).

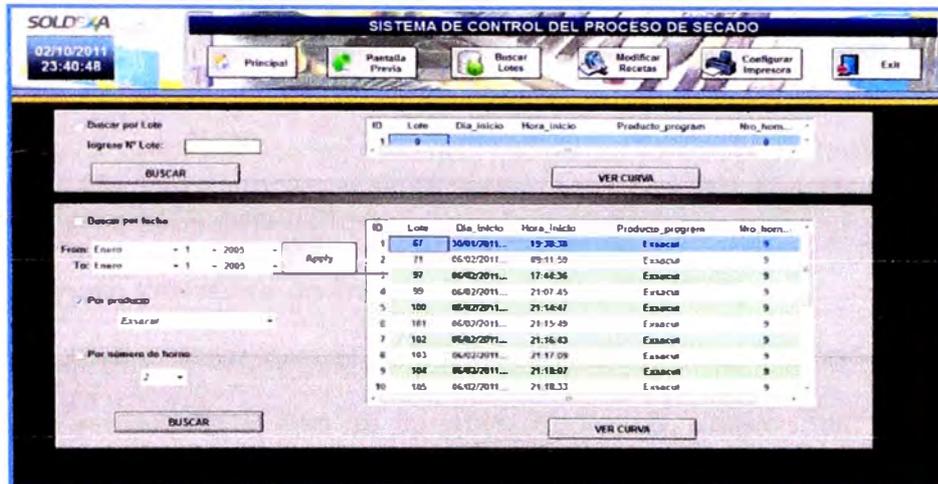


Figura 4.24. Pantalla de Búsqueda de Lotes

4.5.6. Pantalla para modificar recetas

Esta pantalla muestra los datos almacenados en una base de datos en Access, permite realizar cambios en las fórmulas de secado y agregar nuevas curvas de secado. Esta pantalla de administración de recetas es una mejora que no tiene el sistema actual (ver figura 4.25).

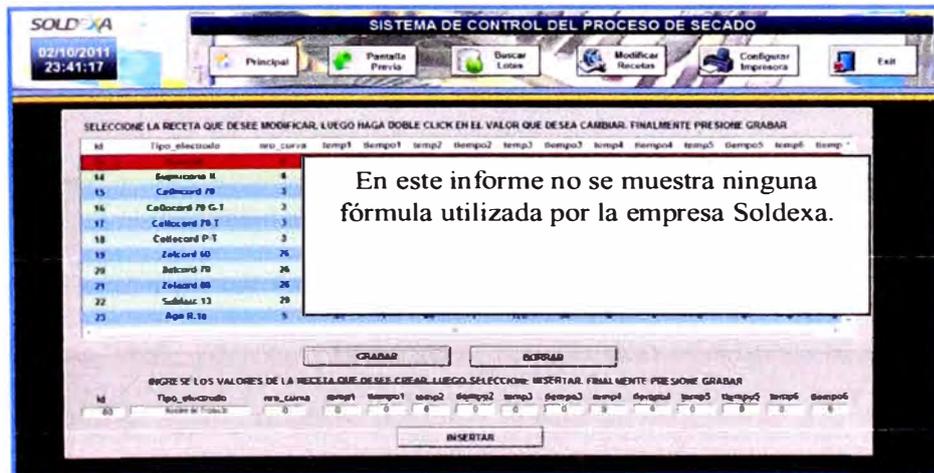


Figura 4.25. Pantalla para Modificar Curvas

4.6. Implementación del Sistema de Control

Luego de crear las pantallas del SCADA, se tiene que programar la lógica de control diseñada. A continuación se describe los pasos necesarios incluir la lógica de control en el programa desarrollado.

4.6.1. Creación de variables en Indusoft Web Studio (IWS)

Las variables definidas en el apartado 4.2.4 se van ingresando al Indusoft teniendo en cuenta el tipo de variable (booleano, entero, real o string) y configurando si son de escritura, lectura o lectoescritura (ver figura 4.26)

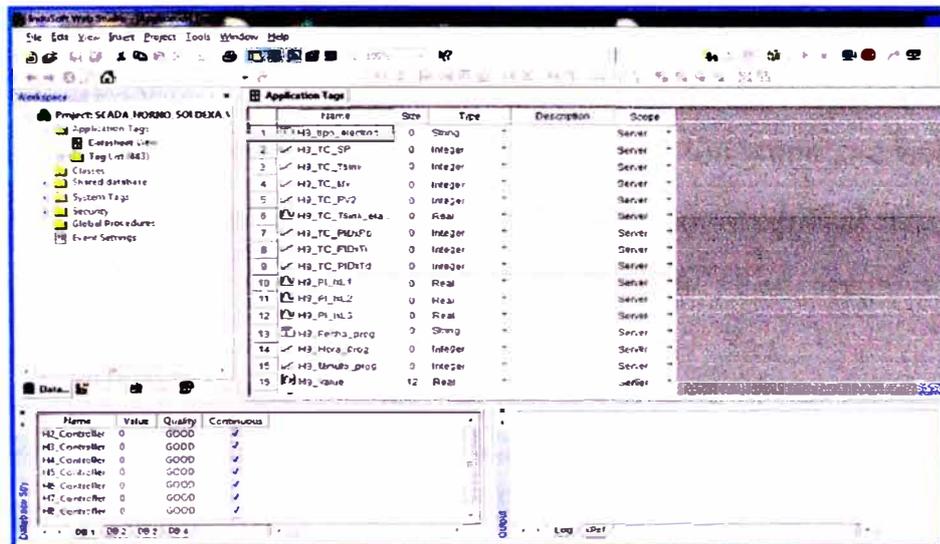


Figura 4.26. Creación de variables en el IWS

4.6.2. Configuración de las tareas Math

Las tareas Math permiten programar rutinas con diferentes funciones del IWS, una hoja Math contiene distintas líneas de programa que se ejecutan cuando el programa está corriendo. Luego de haber elaborado el GRAFSET y haber definido las variables, se procede con la programación de la lógica de control utilizando las tareas Math (ver figura 4.27).

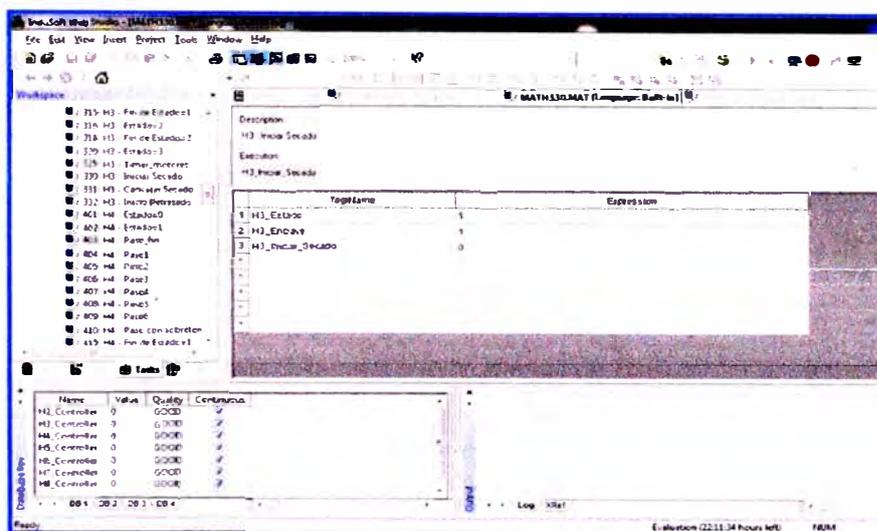


Figura 4.27. Configuración de las tareas Math

4.7. Simulación de las Funciones del nuevo SCADA

Para realiza esta simulación se ha utilizado el modo Run Time del software Indusoft, este modo permite correr el programa desarrollado y verificar que todas las funciones programadas se ejecuten correctamente. Los resultados se muestran en la tabla 4.6.

Item	Función	Resultado
1	Pantalla principal y de cada horno	OK
2	Inicio retrasado	OK
3	Iniciar secado	OK
4	Cancelar secado	OK
5	Parámetros (Selección de curva)	OK
6	Curvas de temperatura	OK
7	Buscar lotes	OK
8	Modificar recetas	OK
9	Imprimir curvas	OK

Tabla 4.6. Cuadro de resultados de Validación del sistema

4.8. Sintonización de parámetros PID

Para la sintonización se configuró el controlador KS 42 en modo manual (lazo abierto) y se le programó una salida constante de la variable de proceso igual al 20%. Luego se esperó a que el sistema se estabilice y la salida $y(t)$ llegue a su valor estacionario (ver figura 4.28).

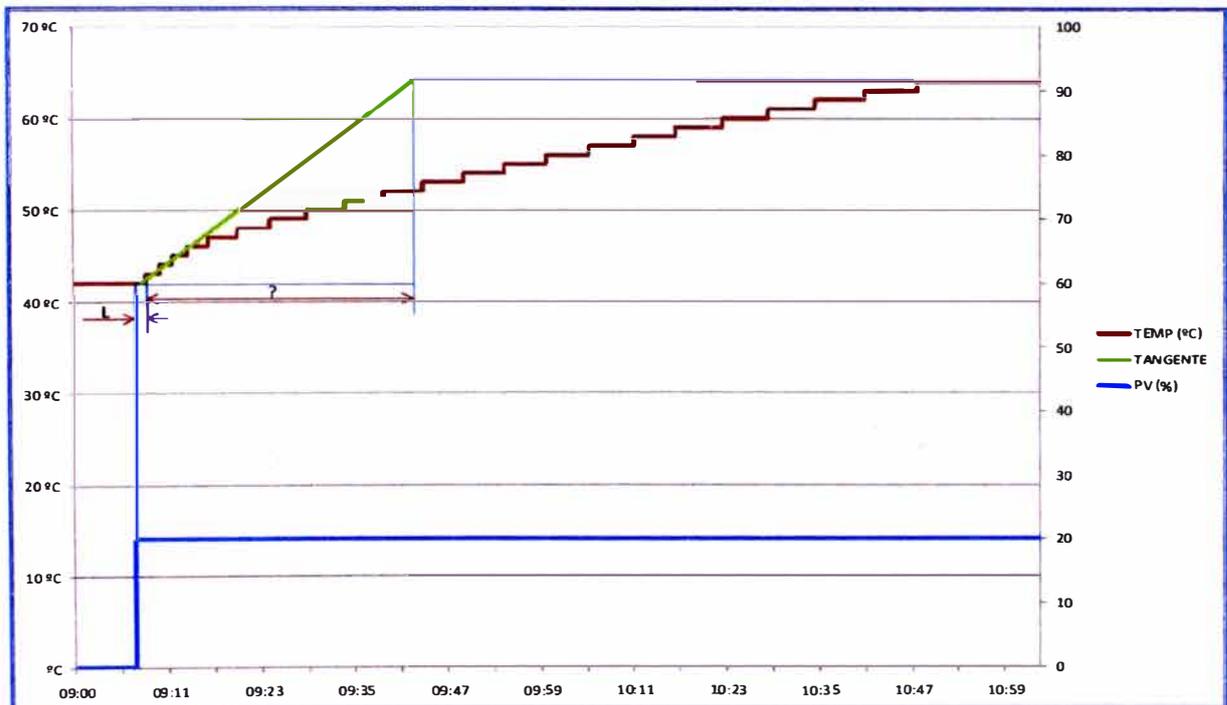


Figura 4.28. Respuesta al escalón de un proceso en lazo cerrado

- Utilizando una hoja de cálculo de Excel se obtiene el valor de $L = 85$ s.
- Para nuestro caso K_p lo obtendremos de la fórmula siguiente:

$$K_p = \frac{y_2 - y_1}{u_2 - u_1} = \frac{64 - 42}{0.2} = 110$$

- Ahora debemos determinar el punto de la curva donde la tangente tiene su máxima pendiente. Utilizando el Excel se determinó que la pendiente buscada es igual a $m = 0,0105$
- Del gráfico hallamos $\tau = 2068$ s.
- Luego calculamos $a = m \times L = 0,0105 \times 85 = 0,8925$

Para calcular los parámetros PID, reemplazamos los valores hallados en las ecuaciones de la tabla 4.7.

P	I	D
$K_c = \frac{1.2}{a} = \frac{1.2}{0,8925} = 1.34$	$T_i = 2L = 2 \times 85 = 170$ s.	$T_d = \frac{L}{2} = \frac{85}{2} = 42,5$ s.

Tabla 4. 7.Cálculo de parámetros PID

4.9. Validación del diseño

Para realizar dicha validación se tuvo que reducir el número de variables del programa desarrollado con la intención de que el programa desarrollado pueda cargarse al PAC, cabe recordar que actualmente el PAC a utilizar cuenta una licencia para tan solo 150 tags (ver figura 4.29). Luego se realizó una prueba con carga, utilizando 16 rumas de electrodos del tipo Supercito de 4mm. de diámetro. Los resultados de humedad obtenidos se muestran en la tabla 4. 8.

N° muestra	Diámetro	N° Producción	% H2O	Factor D/d	Resultado
1	4 mm.	201109P3009691	0,05	1,7	Conforme
2	4 mm.	201109P3009691	0,03	1,7	Conforme

3	4 mm.	201109P3009691	0,07	1,7	Conforme
4	4 mm.	201109P3009691	0,08	1,7	Conforme
5	4 mm.	201109P3009691	0,10	1,7	Conforme

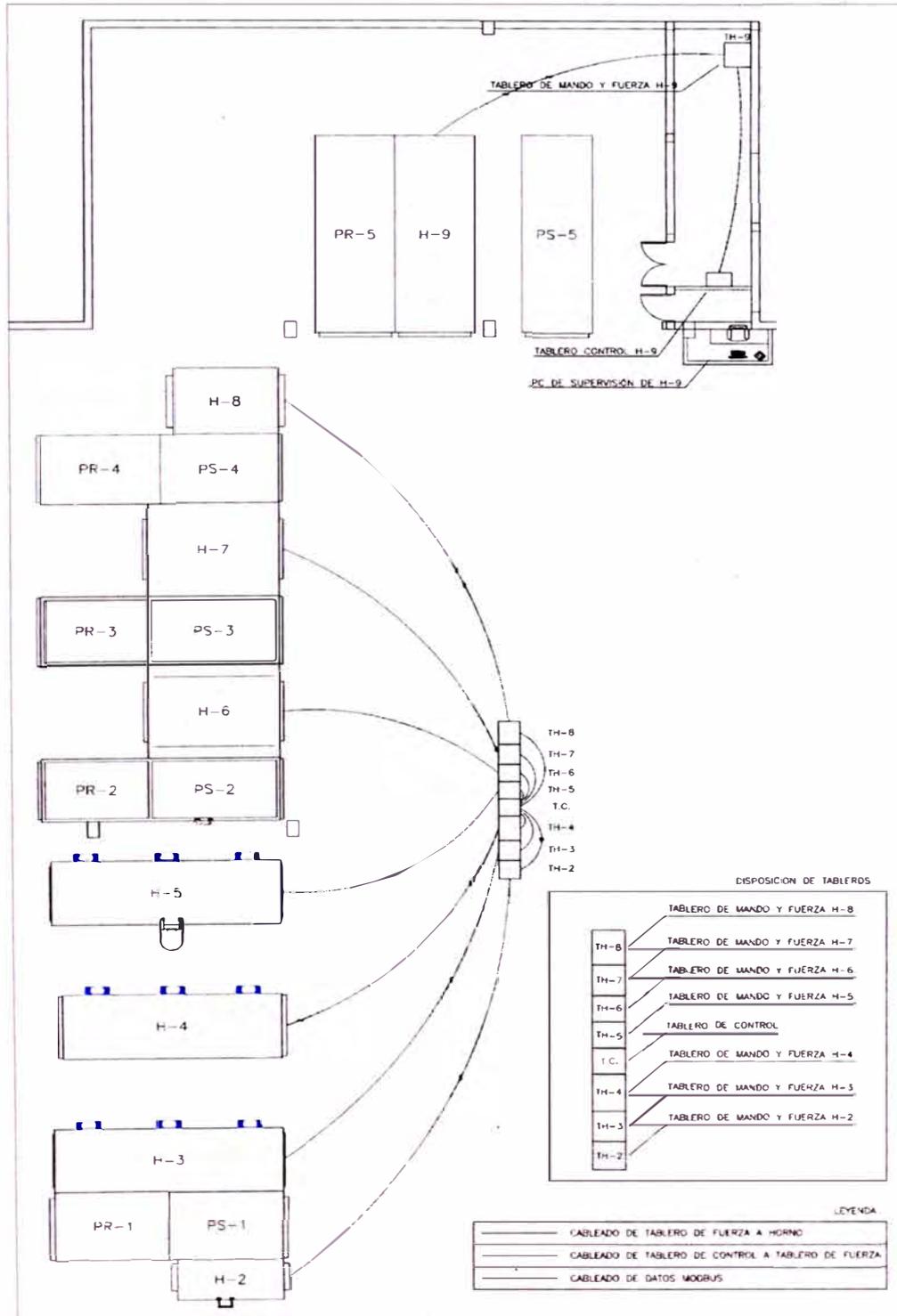
Tabla 4.8. Resultados de la prueba con carga



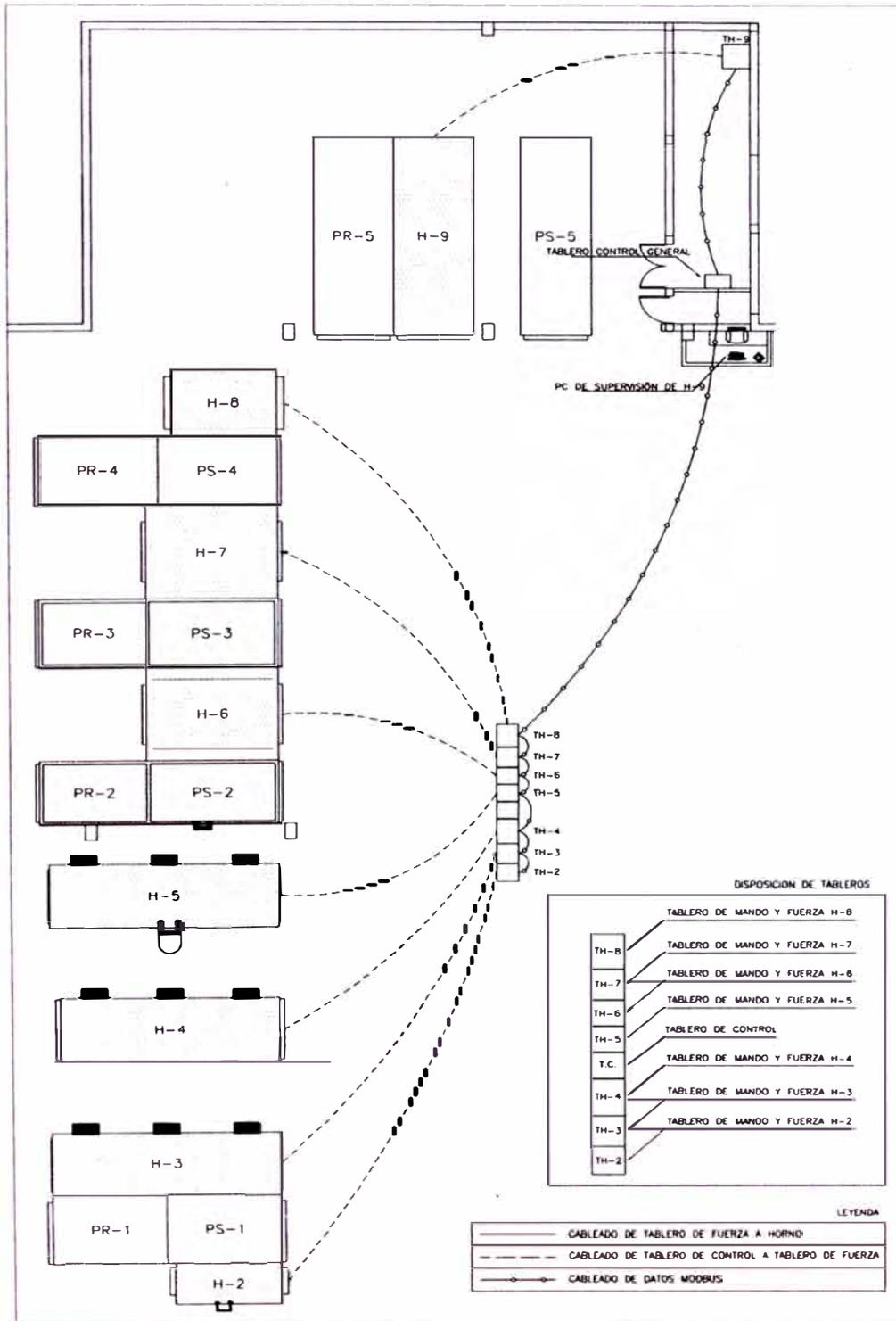
Figura 4.29. Pruebas de funcionamiento

4.10. Consideraciones para la Instalación de los Equipos

4.10.1. Layout actual



4.10.2. Layout propuesto.



4.11. Costos

4.11.1. Costo de materiales y equipos

En la tabla 4.9 se describe los materiales y equipos necesarios para la implementación del nuevo sistema de control y monitoreo. El nuevo sistema de control y monitoreo ha sido diseñado para que se adapte fácilmente a la configuración actual de los tableros de fuerza y mando existente.

ITEM	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO (S/.)	SUB-TOTAL (S/.)
SERVICIOS					
1	1	GLB	Instalación, montaje e interconexión de los dos sistemas a integrar	3,200	3,200
2	1	GLB	Servicio de Ingeniería	4,000	4,000
3	1	GLB	Mano de obra para la instalación	9,800	9,800
EQUIPOS Y SOFTWARE					
4	1	UN	Tablero metálico de 600x600x210 mm. RITTAL	390	390
5	1	UN	Licencia INDUSOFT para PC + Hard Key	3,013	3,013
6	1	UN	Licencia INDUSOFT 1500 TAGS para PAC	2,093	2,093
7	9	UN	Controladores PMA 42-1	1,750	15,750
8	1	UN	Interfaz de comunicación RS485 / RS232	985	985
			GASTOS IMPREVISTOS 10%		3,923
MONTO TOTAL ESTIMADO (S/.) - NO INCLUYE IGV					43,153

Tabla 4.9. Gastos estimados para la implementación del sistema propuesto

4.11.2. Evaluación comparativa

Para poder comparar los costos de implementación del nuevo sistema de control, se ha solicitado cotizaciones a dos empresas del rubro de automatización, los cuales proponen desarrollar un sistema con las mismas funciones y similares características, utilizando un PLC para que se encargue del control de temperatura y un software SCADA para poder operar y registrar las curvas de secado.

El cuadro de costos presentado en la tabla 4.10, se ha calculado con un tipo de cambio de S/. 2.79, y se está considerando en todos los casos un monto de 10% adicional para gastos imprevisto.

DESCRIPCIÓN	ALTERNATIVA N°1 (S/.)	ALTERNATIVA N°2 (S/.)	ALTERNATIVA N°3 (S/.)
SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO	43,153	80,058	89,280
PROVEEDOR	PROPUESTA	BERMIT	ELECONT

Tabla 4.10. Cuadro comparativo de costos

Cabe recordar que la alternativa planteada en el presente informe propone reutilizar un PAC existente en la empresa SOLDEXA, mientras que la segunda y tercera alternativa proponen un PLC nuevo. De optar por la propuesta planteada en el presente informe se podría obtener un ahorro de hasta el 46% del costo de inversión comparado con la propuesta de la empresa BERMIT. Para mayor detalle de las cotizaciones ver los anexos N°8 y N°9.

CONCLUSIONES

- 1. Se demostró mediante simulaciones y una prueba con carga, que el sistema desarrollado cumple con todas las funciones necesarias para llevar a cabo el proceso de secado.**
- 2. Se desarrolló un sistema que se puede adaptar fácilmente a los actuales tableros eléctricos existentes, esto es importante porque la renovación del sistema de control y monitoreo debe realizarse de una forma rápida, segura y económica.**
- 3. Se implementó pantallas para administrar el registro de curvas de los lotes horneados, y también para administrar las recetas de secado, esto fue posible ya que el software Indusoft puede interactuar con una base de datos de Access. En el sistema actual es necesario utilizar el programa Excel para administrar las curvas y recetas, en el sistema propuesto todo esto se puede realizar fácilmente desde el mismo SCADA.**
- 4. Se demostró mediante técnicas de selección que el PAC propuesto cumple con los requisitos necesarios para implementar el nuevo sistema de control.**
- 5. Se calculó los parámetros PID de un controlador de procesos mediante el método de Curva de Reacción de Ziegler - Nichols, estos parámetros servirán como punto de partida para la sintonización definitiva del controlador.**
- 6. Se realizó una evaluación de costos donde se demostró que el sistema propuesto permite ahorrar hasta un 46% de la inversión inicial.**

RECOMENDACIONES

- 1. El PAC deberá tener una puesta a tierra independiente a los circuitos de fuerza, para evitar interferencias y daños al sistema de control. Además el sistema de control deben contar con una línea estabilizada proveniente de un UPS, que suministre energía al PAC para no perder los parámetros configurados por el operador.**
- 2. Se recomienda revisar semanalmente el aislamiento térmico de los hornos, ya que una pérdida de calor excesiva podría generar problemas en el control de temperatura.**
- 3. Se recomienda revisar semanalmente las fotoceldas de los quemadores ya que al estar con suciedad podrían enviar un dato erróneo al sistema de control.**
- 4. El PAC debe contar siempre con un sistema de ventilación adecuado, de no ser así se podría dañar la memoria flash que es donde se almacena la lógica de control.**
- 5. Es recomendable tener un backup de la programación del PAC y de ser posible se debe contar con un PAC de backup, esto para tener una reposición rápida del sistema en caso se presente algún inconveniente.**
- 6. Se recomienda utilizar el SCADA Indusfot para integrar todos los sistemas automatizados de las líneas de producción de Soldexa, como fajas transportadoras, medidores de energía, etc.**
- 7. El sistema propuesto puede fácilmente integrarse al sistema ERP de la empresa, lo cual podría darle mayores prestaciones a la empresa tales como el control de producción, trazabilidad de lotes, etc.**

BIBLIOGRAFÍA

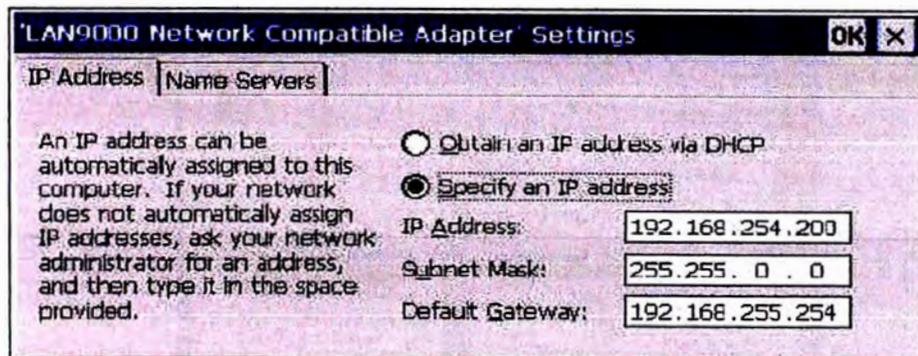
1. **CREUS SOLÉ, ANTONIO (2006). Instrumentación Industrial. 6ta Edición. Alfayomega.**
2. **AMERICAN NATIONAL STANDARD (1992). Instrumentation Symbols and Identification ANSI/ISA-S5.1-1984 (R1992).**
3. **PULIDO ÁLVAREZ, GUSTAF DIMITRI. Redes de Comunicaciones Industriales. Instituto de Investigación y Desarrollo de Tecnologías Aplicadas "IIDTA"**
4. **MENDIBURU DÍAZ, HENRY. Sistemas SCADA. Hamdtronix**
5. **BALCELLS J., ROMERAL, J.L. Automatas programables. Ed. Marcombo**
6. **MANUEL JIMÉNEZ BUENDÍA. Protocolo Modbus. Universidad Politécnica de Cartagena.**
7. **INDUSOFT. Users Guide and Technical Reference Manual for InduSoft Web Studio Version 6.1 SP4.**
8. **ARIAN S.A. (2003). Como sintonizar un control PID.**

ANEXOS

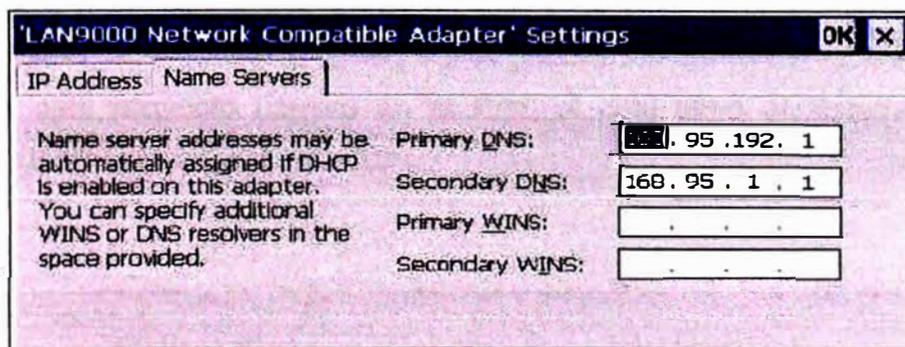
ANEXO N°1: CONFIGURACIÓN DE RED EN EL PAC

A continuación se muestra el procedimiento para realizar las configuraciones de red en el PAC

- (a) En el sistema operativo Windows CE del PAC Seleccionar Start → Settings → Network and Dial_up Connections.
- (b) Hacer doble clic en el ícono LAN90001 para abrir la ventana de diálogo "LAN9000 Network Compatible"



- (c) Especifique una dirección IP, máscara de subred y una compuerta de enlace para el PAC.
- (d) En la pestaña "Name Servers" ingrese el DNS Primario, DNS Secundario, WINS Primario y WINS Secundario.



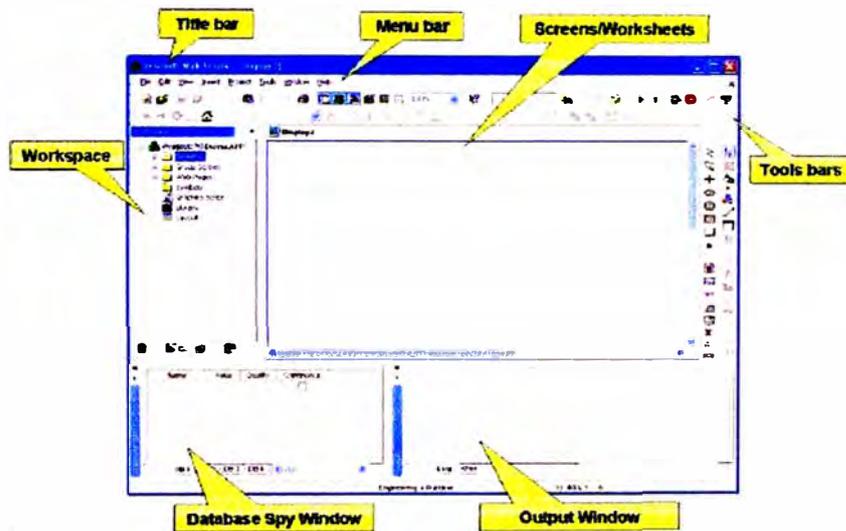
- (e) Clic en OK

ANEXO N°2: DESARROLLO DEL PROYECTO EN IWS

A continuación se describe los pasos a seguir para desarrollar la interfaz gráfica y las configuraciones necesarias:

(a) Crear un proyecto en el IWS.

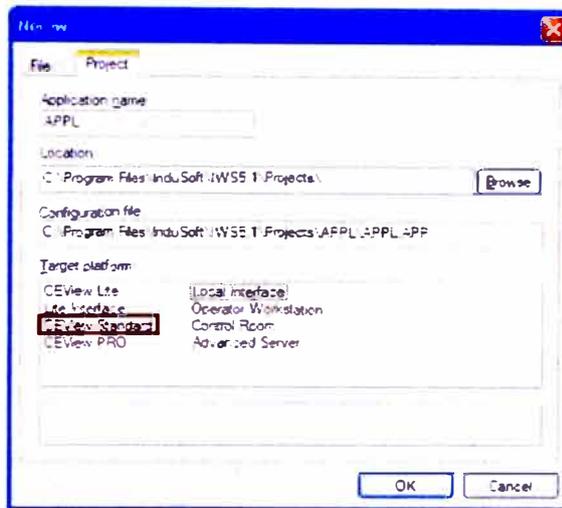
i. Ingresar al ambiente de desarrollo del IWS



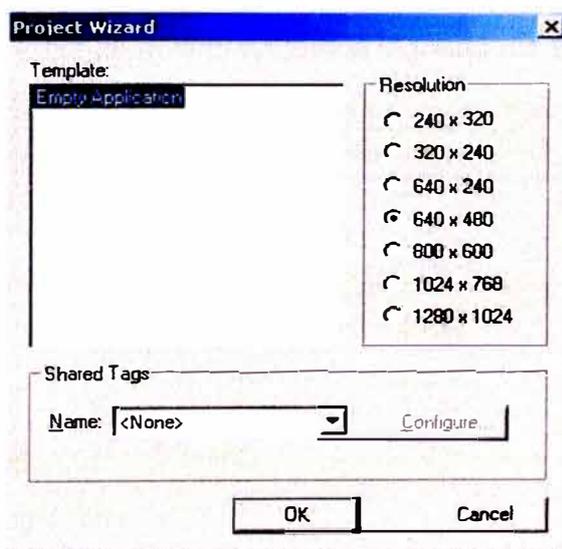
ii. Configurar las características del proyecto

Desde la barra de menú, seleccionar File→New

Cuando se muestre la ventana New, ingrese los principales datos del proyecto, es importante configurar la plataforma como CView Standard ya que este proyecto correrá en el PAC el cual tiene el sistema operativo Windows CE.



Luego se debe elegir la resolución que tendrán las pantallas del SCADA.



Finalmente la nueva aplicación se mostrará en la ventana de trabajo.



(b) Creando los variables del programa

Un tag es una variable que almacena un valor. Se puede crear tags en cualquier momento, durante el desarrollo de la aplicación. Los tag se crean en la carpeta Application Tags.



- Luego aparecerá una tabla en la cual debemos ingresar los tags definidos en el apartado 4.2.4

	Name	Size	Type	Description	Scope
1	H9_tpo_electrodo_lista	0	String		Server
2	H9_TC_SP	0	Integer		Server
3	H9_TC_Tsink	0	Integer		Server
4	H9_TC_MV	0	Integer		Server
5	H9_TC_PV2	0	Integer		Server
6	H9_TC_Tsink_elapsed	0	Real		Server
7	H9_TC_PIDxPb	0	Integer		Server
8	H9_TC_PIDxTi	0	Integer		Server
9	H9_TC_PIDxTd	0	Integer		Server
10	H9_PI_tdl1	0	Real		Server
11	H9_PI_tdl2	0	Real		Server

(c) Configurar las pantallas y gráficos.

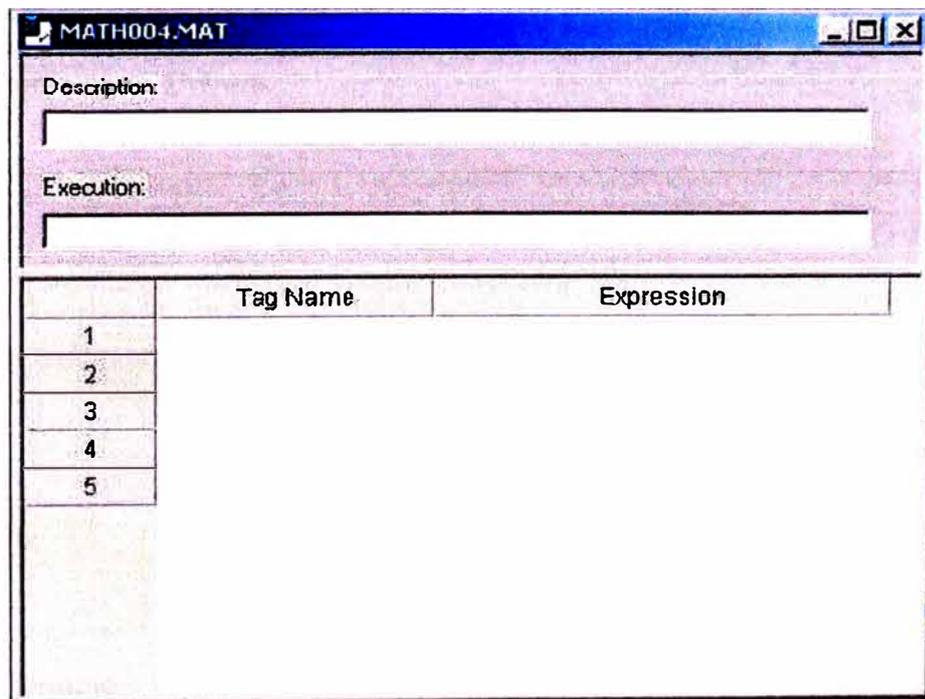
- Para crear una nueva pantalla hacemos clic en la pestaña "Graphic", luego presionamos clic derecho en la carpeta "Screens" y seleccionamos insertar.
- Una vez creada la nueva pantalla, utilizaremos las herramientas gráficas del IWS para crear las pantallas de nuestro proyecto.



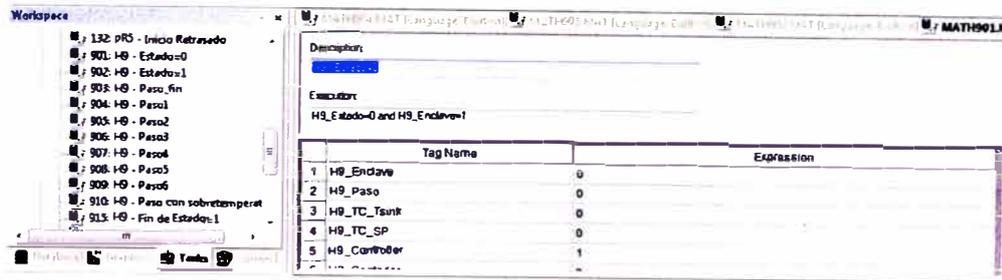
(d) Configurando las tareas Math

Estas tareas nos ayudarán a ingresar la lógica de control. Para esto debemos seguir los siguientes pasos.

Hacer clic – derecho en la carpeta Math e insertar un nuevo WorkSheet Math.

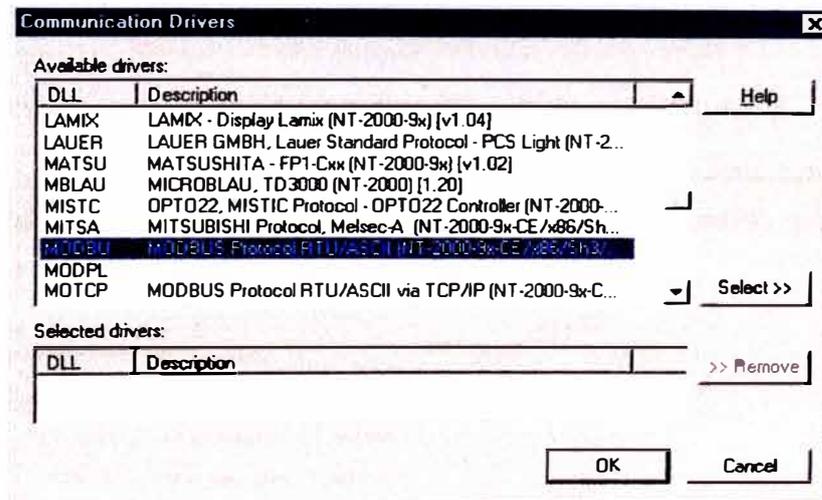


Luego ingresamos las condiciones y actividades definidas en el GRAFSET

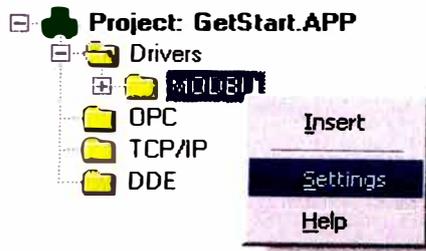


(e) Configurando el protocolo Modbus

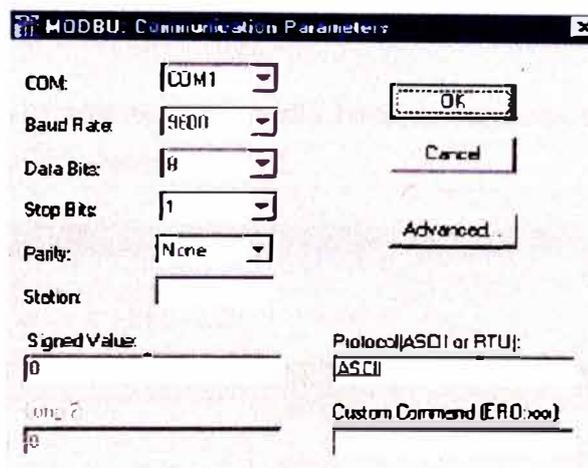
- IWS Run-time puede trabajar con entradas y salidas adquiridas desde un PLC o desde otro dispositivo de entrada salida. Para esto debemos configurar el driver del protocolo que vamos a usar. A continuación se describen los pasos más importantes para esta configuración.
- En el Workspace, seleccione "Comm tab" y hacemos clic derecho en el folder de Drivers.
- Luego seleccionar Add/Remove driver y se mostrará la ventana The Communications Drivers.



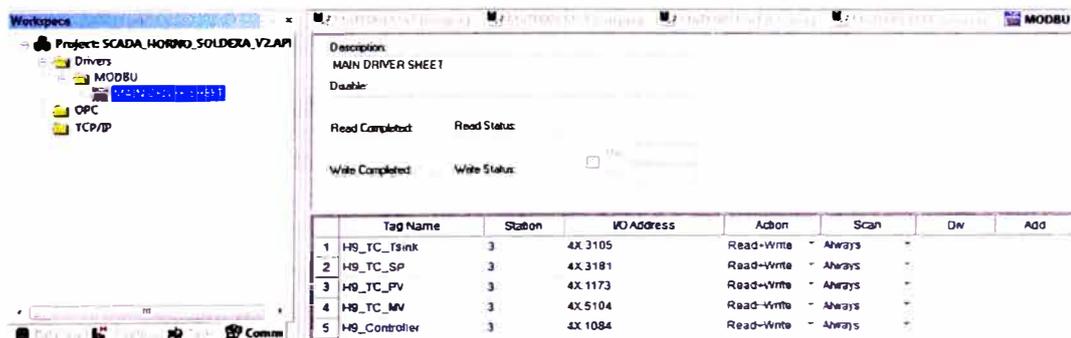
- Seleccionamos el driver MODBUS-RTU Protocol, luego hacemos clic en el botón "Select".
- Agregamos una sub carpeta en la carpeta MODBU



- Hacemos clic en "Settings" y se mostrará la ventana de Communication Parameters.

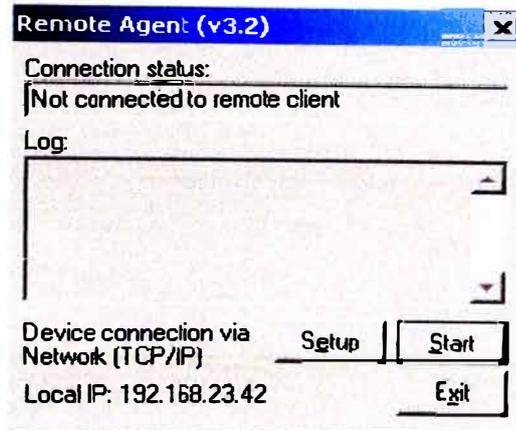


- Luego configuramos los parámetros descritos en el apartado 4.4.3.
- Finalmente ingresamos los parámetros Modbus que deseamos incluir en nuestra aplicación. Esto depende del mapeo de variables que utiliza el controlador PMA.

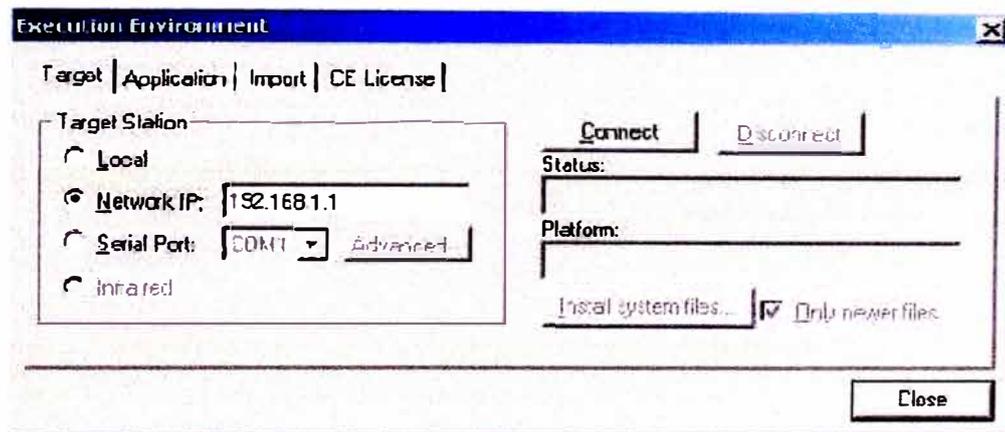


(f) Cargando el programa al PAC mediante ETHERNET.

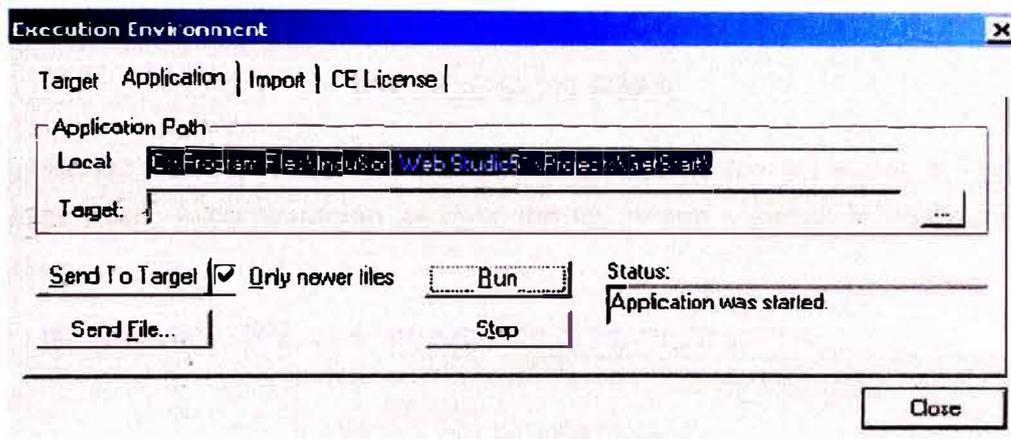
- Debemos correr el programa CEServer.exe desde el PAC



- Luego ingresamos al agente remoto del IWS seleccionando Start → InduSoft Web Studio → InduSoft Remote Agent.



- Especificamos el número IP asignado al PAC.
- Luego hacemos clic en conectar
- Una vez conectado al PAC, desde la pestaña Application seleccionamos el botón Send To Target, esto hará que el programa desarrollado en la PC se cargue en el PAC.

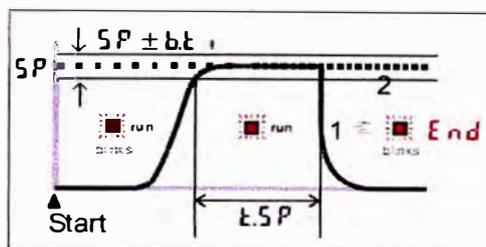


- Finalmente hacemos clic en RUN y la aplicación con la lógica de control incluida estará corriendo en el PAC.

ANEXO N°3: PROGRAMACIÓN DE CONTROLADORES DE PROCESOS PMA

La configuración de estos controladores se realizará a través del software BlueControl de la marca PMA. A continuación se describe los pasos a seguir la configuración del controlador:

(a) Modo de operación: N°2, que corresponde al siguiente gráfico



- (b) Configurar la entrada de la variable de proceso en el tipo termocupla tipo J.
- (c) Configurar la salida tipo relé para los hornos a diesel y en 4-20 mA para los hornos eléctricos.
- (d) Configurar los siguientes parámetros de comunicación para el protocolo Modbus.
- Tasa de transmisión: 9,600 bps (baud rate)
 - Time out: 500 ms.
 - Bits de datos: 8 bits
 - Bits de parada: 1 bit
 - Paridad: No
 - Dirección del nodo: Según el número de esclavo

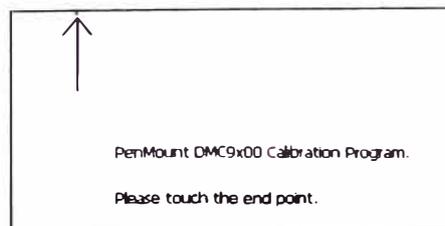
ANEXO N°4: CONFIGURACIÓN DEL MONITOR TOUCH SCREEN ADP-1080

Para realizar la configuración de este HMI se debe conectar el cable VGA del monitor al puerto VGA del PAC, luego podremos observar las pantallas de Windows CE que corre en el PAC. Para usar las características Touch Screen del monitor debemos configurar el software Penmount contenido en el PAC. Para esto se debe seguir los siguientes pasos:

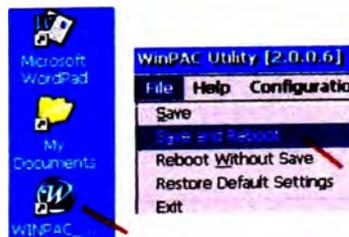
- (a) Instalar el driver penmount_usb_touch_v20081023.cab en el sistema operativo Windows CE del PAC.
- (b) Ingrese al programa de calibración



- (c) Luego seleccione los puntos indicados en la pantalla con el lápiz incluido en la caja del monitor.



- (d) Finalmente guarde y reinicie el PAC.



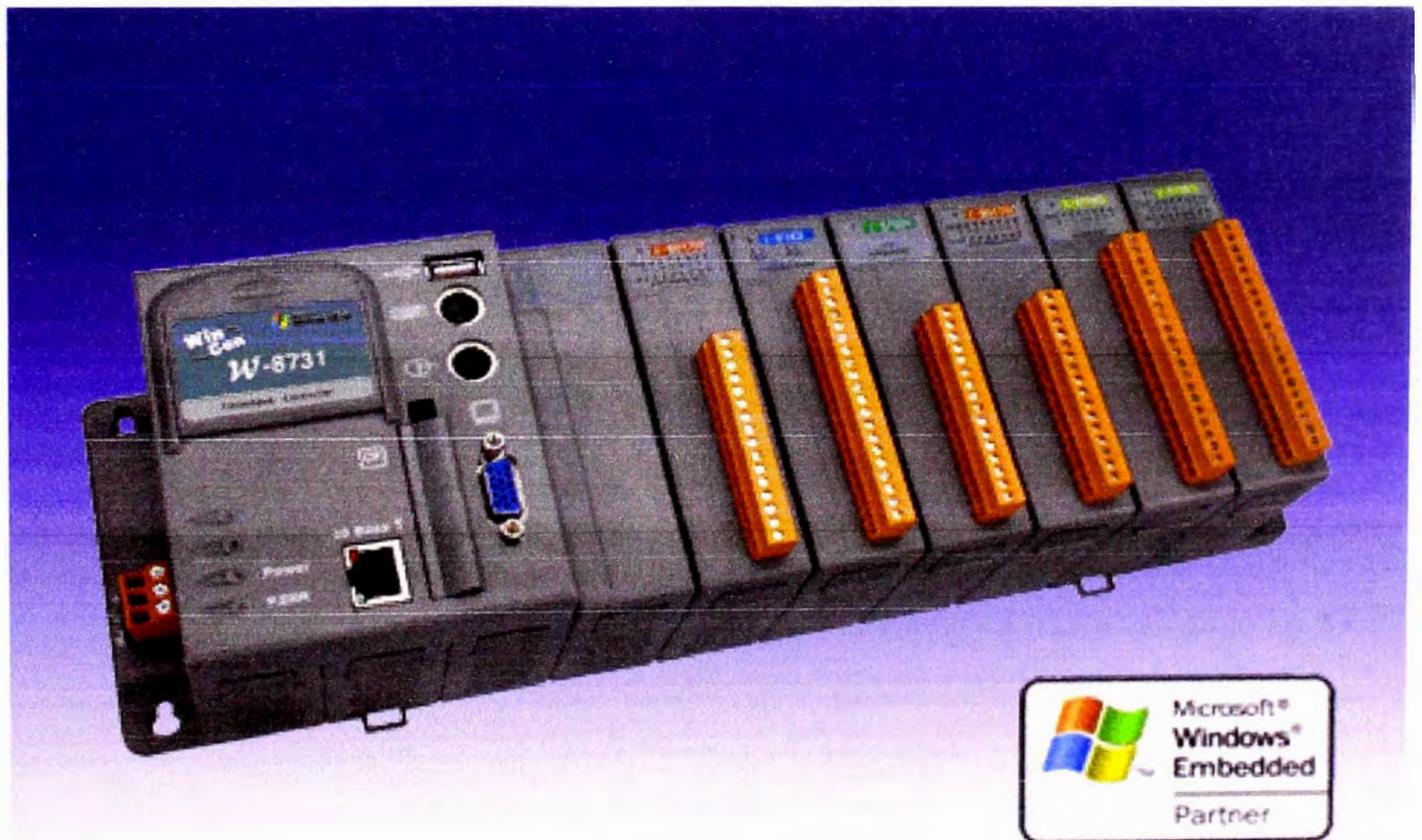
ANEXO N°5: MANUAL DE USUARIO - PAC WINCON 8000

WinCon 8000

Compact Embedded Controller

Hardware User's Manual

REV 1.2.001
2007/9/14



Warranty

All products manufactured by ICP DAS are warranted against defective materials for a period of one year from the date of delivery to the original purchaser.

Warning

ICP DAS assumes no liability for damages consequent to the use of this product. ICP DAS reserves the right to change this manual at any time without notice. The information furnished by ICP DAS is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by ICP DAS for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties resulting from its use.

Copyright

Copyright 2003 by ICP DAS. All rights are reserved.

Trademark

The names used for identification only maybe registered trademarks of their respective companies.

Table of Contents

1. INTRODUCTION	4
1.1 PACKAGE LIST.....	4
1.2 WINCON8000 SERIES.....	5
1.3 CONTENTS OF CD AND CF MEMORY CARD.....	8
2. HARDWARE INFORMATION	9
2.1 FRONT VIEW OF WINCON8000	9
2.2 SPECIFICATIONS	11
3. APPLICATIONS.....	12
3.1 WINCON-8X3X.....	12
3.2 WINCON-8X4X.....	13
4. QUICK START	14
5. MECHANICAL INFORMATION	16
5.1 DIMENSIONS.....	16
5.2 DIN-RAIL MOUNTING.....	16
5.3 WALL MOUNTING.....	17
5.4 CONTROLLER COVER.....	17

1. Introduction

1.1 Package List

Package List

In addition to this manual, the package includes the following items:

- One set of WinCon8000 hardware
- One Compact Flash Memory Card for storing system files
- One hardware user's manual (this manual)
- One software utility CD with Software User's Manual included
- One Null Modem cable (CA-0910N) (For WinCon-833X, 834X , 873X, 874X only)

Note

If any of these items are missing or damaged, contact the local distributors for more information. Save the shipping materials and cartons in case you want to ship in the future.

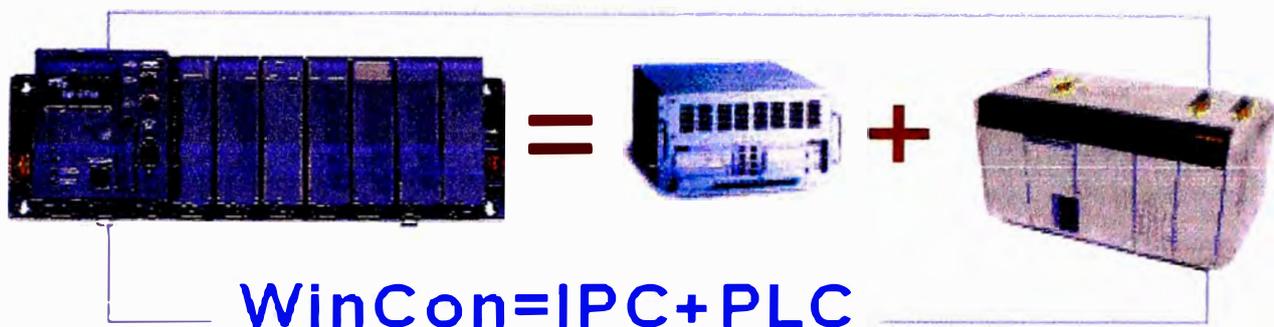
It is recommended to read **README.TXT** firstly. The **README.TXT** is given in the **CD\README.TXT**. Some important information are provided in **CD\README.TXT**

Ordering Information

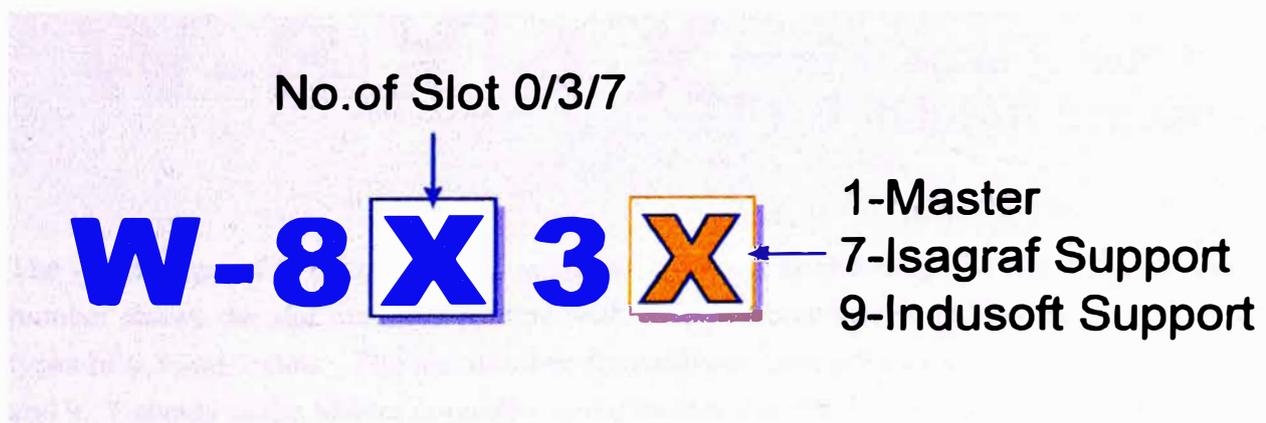
Call distributor for details.

1.2 WinCon8000 Series

The Wincon-8000 is the flagship compact embedded controller manufactured by ICPDAS. Its leading technology gives you all of the best features of both traditional PLCs and Windows capable PCs. The WinCon-8000 system is powered by Windows CE.NET and brings Windows programming style and skill into the world of PC-based PLC. The application developers can directly develop their own programs in Microsoft's Visual Studio .NET and Embedded Visual tools with WinCon SDK, and then download them into WinCon-8000 for application. Or, they can port their favorite SCADA software onto WinCon-8000 for more ease of application development. For the SCADA application, we also provide a product model embedded with InduSoft Web Studio run-time version to meet your need.



1.2.1 WinCon-8x3x

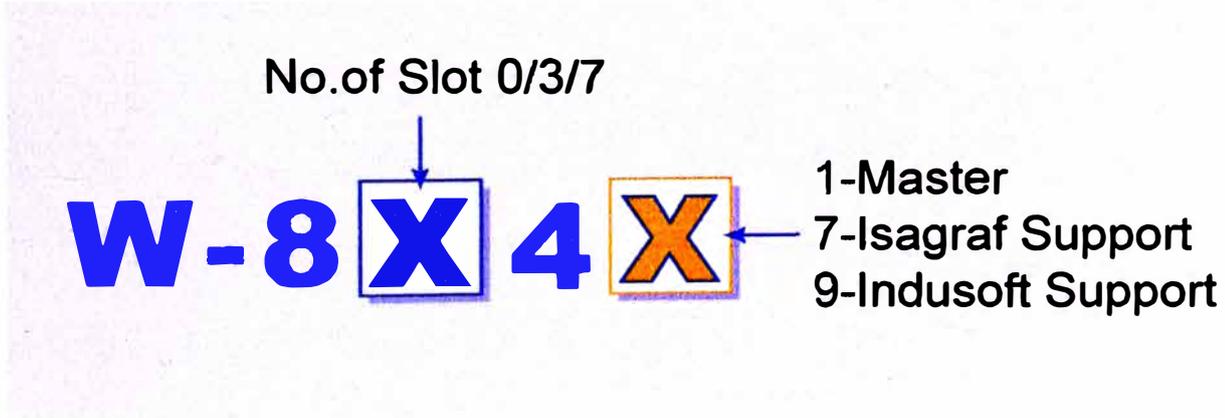


The model type of WinCon-8000 is ruled as W-8X3X, as shown in the above figure. The Second number shows the slot numbers coming with the main controller unit. Currently, we provide two type of 0, 3 and 7 slots. The last number demonstrates the application platform, which include 1, 7 and 9. 1 stands as the Master controller and it means user need to design the application program by themselves. The number 7 indicates the IsaGraf SoftPLC application platform and that means user

can develop and run the SoftPLC program within the controller. The number 9 provides the SCADA application platform with InduSoft Web studio Run-time version on the system. And that means client can use the development tool of InduSoft Web studio to develop the application and download it on the controller for application. For more detail products specification, please refer to the following product model table.

Model	Description	CPU Speed	Embedded OS	Slot	Flash	SDRAM	Peripherals
W-8031 W-8331 W-8731	Embedded Controller	206MHz	Windows CE .NET	0 3 7	32 Mbyte	64Mbyte	10BaseT Ethernet Portx1 VGA Portx1 CF Slotx1 USBx1 PS/2 Keyboardx1 PS/2 Mousex1 RS-232x1 RS-485x1 FRnetx1(Optional)
W-8037 W-8337 W-8737	ISaGRAF Embedded Controller	206MHz	Windows CE .NET	0 3 7	32 Mbyte	64Mbyte	
W-8039 W-8339 W-8739	InduSoft Embedded Controller	206MHz	Windows CE .NET	0 3 7	32 Mbyte	64Mbyte	

1.2.2 WinCon-8x4x



The model type of WinCon-8000 is ruled as W-8X4X, as shown in the above figure. The Second number shows the slot numbers coming with the main controller unit. Currently, we provide three types of 0,3 and 7 slots. The last number demonstrates the application platform, which include 1, 7 and 9. 1 stands as the Master controller and it means user need to design the application program by themselves. The number 7 indicates the IsaGraf SoftPLC application platform and that means user can develop and run the SoftPLC program within the controller. The number 9 provides the SCADA application platform with InduSoft Web studio Run-time version on the system. And that means client can use the development tool of InduSoft Web studio to develop the application and download it on the controller for application. For more detail products specification, please refer to the following product model table.

Model	Description	CPU Speed	Embedded OS	Slot	Flash	SDRAM	Peripherals
W-8041 W-8341 W-8741	Embedded Controller	206MHz	Windows CE .NET 4.1	0 3 7	32 MB	64MB	10/100BaseT Ethernet Portx2 VGA Portx1 CF Slotx1 USBx2 RS-232x1 RS-485x1 FRnetx1(Option)
W-8047 W-8347 W-8747	ISaGRAF Embedded Controller	206MHz	Windows CE .NET 4.1	0 3 7	32 MB	64MB	
W-8049 W-8349 W-8749	InduSoft Embedded Controller	206MHz	Windows CE .NET 4.1	0 3 7	32 MB	64MB	

1.3 Contents of CD and CF memory card

CD :

- WinCon8000 SDK
- WinCon Utilities
- Source code of demo programs
- Software User's Manual
- InduSoft User's Manual

References are given in ReadMe.txt in the CD

CF memory card (default is 128 Mbytes):

- WinCon8000 System files
- WinCon Utilities
- Demo programs
- InduSoft system(for W-8739/W-8339 only)
- Directories for FTP server and Http server

References are given in Software User's Manual bundled CD

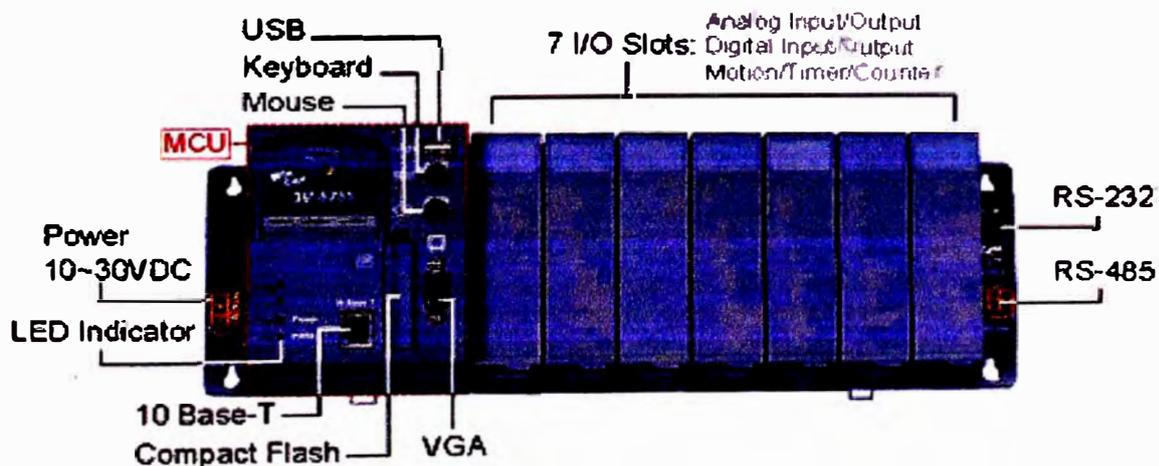
2. Hardware Information

The WinCon 8000 system competes in performance with Industrial PCs, but lower in price. The system provides VGA and PS/2 keyboard/mouse for local visualization and management. User control programs and data can be saved in persistent storage via Compact Flash and USB interfaces. Also, it does have communications capability via the built-in Ethernet and RS 232/485 interfaces

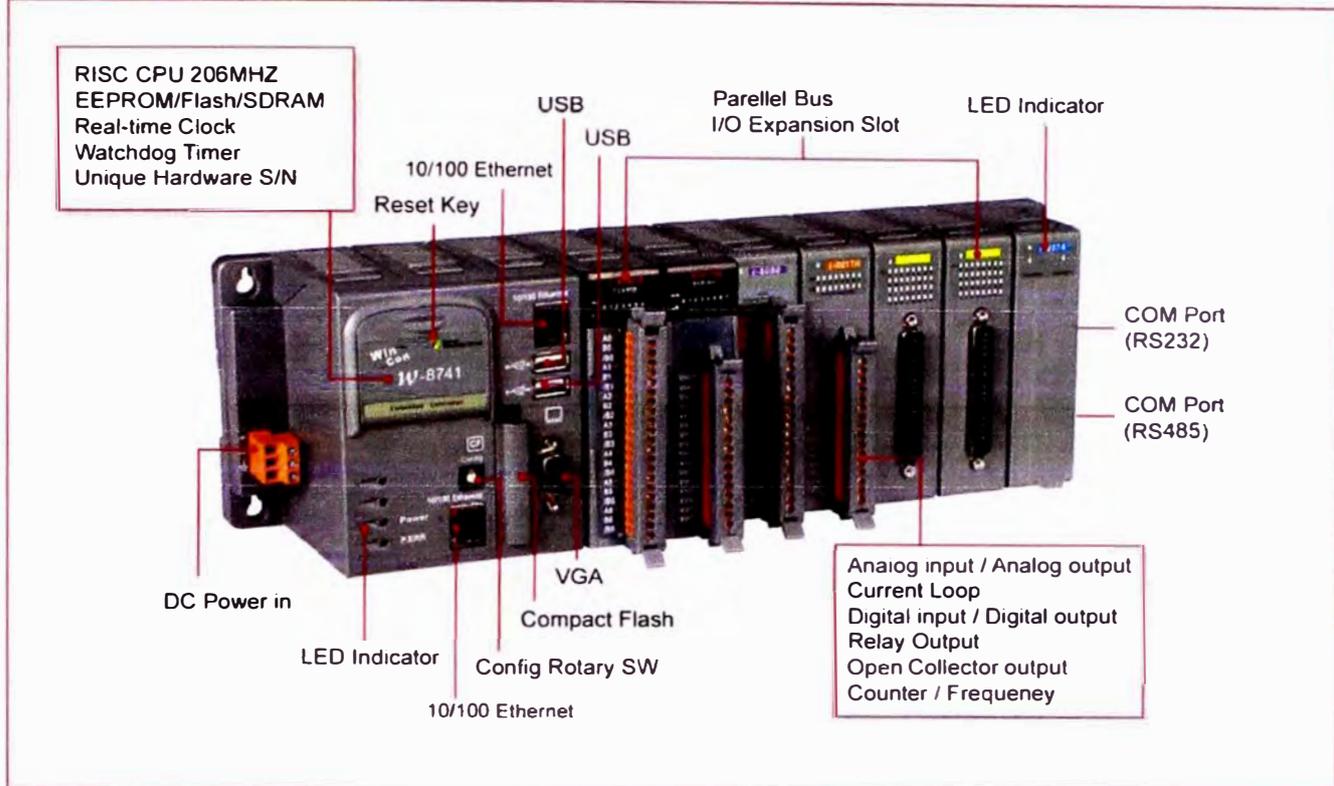
2.1 Front View of WinCon8000

The following figure demonstrates the hardware system of WinCon8000. it includes the main controller with HMI, serial communication, FR net interface and I/O expansion interface.

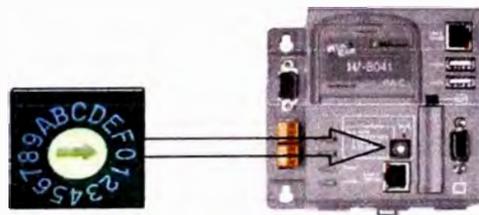
2.1.1 WinCon-8x3x front view



2.1.2 WinCon-8x4x front view



2.1.2.1 Definition of Rotary SW (for W-8x4x only)



Position	Mode
0	Normal Mode
1	Clear Registry
2	OS updated by PB
3~7	Reserved
8-F	User defined

Always keep rotary SW at “0” position (normal mode), except :

- To clear registry, rotate to “1” position and power on WinCon then wait for 3 sec , WinCon will recover its registry to factory (default) setting.
- If user wants to update OS image by platform builder, please rotate to “2” position.

For detail, please refer to WinCon Getting Start user manual.

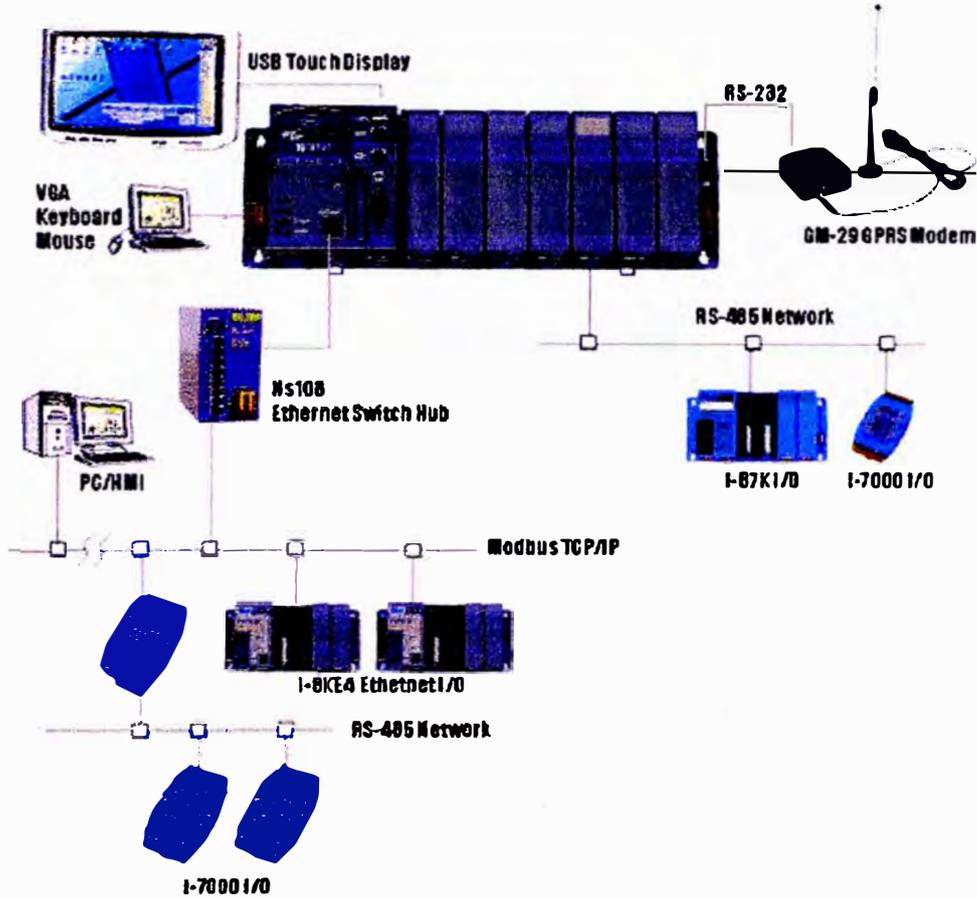
2.2 Specifications

Main Control unit	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Intel Strong ARM CPU, 206 MHz ■ SRAM : 64M bytes ■ Flash RAM : 32M bytes ■ EEPROM : 16K bytes ■ 64-bit hardware unique serial number ■ Built-in Watchdog Timer ■ Real Time Clock 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 1 VGA port : 320x240x16 to 1024x768x16 Default is 640x480x16 ■ 1 Compact Flash slot : CF memory card ■ Reset button ■ Power LEDs
W-8X3X	W-8X4X
<ul style="list-style-type: none"> ■ 2 PS/2 port : Keyboard and Mouse ■ USB 1.1 Host x 1 ■ 10 Base T : NET2000 compatible 	<ul style="list-style-type: none"> ■ USB 1.1 host x 2 ■ 10/100 Base T x 2
Cabinet	
<ul style="list-style-type: none"> ■ COM0: Internal use ■ COM1: Serial Control for 87k Series ■ COM2: RS-232 ■ COM3: RS-485 ■ FRnet(option) ■ I/O Expansion Slot : 3 - slot for W-83X1 7 - slot for W-87X1 	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Power Supply : 20W, Unregulated + 10Vdc +30Vdc 	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Environment : Operating Temp. : -25°C to + 75°C Storage Temp. : -30°C to +85°C ■ Humidity : 5~95% 	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Dimensions : 115.66x110x93.8(none slot) 230.25x110x93.8(3 slot) 354.26x110x93.8(7 slot) 	
<ul style="list-style-type: none"> ■ I/O module(optional) I-8000 series modules, which include DI,DO,AO,AI... I-87K series modules, which include DI,DO,AO,AI... I-7000 series modules, which include DI,DO,AO,AI... 	
<p>For more information please refer to relative catalog or http://www.icpdas.com</p>	

3. Applications

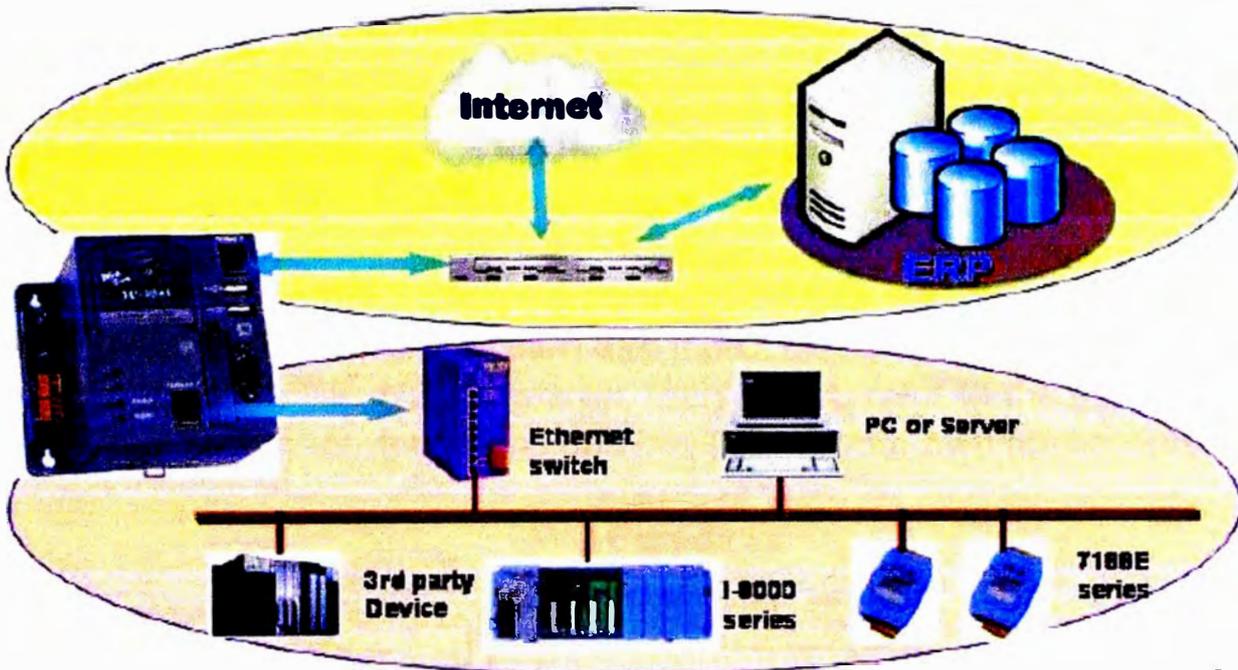
The following figure shows the general application area and structure.

3.1 WinCon-8x3x



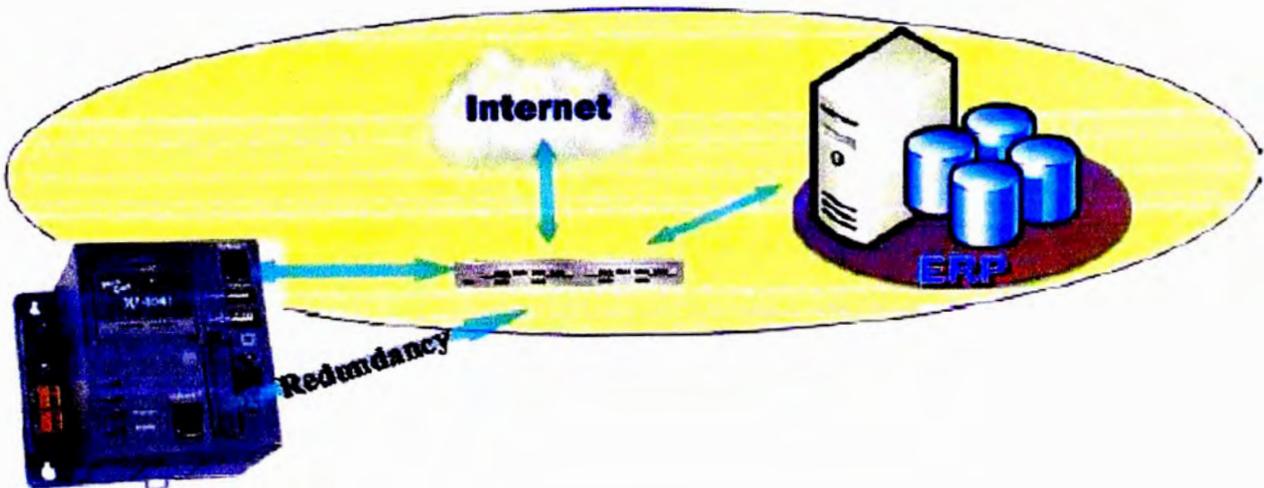
3.2 WinCon-8x4x

3.2.1 Network Isolation



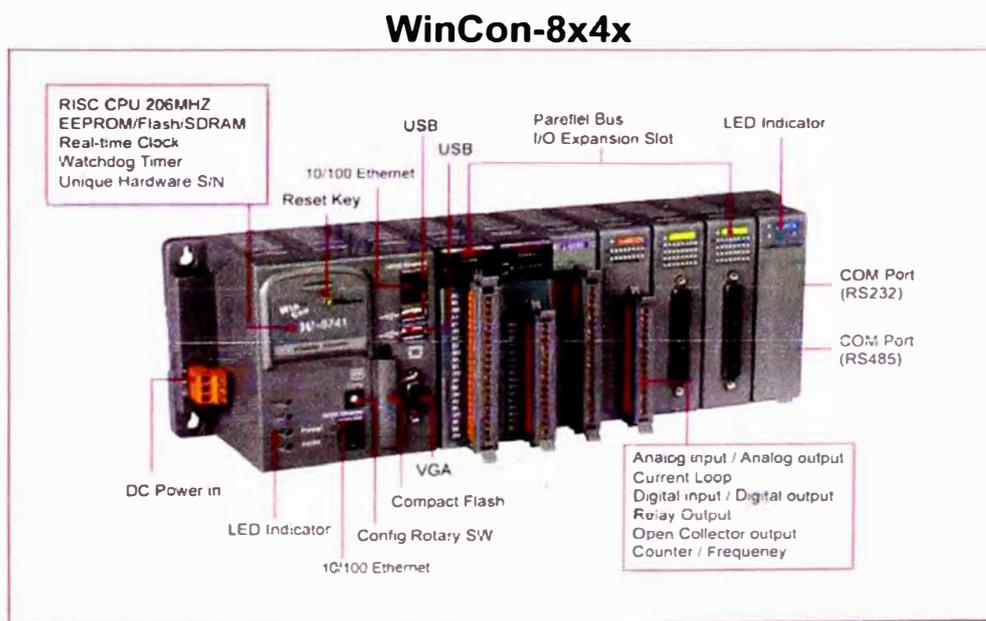
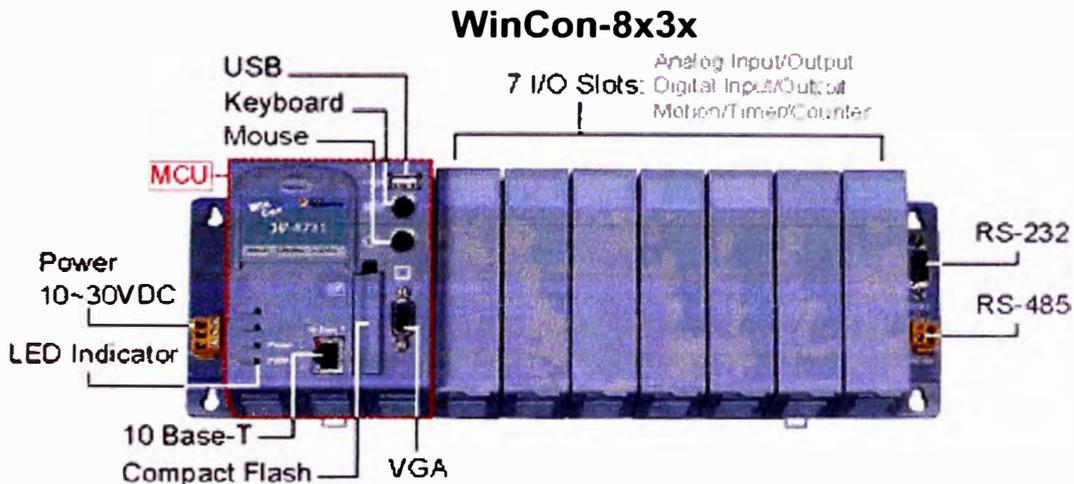
2

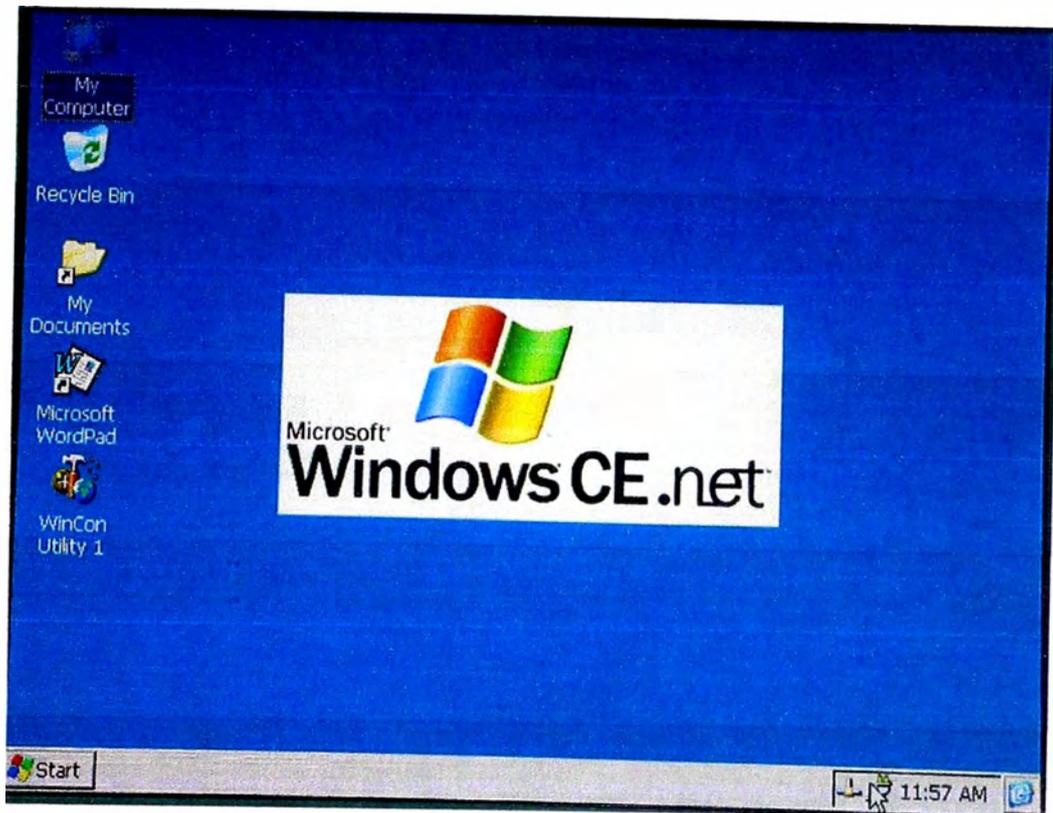
3.2.2 Network Redundancy



4. Quick Start

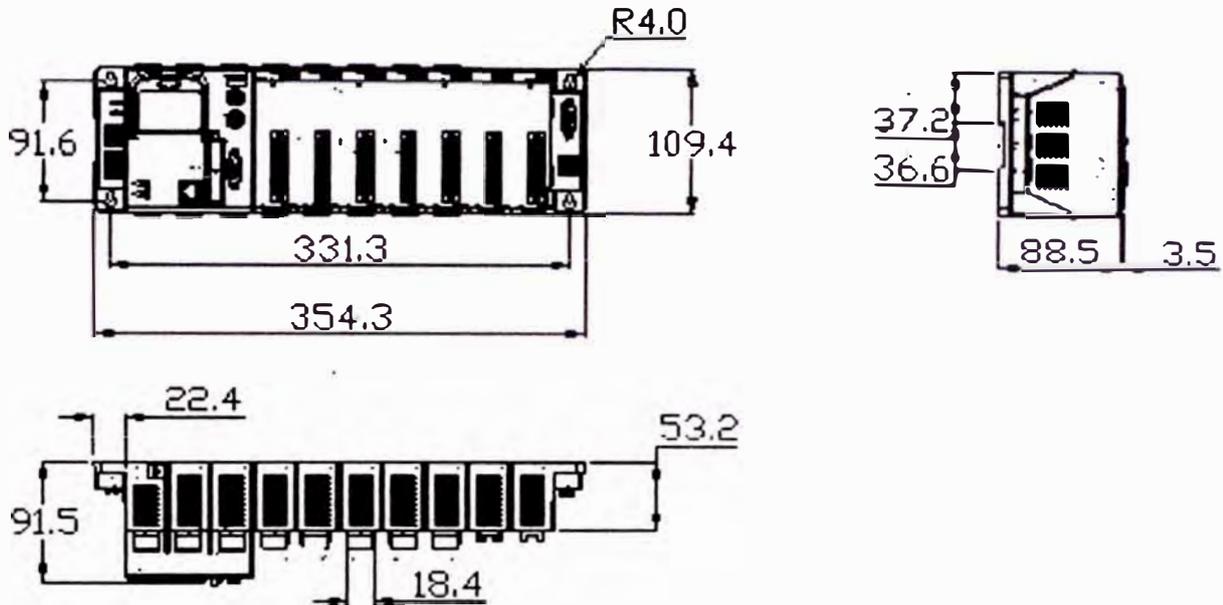
- Step 1. Insert the bundled CF memory card into the CF slot.
- Step 2. Plug in your PS/2 or USB keyboard and mouse.
- Step 3. Plug in your VGA monitor.
- Step 4. Connect your WinCon8000 to LAN
- Step 5. Insert your 8K/87K series I/O modules in slots of expansion cabinet.
- Step 6. Connect your COM ports in cabinet to your devices controlled by WinCon8000.
- Step 7. For W-8x4x, please make sure the rotary SW is at "0" position.
- Step 8. Connect to DC power and then turn it on.
- Step 9. The Windows CE .NET starts up, then please refer to the software user's manual for further operations and developing your own applications.



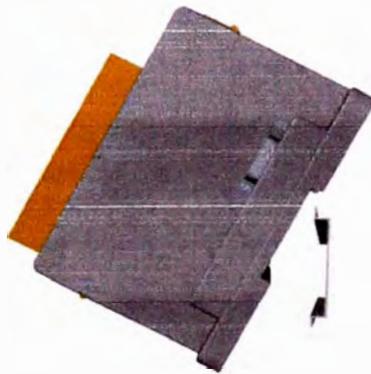


5. Mechanical Information

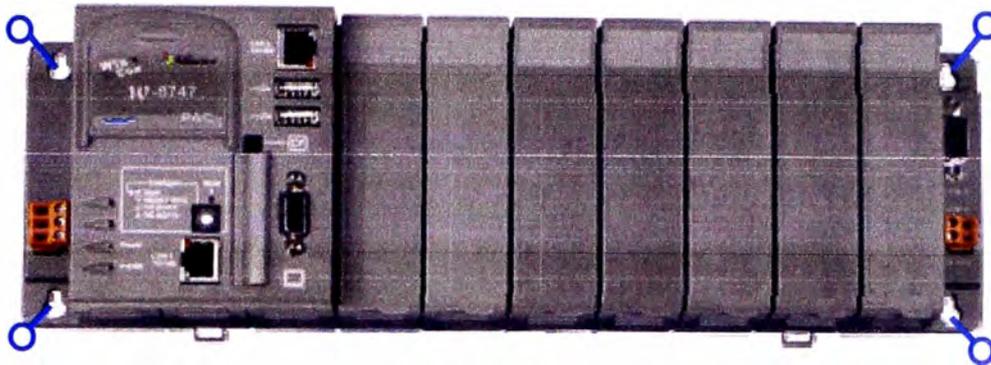
5.1 Dimensions



5.2 Din-Rail Mounting



5.3 Wall Mounting



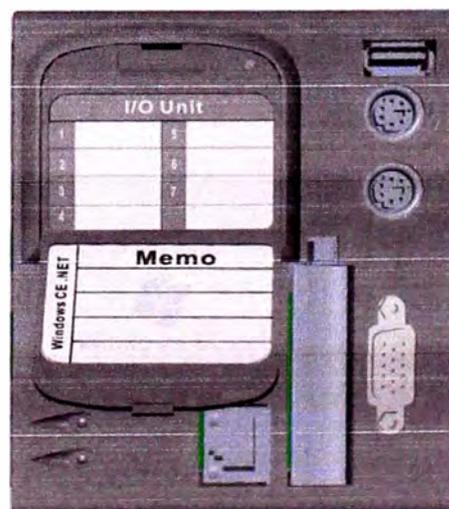
5.4 Controller cover

For safety and controller setting memo, WinCon8000 provides a main controller cover to protect the reset push button to be applied under the uncontrolled situation. And it also offers a expansion slot setting record area and others configuration memo area. The operation procedure is as below:

Step 1: Use hand to push the main controller cover and then pull-down the cover.

Step 2: Open the cover, as shown in the below figure.

The Expansion I/O setting record is right on the main controller unit. And the memo area is on the inside cover, as shown in below. Note that the reset key is on the right-up corner protected by the controller cover.



**ANEXO N°6: BROCHURE CONTROLADOR UNIVERSAL DE
PROCESOS KS 42**



KS 40-1 / 41-1/ 42-1 Universal Industrial Controller



BluePort® Front interface and BlueControl Software

Maintenance manager and error list

Three DIN sizes

Automatic/Manual key

Monitoring of heating current and input circuit

Timer and programmer

Extended limit signalling function with latch

Type tested to EN 14597 (replaces DIN 3440), cULus and GL

universal line

- ◆ Universal continuous/switching version, i.e. reduced stocks
- ◆ 100 ms cycle time, i.e. also suitable for fast control loops
- ◆ Customer-specific linearization for all sensors
- ◆ Freely configurable analog output, e.g. as process value output
- ◆ Settings can be blocked via password and internal switch for high security
- ◆ Extended temperature range up to 60 °C allows mounting close to the process
- ◆ Easy 2-point or offset measurement correction
- ◆ Emergency operation after sensor break by means of the „output hold“ function
- ◆ Logical combination of digital outputs, e.g. for general alarm
- ◆ Programmer with 4 segments and „end“ signal
- ◆ RS 422/485 Modbus RTU interface
- ◆ Built-in transmitter power supply
- ◆ Splash-water proof front (IP 65)

- Climatic chambers
- Heat treatment plants
- Sterilizers

DESCRIPTION

The universal temperature controller KS 4X-1 are intended for universal, precise, and cost-effective control tasks in all branches of industry. For this, the unit provides simple 2-point (on/off) control, continuous PID control, or 3-point stepping control. The process value signal is connected via a universal input. A supplementary analog input can be used for heating current measurement or as an external set-point input.

Every KS 4X-1 has three process outputs that can be 3 relays or 2 relays plus a universal output. This universal output can be used for operating a solid-state relay, a continuous current/voltage output or to energize a two-wire transmitter.

Plug-in module

KS 4X-1 controllers are built as plug-in modules. This enables them to be replaced very quickly without tools, and without disturbing the wiring.

Self-tuning

During start-up, the self-tuning function determines the optimum settings for fast line-cut without overshoot. With three-point controller configuration, the „cooling“ parameters are de-

termined separately, thus ensuring an optimum match to the process.

Display and operation

Clear informations are given by ten indicator LED's in the front panel that display operating mode, I/O states, and errors. The auto/manual key switches the controller into the manual mode directly, without lengthy operating sequences. If required, the direct switch over can be disabled or the key can be configured e.g. to start the internal timer. This results in a level of operational safety that is usually found only in controllers of a higher price category.

Front interface and Engineering Tools

Control parameter adjustment in seconds has now also been implemented in the KS 40 class of instruments. Via the BlueControl software incl. its simulation functions, and especially the convenient BluePort front panel interface, the required set-up for a specific control task can be determined without a detailed study of the operating instructions. Off cause almost all adjustments can be done comfortably over the instrument front. (see page 7, BlueControl)

Password protection

If required, access to the various operating levels can be protected with a password. Similarly, access to a complete level can be blocked.

APPLICATIONS

- Furnaces and ovens
- Burners and boilers
- Plastics processing
- Driers

TECHNICAL DATA

INPUTS

SURVEY OF THE INPUTS

Input	Used for:
INP1	x (process value)
INP2	Heating current, ext. set-point
di1	Operation disabled, switch-over to second set-point SP.2, external set-point SP.E, fixed output signal Y2, manual operation, controller off, disabled auto/manual key, reset stored alarms, timer start (Δ Y2)
di2 (option)	
di3 (option)	

PROCESS VALUE INPUT INP1

Resolution: > 14 bits
 Decimal point: 0 to 3 decimals
 Digital input filter: adjustable 0,000...9999 s
 Scanning cycle: 100 ms
 Measured value correction: 2-point or offset correction

Thermocouples (Table 1)

Input impedance: ≥ 1 M Ω
 Effect of source resistance: $1 \mu\text{V}/\Omega$

Cold junction compensation

Max. additional error ± 0.5 K

Sensor break monitoring

Sensor current: $\leq 1 \mu\text{A}$
 Operating sense configurable (see page 4)

Resistance thermometer

Connection: 3-wire
 Lead resistance: max. 30 Ω
 Input circuit monitor: Break and short circuit

Resistance measuring range

The BlueControl software can be used to match the input to the sensor KTY

Table 1 Thermocouple ranges

Thermocouple		Range		Accuracy	Resolution (\emptyset)
L	Fe-CuNi (DIN)	-100...900 °C	-148...1652 °F	≤ 2 K	0,1 K
J	Fe-CuNi	-100...1200 °C	-148...2192 °F	≤ 2 K	0,1 K
K	NiCr-Ni	-100...1350 °C	-148...2462 °F	≤ 2 K	0,2 K
N	Nicrosil/Nisil	-100...1300 °C	-148...2372 °F	≤ 2 K	0,2 K
S	PtRh-Pt 10%	0...1760 °C	32...3200 °F	≤ 2 K	0,2 K
R	PtRh-Pt 13%	0...1760 °C	32...3200 °F	≤ 2 K	0,2 K
	special		-25...75 mV	$\leq 0,1$ %	0,01 %

Table 2 Resistance transducers

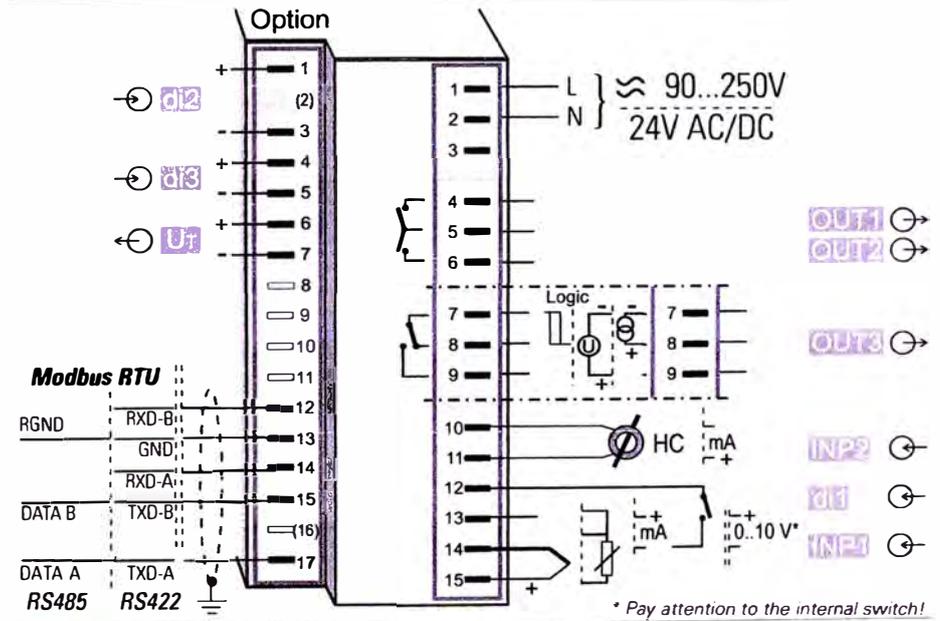
Type	Sensor current	Range		Accuracy	Resolution (\emptyset)
Pt 100	0,2mA	-200...100 (150)°C	-328...212 (302)°F		
Pt100		-200...850 °C	-328...1562 °F	≤ 1 K	0,1 K
Pt1000		-200...850 °C	-328...1562 °F	≤ 2 K	0,1 K
Resistance		4500 Ω		$\leq 0,1$ %	0,01 %

* The characteristic of a KTY 11-6 is preadjusted (-50...150°C)

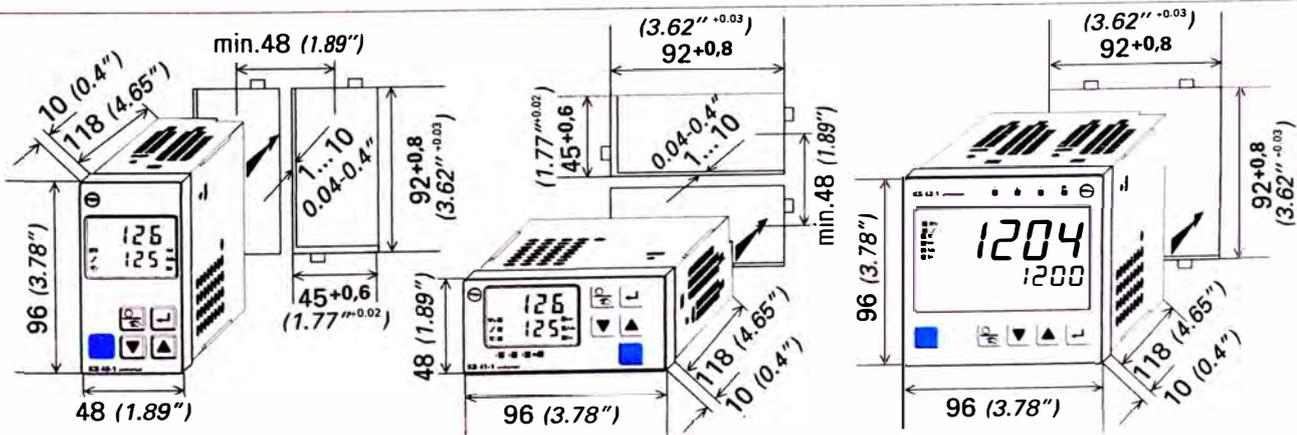
Table 3 Current and voltage

Range	Input resistance	Accuracy	Resolution (\emptyset)
0-10 Volt	≈ 110 k Ω	$\leq 0,1$ %	0,6 mV
0-20 mA	49 Ω (voltage requirement $\leq 2,5$ V)	$\leq 0,1$ %	1,5 μA

Electrical connections:



Dimensions (mm):



KS 40-1

KS 41-1

KS 42-1

KS 40-1 / KS 41-1 / KS 42-1

11-6 (characteristic is stored in the controller).

Physical measuring range: 0...4500 Ω
 Linearization segments: 16

Current and voltage signals

Span start: anywhere within measuring range
 end of span: measuring range
 Scaling: selectable -1999...9999
 Linearization: 16 segments, adaptable with BlueControl
 Decimal point: adjustable
 Input circuit monitor: 12,5% below span start (2mA, 1V)

SUPPLEMENTARY INPUT INP2

Resolution: > 14 bit
 Scanning cycle: 100 ms
 Accuracy: better 0,1 %

Heating current measurement

via current transformer

Measuring range: 0...50 mA AC
 Scaling: adjustable -1999..0,000..9999 A

Current measurement range

Input resistance: approx. 120 Ω
 Span: configurable within 0 to 20mA
 Scaling: adjustable -1999...9999
 Input circuit monitor: 12,5% below span start (4..20mA → 2mA)

CONTROL INPUT DI1

Configurable as direct or invers switch or push-button !
 Connection of a potential-free contact suitable for switching „dry“ circuits.

Switched voltage: 2,5 V
 Switched current: 50 μA

CONTROL INPUTS DI2, DI3 (OPTION)

Configurable as switch or push-button !
 Optocoupler input for active triggering

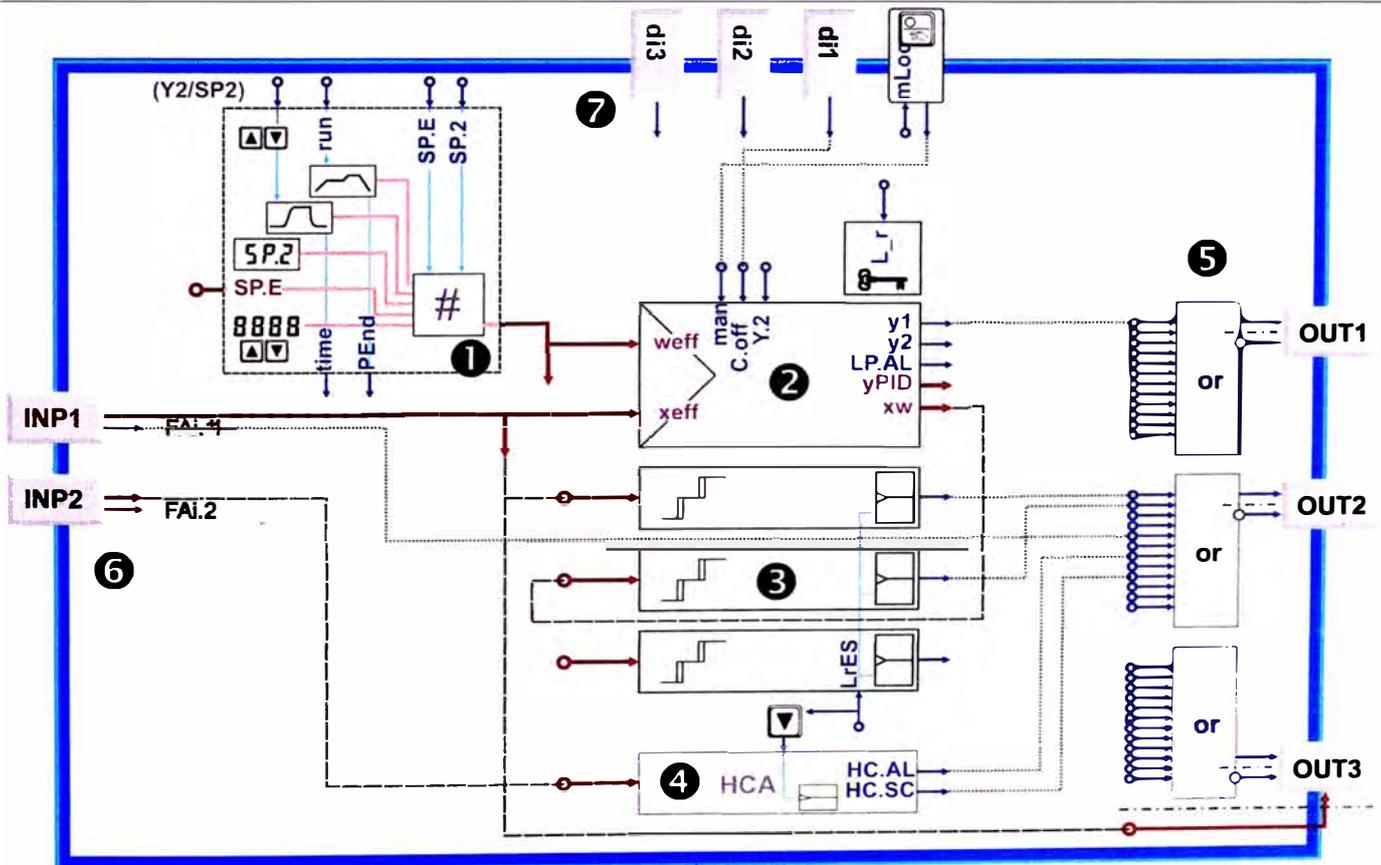
Nominal voltage: 24 V DC, external
 Current sink (IEC 1131 Type 1)
 Logic „0“: -3...5 V
 Logic „1“: 15...30 V
 Current requirement: approx. 5 mA

TRANSMITTER SUPPLY U (OPTION)

Output: 22 mA / ≥ 18 V

If the universal output OUT3 is used there may be no external galvanic connection between measuring and output circuits!

Example of the linkage of the internal functions:



- ① setpoint processing with programmer and timer
- ② controller function with loop monitoring
- ③ limit monitoring, configurable with latch and suppression
- ④ heating current monitoring
- ⑤ output processing with logic or-combination and inverting
- ⑥ analog inputs with logical sensor fail signal
- ⑦ digital inputs and [key]-key with lock function

OUTPUTS

SURVEY OF THE OUTPUTS

Output	Used for:
OUT1 OUT2 (relay)	Control output heating/cooling or Open/Close, limit contacts, alarms, timer or programmer End *
OUT3 (Relay or logic)	as OUT1 and OUT2
OUT3 (continuous)	Control output, process value, set-point, control deviation, transmitter supply 13 V / 22 mA

* All logic signals can be OR-linked !

RELAY OUTPUTS OUT1, OUT2

Contacts:	2 NO contacts with common connection
Max. contact rating:	500 VA, 250 VAC, 2A at 48...62 Hz, resistive load
Min. contact rating:	6 V, 1 mA DC
Duty cycle electric	for I = 1A/2A: ≥ 800,000 / 500,000 (at ~ 250V / (resistive load))

OUT3 USED AS RELAY OUTPUT

Contacts:	Potential-free changeover contact
Max. contact rating:	500 VA, 250 VAC, 2A at 48...62 Hz, resistive load
Min. contact rating:	5 V, 10 mA AC/DC
Duty cycle electric	for I = 1A/2A: ≥ 1,000,000 / 600,000 (at ~ 250V / (resistive load))

Note:

If the relays OUT1...OUT3 operate external contactors, these must be fitted with RC snubber circuits to manufacturer specifications to prevent excessive switch-off voltage peaks.

OUT3 AS UNIVERSAL OUTPUT

Galvanically isolated from the inputs.

Freely scalable

DA-converter limiting frequency T_{90} : 50 ms

Limiting frequency of the complete continuous controller: > 2 Hz

Resolution: 11 bits

Current output

0/4...20 mA, configurable.

Signal range: 0...approx. 21,5 mA

Load: ≤ 500 Ω

Load effect: 0,02 % / 100 Ω

Resolution: ≤ 22 μA (0,1%)

Error: ≤ 40 μA (0,2%)

Voltage output

0/2...10V, configurable

Signal range: 0...11 V

Load: ≥ 2 kΩ

Load effect: no Effect

Resolution: ≤ 11 mV (0,1%)

Error: ≤ 20 mV (0,2%)

OUT3 used as transmitter supply

Output: 22 mA / ≥ 13 V

OUT3 used as logic output

Load ≤ 500 W 0/≤ 20 mA

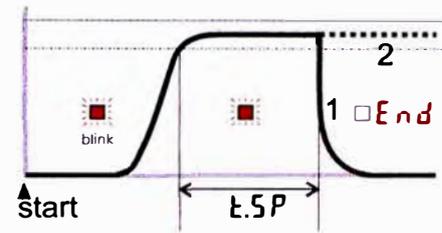
Load > 500 W 0/> 13 V

Galvanic isolations:

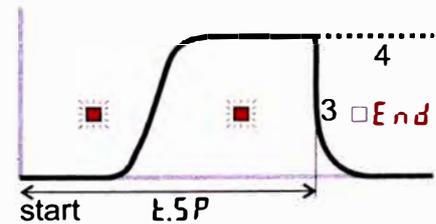
- Safety isolation
- Functional isolation

Mains supply	Process value input INP1 Supplementary input INP2 Digital input di1
Relay outputs OUT1,2	RS 422/485 interface
Relay output OUT3	Digital inputs di2, 3
	Universal output OUT3 Transmitter supply UT

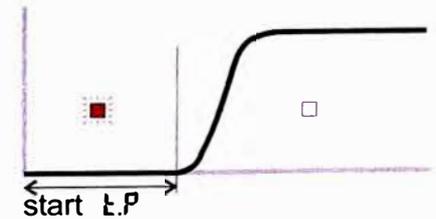
Timer modes 1 and 2



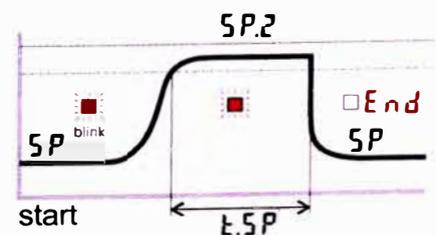
Timer modes 3 and 4



Timer mode 5



Timer mode 6



Display and operation:



FUNCTIONS

Control behaviour

- Signaler with adjustable switching differential (ON/OFF controller)
- PID controller (2-point and continuous)
- Delta / Star / Off or 2-point controller with switch over from partial to full load
- 2 x PID (heating/cooling, 3-point and continuous))
- 3-point stepping controller

Self-tuning control parameters or adjustable manually via front keys or BlueControl software.

Set-point functions

- Adjustable set-point gradient 0,01...9999 °C/min
- Set-point control
- Set-point/cascade control
- Program controller with 4 segments (set-point/section time)
- Timer

Timer

Time **t.5P** adjustable from 0,1 to 9999 min

Timer Start:

- Mains on
- Control input
- -key ($\Delta Y2$ switch-over)
- Direct adjustment of running time

Behaviour with sensor break or short circuit:

- Control outputs switched off
- Switch-over to a safe output value
- Switch-over to a mean output value

LIMIT SIGNALLING FUNCTIONS

Max., Min. or Max./Min. monitoring with adjustable hysteresis.

Signals which can be monitored:

- Process value
- Control deviation
- Control deviation with suppression during start-up or set-point changes
- Effective set-point
- Output signal Y

Functions

- Input signal monitoring
- Input signal monitoring with latch (reset via front key or digital input)

Several limit signals or alarms can be OR-linked before being output.

Applications: Release of a brake with motor actuators, general alarms, etc.

ALARMS

Heating current alarm

- Overload and short circuit
- Open circuit and short circuit

Limit value adjustable 0...9999 A

Control loop alarm

Automatic detection if there is no response of the process to a change of output value.

Sensor break or short circuit

Depending on selected input type, the input signal is monitored for break and short circuit.

MAINTENANCE MANAGER

Display of error signals, warnings, and latched limit messages in the error list. Signals are latched, and can be reset manually.

Possible signals in the error list:

Sensor break, short circuit, reversed polarity

Heating current alarm

Control loop alarm

Fault during self-tuning

latched limit messages

e.g. re-calibration warning

(If the adjusted operating hours are exceeded a message is displayed)

e.g. maintenance interval of actuator

(If the adjusted switching cycles are exceeded a message is displayed)

Internal fault (RAM, EEPROM, ...)

Flashing Error LED indicates active alarm in the error list:



OPERATION AND DISPLAY

Display

	KS40-1 / KS41-1	KS42-1
Process value:	10,5 mm LED	19 mm LED
Lower display:	7,8 mm LED	10,5 mm LED

POWER SUPPLY

Depending on version:

AC SUPPLY

Voltage:	90...260 VAC
Frequency:	48...62 Hz
Power consumption	approx. 7 VA

UNIVERSAL SUPPLY 24 V UC

AC voltage:	20,4...26,4 VAC
Frequency:	48...62 Hz
DC voltage:	18...31 V DC class 2
Power consumption:	approx: 7 VA (W)

BEHAVIOUR WITH POWER FAILURE

Configuration, parameters, and adjusted set-points, control mode: Non-volatile storage in EEPROM

BluePort FRONT INTERFACE

Connection of PC via PC adapter (see „Accessories“). The BlueControl software is used to configure, set parameters, and operate the KS 40-1.

BUS INTERFACE (OPTION)

Galvanically isolated	
Physical:	RS 422/485
Protocol:	Modbus RTU
Transmission speed:	2400, 4800, 9600, 19.200 bits/s
Address range:	00...99
Number of controllers per bus:	32
Repeaters must be used to connect more controllers.	

ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Protection modes

Front panel:	IP 65
Housing:	IP 20
Terminals:	IP 00

Permissible temperatures

For specified accuracy:	0...60°C
Warm-up time:	< 15 minutes
Temperature effect:	< 100ppm/K
For operation:	-20...65°C
For storage:	-40...70°C

Humidity

75% yearly average, no condensation

Shock and vibration

Vibration test Fc (DIN 68-2-6)

Frequency: 10...150 Hz
Unit in operation: 1g or 0,075 mm
Unit not in operation: 2g or 0,15 mm

Shock test Ea (DIN IEC 68-2-27)

Shock: 15g
Duration: 11ms

Electromagnetic compatibility

Complies with EN 61 326-1

- Complies with the immunity requirements for continuous, unattended operation
- Complies with the emission requirements class B for rural areas
- Surge disturbances may increase the measurement error

GENERAL

Housing

Material: Makrolon 9415,
flame-retardant

Flammability class: UL 94 VO, self-extinguishing

Plug-in module, inserted from the front

Safety tests

Complies with EN 61010-1 (VDE 0411-1):

Over voltage category II

Contamination class 2

Working voltage range 300 VAC

Protection class II

Certifications

Type tested to EN 14597 (replaces DIN 3440)

With certified sensors applicable for:

- Heat generating plants with outflow temperatures up to 120°C to DIN 4751
- Hot-water plants with outflow temperatures above 110°C to DIN 4752
- Thermal transfer plants with organic transfer media to DIN 4754
- Oil-heated plants to DIN 4755

cULus-certification

(Type 1, indoor use)

File: E 208286

Electrical connections

Depending on version:

- Flat-pin connectors 1 x 6,3 mm or 2 x 2,8 mm to DIN 46 244
- Screw terminals for conductor cross-section from 0,5 to 2,5 mm²

Mounting

Panel mounting with two fixing clamps at top/bottom or left/right
Close mounting possible

Mounting position: not critical
Weight: 0,27 kg (9.52 oz)

Accessories supplied with unit

Operating instructions
2 fixing clamps

ACCESSORY EQUIPMENT

BlueControl (Engineering Tool)

PC-based program for configuring, setting parameters, and operating (commissioning) the KS 40-1 controller. Moreover, all the settings are saved, and can be printed on demand.

Depending on version, a powerful data acquisition module is available, complete with trend graphics. Software requirements: Windows 95/98/NT/2000.

The built-in simulation serves to test the controller settings, but can also be used for general training and observing the interaction between controller and control loop.

Configurations that can only be implemented via the BlueControl software (not via the front-panel keys):

Two parameters are hidden:

Kürzel	Bezeichnung	Sichtbar
Setp	Sollwert	<input checked="" type="checkbox"/>
SP.L0	untere Sollwertgrenze	<input type="checkbox"/>
SP.Hi	obere Sollwertgrenze	<input type="checkbox"/>
SP.2	Zweiter Sollwert	<input checked="" type="checkbox"/>
r.SP	Sollwertgradient [/min]	<input checked="" type="checkbox"/>
t.SP	Timer-Haltezeit [min]	<input checked="" type="checkbox"/>

- Customer-specific linearizations
- Enable „forcing“ for inputs/outputs. Forcing allows to write the analog and digital inputs and outputs via Modbus interface.
- Adjustment of limits for operating hours and switching cycles
- Switch-over to 60 Hz mains frequency
- Disable operator actions and operating levels, plus password definition
- Prevent automatic optimization of cycle times T1, T2

Hardware requirements:

A PC adapter (see „Accessories“) is required for connecting the controller.

Updates and demo software can be downloaded from:
www.pma-online.de

BlueControl, versions and functionality:

FUNCTIONALITY	MINI	BASIC	EXPERT
parameter and configuration setting	yes	yes	yes
controller and loop simulation	yes	yes	yes
download: transfer of an engineering to the controller	yes	yes	yes
online mode/ visualization	SIM only	yes	yes
defining an application specific linearization	yes	yes	yes
configuration in the extended operating level	yes	yes	yes
upload: reading an engineering from the controller	SIM only	yes	yes
basic diagnostic functions	no	no	yes
saving data file and engineering	no	yes	yes
printer function	no	yes	yes
online documentation, help	yes	yes	yes
implementation of measurement value correction	yes	yes	yes
data acquisition and trend display	SIM only	yes	yes
wizard function	yes	yes	yes
extended simulation	no	no	yes
programmeditor (KS 90-1prog only)	no	no	yes

ORDERING INFORMATION

	K	S	4	1	0	0	00
KS 40-1 (1/8 DIN)				0			
KS 41-1 (1/8 DIN "landscape")				1			
KS 42-1 (1/4 DIN)				2			
Flat-pin connectors				0			
Screw terminals				1			
90..250V AC, 3 relays				0			
24VAC / 18..30VDC, 3 relays				1			
90..250V AC, 2 relays + mA/logic				2			
24VAC / 18..30VDC, 2 relays +mA/logic				3			
no option				0			
RS422/485 + Transmitter power supply +di2, di3				1			
Standard configuration					0		
Configuration to specification					9		
no manual						0	
manual german						D	
manual english						E	
manual french						F	
Standard (CE certified)							0
cULus-certified (with screw terminals only)							U
EN 14597 (replaces DIN 3440) certified							D
GL (German Lloyd) certified							G

ACCESSORIES

Description	Order no.	
Current converter 50A AC	9404-407-50001	
PC adapter, for connecting BlueControl software to the BluePort	9407-998-00001	
Standard rail adapter	9407-998-00061	
Adhesive set of physical dimension labels with 31 different dimensions and 4 empty labels	4012-140-66041	
Operating manual	German	9499-040-62718
Operating manual	English	9499-040-62711
Operating manual	French	9499-040-62732
BlueControl Mini	German/English/french	www.pma-online.de
BlueControl Basic	German/English/french	9407-999-11001
BlueControl Expert	German/English/french	9407-999-11011



PMA

Prozeß- und Maschinen- Automation GmbH
 P.O. Box 31 02 29
 D-34058 Kassel
 Tel.: +49 - 561- 505 1307
 Fax: +49 - 561- 505 1710
 E-mail: mailbox@pma-online.de
 Internet: http://www.pma-online.de

Your local representative:

**ANEXO N°7: DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO MODBUS DEL
CONTROLADOR KS 42**



**Industrial Controller KS 40-1,
KS 41-1 and KS 42-1**

KS 40-1
KS 41-1
KS 42-1
MODBUS

Interfacedescription

MODBUS-protocol

9499 040 63511

Valid from: 02/2005

Explanation of symbols:



General information



General warning



Caution: ESD-sensitive components

MODBUS®

is a registered trademark of the MODBUS-IDA Organization

BluePort® and BlueControl®

are registered trademarks of PMA Prozeß- und Maschinen-Automation GmbH

© 2004- 2005 PMA Prozeß- und Maschinen-Automation GmbH • Printed in Germany • All rights reserved • Without prior written consent, reprinting or photocopying of this document, entirely or in part, is prohibited.

This is a publication of
PMA Prozeß- und Maschinen Automation
P.O. Box 310229
D-34058 Kassel
Germany

Content

1. General5	
1.1 References	5
2. Commissioning the interface	6
2.1 Mounting hints	6
2.2 Electrical connections	6
2.2.1 RS 485 version (two-wire)	7
2.2.2 RS 422 version (four-wire - RS 485)	9
2.2.3 Cable installation	11
2.2.4 Screening	11
2.2.5 Terminating resistors	11
2.2.6 Installation notes	13
2.3 Bus settings	13
2.3.1 Bus address	13
2.3.2 Transmission parameters	13
2.4 System layout	15
2.4.1 Minimum configuration of a MODBUS installation	15
2.4.2 Maximum configuration of a MODBUS installation	15
2.4.3 Wiring inside buildings	16
3. Bus protocol	17
3.1 Composition of a transmission byte	17
3.2 General message frame	
3.2.1 CRC	18
3.2.2 End of frame detection	18
3.3 Transmission principles	18
3.4 Response delay (dELY)	18
3.5 Modem operation (C.dEL)	18
3.6 Function codes	19
3.6.1 Reading several values	19
3.6.2 Writing a single value	20
3.7 Writing several values	21
3.8 Error record	22
3.8.1 Error codes	22
3.9 Diagnosis	23
3.9.1 Return transmission of the received message (0x00)	24
3.9.2 Restart of communication (terminates the Listen Only mode) (0x01)	24
3.9.3 Return transmission of the diagnosis register (0x02)	24
3.9.4 Change to the Listen Only mode (0x04)	24
3.9.5 Delete the counter and reset the diagnosis register (0x0A)	24
3.9.6 Return transmission of the message counter (0x0B)	25

25	3.9.7	Return transmission of the counter for faulty message transmissions (0x0C)	
25	3.9.8	Return transmission of the counter for messages answered with error code (0x0D)	
	3.9.9	Return transmission of the message counter for this slave (0x0E)	25
	3.9.10	Return transmission of the counter for unanswered messages (0x0F)	25
26	3.9.11	Return transmission of the counter for messages answered with NAK (0x10)	
26	3.9.12	Return transmission of the counter for messages answered with Busy (0x11)	
	3.9.13	Return transmission of the parity error counter (0x40)	26
	3.9.14	Return transmission of the framing error counter (0x41)	26
	3.9.15	Return transmission of the counter for too long messages (0x12)	26
	4. MODBUS addresses, address areas, and address formats		27
	4.1	Area definitions	
	4.2	Special values	27
	4.3	Composition of the address tables	28
	4.4	Internal data types	28
	5. Index		29
	6. Address tables		31

1

General

We thank you for purchasing a device from the *BluePort*® product range. This document describes the implementation and operation of the MODBUS interface used with the industrial controller KS 40-1 which will be called 'device' in the rest of this document.

This document is also valid for KS 41-1 and KS 42-1.

Devices with a MODBUS interface permit the transmission of process data, parameters, and configuration data. Electrical connections are made at the base of the device in the channel of the top-hat DIN rail. The serial communication interface provides a simple link to superordinate PLCs, visualization tools, etc.

An additional interface that is always fitted in the device's front panel is the BluePort® (PC) interface. This interface is not bussable, and serves for a direct connection with the BlueControl® software package that runs on a PC or laptop. Communication is done according to the master/slave principle. The device is always operated as a slave.

The most important characteristics and physical/electrical properties of the bus connection are:

- **Network topology**
linear bus, possible with bus termination at both ends (see below).
- **Transmission media**
screened and twisted 2-wire copper leads
- **Lead lengths (without repeater)**
A maximum lead length of 1000 m should not be exceeded.
- **Transmission speeds**
The following transmission speeds are supported:
2400 ... 38400 bits/s
- **Physical interface**
RS 485 with bus connections in the top-hat rail; connections made on site.
- **Address range**
1 ... 247
(32 devices in one segment. Expandable to 247 with repeaters.)

1.1

References

Further information on the MODBUS-Protokoll:

[1] MODBUS Specifications

- MODBUS application Protocol Specification V1.1
- MODBUS over serial line specification and implementation guide V1.1
- <http://www.modbus.org>

Further information on RS 485:

[2] ANSI/TIA/EIA-485-A

Additional documentation for KS 4x-1 devices:

[3] Industrial controller KS 40-1 / KS 41-1 / KS 42-1

- Data sheet KS 40-1/41-1/42-1 9498 737 39913
- Operating instructions KS 40-1/41-1/42-1 9499 040 62711

2 Commissioning the interface

Instrument field bus connection is via the pins of connector B on the rear, via flat-pin connectors or via screw terminals dependent on version.
Construction of suitable cables must be done by the user.

2.1 Mounting hints

If possible, the place of installation should be exempt of vibration, aggressive media (e.g. acid, lye), liquid, dust or aerosol.



The unit may be operated only in environments for which it is suitable due to its protection type.



The housing ventilation slots must not be covered.



In plants where transient voltage peaks are susceptible to occur, the instruments must be equipped with additional protective filters or voltage limiters!



Caution! The instrument contains electrostatically sensitive components.



Please, follow the instructions given in the safety hints.

2.2 Electrical connections

The electrical connection of the interface can be done as two-wire RS 485, as well as four-wire RS 485 (often called RS 422).

2.2.1 RS 485 version (two-wire)

The bus is build as RS 485 - two-wire cable with common ground main.
All the participants of an RS 485 bus are connected in parallel to the signals 'Data A' and 'Data B'.

The meaning of the data line terms are defined in the unit as follows:

- for signal 1 (off) Data A is positive to Data B
- for signal 0 (on) Data A is negative to Data B



The terms Data A and Data B are reverse to A und B defined in [2] .

For the purpose of limiting ground current loops, signal ground (GND) can be grounded at one point via a resistor 'RGND' (100 ohms, ¼ watt).

Association of terms for the two-wire-MODBUS definition according to [1]:

Definition MODBUS	according to unit
D1	Data A
D0	Data B
Common	RGND



Notes:

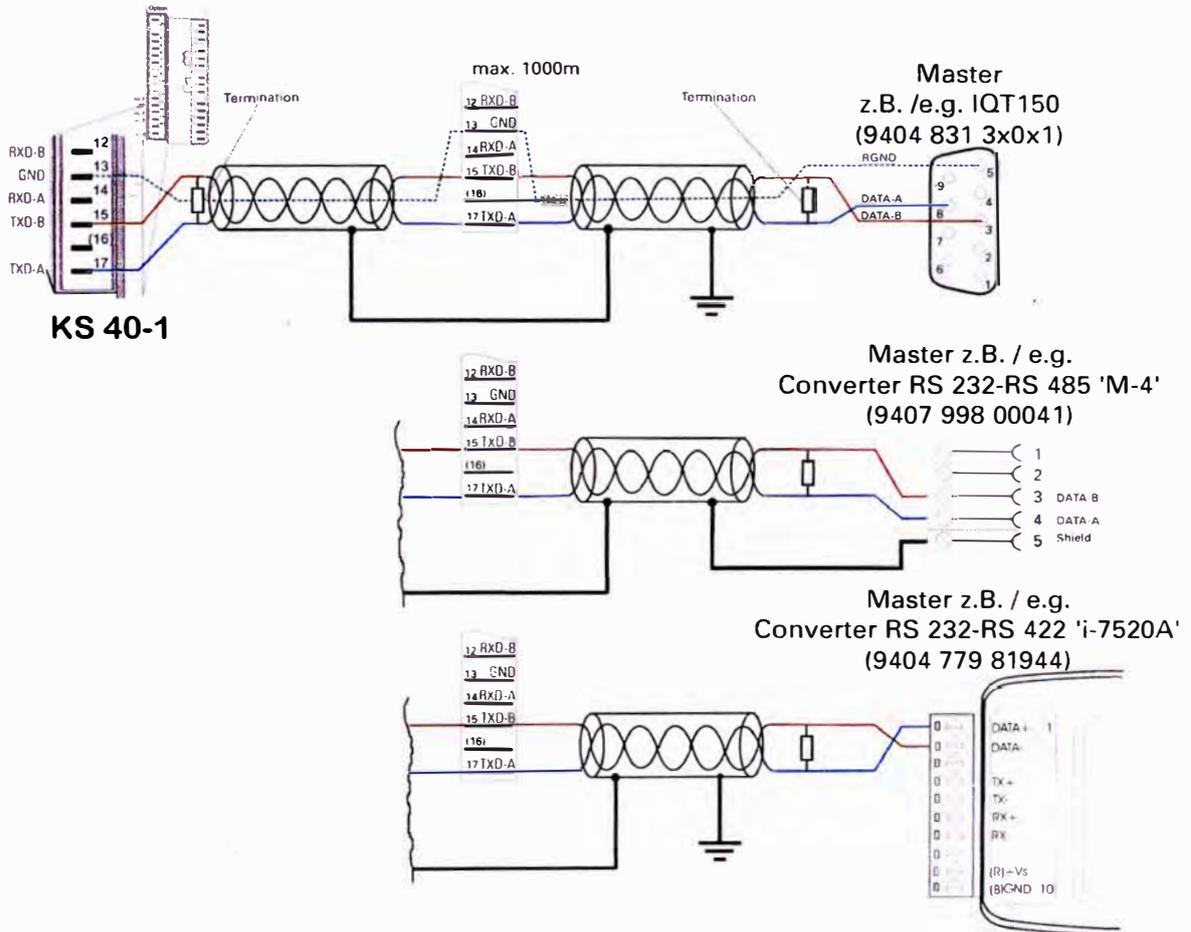
- 1 Terminating resistors between Data A and B at the cable ends (see 2.2.3 below)
- 2 Screening (see 2.2.2 below)
- 3 GND lead (see Fig. 6)

KS40-1		IQT 150		M-4		ADAM-4520-D	
Signal	Terminal	Signal	Terminal	Signal	Terminal	Signal	Terminal
TXD-B	15	DATA-B	3	TXD-A	3	DATA -	
TXD-A	17	DATA-A	8	TXD-B	4	DATA+	
GND	13	RGND	5	Shield	5		

Commissioning the interface

There are various possibilities for cable entry of the RS 485

Fig. 1 : connection example four-wire RS 485 (RS 422)



2.2.2 RS 422 version (four-wire - RS 485)

The RS 422 bus is of the RS 485 four-wire type with two pairs of conductors and a common ground. The data on the master wire pair (RXD) are received only by the slaves. The data on the slave wire pair (TXD) are received only by the master.

Allocation of descriptions for the four-wire MODBUS definition according to [1]:

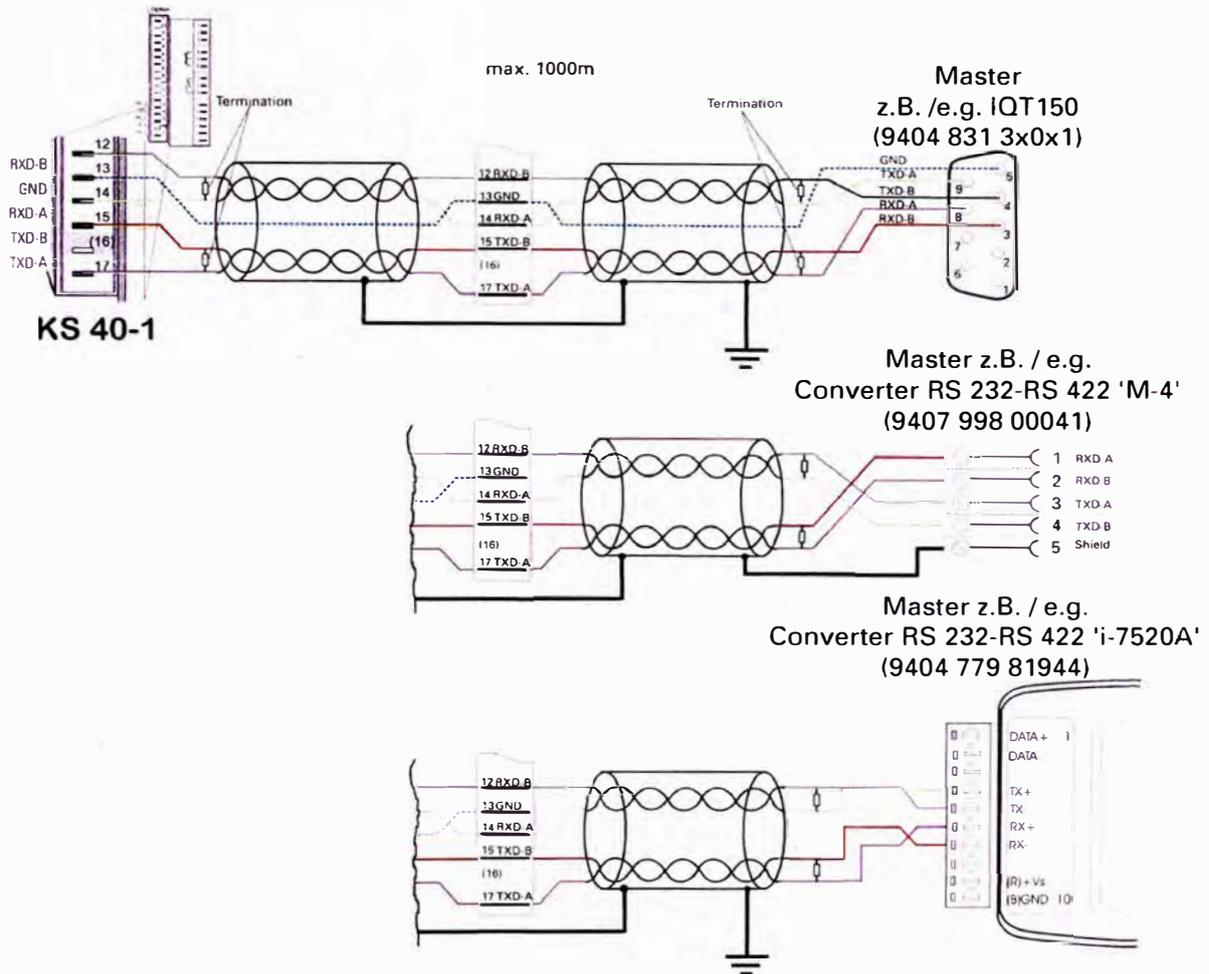
Description MODBUS	correspondence in the instrument
TXD1	RXD-A
TXD0	RXD-B
RXD1	TXD-A
RXD0	TXD-B
Common	GND

KS40-1		IQT 150		M-4		ADAM-4520-A	
Signal	Terminal	Signal	Terminal	Signal	Terminal	Signal	Terminal
TXD-B	15	RXD-B	3	RXD-A	1	RX-	
TXD-A	17	RXD-A	8	RXD-B	2	RX+	
RXD-B	12	TXD-B	4	TXD-A	3	TX-	
RXD-A	14	TXD-A	9	TXD-B	4	TX+	
GND	13	GND	5	Shield	5		

Commissioning the interface

The following cable connection methods are possible

Fig. 2 connection example RS 485



2.2.3 Cable installation

Depending on each application, suitable cables are to be used for the bus. When installing the cables, all relevant regulations and safety codes (e.g. VDE 0100) must be observed:

- Cable runs inside buildings (inside and outside of control cabinets)
- Cable runs outside buildings
- Potential balancing conductors
- Screening of cables
- Measures against electrical interference
- Length of spur lines

In particular, the following points must be considered:

- The RS 485 bus technology used here permits up to 32 devices in a segment to be connected to one bus cable. Several segments can be coupled by means of repeaters.
- The bus topology is to be designed as a line with up to 1000 m length per segment. Extensions by means of repeaters are permitted.
- The bus cable is to be taken from device to device (daisy chaining), i.e. not star connected.
- If possible, spur lines should be avoided, in order to prevent reflections and the associated disturbances in communication.
- The general notes on interference-free wiring of signal and bus leads are to be observed (see Operating notes "EMC – General information" (9407 047 091 18)).
- To increase signal transmission reliability, we recommend using screened, twisted pairs for the bus leads.

2.2.4 Screening

The type of screening is determined primarily by the nature of the expected interference.

- For the suppression of electrical fields, one end of the screened cable must be grounded. This should always be done as the first measure.
- Interference due to alternating magnetic fields can only be suppressed, if the screened cable is grounded at both ends. However, this can lead to ground current earth loops: galvanic disturbance along the reference potential lead can interfere with the useful signal, and the screening effect is reduced.
- If several devices are linked to a single bus, the screen must be connected at each device, e.g. by means of screen clamps.
- The bus screen must be connected to a central PE point, using short, low-impedance connections with a large surface, e.g. by means of screen clamps.

2.2.5 Terminating resistors

The widespread US Standard EIA RS 485 recommends fitting terminating resistors at each end of the bus cable. Terminating resistors usually have a value of approx. 120 ohms, and are connected in parallel between the data lines A and B (depending on the cable impedance; for details, see the cable manufacturer's data sheet). Their purpose is to eliminate reflections at the end of the leads, thus obtaining a good transmission quality. Termination becomes more important, the higher the transmission speed is, and the longer the bus leads are.

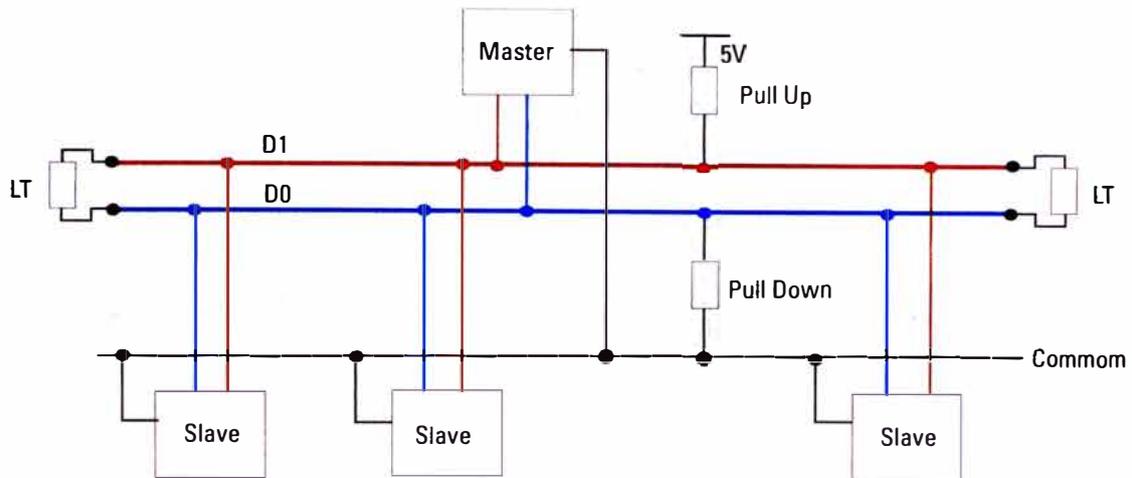
However, if no signals are applied to the bus, it must be ensured that the signal levels are clearly defined. This done by means of pull-up and pull-down resistors between +5V or GND, and the drivers. Together with the bus terminating resistor, this forms a voltage divider. Moreover, it must be ensured that there is a voltage difference of at least $\pm 200\text{mV}$ between the data lines A and B, as seen by the receiver.

 Normally, an external voltage source is provided.

Commissioning the interface

Fig. 6 shows the device connections as recommended by the MODBUS User Organization [1].

Fig. 3 Recommended connections



With four-wire connection (RS 422), each wire pair corresponds to the drawing above.



If no external voltage source is available, and if there are only a few participants on the bus (e.g. only a master and a slave device), and the transmission speed is low (e.g. 9600 bits/s), the lead lengths are short, and terminating resistors have been fitted, it is possible that the minimum signal level cannot be reached. This will cause disturbances in signal transmission.



Therefore, if only a few PMA devices are connected, we recommend the following procedure before fitting terminating resistors:

Baudrate	Lead length	No. of PMA devices	Terminating resistor
≤ 9600 Bist/s	≤ 1000 m	< 8	no
19200 Bit/s	≤ 500 m	< 8	no
38400 Bit/s	≤ 250 m	< 8	no
beliebig		≥ 8	useful
			other cases: try out



If less than 8 PMA devices are connected to a bus with the above maximum lead lengths, no terminating resistors should be fitted.



Note: If additional devices from other manufacturers are connected to the bus, no general recommendations are possible – this means: trial and error!

2.2.6 Installation notes

- Measurement and data leads should be kept separate from control leads and power cables.
- Twisted and screened cables should be used to connect sensor. The screen must be grounded.
- Connected contactors, relays, motors, etc. should be fitted with RC snubber circuits in accordance with manufacturer specifications.
- The device must not be installed near powerful electrical or electromagnetic fields.



- **The device is not certified for installation in explosion-hazarded areas.**
- **Incorrect electrical connections can result in severe damage to the device.**
- **Please observe all safety instructions.**

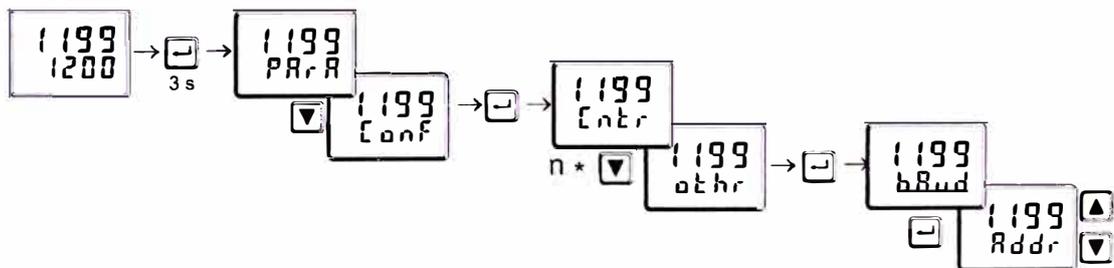
2.3 Bus settings

2.3.1 Bus address

The participant address of a device connected to a bus must be adjusted by one of the following means:

- the Engineering Tool BlueControl® using the menu item Othr/Addr
- or via the device's front panel (see below)

Fig. 4 Setting a bus address



Every device connected to a bus must have a different, unique address.



Please regard: When allocating the unit's addresses don't give the same address to two units. In this case a strange behaviour of the whole bus becomes possible and the busmaster will not be able to communicate with the connected slave-units.

2.3.2 Transmission parameters



The transmission parameters of all devices linked to a bus must have the same settings.

Baudrate (bAud)

The baudrate is the measure of data transmission speed. The devices support the following transmission speeds:

- 38000 bits/s
- 19200 bits/s
- 9600 bits/s
- 4800 bits/s
- **2400 bits/s**

Parity / Stop bit (PrY)

The parity bit is used to check whether an individual fault has occurred within a byte during transmission.

Commissioning the interface

The device supports:

- **even parity**
- **odd parity**
- **no parity**

With even parity, the parity bit is adjusted so that the sum of the set bits in the 8 data bits and the parity bit result in an even number. Conversely, the same applies for uneven parity.



If a parity error is detected upon receipt of a message, the receiving device will not generate an answer.

Other parameters are:

- 8 data bits
 - 1 start bit
 - 1 stop bit
- 1 or 2 stop bits can be selected when adjusting 'no parity'.



The max. length of a message may not exceed 256 bytes.

2.4

System layout



Please observe the guidelines and notes provided by the manufacturer of the master device regarding the layout of a communication system.

2.4.1 Minimum configuration of a MODBUS installation

A MODBUS installation consists of not less than the following components:

- a bus master, which controls the data traffic
- one or more slave participants, which provide data upon demand by the master
- the transmission media, consisting of the bus cable and bus connectors to link the individual participants, plus a bus segment (or several, which are connected by means of repeaters).

2.4.2 Maximum configuration of a MODBUS installation

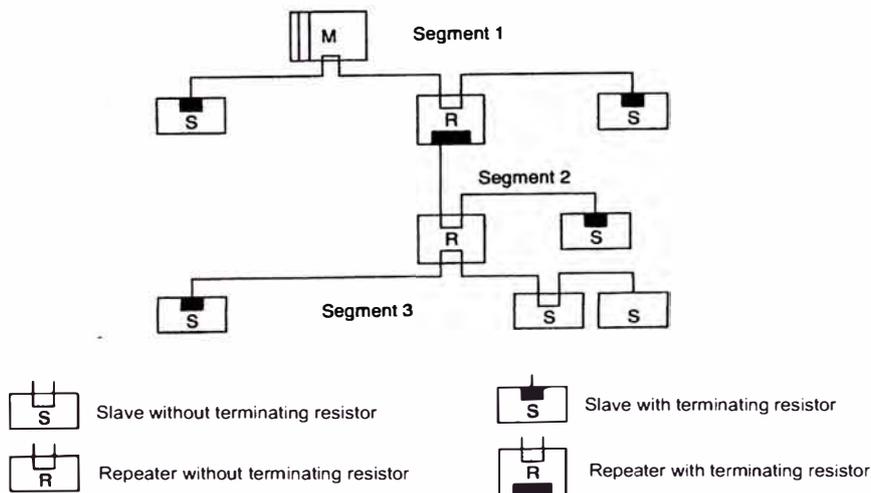
A bus segment consists of max. 32 field units (active and passive). The greatest number of slave participants that can be operated by one MODBUS master via several segments, is determined by the internal memory structure of the master. Therefore, you should know the specifications of the master when planning a MODBUS installation. The bus cable can be opened at any point in order to add another participant by means of a bus connector. At the end of a segment, the bus cable can be extended up to the total permissible length for a segment. The permissible length of a bus segment depends on the selected transmission speed, which in turn is determined mainly by plant layout (length of each segment, distributed inputs/outputs) and the required scan cycles for individual participants. All participants connected to the bus must be configured for the same transmission speed (bit rate).



MODBUS devices must be connected in a line structure.

If more than 32 participants are required, or larger distances than the permissible length of one segment are needed, the MODBUS installation can be extended by means of repeaters.

Fig. 5 structure



A fully configured MODBUS installation may contain max. 247 participants with the address range 1...247. Every installed repeater reduces the max. number of participants with a segment. Repeaters are passive participants and do not require a MODBUS address. However, its input circuit represents an additional load in the segment due to the current consumption of the bus driver. Nonetheless, a repeater has no influence on the total number of participants connected to the bus. The maximum number of series-connected repeaters can differ, depending on the manufacturer. Therefore, you should ask the manufacturer about possible limitations when planning a MODBUS installation.

2.4.3 Wiring inside buildings

The following wiring hints apply for twisted-pair cables with screen. The cable screen serves to improve overall electromagnetic compatibility.

Depending on requirements, the one or both ends of the cable screen must be connected to a central earth point (PE) by means of low-impedance connections with a large surface, e.g. screen clamps. When installing a repeater or field unit in a control cabinet, the cable screen should be connected to an earth rail mounted as close as possible to the cable entry into the cabinet.

The screen must be taken right up to the field unit, where it is to be connected to the conductive housing and/or the metal connector. Hereby, it must be ensured that the device housing (and possibly the control cabinet in which the device is installed), are held at equal ground potential by means of low-impedance connections with a large surface. Connecting a screen to a lacquered or painted surface is useless. By observing these measures, high-frequency interference will be grounded reliably via the cable screens. Should external interference voltages still reach the data lines, the voltage potential will be raised symmetrically on both lines, so that in general, no destructive voltage differences can arise. Normally, a shift of the ground potential by several volts will not have an effect on reliable data transmission. If higher voltages are to be expected, a potential balancing conductor with a minimum cross-section of 10 mm² should be installed parallel to the bus cable, with connections to the reference ground of every field unit. In case of extreme interference, the bus cable can be installed in a metal conduit or channel. The conduit tube or the channel must be earthed at regular distances.

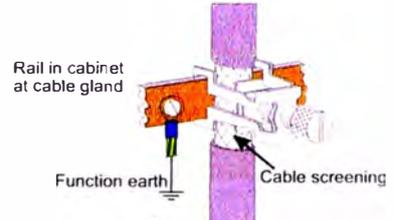
The bus cable must always be installed with a minimum separation of 20 cm from other cables carrying voltages above 60 V. Similarly, the bus cable must be run separately from telephone lines, as well as from cables leading into explosion-hazardous areas. In these cases, we recommend installing the bus cable in a separate cable tray or channel.

Cable trays or channels should always be made of conductive materials, and must be earthed at regular distances. Bus cables should not be subjected to any mechanical strains or obvious risks of damage. If this cannot be ensured, suitable measures must be undertaken, such as installation in conduit.

Floating installation:

If the installation must be floating (no earth connection) for certain reasons, the device reference ground must only have a high-impedance connection to earth (e.g. an RC combination). The system will then find its own earth potential. When connecting repeaters for the purpose of linking two bus segments, a floating installation is recommended, to prevent possible potential differences being transferred from one segment to the next.

Fig. 6 Screen connection



ANEXO N°8: COTIZACIÓN EMPRESA ELECONT

9838-IDQ-0901/2009

Lima, 07 de Septiembre del 2009

Sres.
SOLDEXA S. A.
Lurín

Attn: Ing. Henry Palacios
Ref: Integración de 2 Hornos Al Sistema de Supervisión de Soldaduras.

Estimados Señores:

Nos es muy grato alcanzarles nuestra cotización por lo indicado en la referencia.

COTIZACION No.9838-IDQ-0901/2009

La presente cotización ofrece la integración de la Supervisión y Control de la operación de dos nuevos Hornos de Secado de Electrodo en el actual Sistema de Supervisión y Control de los Hornos de Electrodo. El trabajo consistirá en los siguiente:

- Recuperación de la Licencia de Cimplicity versión 4.0 de la PC Master.
- Cambio de las direcciones IP en la aplicación de Cimplicity HMI de dos computadoras (PC Planta, PC Master), y en el Módulo Ethernet del PLC 90-30 usando el software Logicmaster 90.
- Instalación de la Actualización del Software Cimplicity a la versión 8.0 en dos computadoras. El software y las nuevas licencias son parte del suministro ofrecido en esta cotización.
- Configuración e instalación del PLC VersaMax que se suministra con esta cotización.
- Programación del PLC VersaMax para la operación de los dos nuevos hornos, con las mismas características operativas de la programación actual.
- Programación en el PLC VersaMax de las comunicaciones Modbus RTU Master para recolectar los datos de los medidores de energía y controladores de los dos nuevos hornos.
- Adecuación del Programa Actual en el PLC 90-30 para operar con la nueva versión de Cimplicity 8.0.
- Conversión de las Aplicaciones en Cimplicity 4.0 a la nueva versión Cimplicity 8.0, incluyendo las modificaciones para adaptarse al nuevo esquema de control incluyendo los 2 nuevos hornos.
- Ampliación de las aplicaciones en Cimplicity 8.0 con la operación de los dos nuevos hornos, bajo la misma operatividad actual.
- Conversión de la operación de las bases de datos bajo el formato usado en la versión 4.0 al nuevo formato usado en la versión 8.0.
- Creación de Tablas de Datos, Alarmas y Gráficas de tendencia para las temperaturas, setpoints y otros datos operativos para los 8 hornos anteriores y los dos nuevos hornos.
- Modificación del programa WREXsa para incorporar los dos nuevos hornos y adaptarse a los nuevos formatos de comunicación de Cimplicity versión 8.0.
- Instalación, montaje e interconexión de elementos para integrar los 2 nuevos hornos al Sistema Automático de Control y Supervisión de la planta de Tratamiento, que incluirá el

9838-IDQ-0901/2009

suministro y montaje de nuevo Tablero adosable de 60x60x25cm.; el Suministro, Tendido e Interconexión de cables para comunicación Modbus desde el tablero de control de motores de cada horno hacia el nuevo tablero adosable mediante tubería conduit (15m); el Suministro, Tendido e Interconexión de cable para comunicación Ethernet desde nuevo tablero adosable hacia nodo de conexión ethernet cercano a sala de supervisión mediante tubería conduit (15m), el Tendido de cables de nuevas termocuplas desde cada tablero de control de motores de los 2 hornos hacia el nuevo tablero adosable mediante tubería conduit.

- Pruebas de funcionamiento del nuevo Sistema de Supervisión con los nuevos hornos integrados.
- Capacitación durante 8 horas de dos personas del Dpto. de Mantenimiento en las características de los PLCs 90-30 y VMax, el software VersaPro y el software Cimplicity.

El Costo Total del servicio ofrecido asciende a:

\$.7,294.00 más IGV

(Siete Mil Doscientos Noventa y Cuatro con 00/100 Dólares Americanos más el IGV)

SUMINISTRO DE EQUIPOS Y SOFTWARE

Itm	Qty	Descripción	Unitario Local	Parcial Local
1	1	Controlador de Lógica Programable marca GE Fanuc modelo VersaMax , conformado por los siguientes componentes: ➤ 1 CPU de 128k memoria flash configurable, capacidad de hasta 2,048 puntos I/O discretos, registros I/O analógicos y de uso común configurables, un puerto Ethernet, un puerto serial RS232 y uno RS422/485. ➤ 1 Fuente de alimentación de 120/240 vac con capacidad expandida en 3.3v. ➤ 1 Módulo de 16 entradas discretas en 24vdc y 16 salidas discretas en relé a 220 vac. ➤ 1 Módulo de 7 entradas para termocupla. ➤ 2 Bases de conexión vertical para los módulos anteriores.	\$3,220.00	\$3,220.00
2	1	Software de Programación para el PLC VersaMax.	\$1,420.00	\$1,420.00
3	1	Actualización de Licencia de Cimplicity HMI versión 4 a la versión 8.0, para Desarrollo y Ejecución de puntos ilimitados.	\$6,555.00	\$6,555.00
4	1	Actualización de Licencia de Cimplicity HMI versión 4 a la versión 8.0, para sólo Ejecución de puntos ilimitados.	\$4,085.00	\$4,085.00
Tot		Los Costos no incluyen el IGV.		\$15,280.00

FORMA DE PAGO

50% de Adelanto por los trabajos, saldo contra entrega y presentación de factura.

85% de Adelanto por el suministro de equipos, materiales y software, saldo contra entrega y presentación de factura.

TIEMPO DE EJECUCION Y ENTREGA

Los equipos y software tienen tiempo de entrega de 5 a 6 semanas después de recibida la Orden de Compra y el Adelanto. El trabajo de recuperación de la licencia y el cambio de IPs se hará de inmediato tras la recepción de la Orden de Compra y adelanto, tras coordinar con los responsables de planta. El trabajo de programación del PLC, Cimplicity y WREXsa se iniciará con la recepción de la Orden de Compra y adelanto, y se completará tras la llegada de los equipos y software. La instalación del software se realizará tras su llegada, en las PCs que Soldexa suministre. Las PCs deberán estar debidamente configuradas y con el sistema operativo y otros programas instalados. Los trabajos de instalación del nuevo tablero adosable y su interconexión con los dispositivos para el sistema automático de control y supervisión de la planta de tratamiento se realizará durante sábados y domingos de dos fines de semana, considerándose adicionalmente de 3 a 4 días de entre semana para la habilitación de los materiales a ser usados en la instalación. Las pruebas de operación se realizarán durante dos días sucesivos luego de la entrega del trabajo, en fecha por coordinar con el responsable de planta. La capacitación del personal se realizará tras la culminación y entrega del trabajo en Planta y se realizará en un ambiente adecuado para esta tarea, por determinar posteriormente.

CONDICIONES DE TRABAJO

No se incluyen trabajos ni suministro de equipos, materiales ó software que no estén claramente indicados en esta cotización. En caso que se requieran trabajos ó suministros adicionales, éstos se deberán cotizar por separado y su realización estará sujeta a la aceptación por Soldexa de la cotización presentada.

No se incluyen trabajos relacionados con la red de Soldexa. La adecuación de las computadoras a la red de la empresa y su prueba será realizado por el personal de Soldexa. Soldexa suministrará las nuevas direcciones IP.

GESTIÓN DE CALIDAD

Buscando ofrecer a nuestros clientes el mejor servicio posible, nuestra empresa ha implementado procedimientos de Gestión de Calidad y estamos en un continuo proceso de mejoras para asegurar la calidad de los servicios y productos ofrecidos, contando con la Constancia de Homologación No.1842/04 emitida por SGS del Perú. Como parte de los procedimientos de Gestión de Calidad se incluye a la presente los documentos "Condiciones para el Desarrollo de Trabajos de Ingeniería, Montaje y Mantenimiento" y "Condiciones de Suministro de Programas".

VALIDEZ DE LA PRESENTE COTIZACION

30 días desde su presentación.

Sin otro particular y a la espera de la aceptación de la presente, quedamos de Uds.

Muy Atentamente.

Ing. Celso Montalvo H.

ANEXO N°9: COTIZACIÓN EMPRESA BERMIT

EMPRESA:

SOLDEXA

PROPUESTA:

Automatización de Hornos

Atención:

Henry Palacios

Fecha:

martes, 13 de julio de 2010

BERMIT
SOLUCIONES BINARIAS

Tabla de Contenidos

1. Introducción	3
2. Alcance De La Propuesta	4
2.1. Generalidades	4
2.2. Arquitectura	5
2.3. Plazos de Entrega	6
2.3.1. Servicios	6
2.3.2. Suministros	7
3. Alcances Del Servicio	8
3.1. Límites	8
3.2. Exclusiones	8
4. Personal Encargado Del Proyecto	9
5. Cotización	10
5.1. Resumen de Costos:	10
5.1.1. Servicio:	11
5.1.2. Hardware	12
5.1.2.1. PLC Principal	12
5.1.2.2. Periferia	13
5.1.3. Software	14
6. Garantía comercial	15
7. Anexos	17
7.1. Equipos del Sistema	17

1. Introducción

El presente documento tiene por finalidad detallar la propuesta técnico/económica que BERMIT S.A.C. presenta a SOLDEXA S.A. para el reemplazo del controlador dedicado para control de Hornos, ya que por cuestiones de actualización se modernizará los controladores con tecnología Siemens mejorando el rendimiento de la transmisión de datos mediante el protocolo PROFINET, que en pocos años se convertirá en un estándar presente en cualquier sistema de control moderno.

La propuesta contempla los siguientes trabajos a realizar:

- Levantamiento de información del sistema actual.
- Diseño eléctrico del sistema a reemplazar (PLC principal y Periferia PROFINET).
- Diseño, configuración y desarrollo del programa de control para los objetos del control del Horno.
- Desarrollo de interfaz de control y supervisión del sistema del control del Hornos basado en plataforma Wincc 7.0.
- Pruebas de operación.
- Capacitación.

El sistema contempla el suministro de equipos necesarios para reemplazar el equipo actual, estos serán montados físicamente en el mismo lugar del sistema actual.

 <p>BERMIT SOLUCIONES BINARIAS</p>	<p>Propuesta Técnico Económica</p>	<p>OFT-2008-840</p>
--	--	---------------------

2. Alcance De La Propuesta

2.1. Generalidades

El alcance contempla:

Reemplazo de hardware del control de hornos 1,2,3,4,5,6,7,8 por controlador Siemens IM 151-8F PN/DP CPU el cual realizará el control de los 8 hornos y intercambiará información con el nuevo sistema SCADA basado en Wincc 7.0.

Inserción del control del horno 9 al nuevo sistema de control plataforma siemens y en el nuevo sistema de supervisión Wincc 7.0.

- Programa de PLC:

La programación actual del controlador será migrada al nuevo PLC IM 151-8F PN/DP CPU en plataforma S7. Por otro lado se configurarán los enlaces entre el PLC principal y la periferia PROFINET para el intercambio de datos.

- Pantallas de Interfaz de operación Sistema SCADA:

Se actualizará la interfaz antigua de operación existente en plataforma Cimplicity por la plataforma Wincc 7.0 ya que ofrece mayores ventajas funcionales. Para la construcción del SCADA se tomará como referencia las pantallas del sistema antiguo que contienen pantallas de supervisión y control de los Hornos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8. Además se adicionará el control y supervisión del Horno 9, el cual se encuentra en un sistema aislado.

Hardware:

- IM 151-8F PN/DP CPU.
- Periferia ET200S, IM151-3 PN.
- Comunicación basada en PROFINET.

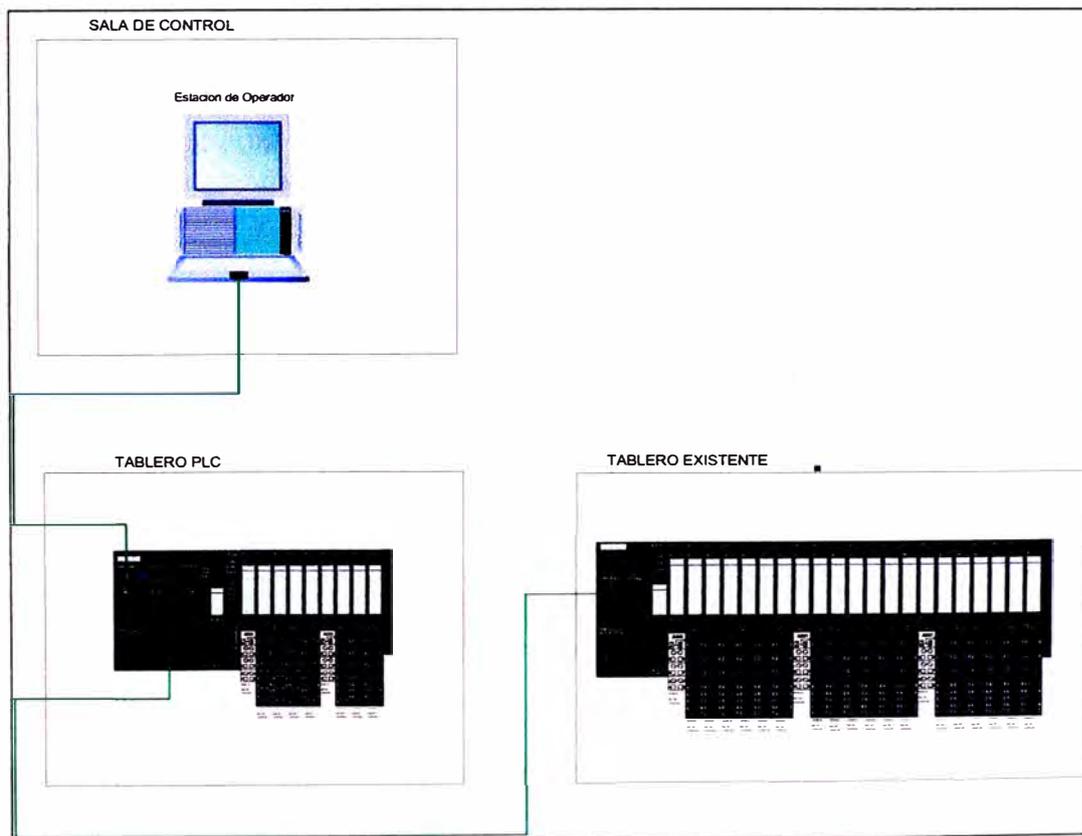
<p>Solution Partner Automation</p>		<p>Departamento de Proyectos</p>	<p>Página 4 de 41</p>
--	---	----------------------------------	-----------------------

2.2. Arquitectura

El sistema contempla una sistema SCADA en plataforma Ethernet en PC existente, la cual se comunica con el PLC principal IM 151-8F PN/DP CPU montado en un tablero autosoportado, este a su vez intercambia datos con la periferia Profinet ET200S, IM151-3 PN que será instalada en un tablero existente en campo.

Los requerimientos mínimos de la PC se detallan a continuación:

- Pentium 4 or Dual Core, 3 GHz.
- 2 GB de RAM.
- Tarjeta Gráfica 32 MB, 1280 x 1024
- 80 GB almacenamiento Disco Duro.
- 10 GB de espacio libre para instalación del Software.



2.3. Plazos de Entrega

2.3.1. Servicios

La propuesta contempla una visita para el levantamiento de información, momento desde el cual se podrá empezar con la migración respectiva de la lógica de operación.

Para el desarrollo del servicio de ingeniería, se contará con 01 ingeniero de desarrollo, el trabajo completo está proyectado a terminarse en el lapso de 10 semanas como máximo, dado que se debe realizar ingeniería inversa del controlador antiguo y del sistema de supervisión Cimplicity; el SCADA desarrollado en Wincc 7.0 tomará como referencia las pantallas actuales del sistema antiguo correspondiente al Horno 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8; y las del sistema aislado correspondiente al Horno 9.

La puesta en marcha contempla el acompañamiento de la puesta en servicio del programa que controlará el funcionamiento de los hornos en un lapso no mayor a 2 semanas en horario normal, en el rango de estas semanas se realizará las pruebas de señales a la IM 151-8F PN/DP CPU, motivo por el cual el personal de BERMiT se acercará a las instalaciones de SOLDEXA previa confirmación del cliente de culminarse las operaciones de conexiónado y montaje de los equipos nuevos que formarán parte del sistema.

BERMIT contará los días de puesta en servicio desde que el personal se encuentre en las instalaciones de SOLDEXA S.A, si por razones ajenas al personal de BERMiT se extienden las semanas de puesta en servicio, BERMiT podrá considerar adicionales luego de culminadas las 2 semanas contempladas.

Luego de realizar la puesta en marcha satisfactoria, BERMiT realizará una capacitación a los operadores sobre el funcionamiento del sistema de supervisión Wincc 7.0, incluidos en los días de puesta en marcha y entregará un manual de operación del mismo.

 SOLUCIONES BINARIAS	Propuesta Técnico Económica	OFT-2008-840
--	--------------------------------	--------------

2.3.2. Suministros

La entrega de los suministros para el tablero de principal, y de periferia es **cinco (06) a siete (08) semanas**. Los plazos indicados son contados a partir de la fecha del recibo de su orden de compra técnica y comercialmente aclarada en todos sus detalles y/o perfeccionamiento del contrato según sea el caso, así como del recibo del o de los anticipo(s) pactado(s).

 Automation	 SIEMENS	Departamento de Proyectos	Página 7 de 41
---	--	---------------------------	----------------

	Propuesta Técnico Económica	OFT-2008-840
---	--------------------------------	--------------

3. Alcances Del Servicio

3.1. Límites

- BERMIT entregará los equipos necesarios para realizar el reemplazo del sistema, estos se entregarán junto con el diseño de montaje y conexión de los mismos.
- BERMIT desarrollará la interfaz necesaria para la operación del sistema.
- BERMIT será íntegramente responsable del buen funcionamiento del nuevo sistema de control de los hornos de SOLDEXA S.A.
- BERMIT, apoyará incondicionalmente a la solución de problemas alternos al sistema, como por ejemplo, fallas mecánicas, y eléctricas, etc. Pero no se responsabiliza del estado ni buen funcionamiento de las mismas.
- BERMIT, entregará el proyecto completamente documentado, en formato electrónico e impreso.

3.2. Exclusiones

- Instalación y/o montaje de tablero de control PLC principal y equipos para la periferia PROFINET en el tablero existente.
- Interconexión de señales de campo hacia tablero de control.
- Supervisión de labores de montaje y/o instalación de equipos o sistemas necesarios para la realización del proyecto.

Solution Partner Automation		Departamento de Proyectos	Página 8 de 41
------------------------------------	---	---------------------------	----------------

4. Personal Encargado Del Proyecto

David Barco : Jefe de Proyecto.
Julio Mogollón : Técnico de desarrollo.

5. Cotización

5.1. Resumen de Costos:

ITEM	DESCRIPCION	CANT	PRECIO UNIDARIO	PRECIO TOTAL
1	Servicio de Ingeniería Autimización Homo y Sistema de Supervisión	1	34.285.73	34.285.73
2	Suministro Tablero de Control y Periferia	1	38.494.08	38.494.08
3	Software de Programación	1	31.701.62	31.701.62
			TOTAL SI.	72.779.81

Forma de Pago

Los precios se especifican en nuevos soles y no incluyen IGV. El pago por el servicio se realizará de la siguiente manera: el cincuenta por ciento (50%) en calidad de adelanto con la entrega de la orden de compra y el cincuenta por ciento (50%) restante con valorizaciones parciales según avances.