

300617<sup>23</sup>  
24



**UNIVERSIDAD LA SALLE**

ESCUELA DE INGENIERIA  
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

**CRITERIOS PARA LA ESPECIFICACION DE UN  
SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO**

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
AREA ELECTRONICA  
P R E S E N T A :  
MARIA DEL CARMEN GONZALEZ LOPEZ

ASESOR: ING CARLOS HERNANDEZ PEREZ

MEXICO, D. F.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

1993



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# INDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO 1 EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL</b>	<b>10</b>
1.1 Antecedentes	11
1.1.1 Lógica Alambrada y Control Neumático	11
1.1.2 Controladores	12
1.1.3 Controlador Lógico Programable	13
1.1.3.1 Módulo Procesador	
1.1.3.2 Módulo de Entradas	
1.1.3.3 Módulo de Salidas	
1.1.3.4 Módulo Fuente de Poder	
1.1.3.5 Memorias	
1.2 Concepto de Sistema de Control Distribuido	19
1.3 Problemática Actual Para la Especificación de un Sistema de Control Distribuido	23
<b>CAPÍTULO 2 LOS SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO</b>	<b>29</b>
2.1 Los Sistemas de Control Distribuido con Base en un Bus	31
2.2 Los Sistemas de Control Distribuido con Base en un Anillo	33
2.3 Los Sistemas de Control Distribuido con Base en una Estrella	34
<b>CAPÍTULO 3 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO</b>	<b>36</b>
Unidad de Control de Procesos (Process Control Unit PCU)	38
3.1 Panel de Distribución de Energía	39
3.2 Fuente de Alimentación a Módulos	41
3.3 Fuentes de Alimentación a Entradas/Salidas	42
3.4 Rack de Montaje de Módulos (canastas)	49
3.5 Rack de Montaje de Módulos Terminales	53
3.6 Módulos Inteligentes	54
3.7 Módulos Esclavos	66
Módulo de Entradas/Salidas	
3.7.1 Módulo de Entradas Analógicas	
3.7.2 Módulo de Entradas Digitales	
3.7.3 Módulo de Salidas Analógicas	
3.7.4 Tarjetas de Salidas Digitales	
<b>CAPÍTULO 4 UNIDADES DE ENTRADA/SALIDA</b>	<b>75</b>
4.1 Las tarjetas Analógicas	77

4.1.1 Tarjetas de Señales Analógicas de Entradas	
4.1.2 Tarjetas de Señales Analógicas de Salidas	
4.2 Las Tarjetas Digitales	79
4.2.1 Tarjetas de Señales Digitales de Entradas y Salidas	
<b>CAPÍTULO 5 BASE DE DATOS PARA UN SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO</b>	
5.1 Directrices para la Organización de los Datos y el Sistema	81
5.2 Los Algoritmos y Elementos de Construcción de la Lógica del Sistema de Control	83
	82
	87
<b>CAPÍTULO 6 INTERFAZ HOMBRE/MÁQUINA</b>	91
6.1 Ventajas para Consolas con CRT	94
6.2 El Teclado	99
6.3 Registro de los Datos y Tendencias	101
6.4 Manejo de las Alarmas	102
6.5 Adquisición de Datos	104
6.6 Consolas de Interfaz para Programación/Ingeniería	108
6.7 Sistema Completo de Microprocesador y Pantalla	110
<b>CAPÍTULO 7 TOLERANCIA A FALLAS</b>	
7.1 Confiabilidad	112
7.2 División de Tareas	113
7.3 Redundancia	114
7.4 Diagnóstico	115
7.5 Partes de Repuesto	116
7.6 Las Fuentes de Poder	117
<b>CAPÍTULO 8 CONSIDERACIONES DE INSTALACION</b>	119
8.1 Lugar de Instalación	119
8.2 Condiciones Ambientales	126
8.3 Sistema de Suministro Eléctrico	127
8.4 Sistema de Tierra	129
<b>CONCLUSIONES</b>	132
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	153

## INTRODUCCION

La presente tesis muy probablemente salga de la concepción estandar de los trabajos de tesis .El objetivo primordial de la misma es el de dar a conocer los sistemas de control últimamente usados en la industria y con los cuales se tiene poco contacto. En el caso de los industriales o personas encargadas de producción, por la preocupación en los problemas relacionados con la misma, los tiempos de entrega, la minimización de los costos y la optimización de los recursos, etc. y para el caso de los alumnos universitarios en México lo poco que se ven involucrados en el desarrollo de tecnología de vanguardia.

Para identificar un sistema de control distribuido es necesario hacer un poco de historia.

En sus inicios el control de procesos continuos se hacía por medio de pequeños sistemas localizados individualmente, en el área de trabajo, de manera que el instrumentista se veía obligado a hacer grandes recorridos para supervisar su equipo. La única manera de supervisar estos sistemas para cubrir a un proceso o a una planta complejos, era por medio de los registradores y el análisis posterior, no inmediato, de sus gráficas. Los aparatos de medición y control eran básicamente del tipo mecánico.

Con la aparición de los transmisores neumáticos, se empezaron a integrar los sistemas en unidades por área de trabajo lo que trajo una simplificación de la operación y control de los procesos. Al tiempo que el desarrollo del equipo neumático se fue complementando, estandarizándose inclusive el rango de operación en el conocido 3-15psig, la idea de la centralización se fue haciendo más fuerte ya que ella facilitaría el control de toda una planta mejorándose la operación de la misma aún en forma manual

y mediante control remoto. Sin embargo, si bien se eliminaron los problemas derivados del aislamiento de los sistemas básicos, aparecieron otros nuevos como por ejemplo el retraso en el envío de señales o el aumento de los costos de instalación.

De cualquier manera, el beneficio comprobado de una mejor operación minimizó el valor de los inconvenientes y la centralización creció hacia su máxima expresión de tal modo que inclusive se popularizó la integración de los propios aparatos.

A fines de los años 50's aparecieron los primeros aparatos electrónicos diseñados entonces bajo los mismos principios y para cumplir las mismas funciones que los aparatos neumáticos. Con su mayor velocidad de respuesta y su capacidad para transmitir señales a mayor distancia reforzaron la centralización, y la tendencia nueva fue la llamada arquitectura dividida de donde nuevamente se independizaron registradores, controladores, estaciones de control etc., además los transmisores fueron hechos para trabajo rudo de campo lo que favorecía una vez más a la centralización.

Con el equipo electrónico se eliminaron los problemas básicos en la transmisión de señales neumáticas, pero aparecieron otros como, por ejemplo; el ruido generado, las interferencias eléctricas etc., finalmente las primeras computadoras también ayudaron a la centralización debido a su gran capacidad de almacenamiento y procesamiento de información. Resultando más lógico entonces enviar todas las señales a un solo lugar.

Las computadoras atrajeron además la atención sobre la confiabilidad. Al principio se hacían redundantes los sistemas con equipo electrónico del tipo analógico

ya que no se confiaba mucho en las computadoras y que el usar una segunda computadora resultaba antieconómico.

Por otra parte, las computadoras hicieron ver que era mejor manejar las señales digitales para evitar las deformaciones en las mismas debidas a ruidos e interferencias.

Lo que a fin cuentas vino a provocar la gran revolución fue el desarrollo definitivo del microprocesador y en segundo término el desarrollo aún incipiente de aparatos de medición del tipo digital. En ese momento, por considerarse de alguna manera, se desarrolló la idea del control distribuido, ya que se volvió a pensar en la instalación y complejidad del envío de un gran número de señales por lo que se consideró regresar a los sistemas de campo con la gran ventaja de poder enviar también las señales a un cuarto de control através de una vía especial llamada "Data Highway".

Precisamente esta combinación: sistemas en el lugar de trabajo más centralización de información ( y control supervisorio) es lo que conforma la actual idea de un control distribuido completo, que minimiza el efecto de ruidos, interferencias y otros problemas, reduciendo tremendamente los costos de instalación y mantenimiento.

El control distribuido ha visto otros problemas y necesidades, por ejemplo el uso de pantallas de televisión (CRT) en vez de las computadoras que siendo más caras, sólo se requieren en caso de procesamiento de datos o controles muy sofisticados en donde la comparación entre costo-necesidades relega a segundo término al primero.

La filosofía de administración de control, como podría llamarsele, que ahora se presenta no es de reciente desarrollo en el ámbito internacional pero en México comienza a incurrir como alternativa de instrumentación de procesos.

Como podrá verse, a lo largo de la tesis, las características de los sistemas de control distribuido se generalizan en la mayoría de los casos, aunque en otros, se hacen particularizaciones que son necesarias como base de comparación.

Dichas generalizaciones se basan en que un sistema de control distribuido puede ser visto como bloques preconstruidos capaces de ser ensamblados de tal forma que puedan conformar una aplicación particular, variando su tamaño, capacidad y su servicio.

Es por ello que se ha encontrado la necesidad de dar a conocer de manera general los sistemas que procesan las señales de campo para obtener acciones de control que permitan una orientación de la producción. Con esto se podrá también encomendar tareas menos engorrosas o peligrosas al personal de planta. Podrán obtenerse criterios de selección derivados del conocimiento de la estructura y funcionamiento de los sistemas de control distribuido; así también la información necesaria y básica para considerar un proyecto de inversión, aunque cabe aclarar, que solamente se encuentra contenida la información para la valoración del alcance técnico de dicho proyecto.

Los alumnos universitarios podrán encontrar en el presente documento una herramienta útil para introducirse dentro de la tecnología de control industrial de procesos. Además, es importante mencionar que muchos de los conocimientos adquiridos en los programas de estudio no tienen dentro de éstos una utilidad práctica. Es decir, se podrá ver que los microprocesadores, por ejemplo, tienen amplios usos en el cumplimiento y supervisión de tareas específicas, las implicaciones de la combinación de diferentes ramas como lo son la instrumentación y las comunicaciones, el empleo y manejo de bases de datos, etc.



De acuerdo a la historia de toda la tecnología existente, el control de proceso ha tenido también su evolución. Las particularidades, las soluciones viables en su momento y los problemas derivados del control, así como también la necesidad de controlar procesos más complicados e introducir mayor seguridad en su manejo y funcionamiento, han dado como resultado sistemas completos dedicados a ello. Este es el contenido del primer capítulo.

En el segundo capítulo se ha considerado como diferencia básica entre un sistema de control distribuido y otro, su sistema de comunicaciones, por lo que se expone que a diferente sistema de comunicaciones diferentes arquitecturas y formas de organización y agrupación de los dispositivos sensores y finales de control.

El tercer capítulo es una de las partes más relevantes de la tesis, ya que da a conocer las partes significativas de un sistema de control distribuido.

En él se encuentran comprendidos los conceptos más esenciales de un sistema de control de esta naturaleza, su descripción general y algunas particularidades de los fabricantes.

Los capítulos siguientes, 4, 5, 6 explican partes distintivas de los sistemas de control, mencionados de una manera breve en el capítulo 3. Dichas partes son características de cada marca y un concepto general se da en estos capítulos.

Gracias a los conocimientos adquiridos a lo largo de la tesis, los capítulos 7 y 8 toman un carácter significativo, ya que la disponibilidad y confiabilidad del sistema, así

como lo que se encuentra alrededor de éste, en el sentido de los requerimientos de instalación, tienen tanta importancia como el mismo sistema.

# CAPITULO 1 EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

## 1.1 ANTECEDENTES

Para tratar lo que son los antecedentes del Control Distribuido son necesarias dos definiciones que se usaran a lo largo de todo el capítulo. Estas definiciones son la de señal analógica y binaria.

Brevemente se explicará que una señal analógica es aquella que proviene de un dispositivo sensor de medición montado en una línea de proceso, éste, provee una señal definida por una función lineal, o cuadrática dependiendo del dispositivo, por lo tanto se comporta en forma continua con respecto al tiempo.

Los valores estándares para representar las variables analógicas en ambientes industriales son: 1 a 5 y 0 a 10 V de C.D. (Corriente Directa), 4 a 20 y 0 a 20 mA de corriente directa, en señal eléctrica y 3 a 15 psig en señal neumática; a estas señales también se les conoce como modulantes.

Una señal binaria es aquella que se comporta en forma discontinua a través del tiempo; "señal binaria" se usa como sinónimo de discreta. Los valores de las señales binarias con frecuencia son codificados en unos '1' y ceros '0' y se cifran en valores de 0 a 24 y de 0 a 48 V.

Existen dos clases de control, el analógico o modulante y el binario o discreto, los cuales se usan y combinan para poder ejercer el control completo de un proceso.

### 1.1.1 LÓGICA ALAMBRADA Y CONTROL NEUMÁTICO

Para ejercer el control en algún dispositivo de campo era necesario alambra o conectar físicamente los instrumentos sensores al aparato controlador, así como los elementos finales de control. Estos aparatos de control eran: controladores PID neumáticos para ejercer el control analógico conocido como regulación y relevadores en combinación con contactores para el control digital del proceso.

Los dispositivos de medición para el proceso generaban una señal mecánica o eléctrica producida por un contacto (señal digital) o señal neumática producto de un efecto mecánico de presión (señal analógica), las cuales eran debidas a una variación en la línea del proceso.

Estas señales analógicas eran, aunque en la actualidad los sistemas las manejan más bien eléctricas, enviadas por tubería al aparato de control, éste hacía su acción correctiva generando la señal para el actuador de la válvula de control dependiendo de la caracterización a la que había sido sometido. Lo que permitía la regulación, o en el caso de una señal discreta para apertura/cierre de una válvula de corte o arranque/paro de alguna máquina o motor para el control, la protección, el encendido y arranque del proceso.

En breve, la lógica alambra y el control neumático son la manera de combinar la acción de contactos o variación de aire y los dispositivos finales para obtener control sobre algún proceso. Esto se representaba tradicionalmente en los diagramas conocidos como 'Diagramas de Escalera' y 'de Entubado' los cuales aún tienen gran uso. En ellos se presentan entradas (señales que provienen de los detectores de presión, nivel,

temperatura, etc.) y salidas (accionamiento de válvulas, compuertas o señalizaciones en un tablero, etc.), es decir la lógica secuencial. Ver figura 1.1

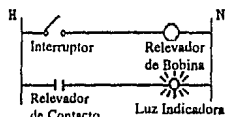


Figura 1.1 Logica Alambrada. Diagrama de Escalera

### 1.1.2 CONTROLADORES

El principio básico de operación de un controlador es la configuración de alguna estrategia de control en un microprocesador, esto es: en la lógica alambrada se puede definir un control realizado por hardware (alambrado o mediante tubería), siendo diferente en los controladores de microprocesador, debido a que en estos el control es realizado por software (programación) del microprocesador.

Existen procesos que requieren de una medición continua y un control modulante; para ello son necesarios los controladores analógicos. El siguiente, es un ejemplo que muestra un control de nivel. Ver figura 1.2

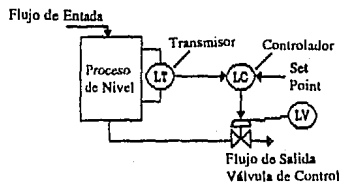


Figura 1.2 Control Analógico

En la figura 1.2 se tiene un transmisor que proporciona, de acuerdo al nivel detectado, un voltaje proporcional a este, el cual llega al controlador que dada su configuración lo compara con otro valor previamente establecido llamado 'Set-point'. También dentro del controlador se encuentra registrada la estrategia de control a seguir para dicho proceso; esta estrategia puede ser: "Control PID" (Proporcional Integral Derivativo), Smith Predictor, o algunas otras formadas por funciones trigonométricas, generadores de secuencias, ecuaciones polinomiales, matrices, interpolaciones, funciones logarítmicas, extracción de raíz, etc.

### 1.1.3 "CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE" PLC (Programmable Logic Controller)

Los controladores lógicos programables son en general una mejora a los controladores de una sola variable. Un PLC puede manejar todo el control digital de un proceso, o bien, el control digital, algunas funciones de computo y el control analógico, de todo un proceso. (siendo éste último en los PLC's de reciente desarrollo). Los sistemas o procesos en los que se aplican los controladores lo hacen de manera muy parecida. Cuentan con equipo para sensar y obtener las señales de 'campo' llevadas al PLC mediante cableado. De este se obtiene la señal de control, que es enviada hasta los dispositivos de salida tal como se muestra en la figura 1.3.

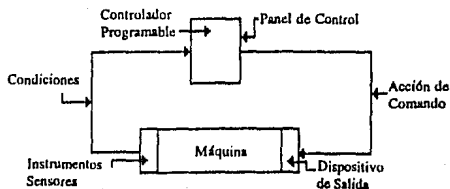


Figura 1.3 Lazo de Control para un PLC

Un PLC típico consta de cinco secciones importantes:

*1.1.3.1 Módulo Procesador*

*1.1.3.2. Módulo de Entradas*

*1.1.3.3. Módulo de Salidas*

*1.1.3.4. Módulo Fuente de Poder(Ver figura 1.4)*

*1.1.3.5. Memorias*

Además de la *Canasta o Bastidor de Montaje el Ventilador*

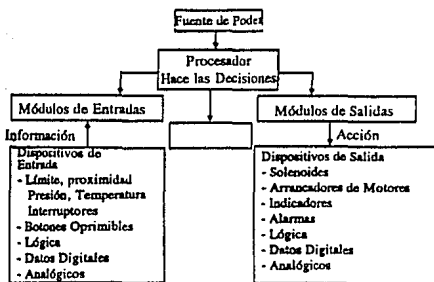


Figura 1.4 Secciones de un PLC

**1.1.3.1 El Módulo Procesador**

Este módulo podría ser llamado el cerebro del PLC y se encuentra constituido por dos partes principales:

- Unidad Procesadora Central (CPU Central Processor Unit)
- Memoria del microprocesador

La unidad procesadora central (CPU) toma decisiones acerca de lo que se debe hacer para ejercer el control adecuado del proceso. El programa, que dicta las acciones a seguir, es grabado en la memoria del CPU y ejecutado por el microprocesador.

Esquemáticamente podría representarse lo anterior como en la figura 1.5

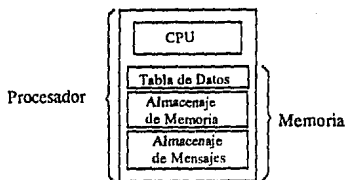


Figura 1.5 Estructura Básica del CPU de un PLC Típico

El módulo procesador, dependiendo de la rapidez y capacidad del microprocesador que contenga, manejará un número determinado de entradas y salidas analógicas y/o digitales. Estos microprocesadores pueden ser los modelos de Motorola 68000 de 8 MHz y 16 bits; el 68020 de 8 MHz y 16/32 bits; el 6809 de 16 bits y más de 8 MHz, etc. y sus equivalentes en otras marcas. Para estos módulos procesadores se necesita un programador (M1.1) que grabe en la memoria de estos la estrategia de control analógico o digital a seguir para cada entrada (M1.2)

### 1.1.3.2 El Módulo de Entradas

Este tipo de módulo tiene tres funciones a cumplir:

- Terminales para Alambrado
- Indicación de Status
- Aislamiento por Optoacopladores o Galvánico

- Terminales para Alambrado

Los módulos de entradas cuentan generalmente con terminales para alambrado que comunican al proceso con el PLC. Anteriormente las terminales para que el



alambrado de campo llegara eran de mayor tamaño y rudeza que las actuales, estas últimas ahora cuentan con elementos que permiten la fácil y rápida conexión del alambrado y su tamaño, es realmente reducido y práctico. Existe equipo que cuenta con tablas terminales por separado para la mejor organización del tablero de control y aumento de la flexibilidad de instalación, sin embargo algunos proveedores de PLC venden sus equipos provistos del servicio de terminales incluido en el mismo controlador.

#### - Indicación

Generalmente los fabricantes proveerán al usuario de módulos de entradas que tengan luces (LED's) indicadoras del estado o diagnóstico de cada entrada o del estado general de la tarjeta, obtenidas por rutinas de diagnóstico. Estas luces suelen ponerse al frente del módulo de manera que pueda verse que al estar encendidas, la entrada es activa y si están apagadas sucede lo contrario. Esto ayuda grandemente a la instalación y el mantenimiento del equipo de control, así como el arranque del proceso

#### - Acondicionamiento de las Señales

Los niveles de voltaje que se usan para transmitir las señales del equipo sensor hacia el PLC generalmente no son las que se usan dentro de éste. Por lo tanto, los módulos de entrada recibirán estas señales y convertirán el nivel de voltaje a otro compatible con los circuitos del PLC. Es probable, y sucede en la mayoría de los casos, que el fabricante incluye aquí un filtrado de la señal.

#### - Aislamiento

Los módulos de entrada deben contar con dispositivos que protejan los circuitos del PLC de los niveles peligrosos o indeseables de voltaje. Este aislamiento puede ser por grupo de entradas o individual del tipo optoelectrónico o galvánico. Los niveles de

voltaje son provocados por el funcionamiento erróneo de algunos dispositivos de control y otros agentes que desbalancean el sistema de tierras. Existen además grandes distancias entre un punto de equipo instalado y otro, así que por esta razón, es prudente considerar que una inadecuada instalación del equipo puede ocasionar graves disturbios de voltaje y corriente.

Es importante hacer notar que de no existir un adecuado aislamiento de los sistemas de alimentación de C.D. para el sistema de control, con respecto de los sistemas de energía de alimentación general, del sistema de aire acondicionado, alumbrado, maquinaria, etc., pueden darse importantes sobrecargas, bajas de voltaje o picos de corriente.

#### **1.1.3.3 El Módulo de Salidas**

Los módulos de salida tienen las mismas tres funciones que los de entrada:

- Terminales para Alambrado
- Indicación de Status
- Aislamiento por optoacopladores o galvánico

Estas funciones se enfocan a los dispositivos de salida. Cabe mencionar que en algunos casos es necesario un aislamiento exterior para mayor protección.

#### **1.1.3.4 El Módulo Fuente de Poder**

Este tipo de módulo provee de voltaje a los circuitos del módulo procesador y a los de entradas y salidas; por lo que éste debe tener la capacidad de soportar la carga tanto del módulo CPU como de los módulos de tarjetas asociadas de E/S.

### 1.1.3.5 Memorias

La memoria guarda la información actual del proceso en una tabla de datos para que el CPU pueda hacer sus decisiones con estos datos; guarda como se dijo anteriormente, los programas. Existen módulos de memorias que guardan programas de procesos más complejos, pero no son muy usados.

Las memorias pueden, de acuerdo al fabricante, ser muy distintas, y van de acuerdo a las necesidades tanto del cliente como del fabricante. Este último con el fin de ofrecer un producto de confiabilidad y eficiencia.

Existen diferentes tipos de memorias y dependiendo de sus características y aplicaciones específicas se seleccionan. En estos dispositivos se tiene la posibilidad de leer y escribir datos. La operación de lectura es la captación y transferencia de una palabra-dato de una localidad de memoria a otra y la operación de escritura es la acción de colocar una palabra-dato en una localidad de memoria. Los tipos de memoria comúnmente utilizados son:

- 1.- Memoria RAM
- 2.- Memoria BATRAM
- 3.- Memoria NVRAM
- 4.- Memoria ROM
- 5.- Memoria PROM
- 6.- Memoria EPROM
- 7.- Memoria EEPROM

Adicionalmente se explicarán el concepto de microprocesador y de lenguajes de programación, ya que están íntimamente relacionados con las memorias en las que se guardan los programas para su ejecución.

### 1.-Memoria RAM

(Memoria de Acceso Aleatorio o Random)

En este tipo de dispositivo se pueden realizar las operaciones de lectura-escritura en forma no predefinida, de ahí el nombre de acceso aleatorio. Existen dos tipos básicos de memoria RAM; la estática y la dinámica. La memoria RAM Estática guarda la información siempre y cuando no se pierda la energía. La memoria RAM Dinámica necesita que los datos sean "escritos" y, en forma periódica es decir se mantienen gravados con pulsos de voltaje suministrados. Para ambos tipos de memoria RAM los datos se perderán si existe una falla en el suministro de energía.

### 2.-Memoria BATTRAM

Tiene las mismas características de la memoria RAM pero cuenta además con un respaldo de baterías, por lo que con energía permanentemente y no pierde la información, palabras-datos almacenadas en ella.

### 3.-Memoria NVRAM

Memoria RAM no volátil. Este tipo de memoria tiene la particularidad de no perder los datos almacenados en ella aún cuando se pierda la energía. Prácticamente es considerada igual que la memoria BATTRAM

### 4.-Memoria ROM

Memoria de sólo lectura. Esta memoria tiene la característica que sólo se puede leer la información almacenada en ella, pero no se puede escribir. Sin embargo se puede escribir en ella para ingresar la información por primera vez, esta operación se realiza utilizando un dispositivo de grabación especial a base de rayos ultravioleta para memorias ROM. La información que ingrese a la memoria no podrá borrarse.

#### 5.-Memoria PROM

Memoria ROM programable. Esta es una memoria ROM que puede ser programada para cambiar la información almacenada en ella, pero sólo por medios ultravioleta.

#### 6.-Memoria EPROM:

Memoria ROM programable eléctricamente. Esta memoria puede ser programada por medios eléctricos para cambiar su configuración, pero sólo podrá ser borrada por medios ultravioletas.

#### 7.-Memoria EEPROM

Memoria PROM eléctricamente borrrable. Esta memoria puede ser programada eléctricamente, así como también borrarse por los mismos medios eléctricos.

### LOS MICROPROCESADORES

El microprocesador ( $\mu p$ ) es un dispositivo que en conjunto con algunos otros formará una Unidad de Procesos Central capaz de:

- Realizar operaciones aritméticas/lógicas en la Unidad Aritmética Lógica (ULA).

- Controlar la información de acceso (escritura), el procesamiento de ésta, la salida de información por medio de la unidad de control. Esto último para la ejecución de las instrucciones de acuerdo a una dirección dada y a un comando, ya sea de lectura o escritura, a la unidad de memoria. Existen tres tipos básicos de direccionamiento o acceso a la memoria. Éstos son: El direccionamiento directo, indirecto o "indexado".\*

- Realizar la sincronización de la información entre el  $\mu$ p y los dispositivos de entrada/salida externos a éste.

- Controlar de ejecución de las operaciones en registros, acumuladores o comunmente llamados memorias secundarias. Normalmente se cuenta con dos registros acumuladores (A y B), también se les conoce como dispositivos de paso. En estos acumuladores se realizan las operaciones lógicas/aritméticas y se utilizan para la transferencia entre la memoria principal y algún dispositivo periférico.

- Controlar del direccionamiento de datos de entrada/salida por medio del registro índice.

Para la comunicación entre Registros (acumuladores e índice), la Unidad Aritmética/Lógica y periféricos de Entrada/Salida se cuenta con tres "Buses".

- Bus de Datos. A través de este circulan los datos de Entrada/Salida o del  $\mu$ p.

- Bus de Direcciones. Por este Bus circulan todos los direccionamientos de control del  $\mu$ p a los registros, a la ULA o a los periféricos de Entrada/Salida.

- Bus de Comunicación. En este Bus se establece la comunicación entre el CPU y los dispositivos periféricos.

Para la ejecución de comandos se cuenta con programas específicos dependiendo de la aplicación. Estos se almacenan en una memoria que normalmente es una EEPROM. A estos programas, para aplicaciones de Sistemas de Control Distribuido, se les conoce como Librerías del Usuario. Éstas pueden ser utilizadas por el usuario pero no podrán ser modificados directamente por él. Por ello se usa una memoria EEPROM.

Para el almacenamiento de la información de entradas al  $\mu p$  y/o de los resultados de alguna operación lógica o aritmética se utilizan dispositivos de memoria BARAM o NVRAM normalmente. A los datos ingresados a las memorias que sirven para hacer funcionar el sistema se le conoce como configuración del sistema. En algunas ocasiones, se requiere de cambiar esta programación. He ahí al razón del uso de esta clase de memoria.

## 1.2 CONCEPTO DE SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO

Cuando los controladores fueron desarrollados por primera vez, estos estaban localizados al lado del proceso. Conforme pasó el tiempo los controladores se localizaron cada vez más lejos del proceso hasta que el control digital llegó por los años setentas y todo el control fue hecho por una computadora, la que se localizó en un cuarto aparte. Con la tecnología de que hoy disponemos los microprocesadores están disponibles para hacer todo el control.

Los microprocesadores están contenidos en gabinetes que se distribuyen geográficamente en áreas de proceso. La figura 1.6 muestra una unidad de control de proceso que localmente realiza las funciones de control asociadas a un calentador de proceso. Pero además, establece contacto y se comunica con otras unidades para control de proceso local (aunque esto no siempre sucede en todas las marcas proveedoras por la diferencia de arquitecturas) y todas a su vez con el cuarto central de control donde se localizan las unidades de interfaz hombre-máquina, indicadores, registradores, etc.

Dentro del contexto de control industrial el control distribuido es una forma de instrumentación que coloca porciones controladoras del sistema en un área de proceso en la cual son medidos los valores de las variables (y las entradas discretas). Ahí se producen señales de salida hacia un grupo de actuadores como resultado de la desviación del llamado "set point". Mientras tanto por medio de transmisión eléctrica se lleva información acerca del proceso a un punto de control central donde el operador puede manipular todos los lazos del sistema de control.

La interfaz para el operador con el proceso será un CRT (tubo de rayos catódicos) y un teclado.



La capacidad de control estará entonces distribuida a todo lo largo y ancho de la planta, mientras que la función de supervisión se centralizará en un sólo punto.

Este concepto de control distribuido permite al técnico de mantenimiento asociar el equipo en porciones de proceso que están siendo controladas. Esto fomenta también un método organizado para el arranque de un proceso completo, ya que cada unidad de control de proceso local puede ser puesta en servicio sobre una base de considerar "por separado" a esa parte del proceso y del equipo de control.

Se considerará, ahora, qué partes integran un sistema de esta naturaleza ya que en la medida en que se comprenda cada una de sus partes, se comprenderá mejor el sistema completo.

Sin embargo una visión general antes de adentrarse en cada parte que lo integra es muy útil.

### 1.2.1 ARQUITECTURA BÁSICA

En la figura 1.6, ya mencionada, puede verse que el calentador de proceso cuenta con elementos sensores como transmisores de presión (PT), transmisor analizador de %Oxígeno (AT), transmisor de temperatura (TT), transmisor de flujo (FT) y elementos finales. Las señales que vienen de los elementos sensores viajan, por cables, a un gabinete de control de proceso.

Esta parte, que podría llamarse proceso local, constituye una parte de un proceso general y está absolutamente controlado por este gabinete.

Las señales de entrada generadas por los sensores "son interpretadas" para obtener una señal de estado del proceso, que viajará a través de cables hasta las tarjetas de entrada salida para ingresar al microprocesador. Este enviará la señal de control a los elementos finales (en este caso válvulas). Con esto queda eslabonado o complementado esta parte del proceso.

En esta misma figura existen también otros gabinetes, todos, junto con las unidades de interfaz al operador y respaldos duros (se llama así a los tableros de control localizados al lado del proceso o en el cuarto central de control) se comunican entre sí a través de un lazo de comunicación.

Dentro del lazo de comunicación, para algunos sistemas más complejos de marcas específicas, existen algunos otros elementos que tienen la capacidad de enviar mensajes y recibirlos. Además un lazo de comunicaciones como el hasta ahora se ha presentado no es la única posibilidad de comunicación entre las porciones de proceso sino que existen otras formas de arquitecturas.

A continuación se tratará más a fondo cada una de las partes integrantes de un S.C.D. y los diferentes tipos de Sistemas de Control Distribuidos, que hay por su red de comunicación.

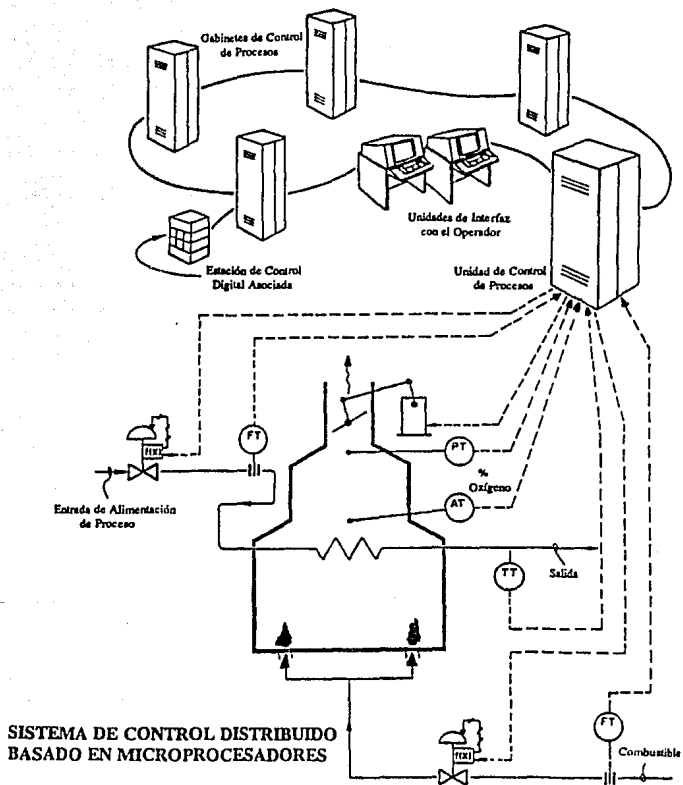


Figura 1.6 Arquitectura de un Sistema de Control Distribuido

### **1.3 PROBLEMÁTICA ACTUAL PARA LA ESPECIFICACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO**

Actualmente , aunque en México se han instalado ya algunos Sistemas de Control Distribuido, existe un gran desconocimiento acerca de este concepto y de las grandes posibilidades de incremento de la productividad así como de la facilidad que proporciona en el manejo de una planta y el poder sobre la información para la elaboración de las decisiones en cuanto a la productividad y a estrategias financieras.

En general los problemas a los que se enfrenta la implantación de este tipo de instrumentación no son técnicos, ya que muchos de estos han sido salvados por las compañías que los han puesto en el mercado; los problemas reales se sitúan en razones más bien económicas y en el temor del desconocimiento del manejo de este tipo de sistemas.

Como se ha visto anteriormente, el operador no tendrá ya que encontrarse trabajando en el área del proceso a controlar, lo cual podría resultar en ocasiones peligroso, sino que desarrollará su trabajo en una "terminal de computo" (Interfaz Hombre/Máquina). Antes, en el desarrollo de la historia de la producción industrial, se veía que la inversión de mejoras tecnológicas no fue tan costosa como la implantación de éstas. En algunos casos jamás se llegó a utilizar dicha mejora.

Los Sistemas de Control Distribuido proporcionan a un solo hombre, o a unos cuantos, la facultad de supervisar, controlar y modificar, no sólo algunos lazos de control sino tener la visión de la operación de toda una planta. Aunque el alcance de

muchos S.C.D. no se limita a ésto, sino que va más allá; se encamina al manejo de los datos para el control de varias plantas, distantes geográficamente, unas de otras.

---

**Notas CAPÍTULO 1**

(N1.1) Este programador varía de una marca a otra y, en ocasiones, de un modelo a otro

(N1.2) Esta entrada, es una señal que proviene de los módulos de entradas del PLC

## **CAPITULO 2    LOS SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO**

Los Sistemas de Control Distribuido también se conforman en diferentes maneras. Cada fabricante propone al usuario potencial una diferente red de comunicaciones, unidades de entradas/salidas, interfaces hombre-máquina, etc.

Como se ha mencionado anteriormente, los microprocesadores están distribuidos geográficamente para ejercer el control a lo largo de toda la planta, es decir, los diferentes procesos que la integran se encuentran asignados a determinado microprocesador que precisamente procesa la señal que recibe de campo, de ahí el nombre de Distribuido. Una de las principales tareas del Control Distribuido es la de establecer comunicación entre estos microprocesadores. Para ello se hace uso de las redes de comunicación para microprocesadores.

Es importante aclarar que estas redes usadas para S.C.D. son un caso especial de redes para microprocesadores, pues en ellas, el usuario de este tipo de sistemas no tiene conocimiento de que hay múltiples microprocesadores, sino que ve al sistema como un monoprocesador virtual. La asignación de los trabajos y los archivos a discos, el movimiento de archivos entre donde se almacenan y donde son necesarios, y todas las demás funciones del sistema deben ser automáticas.

La comunicación de la red se puede describir como un sistema de cómputo de tiempo compartido, y podría ejemplificarse con dos tipos de dispositivos:

El primero, el controlador, tiene la capacidad de ejercer decisiones con base a las mediciones y generación de señales, las cuales son enviadas a los actuadores. Cada

uno de estos controladores es una microcomputadora de propósito específico. Los controladores se dedican a cada proceso y se localizan en el cuarto central de control. Una unidad remota deberá recibir información de un número de variables analógicas, de una hasta varios cientos, y desde un par hasta varios cientos de entradas digitales. El controlador deberá enviar señales analógicas de control, hacia uno o varios actuadores así como salidas digitales hacia otro tipo de dispositivos.

El segundo tipo de dispositivo, generalmente llamado interfaz hombre/máquina o consola del operador despliega la información recolectada de todas las áreas locales. La consola del operador está localizada en un área central de supervisión, desde la cual el operador puede manipular el proceso a través de los controladores locales.

La estación del operador está conectada a las áreas locales mediante un cableado que permite la transmisión de la información.

De acuerdo a los principales fabricantes de S.C.D. existen esencialmente tres topologías básicas:

- Red de Comunicación en forma de Estrella
- Red de Comunicación en forma de Anillo
- Red de Comunicación en forma de "Bus"

De estas tres formas de establecer la comunicación entre los microrprocesadores las más comunes son las de anillo y la de "bus" debido al uso que se le ha dado. (Ver figura 2.1). En las diferentes topologías existen características de comunicación que diferencian a las redes y que, por sus características, se hacen deseables en determinadas aplicaciones, incluso dentro de los SCD.

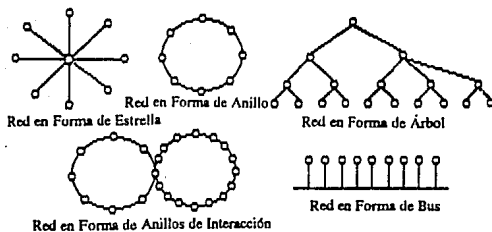


Figura 2.1 Diferentes Topologías usadas en Sistemas de Control Distribuido

## 2.1 Los Sistemas de Control Distribuido con Base en un "BUS"

En este tipo de sistemas de instrumentación y control, las funciones de control, de interfaz, y de comunicación las realizan dispositivos diferentes y separados geográficamente. Un canal de comunicación transporta toda la información entre los dispositivos. Para controlar la forma en que la información viajará a través de este canal los sistemas de control que basan su comunicación en un "bus" necesitan de un dispositivo llamado director de tráfico, que tiene como principal función organizar la información y enviarla a través del "Bus" en cuanto sea oportuno.

De esta manera los dispositivos pueden estar instalados en toda la planta, manteniéndose comunicados por medio de un 'BUS' (Ver figura 2.2)



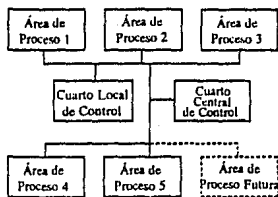


Figura 2.3 Distribución Geográfica de un S.C.D. con Topología de "Bus"

Con esta disposición se encuentran instalados algunos sistemas de control como el que describe la siguiente figura (Ver figura 2.4)

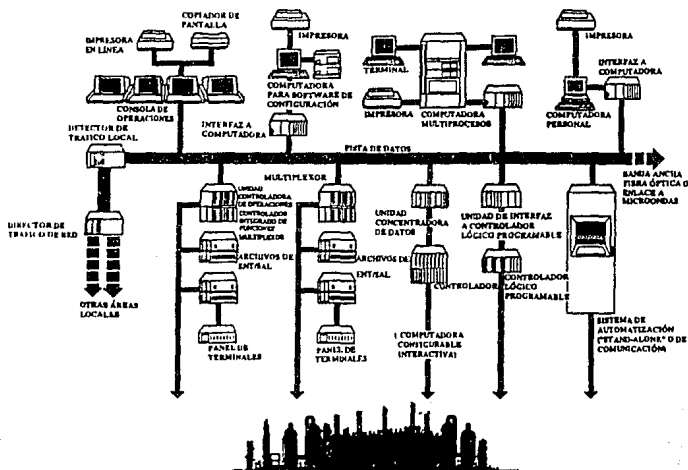


Figura 2.4 Ejemplo de un Arreglo para un S.C.D.

En este tipo de sistemas la distribución geográfica de los componentes, permite no tener la necesidad de conectar miles de pares de cables de alambres para comunicar todos los componentes esparcidos por toda la planta. Cada dispositivo es conectado a un mismo cable, el cual puede ser: cable coaxial, par trenzado, twinax, fibra óptica, o no precisamente un cable, sino que un medio de difusión como lo es un satélite; llamado comunmente Pista de Datos ("Data Highway"). De esta manera se ahorra en el costo del alambrado y así un dispositivo puede comunicarse con otro. El software del sistema le permitirá al programador decir cuál dispositivo se comunicará con otro y sobre todo hacer cambios cuando quiera.

## 2.2 Los Sistemas de Control Distribuidos con Base en un Anillo (Ring)

Este tipo de sistema de control difiere del tipo "Bus" básicamente en que el Sistema Tipo "Bus" utiliza un Director de Tráfico lo que en casos críticos (de densidad de comunicación) saturará el "bus" de comunicación. Los sistemas de anillo utilizan el concepto de comunicación tipo "Token Pasing" en el que el mensaje enviado desde un nodo por un dispositivo, de entrada/salida o por alguna de las estaciones operador, ingeniería, o tableros de control, viaja a través de todo el anillo y gracias a el protocolo con el que se le estructura, es escuchado por todos los demás nodos, aunque sólo aquellos para los que va dirigido "lo toman". Para lo anterior se utiliza la función por excepción de tiempos, esto es, la señal al ser procesada por la interfaz hombre/máquina es enviada periódicamente por el módulo de control de comunicación del anillo a éste esto soluciona la saturación que sucedería en el "Bus".

Es común encontrar terminología, en los sistemas de control de éste tipo, palabras como unidireccional, alta velocidad, interfaces de intercambio de datos y

otros. La palabra unidireccional indica que los datos viajarán en el anillo en un sólo sentido, una vez que la computadora ha enviado el mensaje, la interface lo comunica al anillo; los datos son recibidos por los módulos de Ent/Sal, se ejecuta la acción deseada y la interface nuevamente se comunicará con la computadora para informar que ha sido realizada la acción. La alta velocidad se entiende como una velocidad de transmisión de datos de 10 Mbauds. Esta velocidad es sólo basada en la transmisión de un sólo dato. Las interfaces de intercambio de datos, son los elementos encargados de "hacer oír" los mensajes, los datos, y las respuestas de todos los nodos del sistema a cualquier parte que éstos se quieran comunicar.

El tipo de sistema de control de Anillo tiene una arquitectura básica como la que muestra la figura 2.5

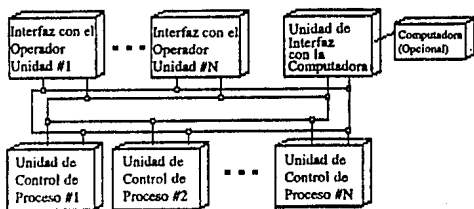


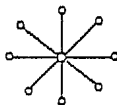
Figura 2.5 Arquitectura Básica de un S.C.D. de Anillo

### 2.3 Los Sistemas de Control Distribuido con Base a una Estrella

En la actualidad los sistemas de este tipo casi no se usan. Lo anterior se debe a que antiguamente se instalaba una gran computadora central que recibía todas las señales de campo digitales y analógicas, se encargaba de procesar dichas señales y

obtenía una señal de control que viajaba a los elementos finales. De esta manera, los sistemas tenían una capacidad de crecimiento muy limitada y no existía más remedio que hacer una costosa inversión con el fin de sufragar el gasto de una computadora de mayor embergadura que fuera capaz de manejar el nuevo volumen de entradas y salidas, así como, de encargarse del procesamiento de todas las señales.

La arquitectura de este tipo de sistema se puede ver reflejado en la figura 2.6



**Figura 2.6 Topografía de un S.C.D. en forma de Estrella**

## **CAPITULO 3    ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO**

Como se mencionó en capítulos anteriores, los antecedentes que se muestran para realizar las acciones de control en procesos, se presentaban básicamente como lógica alambrada para los sistemas de control discreto. Para ello se utilizan relevadores y contactores que se representan usualmente en diagramas de escalera. En el caso del control modulante o analógico, se utilizan controladores neumáticos o electroneumáticos, cuya representación se realiza por medio de diagramas de entubado, que indican la forma en la que el aire es manipulado.

Con la llegada de los microprocesadores al mercado, se desarrollaron equipos de control para manipulación y/o supervisión del proceso. La manipulación del proceso es la modificación de éste por medio de elementos finales de control ya sean modulantes (control analógico) o de corte. La supervisión de éste, es la visualización de estado o el comportamiento del proceso, por medio de indicadores, registradores, totalizadores, alarmas, etc.

Estos equipos basados en microprocesadores, llegaron a sustituir a los equipos neumáticos y electroneumáticos para control del proceso, sustituyéndose los problemas del alambrado físico y el entubado por problemas de configuración del equipo (Software). A los equipos que ejercen control modulante sobre el proceso se les denominó controladores o controladores analógicos y a los que ejercen control discreto se les denominó controladores lógicos programables "PLC's". La diferencia básica entre estos en un principio fue que en los controladores se veía limitada su aplicación para sistemas de control discreto y en los PLC's existía la limitante de realizar acciones

de control modulante. Hoy en día los PLC's ya pueden ejercer sobre el proceso tanto control modulante o analógico como control discreto, aunque limitados en cuanto a capacidad por las características intrínsecas de fabricación de estos, dado que tienen funciones específicas.

Debido a la necesidad de incorporar a el proceso sistemas de control más sofisticados y confiables, y dado que en forma general estos equipos (controladores y PLC's) se localizaron en campo lo más cercano posible al proceso, se tenía como consecuencia la degradación del equipo más rápidamente. Por lo tanto se desarrolló el concepto de Control Distribuido.

Este concepto se define básicamente por la distribución geográfica de las unidades de control de proceso en áreas definidas para la manipulación de las señales de entradas/salidas, centralizándose el control en un Cuarto Central de Control, y teniendo en éste también la señalización ya sea en tableros o en consolas de control y/o en estaciones de control o supervisión del proceso.

Como se puede observar, se están introduciendo nuevos conceptos para la composición de los sistemas de control y conformar así un Sistema de Control Distribuido, estos conceptos son:

Unidad de Control de Proceso (Process Control Unit PCU)

Cuarto de Control (Donde se localiza el BTG "Boiler Turbin and Generator")

Consola de Control CC

Tablero de Control TC

Estación de Control y/o Supervisión del Proceso (Operator Interface Station OIS y/o Process Control View PCV.)

A estos componentes de un SCD se les denomina NODOS, con excepción del cuarto de control y aclarando que el TC es sólo respaldo duro (físico) cuando existen estaciones OIS/PCV.

La definición de arquitectura de control se puede observar representada esquemáticamente en la figura 3.1 (Ver figura 3.1. al final del capítulo).

Como se mencionó anteriormente, los nodos componentes de un SCD son:

I.-PCU

II.-OIS

III.-PCV

Como complemento a estos, se puede introducir una estación de ingeniería (EWS Engineering Work Station). Si y sólo si se coloca dentro del lazo de comunicación una unidad de interfaz con la computadora (CIU Computer Interface Unit), ya que generalmente las EWS son computadoras personales (PC) habilitadas como tales usando para esto Hardware y Software de propósito especial.

A continuación se definirán los componentes básicos de los nodos, funciones y características de cada uno de ellos.

#### **UNIDAD DE CONTROL DE PROCESO (Proces Control Unit PCU)**

El PCU como nodo componente de un SCD es en forma generalizada un gabinete donde se alojan:

- 3.1.1 Paneles de Distribución de Energía (NPEP\* Power Entry Panel)
- 3.1.2 Fuentes de Alimentación a Módulos (NPSM\* Module Power Suply)
- 3.1.3 Fuentes de Alimentación a Entradas/Salidas (NPSI\* Integrated Power Suply)
- 3.1.4 Racks de Montaje de Módulos (canastas)
- 3.1.5 Racks de Montaje de Módulos Terminales (sólo en caso de ser requeridos)
- 3.1.6 Módulos Inteligentes
- 3.1.7 Módulos Esclavos

Para el entendimiento más completo de los componentes básicos de un PCU, a continuación se dan las características de cada uno de estos:

### 3.1.1 Panel de Distribución de Energía

Este panel se encarga de distribuir la energía de las fuentes que integran el sistema de potencia de un PCU. Este panel tiene las siguientes características:

- Acepta entradas de energía de 120 o 240 VAC regulados.
- Módulos de transferencia de energía, cuando ocurre o se presenta una falla en el suministro principal de energía, este módulo se encarga de transferir el suministro de energía de la entrada principal a la entrada auxiliar de energía e indica con un LED esta transferencia.
- Módulo de monitoreo de status del suministro de energía de alimentación a los módulos, indicándose el status en un LED.

---

\* Network 90 Bailey



- LED's indicadores de:
  - + Alimentación Principal
  - + Alimentación Auxiliar
  - + Status de Paneles
  - + Status de Suministro de Energía de Alimentación de Módulos
  - + Balance de Carga
  - + Status del Sistema de Enfriamiento
- Breackers
- Indicadores

Es pertinente mencionar que se requiere que el suministro de energía cumpla con ciertas características eléctricas para el funcionamiento correcto del SCD. Se pueden especificar las siguientes características, aunque dependiendo de cada fabricante varían:

- Tensión regulada 120 VAC, 240 VAC
- Máxima/Mínima tensión de operación 102/132 VAC
- Máxima/Mínima corriente de operación 30/35 Am.
- Corriente de Arranque o Inicial (Inrush).
- Máxima distorsión armónica 4% aproximadamente.
- Máxima/Mínima frecuencia de operación 60Hz +- 2Hz.
- Interrupción Máxima 0.5 ciclos

Estas características en el suministro de energía deben cumplirse, dado que fuera de éstas, o de los especificados por el fabricante, el funcionamiento adecuado de SCD no se asegura o el mismo sistema pierde confiabilidad de operación como sistema de control y en general, la gran mayoría de problemas inexplicables ocurren a causa de

un sistema de tierras pobremente diseñado o por una calidad deficiente en el suministro de energía.

Es recomendable en el caso de suministro de energía que se cuente con una unidad de respaldo. Generalmente se utilizan dispositivos conocidos como sistemas de energía ininterrumpible (UPS Uninterruptible Power Sistem).

Estas unidades tienen la finalidad de que, en el caso de falla de energía, entran en operación para el suministro de ésta al sistema. Cuentan básicamente con: un interruptor que hace la función de conmutar el suministro de energía de la línea por la de las baterías incluidas en el UPS, un circuito inversor a base de SCR's (tiristores) o de módulos de transistores de potencia en configuración Darlington, formando un conjunto de cargador de baterías asociado. Tienen la finalidad de contener la energía necesaria para suministrar al circuito inversor y así esto, por la conmutación de sus dispositivos, suministrar de energía al SCD. Los bancos de baterías se dimensionan de acuerdo a la duración de energía de estos a falla de energía principal. Normalmente este equipo se deja a la elección del usuario.

### **3.1.2 Fuentes de Alimentación a Módulos**

Como su nombre lo indica, estas fuentes proporcionan el suministro de energía necesaria y suficiente para el funcionamiento de los módulos componentes de un SCD.

Estas fuentes tienen en forma general la capacidad de proveer los siguientes niveles de tensión:

+ 5 VDC

+15 VDC

-15 VDC

+24 VDC

+30 VDC

+125 VDC

La corriente suministrada o disponible para estos niveles de tensión, varía dependiendo de la capacidad de la fuente, pero deberá siempre tomarse en cuenta la máxima capacidad a la que se puede someter los módulos a usarse, el porcentaje de uso máximo y la corriente de Inrush.

Estas fuentes en algunos casos tienen la configuración de redundancia lo que se usa para asegurar el suministro de energía de los módulos. La redundancia se puede configurar de dos posibles formas:

I.- Balance de la carga a el 50% de esta para cada fuente

II.- 100% de carga para la fuente principal y la fuente de respaldo (redundante) en "stand by" (espera) para que entre en operación en caso de falla de fuente la principal.

La versatilidad que proporciona el concepto de redundancia de fuentes da un alto margen de seguridad en cuanto a la operación continua de los módulos.

### **3.1.3 Fuentes de Alimentación de Entradas y Salidas**

Antes de definir el funcionamiento de estas fuentes, se dará una breve explicación a cerca de los conceptos de Entradas/Salidas.

Una entrada, es cualquier tipo de señal proveniente de algún dispositivo sensor montado en una línea de proceso, estos dispositivos o equipos de campo, generalmente y para efectos de control, cuentan con un dispositivo transmisor, se clasifican de la siguiente manera:

- 1.- Sensores/Transmisores Analógicos de Campo
- 2.- Sensores/Transmisores Digitales de Campo

1.- Los sensores transmisores/analógicos de campo son aquellos dispositivos que proveen una señal analógica proporcional a las condiciones del proceso existentes, estos sensores/transmisores se subdividen en diferente tipos dependiendo de su aplicación, esto es:

TRANSMISORES DE PRESIÓN	PT*
TRANSMISORES DE NIVEL	LT*
TRANSMISORES DE FLUJO	FT*
TRANSMISORES DE TEMPERATURA	TT*
ELEMENTOS SENSORES DE ANÁLISIS	AT*
ELEMENTOS SENSORES DE CONTINUIDAD	CT*
ELEMENTOS SENSORES DE VIBRACIÓN	YT*

\* NORMA ISA 5.1

Estos elementos, como se mencionó en capítulos anteriores siendo instrumentos analógicos pueden suministrar los siguientes tipos de señal: 4 a 20 mA, 1 a 5 VCD

Cabe mencionar que existen dos diferentes maneras de conectar estos elementos sensores a las tarjetas de entrada de un SCD, estas son:

- a) Alambrado Dos Hilos. Este alambrado, tiene la finalidad de que por medio de dos cables se conecte el transmisor a las tarjetas de entrada,

esta tarjeta de entradas alimentación de corriente con un nivel de tensión de 24 VCD.

b) Alambrado Cuatro Hilos. Este alambrado requiere que adicionalmente, se coloque en el gabinete de control de proceso una fuente que proporcione un voltaje de 24 VDC para alimentación a los sensores.

2.- Los sensores de campo digitales o interruptores, son dispositivos que proveen una señal binaria, es decir discreta, estos sensores, como en el caso anterior, se subdividen, dependiendo de su aplicación en:

INTERRUPTORES DE PRESIÓN	PS*
INTERRUPTORES DE FLUJO	FS*
INTERRUPTORES DE NIVEL	LS*
INTERRUPTORES DE TEMPERATURA	TS*
INTERRUPTORES DE POSICIÓN	ZS*

\* NORMA ISA 5.1

Debido a que estos sensores supervisan el proceso en sólo dos estados, esto es, alto o bajo; abierto o cerrado; es necesario agregarles a la izquierda de la nomenclatura una "H" para el estado alto/abierto y una "L" para el estado bajo/cerrado, en casos críticos, cuando se requiere supervisar estados muy altos o muy bajos se les adiciona la nomenclatura "HH" o "LL"\* respectivamente, de ahí que la nomenclatura queda como:

INTERRUPTOR DE BAJA PRESIÓN	PSL*
INTERRUPTOR DE ALTA PRESIÓN	PSH*
INTERRUPTOR MUY BAJA PRESIÓN	PSLL*
INTERRUPTOR DE MUY ALTA PRESIÓN	PSHH*

\* NORMA ISA 5.1

INTERRUPTOR DE BAJO FLUJO	FSL*
INTERRUPTOR DE ALTO FLUJO	FSH*
INTERRUPTOR DE MUY BAJO FLUJO	FSL*
INTERRUPTOR DE MUY ALTO FLUJO	FSH*
INTERRUPTOR DE BAJO NIVEL	LSL*
INTERRUPTOR DE ALTO NIVEL	LSH*
INTERRUPTOR DE MUY BAJO NIVEL	LSL*
INTERRUPTOR DE MUY ALTO NIVEL	LSH*
INTERRUPTOR DE BAJA TEMPERATURA	TSL*
INTERRUPTOR DE ALTA TEMPERATURA	TSH*
INTERRUPTOR DE MUY BAJA TEMPERATURA	TSL*
INTERRUPTOR DE MUY ALTA TEMPERATURA	TSH*
INTERRUPTOR DE POSICIÓN CERRADO	ZSL*
INTERRUPTOR DE POSICIÓN ABIERTO	ZSH*

\* NORMA ISA 5.1

Dado que este tipo de sensores tienen, en algunos casos, la capacidad de proporcionar un contacto seco (contacto físico sin energía), es necesario adicionar, entonces, una fuente de energía para que con ésta los sensores proporcionen los estados correspondientes a las condiciones del proceso existentes.

Una salida es cualquier tipo de señal que proporciona el SCD para modificar las condiciones del proceso existentes mediante elementos finales de control, estos pueden ser:

VÁLVULA DE CONTROL (ANALÓGICA)	CV*
VÁLVULA DE CORTE (BINARIA)	SV*
VÁLVULA MOTORIZADA (BINARIA)	MV*
MOTOR (BINARIO)	M*
SERVOMOTOR (BINARIO, ANALÓGICO)	SM*

\* NORMA ISA 5.1

Las salidas de control, aceptan una señal de 4-20 mA o 1-5 VDC (como las más comunes) proporcionada por las tarjetas de salidas analógicas del SCD, mientras que para el caso de las salidas a válvulas de corte, motorizadas, motores y servomotores, las tarjetas de salidas digitales, en su mayoría proporcionan contactos secos para accionamiento, debido a esto es necesario alimentar a estos elementos finales externamente. Es decir, necesario incluir una fuente de alimentación para estos servicios.

Esta alimentación puede ser de diferente naturaleza, esto es: 24 VDC, 48 VDC (es casos esporádicos), 125 VDC, 120 VAC.

Dependiendo del tipo de elemento final especificado por el cliente es el nivel de tensión usado.

En suma, dado que las Entradas/Salidas requieren fuentes de alimentación, el SCD tiene la flexibilidad de proporcionar estas fuentes integradas él. A continuación se explica el funcionamiento y características de estas fuentes.

#### Fuentes de Alimentación

Las fuentes de alimentación a Entradas/Salidas (E/S) proporcionan la tensión necesaria para que los elementos finales de control realicen su acción de modificación en el proceso.

Estas fuentes se proporcionan en diferentes modelos dependiendo de la carga que soporten. Generalmente estas fuentes sólo proporcionan la tensión de 24VDC y en algunos casos 125 VDC. El nivel de tensión de 120 VAC debe ser proporcionado por una fuente externa a el SCD.

Para el caso de las fuentes de alimentación a E/S se cuenta con la versatilidad de redundancia igual a el caso de fuentes de alimentación a módulos, con sus dos posibles configuraciones , esto es:

I.- Balance de Carga

II.- Carga al 100% a la primaria y la redundante en espera (Stand By).

Estas fuentes cuentan con indicaciones de:

a) Status del nivel de tensión proporcionado, esto se realiza por medio de un LED indicador.

b) Módulo de transferencia para el suministro de tensión, esto es, a falla de fuente primaria, se conmuta el suministro para que la redundante tome la carga.

En la actualidad se han desarrollado del tipo modular para alimentación a módulos y E/S, teniendo la limitante de que éstas fuentes generalmente, sólo pueden suministrar a E/S el nivel de tensión de 24 VCD.



Más versátiles que los dos tipos de fuentes descritas anteriormente son las fuentes modulares del tipo multiredundante, ya que:

I.- Su dimensionamiento depende de la carga, es decir, el número usado de fuentes va en relación directa con al carga soportada. En el caso de la instrumentación Bailey, esto es de acuerdo a la fórmula:

$$\text{Numero de Fuentes} = \frac{\text{Carga}}{\text{Tensión Requerida por los Módulos}} + \frac{\text{Carga}}{\text{E/S}} + 1$$

o bien:

$$\text{Número de Fuentes} = \text{Carga de los Módulos} + \frac{\text{Carga}}{\text{E/S}} + 1$$

La configuración de esta fuentes con el concepto de multiredundancia puede ser muy parecido a los descritos anteriormente:

I.- Balance de carga porporcional a el Número de Fuentes usadas a falla de una de ellas, cualquier fuente puede tomar la carga.

II.- Carga al 100% por las fuentes primarias y la última fuente se queda en Espera (Stand By) para que cuando ocurra un falla en cualquier fuente, esta entre en operación.

Esta fuentes a diferencia de las mencionadas anteriormente, sólo suelen contar con un LED indicador del estado de funcionamiento de éstas y la configuración de multirredundancia se realiza por medio de puentes (jumpers) en la tarjeta de circuito impreso de la propia fuente.

El concepto de modular les permite tener la versatilidad de ser montadas en los racks (canastas) de montaje de módulos o en un rack especial para éstas,

dependiendo del número usado de fuentes, a continuación se hará descripción de estos equipos:

### 3.1.4 Racks de Montaje de Módulos

Estos racks dependiendo del tipo de SCD pueden presentar las siguientes características:

- 1.- Generales para todos los SCD
- 2.- Por tipo de tarjeta

#### 1.- Generales:

Todos los "racks", en algunos casos llamados bastidores, se componen de ranuras (slots) de montaje, tarjetas de circuito impreso posteriores ( llamado comunmente trasplano, back plane), y bornes de enclave para aseguramiento.

A continuación se describen sus características:

**Slots de Montaje (Ranuras).**- Generalmente son presentados en dimensiones de acuerdo a la norma DIN, esto es, múltiplos de 24 cm. Dependiendo la línea de SCD de que se trate, estos slots están disponibles, en lo que se refiere a capacidad de montaje en: 6, 8, 12, 16 y 20 slots para marcas como Bailey, Honeywell, Siemens, etc.

Todos los racks de montaje presentan rieles guía para la colocación de las tarjetas que va a ir montadas en estos. En la parte superior e inferior se encuentran ranurados, para que por estas ranuras exista circulación del aire que proviene del

sistema de enfriamiento interno, y así mantener una temperatura estándar de operación de las tarjetas.

Los racks presentan tres tipos de herraje para montaje en los gabinetes o celdas, estas son:

- 1) De montaje frontal
- 2) De montaje central
- 3) De montaje posterior

Dependiendo del cableado de la tarjeta o módulo se usa un tipo de herraje para montaje determinado, esto es, si el módulo es alambreado o cableado por la parte posterior, se requiere que un rack con herraje para montaje posterior. Así se dispone de un espacio relativamente amplio entre la parte posterior del rack y el fondo del gabinete. Cuando el cableado es realizado por la parte trasera del rack, pero además no se presenta en gran cantidad, se requiere el montaje central. Si los módulos se presentan con la particularidad de ser cableados por la parte frontal, se requerirá un rack de montaje frontal, ya que así existirá un espacio amplio entre el módulo y la parte frontal del gabinete.

No necesariamente se tiene que seguir o tomar en cuenta el tipo de cableado del módulo para la selección del tipo de montaje del rack, sino que se deja a la elección y criterio del proveedor del SCD, que deberán detectar la necesidad del cliente.

**Las Tarjetas Posteriores de Circuito Impreso (Back Plane o Trasplano).**-  
Estas se encuentran localizadas en la parte posterior del rack y proveen a este de

comunicación por medio de pistas de cobre necesarias para la alimentación de Módulos y la comunicación entre módulos.

Dado que los módulos en su parte posterior cuentan con peines de conexión es necesario que la tarjeta de circuito impreso contenga además de pistas (Buses) y bornes de conexión para los módulos. En algunos casos estas tarjetas de circuito impreso contienen postes de conexión para alimentación y comunicación entre módulos de diferentes racks, o conectores/receptores tipo hembra o macho para conectarse entre ellos por medio de cables. En casos particulares también se presentan arreglos de dispositivos electrónicos para protección de los módulos por sobrecarga.

En forma general los buses de alimentación a módulos están separados de los buses de comunicación, para evitar en lo posible algún ruido que se pudiera traducir en interferencia en la comunicación, y por tanto en errores.

Los buses de alimentación deben estar dimensionados de acuerdo a la máxima carga de los módulos.

Los Bornes de Enclave pueden ser sólo perforaciones en los racks para asegurar el montaje de los módulos o también pueden ser del tipo rosca para que si el módulo presenta tornillos de sujeción pueda así asirse.

Cuando se utilizan dentro de un SCD fuentes del tipo modular, es posible montarlas de dos diferentes maneras.

- 1.- Entre módulos. Llamadas Fuentes Modulares
- 2.- En un Rack de Propósito Especial

Cuando se presenta el caso de montaje de fuentes entre módulos, los racks de montaje no tienen características especiales, sólo las descritas anteriormente. Si no se desea montar las fuentes entre módulos es necesario utilizar un rack de propósito especial para este fin.

La diferencia básica entre un rack para suministro de energía y el anteriormente descrito está en el tipo de tarjeta de circuito impreso montada en la parte posterior del rack, es decir el "back plane" o trasplano, ya que los buses usados en esta tarjeta deben soportar la demanda de corriente/tensión de los módulos sin que esta tarjeta presente algún mal funcionamiento o daño. Así mismo, necesariamente, se debe incluir en este rack algún tipo de protección eléctrica para posibles sobrecorrientes o sobretensiones que puedan dañar al equipo al que sirven.

Para seleccionar el tipo de herraje para montaje de estos racks generalmente se deja al criterio del proveedor, pero no es considerado excesiva la supervisión de dicha selección por parte del comprador.

Por último es necesario hacer mención que para la memoria de los racks el número máximo de fuentes que se pueden montar en uno de ellos es:

No. Fuentes = No. Slots - 2

Para equipos como Bailey, Allen Bradley, y otros.

Para definir en número de fuentes usadas en un rack es necesario consultar al proveedor dado que deberá darse un margen de seguridad para sobrecargas en el suministro de alimentación a módulos.

### 3.1.5 Rack de Montaje de Terminales

Para el caso de algunos SCD, donde los módulos no tienen la facultad de aceptar cableado de las E/S del proceso de forma directa es necesario incluir unidades o equipos terminales para cableado de E/S. Normalmente estas terminales presentan un peine para conexión en la parte posterior. Así, la conexión para comunicación entre terminal y módulo generalmente se realiza por medio de cable armado o prefabricado para este propósito.

Dependiendo del número de entradas y salidas que pueda manejar el módulo de E/S será el número de terminales de conexión de los equipos terminales, ya que estos tienen una relación de 1 a 1 el número de E/S que maneje el módulo.

Los racks de terminales presentan las mismas características de construcción que los racks de módulos, excepto que en el caso de las tarjeta de circuito impreso "Back Plane" no tienen la necesidad de pistas, ya que las tarjetas terminales tienen entradas de alimentación especiales que se conectan a la alimentación.

Dependiendo del tipo de terminal es la definición del tipo de rack a usar. Si el módulo cuenta con peine o borne de conexiones, sólo es necesario utilizar una tablilla de conexiones para cableado de E/S y por ende no es necesario utilizar terminales ni rack de terminales. Esta tablilla de conexión sujeta al módulo por la parte frontal, para facilidad de manejo.

### 3.1.6 Módulos Inteligentes

Antes de explicar las características que presentan los módulos inteligentes, en cuanto a su integración para funcionamiento, es conveniente revisar los conceptos de los dispositivos electrónicos descritos en el Apéndice de este trabajo. Esto ayudará en la comprensión de la lectura de esta parte.

Los módulos inteligentes contienen el hardware necesario para realizar las estrategias de control ya sean modulantes o secuenciales. Tienen la facultad de ser programables, en la mayoría de los casos. La lógica o secuencia que contienen es aquella que va de acuerdo a la filosofía de operación empleada por el usuario o el programador.

Existen básicamente tres tipos de controladores, estos son:

- Módulo Controlador Lógico
- Módulo Controlador Analógico
- Módulo Controlador Analógico/Lógico

El Módulo Controlador Lógico se basa en un  $\mu p$  (hasta hace poco 68000, aunque se sabe que se están empleando otros microprocesadores más novedosos como el 68030, 68032 y el 68003 de Motorola de 16 bits, el 68705 de 8 bits, el 80386 y 80486, etc. de mayor capacidad y velocidad) y en su configuración de hardware. Cuenta con los periféricos necesarios para:

a) **Comunicación Serial:** Este periférico para comunicación es usado normalmente para conectar o realizar el enlace y de comunicación entre diferentes

módulos controladores; también se puede usar para realizar interfaces de comunicación con equipos de diferentes marcas (siempre y cuando los protocolos de comunicación sean los mismos o si se adiciona un interprete o traductor de protocolos). Otra aplicación es la comunicación con una computadora personal (PC) ya sea que funcione como PC o como estación de ingeniería (EWS). Por último, este periférico se puede usar para conectar una impresora para edición de reporte de eventos (llamada también impresora en línea).

b) **Comunicación Paralela:** Normalmente el periférico de comunicación en paralelo se usa para establecer una interfaz entre equipos de diferentes marcas o impresoras para reporte de eventos.

c) **Comunicación de Bus:** Este periférico de comunicación en bus varía según el SCD, es del tipo de propósito especial por aplicación específica, dado que normalmente los equipos que constituyen un SCD tienen su propio tipo de protocolo de comunicación.

Así mismo, este módulo tiene en su hardware dos módulos de memoria, una BATRAM o NVRAM y una EEPROM. Su uso se detalla a continuación.

#### **Uso de la Memoria BATRAM-NVRAM.-**

Este dispositivo de memoria guarda los programas o estrategias de control programadas o configuradas para el control de proceso. Estos programas son accedidos al controlador por medio de un configurador portátil o de una estación de Ingeniería.

El configurador portátil es un dispositivo de control manual de programación al módulo controlador. Contiene las funciones básicas para: Cargar programas, adicionar



secuencias al programa, borrar secuencias de éste, monitorear las variables del proceso, y en algunos casos sintonizar algún bloque de función. Así mismo, cambiar el modo de operación de controlador, ya sea modo configuración o modo ejecución (Run) y por último, diagnóstico, ya sea del programa o del módulo controlador. Este configurador se conecta directamente al controlador por medio de un módulo de conexiones. La comunicación de éste con el módulo controlador es vía Bus de Módulos ( esta comunicación de bus de módulos es sólo interna entre los módulos controladores y se presenta por medio de pistas en una placa de circuito impreso. Generalmente esta placa es de montaje posterior y en algunos casos es por medio del alambrado físico entre módulos.

La estación de Ingeniería normalmente es una PC habilitada como tal (EWS Engineering Work Station) con software y hardware de propósito especial. El software generalmente es un paquete de dibujo apoyado en CAD con modificaciones expresas para el fin al que se destina. Esto es, librerías de usuario especiales para programar al controlador y librerías del sistema que sólo pueden ser utilizadas por el usuario o programador, pero no pueden ser modificadas por éste. En algunos casos es necesaria una tarjeta de circuito impreso para que el software pueda ser usado o "corrido". Con el uso de una EWS se amplía la versatilidad de configuración de un módulo controlador, ya que esta estación puede realizar las mismas operaciones que un configurador portátil. Además de:

- a) Los dibujos generados de configuración son usados como referencia del proyecto y así como referencia al cliente ya que se tiene la facilidad de poderlos mandar imprimir en cualquier impresora o plotter.

b) En algunos casos, dependiendo de la marca del SCD y sus herramientas, estos dibujos se pueden utilizar para configurar al controlador directamente.

c) Se puede adicionar a los dibujos de configuración un indicador o referencia tanto en la entrada del lazo de control configurado como en la salida de este. Lo anterior sirve para que con una rutina del software, corra un programa que identifique que todas las entradas físicas al SCD estén representadas en el programa configurado. Así mismo, las salidas que estén configuradas en el programa estén asociadas a una salida física. A esta rutina del programa se le conoce con el nombre de referencias cruzadas.

#### Uso de la Memoria EEPROM.-

En este dispositivo de memoria se almacenan las librerías del sistema así como las del usuario. Eventualmente éste le designa u "ordena" a el dispositivo que no se desea que se efectuen modificaciones en el contenido del programa. Hay que recordar que las librerías son zonas de memoria donde se almacenan los bloques de funciones. Dependiendo del equipo se designan a los bloques que van a ser utilizados para programación como bloques de funciones y de acuerdo a un código de funciones especial. También se almacenan las rutinas de:

- RUN o Ejecución
- STOP o Paro
- AUTODIAGNÓSTICO
- CONFIGURACIÓN
- CONFIGURACIÓN EN LÍNEA

La rutina de ejecución o "RUN" se encarga de dar la corrida a la configuración del controlador, verificando o sensando, según sea el caso, las entradas de proceso y el estado tanto de la entrada, así como el del cableado del dispositivo de

campo hacia el SCD y el estado de los módulos esclavos o tarjetas de entradas/salidas que más adelante se definirán.

La rutina de stop se ejecuta cuando existe una condición de falla del módulo controlador (hardware) o cuando no existe lógica en la configuración accesada a este. En algunos módulos controladores también se pueden dar corrida a esta rutina, si alguna tarjeta de entradas/salidas se daña.

La rutina de autodiagnóstico se encarga de verificar periódicamente el estado del hardware del módulo controlador, sus periféricos, tarjetas de entradas/salidas y también el estado del sistema de comunicación del SCD. Sus limitaciones dependen de cada sistema en particular.

La rutina de localización de fallas, sólo se corre o ejecuta cuando el controlador está en modo STOP y se invoca por la función de diagnóstico del controlador. Esta rutina se encarga de localizar alguna falla existente, ya sea ocasionada en el hardware o en el software. Indicando la localización de la falla y por qué sucedió ésta. Esto se puede observar ya sea en la misma tarjeta del módulo controlador por medio de led's indicadores o por medio de algún periférico de configuración.

Rutina de sintonización; esta rutina sólo es posible darle "corrida" cuando el controlador está en modo Ejecución(aunque esta condición depende radicalmente de la marca). Es invocada por el comando de TUNING directamente al controlador. Esta rutina se encarga de modificar algunos valores de los bloques funcionales configurados en el controlador, por ejemplo, el tiempo de algún "timer" ( temporizador), etc.

**Rutina de configuración;** Esta rutina se encarga de sacar al controlador del modo RUN y pasarlo al modo CONFIG para realizar modificaciones en la configuración del controlador. Es decir, el controlador no podría ser configurado mientras está funcionando como tal. Esta rutina no pasa al controlador al modo ERROR.

**Rutina configuración en línea;** Esta rutina se ejecuta cuando el controlador esté en modo RUN, aquí se pueden hacer modificaciones a el controlador sin sacarlo de modo Ejecución ( Esta es una versatilidad en algunos equipos).

Dado que se está definiendo a un módulo controlador lógico es necesario aclarar que la librería del sistema sólo contiene bloques funcionales para ser configurados en los sistemas de control secuencial, esto es, la librería del sistema sólo contiene bloques funcionales para construir estrategias Secuenciales de control o Combinacionales de Secuncial-Combinacional, teniendo disponibilidad de operaciones secuanciales tales como:

- 1.- Operación AND
- 2.- Operación OR
- 3.- Operación NOT
- 4.- Operación OR- EXCLUSIVA
- 5.- Operación FLIP-FLOP
- 6.- Operación MEMORIA
- 7.- Operación TIMER
- 8.- Constante Digital

Estas operaciones son básicas para cualquier controlador, dependiendo del fabricante, se tiene la disponibilidad de más operaciones lógicas. Esto va según la utilización del equipo y/o aplicación del proceso.

Como complemento a estos bloques funcionales básicos y/o especiales, también se cuenta en la librería del usuario, con bloque de interfaz para comunicación con la estación de control y supervisión del proceso. Esta estación se definirá en cuanto a su constitución y funcionamiento en los capítulos siguientes. Estos bloques reciben el nombre de bloques funcionales de comunicación, sus funciones son:

- 1.-Enviar información del estado del proceso vía lazo de comunicación (éste se explicará más adelante) a la estación de supervisión y control para que en ésta supervise el estado del proceso por medio de desplegados en pantalla.
- 2.- Recibir comandos de la estación para realizar algún accionamiento a un elemento final de control.

**NOTA:** La estación de control y supervisión del proceso se tratará en capítulos posteriores.

#### MODULO CONTROLADOR ANALÓGICO

Este módulo opera de la misma forma que un módulo controlador lógico, la diferencia con este último estriba en el hecho de que en éste se realizan operaciones del tipo continuo o modulante, esto es, se configuran estrategias de control con la filosofía de lazos de regulación ya sea del tipo proporcional (P), integral (I), derivativo (D) o la combinación de estos.

Esto implica que la librería del sistema contenga bloques funcionales dedicados a este fin, esto es, se cuentan con las funciones básicas de:

- 1.- Función Extracción de Raíz para señales cuadráticas
- 2.- Limitadores  $>$ ,  $=$ ,  $<$  (mayor que, igual, menor que)

- 4.- Tranferencias T
- 5.- Constantes Analógicas A
- 6.- Controladores PID (Proporcional Integral Derivativo)
- 7.- Estaciones Selectoras M/A (Manual Automático)
- 8.- Salida para Totalización Q
- 9.- Sumadores
- 10.- Multiplicadores
- 11.- Divisores

De igual manera que en módulo controlador lógico, se cuenta con bloques funcionales de interface para comunicación, el de control analógico también, sólo que aquí se usan son para señales continuas.

#### MÓDULO CONTROLADOR ANALÓGICO/LÓGICO ( Multifunciones)

Este controlador tiene la versatilidad de manejar programas de configuración lógica y modulante, cuenta con las mismas características de funcionamiento que los dos módulos controladores descritos anteriormente.

Este controlador multifunciones cuenta con una librería con los bloques funcionales lógicos y analógicos y así mismo con los bloques funcionales de interfaz de comunicación tanto lógicos como analógicos.

Normalmente este módulo controlador es el que tiene mayor aplicación para un SCD por la versatilidad que presenta y el amplio número de aplicaciones a las que se puede avocar.

Todos los módulos controladores tienen básicamente tres limitantes, que se deben cuidar para no saturar ya sea la memoria RAM o el BUS de Comunicaciones.

- 1.- Número de Entradas y Salidas
- 2.- Número de Tarjetas
- 3.- Capacidad de la Memoria RAM

Es importante decir que estas tres limitantes deben tomarse en cuenta para dimensionar un SCD en cuanto al número de controladores utilizados para la aplicación de un proceso a controlar.

Dentro de los módulos controladores se maneja el concepto de redundancia; esto es, se cuenta con dos (2) Módulos Controladores. Un módulo controlador se define como primario a través de una selección por hardware, normalmente por medio de micro-interruptores (microswitches) en la tarjeta de circuito impreso del controlador y el segundo módulo se define como redundante, de igual manera por hardware (en la figura 3.2 aparecen punteados).

Bajo este concepto de redundancia, los dos controladores tienen la misma configuración o programa, el controlador primario es el que se encarga de ejecutar los comandos de control y de recibir el estado del proceso. En controlador primario permanece enviándole la información del estado del proceso al controlador redundante, actualizándole la información ya sea del proceso o de modificaciones del programa, en forma periódica (El período de actualización varía dependiendo del equipo). Esta transmisión de información primario-redundante tiene la finalidad de que los dos controladores contengan y manejen la misma información.

Cuando el controlador primario falla o por algún motivo manifiesta modo "STOP", el controlador redundante toma inmediatamente el control, convirtiéndose en el controlador primario, una vez reestablecida la falla que ocasionó que el controlador primario manifestara modo STOP, este volverá a arrancar y una vez que pase a modo Ejecución quedará funcionando como controlador redundante, teniendo así las mismas condiciones de funcionamiento que el anterior controlador redundante tenía.

Esta configuración de redundancia aplica para los tres tipos de controladores.



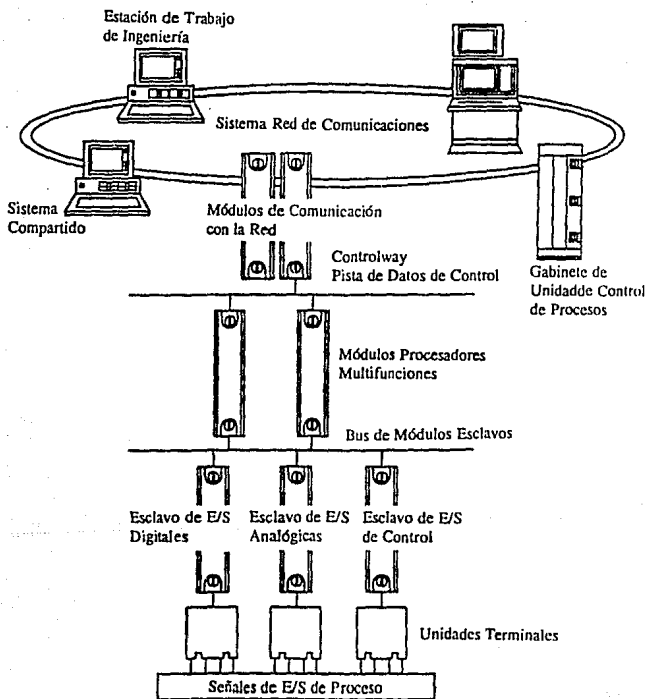


Figura 3.2 Sistema de Control Distribuido (Red para Comunicaciones en Forma de Anillo)

Dentro de las jerarquías de comunicación de los módulos controladores, existen en forma genérica dos (2) tipos, que son:- Comunicación Controlador-Controlador y Comunicación Controlador-Entradas/Salidas.

La comunicación Controlador-Controlador se basa en un Bus de comunicación , para el cual se requiere un módulo de control de comunicación de Bus (Ya mencionado anteriormente.). Esta comunicación se hace necesaria cuando por condiciones de proceso, dos controladores requieren la misma información, aún cuando estos estén controlando dos secciones de proceso o procesos unitarios distintos. Este tipo de comunicación, normalmente tiene la restricción de la distancia del bus. El comprador de SCD deberá poner atención en este aspecto.

La comunicación Controlador-E/S se basa en la filosofía del Control-Way en pistas de circuito impreso, esta comunicación es el medio por el cual el control tiene el acceso a todas las entradas del proceso y a su vez, el controlador envía los comandos a los accionamientos de los elementos finales de control.

Se debe considerar como módulos inteligentes a los módulos de control de comunicación del bus y del lazo de comunicación (BCM.- Bus Control Module y LCM.- Loop Control Module).

Estos módulos como su nombre lo indica controlan la comunicación ya sea del bus de comunicaciones o del lazo de comunicaciones.

Como se mencionó con anterioridad el bus de comunicación es el medio por el cual se comunican los controladores y a su vez éste sirve como medio para enviar y recibir la información hacia o de la estación de interfaz con el operador.

El módulo que controla la información en el lazo de comunicación es el LCM; ("Loop Control Module", Módulo Controlador de Lazo) que dependiendo de la filosofía de comunicación, realiza la acción de control correspondiente. Los tipos de comunicación se explicarán posteriormente.

Tanto el BCM ("Bus Control Module", Módulo Control de Bus) como el LCM se basan en cuanto al hardware en un microprocesador ( $\mu$ p) con rutinas de control expresadas para cada sistema; también cuentan con módulos de memoria (normalmente NVRAM y EEPROM) para almacenamiento de información.

### **3.7 Módulos Esclavos**

#### **3.7.1 MÓDULOS DE ENTRADAS/SALIDAS**

En el capítulo 1 se mencionaron los dispositivos de campo que se consideran como entradas ya sean analógicas (transmisores, T/C Termo Cuple o Termo Par, RTD's Resistor Temperature Detector, Resistor Detector de Temperatura, analizadores) o digitales (interruptores de proceso, posición, proximidad, etc.) así como la salidas analógicas (posicionadores, convertidores y receptores analógicos) y digitales (válvulas solenoides, de corte, servomotores, motores, etc.)

Los módulos de entradas, son dispositivos que forman parte de un SCD, estos módulos tiene la función de digitalizar una señal de entrada a el SCD y transmitirla por medio de "Control Way" o Bus de Control a el módulo controlador.

Existen módulos de entradas analógicas y digitales (binarias), dado que estas señales tienen características definidas y distintas, usualmente los SCD, no cuentan con tarjetas de combinaciones de ellas ya que su tratamiento y procesamiento es distinto e inclusive, en ocasiones, es único en todo el sistema.

A continuación se definirán los módulos, de los que se ha hablado anteriormente.

#### 3.7.1.1 MÓDULO DE ENTRADAS ANALÓGICAS

Estos módulos cuentan con la capacidad de aceptar, dependiendo de la marca de SCD, 2, 4, 8 o 16 entradas.

Los tipos de señales de entrada que se pueden manejar son: 4-20 mA, 1-5 VDC, 0-5 VDC, 0-1 VDC, 0-10 VDC, -10-10 VDC.

El tipo de módulo seleccionado, cuenta con un número determinado de entradas destinadas a control modulante que definen las tarjetas. Esto proporcionará la disponibilidad de conectarse a una estación selectora (Manual/Automática), ya que esta última será la encargada en modo automático o manual de modificar las condiciones de proceso existentes. (La estación M/A será de gran importancia en las plantas de generación de vapor, ya que una caldera no podrá ser arrancada en modo automático).

En lo que respecta a la capacidad o disponibilidad de manejar estaciones selectoras, esta capacidad varía desde una hasta 64 estaciones, aunque lo determina el

tipo de SCD con el que cuente y la capacidad de memoria RAM disponible para configurar tantos lazos de regulación como estaciones selectoras se requieran.

Cuando se cuentan con entradas analógicas que no tengan acciones de control, las tarjetas de entradas analógicas se seleccionan sólo tomando en cuenta la cantidad disponible de entradas para cada tarjeta. Normalmente cuando se presenta este caso, las entradas analógicas se destinan a sólo ser supervisadas o indicadas ya sea por un desplegado en una estación de interfaz, como barra dinámica o desplegado digital incluyendo unidades de ingeniería, en un indicador físico, ya sea analógico o digital. Este último puede representarse como desplegado digital en cristal líquido o por display de led's o bien, por medio de barra dinámica con led's indicadores apilados para tal efecto.

Los módulos de entradas analógicas de T/C (Termo Cuple o termopar), tienen la capacidad de recibir de uno a ocho termopares de cualquier tipo y más aún, en misma tarjeta se pueden combinar varios tipos de T/C como entrada. De igual forma que los módulos descritos anteriormente, estos digitalizan la señal de mV que entrega un T/C y la transfieren vía Control-Way a el módulo controlador. Para estos módulos, no se tienen las restricciones como en el caso anterior, dado que normalmente cuando se desea realizar control por medio de temperatura, al T/C se le adiciona un transmisor de temperatura que genera la señal de las características mencionadas anteriormente y así, se selecciona la tarjeta.

Por último se cuenta con un módulo de entradas analógicas de RTD (Variación de resistencia 0-10 ohms o 0-100 ohms). Estos módulos cuentan con las mismas características de comunicación y capacidad, que los módulos de T/C, salvo que para

estos, no se cuenta con la característica de combinar los dos tipo de RTD's en un mismo módulo.

Para los tres casos de módulos de entradas analógicas descritos anteriormente, la selección del tipo de señal a manejar se determina por hardware y en algunos casos por software dependiendo del tipo de SCD.

Como complemento a estos módulos, se cuenta con tres tipo básicos de alambrado de campo a estos:

- 1.- Alambrado Directo
- 2.- Alambrado a Módulos Terminales
- 3.- Alambrado a Tablillas Terminales

#### 1.- Alambrado Directo

Este tipo de alambrado se realiza directamente del instrumento a los módulos vía cable de control ( cable de dos hilos con blindaje ). Para el caso de los T/C se requiere de cable extensión de termopar y para el caso de RTD cable de dos hilos normal. El cableado directo, algunos equipos, consiste en el alambrado con tablillas de conexiones que se montan directamente en los módulos.

#### 2.- Alambrado a Módulos Terminales

Este tipo de alambrado se realiza de campo a dichos módulos. La finalidad de estos es únicamente recibir las señales de campo y enviarlas por medio de cables prefabricados a los módulos de entradas. Estos módulos consisten un circuito impreso y contiene dispositivos electrónicos o fusibles de protección y una tablilla de conexiones para este fin.

### 3.- Alambrado a Tablillas Terminal

Estas tablillas cuentan con funciones muy similares a las descritas anteriormente. La diferencia estriba en el hecho de que las protecciones son más sofisticadas y de uso rudo. Esto explica que sean más robustas en cuanto a su fabricación por lo que su vida útil es en la mayoría de los casos es mayor.

Los módulos de entradas analógicas, de los tres tipos, módulos y tablillas terminales, suelen ser de tipo modular, esto es, son montados en paneles o canastas, aunque existen del tipo fijo.

#### 3.7.1.2 MÓDULO DE ENTRADAS DIGITALES

Estos módulos componentes de un SCD son los encargados de recibir las señales de campo ya sea de interruptores de proceso, posición, proximidad de contactos de relevadores, etc. ya mencionados antes. Un módulo de entradas digitales cuenta con la capacidad de aceptar 8, 16, 32 entradas.

Los niveles de tensión que pueden manejar estos módulos son 24, 48, 125 VDC y 120 VAC.

Es necesario recordar que un contacto en cualquier dispositivo de campo se prefiere de tipo seco, es decir, no tiene energía. En este tipo de módulos no existen restricciones en cuanto a las aplicaciones, sin embargo, sí en cuanto a la cantidad de señales requeridas para la selección del tipo de módulo a usar.

Es recomendable que en cualquier aplicación de estos módulos, no se mezclen niveles distintos de señales en un mismo módulo ya que esto podría ocasionar ruidos eléctricos que afectarían la captación correcta de las señales.

Como en el caso anterior, el nivel de tensión o tipo de tensión a utilizarse es seleccionable por hardware. Cuando se tienen diferentes tipos de tensión se selecciona el número de módulos de acuerdo a las cantidades y tipo de señal a utilizar.

De igual manera que los módulos de entradas analógicas, se cuenta, para estos módulos, con los tres tipos de alambrado.

### 3.7.1.3 MÓDULO DE SALIDAS ANALÓGICAS

Estos módulos, normalmente manejan por cantidad de salidas analógicas: 2, 4, 8, o 16 salidas.

Y por tipo de señal: 4-20 mA, 1-5 VDC, 0-10 VDC.

Por las características de a tipos de señal, en el proceso se diferencian en dos grupos:

- 1.-Control
- 2.- Indicación y/o registro

1.- Las señales de control son las que va a modificar las condiciones de proceso por medio de un elemento final de control, éste elemento final puede ser:

- a) Posicionador Electro-Neumático.



b) Convertidor Corriente/Presión.

c) Servomotor

d) Variador de Velocidad

Los posicionadores electroneumáticos así como los convertidores corriente/presión combinan dos tipos de señales diferentes; corriente eléctrica (4-20 mA) como entrada y presión neumática (3-15 psig) como salida. La salida de estos dispositivos van acopladas generalmente a el actuador de una válvula de control para modular la apertura o cierre de ésta.

Los Servomotores al igual que los posicionadores, reciben una señal eléctrica (4-20mA) o neumática (3-15#) , pero estos transforman su entrada en algún tipo de movimiento de algún otro tipo de dispositivo tal como un brazo o palanca.

El variador de velocidad actua directamente a un motor eléctrico para elevar su velocidad o bien disminuirla, dependiendo de los requerimientos específicos.

Las señales de indicación y/o registro <sup>de</sup> solo son servicios del porceso que no ven involucrada su señal para realizar alguna acción de control, sólo se reflejan en dispositivos analógicos o digitales. El valor (normalmente dado en unidades de ingenierfa) del estado de la variable de porceso, o se plasman o registran en un dispositivo que realice alguna de esta funciones.

Dado que existen estas dos distinciones de las señales analógicas, los servicios de estas determinan el tipo de tarjeta a ser seleccionada. Cuando se utilizan señales de salidas de control, es preferible usar tarjetas de dos salidas, dado que si se daña la tarjeta, sólo se pierde el mando de dos salidas de control y no más; cuando se tienen

servicios de indicación y/o registro se pueden usar las siguientes tarjetas sólo seleccionando el tipo por el número de servicios requerido.

El alambrado en estas tarjetas es igual a los anteriores en los tres diferentes tipos.

#### 3.7.1.4 TARJETAS DE SALIDAS DIGITALES

A diferencia de las otras, estas tarjetas se seleccionan sólo por el tipo de señal a manejar, esto es: 24 VDC, 125VDC o 120 VAC.

El número de señales que manejan estas tarjetas varía entre 8, 16 y 32 salidas.

Las salidas digitales pueden ser para cargas inductivas o resistivas. Esto también es una característica que se debe observar, debido a que pudiera existir cierto ruido por alguna de éstas, al ser accionada, sobre otra y plasmar errores

Las cargas normalmente son de válvulas solenoides, relevadores auxiliares, lámparas indicadoras, o bocinas para alarma.

Las válvulas solenoides y relevadores auxiliares, se usan en conjunto con un elemento final de control, para modificar las condiciones del proceso existentes. Las lámparas indicadoras y bocinas son sólo anuncios para la verificación del estado de proceso.



## CAPITULO 4 UNIDADES DE ENTRADA SALIDA

En el capítulo anterior se dió una explicación general de lo que son las tarjetas unidades de entrada/salida y sus posibles aplicaciones, en el presente capítulo se describirán estas más a fondo.

Dado que existen básicamente dos tipos de señales (analógicas y digitales, descritas en el capítulo 1), es necesario separar, para estas señales, tarjetas para su manipulación, de aquí que se hará una primera clasificación de tarjetas, esta es:

- 1.- Tarjetas de Señales Analógicas
- 2.- Tarjetas de Señales Binarias (Digitales)

Tomando en cuenta que los dispositivos de campo envían señal a un SCD cuando se trata de transmisores e interruptores y reciben señal de éste cuando se trata de elementos finales de control, la clasificación anterior se subdivide en:

- I
  - 1.- Tarjetas de Señales Analógicas de Entradas
  - 2.- Tarjetas de Señales Analógicas de Salidas
- II
  - 1.- Tarjetas de Señales Digitales de Entradas
  - 2.- Tarjetas de Señales Digitales de Salidas

Como se explicó en el Capítulo I se consideran señales analógicas de entrada a un SCD a las señales provenientes de:

- 1.- Transmisores
- 2.- Analizadores
- 3.- Termopares
- 4.- RTD

Así como se consideran señales analógicas de salida de un SCD a las que se envían a:

- 1.- Posicionadores para válvulas de control.
- 2.- Convertidores
- 3.- Variadores de Velocidades
- 4.- Servomotores, etc.

Como señales binarias de entrada a un SCD a:

- 1.- Interruptores de Proceso
- 2.- Interruptores de Posición
- 3.- Contactos de Relevador

Y como señales binarias de salida de un SCD a:

- 1.-Válvulas Solenoides de acción directa y las que se montan en las válvulas de corte.
- 2.- Válvulas Motorizadas, cuya acción es la misma que las válvulas de corte, sólo que su actuador es motorizado.
- 3.- Arrancadores de Motores
- 4.- Luces de Indicación
- 5.- Contactos en Campo

Siguiendo a las señales provenientes de los dispositivos de campo, estas tendrán que ser adecuadas a los niveles de voltaje y/o corriente que se manejan dentro de cada SCD. Para esto cada fabricante proporciona un dispositivo especial. Dicho dispositivo cumple con las siguientes funciones básicas de:

- Proporcionar una conexión entre el equipo de campo y el que forma parte del SCD.
- Recibir las señales provenientes de campo (entradas) y envía al campo las señales de control (salidas).
- Proporciona la primera protección del Sistema de control.

De acuerdo a cada fabricante su capacidad en cuanto al número de señales de salida o entrada, varía, así como también la capacidad de protección al sistema.

Podría decirse que el objetivo primordial de una tarjeta de conexiones, además de adecuar la señal proveniente de campo, es la de aislar el sistema de control; para lo cual se ha ideado aislamientos infrarrojos, comunes ópticos o el acoplamiento por transformador, conocido como galvánico.

Una vez que las señales carecen de características peligrosas para el sistema, como picos de corriente o voltaje transitorios, van hacia las tarjetas de entradas y salidas analógicas o digitales. Estas existen en una amplia variedad y, dependiendo de cada sistema, las señales podrán ser procesadas por una misma tarjeta o bien por módulos (tarjetas) separados.

#### **4.1 LAS TARJETAS ANALÓGICAS**

En los Sistemas de Control Distribuidos más modernos las tarjetas analógicas son capaces de manejar tanto entradas como salidas. Su capacidad de procesamiento de señal varía así como su inteligencia, sin embargo otros sistemas sólo manejan entradas o salidas, de cualquier manera, el principio de funcionamiento es más o menos el mismo, por lo que explicarlas por separado ayudará a entender mejor el funcionamiento.

##### **4.1.1 LAS TARJETAS DE ENTRADAS ANALÓGICAS**

Si se toma un ejemplo como las tarjetas de Entradas del equipo NETWORK 90 de Bailey, podremos explicar claramente cual es su función:

Existen:

- Maestro Analógico de Entradas (AMM Analog Master Module)
- Esclavo Analógico de Entradas (ASM Analog Slave Module)

Cada tarjeta **AMM** tendrá una capacidad de procesar las señales provenientes de 64 **ASM**. Cada módulo esclavo analógico se encargará de la digitalización de la señal proveniente de campo. Estos módulos pueden aceptar entradas de 4 a 20 mA, 0-1VDC, 0-5VDC, 0-10VDC, 1-5VDC o +10VDC. Las señales de diferentes puntos del proceso, enviadas por los dispositivos de medición y detección, son convertidos a valores digitales que el sistema puede manejar.

La conversión se realiza por medio de un dispositivo convertidor (cuya resolución es variable 12, 14, etc. bits). El uso de los microprocesadores para estas tarjetas se enfoca en la coordinación y comando de los datos para la comunicación con el módulo procesador, el llamado **Controlador Módulo Multifunciones**, a través del **AMM**.

La organización entre tarjetas maestras y tarjetas esclavas, obedece a que la tarjeta maestra estará encargada de un número determinado de esclavos y mantendrá su relación con ellos por medio del **Módulo Bus**, la tarjeta maestra se encargará de coordinar los mensajes de los esclavos a el módulo controlador; para ello cuenta con una interfaz con el **Bus** de comunicación, una sección de microprocesador, un acondicionador de señales de entrada, un multiplexor de entradas, un convertidor de analógico a digital, para las entradas que lleguen directamente a él, una fuente de voltaje calibrada de precisión y una interface para el **Bus Expansor**.

#### 4.1.2 LAS TARJETAS DE SALIDAS ANALÓGICAS

Las tarjetas analógicas se diseñan para generar salidas analógicas en respuesta a los mensajes recibidos en el Módulo Bus de otros módulos del sistema. Estas tarjetas consisten en un microprocesador y varias secciones para la salida de cada señal analógica. Cada una de estas salidas tiene una resolución distinta, dependiendo de cada fabricante, pero también deberá poderse obtener una señal de 4 a 20 mA o un voltaje de 1 a 5 VDC. Las tarjetas esclavas de salidas analógicas guardan con la tarjeta procesadora la misma relación que las de entradas, con la diferencia de su función específica.

#### 4.2 LAS TARJETAS DIGITALES

Así como las analógicas, las tarjetas digitales se coordinan en esclavas y maestras. (Dentro de una Arquitectura como la de Bailey.)

Las tarjetas analógicas y las digitales procesan las señales provenientes de campo y entregan señales de control a éste. Las digitales tienen, también, distintas tareas.

- Módulo Esclavo Digital (DSM Digital Slave Module)
- Módulo Maestro Lógico (NLMM Logic Master Module)

#### 4.2.1 LAS TARJETAS DE ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES

Para el DSM05, un módulo esclavo de E/S digitales del sistema Network 90 de Bailey, el funcionamiento es el siguiente:



Cuando este módulo usa un punto de E/S como entrada, una señal del exterior controla en nivel lógico en la línea de señal del circuito. Estas señales externas probablemente pongan en la línea un cero lógico (0V) o bien un estado alto (24V). Cuando la señal es baja, la corriente fluye a través del circuito de entrada. Otros circuitos en el DSM05 sensan el flujo de la corriente, lo que enciende en el panel frontal un LED que corresponde al punto de E/S. y así pasa un 1 lógico a el módulo. Cuando la señal es alta, no existe flujo de corriente a través del circuito de entrada. Entonces en el panel frontal no se enciende el LED y un cero lógico pasa al interior del módulo.

Cuando el DSM05 usa un punto de E/S como salida, usa los transistores del circuito para controlar el nivel lógico de la señal de salida. Mediante la energización de un transistor, el módulo "switcha" al estado bajo. Esto hace que el LED asociado de E/S en el panel frontal se ilumine y permite que el módulo tome en cuenta la salida de este punto como un 1 lógico. Cuando el transistor no es energizado. El circuito pone la señal en estado alto. De esta forma el LED del panel frontal no se ilumina y el módulo sensa la salida como un 0 lógico.

Algunas características de seguridad han sido asociadas a estas tarjetas. Durante cualquier situación como la instalación, antes de la configuración, o después de una falla de energía, el módulo encadena todas sus salidas en "off" si que el usuario no ha puesto la configuración de tal manera que el módulo sostenga los últimos valores antes de la falla. Las salidas retendrán el estado "off" hasta que el maestro digital establezca comunicación con el DSM05 otra vez. Las salidas del módulo permanecerán en el estado de falla cuando el maestro digital permanezca en funcionamiento o bien cuando el usuario haya puesto la configuración correspondiente de estado de falla en los microswitches del módulo.

## CAPÍTULO 5 BASE DE DATOS PARA UN SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO

Dentro de la electrónica de un sistema de control distribuido existen muchas áreas de memoria, algunas de ellas permanentes o estáticas y otras dinámicas cuya información es direccionable. En las áreas permanentes existirán instrucciones que gobiernen el proceso de programación de la computadora (microprocesador  $\mu P$ ). El área dinámica se usa generalmente para la configuración del sistema. En esta área de memoria son almacenados los parámetros de operación, las constantes, los límites, las direcciones de entrada y salida y toda la información que se especifica para la aplicación a la que el microprocesador fue programado.

El ingreso de este tipo de información podría ser llamado "programación", pero los fabricantes de SCD prefieren la palabra "configuración" a pesar de que la primera daría una visión de mayor alcance. La palabra "programación" da la idea de grandes computadoras, como las llamadas "mainframe", nada deseables para este tipo de sistema hoy en día. Además como explicaremos más adelante la programación ha sido ya realizada desde la construcción del alambrado físico de control.

Otra palabra comunmente usada para funciones de programación es la de "Algoritmos". Un algoritmo es una secuencia específica de operaciones diseñada para realizar un trabajo determinado. Los algoritmos se guardan en una memoria permanente de sólo lectura. La información configurada junto con la información de sucesos de operación es guardada en una sección de memoria llamada Base de Datos.

La parte de la Base de Datos (DB Data Base) que contiene toda la información acerca de cómo las computadoras ( $\mu p$ ) están siendo usadas, así como los datos de cómputo hasta la fecha tiene, de acuerdo a cada fabricante una disposición distinta. Esta DB puede guardar los últimos datos de comportamiento del sistema o ser volátil y, sin la computadora funcionando, irrecuperable. Es importante, por lo tanto, protegerla y asegurar que no existan fallas por energía; esto mantendrá intacta la parte dinámica de la DB.

Usualmente, las baterías pueden revisarse para ser recargadas así como también cersiorarse de que se cuenta con dispositivos de larga vida para asegurar que si la energía falla se tiene otra fuente disponible a la mano, la que entrará inmediatamente en operación.

La configuración de la DB de un SCD deberá comenzar con la decisión de lo que se desea que haga el sistema. La información acerca de las funciones analógicas serán los diagramas de flujo del proceso, los llamados PID (Piping and Instrumentation Diagrams o Diagramas de Tubería e Instrumentación DTI) y la fuente de la información digital serán los diagramas de relevadores, los diagramas de lógica Booleana y la descripción de la operación secuencial del sistema a controlar.

Los tópicos que se mencionan a continuación son puntos importantes para definir y organizar un sistema. Cada proveedor de control organiza su sistema de acuerdo a su diseño único pero la información que se enlista, a continuación, podría considerarse requerida para cualquier sistema.

## 5.1 DIRECTRICES PARA LA ORGANIZACIÓN DE LOS DATOS Y EL SISTEMA

(1) Antes de empezar existe un procedimiento de inicialización que deberá ser ejecutado. El disco deberá ser formateado de manera que se establezcan los espacios en donde los diferentes tipos de información serán almacenados y puestos en una localización en particular. La información necesaria para que el sistema opere, guarde la información y establezca comunicación a través de los lazos de comunicación.

(2) La pista de datos deberá ser definida. Los controladores que almacenan información colectada y proporcionan señales de control lejos del área de operación central se comunicarán a través de la pista de datos con la consola del operador y con las interfaces de computadora. De esta forma cada uno deberá contar con un número de estación. Algunas de estas estaciones tendrán mayor prioridad que otras, tomando en cuenta que unas se comunicarán más frecuentemente entre ellas que con otras. Algunas serán dispositivos de adquisición de datos mientras que otras serán controladores de proceso y el protocolo de comunicación será diferente.

(3) Los grupos de desplegados también deberán ser definidos. Los diferentes desplegados que formarán parte de un grupo, serán seleccionados e identificados por "banderas" que permiten que el programa en operación encuentre el archivo con la información acerca de ese punto. El grupo llevará incluso un nombre, lo que actuará como una "bandera" para localizar el grupo en el que se encuentra el desplegado y la información al respecto. Un nombre típico será Caldera No. 1.

(4) Librerías de palabras descriptivas se usarán para mensajes. Palabras como "ON, OFF, START, STOP" (Encendido, Apagado, Iniciar, Paro), así como

también unidades de ingeniería como "PSI, GPM, TONS, etc." (libras por pulgada cuadrada, galones por minuto, toneladas, etc).

Algunos sistemas contienen librerías de mensajes que cintilean en la pantalla para alertar al operador acerca de las condiciones del proceso. Otros proporcionan instrucciones adicionales al operador, tales como el listado de pasos a elaborar o la porción del proceso que deberá ser encendida o sacada de operación. Todo esto forma parte del procedimiento de configuración.

(5) Los desplegados de supervisión también definen dentro de la DB. El desplegado de supervisión puede mostrar grupos de gráficos de barras. La parte superior de cada barra vertical corresponde a la máxima desviación aceptable del "set point" (punto de ajuste) para cada elemento de campo representado en la pantalla. Los valores límite que satisficieron todos los gráficos en pantalla del desplegado de supervisión típico deben ser especificados en la DB. Muchos sistemas pueden desplegar más de un grupo a la vez y este grupo contendrá más de uno supervisado.

(6) Toda la información de cada punto se definirá dentro de la DB. Un punto en cualquier proceso tendrá un nombre y deberá desplegar, al menos, la siguiente información:

- Tag (Iniciales y números que identifican la función y naturaleza del punto.)
- Unidades de medición. El número de la librería que define las unidades de medida de la función.
- Descripción del servicio. Número de referencia de la librería que sirva para hacer la descripción. Uno de esos números puede ser identificado como índice palabra clave.

- Tipo de punto. Una identificación, en forma de código, la cual identifica la función del punto y su estructura.
- La fuente de las entradas y el destino de todas las salidas.
- Número de Caja. La porción dentro de la pista de datos.
- La posición del punto dentro de la pantalla
- Índice del desplegado de supervisión. Los porcentajes definidos de los valores límite de la desviación de los "set point" se deben mostrar en el desplegado de supervisión, ya sea como barras verticales de 100% de longitud o de alguna otra manera.
- Información de emergencia. Las instrucciones de las acciones que deben ser tomadas por el operador en caso de emergencia.
- Instrucciones de seguridad. Información de qué se puede hacer o no, si el teclado de seguridad no está en una posición que permita al operador actuar.
- Parámetros de operación, límites, constantes, valores escalables y la información de los rangos.
- Información de las variables de entrada. Los rangos de las variables de entrada y las alarmas por bajo límite, requerimientos de linealización y los coeficientes de amortiguamiento deberán, todos, ser identificados.

(7) En algunos sistemas, los grupos apuntan las alarmas en sumarios. El estatus del grupo se desplegará cuando es requerido. Si muchos puntos en un grupo interactúan, tal vez en una condición de alarma, al mismo tiempo, el mismo agrupamiento ayuda al operador a mantener la visión de la condición de todos los puntos en el grupo. Escribiendo a través del teclado el nombre de un punto que muestra una condición de alarma en un desplegado de supervisión, se deberá poder desplegar directamente el listado de las alarmas. El tamaño del grupo de alarma y la organización de los números de "tag" deberán ser incluidos en la definición del grupo.

No incluido en el listado anterior pero necesario para muchos sistemas son las formas en que los puntos para los que serán colectados los datos de tendencia que definen la relación entre los puntos y los desplegados gráficos interactivos . Si se incluyen como partes del sistema, registradores de tendencias, los puntos a ser registrados deberán ser listados como los anteriores o de alguna manera ingresados al sistema operativo. El ingreso de la información que resulta de un desplegado gráfico deberá ser construida e interfazada con la información del proceso, esta es mostrada en forma dinámica como parte del desplegado. Lo anterior constituye un proceso de configuración y es único y exclusivo de cada marca de SCD.

Una vez que toda la información ha sido llenada en las formas, el diseño del sistema puede considerarse completo. Sólo queda ingresar toda la información dentro de la base de datos y salvarla dentro de un disco flexible. El ingreso de la información regularmente se hace por medio del teclado siguiendo los propuestas que se despliegan en la pantalla. Y usualmente se llama a este proceso "Llenado de los espacios en blanco" ("Fill in the blanks"). Este procedimiento es usado por la mayoría de los proveedores de SCD.

La información usualmente se ingresa en modo "off line" (fuera de línea), de tal forma que la pantalla no está comunicándose con los controladores que, operan sobre la base de datos constituida con los últimos datos del sistema controlado y sobre la información grabada en los discos donde se ha cargado el sistema operativo.

Un ejemplo del llenado de espacios en blanco sería:

Tipo de Punto	Indicador de un lazo
Introduzca el tag del punto	TIC-101
Introduzca la descripción	Crudo

Introduzca las unidades de ingeniería	Temp
Introduzca el factor de escala	Deg F
Introduzca el rango	* 1
100%	400.0
0%	200.0
Alarma disparada por	
1 proceso 2 set point 3 válvula	4 No alarma
Introduzca la desviación de la alarma en %	100
Existe una salida digital (Y o N)	N
Parámetros que indican el origen del punto	
Introduzca número de estación satélite	4
Introduzca número de slot en el gabinete	12
Introduzca el número de canal	9

Después de esto tal vez otros desplegados se generarán. Los sistemas podrán generar listados de menús o se volverá entonces dentro del sistema de instalación de la base de datos a los desplegados de mayor jerarquía o alguno mostrando la organización del sistema y cómo se van acomodando los datos en dicha base.

En general los SCD tienen diferentes maneras de organizar todo el sistema de control y por tanto el procedimiento de configuración del mismo pero todos tienen como base las necesidades del cliente.

## **5.2. LOS ALGORITMOS Y ELEMENTOS DE CONTRUCCIÓN DE LA LÓGICA DEL SISTEMA DE CONTROL**

Los algoritmos son las herramientas del usuario del SCD. Estos algoritmos son programas con funciones específicas que presentan una gran facilidad de manejo ya que



pueden interconectarse de tal forma que la modificación del "hardware" que sería muy costoso. Las aplicaciones de estos algoritmos están limitadas a la librería disponible, la capacidad del sistema de combinarlos y la imaginación del usuario.

### *Alambrado por "Software"*

Como se sabe la palabra software comunmente es usada en países de habla hispana como sinónimo de programas, memorias, y todo aquello que haga trabajar al "hardware" (que es la parte tangible de una computadora, por ejemplo). Así la conexión de los algoritmos se realiza mediante trabajo de programación. A esto de le llama "Soft wiring".

Para establecer un ejemplo la figura 5.1 muestra el alambrado por software de dos algoritmos que se localizan en las tarjetas de los "slots" 9 y 3.

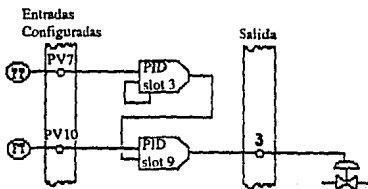


Figura 5.1 Soft Wiring

### Algoritmos PID Alambrados en Cascada

Donde: TT Transmisor de Temperatura

FT Transmisor de Flujo

PV Señal de Entrada

RV Set Point

Básicamente existen dos maneras de representar los algoritmos. Una divide cada función del instrumento en un símbolo lo cual representado tendría la forma de la figura 5.1. Otra forma igualmente útil pero que semeja la simbología usada por ISA en los diagramas de instrumentación para control de procesos. Ver figura 5.2

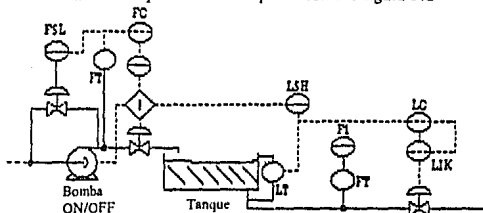


Figura 5.2 Diagrama de Proceso Mostrando una Aplicación de Funciones de Control

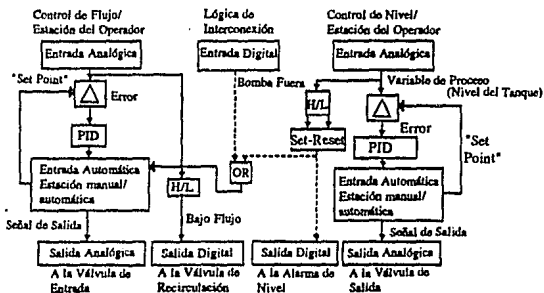


Figura 5.3 Algoritmos de Configuración de Bloques

La figura 5.3 muestra un diagrama configuración que usa bloques, tal como la simbología de SAMA.

Para poder establecer en la actualidad cuáles son las limitantes en cuanto a la variedad de algoritmos tendría que tenerse el conocimiento de todos lo manuales de

configuración de todas las marcas existentes. En realidad estas marcas distribuidoras de SCD tratan de establecer una cantidad de símbolos y algoritmos para facilidad de los usuarios o de las firmas de ingeniería cuyas filosofías de operación para los sistemas entran en combinación con dichos algoritmos, formando así la configuración del SCD.

Adicionalmente los proveedores de sistemas de control distribuido sugieren estrategias y "trucos" que pueden usarse para optimizar los recursos que proporciona el equipo que venden.

## CAPÍTULO 6 INTERFAZ HOMBRE/MAQUINA

La tecnología está proporcionando nuevos dispositivos que pueden ser usados en la implantación de los sistemas de control y monitoreo de los procesos. El uso de sistemas basados en microprocesadores facilita mecanismos para diseñar sistemas de la más alta escala de integración y alta velocidad en los llamados "data highways". Los sistemas de control distribuido pueden ahora abarcar todo el control y el monitoreo para todo un proceso, incluyendo equipos como la caldera, la turbina, los depuradores, los precipitadores, etc. y todos los sistemas asociados.

Para cumplir con los requerimientos que tiene un operador con respecto al proceso que maneja se han diseñado las que conocemos como consolas de interfaz al operador o bien unidades de interfaz al operador (Operator Interface Unit, OIU).

Los Sistemas de Control Distribuido tienden a la eficientización de las plantas mediante la supervisión cercana del desembolvimiento del proceso en ellas. Los SCD coleccionan los datos de tales procesos, dados como la temperatura, presión, niveles, y regulan estas variables de acuerdo a una estrategia global. Los datos y otras cantidades se centralizan para crear la estrategia de control, todo esto se presenta al operador a través del monitor CRT de la OIU. (Ver figura 6.1)

En concreto una Unidad de Interfaz con el Operador contituye una ventana para revisar y supervisar el desenvolvimiento y desempeño de los procesos. Consiste generalmente de un desplegado gráfico a través de un Tubo de Rayos Catódicos (CRT), un teclado, una unidad de disco y opcionalmente una impresora en línea. (Ver figura 6.2.)

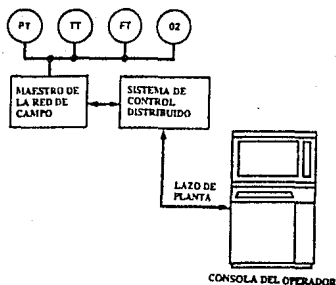


Figura 6.1 Centralización de los Datos y Monitor OIU

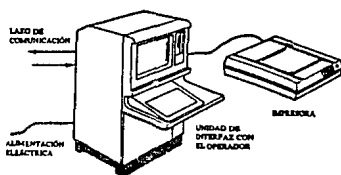


Figura 6.2 Unidad de Interfaz con el Operador

Al diseñar una consola de este tipo usando pantallas de tubos de rayos catódicos (CRT's) debe tomarse en cuenta que dicha consola deberá de constituir una interfaz simple y efectiva para el operador, de tal manera que pueda ejercer las funciones de control, bajo condiciones normales, condiciones de arranque/disparo y condiciones de emergencia.

Una interfaz hombre/máquina como su nombre lo indica es aquel dispositivo que permite una interacción entre el operador y el sistema a controlar. La tecnología proporciona ahora la posibilidad de contar con un elemento que enlaza al operador con el proceso proporcionándole además la facultad de monitorearlo y tomar acciones de control en cualquier parte de este.

Bajo la definición anterior, las consolas de interfaz hombre/máquina deberán cumplir con las características que a continuación pueden entreverse.

Anteriormente se diseñaron consolas basadas en los recursos que se tenían a disposición, por tanto estas consolas fueron diseñadas con equipo que requería de alambrado físico, lo que incluía contactores, relevadores, luces indicadoras de encendido/apagado, manual/automático, de los equipos modulantes, como registros para parámetros de control, anunciadores de alarmas, etc. Todos instalados bajo un criterio de agrupación funcional que permitía una interacción buena y rápida.

Debido a que la distribución no variaba, el operador se acostumbró a la distribución espacial de los dispositivos. Por ejemplo, si el operador se encontraba localizado en el centro de la consola, él sabía que los controles para el combustible se encontraban a su mano derecha y que los controles para el agua de alimentación estaban a su izquierda, en una planta de generación de vapor. Esta relación espacial se tornó importante cuando el operador tuvo que responder a situaciones de emergencia que requerían de una acción inmediata. Cuando ocurrían este tipo de situaciones el operador debía moverse directamente a el área de la consola que contenía los controles necesarios para la manipulación de la situación. Una vez en el área, podría operar simultáneamente desde uno hasta cuatro equipos dependiendo de la colocación de los distintos dispositivos.

Otro aspecto que podría mencionarse con respecto a las consolas de alambrado físico, es que estas fueron diseñadas para las condiciones de arranque/disparo y operación bajo condiciones de emergencia principalmente, pero no fueron tan importantes las condiciones de trabajo normal con el operador.

Haciendo un resumen se encuentran tres consideraciones importantes en cuanto a la funcionalidad de la consola.

- 1.- La consola debe presentar una constante de relación espacial de los dispositivos de control para el operador.
- 2.- La consola debe permitir la operación simultanea de muchos dispositivos de control inclusive por un sólo operador.
- 3.- Debe ser diseñada primordialmente para facilitar el arranque/disparo y las situaciones de operación de emergencia.

Al diseñarse una consola basada en microprocesadores y que cuenta con CRT's para sustitución de una consola de alambrado físico, las consideraciones anteriores (sobre todo las dos últimas) deberán ser metas para el ingeniero diseñador. Además no deberá sacrificar la facilidad de uso ni la funcionalidad requerida para el control en las condiciones de emergencia. Sin embargo, la efectividad y funcionalidad son suficientes para justificar el cambio de disposición de los elementos en la consola de CRT.

## **6.1 VENTAJAS PARA CONSOLAS DE CRT'S**

Las consolas de interfaz para el operador deberán ser flexibles, es decir, el usuario deberá poder cambiar la configuración de manera simple. El manejo de las

modificaciones y las expansiones se deberá realizarse a través de la combinación de distintos gráficos y CRT's. En contraste con las consolas de alambrado físico, las cuales una vez establecida la disposición y orientación del equipo, éste es extremadamente difícil de rediseñar. Las expansiones y modificaciones eran difíciles de concretar. En las consolas de CRT's, se debe poder establecer un diseño relativamente pequeño, con ello en condiciones de operación de emergencia, el operador no tiene que dejar su silla para atender todo el proceso.

Las consolas de alambrado físico, dan al operador información de las condiciones de la planta. Pero la totalidad de las funciones no pueden ser completadas a través de una interfaz de alambrado físico convencional. En cambio las consolas que incluyen CRT's pueden manejar una cantidad mayor de información e incluso, manejarla de tal forma que lo más relevante del problema sea lo que se presenta en primer plano al operador.

Aunque estas consolas cuenten con microprocesadores, esto no significa que ciertas funciones como Ingeniería, Programación, Funciones de Diagnóstico, etc. se realicen en ellas. Sin embargo para algunas marcas vendedoras de SCD estas funciones y las que debe desempeñar propiamente una consola de interfaz con el operador pueden ser separadas mediante un selector de seguridad y así en una misma unidad de interfaz coexisten la del operador y la de ingeniería.

El objetivo de una consola CRT interfaz con el operador y sus controles asociados, es la de permitir el manejo total de la planta y supervisión bajo las condiciones de arranque/disparo y emergencia, y ocasionalmente operación manual.



Existen tres funciones que las consolas de CRT deberán cumplir, estas son: Deberán poderse usar en el control de los procesos regularmente. Deberán poder contener información de soporte y alarmar las condiciones anormales. Sin embargo, todos las pantallas CRT deberá tener la capacidad de realizar cualquiera de estas funciones asignadas así como las Unidades de Interfaz con operadores.

Es conveniente el uso de dos consolas que contengan CRT's por unidad de proceso, esto permitirá tener un respaldo si algo le sucede a la pantalla primaria o bien es necesario el mantenimiento de esta, y permitirá también, que un segundo operador tenga el control de cualquier área si el primer operador necesita o solicita ayuda. Existen algunas otras opciones que permiten abaratar los costos de una segunda pantalla de interfaz con el operador, esto es, la de incluir dentro del SCD un grupo de controladores del tipo analógico y "stand alone" o autosoportado y un soporte del tipo PLC dentro del control secuencial, estos trabajarán por proceso, aunque comunicados por medio del lazo de control. La medida anterior permitirá continuar con la operación normal de los procesos dentro de una planta aunque cada proceso "por separado".

Otro requerimiento para las consolas de CRT's es que el operador deberá poder encontrar su camino al complejo de la planta en proceso rápidamente, especialmente durante las condiciones de arranque/disparo y emergencia. Al mismo tiempo el operador necesita que se le presenten los desplegados de fallas. Para lo cual el sistema necesitará dar una respuesta rápida en cuanto al manejo de los gráficos. Las gráficas deberán tener un flujo fácil, ya que el tiempo de respuesta es importante; también es necesario que el sistema permita el establecimiento del tamaño, disposición y forma de los desplegados, para que se ajusten a las necesidades del usuario. Durante las condiciones de alarma, deberán existir puntos en la pantalla que desplieguen esta condición mediante cambios de color y/o forma dependiendo del valor de las variables.

Marcas como Bailey, Taylor, etc. pueden ofrecer una gran variedad en sus gráficos, y esto es más o menos regular en todas las marcas. El usuario podrá elegir entre desplegados en forma de barras, reconstrucción del proceso, variables de cambio de símbolos, textos, gráficos, intermitentes, etc. y la combinación de todos estos.

La visualización del proceso a través de la jerarquía del desplegado es una secuencia de desplegados encadenados entre sí, que llevan al operador de una visión general del proceso en la planta hasta gráficos detallados de lazos individuales de control. Cada desplegado dará información más detallada acerca de los lazos de control que se consulten. En estos desplegados, el operador deberá ser capaz de proporcionar un set-point, la salida de una válvula, y otros cambios del tipo en el proceso a través del teclado.

El color de los desplegados es de gran relevancia ya que información específica se manifiesta al operador por medio de él, debido a que de este modo es rápidamente distinguida. Aunque existen algunas restricciones en algunas marcas, generalmente se deja a selección del propio usuario el color que deberá usar para cada caso. Los colores que se prefieren usar, están de acuerdo a la tabla siguiente. (Ver tabla 6.1)

COLOR	INFORMACIÓN	APLICACIÓN
Negro	Fondo	-
CiENA	Información que Permanecerá sin Cambios	Título de páginas, tag, nombre y descripción del tag
Verde	Datos de Proceso que Cambian con la Fecha y el Tiempo	Variables de proceso, salidas de control y valores de "set point", fecha, día y hora por día
Amarillo	Anunciación de Alarmas Notificación de Condiciones Anormales	Indicaciones de alarma asociadas a los números de tag que corresponden a los detectores que se disparan por alto o bajo estado Las indicaciones por falla de comunicación o baja calidad de esta así como las interrupciones de la comunicación se simbolizan con asteriscos (*)
Rojo o Magenta	Letras de Acceso o Código	Letras de acceso e identificación de cada grupo de desplegados o páginas de de áreas a desplegar
Azul (Baja Intensidad)	Delineación	Gratícula de los desplegados de tendencia y los parámetros de los otros elementos que están fuera del sistema

Tabla 6.1 Colores en Pantalla

Debido a la importancia del papel que una OIU juega, y a que desde ella se tiene el control total de un proceso, su capacidad de desplegados deberá ser suficiente para ejercer el control y supervisión en el mismo proceso. Aunque varía de marca a marca una consola de este tipo puede contener alrededor de 120 gráficos desplegados, agrupando ya sea el caso, 500, 1400 o 5000 números de "Tag" así como también 100, 500 a 1000 gráficas de tendencias. A últimas fechas, los sistemas desarrollados por las compañías vendedoras de SCD, han tendido a incrementar sus capacidades y con ello la de las consolas. Esto obedece al uso de microprocesadores como 386 y el 486.

## 6.2 EL TECLADO

Algunos aspectos también observables existen en los teclados. Muchos sistemas cuentan con pantallas sensibles al tacto, y sus gráficos también responden a este tipo de entradas, sin embargo son necesarias teclas para el movimiento dentro del proceso tomando en cuenta la jerarquía del desplegado, con el fin de obtener mayor información, como el valor de las variables en determinado punto del proceso. Es necesario que incluso la jerarquía de los desplegados sea configurable por parte del usuario.

El control del proceso deberá ser uniforme, esto obliga al diseñador a que el mínimo número de puntos de contacto en una pantalla sea de cuatro. Sin embargo, pueden existir puntos de contacto múltiples mediante teclas dedicadas colocadas justamente por debajo de los CRT's, estos pueden estar también colocados en un tablero aparte, no muy alejado de la pantalla y su naturaleza puede variar de cristal líquido a dispositivos electroluminiscentes. Aunque depende de la marca y el modelo de SCD, el teclado podrá o no contar con una membrana de mylar preferentemente, o bien, otro material, que permita no correr riesgos al trabajar en ambientes difíciles u hostiles.

Las consolas son requeridas para interactuar con el operador por lo que la confiabilidad en este punto es importante. Esto significa que deberán contar con un respaldo, es decir, un procesador redundante y un sistema de energía de soporte. De forma similar, la comunicación con el resto de los dispositivos de control es de suma importancia, por lo que la consola CRT deberá contar con comunicación igualmente redundante.

### SECCIÓN DE TECLADO ALFABÉTICO:

Accesa los grupos de desplegados.

- Área de Página
- Página Sumario de Alarmas
- Nombre del Grupo
- No. de Tag

### \* CONTROL DEL CURSOR:

Proporciona el control del "Cursor" en el desplegado de la estación de control, en los desplegados de tendencias o el control remoto de tags.

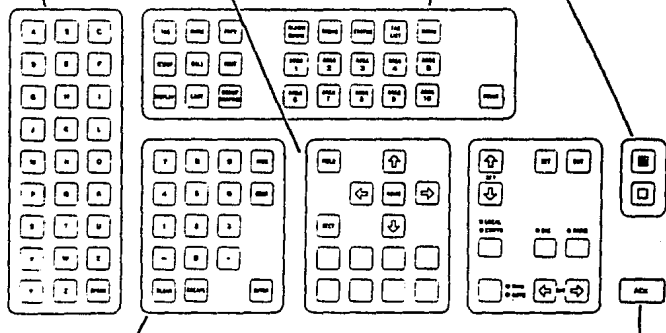
### CONTROL DE DESPLEGADO

Usado para desplegar cualquier formato:

- Páginas de desplegados dedicados como Sumario de Alarmas, Listas de Tags, Áreas, etc.
- Se usa para imprimir lo contenido en la pantalla

### LLAVE INTERRUPTOR DE CONTROL DE CONTROL REMOTO

Usado para alternar el estado de un interruptor remoto



### SECCIÓN DE TECLAS NUMÉRICAS:

- Usadas para identificación de números de Tag y nombres de grupos.
- Establecer valores de "set point" y salidas de variables de control.
- Establecer el tiempo de arrollamiento de los registros (intervalos de tiempo de los registros.)
- Interrumpir la operación que se realiza y volver a la anterior.

### TECLA DE RECONOCIMIENTO

Usada para el reconocimiento de las alarmas desplegadas

### BLOQUE DE LA ESTACIÓN DE CONTROL

- Permite tomar control de cualquier tag desplegado identificado por el "cursor".
- Incremento o decremento de las salidas de control.
- Puede cambiarse el modo de operación del Módulo Controlador.

Figura 6.3 Teclado de OIU Equipo Network-90 Bailey

### 6.3 REGISTRO DE LOS DATOS Y TENDENCIAS

En la consolas de control el registro de los hechos es un punto de suma importancia. Los operadores utilizan los registros para realizar las interpretaciones de sus acciones y las respuestas del sistema. Idealmente el número de graficaciones y el número de plumas por graficación que deberá ser registrado. Ambos son seleccionados por el usuario. Cuando se llama un registro, el desplegado inmediato deberá ser de las pasadas cuatro horas como una característica común, pero los desplegados pueden ser incluso de doce, permitiendo al operador estudiar los datos que se han adquirido históricamente. La variación de los períodos de graficación va desde los 30 minutos hasta 26 o más horas. (Ver figura 6.4).

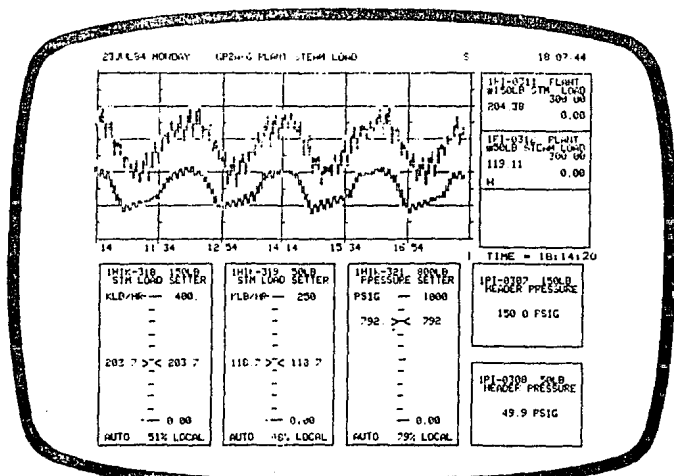


Figura 6.4 Desplegado de Tendencias y Controladores

Las técnicas para el desplegado de los registros requieren de una gran flexibilidad. El sistema deberá permitir que un registro pueda ser configurado desde cualquier desplegado. Adicionalmente a esto el operador deberá poder tener en la posición superior la porción de registro que necesite, mientras que el resto de la pantalla deberá tener la posibilidad de manejar otras aplicaciones. (Ver figura 6.3) El tamaño, el número de los registros desplegados y de los que sean necesarios deben ser configurables por el usuario.

#### 6.4 MANEJO DE LAS ALARMAS

Las consolas con CRT's serán el punto central para la presentación de alarmas al operador. Esta presentación de alarmas puede ser realmente buena si se toman en cuenta hechos inteligentes, tales como, priorización de las alarmas, la agrupación de eventos, la inicialización de ciertas funciones a propósito de la condición de alarma y la inhibición de cierto tipo de alarmas basado en condiciones predeterminadas.

Dependiendo de las marcas, las alarmas, en una unidad de interfaz con el operador, pueden ser manifestadas desde otros desplegados, siempre y cuando estos se encuentren dentro del "área comunicación" de la OIU, es decir, cuando esta alarma suceda dentro del área de proceso que la OIU supervisa.

En muchos casos las alarmas irán seguidas por una serie de tareas rutinarias y otras alarmas obvias y subsecuentes. En este caso estas alarmas no será necesario presentarlas en la consola en cualquier momento; esto con el fin de no confundir al operador. Adicionalmente las alarmas podrán ser manejadas de tal manera que alguna

de las tareas que son consecuencia de estas, rutinarias y que no es necesario sean supervisadas por los operadores, podrán ser inicializadas, para comenzar su solución.

Un punto importante para el manejo de las alarmas del sistema es el anuncio de las alarmas de carácter crítico. En las pantallas de CRT deberá existir un desplegado gráfico de la representación del anunciador de alarmas con caracteres que especifiquen su naturaleza. De acuerdo a la configuración y la capacidad gráfica del sistema, de existir más de una condición de alarma, ventanas más o menos grandes aparecerán en la pantalla.

El reconocimiento de la condición de alarma podrá hacerse mediante el simple contacto, en la pantalla, con su desplegado o anuncio. El aspecto de la condición de alarma mediante el cambio de color y la intermitencia deberán poder ser incorporados.

El usuario deberá poder escoger las unidades en las que la condición de alarma sea manifestada e información descriptiva así como detallamiento de la misma será conveniente se manejen en desplegados por separado.

Las alarmas que no sean de prioridad crítica pueden ser manejadas fuera de los desplegados principales. Estos puntos deberán ser más discretos, en cuanto a su apariencia ante el operador, de tal manera que puedan ser manejados paralelamente a la operación "normal" del proceso.

En estas alarmas es necesario que se manifieste la identificación del punto de alarma, la descripción de ese punto y el momento en el que la condición anormal activó la alarma.



## 6.5 ADQUISICION DE DATOS

La consola anteriormente descrita es la que conocemos por la consola central que comprende todos los subsistemas de una unidad. Estos subsistemas pueden incluir el control de una turbina, el control de una caldera, el manejo del quemador, el manejo del precipitador, el manejo de los sopladores de hollín, el control de un depurador, el control de las cenizas, el manejo de la hulla, etc. La consola proporcionará al operador de todos los elementos necesarios para la interfaz a través de los desplegados, los registradores y el manejo de las alarmas. La consola deberá además asumir la función de adquisición de datos para proporcionar la información requerida y necesaria para que el operador pueda comprender adecuadamente el proceso. Esta adquisición de datos se realiza dependiendo del perfil de monitoreo.

La función elemental de la adquisición de datos es la de reunir la información concerniente a los parámetros de la planta para presentarlos al operador en un formato fácil de entender. Inicialmente, las consolas de alambrado físico eran diseñadas para ejercer el control, y no propiamente para el otorgamiento de datos. Esta información venía directamente desde el campo, hasta los registradores e indicadores a los que el operador consultaba. Esta información estaba limitada en su alcance, de tal suerte que el operador necesitaba efectuar extensas caminatas a través de la planta periódicamente y determinar así las condiciones de ésta. La adquisición de datos tradicional constituía sólo un soporte para el control. La recavación de esta información era muy importante y aún lo es para completar la visión general del estado del proceso. Las computadoras digitales que aparecieron en la década de los 70's lograron mayor cantidad de información de soporte que era presentada en desplegados en las pantallas, los registros de tendencia y las impresoras.

Los datos colectados eran escasos, los desplegados eran lentos, los paquetes usados entonces limitados y las computadoras personales algo irreal. Pero el sistema de adquisición de datos fue dramáticamente mejorado, cambiando el entendimiento del proceso por el operador a cerca de las condiciones de operación de la planta. El operador dependió entonces fuertemente del sistema de adquisición de datos.

El sistema de adquisición de datos pasó a formar parte de la consola del operador y tomó el lugar de una parte de las consolas de los sistemas más complejos de hoy en día. Este sistema se convirtió entonces en aquel sistema que controla el manejo de información necesaria para ingeniería y los procesos de operación. Este mismo realizará entonces la ejecución de los cálculos, la desviación del calor generado, el monitoreo, registro y reporte de las condiciones del ambiente, el monitoreo o el registro de la secuencia de eventos, el monitoreo y diagnóstico de los sistemas del microprocesador y el monitoreo y cálculo de los eventos de gran escala que anteriormente no pudieron ser realizados. El uso de un sistema de manejo de datos permitirá la coordinación de los proceso de planta, lo que aumentará la eficiencia de la misma.

Por lo anterior, el sistema llega a ser más que un dispositivo simple de información para el operador, una herramienta de ingeniería. Aparte el sistema comunicará y recolectará información de cada dispositivo de control de la planta permitiendo al ingeniero proporcionarle una herramienta que le permita revisar la ejecución de la estrategia de control de la planta. Permitirá a los ingenieros analizar las fallas y monitorear el funcionamiento de las máquinas como un esfuerzo por extender su vida útil. Como tarea principal resolverá el problema de la adquisición de datos con la suficiente rapidez. Las funciones de desplegado de datos, registro y grabado de estos son requerimientos básicos para este tipo de sistema, pero el tamaño de la base de

datos, la velocidad de acceso a esta base, el monto de la ingeniería ejecutada en este, puede ser radicalmente distinta.

El manejo de los datos y la habilidad de procesamiento para el sistema de manipulación de los datos son de gran tamaño. La porción de datos históricos de cada sistema requerirá de gran cantidad de procesadores y de memoria periférica. El sistema de los datos históricos esencialmente necesita ser comprendido por cuatro sistemas básicos. El primer sistema será un archivo circular ya sea en un procesador de memoria o en algún dispositivo de estado sólido; o bien en algún dispositivo de "bubble memory" guardando todos los puntos buscados a la frecuencia de búsqueda y pudiendo con ello salvar, al menos, cuatro días de eventos. El número de puntos podrá ser más de 6000. Estos datos darán una información completa y pertinente al ingeniero para el posterior diagnóstico del proceso.

El segundo sistema es una extensión del sistema anteriormente descrito usado para la recuperación de los datos de largos intervalos de tiempo. Estos datos serán comprimidos del archivo de cuatro días usando una técnica de cambio de porcentaje que puede ser variada por el ingeniero.

Estos datos necesitan de una nueva manera de almacenarlos tal como los equipos laser de alta densidad. El almacenaje de los datos de largos intervalos y la recuperación de los mismos mediante su impresión en papel, debe ser posible. Es recomendable que éste sea lo más pequeño posible.

El tercer sistema de base de datos puede ser para la colección y análisis de los datos de la vibración de los equipos rotatorios. Esta base consta de dos subbases. Una "en-demanda" que es una subbase analítica y colectora de datos con una capacidad de

aproximadamente 3 1/2 millones de puntos en una estructura de tiempo de dos minutos. La segunda porción de la base de datos históricos de la vibración de los equipo rotatorios tiene la misma característica de ser a largos intervalos de tiempo, esta porción se encarga de la colecta de los datos para análisis fuera de funcionamiento, pero a una estructura de tiempo de dos horas.

Con este sistema de manipulación de datos, el Registro de la Secuencia de Eventos (SER) puede formar parte del cuarto sistema de datos históricos. Este sistema deberá tener la misma función que los sistemas SER tradicionales, esto es, que sea capaz de monitorear contactos de campo seleccionados y proveer de una descripción de los eventos tal como suceden. La resolución deberá no sólo ser la misma sino que mejor, esto se refiere a los milisegundos en los que el contacto tarda en cambiar de estado.

El alambrado físico de este sistema se comunicará con la planta de forma redundante mediante los llamados "highways" dedicados de alta velocidad. A el operador se le comunicarán a través de la consola de interface Hombre/Máquina la identificación de el punto de entrada, una descripción detallada de este punto y el tiempo en horas, minutos y milisegundos en los que el punto cambia de estado.

Este sistema deberá guardar los eventos como un soporte de la base de datos históricos. En adición a los puntos de SER, todos los demás puntos de alarma deberán ser incorporados en la base de datos, el tiempo de resolución y búsqueda, así como el orden de ocurrencia. Con la combinación de los sistemas de adquisición de datos y la adquisición de los datos de alarma, "Ingeniería" podrá tener un escenario de eventos por medio de la consola, en lugar de tener que recorrer la planta.

## 6.6 CONSOLAS DE INTERFAZ PARA PROGRAMACIÓN/INGENIERÍA

El sistema de manipulación de datos requiere de una consola especialmente diseñada para el uso de ingeniería. Los requerimientos para esta consola son únicos y no deberán formar parte de aquellos reservados para la consola del operador, anteriormente descrita. Esta consola deberá ser diseñada para el uso exclusivo de un ingeniero y para dar servicio en las funciones de ingeniería.

Así como la consola del operador, la de ingeniería deberá ser lo suficientemente flexible para permitir la adaptabilidad a la distribución espacial. Se considera que serán necesarios 13 colores en la pantalla y que esta deberá ser sensible al tacto o manejable por lápiz electrónico. Así como también deberá tener asociada una impresora de gráficas a color. La consola deberá contar con un teclado de caracteres ASCII para poder desarrollar los gráficos. Los dispositivos como lápices de luz, mouse (ratón) o palanca de mandos (joysticks), se usan para facilitar el manejo de los paquetes de gráficos y usualmente son incorporados solamente a las consolas de ingeniería. También deberá pensarse en el espacio necesario para dibujos, libros, y artículos de necesidad para los ingenieros.

La consola de ingeniería deberá ser usada para el desarrollo de programas y gráficas, para poner marcha el sistema de control, para revisar y analizar la base de datos históricos y para el diagnóstico técnico de los sistemas de mando de la planta, así como las consolas de operadores y las mismas de ingeniería. La consola de ingeniería deberá incluir las suficientes facilidades para permitir el fácil acceso a estas funciones. Las características deseables para ello serán:

1. Teclas y software para las funciones de visualización, para cambios y programas para realizar pruebas.
2. Teclas especiales y dispositivos para el fácil desarrollo de los gráficos.
3. Habilidad para seguir las tendencias y poder a punto las válvulas con los actuadores dedicados.
4. Habilidad para el movimiento rápido a través de la base de datos históricos, pudiendo usar para ello dos pantallas CRT y ventanas dentro de la base de datos.

Cada función que se despliega en la consola de interfaz al operador, deberá poderse desplegar en la consola de ingeniería. De cualquier manera todos los parámetros concernientes a la puesta a punto o sintonización y el desarrollo de la estrategia de control deberán realizarse desde la consola de ingeniería. (Ver Figura 6.5)

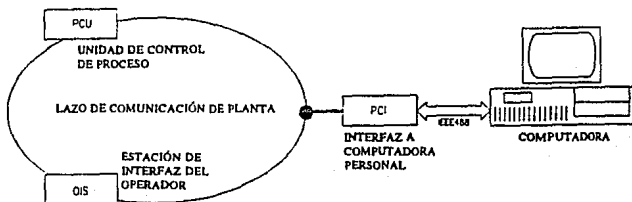


Figura 6.5 Estación de Trabajo de Ingeniería (EWS Engineer Work Station)

## 6.7 SISTEMA COMPLETO DE MICROPROCESADOR Y PANTALLA CRT.

El mejoramiento en el control de la planta, el monitoreo, y el análisis de la plata, se puede implantar mediante el sistema integrado de microprocesador y CRT.

El sistema de control será funcionalmente distribuido en la planta, en sistemas tales como la caldera, la turbina, etc. Cada subsistema, atendido mediante un gabinete, cada consola de operador, cada consola de ingeniería y el sistema de manejo de datos serán considerados como nodos que forman parte del sistema integrado.

Los "highways" de comunicación de alta velocidad se utilizan como interfaz entre los componentes varios del sistema. El primer nivel de comunicación existirá entre los procesadores y el hardware de entradas/salidas para cada nodo. Los datos de control serán compartidos entre los procesadores de este nivel. En el siguiente nivel de comunicación existirá entre los nodos y las consolas de interfaz con el operador. El único tipo de datos que viajará en este nivel de comunicación es aquel de los datos que son necesarios para la operación de control directa y de los displays. El tercer nivel de comunicación existe entre los nodos y el sistema de manejo de datos. El cuarto, es para las consolas de interfaz con el operador y el sistema de manejo de la planta; este nivel para datos relativos a la eficiencia y el rendimiento de la planta. Es posible en algunos de estos highways puedan combinarse. De cualquier manera estos highways fueron pensados de forma similar al procesamiento distribuido, es decir, distribuir los highways significa especificar funciones especiales para cada uno. Estos highways deberán ser altamente seguros, redundantes y separados tanto como sea posible. (Ver figura 6.6)

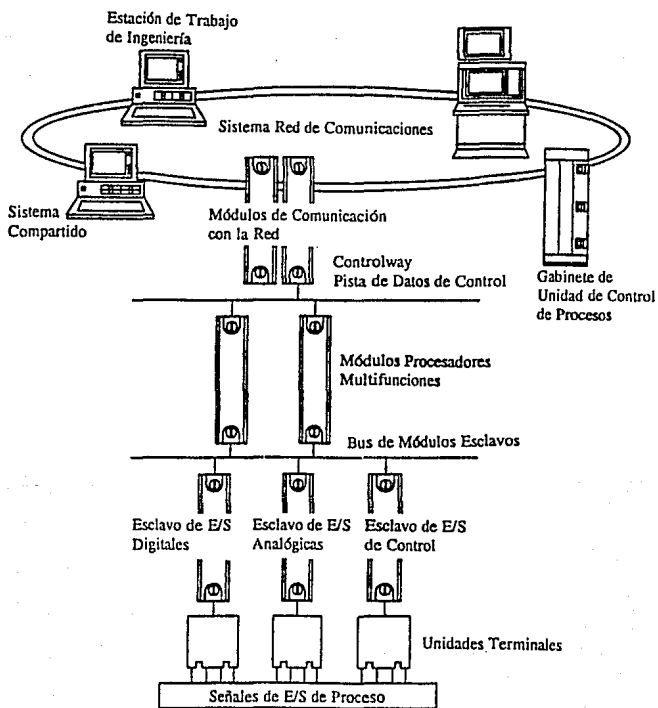


Figura 6.6 Elementos de Comunicación para Sistemas de Control Distribuido



## CAPITULO 7 TOLERANCIA A FALLAS

### 7.1 CONFIABILIDAD

La tolerancia a fallas de los Sistemas de Control Distribuido está de acuerdo a la confiabilidad que estos tengan. Es decir, de acuerdo a la capacidad que el sistema de control tenga para que, aún sucediendo fallas en las partes que lo integran, mantenga en operación la producción, el proceso, etc.

Existen dos maneras de organizar el control en la planta. Una soporta los lazos de control analógico. Cada lazo es independiente de los otros. La falla de uno de ellos probablemente degrade el desempeño de todo el proceso y su efectividad pero no será causa del paro de la producción. Por otro lado se encuentra la parte del control digital que está centralizado en un microprocesador y a falla de este inevitablemente causa al paro de todo el proceso.

La confiabilidad de un Sistema de Control Distribuido se encuentra entre estos dos extremos. El grado de confiabilidad depende en gran parte del diseño del proveedor de la computadora (microprocesador). En todos los casos las unidades remotas tienen propios procesadores y memorias y se mantendrán operando a pesar que la estación central falle.

La confiabilidad entre los sistemas de control que suministran los proveedores varía de acuerdo a la cantidad de redundancia y de multiplexión en las entradas y salidas de señales. La confiabilidad tiene forma de ser medida. Se sabe que la confiabilidad de un sistema es el producto de las confiabilidades de sus partes.

$$R_t = R_1 * R_2 * R_3$$

donde:

$R_t$  = confiabilidad total del sistema.

$R_{1,2,3}$  = confiabilidad de cada componente

Cuando se tienen varios sistemas la confiabilidad del conjunto se puede estimar de acuerdo a:

$$R_t = 1 - (1 - R_i)^2$$

donde:

$R_t$  = la confiabilidad total

$R_i$  = la confiabilidad individual del sistema.

Esto último aplica cuando se tienen dos sistemas de la misma confiabilidad y uno de los sistemas estará siempre disponible cuando el otro falla.

## 7.2 DIVISIÓN DE LAS TAREAS

Uno de los problemas con el control digital centralizado en un procesador era que éste tenía que hacer todo el trabajo. Es decir, todas las tareas recaían en la llamado "mainframe". El control analógico, estaba en el otro extremo. Las tareas propias de éste estaban distribuidas en muchos dispositivos controladores, cada uno operando independiente de los otros. El control distribuido debe buscar el equilibrio entre estos extremos.

Las tareas que necesiten ser elaboradas con un encadenamiento de los desplegados y obtengan señales del operador hacia el proceso, son asignadas a una computadora, pero una senciblemente más pequeña que la mencionada anteriormente (mainframe). Las estaciones remotas son también microprocesadores y existe una

importante asignación y repartición de tareas en su diseño. Una cantidad importante de microprocesadores comparten la tarea de mover los datos en todo el sistema, buscar, controlar las funciones de generación e interfazar las redes de comunicación.

### 7.3 REDUNDANCIA

Cuando se considera la compra de equipo de control, así como es lógico en la compra de cualquier equipo, deben considerarse los casos de falla del equipo. Por ello los fabricantes de equipo de control distribuido consideran la posibilidad de que su producto tarde o temprano fallará.

Bajo esta filosofía los fabricantes han pensado que es mejor estar preparado y para ello consideran equipo redundante, ya sea incluido dentro del paquete ofrecido u opcional a compra. En cualquiera de los casos la adición de equipo redundante utilizará conectores, puertos y capacidad de comunicación de tal manera que la capacidad total del sistema se reduce.

Las partes que podrían considerarse como las más comunes a suministrarse como redundantes son: Unidades electrónicas remotas, fuentes de corriente directa, pistas de datos (eléctricas y ópticas), etc. Pero adicionalmente se sugieren como redundantes, la estación del operador, incluyendo la pantalla, el teclado, y la parte electrónica, directores de tráfico, impresoras y equipos de operación manual de respaldo. El equipo redundante muestra su utilidad cuando el proceso es operado completamente en forma automática.

## 7.4 DIAGNÓSTICOS

El equipo digital tiene ciertas ventajas sobre el equipo analógico, la información que es guardada en registros, los que son fácilmente legibles. Esto significa que el estado de las diferentes partes de los circuitos pueden ser revisadas continuamente y las fallas pueden ser detectadas y localizadas rápidamente.

Las cosas suceden tan rápidamente, en los equipos digitales, que es posible tener los circuitos autorevisándose por medio de la corrida de rutinas especiales, comparando resultados o provocando el paro de la operación del equipo electrónico si es que sucede una falla seria. Los resultados de estas pruebas de diagnóstico generalmente son usadas para desplegarse en pantalla y son codificadas de tal manera que puedan ser usadas para la identificación de la causa del problema. Algunos controladores tienen incluso circuitos autorreparables.

El medio para reportar problemas varía con el sistema que está siendo suministrado. Como mínimo, deberán estar disponibles en los dispositivos clave, las indicaciones locales de "malo, bueno", lo cual se hace con una luz LED que cambia de color y que está estrechamente asociada con el equipo.

Además de los diagnósticos hechos en el mismo controlador se monitorean los sistemas de fuentes de poder y de enfriamiento. Conforme aumenta el tamaño del sistema de control distribuido se agregan diagnósticos adicionales para el monitoreo del sistema de comunicaciones y las consolas del operador/ingeniería.

El diagnóstico jerárquico Bailey se muestra en la figura 7.1

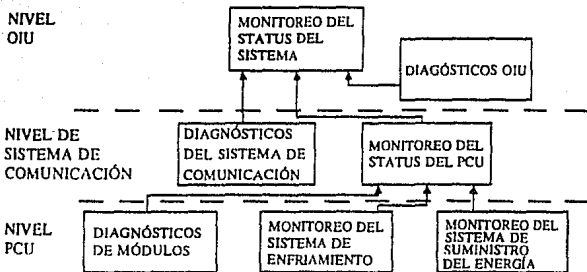


Figura 7.1 Diagnóstico Jerárquico

Los diagnósticos típicos comprenden lo siguiente:

- Prueba de la Memoria RAM (Random Access Memory)
- Prueba de la Memoria ROM (Read-Only Memory)
- Prueba de las Entradas/Salidas
- Verificación de la Calidad de los Datos
- Tiempo de Falla de Módulos (Module Fault Timer Time Out)
- Comunicación "Read Back" (retroalimentación)
- Verificación de la Configuración del Hardware

Los diagnósticos de los sistemas de comunicación incluyen:

- Verificación Clínica Redundante
- Verificación por Sumas
- Verificación por Visitas Recibidas
- Verificación por Secuencia de Conteo
- Reconocimiento del Mensaje Recibido/No Recibido

## 7.5 PARTES DE REPUESTO

La clave para obtener el valor mínimo de tiempo para la reparación del equipo es tener a la mano las partes de repuesto pertinentes y los técnicos que sepan

exactamente qué hacer con ellas. El primer diagnóstico generalmente es usado para localizar la fuente probable de falla de tal manera que puedan sustituirse las tarjetas dañadas por alguna en buen estado y solucionar rápidamente el problema.

En general los proveedores de control distribuido proporcionarán las tarjetas principales lo más rápidamente posible, así es que los problemas derivados del uso de estas y las fallas graves deben poder ser afrontadas con eficiencia y los procesos no sufrirán en la efectividad y confiabilidad.

## **7.6 LAS FUENTES DE PODER**

Existen tres diferentes variedades de fuentes de poder para los SCD. La fuente más importante proporciona 24VDC, y cuenta con sus especificaciones de falla. Existen también, otras fuentes menores reguladas generalmente de 5VDC. Finalmente están las baterías pequeñas que proveeran de energía a la lógica para evitar ser recargada al sistema.

Cada una de estas fuentes tiene sus consideraciones para confiabilidad. La fuente principal no se proporciona con redundancia en forma estandar. Es decir, una fuente principal redundante se ofrecerá como equipo opcional. Pero las fuentes reguladas son proporcionadas generalmente de forma estandar, si esto no sucede, deben estar disponibles para comprarse por separado.

Las baterías, para soportar la memoria de la base de datos, tienen una gran variedad de duraciones. El proveedor del equipo de control deberá especificar cuanto tiempo duran. Es común encontrar baterías que mantienen la memoria por espacios

hasta de dos años, lo cual es grandemente útil para las firmas de ingeniería que realizan las configuraciones de los equipos con tiempo de anticipación a la puesta en marcha. En estos casos es necesaria la indicación, mediante desplegados, del estado de las baterías, es decir, cuando comiencen a perder su carga e incluso cuando la hayan perdido.

## **CAPITULO 8    CONSIDERACIONES DE INSTALACIÓN**

Aunque podría pensarse que no existe relación entre las fallas que se dan en los equipos y las consideraciones de instalación, éstas en muchos casos son causadas por los errores u omisiones de los proveedores o de los clientes que desconocen las necesidades del sistema en cuanto al lugar y las características de éste para la instalación de un sistema de control distribuido.

A continuación se detallan los conceptos más relevantes al respecto.

### **8.1    LUGAR DE INSTALACIÓN**

La selección del sitio en el que operará un SCD involucra la consideración de muchos de muchos factores importantes. Es decir, las Consideraciones Físicas y Mecánicas y las Condiciones Ambientales de Operación que incluyen:

**+Consideraciones Físicas y Mecánicas.**

- Soporte de Pisos
- Espacio
- Suministro Eléctrico
- Ambiente de Ruido Eléctrico
- Condiciones Atmosféricas

**+Condiciones Ambientales de Operación**

- Temperatura y Humedad



- Calidad del Aire
- Características del Aire Acondicionado
- Sistema de Suministro Eléctrico
- Sistema de Tierra

#### **+ Consideraciones Físicas y Mecánicas**

##### **- Soporte de Pisos**

El fabricante deberá proporcionar tablas de consulta para la especificación del piso que soportará el equipo de control. Pero esto depende, como es evidente, del peso del equipo. Puede, entonces, llegarse a hacer una generalización y considerar un peso aproximado de 400 a 450 Kg por cada unidad mayor en el sistema (tal como un gabinete de control de proceso, una interfaz hombre/máquina, etc). Lo anterior permitirá proporcionar un nivel adecuado de seguridad para el equipo y el personal que trabaje ahí, así como también, asegurar la estabilidad de la instalación.

Puede también emplearse para soporte del equipo el concreto, sobre todo para las unidades mayores de cualquier sistema.

##### **- Espacio**

El tamaño de las ventanas debe ser lo suficientemente grande, tal que, los equipos de hardware más grandes puedan ser movidos dentro del área de instalación y hacia afuera de ésta.

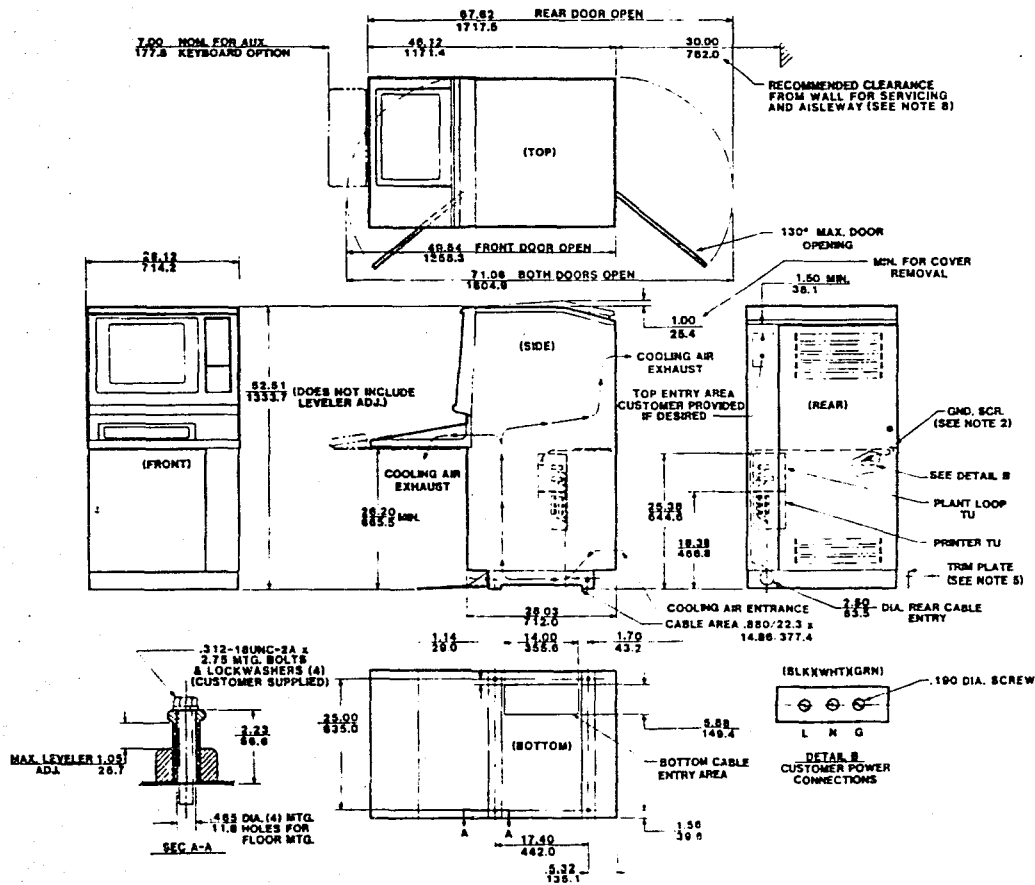
Los cables entre el sistema de control y el equipo periférico tales como los de las estaciones del operador , paneles de control, etc. varían en cuanto a la máxima distancia permisible. Para tal efecto deberán consultarse los códigos locales o nacionales eléctricos, así como analizarse cuidadosamente las especificaciones del fabricante.

Las dimensiones de las áreas de trabajo, que operen a 600 V nominales o menos y que requieran de ser examinadas, ajustadas o que sea necesario darles servicio o mantenimiento durante su vida útil, no deberán ser menores de lo que indique el fabricante. Es importante señalar que las distancias deberán medirse desde las partes vivas o bien desde la caja o la parte frontal, en el caso de que las partes vivas se encuentren en gabinetes.

Adicionalmente debe recomendarse que el área de trabajo frente al equipo electrónico o pantallas no deberá ser menor a 30 pulgadas ( 762 mm) . (Ver figuras 8.1).

---

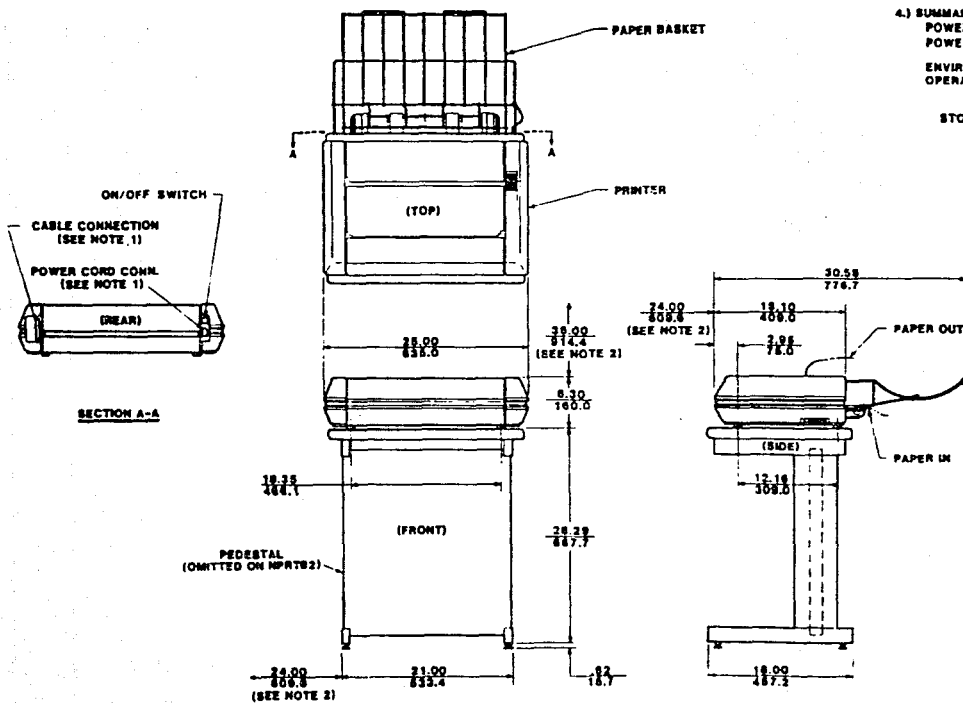
Nota: Las Figuras 8.1 son cortesía de Medidores Bailey S.A. de C.V.



- NOTES:**
- 1.) REMOVE SPINDLE LOCK FROM WINCHESTER DISK DRIVE BEFORE APPLYING POWER
  - 2.) SYSTEM SAFETY GROUND CONNECTION.
  - 3.) 120 VAC POWER SOURCE MUST BE WIRED CORRECTLY. INCORRECT WIRING CAN CAUSE SERIOUS EQUIPMENT DAMAGE.
  - 4.) TOTAL WEIGHT IS APPROX. 412 LBS. (186.8 KG).
  - 5.) TRIM PLATE IS REQUIRED ON EACH SIDE OF A FREE-STANDING CONSOLE, BUT ONLY END CONSOLES NEED TRIM PLATES (1 EACH) IN AN ARRAY.
  - 6.) SUMMARY OF SPECIFICATIONS:
    - POWER REQUIREMENT: 105-128 VAC, 50/60 HZ ± .5 HZ
    - LINE DISTORTION: NO MORE THAN 5% T.H.D.
    - POWER CONSUMPTION: 846W. (MAX.)
    - POWER FACTOR: .8 (WORST CASE)
    - INRUSH CURRENT: 80A. (PEAK) FOR 1 CYCLE DROPS TO 18.8 A. PEAK FOR 3 SECONDS, THEN DROPS TO THE NORMAL POWER CONSUMPTION LEVEL.
  - 7.) ENVIRONMENT:
    - OPERATING: +10 TO +38° C, 20-80% RELATIVE HUMIDITY.
    - STORAGE: -22 TO +47° C, 5-95% RELATIVE HUMIDITY.
    - ATMOSPHERE: NON-CONDENSING AND NON-CORROSIVE.
    - HEAT DISSIPATION: 2976 BTU/HOUR MAX.
  - 8.) STABILIZERS (PROVIDED) MUST BE USED WHEN CONSOLES ARE NOT SECURED TO FLOOR.
  - 9.) APPLICABLE CODES & STANDARDS MAY REQUIRE ADDITIONAL CLEARANCE.

**DIMENSIONS IN INCH**  
**MULTIPLY BY 25.4 TO OBTAIN DIMENSIONS IN MILLIMETER**

**network 90**  
**OPERATOR INTERFACE UNIT**  
 TYPE N01U02



## NOTES:

- 1.) UNIT IS SUPPLIED WITH A  $\frac{7}{8}$  FT. A.C. POWER CORD  
AND  $\frac{25}{8}$  FT. PRINTER CABLE.  
AND  $7.82$  METER
- 2.) MINIMUM CLEARANCE FOR MAINTENANCE AND OPERATION.
- 3.) WEIGHT OF PRINTER 20 LBS. (9.1 KG.) W/PEDESTAL 81 LBS. (27.7 KG.)
- 4.) SUMMARY OF SPECIFICATIONS:  
POWER REQUIREMENT: 100-120VAC, 48/60 HZ  
POWER: 180 WATTS

## ENVIRONMENT:

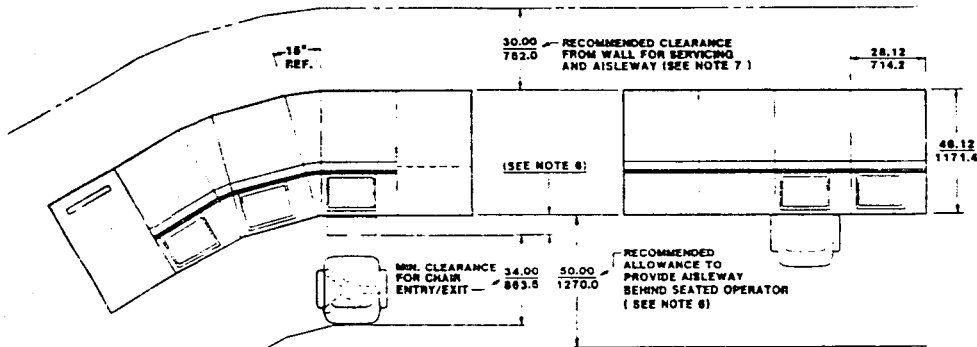
OPERATING: +40 TO +104 °F (+4 TO +40°C) TEMPERATURE  
5 TO 95% RELATIVE HUMIDITY  
NON-CONDENSING AND NON-CORROSIVE ATMOSPHERE  
STORAGE: -40 TO +180 °F (-40 TO +71°C)  
5 TO 95% RELATIVE HUMIDITY

network 90

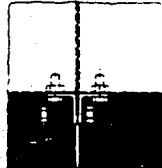
NPRT01 PRINTER-PLOTTER  
NPRT02 PRINTER-PLOTTER (W/O PEDESTAL)

DIMENSIONS  
INCH  
MILLIMETER

DIMENSIONES  
PULGADAS  
MILIMETROS

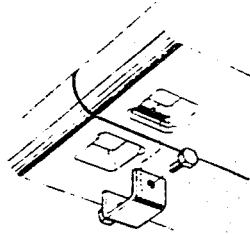


SEE INDIVIDUAL CONSOLE DRAWINGS FOR DETAILS OF LEVELING AND MOUNTING HARDWARE.



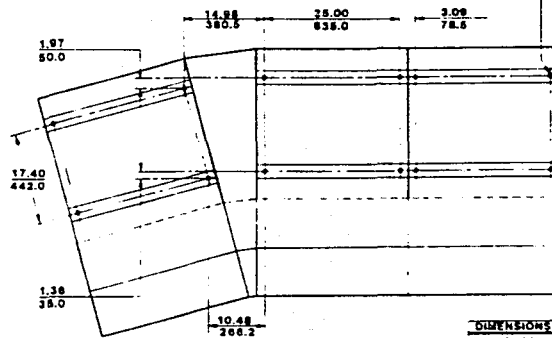
DETAIL A

THE REAR OF CONSOLES TOGETHER WITH BRACKETS, BOLTS AND NUT PROVIDED. UNITS CAN BE DRAWN TOWARD EACH OTHER TO ELIMINATE GAPS WITH THIS HARDWARE.

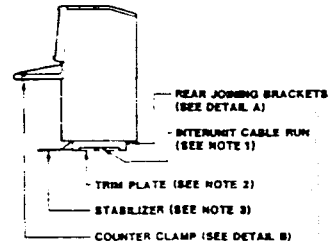


DETAIL B

TIE CONSOLE COUNTERS TOGETHER WITH CLAMP AND BOLTS PROVIDED. TURN BOLTS BY HAND UNTIL SEATED IN GROOVES OF RECESSES BEFORE TIGHTENING WITH WRENCH.



DIMENSIONS	
INCHES	MILLIMETERS



## NOTES:

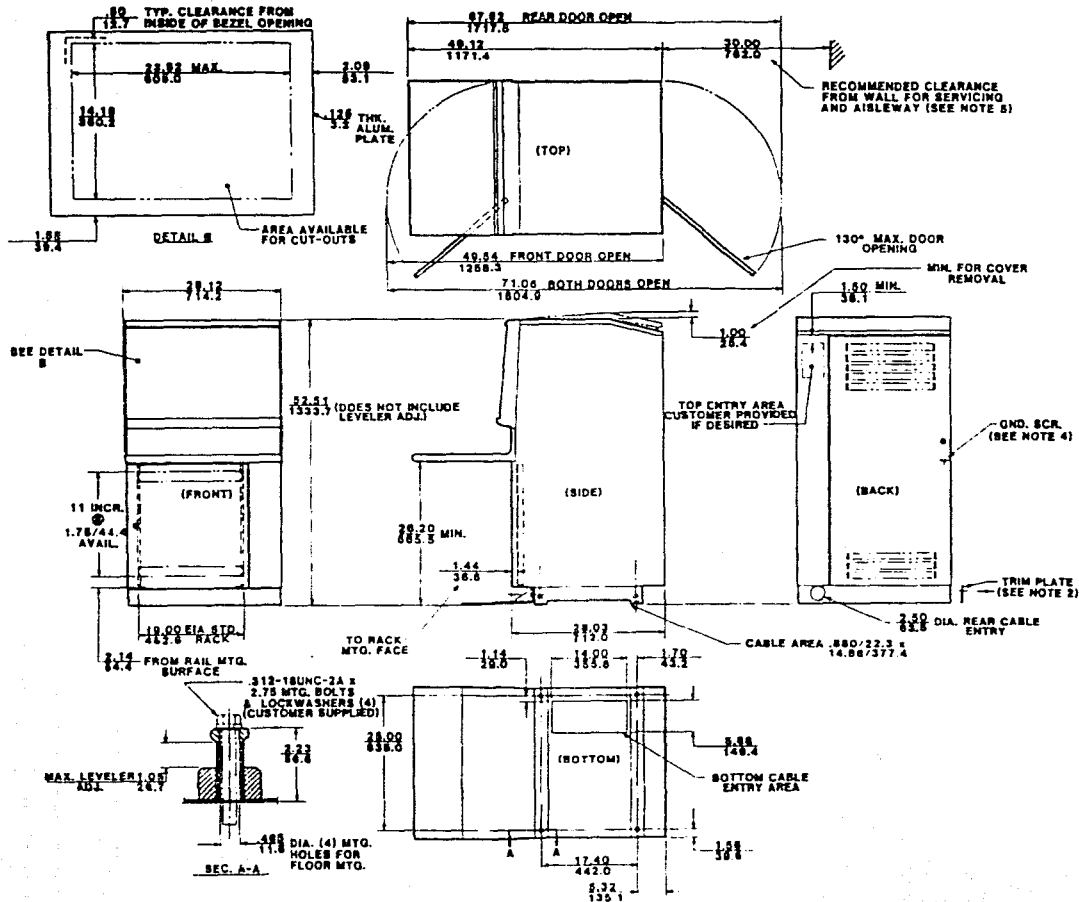
1. CABLES MAY BE BROUGHT UP THROUGH FLOOR UNDER ONE UNIT AND ROUTED TO THE OTHERS IN AN ARRAY VIA 14.86 x .88 (377.4 x 22.3) CABLE RUN.
2. TRIM PLATES SHOULD BE INSTALLED ONLY AT OUTER ENDS OF ARRAY.
3. STABILIZERS (PROVIDED) MUST BE USED WHEN CONSOLES ARE NOT SECURED TO FLOOR.
4. FLOOR MOUNTING: ALL FULL WIDTH UNITS MUST BE SECURED TO FLOOR. WEDGES NEED ONLY BE TIED TO ADJACENT FULL WIDTH UNITS PER DETAILS A & B.
5. THE WEDGE UNIT IS DESIGNED TO BE USED ONLY BETWEEN FULL WIDTH UNITS.
6. AUXILIARY KEYBOARD REQUIRES 7.00 (177.8) BE ADDED TO FRONTAL CLEARANCES.
7. APPLICABLE CODES & STANDARDS MAY REQUIRE ADDITIONAL CLEARANCE.

**network 80**  
TYPICAL CONSOLE ARRAYS

DIMENSIONES

FULGADAS

MILÍMETROS



NOTES:

- 1.) TOTAL WEIGHT IS APPROX. 214 LBS. (97 KG.)
- 2.) TRIM PLATE IS REQUIRED ON EACH SIDE OF A FREE-STANDING CONSOLE BUT ONLY END CONSOLES NEED TRIM PLATES (1 EACH) IN AN ARRAY.
- 3.) STABILIZERS (PROVIDED) MUST BE USED WHEN CONSOLES ARE NOT SECURED TO FLOOR.
- 4.) SYSTEM SAFETY GROUND CONNECTION.
- 5.) APPLICABLE CODES & STANDARDS MAY REQUIRE ADDITIONAL CLEARANCE.

DIMENSIONS INCH MILLIMETER

MILIGRADS DIMENSIONS MILLIMETERS

**network 90**  
UTILITY CONSOLE CABINET  
TYPE NUCC01

## 8.2 CONDICIONES AMBIENTALES DE OPERACIÓN

### - Temperatura y Humedad

Las condiciones ambientales de temperatura y humedad para la operación segura y confiable de los SCD deben especificarse por cada fabricante, estas especificaciones deberán referirse a las condiciones externas a los gabinetes, ya que dentro de ellos, la humedad y la temperatura deben ser controlados individualmente.

Dichas condiciones de temperatura en el exterior de los gabinetes, con sus variantes por cada fabricante, no deberán propasar los 60°C (140°F) y su operación deberá ser adecuada cuando esta temperatura no sea menor de 10°C.

Los gabinetes que contienen el hardware del sistema son Nema 4 y su temperatura interna generalmente se especifica menor a los 70°C (158°F).

Es importante señalar que la humedad relativa a la que debe ser sometido el equipo tiene un rango entre el 5% y el 80%.

### - Calidad del Aire

Casi todos los procesos arrojan al aire gas, partículas (sólidos). Algunos de los contaminantes pueden causar daños a los equipos de SCD. Al aumentar la temperatura o la humedad se puede ver que los efectos se aceleran. Los sólidos contaminantes arrastrados por las partes en movimiento causan desgaste acelerado de acuerdo a la velocidad que se les imprima. Los contaminantes sólidos pueden acumularse en las superficies y provocar un aumento en la temperatura de trabajo del equipo, una mala operación o cortos en las partes eléctricas como los switches , relevadores , impresoras y en los drives de los discos.

Para obtener una máxima confiabilidad en la operación de cualquier SCD, el equipo que lo integre deberá colocarse en una instalación en la que puedan evitarse los contaminantes.

Donde los contaminantes no pueden ser evitados, deberán usarse desde envolturas y carcasas especiales hasta la construcción de cuartos con ambientes controlados y filtración de aire para eliminar las partículas. Es necesario que también el aire esté libre de contaminantes corrosivos, tanto como sea posible. La OIU y la impresora deberán en lo posible, estar localizadas en áreas razonablemente libres de cualquier gas, líquido o sólido arrastrado por el aire.

Es recomendable que se consulten las normas establecidas, tales como Environmental Conditions for Process Measurement and Control System Contamination Influences (ISA S71.04).

#### - Características del Aire Acondicionado

Los cuartos de control se mantienen con una temperatura de  $72^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{F}$  ( $21-23^{\circ}\text{C}$ ) y la humedad relativa de 50%. Al dimensionar la capacidad del aire acondicionado es necesario considerar la disipación del calor del equipo bajo condiciones normales de trabajo.

### 83 SISTEMA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO

Generalmente el suministro eléctrico constituye un punto importante de la instalación de un SCD. Se considera que las características adecuadas de este suministro son responsabilidad del usuario. De manera específica el proveedor del sistema de



control debe enlistar, para mayor facilidad, las características del suministro. Un ejemplo se ve en la tabla 8.1

	PCU	FUENTE, IMPRESORA Y OIU
VOLTAJE	120AC nominal (102 min.-132 max VAC) 240VAC (204 min.-264max VAC)	120AC nominal (105 min.-125 max VAC)
FRECUENCIA	60Hz $\pm$ 2Hz, 50Hz $\pm$ 2Hz	60Hz $\pm$ 2Hz, 50Hz $\pm$ 2Hz
DISTORSIÓN ARMÓNICA	4%	4%
INTERRUPCIÓN MÁXIMA	0.5 ciclos	0.5 ciclos

Tabla 8.1 Características de Suministro de Energía

Como es común que el suministro eléctrico tenga interrupciones o bajas de voltaje pronunciadas así como también picos, debe protegerse el equipo de control contra los efectos que puedan ocasionar estos fenómenos.

El fabricante del SCD generalmente sugiere un tipo de marca de Sistema de Energía Ininterrumpible UPS (Uninterrumpible Power System); cuya instalación no depende forzosamente de él. Así que es necesario checar que dicho sistema cuente al menos con las características que se muestran en la figura. (Ver figura 8.3.1)

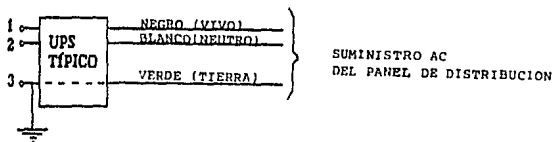


Figura 8.3.1 Instalación de UPS

El tamaño del UPS deberá ser seleccionado de tal manera que el sistema de control se mantenga en operación tanto tiempo como sea necesario para cambiar a operación manual o para acceder alguna fuente de energía. Es recomendable que el UPS exceda al menos en dos veces la capacidad de energía que el sistema de control requiere y que tenga capacidad de regulación.

Consideraciones útiles son las siguientes:

- Seleccionar cables de señal apropiadas que minimicen al máximo la posibilidad de captación de ruido.
- Enviar el alambrado de señales lo más alejado posible del equipo que produzca ruido.
- Establecer una sistema adecuado de tierra

#### **8.4 SISTEMA DE TIERRA**

Para tener un sistema de tierras libre de corriente circulantes (parásitas) que podrían causar fallas, los gabinetes (PCU) cuentan con un "bus" común aislado.

La finalidad del bus común para unidades terminales es la de aterrizar las pantallas de los cables.

Para mantener la integridad del sistema de tierras en un solo punto, los buses comunes de cada gabinete deben conectarse en cadena y aterrizar en la barra dedicada de tierra para el sistema de control.

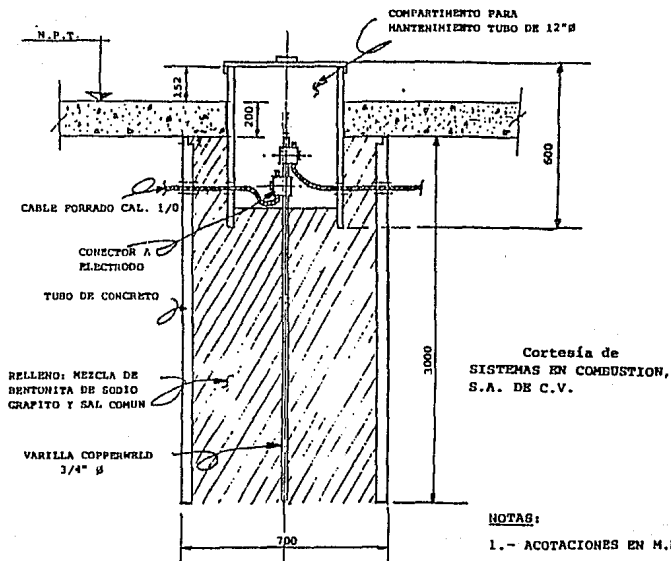
Para comprobar que el gabinete está aislado, la impedancia entre éste y el bus común y el gabinete, debe ser menor de 1M ohm.

Las figuras muestran la distribución aproximada de la instalación de tierras.  
(Ver Figuras al final del Capítulo.)

Es recomendable un arreglo de tierra formado por una mezcla de bentonita de sodio, grafito y sal común a partes iguales en volúmen; rodeando una varilla de cobre en toda su longitud y con un espesor de aproximadamente 35 cm. Esta varilla de cobre se conecta a las barras de tierra de los gabinetes.

Ω

#### INSTALACION DE ELECTRODO DE TIERRA



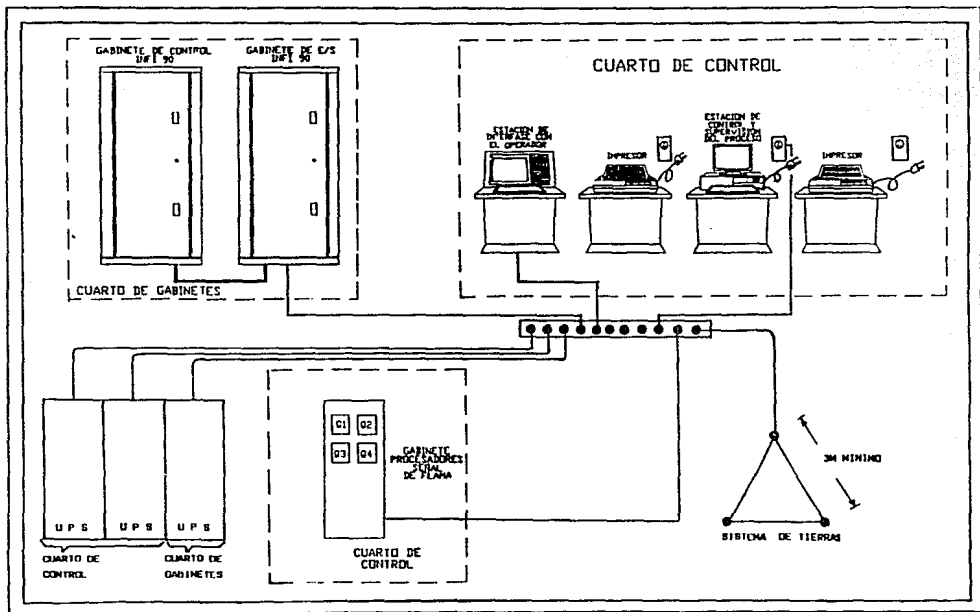


DIAGRAMA ESQUEMATICO DE ALAMBRADO AL  
SISTEMA DE TIERRA

Cortesía de  
SISTEMAS EN COMBUSTION,  
S.A. DE C.V.

## CONCLUSIONES

Los sistemas de control distribuido de hoy en día, así como los sistemas de monitoreo tienen varias versiones y capacidades. Cada sistema deberá ser evaluado en oposición a las necesidades de operación de la planta especialmente cuando se ha considerado control de retroalimentación y monitoreo del sistema. Las metas y objetivos del diseño que deberán ser consideradas como primordiales se establecen dentro de especificaciones al sistema. Las principales áreas de diferenciación entre los sistemas de control distribuido son:

- 1.- Comunicación en la red de trabajo (rapidez e integridad)..
- 2.- Redundancia en el control.
- 3.- Separación funcional del control
- 4.- Rapidez del control
- 5.- Interfaces Hombre-Máquina y Hombre-Proceso
- 6.- Facilidad de instalación del sistema
- 7.- Facilidad de configuración y reconfiguración
- 8.- Capacidad de monitoreo (enlace, alarmas, cálculo)
- 9.- Diagnósticos en línea y fuera de línea.
- 10.- Experiencia de equipo de trabajo sobre la aplicación del proyecto.
- 11.- Impacto del desembolvimiento en el tiempo de entrega.

La falsa evaluación de las capacidades en cualquiera de estas áreas puede causar la falla del proyecto. La prioridad para los vendedores de sistemas de control deberán ser los requerimientos de utilidad de la planta, pero de cualquier manera, estos sistemas no deberán limitarse a cumplir solamente los requerimientos de un proyecto específico. En adición, los requerimientos de los sistemas y sus capacidades están constantemente

cambiando, así que el conocimiento de ayer de los sistemas no se traduce en forma directa en conocimiento del equipo de hoy en día. Algunas de las funciones elegidas probablemente no se encuentren disponibles en las librerías del sistema específico y esto puede causar problemas durante el arranque.

Cada área de evaluación necesita ser considerada separadamente y especificar problemas potenciales de direccionamiento. Adicionalmente, por utilidad, deberá verse con anterioridad los problemas y las soluciones de otros en la industria con el fin de economizar tiempo, esfuerzo y recursos, no resolviendo los mismos problemas. Esto se verifica en los cuartos de control, y en especial en las pantallas CRT's. Los problemas y las soluciones usadas para resolverlos generalmente no son únicos.

#### DIRECTRICES DE LA INDUSTRIA

La evolución de los sistemas en la industria ha sido paralela al constante cambio en la electrónica. Ha existido una explosión en tecnología electrónica durante los últimos 15 años, comparándolo con el desdoblamiento gradual del resto de la planta de fuerza. La ganancia, por ejemplo, en la eficiencia de una turbina y de un motor, ha tenido un crecimiento poco importante, mientras que la tecnología electrónica se ha duplicado en pocos años.

Los sistemas de control analógico de estado sólido con estaciones manual/automático de hardware y botones de presión se han estado reemplazando por hardware de microprocesadores múltiples, funcional y geográficamente distribuidos, con múltiples pantallas CRT y software que cubren las tareas de las estaciones manual automáticas. Aunque los teclados se diseñan como parte del sistema, deben ser solamente

parte auxiliar de las entradas principales a éste. Muchos de los CRT's de los cuartos de control (sin estaciones o interruptores de control) se usan y son, en la actualidad, operacionales. Éstos, despliegan información inicial para informar a los operadores de que no se está teniendo problemas en el ajuste, pero en esto influye el hecho de tener suficientes pantallas CRT con respuesta rápida.

Las grandes máquinas "mainframe" y las minicomputadoras así como las llamadas computadoras de proceso, están siendo reemplazadas, debido a sus limitaciones en software y hardware, por sistemas de minitorreo basados en microprocesadores múltiples, cuyo poder es 10 veces el de los sistemas que reemplazan. Por otro lado, los nuevos sistemas se combinan fácilmente, lo que los hace mejores. De cualquier manera, algunos de los sistemas tienen problemas en sus sistemas en lo que se refiere a las interfaces de monitoreo e impresión. Eventualmente, los problemas que pudieran existir son resueltos por los proveedores, pero deben ser considerados para cualquier proyecto.

Los sistemas de lógica binaria tal como el sistema de control del quemador y los sistemas de lógica de seguridad de la planta, que usan electrónica de estado sólido o Controladores Lógicos Programables (PLC) basados en hardware, pueden ser incluidos dentro de los sistemas de control distribuido. La evolución de los sistemas binarios para control de quemadores se mueve lentamente; esto es porque varios comités, sobre todo en los Estados Unidos y las compañías de seguros deberán aprobar los cambios. El conocimiento sobre hardware no es actualizado muy frecuentemente y además dichos comités son muy cautelosos al admitir cambios de tecnología más nueva.

Otra directriz es el incremento logarítmico del poder de cada microprocesador y la cantidad de microprocesadores en un sistema. Así como el precio que se paga por el hardware ha decaído, la cantidad de hardware requerido (real) se ha incrementado, ya que mayor cantidad de hardware se ha incluido dentro del sistema básico. Anteriormente

los sistemas contaban con tan sólo algunos "chips" clase Z80 de 8 bits con baja capacidad de memoria, los nuevos sistemas cuentan con múltiples "chips" de la familia del 80386 o 68020 con gran capacidad de memoria y son muchos más rápidos (20 MHz en lugar de 2MHz).

Es prudente decir que el hardware no proporciona la funcionalidad del equipo, sólo limita lo que será dado por el software en el control de planta integrado y el sistema de monitoreo. El software también ha mejorado. Anteriormente se programaba en lenguaje ensamblador o se establecían registros de computadora binarios para hacer modificaciones en los programas. Hoy en día, existen menús seleccionables, desplegados de configuración con instrucciones en varios idiomas e interfaces de alto nivel, para ser utilizadas por el usuario final.

Con lo anterior parecía que los sistemas, que actualmente, se venden podrían difícilmente ser mejorados, pero en realidad, los elementos de los sistemas no estaban y ocasionalmente, aún no lo están, total y exitosamente coordinados. La suma de las partes, no equivale a la visión total del sistema. Algunos de los problemas típicos son la desviación de los puntos de ajuste (set points), la sintonización de los equipos, pérdidas de memoria, omisión de señales digitales, sobre-escritura de memoria, obstrucción de las comunicaciones, diferencia de valores en las variables de dos pantallas adyacentes, falla de impresoras, etc.

## COMUNICACIÓN EN LAS REDES DE TRABAJO

Una red de comunicaciones es parte integral de un sistema de control y monitoreo. La mayoría de los vendedores de sistemas de control ofrecen altas



velocidades de comunicación con un protocolo que incorpora a la comunicación seguridad, integridad de los datos y facilidad de expansión. La red de comunicación para cada pantalla no es única, lo que permite ciertos ajustes, con el fin de que trabaje dentro de la confiabilidad en la que fue diseñada.

La red de comunicaciones del sistema de control distribuido es la espina dorsal del sistema y precisamente es por ello que debe hacerse un esfuerzo por asegurar y aumentar la velocidad, integridad y confiabilidad de ésta. Por lo anterior, tratar de modificarla o mejorarla de manera doméstica podría resultar contraproducente. Existen muchos años detrás del diseño de estas redes. Es mejor entender las limitaciones y capacidades de cada sistema antes de adquirirlo y asegurarse de que no creará más problemas de los que resolvería. Es recomendable referirse a los vendedores si es que suceden problemas después de la compra, ellos tampoco querrán problemas en sus redes.

La mayoría de los vendedores proporcionan una red de comunicaciones redundante con autorevisión. La red principal disipará el uso de la redundante a falla de la primera. Se recomienda estar seguro de que la red de comunicaciones del sistema que se adquiere tenga estas características. La ausencia en la red de estaciones maestras es altamente deseable para evitar un sólo punto de falla. La mayoría de los sistemas utilizan el protocolo "Token Pasing" que le permite a cada nodo "tener el dominio de la situación" por un momento. Además se usan otros métodos de seguridad. Otra de las consideraciones primordiales es la consistencia de la red en términos de velocidad y rendimiento, bajo cualquier situación, incluyendo transitorios anormales.

La velocidad de transmisión de los datos no puede ser sometida a mayor frecuencia. Además, algunos lazos de control pueden trabajar lentamente si se requiere que las válvulas sean operadas desde otro microprocesador más lento. Si el operador

considera que opera demasiado lentamente, perderá confianza en el sistema. Esto se traduce en la imposibilidad de ver rápidamente y controlar el proceso.

La mayoría de los sistemas tienen una red de comunicaciones que opera en el rango de los megabauds, la velocidad de un sólo dígito (como un rango) no es el tipo de velocidad importante. La velocidad de transmisión de los datos y la consistencia de la información son los requerimientos importantes. Esta velocidad es mucho más difícil de cuantificar o medir y cada vendedor tiene su propio sistema de envío y recepción de datos. El número de chequeos, respuestas y frecuencia de reporte de valores tienen una tremenda influencia en los rangos de transferencia de datos. Además, los requerimientos cambian de una planta a otra.

Cualquier sistema comprado para una planta deberá ser capaz de enviar y recibir señales de todas las válvulas, tanto Ent/Sal como cálculos al menos cada dos segundos. Algunas señales de válvulas y candados necesitan ser transmitidos más rápido. La lógica binaria requiere un tiempo de transporte entre la entrada en un nodo de la red y la salida de un comando en otro nodo, no mayor de 10 milisegundos. Es importante hacer notar que hay dos funciones del sistema tal como bajar la carga o subirla y hacer los sumarios de datos, que no pueden ser completados en dos segundos pero es importante que el control y el monitoreo no tarde más que este intervalo de tiempo.

La integridad de los datos es igualmente importante. Los malos desplegados son más determinantes que la ausencia de ellos. El nivel de chequeo deberá basarse en la importancia de la señal de que se trate y en la carga de la red. Los comandos para arranque, paro, disparo o cambio de configuración del sistema deberán ser proporcionados con el más alto nivel de integridad, mientras que el chequeo a una

variable que será desplegada, será suficiente se se asegure la transmisión al punto correcto y la validación del envío con un 99.9% de los datos.

Otra área de importancia es el uso de redes múltiples y las interfaces de enlazamiento de datos entre equipo similar. Algunos sistemas usan diferentes redes. Cada red se especifica con una posición en el total de las comunicaciones o mediante un nodo en la red principal. Lo que no resulta deseable es la degradación del sistema. Por ello la velocidad del movimiento de los datos a través de la red y cualquier cosa que afecte la integridad de los datos así como la confiabilidad en los mismos deberá tenerse en cuenta. Si el sistema presenta el tipo de problemas relacionados con esto, deberán vigilarse los efectos en toda la planta.

Es común el uso de los lazos de transmisión de la información, tal como RS-232 pero algunos expertos recomiendan que sean evitados en lo más posible.

De acuerdo a la experiencia, no han presentado grandes problemas en su uso en la mayoría de los casos, pero es recomendable usar algunos otros mejores que se encuentran en el mercado. Esto es debido a que la velocidad en la transmisión de los datos decae grandemente. Un RS-232C a una velocidad de 19.2 Kbauds jamás podrá interconectarse a una red de 1,000-10,000 Kbauds. Se considera de suma importancia que la interfaz sea exactamente igual en ambos extremos para poder establecer una comunicación exitosa. Si la interfaz conecta equipo diferente en protocolos o marcas el riesgo en fallas de comunicación es alto. La tecnología de la red de comunicaciones varía considerablemente entre vendedores.

## REDUNDANCIA DEL SISTEMA DE CONTROL

Una de las prioridades de la comunicación es la seguridad, el sistema de control necesita ser revisado por consideraciones de confiabilidad. Ésta se mejora senciblemente por la incorporación del hardware de redundancia de tal manera que si sucede alguna falla no se interrumpa el funcionamiento de todo el sistema.

La redundancia en los procesadores de control se toma como garantizada en la industria. Casi todos los vendedores de sistemas de este tipo pueden proporcionar redundancia a casi cualquier nivel del sistema, pero de no ser especificada, muy probablemente no será suministrada. Es necesario asegurarse de que en el sistema se incluya la redundancia de los procesadores y hardware de soporte como memorias y suministro eléctrico.

El costo por la pérdida del sistema de control debida a alguna falla es demasiado costoso, mucho más que la adquisición de un procesador de redundancia.

Como mencioné, existen otras áreas en el sistema, donde se aplica la redundancia; estas son: los módulos de Ent/Sal, elementos de campo y todo el hardware y el software del microprocesador. Existen, sin embargo, áreas de extremo cuidado. En las plantas de generación de vapor, consideradas por los instrumentistas las más complejas, éstas áreas son el nivel del domo, la presión en el horno, los comandos de disparo, etc. No existen estandares o convención alguna para guiar al ingeniero de planta en esta área.

La mejor recomendación sería entender las capacidades del sistema de cada proveedor y contraponerlas con las necesidades de la planta, así como también las

consecuencias de la pérdida de control contra el costo de la redundancia en, al menos, los puntos críticos.

La redundancia en la pantalla CRT tiene diferente consecuencia. Generalmente se acostumbra proporcionar múltiples CRT's con el sistema de control, el número depende de los requerimientos de la planta. Y aunque la falla de uno de los CRT's no causará la falla o disparo de la planta, es recomendable que existan un mínimo de dos CRT's.

## SEPARACIÓN FUNCIONAL DEL CONTROL

La separación de las funciones en nodos individuales del sistema de control puede causar muchos problemas especialmente en la retroalimentación. Pero los transitorios en un sistema basado en un solo microprocesador causan sobrecarga arriesgando la unidad demaciado.

Los sistemas de microprocesadores múltiples de hoy en día no necesitan de realizar todos los cálculos y procesamiento de señales en un sólo procesador e incluso no necesitan de una localización geográfica unificada. De hecho el ingeniero de planta puede y debe especificar la separación mínima de las funciones en la planta y las que serán permitidas en el sistema. La separación geográfica deberá ser también especificada. Pero como dije al principio esto no podrá evitar los problemas derivados de la separación de las funciones, especialmente en los procesos de retroalimentación.

De esta forma una tarjeta de entradas y salidas necesitará la misma separación que las funciones de control, las funciones separadas podrán causar un alambrado de refuerzo

redundante, no deseado, para poder llegar a la tarjeta apropiada de Ent/Sal. Esto se verifica especialmente en la función de monitoreo. En los proyectos de retroalimentación existirán muchas funciones de control y de monitoreo por lo que se podrán encontrar muchas entradas al rededor.

La separación geográfica física del equipo implica además de esto, la localización de las entradas y salidas. La experiencia indica que los proyectos de retroalimentación necesitan realmente una distribución geográfica, con excepción de la medición de temperatura de los tubos de la caldera y del equipo de limpieza del flujo de gas, si existe.

Otro problema derivado de la interconexión de las señales de varias áreas de la planta es la unidad que coordina las señales que se usan en el combustible, aire, agua de alimentación, temperatura del vapor final y el control de la turbina. Además la pérdida de señal de cualquiera de estas variables causará que estos lazos sean puestos en modo manual. La pérdida del control automático de la presión del horno requerirá que el aire y el combustible sean puestos en manual también. La pérdida de las señales de tiro forzado o inducido, requerirá que los dos ventiladores sean puestos en modo manual igualmente. Nótese que se trata de la pérdida de la señal y no del ventilador en sí lo que causará este problema. Mientras que si la señal es redundante, se podría evitar dicha operación incorrecta y la pérdida del funcionamiento del microprocesador.

Cada fabricante implanta esta separación de acuerdo a una filosofía. El costo de la separación de funciones depende de cada fabricante y de la exacta separación que se lleve a cabo. Es necesario entender el impacto que lo anterior tiene sobre la instrumentación de toda la planta y del costo efectivo que impone este requerimiento.

Puede decirse que es importante poner extremado cuidado en el diseño de la separación, con el fin de minimizar costos de la instalación de las Ent/Sal, la maximización de la seguridad y la reducción de los costos derivados de la falla de una tarjeta o rack.

## VELOCIDAD DEL CONTROL

Este término provoca, en muchas ocasiones, malos entendidos. Los sistemas de control de hoy en día pueden hacer sus funciones más rápidamente que en el pasado ( el tiempo que tardan es conocido como tiempo de ciclo), Pero cuando se trataba de sistemas de Control Digital Directo (Direct Digital Control DDC) que operaban basados en una máquina "mainframe" y que requerían muchos lazos, el tiempo que necesitaban para completar la acción sobre cada lazo era de 2 a 12 segundos, debido a las limitaciones de poder y velocidad del CPU. Los lazos de control binarios necesitan ser más rápidos, sobre todo aquellos que tienen que ver con funciones de seguridad de las plantas.

La mayoría de los sistemas de control distribuido actuales ofrecen un tiempo de ciclo de 0.1 a 1.0 segundos como estándar. Sin embargo deberá ponerse atención en evitar la sobrecarga del microprocesador en cualquier área funcional. Algunos fabricantes utilizan división de tiempo o incrementos de tiempo dedicado por bloque de función para evitar la sobrecarga. Como sea, la mayoría de los fabricantes usan bloques de funciones donde el tiempo empleado depende de la cantidad de bloques de funciones cargadas. Desde este punto de vista sí es posible sobrecargar el microprocesador.

Existen maneras de evitar la sobrecarga. Primero es necesario especificar el tiempo máximo por microprocesador así como también la máxima capacidad del bloque de reserva después de que las funciones de monitoreo y control han sido cargadas.

En segundo lugar es necesario asegurarse de que la configuración se ha proporcionado completamente antes de la prueba de funcionamiento de lazo cerrado. Si el tiempo o la capacidad de reserva no están completos es necesario incrementar la cantidad de microprocesadores hasta que sean satisfechos los requerimientos.

Por tercero, es necesario no hacer operar al máximo de su velocidad los lazos. La mayoría de los lazos modulantes pueden operar satisfactoriamente a 0.5 y hasta 1.0 segundos. Para aquellos más rápidos tales como el de la presión en el horno, usan la máxima velocidad posible. Así también los lazos de seguridad (lógica binaria) operan satisfactoriamente a 0.1 y hasta 0.5 segundos.

## INTERFACES HOMBRE-MÁQUINA Y HOMBRE-PROCESO

Una vez que se está seguro a cerca del control y las comunicaciones, es importante tomar en cuenta el factor humano, ya que los beneficios más importantes del uso de los sistemas del tipo distribuido para el manejo de la planta, se plasman en la habilidad que el operador adquiera en ver el proceso fácil y rápidamente; así como también en su capacidad para visualizar los problemas a través de más de una pantalla (no sólo de los desplegados de una sola pantalla). La mayoría de los sistemas cuentan con desplegados gráficos interactivos, "touch screen" (pantallas sensibles al tacto), "back-list push button keyboards" (teclados con botones de presión que activan automáticamente listados de registro de eventos) y otras características y capacidades.



Pero aún, si a pesar de que los sistemas cuenten con todas estas facilidades, los desplegados no son idóneamente planeados y ejecutados, estos beneficios no alcanzarán las metas para las que fueron diseñados. El número de píxeles o dots (puntos en pantalla) ha aumentado en las pantallas con el tiempo, para producir imágenes más precisas, además de que el número de colores y tipos o formas también se han mejorado; es por ello que los gráficos desplegados se ven mejor que antes.

Más importante que la cantidad de píxeles y de colores mostrados, es la velocidad que le toma al sistema desde que el operador solicita un desplegado específico hasta que los valores estáticos y dinámicos son completados en pantalla. Tiempos alejados a los 3-15 segundos deben considerarse como deficientes pero sobre todo el tiempo para notificación de alarmas debe acercarse a 1 segundo. Cabe aclarar que en esta área los sistemas discrepan grandemente. Cuando el tiempo más corto para acceso es el de 1 segundo, hay sistemas que pueden tomar hasta 8 segundos en el mismo proceso.

Es también importante mencionar que el desembolvimiento del equipo depende también de la habilidad de llamar los desplegados y que aparezcan en cualquier pantalla del cuarto de control. Las alarmas deberán poder ser reconocidas desde cualquier desplegado no importando del que se trate. Así también sin tener que llamar desplegados especiales o hacer cambios desde el teclado.

La construcción de los desplegados del sistema no es totalmente entendida por parte del cliente. Es por ello que los vendedores que tienen capacidad para contruir buenos desplegados gráficos, familiaricen al cliente, de manera que éste se vea profunda y completamente involucrado en el desarrollo de éstos. Sin este acuerdo, el sistema jamás funcionará en concordancia a las expectativas. Los desplegados deberán ser bien

diseñados y tomarse en cuenta que el tiempo de desarrollo en el total del proyecto no debe ser gravoso.

Adicionalmente a los desplegados gráficos existen también los desplegados de datos, de alarmas y los de tendencias. Todos éstos necesitan ser integrados en un conjunto diseñado ergonómicamente en una interfaz de hombre-máquina.

Los CRT's y los generadores de desplegados han mejorado, como mencioné, tanto en número de colores como de puntos (píxeles). Para obtener una resolución buena se requieren un mínimo de 640-320 píxeles. Un número mayor será deseable pero no requerido por fuerza. Un mínimo de 8 colores distintivos y 8 para fondo se requieren, cualquier color adicional hará desplegados más agradables pero también más complicados en diseño.

Una cuestión independiente es el hardware de las estaciones Manual/Automático (M/A). Tan sólo algunos años antes era necesario que por cada elemento final existiera una estación M/A. Con los SCD estas estaciones se han convertido en software que tiene una representación en pantalla. Los vendedores ofrecen los sistemas con hardware de cualquier manera. Entre los beneficios de las estaciones de software está las de la facilidad de diseñar desplegados específicos con información a la que está acostumbrado el operador, y que sirve para asistirlo, así también con la oportunidad de hacer modificaciones a los desplegados si las operaciones de la planta son modificadas.

Las estaciones de hardware permanecen en un determinado arreglo una vez que el diseño está completo y generalmente requieren modificaciones del panel de control para cualquier alteración en las funciones de planta, lo que causa extensos gastos. La experiencia de las firmas de ingeniería y de los vendedores indica que las personas que

solicitan la instalación de estaciones M/A pueden difícilmente explicar por qué las adquirieron después de ver el desempeño de las estaciones de software.

## FACILIDAD DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA

Los proyectos de retroalimentación tienen problemas adicionales no asociados con la nueva construcción. El sistema debe adecuarse a la planta existente y a su alambrado. Aunque el sistema tenga una base lógica y analógica suficiente, es necesario ser cuidadoso con la medida de los cables que conectan de un área con otra. Esto tiene que ver en gran medida con la separación funcional de la que hablé anteriormente. Así el sistema podrá ser interconectado rápida y eficientemente desde el "hardware" en campo hasta el desplegado que se muestra en pantalla.

La metodología para alambrear las terminales debe ser cuidadosamente revisada en flexibilidad y compatibilidad con el resto del equipo en planta, entendiendo que los fabricantes tienen muchos métodos de alambrado de terminales. Es importante señalar que el uso excesivo en CRT's y probablemente la eliminación de estaciones M/A de hardware requerirán de modificaciones en el cuarto de control.

Debe tenerse cuidado con las referencias a tierra y los comunes de las señales de control cuando se escoja la metodología de implantación y alambrado. El nivel de voltaje digital en las entradas debe ser vigilado especialmente si las señales de entrada se "comparten" con algún sistema de anunciador de alarmas.

## FACILIDAD DE CONFIGURACIÓN Y RECONFIGURACIÓN

Esta es un área que a comparación con años anteriores ha mejorado grandemente. Los sistemas de control distribuido son capaces de poder ser cambiados en cuanto a configuración por ingenieros bien entrenados a través de la reasignación de bloques de funciones o el entonamiento de las constantes ya asignadas. Los sistemas de cualquier forma no son todos iguales en este aspecto.

Existe una parte sensible de los sistemas en cuanto a configuración y reconfiguración. La mayoría son muy fáciles de cambiar, especialmente cuando se compara con una mainframe de control discreto directo. Uno de los puntos importantes dentro de las ofertas de los fabricantes es que cualquier ingeniero puede configurar el sistema. Si el ingeniero de planta o el responsable de este proceso está verdaderamente entrenado en la arquitectura y filosofía de control los cambios en la configuración son confiables. Sin embargo, es importante señalar que la mayoría de los ingenieros de planta están más familiarizados con el equipo que los vendedores. Es deseable por parte del fabricante que realice la configuración inicial al menos de la primera unidad en caso de que la ingeniería de configuración no sea cotizada y vendida aparte. Es más eficiente que el vendedor revise la configuración del cliente en lugar de instalar la propia. Muchas de las fallas iniciales en las aplicaciones de los sistemas de control suceden cuando el personal de la planta subestima sus configuraciones y desea que el vendedor desarrolle las funciones de control en lugar de proponer las propias.

La configuración requiere además documentación. Gracias a las habilidades del equipo los fabricantes son capaces de proporcionar automáticamente la documentación de la configuración, pero el "nivel de documentación" varía de marca a marca. El usuario

cambiará la configuración a lo largo de la vida útil del sistema por lo que es necesario que el comprador ponga atención a esta facultad al seleccionar un sistema.

El manejo de la configuración es de especial cuidado, para ello existen procedimientos que aseguran al sistema contra cambios intencionales en la misma.

## CAPACIDAD DE MONITOREO

El control es sólo una parte de los requerimientos de la planta. Es importante que el sistema asista al operador en el entendimiento del estado de la planta y en mostrarle situaciones anormales. La eficiencia de cálculo, el proceso de alarma, la base de datos históricos, y de tendencia son parte de las funciones del monitoreo de planta.

La funcionalidad del monitoreo no ha sido desarrollada por los fabricantes tanto como las funciones de control. No existían mejoras en esta área cuando ya se habían desarrollado todas las funciones que se usan en los sistemas basados en microprocesadores múltiples. Esto se ve reflejado en los requerimientos de alarma de un sistema de 1000 o 4000 puntos que no serán los mismos que los de un sistema con 100 o 300 puntos. Un sólo botón para tener acceso a una página o una estación M/A de software para ejercer control puede ser suficiente, pero no podrá utilizarse satisfactoriamente el sistema cuando ocurre una situación de alarma múltiple relacionadas con más de una sólo área de la planta. Especialmente cuando ninguna alarma afecta directamente el control de una área en especial. Es el caso de las vibraciones en el ventilador.

El proceso de realarmado cuando las válvulas empeoran, la desactivación de las alarmas y la revisión omitida de los puntos son funciones que deben ser asociadas al sistema de alarmas. El despliegado de las alarmas es de vital importancia dentro de los requerimientos y necesidades de integración con otras funciones de la planta.

Los requerimientos del reporte y registro incluyen los reportes diarios, la secuencia del reporte de eventos (con una resolución de uno a dos milisegundos), reporte mensual, disparo de reporte, equipo para reporte de períodos mayores y reporte especial para operadores. Este es el método más comunmente usado para presentar los datos del comportamiento del sistema en la unidad generadora de manejo de planta. Estos reportes necesitan ser elaborados libremente y de acuerdo a los requerimientos del personal de planta y de ninguna manera convendrá que el cliente se ajuste a los formatos estandar que pueda presentar el vendedor. En el caso del cliente o usuario, éste deberá exigir que los formatos de reportes sean presentados de acuerdo a sus necesidades. Es necesario también que el usuario prevea lo que sucederá en caso de falla de impresoras, ya que éstas son los equipos menos confiables del sistema.

Cálculos regulares en la eficiencia de la planta puede traer a la luz la degradación en la misma en los cabezales. Y Entonces podrán planearse las reparaciones haciendose éstas menos costosas. Esta área se encuentra poco desarrollada por los fabricantes. Si el usuario se toma el tiempo para revisar el paquete estandar de cálculos del vendedor podrá adicionar información unica correspondiente a su unidad y esto proporcionará un gran beneficio a su planta.

El registro de las tendencias puede ayudar al operador a manejar la unidad. Esto puede ser representado como registros en pantalla en forma de tabla; o en foma de mensajes de las condiciones de arranque de la unidad haciendo saber al operador cual

será el siguiente paso que debe tomar o que el sistema tomará. Parte de estos requerimientos están incluidos dentro de los estándares de fabricación de los vendedores pero otros ocasionarán problemas cuando sean implantados por el personal de planta o el comprador.

## DIAGNÓSTICOS

Los fabricantes han hecho grandes mejoras en las capacidades de diagnóstico de los sistemas y aún siguen mejorandolos. Es preferible insistir en el diagnóstico en línea (on-line); éste puede detectar los problemas a nivel tarjeta. Estos diagnósticos deberán alternar los lazos afectados al modo manual de manera que se evite una operación impropia de la planta y alarmar dicha condición. Los diagnósticos fuera de línea (Off-line) se requieren para el "chequeo" por partes del sistema, tal como discos, cintas magnéticas, impresoras, y otros periféricos, así también la red de comunicaciones y los subsistemas de microprocesador. El propósito de estos diagnósticos fuera de línea es el de verificar la capacidad operacional del sistema mientras que los diagnósticos en línea sirven para detectar problemas intermitentes o que no existieron desde el arranque de la unidad.

## EXPERIENCIA DEL EQUIPO DE TRABAJO SOBRE LA APLICACIÓN DEL PROYECTO

Los vendedores solían tener abundante experiencia en las aplicaciones disponibles dentro de la utilidad de las industrias. Los tiempos de entrega más cortos, los precios competitivos han reducido aquella cantidad de expertos en sistemas a vendedores. Lo

mismo sucede con los usuarios y las firmas de ingeniería. Sin embargo un proyecto necesita de personas que realmente conozcan el equipo y su aplicación para que los proyectos de instrumentación con control distribuido o modernización de instrumentación pueda ser exitoso. Por esto es necesario que exista cierta experiencia en el comprador así como también que éste se asegure de que un experto por parte del vendedor atiende el proyecto, sin embargo, la currícula de los ingenieros a cargo no garantiza lo anterior. Cuando hablo de la experiencia del equipo de trabajo, me refiero a que el personal del vendedor deberá estar íntimamente involucrado en el trabajo de puesta en marcha. Considero de importancia la reputación del vendedor así como la disponibilidad del personal para toma de decisiones por parte de ambos.

#### **IMPACTO DEL DESEMBOLVIMIENTO EN EL TIEMPO DE ENTREGA**

Nadie quiere ser el primer usuario de un nuevo sistema, ni tampoco el último, así como todos desean obtener lo que realmente necesitan y no los sistemas estándares desarrollados por el vendedor. La vida útil de los sistemas que se están desarrollando ha disminuido tanto, que los fabricantes enfrentan una evolución constante en los mismos. Dicha evolución puede llegar a ser más rápida que el tiempo de entrega del sistema y los replazos de las redes de comunicación, CRT's y tarjetas de comunicación, pueden retrasar la entrega de un proyecto y afectar los costos del mismo, sin embargo, los cambios en las tarjetas de microprocesadores, pueden no afectar demasiado.

No existen reglas firmes en esta área por lo que el comprador debe tener especial cuidado. Además la reputación de los vendedores puede ser muy subjetiva.



Por último, el control distribuido y los sistemas de monitoreo pueden proporcionar grandes mejoras en el control y monitoreo de la planta, pero también pueden reemplazar sistemas de control pobre y monitoreo simple por sistemas con iguales características. Será necesario entonces que la especificación, diseño y construcción del sistema sean hechos por vendedores capaces que puedan mejorar lo ya instalado.

Los sistemas de control distribuido de hoy en día tienen la capacidad de cumplir con casi cualquier requerimiento pero será necesario que el vendedor incluya a su mejor personal, su mejor sistema y el desarrollo más competitivo que la situación económica permita. El hecho de la familiarización del personal de planta con el nuevo equipo hará del nuevo proyecto una buena inversión.

## BIBLIOGRAFÍA

Alvarez Gallegos, Joaquín  
Alvarez Gallegos, Jaime  
Control Digital  
Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN  
Departamento de Ingeniería Eléctrica  
México, 1987

Dukelow, Sam G.  
The Control of Boilers  
Instrument Society of America  
Kansas State University  
Estados Unidos de Norteamérica, 1991

Mead, Gerard  
Data Bases for Control and Acquisition in Distributed Systems  
Honeywell Industrial Automation Systems for 1989 EPRI Conference  
on Power Plant Controls and Automation

### INTRUMENTACIÓN BAILEY COMMAND SERIES

Loop Command	CLC 01/ CL	Product Information	E92-500-1	
Loop Command	CLC 03/ CL	Product information	E92-500-7	
<b>NETWORK 90</b>				
Distributed Control System		Product Information	E93-900	1985
Function Code Reference Manual		Product Information	E93-900-2	1989
Site Planing Preparation and Equipment Installation			E93-900-SCDN	1984
Operator Interface Unit		Product Information	E93-901-1	1983
Operator's Manual				
OIU Hardware Manual -NOIU01 and NOIU02			E93-901-2	1985
Operator Interface Unit, NPRT01 and NPRT02				
Printers and Console Array Assembly				
Operator Interface Unit		Product Information	E93-901-3	1981
Management Command System		Product Information	E93-901-20	1985
Management Command System		Product Information	E93-901-23	1982
Hardware Manual				
Digital Control Station	NDCS 01/02/03	Product information	E93-902	1981
Digital Control Station	NDCS03	Product Information	E93-902-1	1982
Configuration and Tuning Module	NCTM01	Product Information	E93-903	1981
Digital Indicator Station	NPIS01	Product Information	E93-904-2	1982
Serial Port Module	NSPM01	Product Information	E93-905-1	1982
Network 90 Computer Interface Unit		Product Information	E93-905-2	1985
Controller Module NCOM10/02		Product Information	E93-906	1982
High Performance Controller Module		Product Information	E93-906	1984
Multi-Function Controller Module			E93-906-1	1985
Controller Module	NCOM03	Product Information	E93-906-2	1983
Quick response Controller		Product Information	E93-906-3	1984

Controler Module NCOM02, NCOM03, NCOM04		Product Information	E93-906-4	1984
Multifunction Controller	NMFC04	Product Information	E93-906-12	1987
Logic Master Module	NLMMM01	Product Information	E93-907	1982
Loop and Bus Interface Modules NLIM01, NBIM01		Product Information	E93-908-1	1982
Plant Loop to Plant Loop Gateway	NPPG02	Product Information	E93-908-22	1982
Power Entry Panel	NPEP0_	Product Information	E93-909-1	1982
Module Power Power Panel	NMPP0_	Product Information	E93-909-2	1984
Module Power Supplies	NPSM0_	Product Information	E93-909-4	1984
I/O Power Entry Panel	NIPSO1_	Product Information	E93-909-5	1984
Fan Assemblies	NFAN01_	Product Information	E93-909-6	1982
Network 90 Power Supplies		Product Information	E93-909-19	1985
Mounting Hardware		Product Information	E93-910	
Cabinet	NCAB0_	Product Information	E93-910-1	1982
Module Mounting Unit	NMMU0_	Product Information	E93-910-4	1983
Field Termination Panel	NFTPO1	Product Information	E93-910-5	1982
Termination Unit Manual		Product Information	E93-911	
Software Release K.0				
Termination Unit/ Termination Module		Product Information	E93-911	1985
Termination Unit Analog Input	NIAI01	Product Information	E93-911-2	1982
Termination Unit Analog Input	NTAI02	Product Information	E93-911-3	1983
Termination Unit Analog Output	NTAI03	Product Information	E93-911-4	1982
Termination Unit Digital Input	NTAD01	Product Information	E93-911-5	1982
Termination unit analog Output	NTAO01	Product Information	E93-911-6	1982
Termination Unit Controller	NTCS01	Product Information	E93-911-9	1982
Termination Unit Digital Logic Station	NTLS01	Product Information		
Termination Unit Plant Loop	NTPL01	Product Information	E93-911-10	1982
Analog Master Module		Product Information	E93-912-2	1982
Calibration Guide	NAMM02/01			
Analog Inputs Outputs		Product Information	E93-912	1982
Analog Output Module	NAOM01	Product Information	E93-912-3	1982
Analog Slave Module (High)	NASM01	Product Information	E93-912-4	1982
Analog Slave Module (10 OHM Cooper RTD)		Product Information	E93-912-7	1982
Analog Master Module	NAMM03	Product Information	E93-912-8	1983
Analog Slave Module	NASI02	Product Information	E93-912-10	1982
Digital I/O Slave Module	NDSM01	Product Information	E93-913-2	1982
Relay Panel	NRYP01	Product Information	E93-913-4	1991
Control I/O Slave Unit		Product Information	E93-913-9	1984
Termination Cable	NKTU01	Product Information	E93-915-1	1980
Plant Communication Loop Cable	NKPL01	Product Information	E93-915-6	1989
<b>INFI 90</b>				
Operator Interface Unit IIOIS 20		Product Information	E96-100	1989
Operator and Configuration Manual		Product Information	E96-105	1990
Multi-Function Processor Module	IMMFP01	Product Information	E96-201	1990
Digital Slave Input Module	IMDS02	Product Information	E96-307	1990
Digital Slave Output Module IMDSO 01/02/03		Product Information	E96-310	1990
Modular Power System and Update		Product Information	E96-506	1990
Control I/O Slave Module	IMCISO02	Product Information	E96-306	1990

Personal Computer Software  
Process Control View (PCV)  
Engineering Work Station

INF1 90

1990

Product Information E96-800 1990

Network 90 Overview Product Information  
Bailey Network 90 Function Code Manual  
Delembro, Wayne A.  
E.G. Bailey Training Center  
USA, 1983

Normas ISA  
ANSI Y32.20-1975  
Standar S5.1  
Instrument Society of America

Standar S5.3  
Instrument Society of America

#### **INSTRUMENTACIÓN SIEMENS**

TELEPERM ME Process Control System for Power Plants  
Communication System  
Catalog MP 28.2 1990  
República Federal de Alemania, 1990