



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

“PROYECTO PARA LA IMPLEMENTACION  
DE UN  
SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

EDGAR FLORES ACO

ASESORES: ING. ALVARO ROCHA CRUZ  
ING. NICOLAS CALVA TAPIA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



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 esta 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES**

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLAN  
ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



**DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO**  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

" Proyecto para la Implementación de un Sistema de Control Distribuido "

que presenta el pasante: Edgar Flores Aco  
con número de cuenta: 9327691-3 para obtener el título de :  
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

**A T E N T A M E N T E**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**

Cuautitlán Izcalli, Méx. a	<u>22</u>	de	<u>Julio</u>	del	<u>2002</u>	
PRESIDENTE	<u>Ing. Alfonso Rodríguez Contreras</u>					
VOCAL	<u>Ing. Nicolás Calva Tapia</u>					
SECRETARIO	<u>Ing. Blanca Gisela de la Peña Valencia</u>					
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Bernardo Gabriel Muñoz Martínez</u>					
SEGUNDO SUPLENTE	<u>MAI. Pedro Guzmán Tinajero</u>					

## AGRADECIMIENTOS

### A MIS PADRES:

- *Ramón Flores Coronado y Graciela Aco Martínez*

*Quienes me enseñaron a enfrentar los retos con valentía e inteligencia, y que a pesar de las adversidades, me otorgaron el mejor patrimonio que un hijo desea recibir; una carrera profesional. A ellos gracias por su amor y cariño... ¡ Los Amo !.*

### A MI HERMANA:

- *Jacqueline Graciela Flores Aco.*

*De quien me siento tan orgulloso. A ella con quien he compartido tantas emociones durante dos décadas y sabiendo que es una de mis grandes razones de vivir; deseo Jackie te conviertas en una mujer triunfadora... ¡ Te Adoro !.*

## **A MI ABUELA:**

- *Hermelinda Coronado Morán.*

*A quien admiro y respeto, por ser una mujer con grandes ideales y decisiones firmes, gracias por tu cariño y ternura, y también por haberme dado a un gran amigo y maestro... | Mi Padre |.*

## **A MIS TIOS:**

- *Emilio Flores Coronado.*
- *Felipe de Jesús Flores Coronado.*
- *Carmen Flores Coronado.*
- *Arminda Flores Coronado.*
- *María de la Luz Mercado Ureztí.*
- *Amada García.*

*Por todo su afecto y apoyo durante mi estancia en Monterrey, ya que sin ustedes no habría podido cumplir mi sueño de estudiar en la Universidad Autónoma de Nuevo León... | Los Quiero |.*

## **A MIS PRIMOS:**

- *Wendy Bonilla Aco, Paloma Bonilla Aco, Raymundo Aco Bonilla, Alma Rosa Aco Bonilla, Mireya Aco Bonilla, Mauricio Aco Govéa, Jorge Aco Govéa †, Oswaldo Flores García, Bety y Cony.*

*Por disfrutar juntos varios momentos agradables.*

## **A MIS AMIGOS:**

- *Edgar Rico, Isaac Fragoso, Mauricio González, Jonás Núñez, Gabriel Rodríguez, Néstor Salmerón, Berenice Bahena, Daniel Garduño, Luis Orta, David Zurú.*

*Por esa gran amistad que durante varios años me han ofrecido incondicionalmente.*

## **A LOS INGENIEROS:**

- *Alvaro Rocha Cruz y Oscar Carballo Linares.*

*Quienes me alentaron durante toda mi carrera profesional, y que siguiendo sus consejos he logrado cumplir mis metas y sentir el orgullo de ser ingeniero... ¡ Gracias por su Amistad !.*

- *Nicolás Calva Tapia.*

*Por su tiempo y dedicación en la elaboración de esta tesis.*

## **GRACIAS:**

**A TODOS MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS DE LA REFINERIA  
"MIGUEL HIDALGO" Y PETROQUIMICA TULA.**

# INDICE

## INTRODUCCION

<b>1. DESCRIPCION DEL PROCESO</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción de la Planta	1
1.2 Generalidades del proceso	3
<b>2. CARACTERISTICAS Y ESPECIFICACIONES DE LOS INSTRUMENTOS</b>	<b>8</b>
2.1 Instrumentación	10
2.1.1 Clasificación de los instrumentos	10
2.2 Medición de Temperatura	14
2.2.1 Elementos primarios de medición de temperatura	15
2.3 Medición de Presión	23
2.3.1 Elementos primarios de medición de presión	24
2.4 Medición de Flujo	27
2.4.1 Elementos primarios de medición de flujo	30
2.5 Medición de Nivel	40
2.5.1 Elementos primarios de medición de nivel	41
2.6 Transmisores	44
2.6.1 Transmisores Neumáticos	45
2.6.2 Transmisores Electrónicos	46
2.6.3 Comparación de transmisores	54





<b>2.7</b>	<b>Válvulas de Control</b>	<b>56</b>
2.7.1	Tipos de válvulas	57
2.7.2	Partes de una válvula	61
2.7.3	Tipos de acciones en las válvulas de control	64
2.7.4	Válvula inteligente	65
<b>3.</b>	<b>SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO</b>	<b>67</b>
<b>3.1</b>	<b>Interfaz Hombre-Máquina (IHM)</b>	<b>69</b>
3.1.1	Configuración y Sintonización	73
3.1.2	Organización de la configuración presentada en la pantalla de la IHM	74
3.1.3	Operación de una pantalla desde la IHM	75
3.1.4	Página de Grupos y de Gráficos	76
<b>3.2</b>	<b>Despliegues Visuales</b>	<b>79</b>
3.2.1	Código de colores	80
3.2.2	Estructura de la Interfase de usuario	82
3.2.3	Página de Area	84
3.2.4	Página de Grupo	85
3.2.5	Representación del elemento de tendencia (TREND)	86
3.2.6	Representación del elemento estación de control	88
3.2.7	Representación del elemento de descripción de un punto	91
3.2.8	Página de Gráficos (GRAFIC DISPLAY)	91
3.2.9	Sumario de Alarmas (ALARM SUMMARY)	93



3.2.10 Botón de Conocimiento de Alarmas	95
3.2.11 Página de Estatus del Sistema	96
3.2.12 Página de Estatus de un Nodo	97
3.2.13 Lista de Puntos del Proceso (TAG's)	97
3.3 Consola de Teclado y Mouse	98
3.3.1 Operación mediante Teclado	99
3.3.2 Operación mediante Mouse	104
3.4 Supervisión y Control de un Proceso	106
3.5 Supervisión de los Datos de una Tendencia	109
<b>4. CONTENIDO DEL PROYECTO</b>	<b>113</b>
4.1 Introducción del Proyecto	114
4.2 Descripción General de la Obra	120
4.3 Ingeniería y Procura	121
4.3.1 Ingeniería Básica	122
4.3.2 Ingeniería de Detalle	122
4.4 Instrumentación de Campo	125
4.5 Descripción del Sistema Propuesto	125
4.5.1 Descripción Funcional	125
4.5.2 Descripción General	127
4.5.3 Alcance de Suministro y de Instalación	141



<b>4.6 Descripción de las Acciones a Ejecutar</b>	<b>160</b>
<b>4.6.1 Especificaciones Particulares de Instalación</b>	<b>161</b>
<b>5. JUSTIFICACION TECNICA Y ECONOMICA</b>	<b>169</b>
5.1 Evaluación Técnica	169
5.2 Evaluación Económica	173
<b>APENDICE A CONTROL AUTOMATICO</b>	<b>180</b>
<b>APENDICE B REDES LOCALES Y PROTOCOLOS DE COMUNICACION</b>	<b>198</b>
<b>APENDICE C FIELDBUS</b>	<b>223</b>
<b>APENDICE D SIMBOLOGIA</b>	<b>234</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>240</b>
<b>GLORARIO</b>	<b>242</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>249</b>



## INTRODUCCION

Los sistemas de control y la instrumentación, se han convertido hoy en día en la necesidad prioritaria de toda industria, debido a que el control de procesos se han vuelto cada vez mas complejos y a su vez obligados a ser automatizados constantemente. Estos sistemas de control han ido realizando las tareas del operador en la planta, mientras este se encarga simplemente de la operación, supervisión y vigilancia del proceso desde un cuarto de control; asimismo, gracias a estos dispositivos se tiene un mejor control de los procesos, de tal manera, que permite obtener productos de calidad certificada y beneficios económicos.

Es por esta razón que el trabajo de tesis va dirigido a **Petróleos Mexicanos**, específicamente a **Petroquímica Tula S.A. de C.V.**, cuyas instalaciones están integradas por sistemas y equipos de tipo neumático, y por lo tanto, es indispensable modernizar los sistemas de instrumentación y control, para lo cual se requiere el desarrollo de la ingeniería del proyecto para la sustitución de la instrumentación del tablero de control, por un Sistema de Control Distribuido (SCD), con el cual se obtendrá mayor seguridad para el personal y la operación del proceso, mejorando el monitoreo y control del mismo, a través, de la sustitución de instrumentación de campo obsoleta o en mal estado, con instrumentación de tecnología probada y de vanguardia; que permita el incremento económico y productivo.



Para la realización del proyecto se requiere conocer y entender el funcionamiento de los instrumentos y su interacción con los sistemas de control, así como también, las fases del proyecto desde su planeación hasta la puesta en operación de las instalaciones. Es por ello que en esta tesis se exponen los aspectos mas importantes para que el lector conozca el área de la instrumentación, lo que es un Sistema de Control Distribuido y como estos se integran a un control de procesos industriales.

La tesis consta de cinco capítulos y cuatro apéndices. El primer capítulo consta de las etapas del proceso con que cuenta la Planta de Petroquímica Tula S.A de C.V.

En el capítulo dos se describen las particularidades y el funcionamiento de los instrumentos, los términos que los definen, las variables de procesos, así como los dispositivos para su medición; también se mencionan los tipos de transmisores y válvulas de control.

En el capítulo tres se tiene la información necesaria para tener un concepto claro de que es el Sistema de Control Distribuido, así como para la operación del mismo, en este capítulo se describe a detalle el concepto de las pantallas, también se da una descripción de cada tecla y su funcionamiento, procedimientos de transferencia de Manual/Auto, manejo de botones de reconocimiento de alarmas, manipulación del punto de ajuste (Set-Point), control de salida, fallas en el sistema, etc.



El capítulo cuatro muestra las características generales y de funcionamiento del proyecto, donde la ingeniería coadyuva a dirigir, coordinar y programar a las especialidades que intervienen en la planeación y desarrollo del proyecto. Es en este capítulo donde se dan todas y cada una de las consideraciones fundamentales para la elaboración de la ingeniería requerida para la implementación del Sistema de Control Distribuido.

El capítulo cinco estudia la factibilidad técnico-económica, con la que cuenta el proyecto es aquí donde se presenta la justificación de los beneficios sociales esperados frente a los costos de inversión y de operación del proyecto.

Los cuatro apéndices estudian: los modos y estrategias de control, las redes y protocolos de comunicaciones, la tecnología Fieldbus, y simbología de los instrumentos, respectivamente.



## **CAPITULO I DESCRIPCION DEL PROCESO**

### **1.1 INTRODUCCION DE LA PLANTA**

La empresa Petroquímica Tula S.A. de C.V., se encuentra ubicada en el kilómetro 23.5 de la carretera Jorobas-Tula en el municipio de Tula de Allende, Hidalgo, inicio sus operaciones en el año de 1979 como Unidad Petroquímica Tula, perteneciente a Petróleos Mexicanos: En 1992 dicho organismo se divide en cuatro empresas, de las cuales la Unidad de Petroquímica Tula depende de la Dirección PEMEX-Petroquímica hasta Febrero de 1997, ya que a partir de Marzo de 1997, queda constituida como una empresa de participación estatal mayoritaria, definiéndose su actual Razón Social.

Actualmente tiene implementado una norma de aseguramiento de calidad ISO-9002 con los siguientes objetivos.

#### **Política de Calidad:**

En Petroquímica Tula S.A. de C.V. se ha tomado la decisión y compromiso de implementar y mantener un Sistema de Aseguramiento de la Calidad, basado en la norma ISO-9002, para satisfacer los requerimientos pactados con sus clientes, mediante la prevención y establecimiento de un proceso de mejora continua.



**Política Ambiental:**

En Petroquímica Tula S.A. de C.V. se ha comprometido a implementar un sistema integral para la Protección del medio ambiente, la seguridad y la salud ocupacional, basado en la norma ISO-14001; cumpliendo la legislación vigente en la materia para proteger a los trabajadores, las instalaciones y el entorno social, mediante la prevención y proceso de mejora continua.

**Misión:**

La Misión de Petroquímica Tula S.A. de C.V., es elaborar productos petroquímicos dentro de especificaciones y al menor costo; protegiendo al medio ambiente y preservando la salud ocupacional de sus trabajadores, la integridad de sus instalaciones y entorno social.

**Visión:**

Petroquímica Tula S.A. de C.V., empresa competitiva en el mercado mundial de petroquímicos con reconocimiento por sus procesos limpios y seguros.

**Valores:**

- ✦ Trabajo en equipo
- ✦ Alto sentido de participación
- ✦ Honestidad y responsabilidad
- ✦ Orientación al cliente
- ✦ Mejora continua





Este centro de trabajo consta con una superficie de 36 hectáreas, en la cual se distribuyen una unidad de procesamiento para la obtención de Acrilonitrilo, sus Servicios Auxiliares, sus áreas de Administración, Talleres y Almacenes y con una población de 350 trabajadores.

La Planta de Acrilonitrilo esta diseñada para producir 50,000 toneladas métricas de Acrilonitrilo y 6000 toneladas métricas de Acido Cianhídrico por año calendario, utilizando el método catalítico de la Standard Oil Company (SOHIO), mediante Propileno, Amoniaco y aire como materias primas, el cual esta dividido en las secciones de reacción, recuperación, purificación, almacenamiento y tratamiento de desechos. Así mismo la planta de Servicios Auxiliares cuenta con una unidad desmineralizadora de agua, dos calderas de vapor 35 toneladas por hora con una presión de 42 Kilogramos por centímetro cuadrado y una torre de enfriamiento.

## **1.2 GENERALIDADES DEL PROCESO**

El proceso de la Planta de Acrilonitrilo, esta conformada por cinco fases fundamentalmente, las cuales se muestran en el esquema de la figura 1.1.

1. Sección de reacción.
2. Sección de recuperación.
3. Sección de purificación.
4. Almacenamiento.
5. Sección de tratamiento de desechos.



## **SECCION DE REACCION**

En esta sección se lleva a efecto la reacción en el DC-101, utilizando como materia prima Propileno, Amoniac y Oxígeno, así como también un agente catalizador C-49-1 para acelerar la reacción exotérmica, controlando la temperatura del reactor a 450°C, por medio de serpentines de enfriamiento por el cual circula agua tratada para convertirse en vapor, el efluente del reactor que esta formado por Acrilonitrilo, Acetonitrilo, Acido cianhídrico, Agua, Acroleina, Cianuros, Fumaronitrilo, Monóxido de Carbono, Bióxido de Carbono, Propileno, Propano, Amoniac, Oxígeno y Nitrógeno, son enfriados en el EA-102 a 232°C. para ser enviados a la sección de recuperación.

## **SECCION DE RECUPERACION**

La salida de gases del EA-102 entran a la sección de recuperación a la torre de apagado DA-101, donde se enfrían de 232°C a 85°C. además en esta torre se neutraliza con ácido sulfúrico el amoniac que no cumplió con las características de reacción, los gases provenientes de la torre DA-101 se enfrían en el EA-139 de 85° C a 35°C, y son alimentados a la torre de absorción DA -103, donde intercambian calor a contra corriente con agua fría de 1.7°C. en el fondo queda el agua rica en orgánicos como son Acrilonitrilo, Ácido Cianhídrico, Acetonitrilo etc., y por el domo de la torre salen los gases incondensables como el Monóxido de Carbono, Bióxido de Carbono, Nitrógeno, Propileno y Amoniac, los cuales se ventean. El agua rica es enviada a la torre recuperadora DA-104, donde se extrae lateralmente por destilación el Acetonitrilo para enviarlo a la torre fraccionadora de



Acetonitrilo DA-105, y los gases del domo de la torre se envían al acumulador FA-111, de donde se manda la carga a la sección de purificación, esta corriente llega a la torre secadora DA-106.

### **SECCION DE PURIFICACION**

Por el domo de la torre despunte secadora DA-106, se obtiene Acido Cianhídrico, el cual es enviado a la torre DA-107 o en su caso al "Flare" para su incineración, y así poder obtener el producto final que es el Acrilonitrilo.

### **ALMACENAMIENTO**

Finalmente el Acrilonitrilo es enviado a los tanques diarios TK-126 A,B,C,D. para después ser depositado en los tanques de ventas TV-260,261,262.

En las esferas TE-300/301/302/303 se almacena la materia prima Propileno.

En las esferas TE-200/201 se almacena la materia prima Amoniaco.

### **SECCION DE TRATAMIENTO DE DESECHOS**

En la torre de apagado DA-101 se genera una corriente de agua la cual es enviada a los filtros de catalizadores FA-915 A, B, ahí se separa el desecho del catalizador y el agua. El agua filtrada es enviada al tanque de agua de desechos TK-905, para después enviarla al incinerador BA-901.



La corriente de Acetonitrilo generada en la torre fraccionadora de Acetonitrilo DA-105 es enviada a el tanque de desechos orgánicos TK-904, que posteriormente también es enviada a incinerar.

En la fosa SS-907 se almacena agua de desechos generada por la limpieza de filtros, succión de bombas, limpieza de reboilers, agua pluvial, reparación general, reparación parcial, lavado químico, fugas de ácido sulfúrico, que al igual que las otras dos corrientes es enviada al incinerador BA-901.

**a) PRINCIPALES PROVEEDORES DE MATERIAS PRIMAS**

- ✦ La refinería "Miguel Hidalgo" suministra Propileno
- ✦ La refinería de Salamanca, proporciona el Amoniaco
- ✦ El Oxígeno es extraído de la Atmósfera

**b) PRINCIPALES CLIENTES DE PETROQUÍMICA TULA**

- ✦ Fibras Sintéticas S.A.
- ✦ Celulosa y Derivados S.A.
- ✦ Celanese Mexicana S.A.
- ✦ Industrias del Resistol S.A.
- ✦ Polycyd S.A.
- ✦ Butadieno S.A.
- ✦ Hule mexicanos S.A.
- ✦ Fenoquímica S.A.





## **CAPITULO II CARACTERISTICAS Y SPECIFICACIONES DE LOS INSTRUMENTOS**

Las compañías de control de proceso y automatización dependen fuertemente del crecimiento industrial para generar negocios. Aunque por otro lado, la automatización y el control, mediante la *instrumentación* y los *sistemas*, son las herramientas con que cuentan las empresas para desarrollar sus procesos productivos, mejorar la calidad de sus productos y reducir el desperdicio de insumos. Por lo tanto, la demanda de mejores sistemas de automatización y control de procesos va día con día en aumento.

En los procesos industriales el manejo de instrumentos de medición y control son de vital importancia, ya que son estos quienes captan, indican, transmiten y controlan todas y cada una de las señales de un sistema de control, y que gracias a ellos se puede conocer el comportamiento de las variables de proceso; ya sea de nivel, presión, temperatura, flujo, densidad, viscosidad, pH, etc. Así como también analizar, por ejemplo todos los parámetros de un lazo de control.

En el ámbito de la instrumentación existen muchos y grandes fabricantes o proveedores de equipos para control de procesos y automatización, que en las últimas décadas han logrado expandir y colocar en el mercado, una gama muy amplia de dispositivos electrónicos, con innovaciones cada vez más sofisticadas, permitiendo que el manejo de los procesos sea mucho más flexible y versátil.



amplia de dispositivos electrónicos, con innovaciones cada vez mas sofisticadas, permitiendo que el manejo de los procesos sea mucho más flexible y versátil.

En la industria Petroquímica, que es por cierto, la fuente generadora de muchísimos subproductos y que a su vez estos son base para otros productos, cuenta con una infinidad de instrumentos de campo que son de suma importancia en el proceso, algunos de ellos son: transmisores, válvulas automáticas y de control, termopares, RTD, indicadores de nivel, medidores de flujo, manómetros, placas de orificio, etc. (Estos dispositivos se analizarán con detalle en este capítulo, ya que son esenciales para el desarrollo del proyecto).

La instrumentación, como parte fundamental de los procesos y control automático, trae consigo grandes ventajas, como son: la eliminación de errores del elemento humano, rápida respuesta en el balance de los procesos, mayor seguridad para los operadores de plantas, entre muchas otras.

En general podemos decir, que es la instrumentación la parte medular de todo control de proceso y de automatización, pues a medida que se globalizan los mercados, la tecnología es cada vez mas importante e indispensable para la industria.



## **2.1 INSTRUMENTACION**

En todo proceso de la industria petrolera, y en especial de PEMEX Petroquímica, es siempre necesario el uso de instrumentos de medición y control que permitan entre otras cosas mantener los parámetros de calidad de los productos generados por el proceso, supervisar la operación del proceso, recopilar información referente a los volúmenes de producción y cantidad de materia prima consumida, determinar condiciones inseguras de operación, etc.

Aun cuando los avances tecnológicos permiten la elaboración de instrumentos cada vez mas exactos, versátiles y fáciles de usar, es también cierto que la selección y aplicación adecuada de los instrumentos depende de una gran cantidad de factores como son: conocimiento del proceso, conocimiento de los diferentes principios de medición, interpretación adecuada de las características dadas por el fabricante de cada instrumento, correcta instalación y mantenimiento de los instrumentos entre otros.

### **2.1.1 CLASIFICACION DE LOS INSTRUMENTOS**

Se consideran dos grupos básicos:

- 1. Relacionado con la función del instrumento:** Esta clasificación corresponde a la función que cumple el instrumento sin tomar en





consideración la señal medida, es decir, un indicador puede mostrar una señal de presión, temperatura, voltaje, etc., pero su clasificación funcional es como indicador.

Los instrumentos *Indicadores*, disponen de un índice y de una escala graduada en la que puede leerse el valor de la variable. Según la amplitud de la escala se dividen en indicadores concéntricos y excéntricos. Existen también indicadores digitales que muestran la variable en forma numérica con dígitos.

Los instrumentos *Registradores*, registran con trazo continuo o a puntos la variable, y pueden ser circulares o de gráfico rectangular o alargado según sea la forma del gráfico.

Los *Elementos Primarios* están en contacto con la variable y utilizan o absorben energía del medio controlado para dar al sistema de medición una indicación de respuesta a la variación de la variable controlada. El efecto producido por el elemento primario puede ser un cambio de presión, fuerza, posición, medida eléctrica, etc.

Los *Transmisores* captan la variable de proceso a través del elemento primario y la transmiten a distancia en forma de señal neumática de margen 3 a 15 psi (libras por pulgada cuadrada) o electrónica de 4 a 20 mA de corriente continua.



Asimismo, se emplean señales electrónicas de 1 a 5 mA c.c., de 10 a 50 mA c.c. y de 0 a 20 mA c.c.

Los *Transductores* según la Sociedad de Instrumentistas de América (ISA) son dispositivos que reciben energía de un sistema y suministran energía, ya sea del mismo tipo o de un tipo diferente a otro sistema, de tal manera que ciertas características deseadas de la energía de entrada aparecen en la salida. Son transductores: un relé, un elemento primario, un transmisor, un convertidor P/I (presión a intensidad), un convertidor P/P (presión a señal neumática), etc.

Los *Convertidores* son aparatos que reciben una señal de entrada neumática (3-15 psi) o electrónica de (4 a 20 mA c.c.) procedente de un instrumento y después de modificarla envían la resultante en forma de señal de salida estándar. Ejemplo: un convertidor P/I (señal de entrada neumática a señal de salida electrónica, un convertidor I/P (señal de entrada eléctrica a señal de salida neumática).

Los *Receptores* reciben las señales procedentes de los transmisores y las indican o registran. Los receptores controladores envían otra señal de salida normalizada a los valores ya indicados 3-15 psi en señal neumática, o 4-20 mA c.c. en señal electrónica, que actúan sobre el elemento final de control.



Los **Controladores** comparan la **variable controlada** (presión, nivel, temperatura) con un valor deseado y ejercen una acción correctiva de acuerdo con la desviación.

La variable controlada la pueden recibir directamente, como controladores locales o bien indirectamente en forma de señal neumática, electrónica o digital procedente de un transmisor.

El **Elemento Final de Control** recibe la señal del controlador y modifica el caudal del fluido agente de control. En el control neumático, el elemento suele ser una válvula automática o un servomotor neumático que efectúan su carrera completa de 3 a 15 psi. En el control electrónico la válvula o servomotor son accionados a través de un convertidor de intensidad a presión (I/P) o señal digital a presión que convierte la señal electrónica de 4 a 20 mA c.c. o digital a neumática 3 – 15 psi. En el control electrónico el elemento suele ser una válvula motorizada que efectúa su carrera completa accionada por un servomotor eléctrico.

- 2. Relacionado con la variable de proceso:** Esta clasificación corresponde específicamente al tipo de las señales medidas siendo independiente del sistema empleado en la conversión de la señal de proceso. Los instrumentos se dividen en instrumentos de caudal, nivel, presión, temperatura, densidad y peso específico, humedad y punto de rocío,



viscosidad, posición, velocidad, pH, conductividad, frecuencia, fuerza, turbidez, etc.

## 2.2 MEDICION DE TEMPERATURA

La temperatura es uno de los factores de gran importancia en los procesos químicos, ya que muchas de las propiedades de las sustancias se ven afectadas por la temperatura y algunas de ellas cambian de estado físico; de sólidos a líquidos, de líquidos a vapores, etc. Estos fenómenos físicos son aprovechados por los procesos químicos, en los cuales los puntos de congelación o de ebullición sirven de base para separar materiales. La rapidez con que se verifica una reacción química entre determinadas sustancias, así como también de la solubilidad de los sólidos en líquidos y de los gases en líquidos depende considerablemente de la temperatura.

La temperatura la podemos definir como: *El estado de la materia que determina el flujo de calor entre los cuerpos.*

La temperatura no puede medirse directamente, sino que debe deducirse de la propiedad del material o de la de otro material en equilibrio con él. Puede deducirse de la dilatación de sólidos, líquidos o gases, de la presión de vapor de un líquido, de la resistencia eléctrica de ciertos materiales, por lo general sólidos; de la intensidad de la radiación total o de una banda particular de longitud de onda



de la radiación emitida por el cuerpo caliente; del valor de la FEM creada en la unión de dos materiales distintos y de los cambios de estado de sólidos, líquidos o gases.

### **2.2.1 ELEMENTOS PRIMARIOS DE MEDICION DE TEMPERATURA**

Los dispositivos para la medición de temperatura en la industria se clasifican en dos grupos principales: el primero incluye los *termómetros*, *sistemas termales* y *termopares*, que para su funcionamiento, deben de estar en contacto directo con el objeto o lugar cuya temperatura ha de medirse, el segundo grupo reúne los dispositivos *ópticos* y *de radiación*, los cuales operan a distancia del cuerpo caliente, empleando las radiaciones de calor y luz emitidos por el mismo.

#### ***Termómetro***

Es un dispositivo de medición que indica la temperatura de un cuerpo. Los termómetros mas usados se basan principalmente en la medición de las propiedades, tales como:

1. Expansión volumétrica de gases, líquidos y sólidos.
2. Presión ejercida por gases y líquidos.
3. Presión eléctrica de sólidos.
4. Presiones de vapores de líquidos.



5. Termo-electricidad.
6. Radiación.

Cuando no es necesario tomar lecturas continuas de temperatura o cuando las temperaturas no son utilizadas para control de un proceso y solo se desea conocerlas para saber si la operación de un equipo es satisfactoria, es muy conveniente el uso de un **termómetro bimetalico**.

Los termómetros bimetalicos están contruidos con una bobina bimetalica de forma helicoidal, esta va metida en una funda metálica para su protección. Un extremo de la bobina bimetalica que se encuentra en el cuello de la funda va unido a un eje, mientras que el otro va fijo a una aguja indicadora, la cual recorre una escala, yendo fija al eje. La funda metálica o un vástago es la parte del instrumento que esta en contacto con el medio del cual se desea conocer su temperatura; de esta manera los cambios de temperatura pueden afectar la forma de la bobina bimetalica El movimiento originado en el cambio de forma de la bobina bimetalica es transmitido, a través, del eje a la aguja indicadora o puntero, la cual señala en la escala la temperatura que tiene el medio en el cual se encuentra la funda metálica.

Los termómetros bimetalicos se fabrican en rangos que van desde  $-184$  a  $537$  °C, su exactitud nunca es menor al 1% del total de la escala.



### **Sistemas Termales**

El sistema termal de llenado comprende una unidad cerrada bajo presión y consiste de un bulbo conectado por un tubo capilar a un elemento de tubo bourdon de forma helicoidal o espiral localizado en el instrumento.

Cuando el sistema es llenado con gas o con vapor en equilibrio con un fluido volátil, un incremento en la temperatura causa un incremento en la presión del sistema; el incremento de presión tiende a desarrollar la hélice, la cual da una lectura de temperatura mayor en el instrumento.

Cuando el sistema se llena con líquido, un incremento en la temperatura causa una expansión del líquido, desarrollándose la hélice o espiral para proveer el volumen incrementado, mostrando por lo tanto el instrumento una lectura mayor.

### **Termopar**

El termopar es uno de los sensores de uso mas difundido en la industria debido a su construcción simple, bajo costo, durabilidad y razonable exactitud en la medición de temperatura en una amplia gama de aplicaciones y condiciones ambientales. Estos sensores están en capacidad de cubrir un rango de temperaturas desde  $-183^{\circ}\text{C}$  (para aplicaciones de criogenia) hasta  $2500^{\circ}\text{C}$ , con exactitudes comprendidas entre 0.1% y 1% de la temperatura real absoluta.



Los termopares son sensores que suministran una salida en forma de señal eléctrica de muy baja potencia y tiene una baja impedancia. Son construidas utilizando cables metálicos conductores de diferente material, por lo que poseen flexibilidad mecánica y constantes de tiempo de menos de 1ms.

Un termopar esta formado por dos cables de diferente composición metalúrgica conectados en ambos extremos para formar un circuito eléctrico. La fuerza electromotriz (FEM) generada depende de la diferencia de temperaturas entre la junta caliente (comúnmente llamada junta de referencia) y la junta fría, para la composición metalúrgica de los dos cables.

Los termopares de mayor uso en la industria petroquímica son:

*Termopar tipo " J ", de Hierro – Constantán*, es adecuado en atmósferas con escaso oxígeno libre. La oxidación del hilo de Hierro aumenta rápidamente por encima de 550°C, siendo necesario un mayor diámetro del hilo hasta una temperatura límite de 750°C.

*Termopar tipo " K ", de Cromel – Alumen*, se recomienda en atmósferas oxidantes y a temperaturas de trabajo entre 500 y 1250°C. No debe ser utilizado en atmósferas reductoras ni sulfurosas a menos que este protegido con un termopozo.





### Componentes de un termopar

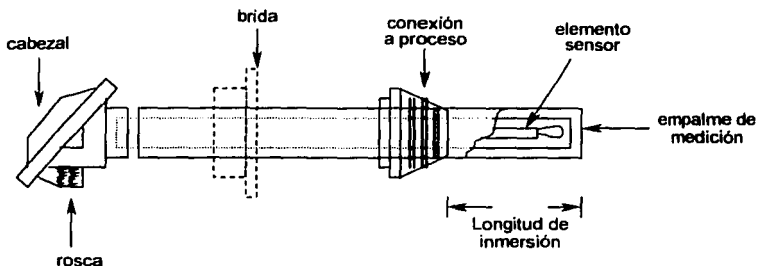


Fig.2.1 Termopar

Parte esencial de los termopares son los *termopozos*, que es la parte protectora del termopar, estos caen en la clasificación general de tubos protectores metálicos diseñados para trabajar a altas presiones, arriba de  $5 \text{ kg/cm}^2$ . Pero a diferencia de los fabricantes de tubos cédula 40, los termopozos son maquinados y taladrados a alta presión, partiendo de una barra redonda o hexagonal. Pueden ser usados con cualquier elemento sensor de temperatura.

La corrosión del medio ambiente en el cual va a ser empleado el termopozo, es el principal factor para seleccionar el material; las condiciones de alta presión en relación con la temperatura pueden también afectar al material seleccionado.



## **Tipos de termopozo**

Se mencionan tres tipos de termopozos atendiendo a su modo de instalación para obtener máxima seguridad y resistencia mecánica para una aplicación dada.

*Termopozos roscados:* Son fabricados de barras redondas o hexagonales, generalmente son mas económicas, de fácil instalación y reposición y diseñados para usos menos críticos.

*Termopozos soldados:* Estos son insertados en los ductos y soldados para obtener máxima resistencia.

*Termopozos bridados:* Se recomienda en altas presiones, ofreciendo ventajas de instalación y reposición. La brida del termopozo es acoplada a la brida ya existente en el ducto del proceso.

## **RTD ( Resistance Temperature Detectors)**

Los RTD "Detectores de Temperatura por Resistencia" es otro dispositivo para sensor la temperatura y están conformadas de platino 100. La medida de temperaturas utilizando sondas de resistencia depende de las características de resistencia en función de la temperatura que son propias del elemento de detección.



El elemento consiste en un arrollamiento de hilo muy fino del conductor adecuado bobinado entre capas de material aislante y protegido con un revestimiento de vidrio o de cerámica y encaquetado por un material sensible a la temperatura.

Los materiales que forman el conductor de resistencia deben poseer las siguientes características:

- Alto coeficiente de temperatura de la resistencia (mayor sensibilidad).
- Alta resistividad, ya que a mayor resistencia a una temperatura dada, tanto será la variación por grado.
- Relación lineal resistencia – temperatura.
- Rigidez y ductibilidad.



ESPECIFICACION	RTD DE PLATINO **	TERMOPAR	RESISTENCIA TÉRMICA
Rango de operación típico de temperatura	-195°C a 648°C	-195°C a 1260°C	-101°C a 148°C
Intercambiabilidad de precisión	-40 a 100°C: ± -17°C 100 a 500°C: ± -16°C 500 a 648°C: ± -15.7°C	0 a 276°C: ± -17°C a ± - 15°C 276 a 1260°C: ± -17.5 a ± - 17.3 %*	-40 a 1160°C: ± - 17.5°C niveles rápidamente sobre 100°C
Sensibilidad típica de 0°C	0.21 mV/°F con brida	0.02 mV/°F	2 mV / °F con brida
Estabilidad	±0.01% por 5 años	1 a 2°F por año	±0.2 a 0.5°F por año
Repetibilidad	-17.7°F	-16 a -15°C	-17.6 a -17.2°C
Linealidad	BUENO	REGULAR	POBRE
Diámetro (Min)	0.125" de diámetro	0.015" de diámetro	0.100"
Tiempo de respuesta	2-5 / seg	2-5 / seg	1-2 / seg
Observaciones Estabilidad amplia sobre el rango de temperatura	Mejor para la precisión y Bajo nivel de señal No buena precisión	Gran variedad, económico, limitado en temperatura, pobre linealidad	Alta sensibilidad

\* % de medición leída

\*\* Grado industrial, 100 Ohms, a 0°C, con 1 miliampere de excitación

**Tabla comparativa 2.1**



## 2.3 MEDICION DE PRESION

Las mediciones de presión encuentran una gran aplicación en las industrias de proceso y sus principios son utilizados para formar la base de otros instrumentos como los indicadores de nivel de líquidos y los medidores de presión diferencial

El control de presión en los procesos industriales, da condiciones de operación seguras. Cualquier recipiente o tubería posee cierta presión máxima de seguridad variando esto de acuerdo con el material y la construcción. Las presiones excesivas no solo pueden provocar la destrucción del equipo sino que también, pueden provocar al personal daños serios a su salud, principalmente cuando están implicados fluidos inflamables o corrosivos.

**Presión:** *Es la fuerza que ejerce cualquier fluido sobre las paredes del recipiente que lo contiene.*

$$\text{Presión} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Area}}$$

**Principio de Arquímedes:** *Un cuerpo flotante se hunde mas en un líquido que tiene menor densidad que el agua, en cambio se hunde menos si el líquido es de mayor densidad.*



### 2.3.1 ELEMENTOS PRIMARIOS DE MEDICION DE PRESION

Los instrumentos para medir presión pueden ser indicadores, registradores, transmisores y controladores, los cuales se clasifican en dos formas generales:

1. *Tipos de elementos elásticos:* En este tipo de instrumentos la presión que se quiere medir deforma un elemento elástico, por ejemplo un tubo Bourdon, desarrolla una fuerza de equilibrio de manera que permite su calibración para obtener la medición que se desee. Con los métodos que están dentro de esta clasificación se pueden medir presiones absolutas, manométricas, de vacío o diferenciales.
2. *Tipos balanza de gravedad:* Son aquellos en los cuales una columna de líquido, como el mercurio por ejemplo, balancea la presión desconocida por medio de la fuerza gravitacional de la carga del líquido; este rubro incluye los manómetros en "U" y las variaciones de los mismos.

#### **Manómetros**

En la mayoría de las operaciones Petroleras, en la conducción de fluidos, en los procesos de las plantas, dentro de la gran variedad de instrumentos con que se cuenta para controlar y llevar a buen término las operaciones, el instrumento más



utilizado y de gran utilidad es el manómetro. Este instrumento da al técnico un índice o idea de cómo se está comportando determinado fluido.

Existen distintos tipos de manómetros, tales como:

Manómetros de tubo "U", manómetro de tubo inclinado, manómetro de cubeta, manómetro de aro balanceado, manómetro de campana invertida, manómetro de diafragma metálico, manómetro de elemento de fuelle, manómetro medidor de presión absoluta (doble fuelle o doble espiral) y manómetro de Bourdon. Este último se explicará a continuación, por ser el de mayor uso en la industria.

### ***Manómetro de Tubo Bourdon***

Principio de operación: Los manómetros de tubo Bourdon se componen de un tubo ovalado en sección, rolado para formar un arco de un círculo, estando sujeto a un extremo a un cuadrante o "sector" que se engrana con un piñón sobre el eje del puntero indicador. El extremo del tubo Bourdon fijado al árbol de conexión está abierto para admitir fluido, el otro extremo está cerrado. Un aumento de presión del fluido en el tubo tiende a desdoblarse, moviéndose en esta forma el extremo libre. El movimiento del extremo libre se transmite al sector y este hace girar al piñón y a la aguja.



El movimiento del extremo libre de un tubo Bourdon de diseño y forma apropiada esta definido para cada incremento de presión, por lo tanto la posición del puntero indicara sobre la carátula la presión que existe dentro del tubo Bourdon.

El rango máximo para los manómetros de tubo Bourdon es de 0 – 42 Kg/cm<sup>2</sup>., para rangos mayores se utiliza el tubo Bourdon de acero.

### ***Manómetro Estándar***

Este manómetro se utiliza para servicios normales en vapor, aire, agua, gas u otros fluidos que no afecten el material del Bourdon desde el punto de vista de corrosión.

Cuando se utiliza este tipo de manómetros para vapor u otros fluidos calientes, estos deben de protegerse por medio de sifones o cola de cochino. Para vapor de muy alta presión, vapores calientes de aceite, etc.; se utilizan los manómetros de tubo Bourdon de acero.

Los manómetros estándar se diseñan para funciones generales en cuanto a líquidos, gases o vapores no corrosivos al bronce.





## 2.4 MEDICION DE FLUJO

La aplicación de la medición de flujo de fluidos, o sea, una sustancia que fluye cuando se somete a un esfuerzo de deslizamiento, al control de procesos, se ha convertido en una necesidad para las plantas de proceso industrial, principalmente como base del control automático los fluidos deben de medirse y controlarse cuidadosamente, evitando así un proceso continuo complejo.

Hay fluidos altamente tóxicos, como lo son el Acido cianhidrico, ácido sulfúrico, amoniaco, etc. que se manejan en la industria petroquímica, por lo que se debe garantizar su confinamiento para que no produzca daños en el medio ambiente. En algunos casos, el valor del fluido es tan elevado que se procura evitar desperdicios. Cuando así sucede es conveniente calcular la cantidad exacta que se esta transfiriendo o consumiendo.

El método más favorecido para la medición continua en la mayoría de los rangos de flujo, prácticamente a cualquier temperatura y presión estática, es el que se basa en la relación directa del flujo con la raíz cuadrada de la caída de presión producida por una restricción insertada en la línea del fluido.

El flujo puede ser medido en términos de volumen o peso, el volumen puede ser convertido en peso o viceversa; si la densidad del fluido es conocida.



**Flujo o caudal:** *Es la cantidad de fluido que circula por un conducto o cauce en un tiempo determinado.*

Un sistema de medición basado en la relación directa entre el flujo y la raíz cuadrada de la presión diferencial del fluido, antes y después de la restricción (elemento primario) esta conjuntada básicamente por el dispositivo de concentración y el medidor de presión diferencial que lo indica o registra traduciendo en unidades de flujo.

**Consideración Técnica:** En la línea por la cual fluye el elemento a medir, se instala un dispositivo que produce una contracción en el fluido. Debido a esta contracción, se produce un aumento en la velocidad del fluido, ocasionando que una parte de la energía de presión se convierta en energía de flujo y una diferencia de presión se pone de manifiesto entre la entrada y la salida del dispositivo de contracción. Esta presión diferencial varía directamente con el cuadrado del flujo:

$$dP = \phi^2 \therefore \phi = \sqrt{dP}$$

dP = Diferencial de Presión

$\phi$  = Flujo



Y de esta manera se puede medir el flujo. Enseguida se recupera gradualmente parte de la energía de presión, ocasionando una caída de presión permanente muy pequeña. Esta caída de presión depende de la forma del orificio o garganta de la contracción y de la relación de diámetros.

Cuando se habla de **flujo volumétrico** se expresa normalmente en litros/segundo (LPS) o galones por minuto (GPM) o  $\text{ft}^3/\text{seg}$ .

El flujo volumétrico se calcula de la siguiente manera:

$$Q = A \times V$$

Donde: Q = Flujo volumétrico

A = Area de la sección transversal de la tubería

V = Velocidad del fluido

**Flujo másico:** Es el flujo de una sustancia que pasa por una sección de una tubería en un periodo. Si se conoce el flujo volumétrico y la densidad de una sustancia, se puede calcular el flujo másico del fluido con la siguiente formula:

$$W = Q \times \rho$$



Donde:  $W$  = Flujo másico (kg/seg)  
 $Q$  = Flujo volumétrico (GPM o LPS)  
 $\rho$  = Densidad (lb/ft<sup>3</sup> o kg/cm<sup>3</sup>)

Cuando se mide el flujo másico, se debe considerar el efecto de la temperatura y de la presión sobre la densidad del fluido; principalmente en la medición de los gases. En este caso, se deben prever los medios para compensar los cambios de densidad causados por otras variables de proceso.

#### **2.4.1 ELEMENTOS PRIMARIOS DE MEDICION DE FLUJO**

Entre los dispositivos de medición de caudal se encuentran: la placa de orificio, el tubo venturi, tubo pitot, medidor de turbina, medidores de flujo magnético, medidores coriolis y medidores vortex (vórtice).

Los medidores de flujo pueden ser: indicadores, registradores e integradores. Cuando los sistemas industriales requieren del control automático del flujo, el conjunto de medición se asocia con controladores, pudiendo ser: indicador controlador, registrador controlador, etc.



## Placa de Orificio

Es generalmente usada debido a su práctico uso, facilidad de instalación, bajo costo y mayor caída de presión diferencial. Estas son generalmente usadas para medición de gases. Manejan líquidos que tengan una viscosidad baja y casi todos los gases y vapores. Su construcción es la mas sencilla; es una placa delgada de metal, con una abertura generalmente circular y concéntrica, de resistencia suficiente para evitar deformaciones bajo presiones diferenciales ordinarias.

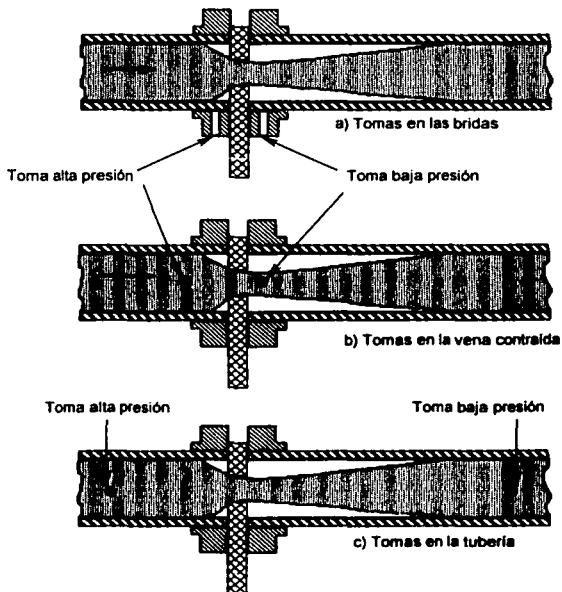


Fig.2.2 Tomas de presión diferencial en la placa de orificio



*Fig.2.3 Placa de orificio concéntrico*

**Sección de elementos primarios:** La sección de los elementos primarios o dispositivos de contracción, dependen de las condiciones de operación y de las necesidades de la medición.

Factores que se requieren tomar en cuenta para seleccionar los elementos primarios:

1. Caída de presión permanente.
2. Características del fluido medido.
3. Rango de flujo a medir.
4. Presión deseada.
5. Espacio disponible.
6. Costo de la instalación.



### **Placa de Orificio Segmentado**

En este caso, el área del orificio segmentado es equivalente al área de un orificio circular. Se usa cuando se requiere eliminar el estacionamiento de materiales extraños instalándose con la secante horizontal y con su sección curva, coincidiendo con la superficie interior de la tubería.

Es muy usado para medir vapor húmedo, líquidos conteniendo sólidos en suspensión o aceites con agua, cuando la medición se puede hacer en tubería horizontal.

Cuando el orificio puede ser localizado verticalmente, se prefiere el uso de la placa de orificio concéntrica, por su mayor precisión.



**2.4 (a.) Orificio segmentado para gases sucios**

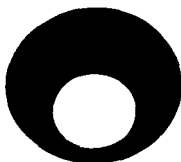


**Fig.2.4(b). Orificio segmentado para líquidos sucios**



### **Placa de Orificio Excéntrica**

Se instala con el orificio tangente a la superficie superior de la tubería, cuando el material que está fluyendo es un gas y tangente a la superficie inferior de la tubería cuando el fluido es un líquido.



*Fig. 2.5 Orificio excéntrico para líquidos sucios*

La fig.2.6 muestra un esquema del comportamiento del fluido cuando atraviesa el orificio de una placa. La presión diferencial desarrollada entre ambos extremos del orificio siempre es proporcional a la velocidad del fluido que circula a través del mismo. Una velocidad elevada produce una diferencia de presión alta. De la misma manera, una velocidad baja produce una presión diferencial baja. Otro de los factores que influyen en la magnitud de la presión diferencial desarrollada es el diámetro del orificio. Bajo condiciones de operación equivalentes, un orificio de diámetro pequeño produce una presión diferencial elevada y uno de diámetro grande produce una presión diferencial pequeña.



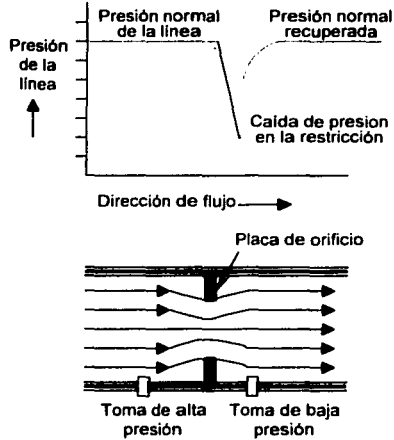
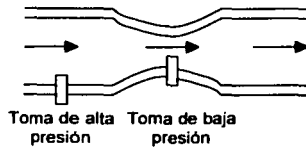


Fig.2.6 Efecto de la restricción sobre la línea de flujo

### **Tubo Venturi**

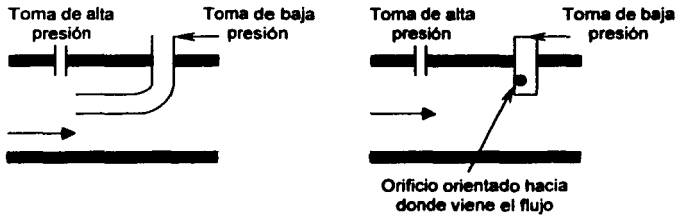
Es otro popular dispositivo que opera bajo el principio de presión diferencial, a través, de una restricción. La principal ventaja es su resistencia a la contaminación por sedimentos o por el propio fluido que circula a través de él. Además opera a un rango de velocidad de flujo mas alto que la placa de orificio.



*Fig.2.7 Tubo Venturi clásico*

### **Tubo Pitot**

Consiste en un tubo doblado hacia la dirección donde viene el flujo. Otra variación de diseño se construye mediante un tubo recto con una perforación en el lado orientado hacia donde viene el flujo. La fuerza de impacto del fluido sobre el extremo u orificio en el tubo es una rama de la presión diferencial. La otra rama es la presión estática del fluido. Este dispositivo se utiliza mucho cuando se tiene una tubería de gran diámetro.



*Fig.2.8 Dos variaciones de Tubo Pitot*



### Medidor de Turbina

Estos dispositivos tienen una presión muy alta y gran resistencia mecánica. Su construcción consta de un rotor montado sobre unos cojinetes y empotrado dentro de un compartimiento. Cuando el flujo a medir circula a través de este compartimiento, el rotor empieza a girar libremente a una frecuencia proporcional a la cantidad de fluido que está pasando en un momento dado.

Luego se instala un dispositivo detector capaz de medir la frecuencia de giro del rotor. La salida de este detector se conecta a un circuito electrónico que produce una señal equivalente a la velocidad de fluido que circula por el medidor. Esta señal, a su vez, se alimenta de un dispositivo registrador/indicador con una escala graduada en unidades de velocidad de flujo.

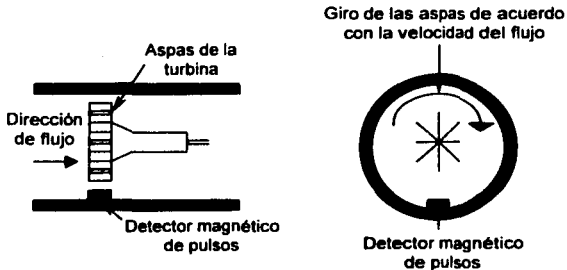
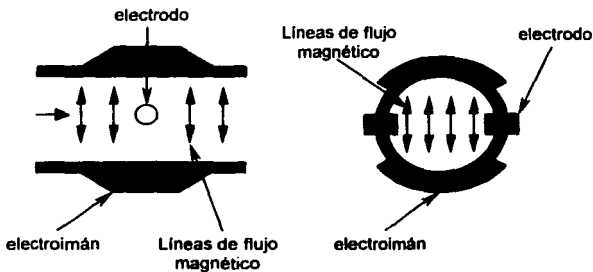


Fig. 2.9 Medidor de Turbina

### **Medidor de Flujo Magnético**

Consiste básicamente, en un campo magnético producido por un par de electroimanes y dos electrodos. Todo esto se encuentra montado en un tubo apropiado que se puede incrementar en la tubería que transporta el fluido que se desea medir.



**Fig.2.10 Medidor magnético de flujo**

### **Medidores Coriolis**

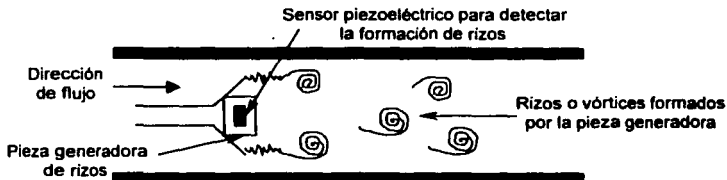
El efecto coriolis se presenta en el fluido que circula dentro de un tubo en forma de joroba con una intensidad proporcional a la velocidad, la masa y la frecuencia de oscilación aplicada. Entre mayor sea la cantidad de materia que circule en el tubo, el efecto es mas intenso. La fuerza provocada por este efecto produce un desfaseamiento en la frecuencia de oscilación proporcional a la cantidad de masa



de fluido que pasa en un momento dado. Este desfaseamiento se traduce mecánicamente en una alteración de la magnitud de oscilación del tubo, la cual es proporcional a la cantidad de fluido que pasa por el tubo y se mide con un detector de movimiento apropiado.

### **Medidores Vortex (Vórtice)**

El medidor esta formado fundamentalmente por tres componentes: un elemento generador de remolinos o vórtices; un detector, que convierte la energía de los remolinos en una señal eléctrica, y un transmisor, capaz de amplificar esta señal y producir un registro sobre una escala graduada en unidades de velocidad de flujo.



**Fig.2.11 Medidor Vórtex simplificado**



## **2.5 MEDICION DE NIVEL**

*Nivel: Es la altura de un líquido o sólido contenido en un recipiente sobre una línea de referencia.*

La medición de nivel ayuda a determinar el volumen o peso de un líquido o sólido de un recipiente.

El nivel es expresado directamente en unidades de altura (pulgadas, centímetros, pies o metros).

Las mediciones de nivel son siempre limitados por la altura de un recipiente. La medición de nivel es muy importante en los procesos químicos y físicos por las siguientes causas:

- a) Para determinar y controlar la cantidad de material en procesos químicos y físicos.
- b) Para mantener control en tanques de gran capacidad, usados para suministrar un flujo estable, a través de un proceso.
- c) Para determinar continuamente la cantidad de contenido en tanques de almacenamiento para propósitos operacionales.



Cuando se mide el nivel correctamente y su control es eficiente, la cuantificación de almacenamiento y los tamaños de los recipientes pueden ser reducidos, pudiendo así incrementar la eficiencia de los procesos.

### **2.5.1 ELEMENTOS PRIMARIOS DE MEDICION DE NIVEL**

La medición de nivel se divide en dos grupos básicamente:

#### **1. Métodos directos**

- Tubos de vidrio o LLG's (Liquid Level Gages). "Escalas Líquidas de Nivel"
- Regla graduada o Limnómetro.
- Válvula de purga.
- Mecanismo de flotador.

#### **2. Métodos indirectos**

- Medidor de tipo hidrostático.
- Elementos del tipo desplazamiento.
- Sistemas eléctricos y electrónicos.

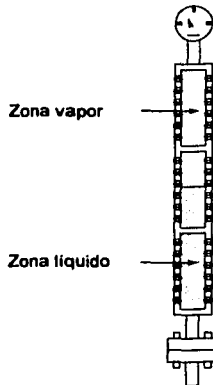
**Métodos Directos:** Son los mas sencillos y se pueden catalogar como auxiliares de los indirectos, ya que en su mayoría solo se utilizan normalmente como indicadores de campo.



**Métodos Indirectos:** La medición por los métodos indirectos se efectúa tomando ciertas características del líquido, como densidad, capacidad, capacitancia, etc.

### ***Tubos de Vidrio o Indicadores de Nivel de Cristal***

Este tipo es el método mas simple y es usado por su sencillez y confiabilidad, se conecta al recipiente en forma de vasos comunicantes; estos pueden ser de gran variedad y tamaño, pueden colocarse en casi todos los recipientes que se utilizan en los procesos industriales y su rango de presión varia entre bajas presiones hasta aproximadamente 180 a 200 Kg/cm<sup>2</sup>; para presiones altas los niveles ópticos se montan en marcos metálicos y el tamaño del cristal va disminuyendo en área aunque la presión aumenta.



**Fig.2.12 Indicador de nivel de cristal**



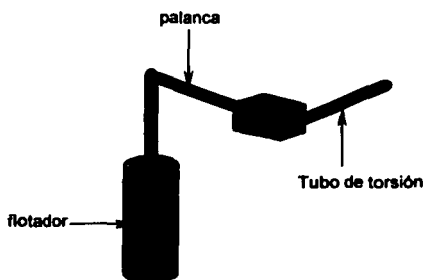


### **Medidor tipo Desplazamiento**

Este método se basa en la diferencia entre el peso de un cuerpo en un líquido y la fuerza de empuje que ejerce éste último sobre el cuerpo. Esta fuerza de empuje depende del volumen desplazado del cuerpo, la densidad relativa del medio y el nivel de éste. Para que el cuerpo sea desplazado es necesario que el cuerpo sea más pesado que el medio desplazado.

Usualmente, se monta el cuerpo a ser desplazado en una tubería de bypass, lo que permite realizar calibraciones y monitoreo independientemente del proceso. Si el cuerpo va a ser montado directamente en el estanque, usualmente se hace dentro de una guía.

Este método de medición es bastante preciso pero depende de la densidad relativa y requiere una gran cantidad de equipamiento mecánico.



**Fig.2.13 Medidor de nivel de desplazamiento**



## **2.6 TRANSMISORES**

Son instrumentos que captan la variable medida a través de un sensor, y la convierten en una señal estándar para su transmisión, la cual es solo función de la variable medida.

En procesos relativamente complejos o peligrosos, se deben llevar las variables medidas hasta un cuarto de control, donde usualmente se encuentran los instrumentos controladores o instrumentos indicadores mediante los cuales un operador puede verificar el estado operativo del proceso, y realizar los ajustes necesarios. Normalmente las señales de salida de los sensores no tienen la suficiente potencia como para poder ser transmitidas a distancia (más de 50 m). En estos casos se deben utilizar transmisores que permitan enviar la señal desde el campo (proceso) hasta el cuarto de control.

Actualmente existen dos estándares para la instrumentación de variables de proceso, los cuales son 3 a 15 psi para señales neumática y 4 a 20 mA para señales analógicas eléctricas. Existen básicamente dos tipos de transmisores, de acuerdo al tipo de señal transmitida. En la tabla 2.2 se indican los diferentes tipos de transmisores.



TIPO DE TRANSMISOR		SEÑAL DE SALIDA
NEUMATICOS		3 a 15 psi
ELECTRONICOS	Analógicos	4 a 20 mA (estándar) 10 a 50 mA, 0 a 20 mA, 1 a 5 V, 0 a 10 V, -5 a 5V
	Inteligentes (Analógicos, digitales e híbridos)	4 a 20 mA (estándar) HART™ (híbrido)

HART™ Protocolo de comunicaciones de campo (ver Apéndice B)

*Tabla 2.2 Clasificación de los transmisores*

Existen varios tipos de señales de transmisión: neumáticas, electrónicas, digitales, hidráulicas y telemétricas. Las más empleadas en la industria petrolera son las tres primeras, las señales hidráulicas se utilizan ocasionalmente cuando se necesita una gran potencia y las señales telemétricas se emplean cuando hay una distancia de varios kilómetros entre el transmisor y el receptor.

### 2.6.1 TRANSMISORES NEUMATICOS

Los transmisores neumáticos envían una señal de salida en forma de aire a presión, la cual varía linealmente con la señal de entrada. El estándar de transmisión es una presión comprendida entre 3 a 15 psi.



Algunas de las características de los transmisores neumáticos son:

- Las variaciones en la señal de alimentación, influyen en la señal de salida, ocasionando errores significativos en la señal transmitida.
- Las vibraciones mecánicas dan origen a pulsaciones en la señal transmitida.
- La señal transmitida tiene un enlace máximo de 60 m.
- Son mucho más inexactos que los transmisores eléctricos.

## 2.6.2 TRANSMISORES ELECTRONICOS

Los transmisores electrónicos se clasifican en dos grandes grupos: los analógicos y los inteligentes. En el primer caso están conformados por circuitos analógicos, y en el segundo caso están conformados por circuitos digitales basados en microprocesador.

La señal estándar para la señal eléctrica de variables de proceso es el lazo de corriente de 4 a 20 mA tal como lo establece la norma ANSI/ISA S50.1.

Las características principales del lazo de corriente de 4 a 20 mA son las siguientes:



- Capacidad de transmitir la señal a distancias de hasta 1 Km o mas, dependiendo de la impedancia del cable.
- La existencia de un cero "vivo" (4 mA), permite la posibilidad de detección de corte de lazo.
- La transmisión en corriente DC permite filtrar mas fácilmente las perturbaciones.
- Mayor velocidad de respuesta que los transmisores neumáticos.

#### • **Transmisores electrónicos analógicos**

Los transmisores analógicos son los de uso más difundido en la actualidad y sus características fundamentales son:

- Capacidad de calibración en múltiples rangos de medición.
- La mayoría de estos transmisores son de construcción modular (tienen circuitería separada para la sección de amplificación, transductor, lazo de corriente, etc.) de modo que la reparación se puede lograr rápidamente mediante la sustitución del modulo dañado.
- Dependiendo de la variable medida pueden tener capacidad de aceptación de un amplio espectro de sensores.
- Capacidad para ser alimentados a través del propio lazo de corriente de transmisión de la señal analógica (conexión a dos hilos).



- La velocidad de respuesta es de 2 a 5 veces superior a las de los transmisores digitales. Igualmente el tiempo de recuperación debido a una falla en la alimentación del transmisor es menor que el caso de los transmisores digitales.
- Buena exactitud pudiéndose obtener hasta  $\pm 0.05\%$  del alcance calibrado.
- Capacidad de aislamiento entre la circuitería de entrada y la de salida. Esta capacidad esta incluso presente en los transmisores alimentados a través del propio lazo de transmisión de la señal analógica. Se logra mediante la utilización de convertidores AC / DC y de transformadores que suministran el aislamiento galvánico.
- Capacidad de protección de la circuitería interna contra picos y respuestas transitorias.
- Debido a que la calibración del rango de medición es lograda usualmente por medios mecánicos (potenciómetros), este tipo de instrumento es propenso a inestabilidad en el tiempo por lo que generalmente requieren recalibración periódica.
- Cumplen con el estándar ISA S50.1 para transmisión de señales analógicas, lo que aseguran la compatibilidad con cualquier instrumento receptor que cumpla igualmente con dicho estándar.



### ● **Transmisores electrónicos inteligentes**

Se denomina transmisor inteligente a aquel que incorpora circuitería digital basada en microprocesador, y que para el procedimiento de la señal proveniente del sensor utiliza software en lugar de hardware. Existe una gran variedad de transmisores inteligentes, cuya diferencia principal consiste en el mecanismo que utilizan para la transmisión de la señal. A continuación se describen cada uno de ellos.

#### ♦ **Transmisores inteligentes con comunicación digital**

También suelen denominarse simplemente transmisores digitales. En este tipo de transmisor la variable de proceso es transmitida digitalmente y codificada de acuerdo a un protocolo de comunicación, como por ejemplo HART, Modbus, Profibus, Fielbus, etc. Entre las características más importantes de este transmisor encontramos:

- **Capacidad para operar en cualquier rango válido de medición. Los rangos de medición son configurables por software por el propio usuario, tanto en forma local (a través de un terminal manual portátil) como en forma remota (desde el cuarto de control) a través del canal de comunicación digital. Estos transmisores también pueden hacer el cambio automático del rango de medición en caso de que la variable se salga del rango.**



- La posibilidad del cambio del rango de medición (en campo) sin necesidad de recalibrar el instrumento disminuye los tiempos de parada del proceso, ya que en el caso de los transmisores analógicos una buena calibración solo se logra en el taller de instrumentación, lo que hace necesario la parada momentánea del proceso o la operación a ciegas del mismo.
- Dependiendo de la variable medida, pueden ser utilizados para operar con una gran cantidad de sensores sin necesidad de cambios en el hardware del transmisor.
- Excelente exactitud, la cual es típicamente mejor a  $\pm 0.05\%$  del alcance calibrado.
- Excelente estabilidad debido a que no se requieren cambios o ajustes en el hardware para configurar el rango de medición y no poseen dispositivos sujetos a deriva en el tiempo. Esto ocasiona poca o ninguna necesidad de recalibrar el instrumento.
- Incorporar mecanismos de caracterización propios de cada transmisor. La caracterización permite compensar el error debido a las diferencias entre las condiciones (generalmente temperatura ambiente) a las cuales fue calibrado el instrumento en fábrica y las condiciones actuales de trabajo. Esta característica permite la instalación directa del transmisor en campo sin necesidad de recalibración del mismo.
- Compensación de las no linealidades del sensor. Los transmisores pueden tener grabado en memoria tablas de conversión o utilizar polinomios de aproximación de la curva característica del sensor.





- Capacidad de autodiagnóstico que le permite la identificación y el reporte (vía comunicación digital) de fallas tanto a nivel del sensor como del transmisor. Esto facilita la labor de mantenimiento y acorta el tiempo necesario para la ejecución del mismo, incrementando la disponibilidad general del sistema de control y/o supervisión asociado al proceso.
- Mayor seguridad de operación en zonas clasificadas. Para la comunicación digital no es necesario el uso de las señales eléctricas riesgosas para la operación en ambientes explosivos. En su lugar, se pueden emplear enlaces de fibra óptica o señales infrarrojas mucho más seguras en este tipo de situación. Adicionalmente, este tipo de señales no están expuestas a interferencia electromagnética, descargas eléctricas o corto circuitos, haciendo la transmisión mucho más segura desde el punto de vista de integridad de los datos.
- Ahorro de costos en el cableado. Los transmisores digitales utilizan un bus de datos de dos hilos conductores, el cual puede ser compartido por un grupo de transmisores que utilicen el mismo protocolo; de esta forma no se hace necesario el cableado individual de cada transmisor.
- En general, la velocidad de respuesta de una transmisor digital es más lenta que la de un transmisor analógico, ya que la señal proveniente del sensor necesita ser digitalizada y procesada antes de ser enviada. Por otra parte, cuando varios transmisores comparten un mismo bus de comunicaciones se debe hacer un barrido a cada uno de ellos; el tiempo completo de barrido de todos los transmisores aumenta con el número de



transmisores. En una gran cantidad de aplicaciones estos tiempos de respuesta (aun en el caso de varios transmisores conectados a un bus) son despreciables; sin embargo, en algunos lazos de control los transmisores pueden tener una velocidad de respuesta tan lenta que pueda afectar la estabilidad del lazo de control. Es por ello que este es un parámetro que debe ser considerado al momento de la selección del tipo de transmisor a utilizar.

- En la actualidad existe un estándar para la comunicación digital con transmisores de variables de proceso, es el estándar SP50 (fielbus) propuesto por la ISA y otras organizaciones internacionales.
- Al igual que los transmisores analógicos, pueden disponer de aislamiento de la entrada con la salida, y también cuentan con protección contra picos.
- La señal transmitida tiene un mayor alcance que en el caso de los transmisores analógicos (en algunos modelos puede llegar hasta 10 Km).

♦ ***Transmisores analógicos inteligentes***

En este caso el instrumento transmite la señal de las variables de proceso en forma analógica pero la circuitería interna es inteligente, lo que permite ciertas ventajas como es la configuración por software del rango de medición y tipo de sensor, compensación de las no linealidades del sensor, caracterización del transmisor, y en general, todas las características indicadas para el transmisor digital no relacionadas con la transmisión digital de la información.



Estos transmisores son totalmente compatibles con los transmisores analógicos convencionales, por lo que pueden ser utilizados para la sustitución de los mismos sin necesidad de cambios en el cableado o instrumentación asociada. Los transmisores analógicos inteligentes son menos exactos que los transmisores digitales, ya que el proceso de reconversión de la señal digital a analógica nuevamente introduce un error adicional no presente en el transmisor digital.

• **Transmisores híbridos**

Estos son transmisores inteligentes con capacidad de comunicación tanto digital como analógica. Usualmente, la variable de proceso es transmitida en forma analógica estándar mientras que la comunicación digital es utilizada para intercambiar información de configuración y diagnóstico del instrumento, y es lograda a través del mismo par de cables por el cual se transmite la señal analógica.

Estos transmisores combinan las ventajas de los transmisores digitales y los analógicos y pueden utilizar el cableado existente de los transmisores analógicos convencionales. Si se requiere la capacidad de comunicación digital, solamente se necesita de un acoplador adicional conectado al lazo de corriente analógico. Los terminales portátiles de configuración pueden ser inclusive conectados directamente al lazo de corriente porque generalmente contienen incluido el hardware de acople.



Es de notar que la variable de proceso también puede ser transmitida en forma digital siendo un valor más exacto que el valor analógico. Este tipo de transmisor tiende a utilizarse en las nuevas instalaciones, ya que permite integrar una buena parte de las ventajas de la comunicación digital (diagnóstico y mantenimiento) y mantiene la información vital (variable de proceso) dentro del estándar internacional, por lo tanto compatible con una amplia gama de instrumentos asociados al lazo de control.

### **2.6.3 COMPARACION DE TRANSMISORES**

En la tabla 2.3 se efectúa una comparación de características de los transmisores neumáticos, electrónicos convencionales e inteligentes; estos últimos en las versiones de señal de salida de 4-20 mA c.c. y de señal de salida digital.



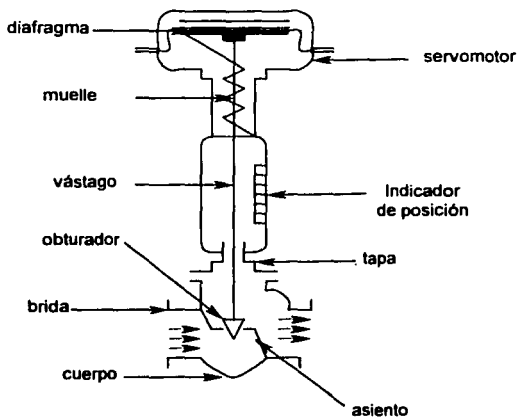
TRANSMISOR	SEÑAL	PRECISION	VENTAJAS	DESVENTAJAS
NEUMATICO	3-15 psi 0.2-1 bar	$\pm 0.5\%$	- Rapidez. - Sencillo.	-Aire limpio. -No guardan información. -Distancias limitadas. -Mantenimiento caro. -Sensible a vibraciones.
ELECTRONICO CONVENCIONAL	4-20 mA c.c.	$\pm 0.5\%$	- Rapidez.	-Sensible a vibraciones, deriva térmica.
ELECTRONICO INTELIGENTE	4-20 mA c.c.	$\pm 0.2\%$	- Mayor precisión. - Intercambiable. - Estable, fiable. - Campo de medida más amplio. - Bajo costo de mantenimiento.	-Lento (para variables rápidas puede presentar problemas).
ELECTRONICO INTELIGENTE SEÑAL DIGITAL	Digital	$\pm 0.1\%$	-Mayor precisión. -Mas estabilidad. -Fiable. -Autodiagnóstico. -Comunicación bidireccional. -Configuración remota. -Campo de medida más amplio. -Bajo costo de mantenimiento.	-Lento (para variables rápidas puede presentar problemas).

**Tabla 2.3 Características de transmisores**



## 2.7 VALVULAS DE CONTROL

En el control automático de los procesos industriales la válvula de control juega un papel muy importante en el lazo de regulación. Realiza la función de variar el caudal del fluido de control que modifica a su vez el valor de la variable medida comportándose como un orificio de área variable. En la fig.2.14 puede verse una válvula de control típica. Se compone básicamente del cuerpo y del servomotor.



*Fig.2.14 Válvula de Control*



El cuerpo de la válvula contiene en su interior el obturador y los asientos y esta provisto de rosca o de bridas para conectar la válvula a la tubería. El obturador es quien realiza la función de control de paso del fluido y puede actuar en la dirección de su propio eje o bien tener un movimiento rotativo. Esta unido a un vástago que pasa a través de la tapa del cuerpo y que es accionado por el servomotor.

### **2.7.1 TIPOS DE VALVULAS**

Las válvulas pueden ser de varios tipos según sea el diseño del cuerpo y el movimiento del obturador. En la industria Petroquímica las válvulas de mayor uso son las siguientes:

#### **◆ Válvula de Globo**

Las válvulas de globo de simple asiento precisan de un actuador de mayor tamaño para que el obturador cierre en contra de la presión diferencial del proceso. Por lo tanto se emplean cuando la presión del fluido es baja y se precisa que las fugas en posición de cierre sean mínimas. En la válvula de doble asiento o de obturador equilibrado la fuerza de desequilibrio desarrollada por la presión diferencial a través del obturador es menor que en la válvula de simple asiento. Por este motivo se emplea en válvulas de gran tamaño o bien cuando deba trabajarse con una alta presión diferencial. En posición de cierre las fugas son mayores que en una válvula de simple asiento.

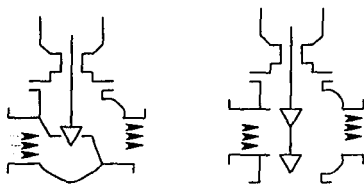


Fig.2.15 Válvula de globo

● **Válvula de Tres Vías**

Este tipo de válvula se emplea para mezclar fluidos (válvulas mezcladoras), o bien para derivar de un fluido de entrada dos de salida (válvulas diversoras).

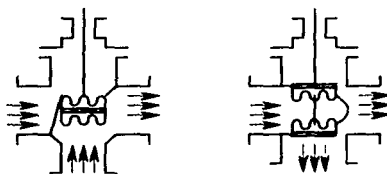


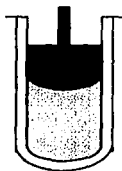
Fig.2.16 Válvula de tres vías





### ● **Válvula de Compuerta**

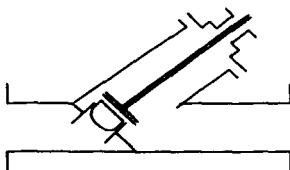
Esta válvula efectúa su cierre con un disco vertical plano, o de forma especial, y que se mueve verticalmente al flujo del fluido. Es adecuada generalmente para control todo-nada, ya que en posiciones intermedias tiende a bloquearse.



*Fig.2.17 Válvula de compuerta*

### ● **Válvula en "Y"**

Es adecuada como válvula de cierre y de control. Como válvula todo-nada se caracteriza por su baja pérdida de carga y como válvula de control presenta una gran capacidad de caudal.



*Fig.2.18 Válvula en "Y"*



### ◆ **Válvula de Mariposa**

El cuerpo esta formado por un anillo cilíndrico dentro del cual gira transversalmente un disco circular. La válvula puede cerrar herméticamente mediante un anillo de goma encastrado en el cuerpo. Las válvulas de mariposa se emplean para el control de grandes caudales de fluidos a baja presión.

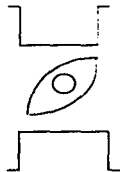


Fig.2.19 Válvula de mariposa

### ◆ **Válvula de Bola**

El cuerpo de la válvula tiene una cavidad interna esférica que alberga un obturador en forma de esfera o bola, la cual tiene un corte adecuado que fija la curva característica de la válvula, y gira transversalmente accionada por un servomotor exterior. La válvula de bola se emplea principalmente en el control de caudal de fluidos negros, o bien en fluidos con gran porcentaje de sólidos en suspensión. La válvula de bola típica es la *válvula de macho* que consiste en un macho en forma cilíndrica con un orificio transversal igual al diámetro interior de la tubería. Se



utiliza generalmente en el control manual todo-nada de líquidos o gases y en regulación de caudal.

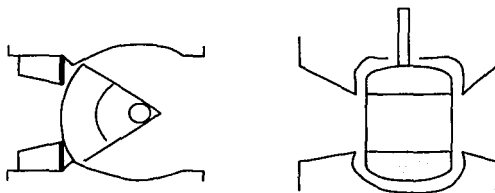


Fig.2.20 Válvula de bola

## 2.7.2 PARTES DE UNA VALVULA

Los principales componentes de una válvula de control son los que se muestran a continuación:

**Cuerpo de la válvula:** Esta parte debe resistir la temperatura y la presión del fluido sin pérdidas, tener un tamaño adecuado para el caudal que debe controlar y ser resistente a la erosión o la corrosión producidas por el fluido. El cuerpo y las conexiones a la tubería pueden ser bridadas o roscadas y están normalizadas de acuerdo con las presiones y temperaturas de trabajo en las normas DIN y ANSI.

**Tapa de la válvula:** Tiene por objeto unir el cuerpo al servomotor, a través de la cual se desliza el vástago del obturador accionado por el motor. Este vástago



dispone generalmente de un índice que señala en una escala la posición de apertura o de cierre de la válvula.

**Obturador y Asientos:** Como partes internas de la válvula se consideran generalmente las piezas metálicas internas desmontables que están en contacto directo con el fluido. Estas piezas son el vástago, la empaquetadura, el collarín de lubricación en la empaquetadura, los anillos de guía del vástago, el obturador y el asiento o los asientos. Hay que señalar que el obturador y el asiento constituyen el "corazón de la válvula" al controlar el caudal gracias al orificio de paso variable que forman al variar su posición relativa, y que además tienen la misión de cerrar el paso del fluido.

**Servomotor o Actuador:** Pueden ser neumáticos, eléctricos, hidráulicos y digitales, si bien se emplean generalmente los dos primeros por ser más simples, de actuación rápida y tener una gran capacidad de esfuerzo.

Las válvulas de control pueden tener acoplados diversos tipos de accesorios para realizar funciones adicionales de control como son:

**Posicionador:** Es esencialmente un controlador proporcional de posición con punto de consigna procedente del controlador, variable entre 3 y 15 psi. El posicionador compara la señal de entrada con la posición del vástago y si esta no es correcta (existe una señal de error) envía aire al servomotor o bien lo elimina en



el grado necesario para que la posición del vástago corresponda exactamente, es decir, que sea proporcional a la señal neumática recibida.

**Volante de accionamiento manual:** Permite controlar la apertura de la válvula en condiciones de fallo de aire, el volante puede estar colocado en la parte superior o lateral de la válvula.

**Repetidor:** El repetidor o booster reduce el tiempo de transmisión de la señal en el bucle de control.

**Transmisores de posición y microrruptores de final de carrera:** Estos dispositivos transmiten la posición del vástago (y, por lo tanto, la apertura de la válvula) al panel de control para información del operador, o para realizar alguna acción de control. Los microrruptores de fin de carrera están colocados en el yugo de la válvula y son excitados por una pequeña palanca fijada al vástago.

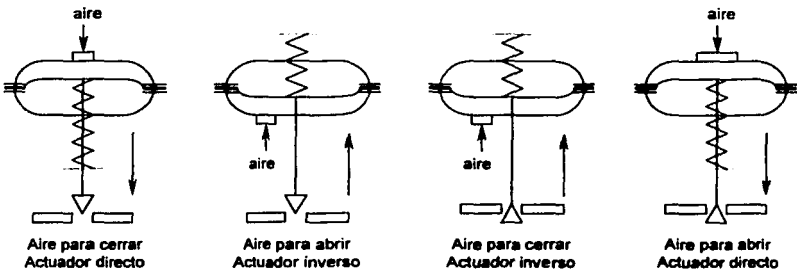
**Válvula de solenoide de tres vías:** La válvula de solenoide de tres vías permite enclavar la válvula de control en una posición que suele ser la correspondiente a fallo de aire. Su función es comunicar la vía de la cámara del servomotor con la vía conectada a la atmósfera con lo que la válvula de control pierde aire y pasa a la posición de sin aire abre o sin aire cierra (según su acción); la cámara puede también comunicarse con aire a presión pasando así la válvula a la posición inversa de con aire abre o con aire cierra.



**Válvula de enclavamiento:** Bloquea automáticamente el aire entre el controlador y la válvula de control cuando la presión del aire de alimentación disminuye por debajo de un valor prefijado.

### 2.7.3 TIPOS DE ACCIONES EN LAS VÁLVULAS DE CONTROL

Según su acción los cuerpos de las válvulas se dividen en válvulas de acción directa, cuando tienen que bajar para cerrar, e inversa cuando tienen que bajar para abrir. Esta misma división se aplica a los servomotores, que son de acción directa cuando se le aplica aire, el vástago se mueve hacia abajo, e inversa cuando al aplicar aire el vástago se mueve hacia arriba.



*Fig.2.21 Tipos de acciones en las válvulas de control*

Al combinar estas acciones se considera siempre la posición de la válvula sin aire sobre su diafragma, con el resorte mantenido el diafragma y por tanto la válvula en una de sus posiciones extremas.



Cuando la válvula se cierra al aplicar aire sobre el diafragma o se abre cuando se quita aire debido a la acción del resorte, se dice que la válvula sin aire abre o aire para cerrar (acción directa).

Al abrir la válvula cuando se aplica aire sobre el diafragma y se cierra por la acción del resorte cuando se quita el aire, se dice que la válvula sin aire cierra o aire para abrir (acción inversa).

#### **2.7.4 VALVULA INTELIGENTE**

Contiene un controlador digital y sensores de medición de temperatura, caudal y presión montados en la propia válvula. El controlador digital regula la presión manométrica antes o después del orificio de la válvula, y la temperatura o el caudal, y envía la señal de salida al módulo del posicionador electropneumático acoplado al actuador.

Cada válvula tiene grabada en una memoria ROM la variación correspondiente al intervalo 0 al 100% de abertura de la válvula y el valor de factor de recuperación, lo que permite conocer y controlar el caudal que esta pasando a través de la válvula, gracias al microprocesador que calcula el caudal utilizando las fórmulas correspondientes. El software permite seleccionar la característica deseada de la válvula: lineal, igual porcentaje, apertura rápida y la que pueda especificar el usuario.



La válvula inteligente acepta la entrada del valor extremo del punto de consigna y la comunicación digital a través de la interfaz RS-485 con el protocolo fieldbus para comunicarse con los sistemas de control distribuido. De este modo, accede a los valores de la variable de proceso, el punto de consigna y las alarmas.

La válvula inteligente puede efectuar un diagnóstico de sí misma al medir la carrera del vástago y las presiones del actuador. Puede captar el excesivo rozamiento del vástago o el pegado de las partes internas. Además permite llevar el proceso a una condición de seguridad en el caso de problemas graves. Por ejemplo, si se pierde la comunicación con el control distribuido, el sistema puede ser programado para conducir la válvula a una posición de seguridad que impida la pérdida del material o para prevenir una condición de peligro para el operador de la planta.

#### ◆ **Válvulas Digitales**

Las válvulas digitales disponen de compuertas neumáticas accionadas por electroválvulas que, a su vez, son excitadas por la señal de salida binaria de un microprocesador. Su respuesta es muy rápida (una compuerta 500 ms), y el grado de apertura depende de la combinación de las compuertas (8 compuertas darán 1, 2, 4, ... , 128 relaciones de capacidad).





### **CAPITULO III SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO**

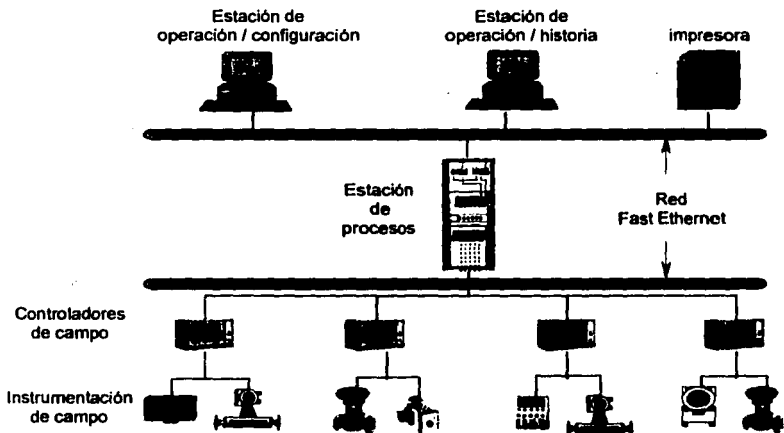
El enfoque primario de un Sistema de Control Distribuido (SCD) es el de ayudar a incrementar la productividad y la calidad de los productos de manera confiable, así como la seguridad y rentabilidad de los procesos de control de una planta. El enfoque secundario es comunicar la información del proceso a lo ancho de la empresa, a través, del direccionamiento de información por computadoras y equipos de campo.

El SCD, optimiza la eficiencia de una planta manteniendo una supervisión continua del proceso. Este sistema recibe datos de cada una de las variables del proceso tales como: flujo, temperatura, presión y nivel, además regula estas variables de acuerdo a una estrategia de control predeterminada. El sistema centraliza todos los parámetros (variables de proceso y otros datos) para ser usados en la implementación de un sistema y presentar esta información para la supervisión, a través, de la Interfaz Hombre-Máquina (IHM).

Todos los datos y el control automático son ejecutados por la Unidad Central de Procesos CPU. Esta unidad es conectada directamente a los lazos del proceso y a los puntos de adquisición de datos bajo su control, a través, del cableado de campo de entradas/salidas (I/O). La CPU contiene módulos configurados individualmente para la adquisición de datos y/o ejecutar funciones específicas de control.



El número de Unidades de Control de Procesos usados para implementar una estrategia de control en una planta puede variar. Todas las Unidades de Control de Procesos dentro del sistema están conectadas entre si por medio de un Lazo de Comunicación de Planta (PCL), esto hace posible que la adquisición de datos o de lazos de control ejecutados por una CPU puedan ser usados por otra CPU. A cada unidad conectada con lazo de planta se le llama NODO; el número de nodos depende del sistema. Una característica adicional es la Unidad de Interfaz con la Computadora (CIU), la cual conecta una computadora de proceso con el PCL.



**Fig. 3.1 Sistema de Control Distribuido**



### 3.1 INTERFAZ HOMBRE-MAQUINA (IHM)

La supervisión y el control de la totalidad de un proceso es mantenido de una forma primaria por un operador, a través, de la IHM. Algunas posibilidades de los IHM son:

- Acceso rápido y sencillo a los datos del sistema.
- Supervisión y control del proceso.
- Visualización del proceso.
- Modificación de parámetros y órdenes.

Las IHM poseen una serie de ventajas que les hace ideales para su uso en sistemas de automatización, entre las cuales figuran:

- No se emplea memoria de usuario.
- No se necesitan interfaces con el programa de aplicación.
- Rápida actualización y visualización de los datos presentados.
- Configuración simple.

Toda IHM posee los siguientes componentes:

- CPU.
- Pantalla.
- Teclado.
- Puerto(s) de comunicación.
- Ranuras de expansión (según modelo y fabricante).



## • CPU

La CPU es la encargada de realizar todas las funciones del aparato. Se encarga de:

- Lectura del teclado.
- Lectura de datos por el puerto correspondiente de comunicación (serie, bus de campo, etc).
- Procesamiento de los datos recogidos.
- Envío de datos por el puerto de comunicación (si es necesario).
- Presentación de los datos en pantalla.

Como es lógico la CPU posee su propia memoria RAM y ROM para poder almacenar el programa de tratamiento de datos y presentación (sistema operativo del IHM) y para almacenar los datos convenientes. De esta forma se evita consumir tiempo de CPU y memoria de otro sistema externo (como un PLC).

## • Teclado y pantalla

El teclado puede ser configurable por el usuario, y puede ser más o menos completo según el tipo de IHM. La flexibilidad del teclado incluye serigrafía, etiquetado e incluso el nombre de la compañía. Por supuesto es posible emplear pantallas táctiles (touch screen), suprimiendo el teclado.



En cuanto al tipo de pantalla hay varias posibilidades:

- Sólo texto (el número de filas y columnas depende del modelo).
- Gráfico monocromo.
- Gráfico en color.

◆ **Accesorios**

Las IHM permiten también una serie de accesorios según el modelo y fabricante, entre los cuales figuran:

- Baterías para funcionamiento en caso de fallo de alimentación.
- Comunicación serie (RS-485, etc).
- Comunicación con bus de campo (Fieldbus, etc).
- Configuración mediante consola externa o PC (tanto por cable directo como a través del puerto de comunicaciones).

El número de Interfaces Hombre-Máquina que se incluyen en un sistema es determinado por el tamaño de la estrategia de control y de la planta. La capacidad de monitoreo y control asignado a una IHM puede cubrir un proceso completo o puede ser limitado a ciertas áreas específicas.

La IHM consiste en un monitor a color de alta resolución y una consola de teclados conectados al LCP a través de una Unidad de Interfaz. La IHM incluye una línea opcional para impresora. El control de procesos y los puntos de adquisición de



datos son mantenidos automáticamente por los diferentes módulos funcionales dentro de cada CPU, estos son reportados constantemente y presentados en la pantalla de la IHM en el momento de ser solicitados.

La información del proceso es obtenida en diferentes formatos; por ejemplo, un formato en el cual se obtiene la información de un proceso en particular, es presentado para mantener una mejor supervisión y control. La selección de los diferentes formatos en la pantalla es parte de la configuración de la IHM diseñado específicamente para cada proceso.

Todos los datos de configuración incluidos en los módulos de una CPU, así como la configuración de la IHM, es almacenada en un mecanismo de disco dentro de la unidad de interfaz. El mecanismo de disco da un respaldo de memoria externo para todas las áreas de proceso dentro de la IHM.

Se puede llamar a la pantalla cualquier lazo de proceso y posteriormente tomar control del mismo usando la consola de teclados. El teclado contiene botones alfabéticos, numéricos y con funciones específicas los cuales son accionados por medio de un contacto manual, el título que se localiza sobre la tecla sirve para identificar la función de la misma. Además de los medios necesarios para tener datos y controlar procesos, se tiene la consola de teclados donde el personal de supervisión puede configurar o sintonizar cualquier CPU a nivel de módulos y también checar el estado del sistema.



La capacidad de configurar y sintonizar un módulo, a través, del teclado es restringido, y solamente personal autorizado por medio de cerradura con llave en la consola y también con claves de acceso personalizado podrán permitir al operador configurar y sintonizar el sistema.

### 3.1.1 CONFIGURACION Y SINTONIZACION

Aunque el operador del sistema puede no ser el responsable de la configuración y sintonización de los módulos de la CPU, es indispensable estar familiarizado con el concepto ya que esto ayuda al entendimiento de algunos de los formatos de la pantalla y la terminología utilizada. Los datos de configuración del módulo, son un modelo de las instrucciones que describen el manejo de las funciones de control o la adquisición de datos. Una función de control es una operación específica, la cual puede ser seleccionada como parte de la configuración de un módulo, ésta puede ser específicamente una operación matemática; tal como suma, resta o una operación lógica, tales como: "AND", "OR", "NOT", etc.; además, se tienen las funciones de control que se pueden llamar para hacer una operación de control de proceso como son: entrada/salida, o una respuesta de ganancia adaptiva.

El operador puede especificar individualmente los gráficos al visualizador cuando ellos entren. Un segundo personal puede establecer el visualizador, en algún instante, y permanecer disponible a todos los usuarios. Las características de una etiqueta roja permite a los operadores con el privilegio apropiado a observar el equipo fuera de la planta por medio de llaves confidenciales de software.



### **3.1.2 ORGANIZACION DE LA INFORMACION PRESENTADA EN LA PANTALLA DE LA IHM**

Cada IHM tiene la capacidad de monitorear una gran cantidad de puntos de datos (TAG) de los módulos dentro de las Unidades de Control de Procesos asociadas. Los puntos de datos son seleccionados y asignados como nombres de caracteres alfanuméricos como parte de la configuración operativa de la IHM. Cada punto de dato (TAG), el cual representa una variable de proceso, puede ser llamado a la pantalla de la IHM. Un punto de dato también puede representar el estado de la válvula o del interruptor, apareciendo las palabras: Abierto, cerrado, dentro, fuera, on, off, etc. en la pantalla.

La supervisión y dominio de sistemas de control desde la IHM está dividido en áreas de proceso, cada área se divide en una cierta cantidad de grupos de proceso los cuales tienen un máximo de puntos de datos que pueden ser asignados a cada grupo. Una área no necesariamente representa una área física de la planta, es más común que un proceso sea representado por los puntos de datos relacionados a una función del proceso. Un punto de dato puede ser asignado a más de una área, sin embargo, una área debe ser designada por el área de proceso primaria. El asignar un punto de dato a un grupo y un grupo a una área de proceso es parte de la configuración de la IHM.





### 3.1.3 OPERACION DE UNA PLANTA DESDE LA IHM

La operación de una planta, es ejecutada en conjunción con los datos presentados en el monitor, el tipo de dato que se tendrá en la pantalla y el formato que tenga son seleccionados utilizando la sección de control de la pantalla en la consola de teclados. El formato en el cual el dato es presentado, puede ser dividido en dos categorías:

- ◆ **Despliegues a nivel supervisorio.**

Se obtiene una visión general de la planta de proceso, información sobre los puntos de datos e indicaciones del sistema de alarmas, con sólo operar la sección de control del teclado.

Una descripción de los grupos de proceso dentro una de las áreas, es presentado en un teclado de áreas, en donde se puede llamar de una manera inmediata el área deseada con sólo presionar el botón que tenga el número correspondiente. Otros tipos de botones que se tienen en la sección de control y que se pueden utilizar son:

- **Lista de alarmas:** Se usa para revisar el estado de las últimas 100 alarmas que han ocurrido.



- **Página de status:** Para revisar la condición (status) de todas las CPUs y módulos dentro del área de vigilancia de la IHM.
  - **Lista de puntos de datos (TAG's):** Se utiliza para identificar cada punto de dato, su CPU, módulo, grupo de proceso, área, etc.
- ◆ **Despliegues a nivel de control de procesos.**

Se obtiene información detallada de procesos individuales y es un medio para controlar manualmente cualquier tipo de proceso.

Cuando se ejecutan acciones de control desde la IHM, el valor del punto de dato y la información necesaria para el proceso a ser controlado, se observa en cualquiera de las páginas de grupo o gráficos.

#### 3.1.4 PAGINA DE GRUPOS Y PAGINA DE GRAFICOS

**Página de Grupo:** Cuando se hace la configuración de una IHM, se determina el grupo en el cual se desea que aparezca la información y el valor del punto de dato en particular, una página de grupo puede ser configurada con la información presente de algunos o de todos los puntos de datos dentro de un grupo de proceso.

A continuación se describen los elementos que forman una página de grupo:



**Tendencia:** Es un registro histórico de una hasta seis variables de proceso con una base de tiempo prefijada. Las variables son identificadas por un punto de dato (TAG).

**Descripción de un punto (TAG):** Se usa para obtener un dato (punto en la pantalla). El punto puede ser un valor analógico o un estado Booleano.

**Estación de control:** Un valor de proceso es mostrado contra una escala graduada con sus límites de rango mínimo y máximo. El valor de punto de ajuste se modifica mediante la utilización de flechas y es mostrado numéricamente dentro del display, dando una representación analógica de la desviación del proceso y la desviación con el punto de ajuste. Los modos de control de la estación se muestran en la parte media derecha del controlador. El valor de la salida de control es mostrado en la escala, así como el % de salida.

El espacio de la pantalla requerido para desplegar el valor de un punto de dato, es determinado por el tipo de elemento de pantalla seleccionado para presentar dicha información: el número de puntos de datos presentes en un desplegado de grupo, es determinado por el elemento seleccionado para presentar cada punto de dato.

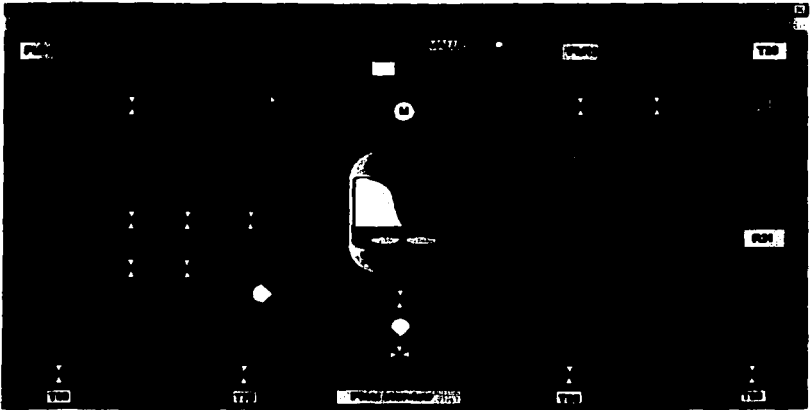
Los valores presentados en la página de grupo son valores que se obtienen del proceso, los cuales son controlados por los módulos en las Unidades de Control de Procesos. Si cualquier valor controlable (salida de control, punto de ajuste o estado lógico) requiere modificación, se puede tomar control manual desde el



teclado, los botones para el control del cursor sirven para seleccionar el elemento en la pantalla donde se desea la modificación. Después de que el elemento es identificado, se usa la selección de la estación de control para dar un incremento o decremento en la salida de control o en el valor del punto de ajuste; cuando el valor cambia, su efecto es observado simultáneamente en la pantalla.

**Página de Gráficos:** El sistema de control distribuido, tiene la opción de poder generar gráficos, esta capacidad permite tener retroalimentación esquemáticas estáticas y/o dinámicas de algún proceso, ya sea en partes o en su totalidad, además es posible manejar información adicional referente al mismo. Cada página de gráficos es diseñada de acuerdo a las necesidades de la planta y muestra valores de procesos en línea.

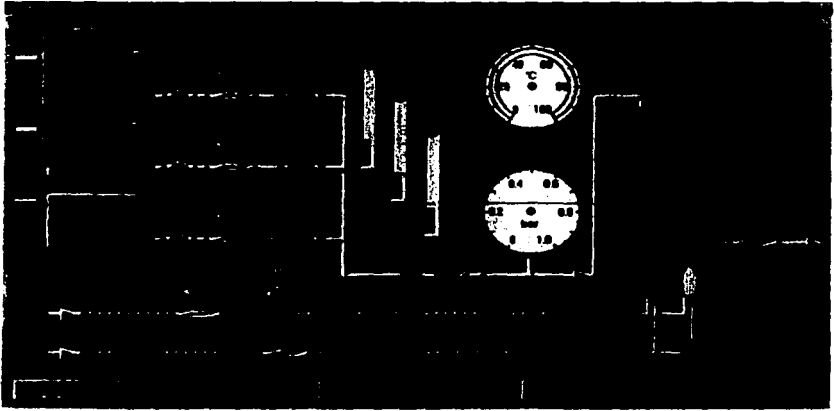
Los valores que pueden ser controlados, tienen asignados un número de control para tener acceso y poder manipularlos; cuando se selecciona un número de control, un desplegado similar a una estación de control, dependiendo de que si el elemento a controlar es un botón o una selectora, aparece en la sección inferior derecha de la pantalla del monitor. El elemento mostrado es una retroalimentación visual que muestra si un botón de control remoto es accionado o un estado lógico cambia de apagado a encendido, sí o no, etc.



*Fig. 3.2 Página de Gráficos*

### **3.2 DESPLIEGUES VISUALES.**

En la IHM se tiene toda una variedad de formatos que se pueden llamar cuando se requieran, cada despliegue está diseñado específicamente para facilitar la supervisión y control de operaciones específicas en la planta.



*Fig. 3.3 Despliegues Visuales*

### 3.2.1 CODIGO DE COLORES

Todas las figuras, letras, números, barras, etc., están trazados contra un fondo de color, especificado por el usuario en una presentación multicolor. La información específica se muestra en el mismo color del formato principal del despliegue, así algún tipo de información diferente se distingue fácilmente por su color. La distribución de los colores es seleccionada en la configuración de la IHM, se tiene



un esquema de colores standard que se puede utilizar para desarrollar los diferentes formatos, a saber:

PASO DE ESTADO	SIMBOLO DE SECCION	EJECUCION DE ACCION		
		NORMAL	PERMANENTEMENTE FUERA	PERMANENTEMENTE DENTRO
INACTIVO	FONDO	GRIS	GRIS	GRIS
	LINEAS	NEGRO	AZUL OSCURO	VERDE
	TEXTO	NEGRO	NEGRO	NEGRO
ACTIVO	FONDO	VERDE OSCURO	AZUL OSCURO	VERDE
	LINEAS	NEGRO	NEGRO	NEGRO
	TEXTO	BLANCO	BLANCO	NEGRO
DEFECTUOSO	FONDO	VERDE OSCURO	AZUL OSCURO	VERDE
	LINEAS	NEGRO	NEGRO	NEGRO
	TEXTO	ROJO	ROJO	ROJO
FUE ACTIVADO	FONDO	GRIS	GRIS	GRIS
	LINEAS	NEGRO	AZUL OSCURO	VERDE
	TEXTO	VERDE OSCURO	VERDE OSCURO	VERDE OSCURO

*Tabla 3.1 Colores usados en una página dependiendo su estado o su modo de ejecución de acción*



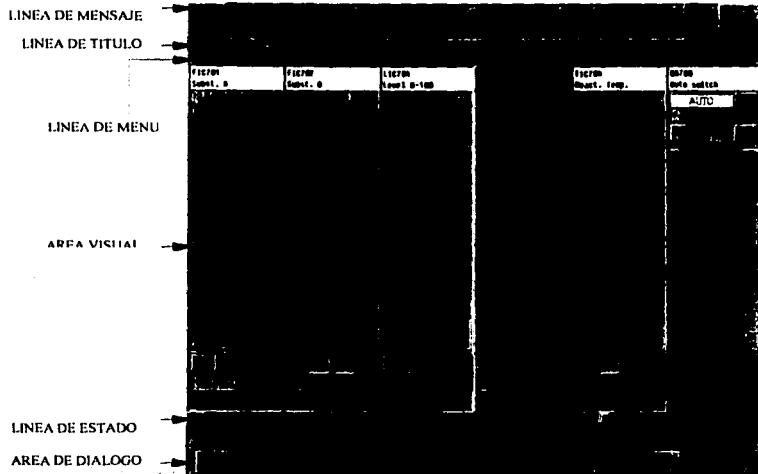
ESTADO DE TRANSICION	SIMBOLO DE SECCION	EJECUCION DEL CRITERIO DE TRANSICION		
		NORMAL	BLOQUEADO	FORZADO
NO PERMITIDO	FONDO	GRIS	GRIS	GRIS
	LINEAS	NEGRO	AZUL OSCURO	VERDE
	TEXTO	NEGRO	NEGRO	VERDE
PERMITIDO	FONDO	VERDE OSCURO	AZUL OSCURO	VERDE
	LINEAS	NEGRO	NEGRO	NEGRO
	TEXTO	BLANCO	BLANCO	NEGRO
REALIZADO	FONDO	GRIS	GRIS	GRIS
	LINEAS	NEGRO	AZUL OSCURO	NEGRO
	TEXTO	VERDE OSCURO	AZUL OSCURO	VERDE OSCURO
COMPLETADO	FONDO	GRIS	GRIS	GRIS
	LINEAS	NEGRO	AZUL OSCURO	NEGRO
	TEXTO	VERDE OSCURO	AZULURO	VERDE OSCURO

*Tabla 3.2 Colores usados en una página dependiendo su estado de transición*

### 3.2.2 ESTRUCTURA DE LA INTERFASE DE USUARIO

Aquí se describe cada una de las aplicaciones en las áreas de página; como son: la línea de mensaje, línea de título, línea de menú, el área visual, la línea de estado y el área de diálogo, que forman parte de una interfase de operador.





*Fig. 3.4 Estructura de la interface de usuario*



**Línea de mensaje:** La línea de mensaje esta siempre visible. Esta comprende cinco áreas de indicación de mensajes, un área de despliegue, un campo con el número de mensajes en la estación de operador, un botón para reconocimiento visual o si no la página de mensajes y un botón para la selección de la lista de sugerencias. La lista de mensajes no podrá ser sustituida por otro visualizador.

**Línea de título:** El nombre de la página y la longitud del texto del visualizador seleccionado son mostrados aquí.



**Línea de menú:** La línea de menú esta siempre visible. Esta ofrece la posibilidad de ejecutar las acciones, activando el menú desde una situación de operación.

**Area visual:** Esta área de pantalla aloja los visualizadores, seleccionados por el usuario.

**Línea de estado:** A la izquierda de la línea de estado esta el indicador de teclado, el símbolo pequeño  a la derecha del símbolo están los mensajes del sistema . Muestra los 10 mensajes mas recientes.

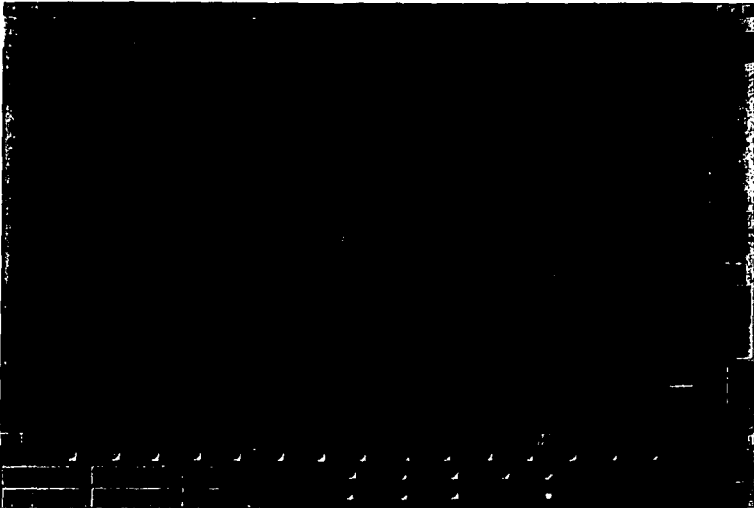
**Area de diálogo:** En esta área de pantalla se muestra el diálogo de operación o el diálogo de selección visual.

### 3.2.3 PAGINA DE AREA

Se tienen páginas de área que pueden ser llamadas para obtener la información de los grupos asignados a cada área. En un área se definen varios grupos relacionados con un proceso y no necesariamente especifica un área física de la planta; la página de cada área está dividida en grupos de información que se designan alfabéticamente de la "A" a la "O". Cada grupo de información se puede identificar por el nombre del grupo del proceso y también puede incluir TAG's dentro del grupo del proceso. Las secciones de información del grupo pueden mostrar TAG's de caracteres alfanuméricos.



Cuando un valor asociado con cualquier TAG alcanza algún punto de alarma, una columna es desplegada con el nombre del TAG y una "H" y/o una "L" identificara la codificación de alarma como alta, baja, o ambas.



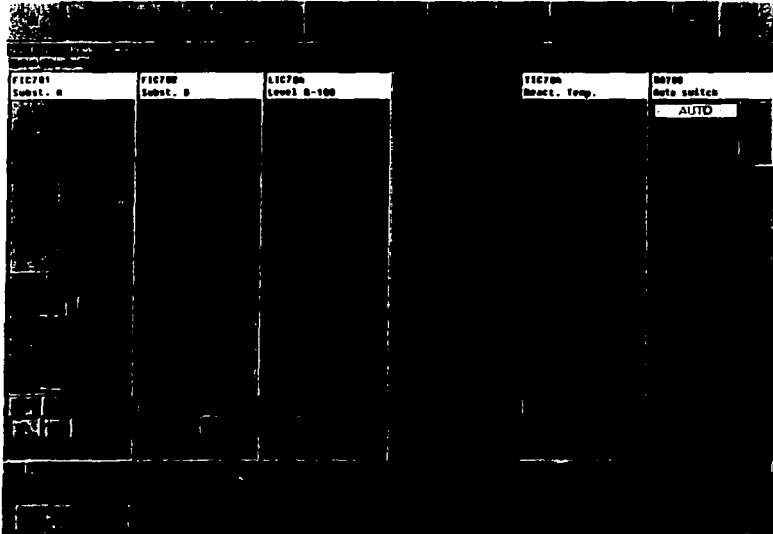
*Fig. 3.5 Página de Area*

#### **3.2.4 PAGINA DE GRUPO**

La página de grupo, representa una imagen detallada de cada lazo de control, botones de control y puntos de adquisición de datos en la planta de proceso; la presentación de los datos en el grupo pueden variar de página a página, dependiendo del tipo de elemento que se utiliza y que son configurados para cada



una. Los elementos que describen una página de grupo son: Tendencias, estación de control, y descripción de un punto.



*Fig.3.6 Página de Grupo típica*

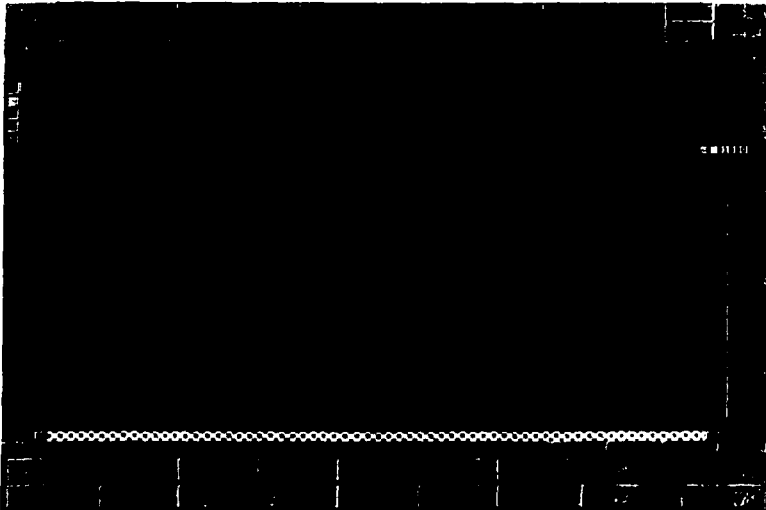
### 3.2.5 REPRESENTACION DEL ELEMENTO DE TENDENCIA (TREND)

Una tendencia es una historia gráfica del valor de un TAG durante un periodo de 26 horas, la tendencia puede ser considerada como una ventana mostrando la sección más reciente del comportamiento de una variable. El segmento de tiempo que puede ser utilizado para desplegar la gráfica es de 30 minutos, 2 horas, 8



horas o 26 horas y se selecciona durante la configuración de la IHM. Con la ayuda del teclado, se puede obtener el comportamiento que tuvo horas antes la variable, regresando la gráfica hasta un máximo de 26 horas atrás, (el método es similar al regresar el rodillo de un registrador analógico convencional y observar el comportamiento que tuvo una variable 1/2, 2, 8 ó 26 horas antes).

Si tenemos en la pantalla una gráfica de tendencias de datos con un periodo grande, se puede ampliar una sección de la cuadrícula y ver pequeños segmentos de la gráfica con gran detalle.




*Fig.3.7 Página de Tendencias*



### 3.2.6 REPRESENTACION DEL ELEMENTO ESTACION DE CONTROL.

Este elemento sirve para monitorear y tomar control de un proceso desde la sección de Estación de Control en el teclado de la consola. Las características de la Estación de Control son las siguientes:

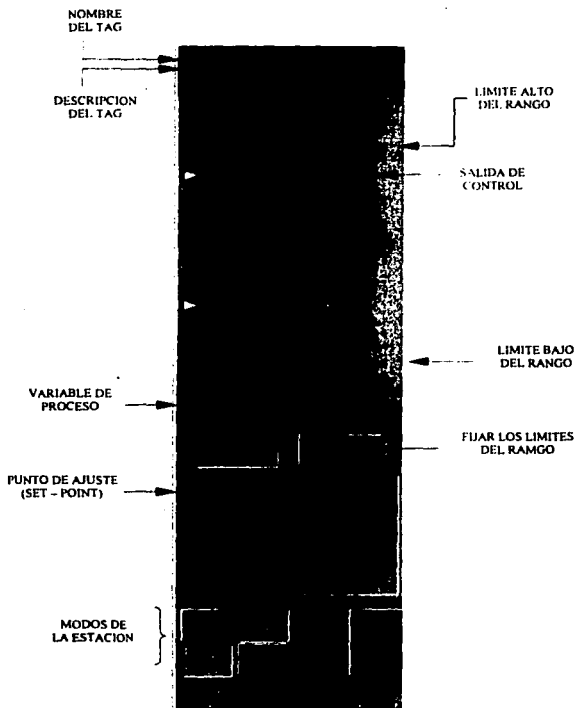
- Solo datos actuales son presentados (datos de tiempo real).
- Los valores numéricos de la variable de proceso y punto de ajuste son mostrados en una escala vertical limitada por sus valores de rango mínimo y máximo.
- La escala vertical permite obtener una representación analógica de la desviación del punto de ajuste y del proceso.
- Si se desea, los puntos de disparo mínimo y máximo.
- La indicación de baja calidad aparece con una campanita  en lugar del valor del proceso, indicando que existe un problema de comunicación entre la CPU (o modulo) y la IHM.
- Los indicadores de alarma "H" y "L" (alto y bajo) son mostrados apropiadamente en la columna de la lista de mensajes y en la página de área, dependiendo de cual alarma se haya disparado. La alarma de desviación es también mostrada.



- Todos los indicadores de alarma y notas fuera de servicio parpadean hasta ser reconocidas y permanecen fijas en la pantalla hasta que una acción correctiva sea efectuada o el proceso regrese a su condición normal.

En la parte inferior izquierda de la estación de control aparece el MODO DE LA ESTACION; dicha etiqueta identifica el modo de operación del módulo en la CPU. Normalmente, (A) aparece en este lugar indicando que el proceso es controlado automáticamente por el módulo; por otro lado, se puede tomar control del proceso desde la consola en el Modo Manual (M) para modificar la salida de control o manteniendo el modo AUTO y modificando el valor del punto de ajuste. El módulo puede ser operado también en modo (C) cascada, (I) Interno o (E) Externo.

En la parte superior, aparece el nombre del TAG con su descripción, así como también las escalas graduadas verticales, donde se muestra los límites altos y bajos del rango, el porcentaje de salida de proceso, el punto de ajuste (Set-Point) y los valores de la variable de proceso.



**Fig. 3.8 Elemento de Estación de Control**





### **3.2.7 REPRESENTACION DEL ELEMENTO DE DESCRIPCION DE UN PUNTO (SINGLE POINT DISPLAY)**

Este elemento es un formato que describe los puntos de adquisición de datos, ya sea valor analógico o la palabra descriptiva que indica que el punto es una condición de dos estados. Es utilizado sólo como monitor de un punto de la planta. En suma, es la identificación de un punto por su nombre y descripción del punto de proceso (TAG), este elemento puede tener indicación de alarma (alta y baja) y notificación de baja calidad de la señal.

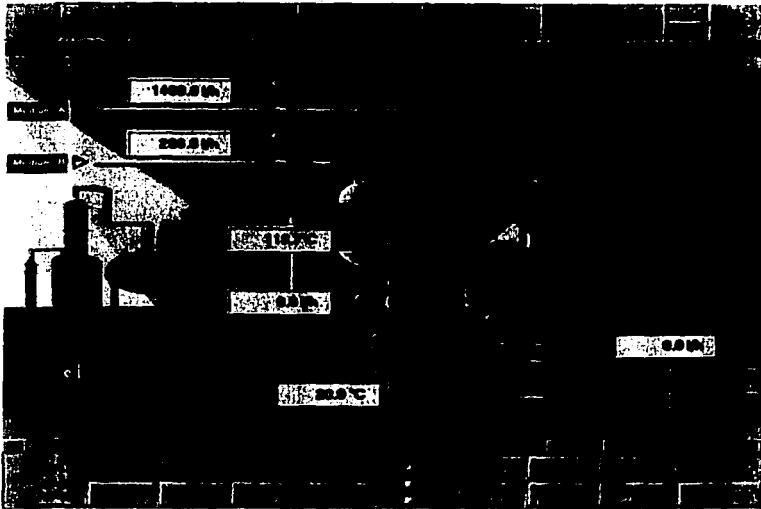
### **3.2.8 PAGINA DE GRAFICOS (GRAPHIC DISPLAY)**

La IHM está equipada con la opción de gráficos que pueden ser llamados para monitorear y controlar un proceso. Típicamente, un gráfico es la imagen representativa de un grupo de proceso. En un gráfico, se puede tener un reporte o una serie de instrucciones describiendo paso a paso los procedimientos que deben tomarse a una hora específica o bajo ciertas condiciones; así el gráfico da un formato bastante ágil de la información del proceso diseñado para satisfacer los requerimientos de la planta. Cuando un gráfico es diseñado para representar el esquema de un grupo, las características estándar deben estar dentro del mismo.



Las principales características son:

- Para una IHM Freelance 2000, una página Overview puede ser configurada, conteniendo 16 filas de 6 columnas, ofreciendo 96 selecciones de visualización. Estos visualizadores pueden ser de grupo, tendencias, gráficos, lógicos o de programador de tiempo. Los visualizadores son llamados, haciendo click izquierdo sobre el símbolo correspondiente.
- Los datos que se presentan son actuales (tiempo real).
- Los valores del proceso pueden ser mostrados como un dato digital, una barra que se contrae o expande, cambios de color, símbolos cambiando de forma o de color, tanques que se vacían o se llenan. etc.
- Los valores de proceso controlables desde la IHM son identificados por un número de control.
- Cuando un valor es seleccionado para control, un elemento de pantalla similar a una estación de control, aparece a la derecha de la pantalla para tener una retroalimentación visual.



*Fig. 3.9 Página de Gráficos típica*

### **3.2.9 SUMARIO DE ALARMAS (ALARM SUNIMARY).**

Se tiene un registro de alarmas del proceso distribuidas en páginas. Cuando se solicita el sumario, aparece la primer página del mismo, que muestra siempre las alarmas más recientes. Cada alarma en la lista está en un renglón identificado por una letra de selección que permite tener rápido acceso a la página de grupo asociada con el punto del proceso.




En la primer página del sumario, los primeros renglones son reservados para alarmas que se hayan disparado mientras la página de alarmas está en la pantalla, por lo que la alarma más reciente aparece en la ultima linea.

Las características del sumario de alarmas son:

- Las nuevas alarmas mostradas en las primeras líneas parpadean hasta que son reconocidas.
- Cada línea de información indica la hora en que se disparó la alarma, el nombre y el valor del punto del proceso, indicación del estado actual de la alarma y la descripción que tiene el punto del proceso (TAG).
- La lista se recorre automáticamente hacia abajo, indicando el número de mensajes que se encuentran desplegados en pantalla.
- La página uno es una pantalla dinámica que muestra los valores del punto del proceso y sus indicaciones de alarma actuales.
- Las alarmas que están en la página uno; van siendo excluidas conforme vayan pasando a la página número dos.
- En la línea de diálogo aparecen la prioridad de alarma y el grupo de alarmas, así como también el botón de reconocimiento de las mismas



### 3.2.10 BOTON DE RECONOCIMIENTO DE ALARMA.

La tecla ACK, es utilizada para reconocer el anuncio de que un proceso está en alarma o el sistema está en alarma. Cuando el valor de un proceso baja o excede sus puntos de disparo de alarma configurados, una alarma anuncia con una campanita  y un sonido agudo (altamente visible en la pantalla) para llamar rápidamente la atención del operador. La pantalla continúa en alarma hasta que sea reconocida oprimiendo la tecla ACK. Después de que la tecla es oprimida, la señal permanece fija en el monitor hasta que una acción correctivo sea efectuada o el valor del proceso regrese a su estado normal.

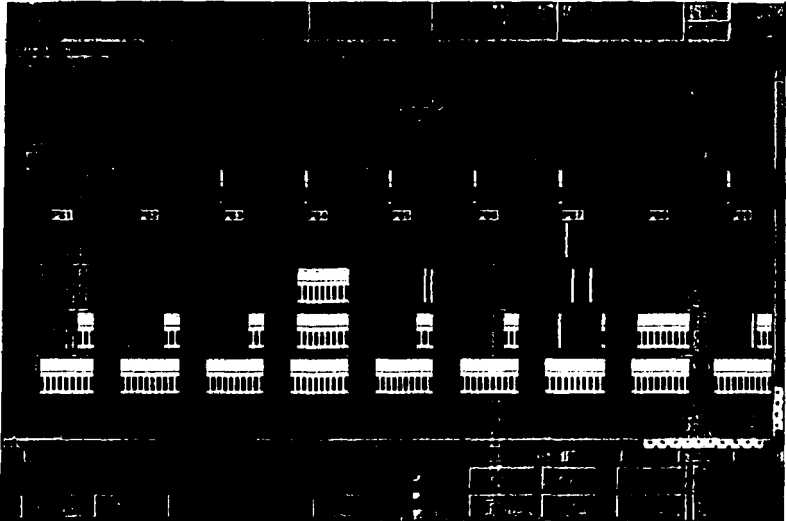


**Fig. 3.10 Sumario de Alarmas**



### 3.2.11 PAGINA DE ESTATUS DEL SISTEMA

Cuando se tienen varios nodos, se puede verificar el status de operación de todas las CPU's, estaciones de proceso, tarjetas, y unidades que estén conectadas al lazo de comunicación de planta (PCL). Cada unidad en el PCL tiene asignado un número de nodo y es anotado en el estatus del Sistema. El Status del Sistema es usado primeramente para identificar algún problema, mientras que una alarma del sistema lo anuncia con un sonido agudo. Esta página puede ser usada por el técnico de mantenimiento del sistema para aislar rápidamente la falla de algún nodo.



*Fig. 3.11 Página de Estatus del Sistema*



### **3.2.12 PAGINA DE ESTATUS DE UN NODO.**

En esta página, se muestra el status de todos los módulos dentro de cualquier unidad en el PCL, estas páginas son llamadas por medio de la consola desde una CPU en particular. Algunas de las funciones de esta página son:

- El título de la página de ejemplo, identifica una CPU, IHM, etc. como el nodo que tiene la dirección uno.
- La línea de abajo del título de la página, tiene la descripción de la unidad (CPU, IHM, etc.).

### **3.2.13 LISTA DE PUNTOS DEL PROCESO (TAG-s).**

En esta lista se encuentran todos los TAG's definidos en la IHM, la primer página es la que aparece cuando es requerida, se tienen hasta 5,000 TAG's.

Una lista típica muestra lo siguiente:

- Nombre y descripción del TAG.
- El origen del TAG, el número de NODO que tiene la CPU, módulo en que se encuentra y número del bloque de función donde está configurado.
- Tipo de TAG.



- Nombre del grupo.
- Unidad de ingeniería (Cantidad) o estado lógico que lo defina.

La información presentada en una lista de TAG'S, se usa especialmente para identificar los símbolos que indican el estado (Posición) o las unidades de ingeniería (Cantidad) de un TAG.

Para seleccionar un TAG se acude a la lista de TAG y posteriormente se elige el nombre y tipo de TAG a manipular.

### **3.3 CONSOLA DE TECLADO Y MOUSE**

Esta sección describe de una manera detallada el uso de las teclas de la consola, así como también, el uso del ratón (mouse), mencionando sus funciones, cuándo y cómo se utilizan para supervisión y control de un proceso desde la IHM.

El teclado de la consola, es un diseño de PC convencional, con el cual se puede tener control de la pantalla, control del cursor y la estación de control, están asociados con operaciones específicas, algunas de las cuales son ejecutadas en conjunción con datos alfanuméricos insertados, a través, de la sección alfabética y numérica.





### 3.3.1 OPERACION MEDIANTE TECLADO

Todas las acciones de operador pueden también ser realizadas con o sin el mouse, usando solo el teclado.

#### OPERACION DEL MENU:

Los diferentes menús pueden ser abiertos presionando **ALT + la letra subrayada** en el nombre del menú. Para una fácil selección, las teclas de funciones tienen que ser asignadas en los menús, y estos son mostrados detrás del texto del menú.

#### LISTAS DE PAGINAS:

Las páginas que están disponibles sobre la IHM, pueden ser desplegadas en listas ordenadas, desde donde ellas podrán ser seleccionadas y también llamadas. Las listas de páginas son llamadas por selección desde menús o por combinación de teclas de funciones.

<i>Lista de teclas:</i>	Lista de TAG	Ctrl + F5
	Página de Gráficos	Ctrl + F6
	Página de Grupo	Ctrl + F7
	Página de Tendencias	Ctrl + F8
	Lista de Archivos Lógicos	Ctrl + F9



Se puede mover a la línea de propiedades en la lista, usando la **tecla de flechas** o introduciendo el nombre del TAG en el campo. Este puede también ser llamado presionando **ENTER**.

#### SELECCION DE PAGINA:


Después de haber seleccionado un TAG, puede ser llamado presionando las teclas de funciones **F6 ... F9**, usando o no la lista de páginas.

#### PAGINA FALTANTE:

Si la página faltante configurada para un TAG seleccionado es preajustada en el diálogo de selección de página podrá ser llamada presionando **F11**.

#### FOCO:

En la IHM mas de una ventana se puede visualizar sobre la pantalla al mismo tiempo. Cuando una ventana esta activada, es indicado con un símbolo en la parte inferior izquierda de la línea de estado. Para cambiar entre ventanas (áreas de pantalla), se obtiene presionando la tecla **ALT + ↑ ↓**. Las áreas que pueden recibir el foco son la línea de mensajes, área visual y el área de diálogo.

Si una estación de control es visible, el foco puede estar cambiado entre el área visual y la estación de control con **ALT + ←** y **ALT + →**. En consecuencia el símbolo  Indica cual diálogo de selección de página es destinado al área visual.



### SELECCIONANDO UN TAG:

Después de la selección de las propiedades del foco un TAG puede ser seleccionado en el visualizador por diferentes métodos:

*Use la tecla **TAB** para seleccionar:*

- Una Estación de Control en una Página de Grupo.
- Un Objeto Dinámico en la Página de Gráficos.

*Use las teclas de flechas ( $\uparrow$   $\rightarrow$   $\downarrow$   $\leftarrow$ ) para seleccionar.*

- Un mensaje; en lista de mensajes.
- Acceso; desde una lista de Página.
- Tendencias; en Página de Tendencias.

*Use las teclas **1 ... 5** para seleccionar*

- Acceso; en la línea de mensajes.

El área seleccionada de un visualizador es indicada por un marco.

### ESTACION DE CONTROL:

Presionando **ENTER**; después de haber seleccionado el nombre de TAG deseado, la estación de control correspondiente aparecerá, permitiendo la función a ser operada.



### MOVIENDO UNA ESTACION DE CONTROL:

Una estación de control puede ser movida fácilmente alrededor del área visual de la pantalla. Presionando las teclas **CTRL+** ( $\uparrow \rightarrow \downarrow \leftarrow$ ), tiene el efecto de movimiento en la dirección correspondiente para un píxel cada vez, **CTRL+SHIFT** + ( $\uparrow \rightarrow \downarrow \leftarrow$ ), moverá 6 x 4 unidades cuadradas.

### CAMBIANDO DIALOGOS:

Cambiando entre el diálogo de operación y la página de diálogo de selección, puede ser archivado manualmente seleccionando cualquiera de los dos botones **OPERATION** o **DISPLAY**.



Llamadas al diálogo de operación para la operación de páginas generales.



Llamadas a la página del diálogo de selección de otros visualizadores.

### LLAMANDO EL DIALOGO DE OPERACION:

Si para que un objeto dinámico de una variable de proceso sea activado, tiene que ser configurado y es seleccionado en la página de gráficos, entonces el diálogo de operación asociado es mostrado.



En consecuencia, al manipular un valor desde una estación de control, el foco primeramente debe ser movido a la estación de control presionando **ENTER**. La tecla **TAB** es entonces usada para seleccionar un valor en la estación de control y visualizar el diálogo de operación asociada.

#### DIALOGO DE OPERACION:

Usando **TAB**, **SHIFT – TAB** o (**↑ → ↓ ←**) en un diálogo es disponible pasar, a través, de los botones en secuencia. La acción inicial esta ligada con el botón, presionando **ENTER**.

Por lo tanto, una vez que el foco del teclado esta sobre el diálogo en cuestión, solo un botón puede ser activado presionando **la letra subrayada en esta etiqueta**.

#### TECLAS DE FUNCIONES:

Algunas teclas de funciones son usadas sin necesidad de visualizador, depende de las acciones después de la instalación del software.

- F1** Llamar a la ayuda del sistema
- F12** Reconocer las alarmas de cuarto de control, alguna función como el botón **HORN**, en la línea de mensaje.



### 3.3.2 OPERACION MEDIANTE MOUSE

La operación del mouse esta basada en el estándar de Windows y hace posible la operación, a través, de una via simple de métodos intuitivos.

#### ESCOGIENDO MENUS:

La posición del puntero del mouse debe de estar sobre el menú y dar **click en el botón izquierdo del mouse.**

#### ACTIVANDO UN BOTON:

La posición del puntero del mouse debe de estar sobre el botón y dar **click en el botón izquierdo del mouse.**

#### SELECCIONANDO UN TAG:

Un TAG es seleccionado dando click en el botón izquierdo del mouse, en una de las áreas seleccionadas:

- Estación de Control; en Página de Grupo.
- Mensaje; en línea de mensaje, lista de mensaje o lista de sugerencias
- Objeto Dinámico; en Página de Gráficos.
- Visualizador de menús → usando Lista de TAG's



### ESTACION DE CONTROL:

Haciendo **double click en el botón izquierdo del mouse** en una de estas áreas para la función la estación de control es visualizada y puede ser operada.

### MOVIENDO UNA ESTACION DE CONTROL:

La estación de control puede ser movida fácilmente alrededor del área visual de la pantalla, haciendo **click en la cabecera**.

### EJECUTANDO LAS ACCIONES EN LA PAGINA DE GRAFICOS:

Dependiendo de la configuración, para la selección de un objeto gráfico dinámico se acude a la página de gráficos, una de las acciones puede ser realizada de la siguiente manera:

- Llamando una página arriba
- Manipulando una variable de proceso.
- Reconocimiento de mensajes.

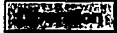
La acción configurada es iniciada por un simple **click en el botón izquierdo del mouse**.

### CAMBIANDO DIALOGOS:

Un cambio entre el diálogo de operación y el diálogo de selección de página se hace mediante **click en el botón derecho del mouse**. Ahí también se debe



presionar el botón para cambiar el diálogo en cada ventana de diálogo; esto es activando mediante **click en el botón izquierdo del mouse**.



Llamadas al diálogo de operación para la operación de páginas generales.



Llamadas a la página del diálogo de selección de otros visualizadores.

#### PAGINA FALTANTE:

La página faltante para la selección de un TAG es mostrado en el diálogo de selección de página y puede ser llamado haciendo **doble click en el botón derecho del mouse** en la estación de control.

### 3.4 SUPERVICION Y CONTROL DE UN PROCESO.

Todos los elementos de control en cada lazo de proceso dentro de la supervisión de la IHM, pueden ser monitoreados y controlados desde el teclado, mouse y la pantalla. Antes de que un operador tenga control de un elemento dentro del proceso; se asocia con la página de grupo o de gráficos que desea operar, siendo éstos llamados al monitor.





En general, los datos de un lazo de proceso son presentados dentro de un elemento de pantalla del tipo estación de control; si una tendencia es requerida, los datos del lazo de proceso son mostrados dentro de un elemento de tendencias. Los puntos de adquisición de datos son mostrados, a través, del elemento de descripción de punto, ya sea analógico o Booleano.

#### ● **Control de un proceso.**

Después de que se ha tenido acceso al control de algún proceso de acuerdo con la información dada, la salida de control, punto de ajuste (SET-POINT) y cuando es aplicable el índice de relación (RATIO), puede ser modificado, a través, del bloque de la estación de control en el teclado de la consola. Cuando se tiene el control, el modo de la estación y el modo como está operando la CPU a nivel de módulos.

#### ● **Modo de control.**

Cada módulo puede ser operado en el Modo de Control Local, en el cual el proceso es controlado por un bloque configurado dentro del módulo, o puede ser operado en el Modo de Control por Computadora, en el cual el proceso es controlado por una computadora a través de su interfaz. Antes de que cualquier parámetro pueda ser modificado desde el teclado, la estación debe de estar en el modo de control LOCAL, de esta manera el módulo alterna el modo de control.



Una estación puede ser transferida a control por computadora, sólo después de que se establece que el status de la misma está correcto.

• **Modo de la estación.**

Después de que el control de un proceso es obtenido y el modo de control es puesto en local, el modo de la estación de control del módulo puede ser seleccionada desde el BLOQUE DE LA ESTACION DE CONTROL en el teclado. El modo de la estación establece cómo será la señal de salida de control al elemento final en el campo o a otro módulo. Estos modos son MANUAL, AUTO, INTERNO, EXTERNO, CASCADA y RELACION.

- a) MODO MANUAL: Cuando se está en el MODO MANUAL, la salida de control puede ser aumentada o disminuida, a través, de la tecla **OUT** en el bloque de la estación de control; o, puede ser situado en un valor específico con la sección numérica del teclado.
  
- b) MODO AUTOMATICO: Cuando se tiene el MODO AUTOMATICO, la salida de control puede ser modificada indirectamente por el punto de ajuste (set-point). El valor del punto de ajuste puede ser modificado con la tecla **SP** en el bloque de la estación de control, o puede ser situado en un valor específico con la sección numérica del teclado.



- c) **MODO CASCADA:** Cuando entra el MODO CASCADA, no se requiere control del operador.
  
- d) **MODO DE RELACION (RATIO):** Cuando el MODO DE RELACION es introducido, la salida del control es un múltiplo del valor del punto de ajuste (set-point).

El factor de multiplicación es definido como el **INDICE DE RELACION**, el cual puede ser modificado con la tecla **SP** o se puede poner en un valor específico con la sección numérica del teclado.

### **3.5 SUPERVISION DE LOS DATOS DE UNA TENDENCIA.**

Cuando un TAG es configurado para que aparezca una tendencia en la pantalla; cada minuto se almacena una muestra del valor del TAG durante un periodo de 26 hrs. la gráfica de la tendencia en la pantalla, puede mostrar el periodo completo de 26 hrs. o segmentos de tiempo más pequeños en intervalos de 8 hrs., 2 hrs., 15 min. con gran detalle. Cuando una página de grupo es llamada para que aparezca en la pantalla, el intervalo de tiempo de la tendencia que aparece en la página, es seleccionado durante la configuración de la IHM. Sin embargo, la tendencia puede ser activada, a través, de las teclas de control del cursor y el intervalo de tiempo puede ser ampliado para tener una visión total de la historia de un punto de



proceso, o puede ser reducido para obtener gran detalle de una pequeña sección de la gráfica.

Aunque las gráficas de la tendencia normalmente muestran los datos más recientes, cuando se utilizan intervalos de tiempo menores al máximo de 26 hrs.; el intervalo puede ser "regresado" (en tiempo) para tener la representación en detalle de cualquier segmento durante el periodo de 26 hrs.

◆ **Método para activar una tendencia en la pantalla.**


Para activar la tendencia de cualquier punto de proceso configurado, se ejecuta lo siguiente:


- Llamar la página de grupo asociada con los datos de la tendencia para que aparezca en la pantalla.
- Para activar la tendencia se presiona las teclas **CTRL + F8**

◆ **Método para seleccionar el intervalo de tiempo de una tendencia.**

El intervalo de tiempo dentro de una tendencia puede ser incrementado desde un máximo de 26 hrs. a un mínimo de 30 minutos.



Para incrementar el intervalo de tiempo de la tendencia, presionar la tecla que contiene la flecha  en el área de dialogo.





Para decrementar el intervalo de tiempo de la tendencia, presionar la tecla que contiene la flecha  en el área de dialogo.

◆ **Método para modificar el intervalo de tiempo.**

Cuando se tiene seleccionado un intervalo de tiempo de 30 min., de 2 ó de 8 hrs., la sección cuadrículada que tiene el intervalo de tiempo, se puede considerar como una ventana que puede ser recorrida a lo largo de las 26 hrs. que se tienen disponibles "enrollando" o "desenrollando" la gráfica; la ventana de la tendencia, se puede mover como sigue:

1. Para regresar la base de tiempo, presione la tecla que contiene flecha hacia la izquierda, en la sección de control del cursor.
2. Si desea regresar la cuadrícula aún más en el tiempo, presione nuevamente la tecla del punto uno.



3. Para recorrer la base de tiempo de la pantalla hacia adelante (ir hacia la hora más reciente), presione la tecla que contiene la flecha hacia la derecha , en la sección de control del cursor, entonces la pantalla recorrerá hacia adelante la mitad del tiempo que indique la cuadrícula. Y si se requiere recorrer la base de tiempo hacia la izquierda 
  
4. Para aumentar la escala en los ejes tanto en  $x$  como en  $y$ , se emplean las teclas: , respectivamente. Para disminuir la escala en los ejes  $x$  y  $y$ , se utilizan las teclas: 



## **CAPITULO IV CONTENIDO DEL PROYECTO**

Las señalizaciones de las mediciones actualmente se encuentran distribuidas en diferentes puntos geográficos de la Planta Petroquímica Tula, y con la puesta en marcha de este proyecto se pretende concentrar las mediciones en los puntos estratégicos donde se requiere la información.

Se tendrán tiempos de respuesta para el manejo de datos de operación en tiempo real. En la actualidad el personal manual operativo realiza las anotaciones de las mediciones en un horario determinado, pero no se tiene la exactitud en tiempo real del consumo de estas señales.

Petroquímica Tula tiene la necesidad de modernizar sus equipos implementando sistemas de instrumentación, para obtener mayor seguridad en la operación del proceso, mejorando el monitoreo del mismo, a través, de la implementación de tecnología segura y de vanguardia que permita el incremento de la productividad y el beneficio económico.

Con el Sistema de Control Distribuido (SCD), se permitirá la comunicación bidireccional con la instrumentación de campo, equipos y periféricos por medio de protocolos abiertos, con el fin de evitar la dependencia de un solo fabricante o protocolo de comunicación.



La arquitectura del Sistema de Control Distribuido, deberá tener la característica de poder distribuir geográfica y funcionalmente todos los componentes de manera que satisfaga las estrategias de control y los requerimientos de seguridad de los procesos de planta, además de permitir su expansión a futuro para su conversión a un control avanzado y/o experto, con funciones de conectividad en sistemas empresariales.

La topología del sistema requerido debe permitir como mínimo; el procesamiento autónomo desde la adquisición de datos, manejo de servicios de red con descarga de aplicaciones desde cualquier punto de la misma y velocidad de comunicación fast ethernet.

En lo referente a la seguridad del SCD se requiere que éste sea diseñado considerando entre otros redundancia uno a uno en todos los grupos funcionales y dispositivos de adquisición y control, autodiagnóstico continuo y automático a nivel de componente y periféricos, alarmas, software de aplicación en español, etc.

#### **4.1 INTRODUCCION DEL PROYECTO**

Con el propósito de aplicar los conocimientos enfocados en variables de proceso, dentro de Petroquímica Tula S.A. C.V., con la finalidad de lograr una máxima eficiencia y estabilidad para la optimización de los procesos, así como vida del equipo, es necesario adoptar nuevas tecnologías para lograr una completa





automatización implementando un sistema de control distribuido, que reditué en mejor producción, ahorro de mantenimiento y evitar la contaminación del medio ambiente.

## **OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO**

Modernizar y optimizar la operación de la planta de acrilonitrilo mediante la implementación de un sistema computarizado que reduzca los consumos de materia prima, energía, así como las actividades de mantenimiento de las instalaciones en Petroquímica Tula, con la finalidad de monitorear las variables y la facturación en forma confiable de los productos, subproductos, servicios, consumo de energía eléctrica y otros insumos.

## **ALCANCE**

Adquirir e instalar un Sistema de Control Distribuido, cambiando la instrumentación neumática de campo por electrónica, lo que permitirá un adecuado control de las variables básicas del proceso.

## **PRIMERA ETAPA**

- En esta primera etapa, se realiza un análisis de todas y cada una de las circunstancias que involucran al proyecto, donde la tecnología y hasta el lugar de ubicación es revisado por el mercado, así como el suministro de



bienes y servicios, las leyes, las disposiciones oficiales y el costo. El realizar este proyecto implica la presencia de todos los atributos de la Ingeniería, es decir, hay que reunir datos para luego elaborar cuestionarios que posteriormente nos llevaran a un estudio que dará soluciones prácticas, reales y realizables.

- Al realizar un análisis económico, para evaluar alternativas que verifiquen la rentabilidad que ofrece el proyecto de inversión, necesitamos tomar siempre en cuenta el costo de capital del nuevo equipo, comparado a valores constantes contra el ahorro de los insumos antes de optar por el camino de la tecnología.
- Al analizar el mercado obtenemos una herramienta que presenta datos de acuerdo a una política de valores y volúmenes, que indican si el proyecto se encuentra dentro del crecimiento tecnológico esperado y si debe proseguir o no. El costo aproximado para el estudio del mercado es alrededor del 3.5% del valor total del proyecto.
- En esta etapa se describen las bases científicas y tecnológicas que hacen posible la calidad del proceso. Al aplicar un nuevo diseño de control digital, se requerirá una explicación del proceso tecnológico (técnico), en el cual se basa la idea del proyecto, explicando las especificaciones físicas y químicas de los equipos.
- En la industria se tiene un grupo de personas con niveles jerárquicos (comité de obra), que determinan la realización del proyecto.



## **SEGUNDA ETAPA**

- La empresa determina al supervisor responsable de la obra, quien llevará una bitácora para determinar el avance de los trabajos.
- Se nombrara al responsable de la obra quien tendrá la obligación de verificar que se efectúen los trabajos de acuerdo a lo programado.
- La empresa deberá entregar los instrumentos, equipos y accesorios al departamento de recepción y almacenaje.
- Los supervisores verificaran que la instalación del cableado se lleve a cabo con la normatividad de seguridad de la empresa y las especificaciones técnicas del material.
- La compañía realizara la instalación de los dispositivos en campo bajo la supervisión de los responsables, de acuerdo a la normatividad de la empresa.
- La empresa realizara las pruebas de configuración de software en el departamento de instrumentos, para que posteriormente se integren las señalizaciones de campo con el software y hardware.
- La calibración de los dispositivos se realizaran por equipos para luego integrarlos al sistema.
- Al realizar las pruebas correspondientes con el sistema completo, los supervisores verificaran los resultados.



- Para la puesta en marcha del sistema se generará un permiso de trabajo donde el ingeniero de proceso evaluará y autorizará el funcionamiento del sistema.

La capacitación se realizará de la siguiente manera:

- Se dará capacitación al personal, en el manejo de configuración, calibración, operación y mantenimiento de todos los componentes que integran el Sistema de Control Distribuido (SCD).

Para la implementación del Sistema de Control Distribuido (SCD), se contemplan las siguientes actividades generales a desarrollar:

- Sistema de Control Distribuido
- Instrumentación de Campo
- Servicios de Ingeniería
- Instalación incluyendo obra electromecánica

➤ *Sistema de Control Distribuido*

El SCD sugerido es un sistema FREELANCE 2000, con tecnología de punta y conectividad total para ser integrado a sistemas de manejo de información que en la actualidad son usados para la toma de decisiones de los altos niveles en las



organizaciones modernas. Aquí se propone desde el hardware y el software asociado incluyendo procesadores redundantes, tarjetas I/O, fuentes de alimentación, gabinetes, estaciones de Operación / Configuración, impresoras, consola, unidad ininterrumpible de suministro eléctrico, etc.

➤ *Instrumentación de campo*

La instrumentación de campo consiste en transmisores inteligentes para variables como presión manométrica, presión diferencial, medición de flujo, medición de nivel, temperatura, posicionadores electroneumáticos, solenoides y configuradores portátiles para los transmisores inteligentes.

➤ *Servicios de Ingeniería*

Aquí se contempla desde la administración del proyecto, configuración de la base de datos, gráficos dinámicos, reportes, pruebas en fábrica y en sitio, instalación de todo el sistema, instrumentación y equipo complementario, comisionamiento, puesta en operación y entrenamiento del personal, así como toda la documentación del proyecto.



### ➤ *Instalación*

En este concepto se incluye toda la obra electromecánica, civil, desmontaje y montaje de la instrumentación, calibración, así como todos los materiales de interconexión de la totalidad del equipo involucrado.

## **4.2 DESCRIPCION GENERAL DE LA OBRA**

Los trabajos de proyecto incluyen la ingeniería, procura, suministro, instalación, pruebas y puesta en marcha de los equipos propuestos para el proyecto de la modernización de la instrumentación neumática a electrónica en la planta de Acrilonitrilo de la Petroquímica Tula S.A de C.V.

Consiste en su primera etapa de la implementación de un Sistema de Control y Adquisición de Datos, para el procesamiento, almacenamiento y despliegue de información; para lo cual es necesario también el cambio de la instrumentación neumática de campo existente por instrumentación electrónica digital y de tecnología de punta, y así obtener un mayor control en tiempo real de las condiciones operativas y de seguridad de la planta.



### **4.3 INGENIERIA Y PROCURA**

Dentro del alcance propuesto se incluyen las actividades de ingeniería necesarias para especificar, instalar y procurar todos los suministros y trabajos necesarios para la modernización de la instrumentación neumática a electrónica.

Las actividades de ingeniería contempladas son las siguientes.

- Ingeniería Básica
- Ingeniería de Detalle.

Para este trabajo se desarrollaran todas aquellas actividades necesarias para elaborar los documentos de ingeniería, considerando la simbología y las normas aplicables a cada documento.

En la elaboración de dicha ingeniería se deberá emplear sistemas de diseño y dibujos asistidos por computadora.

La información que contendrá cada dibujo o documento será la que aplica a cada caso según la especialidad, la cual incluirá con la información necesaria y suficiente en cantidad y calidad de tal manera de no omitir la información necesaria para la ejecución de la obra.



#### **4.3.1 INGENIERIA BASICA**

Como parte del alcance propuesto se incluyen las siguientes actividades correspondientes a la ingeniería básica:

- Realizar levantamiento en campo de la planta de Acrilonitrilo, con el fin de que se recopile la información requerida para el proyecto en sus diferentes especialidades.
- Revisión y actualización de todos los documentos y archivos de los diagramas / planos ( AS BUILT) que proporcionará Petroquímica Tula S.A. de C.V.

#### **4.3.2 INGENIERIA DE DETALLE**

En este proyecto se elaboraran todos aquellos documentos, planos, especificaciones, requerimientos y otros que permitan realizar la procura e instalación de los instrumentos. Requeridos para el proyecto.

Toda la ingeniería de detalle será elaborada a través de un sistema de base de datos que permita facilitar cualquier modificación futura.

En la ingeniería de detalle se considera la elaboración de los siguientes documentos:





- **Diagramas de instrumentación o de lazo.-** En estos diagramas se indicara claramente la interconexión de todos los componentes de cada lazo: el proceso, el elemento primario, el transmisor, el controlador, el elemento final y elementos incluidos en el lazo, como son registros, alarmas, indicadores y otros.
- **Típicos de instalación y lista de materiales.-** En dicha información se marcará el arreglo y los detalles de instalación para cada uno de los instrumentos a ser montados, se mostrará el montaje del instrumento y su conexión a proceso, además de que también se indicará el servicio, el número de identificación del instrumento, así como la lista de materiales requeridos para instalar los instrumentos.
- **Plano de localización de instrumentos y ruta de señales.-** En estos planos se mostrará la ubicación de los instrumentos instalados, las rutas de señales desde el sitio de montaje de los instrumentos hasta el cuarto de control.
- **Índice de instrumentos.-** El índice de instrumentos incluirá la información de toda la instrumentación de la planta, siendo como mínimo lo siguiente:
  - Número del proyecto, descripción de la obra, localización, planos de referencia y datos del instrumento como son: Número de identificación, servicio, tipo y rango, marca y modelo, localización en proceso, diagrama de tubería e instrumentación, número de línea o equipo, hoja de especificaciones, número de requisición, isométrico de tubería, típico de instalación, diagrama de lazo y observaciones.



- **Hoja de especificaciones de instrumentos.-** En estos documentos se indicará claramente las condiciones del proceso bajo las cuales opera el instrumento, así como la información técnica completa que describa al equipo, incluyendo tanto partes integrantes y materiales de componentes y accesorios funcionales, de instalación y de montaje necesarios para un funcionamiento adecuado. (se indicará el nombre del Fabricante y el modelo).
- **Base de datos de Entradas / salidas.-** En la base de datos se incluirá la información de los siguientes atributos: servicio, tipo de señal, rangos, unidades de ingeniería, límites de alarmas, valor normal, etc.
- **Diagramas de alambrado Punto a punto.-** En estos diagramas se mostrará el alambrado punto a punto y la interconexión de todo el equipo con las señales de instrumentos de forma tal, que sean entendibles para la verificación, seguimiento, prueba y mantenimiento de la señal. Se marcarán claramente todas las cajas de conexión intermedias con sus terminales debidamente identificadas. Los diagramas se realizarán tomando como base las normas de los diagramas de lazo estandarizados por la ISA.
- **Diagramas lógicos de control o de escalera.-** Estos diagramas incluirán la representación de la programación en escalera de los sistemas, la cual incluye la lógica para el cálculo y otros dispositivos eléctricos.
- **Planos de arreglo de equipo en cuarto de control.-** Se realizarán dichos planos en base a un plano arquitectónico del cuarto de control, indicando localización y acotaciones, describiendo adicionalmente las acometidas eléctricas al cuarto de control.



#### **4.4 INSTRUMENTACION DE CAMPO.**

El proyecto incluirá el suministro, instalación, calibración y puesta en operación de todos los instrumentos (totalmente nuevos, describiendo explícitamente marca, modelo, catálogo de referencia de fabricantes, etc.), los cuales deberán cumplir con las especificaciones de Petroquímica Tula S.A. de C.V., normas y estándares internacionales para el uso o condiciones de trabajo con las que deben de operar dichos equipos, avaluados por los certificados de calidad expedidos por los fabricantes.

Todos los instrumentos son seleccionados a prueba de intemperie y a prueba de explosión en clase NEMA 4X para áreas clasificadas: clase I, Division1, Grupos C y D.

#### **4.5 DESCRIPCION DEL SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO PROPUESTO**

##### **4.5.1 DESCRIPCION FUNCIONAL**

El objetivo de este tema es describir las características de la interface hombre/máquina (IHM) bajo el concepto de FREELANCE 2000 con que cuenta ABB México S.A. de C.V.



FREELANCE 2000 trabaja bajo ambiente Windows NT en una computadora personal. El uso de gráficos de proceso dinámicos, le permite al operador monitorear y controlar todos los lazos de control analógicos y dispositivos digitales que se encuentren conectados a la red a través de las unidades de control.

El sistema provee al ingeniero de una interfase a través de la cual se desarrolla configuración, cambios de desplegados gráficos, base de datos, funciones de control de proceso y secuencias, así como características de seguridad incluyendo diferentes niveles de acceso. La mayoría de los cambios son tomados por el sistema en forma inmediata, en línea y de manera global, sin la necesidad de interrumpir el proceso para realizar compilación.

También provee al personal de mantenimiento la capacidad de monitorear globalmente el status de operación de cualquier componente del sistema que se encuentre en la red, así como diagnosticar las fallas de cualquier componente desde cualquier estación de trabajo.

#### **4.5.2 DESCRIPCION GENERAL**

##### **Interfase Hombre/Máquina**

El diseño de las pantallas de la interfase hombre/máquina de FREELANCE 2000 cumple con las siguientes características en el diseño y despliegado de pantallas:



- Menús, ventanas e iconos tipo windows.
- Representación esquemática de equipo a través de diagramas DTI o imágenes de bitmaps.
- Representación de tuberías de acuerdo a código de colores de tuberías.
- Selección del tipo de letra de los textos y datos presentados en pantalla.
- Densidad de la información presentada en cada pantalla de acuerdo a las necesidades del proceso.
- Selección estratégica de zonas para desplegar información de Eventos y Alarmas, que permiten al usuario identificar las áreas de conflicto.
- Manejo consistente de colores y frecuencias de parpadeo para señalar estados, alarmas, fallas, etc.
- Selección de zonas fijas para desplegar información dinámica no relevante, como por ejemplo: la hora y la fecha.
- Uso de teclado, mouse y *touchscreen*.
- Forma lógica de navegación en el sistema.
- Manejo de cuatro ventanas simultáneas por espacio de trabajo (pantallas) y seis espacios de trabajo.
- Despliegado de Eventos y Alarmas en dos modalidades diferentes: Grupos y Secuencias
- Configuración de pantallas de vistas generales de proceso con iconos representativos que permiten al usuario acceder a cualquier sección de su proceso.



- El software cuenta con un menú *pull down* general que conserva las últimas ocho páginas accedidas.
- Navegación desde la pantalla principal seleccionando el icono correspondiente del Menú de Iconos.
- Navegación desde cualquier pantalla seleccionando en una barra o menú la pantalla que se desea acceder.
- Navegación desde cualquier pantalla seleccionando los símbolos de enlaces de pantallas.
- Soporta de uno a cuatro monitores por estación de operación.
- Provee tecnología *Web Browser* que permite la integración de otras ventanas de aplicaciones dentro de una ventana de interface con el usuario.
- Soporta la integración de Internet, e-mail y video.

### **Pantalla Principal.**

Esta será una pantalla de ingreso al sistema, y desde ella será posible navegar hacia cualquier otra pantalla o activar cualquiera de las funciones del sistema.

El Menú Principal será el menú más poderoso, a través de él será posible acceder cualquier función o pantalla del sistema. Por su parte, el Menú de iconos permitirá un acceso rápido a las pantallas de energías, a través de las cuales es posible la operación y monitoreo de cada energía, así como un acceso rápido a funciones



generales de uso más frecuente, tales como el despliegue de alarmas, de históricos y la generación de tendencias.

### **Históricos**

El SCD integra completamente el servidor de historia a la arquitectura cliente/servidor. El servidor de historia es el responsable de la colección de datos para tendencias, eventos y archivos, almacenando en línea y archivando la colección de datos.

La colección de datos para historia es manejada a través de tablas generadas en SQL. El tamaño y cantidad de información a almacenar en cada tabla es configurable de acuerdo a las necesidades del cliente, ya sea definiendo un intervalo de muestreo o por excepción.

La función de historia podrá ser deshabilitada en cualquier momento de manera general (todas las señales) o en forma particular (señal por señal). El tiempo de depuración de historia es configurable.

### **Tendencias**

Cuenta con dos tipos de tendencias, Históricas y de Tiempo Real, las cuales pueden mostrar de manera simultánea hasta ocho trazos, permitiendo visualizar diferentes variables en una misma gráfica.



Las tendencias cuentan con las siguientes características:

En configuración:

- Establecer y modificar el tiempo de muestreo
- Establecer y modificar el rango de observación de la variable
- Establecer y modificar el periodo de graficación
- Establecer tipo de tendencia, Histórica o de Tiempo Real
- Activar o desactivar la visualización de una o más señales.

En línea:

- Establecer y modificar el rango de observación de la variable
- Establecer y modificar el periodo de graficación
- Establecer tipo de tendencia, Histórica o de Tiempo Real
- Activar o desactivar la visualización de una o más señales.
- Zoom IN/OUT

## **Eventos y Alarmas**

Proporciona un sistema de manejo de Eventos y Alarmas. Cuenta con el manejo de disparo de señales binarias (digitales) y analógicas. Todas las Alarmas y los Eventos pueden ser almacenados de manera histórica y ser vistos desde sus





respectivos desplegados en tiempo real. En adición a la identificación de los puntos de eventos, los eventos tienen atributos configurables para el filtrado de eventos y análisis posterior.

Las Alarmas y Eventos pueden ser visualizados de tres maneras:

***Barras de Eventos:***

Presenta dos tipos de barras de eventos para visualizar alarmas. La barra de secuencia que puede ser configurada para visualizar los seis eventos más recientes o los seis eventos más viejos y la barra de grupo que puede ser configurada para mostrar el status de hasta 20 grupos de eventos.

***Páginas de Eventos:***

Soporta la configuración múltiple de páginas de status e historia de Eventos y Alarmas. Cada página es configurada para un grupo específico de eventos, los cuales son controlados bajo un criterio de filtrado, permitiendo al usuario sólo visualizar la información de los eventos y alarmas que estén a su cargo.

Las páginas pueden desplegar la siguiente información:



<b>Campo</b>	<b>Descripción</b>
Reconocimiento	El evento presentará un círculo con una cruz, lo que indicará que el evento puede ser reconocido
Prioridad	Número de eventos y color de acuerdo a los niveles de alarma.
Estado Actual de Alarma	Indica que una alarma esta asociada con el evento
Tipo de Evento	Despliega el tipo de evento que esté generando alarma (por proceso, sistema, dispositivo de I/O, diagnóstico, acciones del operador, reconocimiento de eventos o eventos relacionados con mantenimiento)
Area	Nombre del área a la que se encuentra asociado al evento/alarma
Unidad	Nombre de la unidad a la que se encuentra asociado al evento/alarma
Equipo	Nombre del equipo a la que se encuentra asociado al evento/alarma
Tiempo de Evento	Fecha y hora en la que se generó el evento
Calidad del punto de evento	Indicador de la calidad del punto de evento (Bad, no value)
Generador (Sender)	Nombre del tag que genera el evento/alarma
Descripción	Texto de descripción del tag que genera el evento/alarma



Status	Estado en el que se encuentra el tag que genera el evento/alarma
Limite violado	Muestra el límite violado que genera el evento/alarma
Unidades	Muestra las unidades de ingeniería
Valor Actual	Muestra el valor actual que tiene el tag al momento del evento/alarma
Calidad del valor actual	Indicador de la calidad del valor actual del tag que genera el evento/alarma
Comentario del evento	Comentario del evento configurado para el punto de evento
Bandera Dual	Indica si es un evento sencillo o doble
Bandera activa	Indica que la alarma esta en estado activo
Satatus de reconocimiento	Muestra si la alarma ha sido reconocida o no
Status de inhibición	Muestra cuando el evento está inhibido o no
Badera de reconocimiento permitido	Muestra cuando la alarma tiene acceso a ser reconocida o no
ID de operador	Nombre o Identificador del operador que inicio el evento o servidor en el que se inicio el evento
Tiempo de generación del evento	Tiempo en el que se generó el evento en el servidor RTDS ( <i>Real Time Data Server</i> )
Tiempo de actividad del evento	Tiempo que duró el evento activo en el controlador



Tiempo de inactividad del evento	Tiempo en el que el evento fue inactivado y regreso a su estado normal en el controlador
----------------------------------	--

Las alarmas son configurables para que cuando se activen generen un sonido o tono dependiendo de la prioridad de alarma, mientras que un evento no genera ningún sonido o tono. Las alarmas pueden ser asociadas a archivos WAV.

### ***Impresión de Eventos:***

Los Eventos son impresos conforme se van generando. Cada impresora de eventos es asignada a un grupo en específico.

### **Guías de Operación.**

Aquí se configuraran pantallas, que incluyan textos estáticos, que describe en forma de lista los pasos y permisos necesarios para realizar el arranque y el paro de equipos o sistemas relevantes. Mediante un menú en el que operador podrá seleccionar la guía correspondiente. Abriendo solamente una guía asociada a la vez.

### **Reportes.**

La información puede ser accesada a través de las diferentes interfaces por ejemplo: tendencias, Eventos históricos, y archivos de reportes históricos). El SCD



tiene dos formas de generar reportes: automáticamente, por disparo o manualmente.

#### ◆ Reportes de Proceso.

El sistema contará con los siguientes reportes para apoyar el análisis inmediato y posterior del proceso.

- Reportes de alarmas
- Reportes de Eventos
- Reportes de Históricos
- Reportes de Tendencias.

#### ◆ Reportes de Configuración.

El sistema contará con reportes que documenten la configuración del sistema. Los reportes a generar serán:

- Reporte de señales y variables del sistema
- Reporte lista de alarmas del sistema
- Reporte señales para historización del sistema
- Reporte grupos de tendencia del sistema
- Reporte definición de eventos del sistema



- Reporte de usuarios y niveles del sistema
- Reporte de módulos funcionales del sistema

### **Niveles de Usuario**

La seguridad de acceso esta basado directamente en el sistema de seguridad estándar de Windows NT. Por ejemplo, cuando el usuario accesa a su estación de trabajo de Windows NT, entrará al sistema con los privilegios que estén asociados con el nombre de usuario y clave de acceso. Soporta derechos de acceso selectivos. A cada usuario sólo se le permite acceder o desarrollar solamente aquellas funciones específicas que tenga a su cargo.

El sistema contará con los siguientes niveles de usuario:

<b>Grupo</b>	<b>Usuario</b>
Huésped	Visualiza el Sistema
Operación	Operador del proceso
Mantenimiento	Mantenimiento de planta
Supervisor	Ingeniería de Planta
Administrador	Administrador del sistema



Los privilegios asociados a cada uno de los niveles o grupos de usuarios serán los siguientes:

**Huésped:** Este nivel o grupo de usuario HUESPED tiene únicamente privilegios de visualización, y será asignado al personal que solicite tener acceso al sistema con la finalidad de visualizar pantallas de proceso, listas de alarmas, curvas de tendencias e Históricos. Este usuario no podrá operar el sistema bajo ningún otro alcance. Si se considera conveniente, la visualización también estará limitada a ciertos datos.

**Operación:** El nivel o grupo de usuarios OPERACION se otorgará a los operadores del área . Los privilegios de operación más representativos para este grupo serán los siguientes:

- Visualizar pantallas de proceso con todos sus datos
- Visualizar alarmas, tendencias e históricos
- Generar reportes preestablecidos
- Operar equipo:
  - Paro y arranque de bombas y motores
  - Apertura y cierre de válvulas
- Reconocer alarmas



**Mantenimiento:** El nivel o grupo **MANTENIMIENTO** se otorgará al personal de mantenimiento. Este nivel o grupo tendrá los privilegios del grupo de **OPERACION**, además de los siguientes:

- Cambio de unidades de Ingeniería
- Cambio de rangos y definición de alarmas
- Cambio de setpoints
- Sintonización de lazos
- Diagnóstico del sistema

**Supervisor:** Este nivel o grupo de usuario se otorgará a los ingenieros de planta. A la persona que se le otorgue este nivel o grupo deberá conocer detalladamente el sistema; tanto en su software y hardware, como en su estructura conceptual.

El grupo **SUPERVISOR** tendrá los privilegios del grupo de **MANTENIMIENTO** y además los siguientes:

- Alta y baja de señales de entrada y salida
- Configuración:
  - Pantallas
  - Reportes
  - Lógicas de control
  - Secuencias





- Hardware y Software
- Mantenimiento a programas
- Actualización de software

**Administrador:** Control total del sistema. El administrador tendrá además de todos los niveles, acceso a los privilegios de Administrador de "Windows NT Server".

El diseño de la interfase Hombre / máquina no cambiará para los diferentes grupos de usuarios. Únicamente las funciones no permitidas no podrán ser accedidas por el usuario en turno.

#### **Control de acceso y Operación.**

Debido a la importancia que con lleva la operación del sistema, existirá el control del acceso mediante un nombre de usuario y una clave de acceso, y llevará un registro automático de los usuarios que ingresan y salen del sistema con la fecha y la hora del evento.



## **Respaldo de Datos**

EL SCD mediante SQL cuenta con un plan de mantenimiento configurable, que permite depurar y hacer respaldos de la base de datos del sistema en forma automática.

Todos los datos que maneje el sistema como son: registros históricos, listas de alarmas y de eventos, los totalizados de los consumos del proceso, los cálculos de distribución de cargas, la configuración y en general la base de datos del sistema podrá almacenarse una vez por mes para generar un respaldo mensual.

El usuario definirá el día y la hora de cada mes en que se realizará el corte. Se comprimirá y se almacenará la información. En el Disco duro existirá el respaldo mensual del último mes.

Para consultar información de respaldos mensuales anteriores, el sistema tendrá una función de consulta de respaldos desde el manejador de SQL.



### **4.5.3 ALCANCE DE SUMINISTRO Y DE INSTALACION**

#### **Arquitectura**

Los equipos que integran el sistema estarán arreglados de acuerdo a la arquitectura mostrada en la fig. 4.1 "Arquitectura del Sistema". El sistema cuenta con una estación maestra o server, donde estará alojada la base de datos de todo el sistema así como el software para configuración, una estación de operación ( server redundante) que tendrá las funciones de monitoreo y operación en modo redundante con la estación maestra, por lo que en caso de falla de una de estas estaciones la complementaria realizará las funciones de la que esté en falla. Adicionalmente se incluyen 2 estaciones para historias, una tipo cliente y otra cliente redundante.

# Arquitectura del Sistema DCS

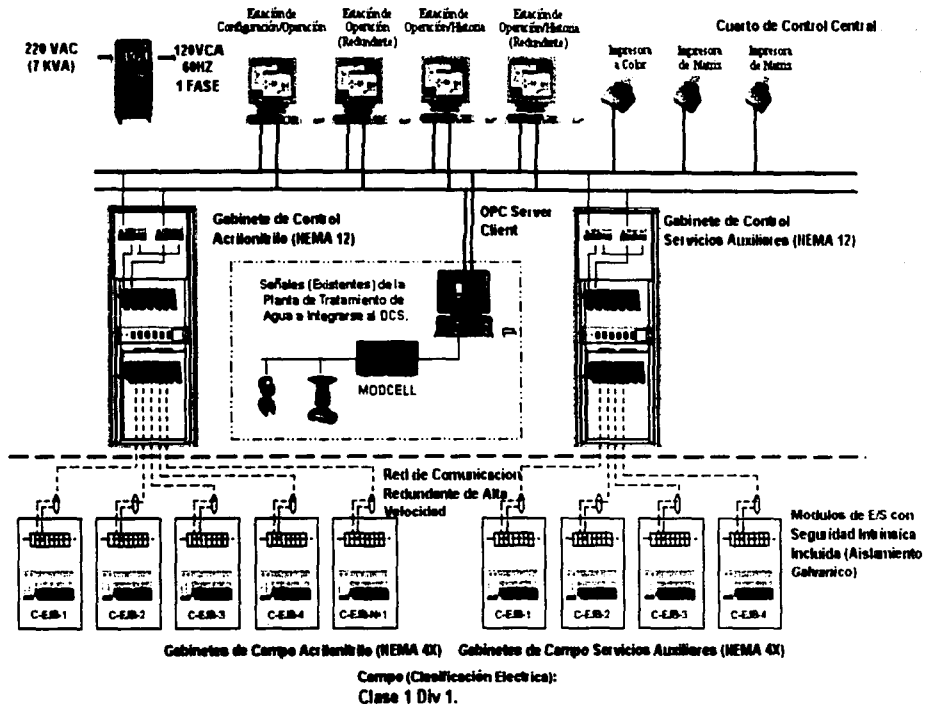


Fig. 4. 1 Arquitectura del Sistema de Control Distribuido





### **Estación Maestra /Servidor de Base de Datos-Configuración Y Estación Maestra / Redundante**

Dos estaciones con software para operación y una de ellas adicionalmente para configuración, Procesador Pentium III a 800 Mhz, con memoria RAM de 1 GB, un disco duro de 10 GB, CD-ROM de lectura/escritura, unidad de diskette 3.5, dos tarjetas Ethernet, un puerto paralelo, dos puertos seriales, modem de 56 KB. Además se incluye: un (1) monitor (21") a color de alta resolución (1,280 x 1,024 pixeles) un teclado tipo Qwerty y la interfase a sistemas abiertos a través de *TCP/IP*.

El software de configuración del sistema, cuenta con herramientas ("FDT/DM") para la Configuración de dispositivos HART, PROFIBUS o Foundation Fieldbus desde la misma estación.

### **Estaciones de operación con Historia**

Dos estaciones *cliente con Historia( una de ellas es cliente con historia redundante)*, Procesador Pentium III a 800 Mhz, con memoria RAM de 1 GB, dos (2) discos duros de 10 GB, Procesador Redundante, CD-ROM de lectura/escritura, unidad de diskette 3.5, dos tarjetas Ethernet, un puerto paralelo, dos puertos seriales, modem de 56 KB. Además se incluye: un (1) monitor (21") a color de alta resolución (1,280 x 1,024 pixeles) un teclado tipo Qwerty y la interfase a sistemas abiertos a través de *TCP/IP*.



Las funciones mínimas que desarrollaran las Estaciones de Operación / Configuración son las siguientes:

- Proporcionar una interfaz con el usuario cuya función será mantener una interacción amigable y gráfica con el sistema
- Administración de datos
- Realizar el monitoreo y control del sistema e infraestructura con el usuario, por medio de gráficos dinámicos
- Manejo, visualización e impresión de reportes, alarmas, eventos, registros históricos y gráficos del sistema
- Visualización del sistema en tiempo real
- Permitir ejecutar acciones de control y comandos para instrumentación convencional e inteligente (Foundation Fieldbus o Profibus)
- Interactuar con las demás estaciones de operación para realizar una distribución de trabajo
- Permitir al usuario la configuración total del sistema en línea
- Permitir al usuario la programación de todo el sistema.
- Capacidad de almacenamiento de archivos de datos históricos e información diversa del sistema
- Almacenamiento de los paquetes de software del sistema
- Administración total de la red y de la base de datos
- Administración de otros elementos que se integren a la red
- Manejo de los dispositivos periféricos adicionales para el almacenamiento de datos



Se incluye Adicionalmente el siguiente software para cumplir con los requerimientos de operación y seguridad del sistema:

Software para password en el software de configuración. Mediante este software se podrán disponer de diferentes claves de acceso para el personal de operación, mantenimiento e Ingeniería.

### **Subsistema de Control**

Se suministrará un Subsistema de control, con Fuentes y módulos de Comunicación Redundantes, empleando módulos para acondicionamiento de señales E/S con seguridad intrínseca, accesorios de montaje, módulos para integrar el sistema a la red externa TCP/IP e Interfase de comunicación vía Ethernet con las estaciones.

### **Interfase de Comunicación con Transmisores Inteligentes**

El Procesador cuenta con todos los elementos, materiales y programación para la comunicación con instrumentación inteligente utilizando el protocolo HART, Profibus o Foundation Fieldbus a través del Software de Configuración se puede realizar esta Configuración de dispositivos inteligentes.



## **Sistema de E/S con Seguridad Intrínseca**

El sistema de E/S propuesto está diseñado para operar en áreas peligrosas ( Zona 1 y 2 ) ya que estos equipos además de funcionar como módulos acondicionadores de señales E/S, poseen la característica de tener aislamiento galvánico lo cual le permite ser localizados en gabinetes locales sin necesidad de requerir gabinetes a prueba de explosión o requerimientos especiales como son los sistemas de presurizado etc.

Estos equipos son integrados en un rack de montaje de fácil acceso el cual incluye un bloque de conexiones para conectar los cables del proceso en forma directa .

Otra característica importante es que estos módulos son comunicados con el controlador vía Bus redundante de alta velocidad de comunicación (12 Mb).

La sustitución de estos equipos puede efectuarse en línea (Hot Repair) directamente en campo sin que esto ponga en riesgo la seguridad y operación de la planta.

Los módulos digitales de E/S tienen LEDs de indicación que muestran el status de cada canal.

Las funciones de diagnóstico son ejecutadas para todos los módulos de E/S tanto al arranque como en Operación normal. Cualquier falla detectada es indicada por





un LED en los bloques E/S y un mensaje de error es reportado a las estaciones de Operación.

Todos los módulos son del tipo estado sólido y cuentan con circuitos optoacoplados para protección de señales fuera de rango.

El sistema propuesto es suministrado con 20% de módulos de entrada/salida adicionales (reserva) y con 20 % en espacios disponibles en el rack (slots), para ampliaciones futuras. Se deberán suministrar la cantidad de módulos y racks de montaje necesarios para efectuar la conexión punto a punto.

Algunas de las características de los módulos son las siguientes :

**Módulo para entrada analógica:**

Corriente de entrada	4 - 20 mA.
Suministro al transmisor	> 15 V ( 20 ma)
Impedancia de entrada	240 ohm
No. de entradas	4 por módulo
Detección de corto circuito	< 5V
Detección de línea abierta	< 2 ma
Clasificación eléctrica	EEx ia II C

**Módulos de salida analógica :**

Corriente de salida	0/4 - 20 mA.
Resistencia de carga	700 ohm ( 20 ma)
No. de salidas	4 por módulo
Detección de corto circuito	< 30 ohm ( I > 2 ma )
Detección de línea abierta	> 1 KOhm
Clasificación eléctrica	EEx ia II C

**Módulo de entrada digital /salidas digitales:**

Voltaje de entrada ( no load)	8 Vdc.
Corriente de corto circuito a la entrada	3 ma ... 4 ma
No. de entradas	8 por módulo
Detección de corto circuito a la entrada	< 367 Ohm
Detección de línea abierta a la entrada	< 0.2 ma
Voltaje de salida ( no load)	< 8 Vdc.
Corriente efectiva	< 4 ma
Resistencia Interna	320 Ohm
Detección de corto circuito a la salida	< 1KOhm
Detección de línea abierta a la salida	< 0.2 ma



## **Gabinetes**

Se suministrarán gabinetes del tipo Autosoportado NEMA 12, para el cuarto de control fabricado en acero al carbón calibre 14, puerta de acceso frontal con cerradura, con acabado en pintura epóxica, incluye canaletas para cableado, barras y terminales de tierra y los accesorios necesarios.

Para campo se suministrarán gabinetes del tipo Nema 4x con todos los accesorios requeridos para cumplir con la seguridad intrínseca requerida.

## **Consola para las Estaciones de Operación e impresoras**

Las estaciones de Operación e impresoras se alojara en un gabinete tipo consola para operador sentado diseño de tipo modular, ergonómico, moderno y funcional; fabricado en lámina de acero al carbón calibre 14, clasificación NEMA 12, terminada con pintura electrostática en poliéster. Incluye en forma integral el equipo correspondiente, áreas para interconexión de equipo, distribución del suministro eléctrico y áreas de trabajo. Todo el cableado de interconexión esta oculto. El acceso para mantenimiento y montaje del equipo es por la parte frontal. Incluye los siguientes accesorios: porta planos , canaletas para cableado, rieles y toma corriente.



## **Instrumentación**

La instrumentación de campo se describe en las acciones a ejecutar.

## **Bus**

El sistema maneja los siguientes buses de campo:

- Profibus DP
- CAN
- Fielbus Foundation
- MODBUS

El sistema utiliza la red de comunicación ETHERNET con protocolo TCP/IP para enlazar los nodos controladores y las estaciones de operación/configuración. La red se implementa con LAN switches. El SCD ofrece la posibilidad de monitorear remotamente vía red o modem, a través de herramientas tales como Pcan anywhere o BCN.

## **Software**

El software maneja una sola base de datos, en donde todas las señales del sistema, ya sean para controlar o monitorear están ligadas a un sólo nombre o



TAG, evitando el manejo de direcciones físicas. Para el buen manejo de dicha base de datos el sistema cuenta con el administrador de base de datos SQL SERVER.

El software es fácilmente configurable y modificable, su diseño es totalmente orientado a objetos mediante el concepto de "Aspects Views" y permite funciones "on-line" para observar el detalle de la lógica de control y para detectar fallas a nivel de software.

La lógica de control se programara mediante la norma IEC 61131-3 permitiendo programar en los siguientes lenguajes:

- Bloque Funcionales
- Lista de instrucciones
- Carta de función secuencial
- Diagrama de escalera

### **UPS (Uninterruptible Power Suminister)**

Dentro de este proyecto deben considerarse los Sistemas Ininterrumpibles de Energía, UPS; que permitirán respaldar al sistema en caso de falla eléctrica, la cual tendrá una capacidad de 7 KVA, tecnología PWM, tipo de operación en línea de doble conversión, tensión de salida 120 VCA, 60 Hz., eficiencia global 90%, interruptor estático de transferencia, tiempo de transferencia 30 seg., capacidad



de sobrecarga <150% indefinidamente, transformador en la línea de bypass, banco de baterías Níquel Cadmio, tiempo de respaldo de 30 min. a plena carga.

## **Servicios**

Mediante la realización de los trabajos de proyecto se proporcionarán los servicios necesarios para la correcta terminación del proyecto que garanticen el cumplimiento de los mismos:

- Administración del proyecto
- Ingeniería de proyecto
- Configuración del sistema.
- Pruebas de aceptación en fábrica.
- Supervisión de Instalación del sistema
- Pruebas de aceptación en sitio.
- Comisionamiento y sintonización.
- Puesta en servicio.
- Capacitación
- Documentación

Parte fundamental en el seguimiento de los trabajos, es elaborar un programa detallado de todas las actividades del proyecto así mismo se considerará los responsables de área necesarios para garantizar el cumplimiento del mismo.



## **Ingeniería de Proyecto**

En esta fase se deberá generar la ingeniería necesaria para realizar las actividades de Configuración del Sistema, la cual incluye como mínimo:

- Revisión de la descripción general de proceso.
- Revisión de DTI'S.
- Revisión de lógicos de control.
- Diseño de gráficos dinámicos
- Diseño de reportes, balances y sumarios
- Diseño de áreas
- Diseño de reportes.
- Diagramas de alambrado.
- Arreglo de gabinete y consola.
- Configuración

La Configuración cubrirá los siguientes conceptos

- Configuración de la red de control
- Configuración de área
- Configuración de gráficos
- Configuración de reportes



➤ **Con relación a la Base de Datos**

Se configurarán los diferentes puntos especificados, tales como indicadores de status, banderas, puntos numéricos, alarmas, etc. La base de datos también incluirá la información de atributos tales como: rango, unidades de ingeniería, límites de alarmas, características de linearización, valores normales, etc.

➤ **Con relación a los Gráficos dinámicos.**

Se configurarán los diferentes gráficos dinámicos que constituyen las interfases hombre-máquina, a través de los cuales se representará el estado del proceso, proporcionando mecanismos de comunicación con el mismo. Se consideraran la elaboración de 10 gráficos dinámicos y 15 Reportes de formato libre como máximo para el total del proyecto.

**Los gráficos y reportes incluyen lo necesario para realizar las siguientes funciones:**

- **Supervisión del estado operativo de las diferentes áreas de la planta**
- **Funciones de diagnóstico/configuración**





## **Pruebas de Aceptación en Sitio**

Después de la instalación y antes de la puesta en marcha y arranque. Se realizara una prueba del sistema. Esta prueba se ejecutara con las provisiones necesarias para realizarla sin equipo de simulación. Se conectarán las señales de campo para esta prueba, y las señales originadas dentro del mismo, o sus equipos de soporte. La finalidad de esta prueba es verificar que el sistema no haya sido dañado durante el transporte y la instalación y que el cableado está físicamente conectado y funcional.

Se checara la instalación del sistema así como la supervisión de las actividades de arranque para demostrar su concordancia con los requerimientos especificados.

## **Arranque y puesta en marcha**

- **Supervisión en la Instalación**

En general, la supervisión de la instalación e integración del Sistema, consistirá en lo siguiente:



- a) Supervisión de la descarga del equipo en el sitio de instalación.
  - b) Supervisión del desembalaje y ubicación de los equipos en su lugar final.
  - c) Supervisión de la conexión a tierra del gabinete del sistema.
  - d) Supervisión de la Interconexión interna de gabinetes.
  - e) Supervisión de la instalación de equipos y accesorios externos que serán conectados al Sistema.
  - f) Reparación del Sistema en caso de falla.
- 
- **Supervisión de la Puesta en Marcha y Arranque**

En esta etapa se suministrarán los servicios de supervisión para la puesta en marcha y arranque del sistema, de acuerdo a un protocolo, incluyendo:

#### **Puesta en Marcha**

- a) Verificación de voltajes de alimentación, sistema de tierras, condiciones ambientales y energizado de todos los componentes del sistema.
- b) Supervisión de pruebas de continuidad de cableado de señales de E/S y redes de comunicación.
- c) Supervisión de calibración y validación de entradas y salidas.
- d) Verificación de enlaces de comunicación entre la estaciones y Subsistemas Controladores.



### **Arranque**

Al concluir la puesta en marcha y durante las actividades de arranque de la planta, se proporcionarán los servicios de un ingeniero, quien auxiliará, en lo referente al sistema de control y equipos asociados suministrados, en el proceso de inicialización y puesta a punto de las estrategias de control implementadas; los ingenieros especialistas proporcionarán soporte en las siguientes actividades:

- a) Supervisión de la verificación de estrategias de control.
- b) Supervisión de puesta en operación y sintonía de estrategias de control complejas.
- c) Supervisión de la verificación y ajuste fino de las estrategias de control lógico o secuencial (Ajuste de temporizadores, retrasos, etc.).
- d) Prueba de operación de IHM.
- e) Prueba de reportes.

### **Capacitación**

En toda industria, cuando se integra nueva tecnología en sus instalaciones se deben impartir cursos de capacitación a su personal debidamente documentados.

Instructores con experiencia impartirán los cursos de Configuración, Mantenimiento y Operación, los cuales proporcionarán el equipo, material y herramienta necesaria.



La finalidad de impartir estos cursos, es el proporcionar los elementos necesarios que permitan que el personal operativo, técnico y de ingeniería obtenga las habilidades y conocimientos necesarios respecto al SCD y pueda realizar la Operación, Configuración y mantenimiento del mismo.

**Curso de Configuración.-** Este curso permite que el personal adquiera las habilidades y conocimientos requeridos para que aplique los procedimientos y los utilice en la Configuración total del sistema.

**Curso de Operación.-** Este curso permite al personal familiarizarse con el ambiente del sistema para que manipule, interprete y controle variables utilizando la interfase con el operador.

**Curso de mantenimiento.-** Proporciona al personal, la capacidad y habilidad de reconocer los diferentes tipos de fallas de hardware y software, que se pueden tener en el sistema, utilizando los diferentes niveles de autodiagnóstico y los procedimientos de mantenimiento.

## **Documentación**

Toda la documentación que se entregará reflejará la forma de "como quedó construido el sistema", esta información es entregada, después de poner en Operación dicho sistema.

Se entregará la siguiente documentación:



### Documentación del equipo:

- Lista general de materiales y equipo.
- Lista de refacciones necesarias para garantizar la continuidad de operación del equipo.
- Certificados de garantía de los equipos.
- Certificado de materiales de construcción de gabinetes.

### Diagramas y planos:

- Arreglo general y distribución de equipos en el cuarto de instrumentación y de control.
- Alimentación y distribución eléctrica de equipos.
- Diagramas de circuitos para módulos de E/S.
- Lista de clemas de interconexión.

### Manuales:

- Manual de operación del sistema.
- Manual de mantenimiento del sistema.
- Manual de configuración del sistema.
- Manuales de equipos específicos: computadora, impresora, UPS, etc.



## 4.6 DESCRIPCION DE LAS ACCIONES A EJECUTAR

En la fase de construcción e instalación se deberán contemplar todas las actividades de montaje, desmontaje, reubicación e instalación de los instrumentos, prefabricación de arreglo de tuberías, accesorios, instalaciones eléctricas, telecomunicaciones, equipos y accesorios para el SCD; considerando tanto los que se instalarán en campo como los que estarán en cuarto de control.

A continuación se describen los procedimientos que preliminarmente serán necesarios:

- Elaboración de los programas de instalación.
- Programa de inspección y seguimiento en campo .
- Elaboración y cumplimiento de protocolo de liberación de equipos y accesorios, de todos y cada uno de los componentes del SCD, antes de su envío a campo.
- Construcción de soporteria para instrumentos.
- Instalación de soporteria para instrumentos.
- Instalación de accesorios para colocación de instrumentos.
- Instalación de tubería conduit para alimentación de energía eléctrica a los instrumentos, cajas de interconexión, interruptores, fusibles, etc.
- Instalación de tubería conduit para señalización eléctrica de los instrumentos.



- Instalación del cableado para alimentación de energía eléctrica a los instrumentos.
- Instalación del cableado para señalización de los instrumentos de medición.
- Instalación de transmisores.
- Instalación de convertidores de señal y controladores.
- Instalación de componentes de red de comunicaciones.

#### **4.6.1 ESPECIFICACIONES PARTICULARES DE INSTALACION**

Para el proyecto de la Planta de Acrilonitrilo, se proponen las siguientes actividades a realizar:

- Calibración e instalación de transmisores de nivel electrónico, tipo desplazador "módulo electrónico".
- Calibración e instalación de transmisor electrónico tipo celda de presión y presión diferencial
- Calibración e instalación de posicionador electroneumático en válvulas de control en diferentes medidas.
- Pruebas de lazo de indicación de control o de alarma de campo al SCD.
- Manejo e instalación de gabinetes de conexión del SCD, en cuarto de control.
- Suministro e instalación de cable multiconductor, conductor eléctrico de baja tensión, conductores de cobre suave, electrolíticamente puros, con



aislamiento individual de PVC, con código de colores para identificación, con pantalla electrostática de aluminio (MYLAR) y cable de dren, cubierta protectora de PVC para operar a una temperatura de 105°C, de 36 pares calibre 18 AWG para señal analógica.

- Suministro e instalación de cable multiconductor, conductor eléctrico de baja tensión, conductores de cobre suave, electrolíticamente puros, con aislamiento individual de PVC, con código de colores para identificación, con pantalla electrostática de aluminio (MYLAR) y cable de dren, cubierta protectora de PVC para operar a una temperatura de 105°C de 20 triadas calibre 18 AWG, para señal de RTD.
- Suministro e instalación de cable de cobre monopolar 600 V, 90°C, THWN, calibre 14 AWG.
- Suministro e instalación de cable multiconductor, conductor eléctrico de baja tensión, conductores de cobre suave, electrolíticamente puros, con aislamiento individual de PVC, con código de colores para identificación, con pantalla electrostática de aluminio (MYLAR) y cable de dren, cubierta protectora de PVC para operar a una temperatura de 105°C de 12 pares calibre 18 AWG, para señal digital de 24 VCD.
- Suministro e instalación de caja de interconexión de paso para señales analógicas, de temperatura (RTD's y termopares), de 16" ancho x 16" longitud x 6" profundidad.
- Suministro e instalación de cable multiconductor, conductor eléctrico de baja tensión, conductores de cobre suave, electrolíticamente puros, con aislamiento individual de PVC, con código de colores para identificación, con





pantalla electrostática de aluminio (MYLAR) y cable de dren, cubierta protectora de PVC para operar a una temperatura de 105°C de 1 par, calibre 18 AWG, para señal analógica.

- Suministro e instalación de cable multiconductor, conductor eléctrico de baja tensión, conductores de cobre suave, electrolíticamente puros, con aislamiento individual de PVC, con código de colores para identificación, con pantalla electrostática de aluminio (MYLAR) y cable de dren, cubierta protectora de PVC para operar a una temperatura de 105°C de 1 triada, calibre 18 AWG, para señal de RTD's
- Suministro e instalación de clema sencilla.
- Suministro e instalación de riel para montaje de clemas
- Suministro e instalación de tablilla para conexión de termopar tipo "K" 130 puntos.
- Suministro de terminal zapata tipo punta, calibre 18.
- Suministro de terminal zapata tipo espada, calibre 18.
- Suministro e instalación de tubería conduit galvanizada CED.40, de diferentes diámetros.
- Suministro e instalación de caja de registro para áreas peligrosas uso interperie de 2" de diámetro.
- Suministro e instalación de reducciones BUSHING de aluminio, libre de cobre.
- Suministro e instalación de contratueras.



- Suministro e instalación de contratuercas de aluminio libre de cobre de 2" diam.
- Suministro e instalación de monitor.
- Suministro e instalación de niple corto cuerda corrida de fierro galvanizado de diferentes diámetros.
- Suministro e instalación de tuerca unión macho de aluminio libre de cobre.
- Suministro e instalación de condulet para áreas peligrosas uso intemperie para sellar tubería.
- conduit de 2" y 3/4" de diámetro.
- Suministro e instalación de cople flexible para áreas peligrosas de 3/4" diam. x 24" long.
- Suministro e instalación de abrazadera galvanizada tipo "u" de diferentes diámetros con tuercas y arandelas.
- Suministro y fabricación de herrajes para soporteria, a base de ángulo o solera
- Suministro e instalación de taquete hilti de 3/8"
- Suministro e instalación de tubing de ac. inox. 316, de 1/2" 1/4" y 3/8" diam. x 0.035" esp.
- Suministro e instalación de conector recto acero inoxidable 316 de 1/2" npt x 1/2" od, parker o similar
- Suministro e instalación de conector recto de acero inoxidable 316 de 1/4" npt x 1/4" od.



- Suministro e instalación de conector unión de acero inoxidable 316 de  $\frac{1}{2}$ " od x  $\frac{1}{2}$ " od.
- Suministro e instalación de conector tipo codo de acero inoxidable 316 de  $\frac{1}{2}$ " npt x  $\frac{1}{2}$ " od.
- Suministro e instalación de conector tipo "t" de acero inoxidable 316, de  $\frac{1}{2}$ " od x  $\frac{1}{2}$ " od x  $\frac{1}{2}$ " od.
- Suministro e instalación de conector tipo campana de acero inoxidable 316, de  $\frac{1}{2}$ " npt x  $\frac{1}{2}$ " od
- Suministro e instalación de conector recto de acero inoxidable 316, de  $\frac{1}{4}$ " npt x  $\frac{3}{8}$ " od.
- Suministro e instalación tubería de acero al carbón, ced. 80, de  $\frac{1}{2}$ " diam.
- Suministro e instalación de brida de acero al carbón de  $\frac{1}{2}$ " diam.
- Suministro e instalación de espárrago con cuerda corrida, de acero aleado con dos tuercas hexagonales de acero de  $\frac{1}{2}$ " diam. x 2  $\frac{1}{2}$ ".
- Suministro e instalación de empaque de acero flexitallic para brida de  $\frac{1}{2}$ " diam.
- Suministro e instalación de tubing de cobre  $\frac{1}{4}$ " diam.
- Suministro e instalación de conector unión de bronce de  $\frac{1}{4}$ " npt x  $\frac{1}{4}$ " od
- Suministro e instalación de brida de acero al carbón de  $\frac{1}{2}$ " diam.
- Suministro e instalación de brida de acero inoxidable  $\frac{1}{2}$ " diam.
- Suministro e instalación de espárrago con cuerda corrida, de acero aleado con dos tuercas hexagonales de acero de  $\frac{1}{2}$ " diam. x 3  $\frac{1}{2}$ ".



- Suministro e instalación de espárragos de acero inoxidable de 1/2" diam. x 2 1/2",
- Suministro e instalación de empaque garlock de diferentes diámetros de 1/8" de espesor. para bridas.
- Suministro e instalación de válvula de compuerta de acero al carbón de 1/2" diam.
- Suministro e instalación de tee de acero al carbón de 1/2" diam.
- Suministro e instalación de tee de acero inoxidable de 1/2" diam.
- Suministro e instalación de válvula de compuerta de acero inoxidable 316 bridada, de 1/2" diam.

Debido a que Petroquímica Tula, trabaja con una gran cantidad de equipos de tipo neumático, se propone desmontar e instalar los siguientes instrumentos:

- **Desmontar** transmisores de presión (PT), así como controladores / indicadores de presión (PIC) de tipo neumático, actualmente funcionando y montados en campo.
- **Instalar** transmisor indicador de presión manométrica tipo inteligente basado en microprocesador, con indicador local de cristal líquido. Señal de salida protocolizada FSK y sobrepuesta a la señal analógica de 4-20 mA, para operación en áreas peligrosas Clase I, División 1, Grupo D.



- **Desmontar** transmisores de presión diferencial (PDT) de tipo neumático; actualmente funcionando y montados en campo.
- **Instalar** transmisor indicador de presión diferencial inteligente basado en microprocesador, con indicador local de cristal líquido. Señal de salida protocolizada FSK y sobrepuesta a la señal analógica de 4-20 mA, para operación en áreas peligrosas Clase I, División 1, Grupo D.
- **Desmontar** transmisores de flujo (FT), tipo integrador neumático con transmisor de celda D/P; actualmente funcionando y montados en campo.
- **Instalar** transmisores indicadores de presión diferencial para medición de flujo tipo inteligente basado en microprocesador, con indicador local de cristal líquido. Señal de salida protocolizada FSK y sobrepuesta a la señal analógica de 4-20 mA, para operación en áreas peligrosas Clase I, División 1, Grupo D.
- **Desmontar** transmisores de nivel (LT), tipo celda de presión diferencial tipo neumático; actualmente funcionando y montados en campo.
- **Instalar** transmisores indicadores de presión diferencial para medición de nivel tipo inteligentes basados en microprocesador, con indicador local de cristal líquido. Señal de salida protocolizada FSK y sobrepuesta a la señal analógica de 4-20 mA, para operación en áreas peligrosas Clase I, División 1, Grupo D.
- **Desmontar** transmisores de nivel (LT), tipo celda neumática; actualmente funcionando y montados en campo.



- **Sustituir** cabezas de transmisores de nivel neumático por cabezas de transmisores de nivel electrónico digital tipo inteligente basado en microprocesador para ser instalados en medidores de nivel tipo desplazador, con indicador local de cristal líquido, señal de salida digital de 4-20 mA, para operación en áreas peligrosas Clase I, División 1, Grupo D.
- **Desmontar** transmisor de temperatura (TT), tipo neumático; actualmente funcionando y montado en campo.
- **Instalar** transmisor indicador de temperatura tipo inteligente basado en microprocesador, con indicador local de cristal líquido, señal de salida digital de 4-20 mA, y lineal con la temperatura, para operación en áreas peligrosas Clase I, División 1, Grupo D.
- **Instalar** transmisores de temperatura programable, configurable vía Smart Vision, señal de salida 4-20 mA, de diseño compacto, totalmente encapsulado para operación en áreas peligrosas Clase 1, División 1, Grupo D. ( los transmisores serán integrados dentro de la cabeza de interconexión de los RTD's existentes).
- **Instalar** electroposicionador electroneumático, señal de entrada 4-20 mA, señal de salida 3-15 psi para ser integrado en válvulas de control existentes.
- **Instalar** válvulas solenoides de 3 vías cuerpo de latón o aluminio con seguridad intrínseca (24 VCD) para ser integradas en válvulas de control existentes.



## **CAPITULO V JUSTIFICACION TECNICA Y ECONOMICA**

Para que un proyecto industrial sea satisfactorio debe estar ampliamente justificado desde el punto de vista empresarial o social, es decir, debe existir una justificación de los beneficios sociales esperados frente a los costos de inversión y de operación del proyecto. En general para determinar si un proyecto puede o no ser factible, se evaluará dicho proyecto verificando que éste se encuentre definido totalmente con respecto a las características básicas del mismo y que estas estén debidamente fundamentadas.

Es por esta razón que el proyecto debe ser evaluado tanto técnica como económicamente, cabe aclarar que las decisiones adoptadas en los aspectos técnicos del proyecto se reflejan necesariamente en la economía.

### **5.1 EVALUACION TECNICA**

La justificación técnica de un proyecto industrial consiste en revisar que las soluciones técnicas del proyecto estén perfectamente bien definidas y sean satisfactorias, no solo en lo relativo a las características de diseño y operación del proceso y de los diversos tipos de equipos que se requirieron, sino también respecto a su accesibilidad, su vida útil y todas aquellas implicaciones con las inversiones a realizar y los costos estimados de operación.



Los puntos principales de carácter técnico que es necesario llevar a cabo como parte de la formulación de un proyecto son las siguientes.

- a) Evaluación Técnica de las materias primas.
- b) Obtención de información técnica sobre productos, procesos y patentes.
- c) Selección de proceso o sistema de producción.
- d) Confirmación o adaptación técnica del proceso.
- e) Elaboración de diagramas de flujo.
- f) Elaboración de balances de materia y energía.
- g) Diseño de los sistemas de manejo y transporte de materiales.
- h) Selección y especificación de los servicios auxiliares.
- i) Selección y especificación de máquinas y equipos
- j) Distribución de los equipos en los edificios.
- k) Planos de distribución de la planta.
- l) Estudios de la obra civil.
- m) Programación de la construcción, instalación y puesta en marcha del proyecto.



# SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO PARA LA PLANTA DE ACRILONITRILO

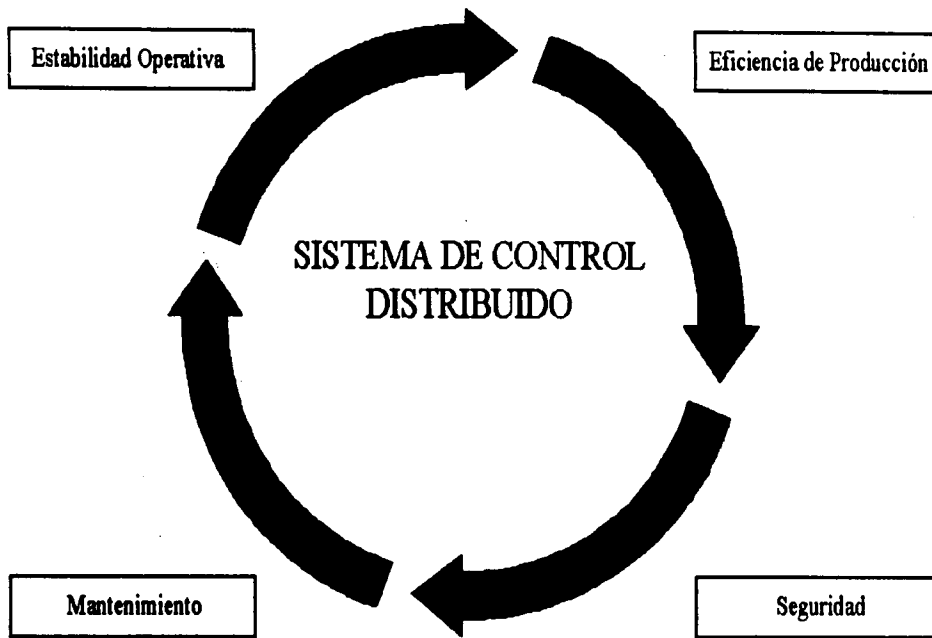


Fig. 5.1 Fases del Sistema de Control Distribuido





### **ESTABILIDAD OPERATIVA**

- Incremento de número de instrumentos operando en automático.
- Incremento en tiempo de operación de los equipos.
- Reducción en tiempo de estabilización de la planta después de una falla parcial o total.

### **EFICIENCIA DE PRODUCCION**

- Incremento en el rendimiento de toneladas de propileno por tonelada de acrilonitrilo producido.
- Control de variables con desviación estándar menor.

### **SEGURIDAD**

- Incremento de número de alarmas con mayor monitoreo de las desviaciones de parámetros de proceso.
- Reducción de tiempo para la estabilización de la planta durante las fallas parciales o totales.
- Respuesta rápida de los controles para una posible emergencia.



## **MANTENIMIENTO**

- Reducción de costos por refaccionamiento de instrumentos.
- Reducción de trabajos correctivos de instrumentos.
- Reducción de horas hombre en mantenimiento de instrumentos.

## **5.2 EVALUACION ECONOMICA**

La evaluación económica de un proyecto es necesaria para la determinación de si es justificable la inversión, en base a la recuperación de capital.

Esta evaluación se lleva a cabo después del resultado positivo de la evaluación técnica.

Para efectuar esta evaluación económica deben de considerarse los análisis de rentabilidad, así como la inversión fija del capital.

### ● **JUSTIFICACION ECONOMICA**

Para poner en marcha el proyecto, se deben de estimar los recursos necesarios tanto para su construcción / instalación (inversión inicial), como para su funcionamiento (capital de trabajo o costo de operación y mantenimiento), así como la cantidad de dinero que se prevee ingresará al operar el proyecto.



### *Elementos del estudio económico*

*Inversión fija:* Contempla los siguientes aspectos; terreno, edificio, mobiliario, vehículos.

*Inversión diferida:* Involucra; gastos de instalación, seguros y rentas, pagos por adelantado, etc.

*Capital de trabajo:* Es lo referente a materias primas, cajas y bancos proveedores, etc.

La suma de la inversión fija y del capital de trabajo, representan la inversión total de recursos que se requieren para poner en marcha el proyecto.

### ● **PRESUPUESTO**

En este punto se hace la cuantificación de las operaciones futuras, teniendo como propósito mostrar los resultados de las operaciones programadas.

El objetivo de la elaboración del presupuesto es poder mostrar que la inversión que se esta realizando para la puesta en marcha del proyecto, se esta compensando con la utilidad que se va a obtener.



El financiamiento del proyecto se estima de acuerdo con los recursos propios de la empresa.

El presupuesto por mano de obra, tiene como propósito agrupar toda la mano de obra utilizada en la producción y conocer su costo. Con esto podemos mostrar que la automatización que propone el proyecto nos permitirá ahorrar tiempo – hombre y por consecuencia escatimar en pago de salarios por unidad de tiempo.

- *Estados de resultados*

Después de haber elaborado todos los presupuestos, requeridos para el proyecto, estaremos en condiciones de mostrar la situación futura en la que se encontrara la empresa de acuerdo con los que se plantea realizar.

- *Balance general*

Es el informe donde se encuentra resumida la situación económica del proyecto a una fecha determinada.

**1. ¿POR QUE ES IMPORTANTE EL PROYECTO ECONOMICAMENTE?**

Para mostrar que la inversión que se pretende realizar al establecer el proyecto, se compensa con la utilidad que se va a obtener durante el plazo considerado para el proyecto. Puesto que se utilizara tecnología de punta.



## **2. BENEFICIOS ECONOMICOS**

Este proyecto a pesar de su alto grado de eficiencia y productividad, son muchos los beneficios que podríamos esperar, puesto que esta inversión es específicamente de actualización y modernización tecnológica, logrando con ello un óptimo funcionamiento de la planta, a través, del Sistema de Control Distribuido.

## **3. TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION**

Se puede considerar un proyecto en el cual no se esta estimando recuperar la inversión empleada en el proyecto, en un corto plazo, ya que podemos decir que la inversión es de modernización y automatización en el proceso productivo, y por tanto estamos en la posibilidad de decir que el proyecto es conveniente desde el punto de vista de las utilidades o ahorros que genera en comparación con la inversión y los costos que se erogarán para su puesta en marcha y operación.



● **ESTUDIO ECONOMICO**

	DESCRIPCION	TOTAL (USD)
1	<p style="text-align: center;"><b>PLANTA DE ACRILONITRILO</b></p> <p>Sistema de Control Distribuido (SCD Mca. ABB Freelance 2000) incluye:            Unidad básica de control con Software de Aplicación,            Procesador redundante de 8 MB. 4 racks de E/S para tarjetas DDI02,            DDO02, DAI01 y DAO01, Fuentes de poder, para equipo de control y campo            3 gabinetes NEMA 12, clemas, barreras de seguridad y accesorios de            montaje.            (2) Estaciones de operación y (1) Estación de operación / Configuración            incluye:            Microprocesador PENTIUM III 800 MHz, Memoria RAM 1 GB, Disco duro 10            GB            Floppy 3 1/2" @1.44 MB, CD-ROM 32 X, Sistema Operativo Windows NT            Monitor de 21" con los siguientes Softwares de Aplicación</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- SOFTWARE MAESTRO NT SERVER</li> <li>- SOFTWARE MAESTRO CLIENTE</li> <li>- DIGIVIS</li> <li>- DIGITOOLS</li> <li>- SMART VISION</li> </ul> <p>(1) Impresora a color de inyección de tinta            (2) Impresoras del tipo matriz            (1) Consola de operación para 7 bahías</p> <p>Accesorios para red Ethernet TCP/IP            UPS Tecnología PWM (Pulse Wide Modulation) de 7 KVA            Incluye baterías de Níquel Cadmio (Ni-Cd) para respaldo de 30 minutos a            plena carga, transformador de acoplamiento y By Pass manual. Mca.            GUTTOR</p>	557,000.00



2	<b>INSTRUMENTACION DE CAMPO INCLUYE</b>	<b>543,000.00</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- (1) Transmisor de temperatura con indicador local</li> <li>- (81) Transmisores de temperatura programables a prueba de explosión</li> <li>- (31) Transmisores de presión manométrica</li> <li>- (3) Transmisores de presión diferencial</li> <li>- (51) Transmisores de presión diferencial para medición de flujo</li> <li>- (34) Transmisores de presión diferencial para medición de nivel</li> <li>- (28) Cabezas de transmisores para sustitución de transmisores neumáticos</li> <li>- (80) Posicionadores electroneumáticos a prueba de explosión</li> <li>- (80) Solenoides a prueba de explosión para apertura de válvulas de control</li> <li>- (2) Configuradores portátiles de transmisores inteligentes</li> </ul>	
3	Servicios: Administración del proyecto, Ingeniería, Documentación, Configuración, Ensamble, Pruebas del Sistema.	<b>37,000.00</b>
4	Servicios: Instalación, Arranque y Puesta en Marcha.	<b>18,000.00</b>
5	Entrenamiento: Curso de Operación y Configuración / Mantenimiento	<b>11,000.00</b>
6	Obra civil para instalación, calibración y puesta en operación de la instrumentación de campo, incluye suministro de materiales de interconexión (cables, conduit y accesorios de montaje)	<b>668,000.00</b>
	<b>TOTAL (USD) =</b>	<b>1,834,000.00</b>





**Nota:** Para poder obtener estas cotizaciones y presupuestos se realizó una estimación preliminar de la inversión fija, por lo cual fue necesario disponer de datos de ingeniería, tales como especificaciones de maquinaria, equipo y obra civil.

La suma del costo de estos rubros sería igual al costo fijo de la planta, el cual, asignado a los gastos de ingeniería y supervisión de la construcción, puesta en marcha e imprevistos equivale a la inversión fija.



## APENDICE A CONTROL AUTOMATICO

### SISTEMA DE CONTROL

*Es un conjunto de elementos o dispositivos que al interactuar entre sí, y al emplear ciertas estrategias, operan o manipulan el estado de un proceso.*

Los componentes básicos de un sistema de control son:

- Objetivos de control o entradas
- Componentes del sistema de control
- Resultados o salidas

La relación básica entre estos tres componentes se ilustra en la fig.1 En términos mas técnicos, los *objetivos* se pueden clasificar como *entradas*, o *señales actuantes*, y los resultados también se llaman *salidas*, o *variables controladas*.



*Fig.1 Componentes básicos de un Sistema de Control*



Los sistemas de control se clasifican en dos grandes categorías: Sistemas de Control de circuito abierto y Sistemas de Control de circuito cerrado. La forma de distinguirlos la determina, la acción de control, que es la cantidad que activa el sistema para producir la salida.

### **SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO ABIERTO.**

En estos circuitos la acción de control es independiente de la señal de salida. La señal de salida puede cambiar su valor en función de la variación de otros parámetros, (perturbaciones).

Los sistemas de control en lazo abierto tienen las siguientes características:

- La habilidad que estos tienen para ejecutar una acción con exactitud esta determinada por su calibración. Calibrar significa establecer o restablecer una relación entre la entrada y la salida, con el fin de obtener del sistema la exactitud deseada.
- La estabilidad que presenta es constante, ya que, no hay posibilidad de oscilaciones.
- Barato y sencillo. (Pero normalmente inexacto).
- El control depende del operador y su salida varia por efecto de las perturbaciones que son directas y no hay posibilidad de controlar, se tiene medición de salida.



## **SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO CERRADO RETROALIMENTADO.**

Los sistemas de control en lazo cerrado retroalimentado son aquellos en los cuales, la acción de control es, en cierto modo, dependiente de la salida. A este circuito se le llama de *prueba-error*.

La retroalimentación se define como la propiedad de un sistema de control que permite que la salida (o cualquier otra variable controlada del sistema) sea comparada con la entrada al sistema (o con una entrada a cualquier componente interno del sistema o con un subsistema de éste) de tal manera que se pueda establecer la acción del control apropiado como función de la entrada y la salida.

Existen dos tipos básicos de retroalimentación en lazo cerrado: *Positiva* y *negativa*. La retroalimentación positiva, es una operación que aumenta el desbalance, es decir, impide la estabilidad del sistema. La retroalimentación negativa trabaja para restablecer el balance y es el mecanismo básico de los sistemas automáticos.

El sistema de control retroalimentado aplica la retroalimentación negativa y puede absorber la influencia de otras variables que afectan al proceso y no son controladas.



Las principales características de este sistema son:

- Aumento de la exactitud, por ejemplo, la habilidad para reproducir la entrada fielmente.
- Efectos reducidos de la distorsión y ruido.
- Más conocido, se necesita poco conocimiento del proceso y se puede medir el valor de la variable controlada.

Las principales desventajas son:

- No se puede controlar el efecto de las perturbaciones, antes de que entren al proceso.
- No se eliminan por completo los tiempos muertos, tiempos de respuesta del proceso y de los elementos de medición y transmisión.
- Es caro, complejo y su mantenimiento es difícil.
- Inherente, es inestable con respecto al abierto.

## **SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO CERRADO PREALIMENTADO.**

En este sistema se realiza la medición de la variable de entrada al proceso (perturbación principal) y se compara con el valor deseado de la perturbación (punto de ajuste) y el error se trata con los modos de control, mandándose una señal de corrección elemento final de control.





- Si no se conoce bien el proceso puede ser muy inestable y en algunos casos inapropiado para utilizarse.
- Se debe tener el modelo matemático del proceso.
- No se tiene medición de la variable controlada.

### **PARTES QUE CONSTITUYEN UN SISTEMA EN LAZO CERRADO.**

De lo anterior se puede resumir, que las partes de un circuito de control básico son las siguientes:

- a) El proceso o secuencia de operaciones en las cuales la variable va a ser controlada.
- b) El medio de medición o elemento primario de medición, el cual mide el valor de la variable controlada y transmite eléctrica o neumáticamente al controlador automático.
- c) Una fuente de referencia o ajuste que suministra e indica el valor deseado o prefijado de la variable.
- d) El controlador que funciona para obtener la mínima desviación o error, entre el valor deseado de la variable y el valor de la variable controlada.
- e) El elemento final de control que ajusta el valor de la variable manipulada para obtener en la variable controlada, el valor deseado de la variable.



De las partes anteriores, el proceso está compuesto por equipos y líneas, por lo cual no es un instrumento, y lo que interesa en él son sus características dinámicas.

Las partes vistas en los incisos b, c y d son instrumentos y pueden existir en una sola unidad o por separado.

La última parte e), el elemento final de control, es normalmente una válvula de control, aunque en algunos casos puede ser un equipo (bombas, compresores, etc.).

## EL CONTROLADOR AUTOMATICO

El controlador automático es la parte fundamental de todo sistema de control y está compuesto básicamente por dos elementos: *Un comparador*, por medio del cual se compara la señal detectada del proceso con una señal equivalente al valor deseado, produciendo una señal de error, y un elemento el cual aplica los modos para hacer el tratamiento adecuado del error y aplicarlo al elemento final de control.





A continuación se presenta un diagrama de bloques de un circuito de control.

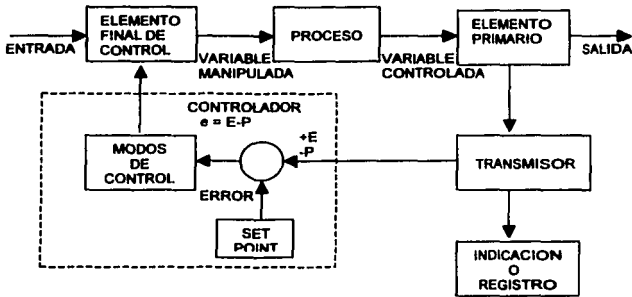


Fig. 5 Control en Lazo Cerrado.

DONDE:

E = Variable controlada.

P = Valor deseado de la variable set-point (punto de ajuste).

e = Error o desviación.

S = Señal controlada.



## MODOS DE CONTROL

Se les llama modos de control a la acción correctiva del controlador sobre el elemento final de control para mantener el valor deseado de la variable controlada.

Los principales modos de control son:

1. Dos posiciones (on-off).
2. Control proporcional.
3. Control proporcional + integral (reajuste).
4. Control proporcional + derivativo.
5. Control proporcional + integral (reajuste) + derivativo.

1. **CONTROL DE DOS POSICIONES (ON-OFF):** Es un tipo de control en el cual la variable manipulada tiene solamente uno de dos valores máximo o mínimo y la válvula de control dos posiciones abierta o cerrada, dependiendo de que la variable sea mayor o menor que el punto de ajuste.

2. **CONTROL PROPORCIONAL:** En este tipo de control, hay una relación lineal continua entre el valor de la variable controlada y la posición del elemento final de control (con la banda proporcional); es decir, el elemento final de control se mueve la misma cantidad para cada unidad de desviación. Este tipo de control responde únicamente a la cantidad de desviación y es insensible a la relación



de duración de la desviación, pero siempre hay un error o desviación permanente.

3. **CONTROL PROPORCIONAL + INTEGRAL:** Con el objeto de eliminar el efecto de error o desviación permanente que se tiene en la relación proporcional, se adiciona la acción flotante que automáticamente efectúa la acción de reposición y la característica de desviación permanente es superada.

El factor más importante en esta acción es que se puede obtener un control sin error, bajo todas las condiciones de carga modificando la abertura de la válvula sin perderse la estabilidad lograda con el ajuste de la banda proporcional. (Depende del tiempo que la variable este fuera del punto de ajuste).

4. **CONTROL PROPORCIONAL + DERIVATIVO:** En esta acción hay una relación lineal continua entre el coeficiente de cambio de la variable controlada y la posición del elemento final de control es proporcional a la velocidad del cambio de la variable controlada.

La característica de este tipo de acción es que por oponerse a todo cambio tiene un gran efecto estabilizador en el control pero no elimina el efecto de desviación permanente.



5. CONTROL PROPORCIONAL + INTEGRAL + DERIVATIVO: Las acciones previamente descritas pueden combinarse en una sola para aprovechar todas sus ventajas.

- a) *La acción proporcional*; Corrige la posición del elemento final de control en una cantidad proporcional a la desviación.
- b) *La acción integral*; Corrige la posición del elemento final de control en un coeficiente proporcional a la derivación.
- c) *La acción derivativa*; Corrige la posición del elemento final de control en una cantidad proporcional al coeficiente de cambio de la variable controlada.

#### MODOS DE CONTROL

#### CARACTERISTICAS QUE RECONOCEN EN LA DESVIACION

1. Dos posiciones (on-off).
2. Proporcional.
3. Derivativo.
4. Integral (reajuste).

Sentido (+,-) respecto al punto de ajuste.

Magnitud y sentido

Velocidad y sentido

Permanencia (tiempo)



## **AJUSTES DE LAS ACCIONES DE CONTROLADORES.**

- a) **BANDA PROPORCIONAL:** Es el porcentaje que debe de recorrer la variable para que el elemento final de control se mueva de sus posiciones extremas de totalmente abierta a totalmente cerrada.
  
- b) **GANANCIA O SENSIBILIDAD:** Matemáticamente es la recíproca de la banda proporcional y expresa la relación entre la señal de entrada y la señal de salida de un dispositivo de control.
  
- c) **INTEGRAL (reajuste):** Se define como el número de veces por minuto que la acción de reajuste automático reproduce lo que la acción proporcional haría sola.
  
- d) **DERIVATIVA:** Es el tiempo en minutos en el cual la acción derivativa anticipa efecto de la acción de posición proporcional sobre el elemento final de control.



<b>CONTROL</b>	<b>PROCESO</b>		<b>CAMBIOS DE CARGA</b>	<b>APLICACIONES</b>
	<b>CAPACITANCIA</b>	<b>RESISTENCIA</b>		
Todo-nada	Grande	Cualquiera	Cualquiera	Control de nivel y temperatura en procesos de gran capacidad
Proporcional	Pequeña a media	Pequeña	Moderados	Presión, temperatura y nivel donde el offset no es conveniente
Proporcional + integral	Cualquiera	»	Cualquiera	La mayor parte de aplicaciones incluyen el caudal
Proporcional + derivativa	Media	»	»	Cuando es necesaria una gran estabilidad con un offset mínimo y sin necesidad de acción integral
Proporcional + integral + Derivativa	Cualquiera	Grande	Rápido	Procesos con cambios rápidos y retardos apreciables (control de temperaturas en intercambiadores de calor)

**Tabla.1 Guía de selección de un sistema de control**



## CONTROL EN CASCADA

Para mejorar la estabilidad de un circuito complejo se emplea el control en cascada, el cual corrige las perturbaciones de la variable manipulada y mantiene dentro del punto de consigna a la variable controlada.

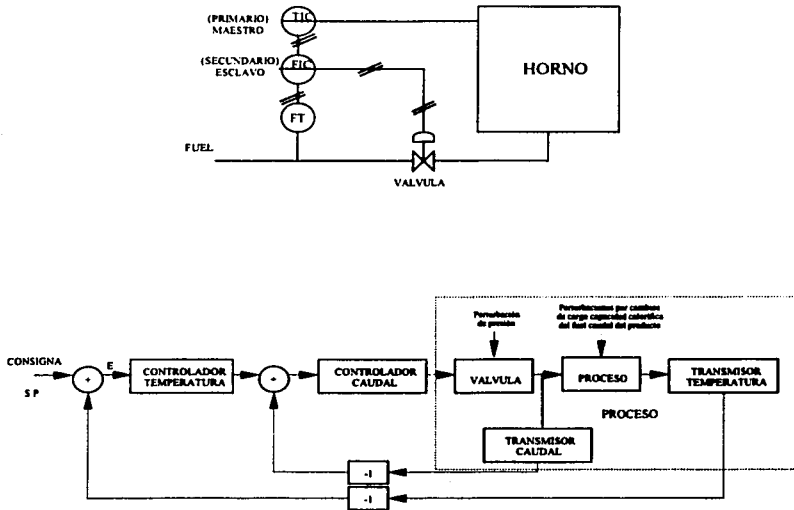


Fig.6 Control en cascada



## CONTROL DE RELACION

Estos sistemas de control se aplican cuando una variable de proceso es controlada con relación a otra variable, es decir, el control de la relación entre dos cantidades.

Es este un sistema de control compuesto en donde se va a controlar una variable secundaria en relación directa a la variable primaria. La variable primaria es la variable independiente y la variable secundaria es la variable dependiente.

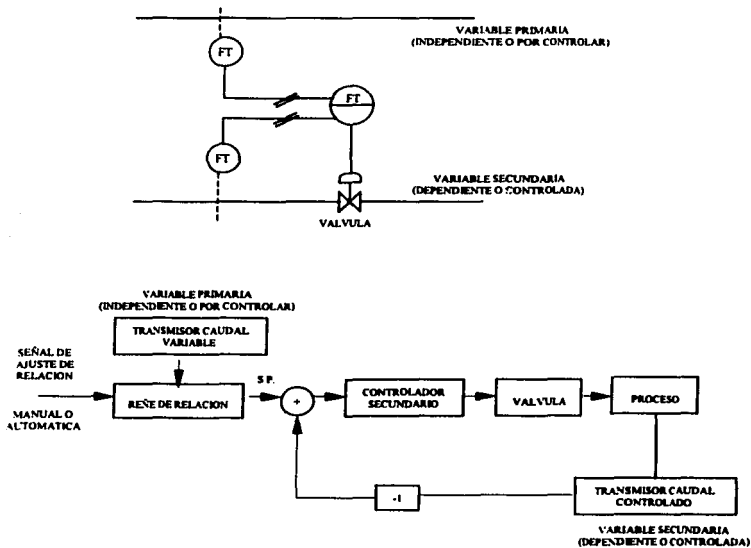


Fig.7 Control de relación





## CONTROL ANTICIPATIVO

Este control es parte de la medida de una a o mas variables de entrada y actúa simultáneamente sobre la variable manipulada que produce la salida deseada del proceso.

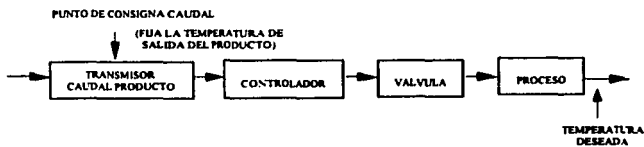
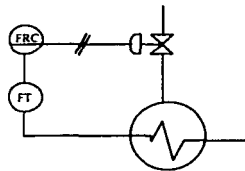


Fig.8 Control Anticipativo

### CONTROL DE GAMA PARTIDA

Este se una tipo de control en el que una variable manipulada tiene preferencia con relación a otra u otras del proceso.

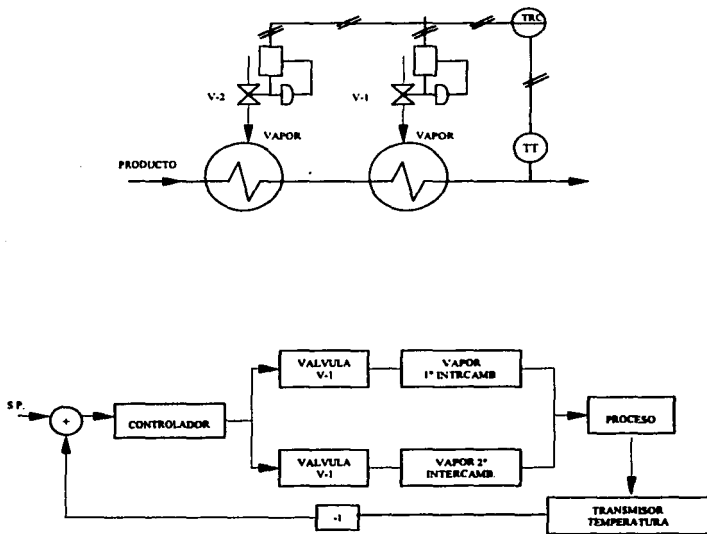


Fig.9 Control de gama partida.



## CONTROL SELECTIVO

El control selectivo se emplea para limitar la variable de proceso en un valor alto o bajo con el objeto de evitar daños en el proceso o en el producto.

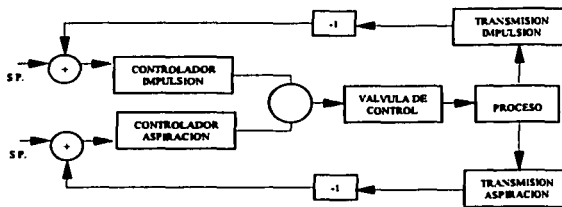
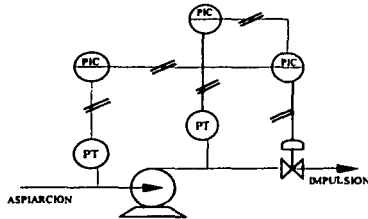


Fig.10 Control Selectivo.



## **APENDICE B REDES LOCALES Y PROTOCOLOS DE COMUNICACION**

### **EL MODELO OSI DE REFERENCIA**

El modelo de referencia para la Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI Open Systems Interconnection), surge ante la necesidad imperante de interconectar sistemas de procedencia diversa – distintos fabricantes -, cada uno emplea sus propios protocolos para el intercambio de señales.

Los estándares OSI describen las reglas que deben seguir los equipos de comunicaciones para que el intercambio de datos sea posible dentro de una infraestructura que este compuesta de una gran variedad de productos de diferentes proveedores

En el modelo OSI las tareas de cooperaciones se dividen en siete partes, módulos, niveles o capas, con las siguientes premisas:

- 1) Cada nivel realiza tareas únicas y específicas, y debe ser creado cuando se necesite un grado diferente de abstracción.
- 2) Todo nivel tiene conocimiento de los niveles inmediatamente adyacentes y solo de éstos.



- 3) Todo nivel se sirve de los servicios del nivel anterior, a la vez que los presta al superior.
- 4) Los servicios de un nivel determinado son independientes de su implantación práctica.
- 5) Los límites de cada nivel se deben seleccionar teniendo en cuenta que minimicen el flujo de información a través de las interfases establecidas.

## ESTRUCTURA EN NIVELES

El modelo OSI, esta compuesto por una serie de siete niveles (capas), cada uno de ellos con una funcionalidad específica, para permitir la interconexión e interoperabilidad de sistemas heterogéneos.

Los siete niveles del modelo OSI son los siguientes:

NIVEL	FUNCION
7. Aplicación	Datos normalizados
6. Presentación	Interpretación de los datos
5. Sesión	Diálogos de control
4. Transporte	Integridad de los mensajes
3. Red	Enrutamiento
2. Enlace	Detección de errores
1. Físico	Conexiones de Equipos



## FUNCIONALIDAD MODELO OSI

APLICACION	_____	Transferencia de ficheros y protocolos de aplicación
PRESENTACION	_____	Formato y codificación
SESION	_____	Control del diálogo extremo a extremo y recuperación de sesión
TRANSPORTE	_____	Transporte extremo a extremo (multiplexado y control de errores)
RED	_____	Enrutamiento de red y control de flujo
ENLACE	_____	Estructura de la trama, inicialización y protocolos de corrección de errores
FISICO	_____	Transmisión de bits

## RED DE AREA LOCAL

Una Red de Area Local (LAN / Local Area Network) es un sistema de comunicaciones constituido por un hardware (cableado, terminales, servidores, etc.), y un software (acceso al medio, gestión de recursos, intercomunicación, etc.), que se distribuyen por una extensión limitada (planta, edificio, grupo de



edificios) en el que existen una serie de recursos compatibles (discos, impresoras, bases de datos, etc.) a los que tienen los usuarios para compartir información de trabajo.

## **CARACTERISTICAS REDES LAN**

- La velocidad de la transmisión de los datos dentro de una red local es elevada (se encuentran desde 1 Mbit/s hasta 1 Gbit/s).
- La tasa de error de transmisión de los bits es despreciable (del orden de 1 bit erróneo por cada 100 millones de bits transmitidos).
- La gestión de una LAN, una vez instalada, y la de los recursos informativos conectados corresponde hacerla a su propietario o contratarla a un tercero.

## **TOPOLOGIAS DE LAN**

**BUS:** Es la forma mas simple en la que un único tendido, mediante derivaciones, da servicio a todas y cada una de las terminales, por lo que en caso de falla del mismo una parte de la red quedaría sin servicio. Suele emplearse cable coaxial, y en ejemplo mas típico lo constituyen las redes Ethernet.

**ANILLO:** En esta variante el bus se cierra sobre si mismo, por lo que en caso de ruptura del mismo se pueden acceder a las estaciones aisladas por el otro



semianillo. Pueden emplearse cables pares, coaxial o fibra óptica. El ejemplo mas significativo es el Token Ring.

**ESTRELLA:** En esta un elemento central (concentrador o hub) sirve de puente entre todas las terminales de la LAN, proporcionando la conmutación entre ellas. Aísla unos elementos de fallas de otros, pero presenta como un punto critico el nodo central, que en caso de falla dejaría la red sin servicio.

## **SISTEMAS DE CABLEADO**

Un sistema de cableado es un conjunto integrado de componentes, tales como cables, conectores, paneles de distribución, latiguillos, cajas, placas de conexión, etc., utilizados para la instalación de una infraestructura de comunicaciones a la que se conectaran múltiples equipos. Se determina por el tipo de cable que emplea y la topología de la red que configura. El tipo de cableado determina las prestaciones, mientras que la topología fija los costos de expansión en futuro y la capacidad de recuperación de la red en caso de algún desperfecto.

## **SISTEMA DE CABLEADO ESTRUCTURADO**

Es cualquier sistema de cableado que permita identificar, reubicar y cambiar en todo momento, con facilidad y de forma racional los diversos equipos que se conectan al mismo, en base a una normativa completa y conectores, de las mismas características para todos los equipos.





Se distinguen principalmente por dos características principales:

**Modularidad:** Tiene en cuenta el crecimiento, las modificaciones y la localización y corrección de averías.

**Flexibilidad:** Permite admitir cualquier topología de red de área local, versatilidad en velocidad de transmisión y soportar equipos de diferentes marcas o fabricantes. Presentan la ventaja de precableado. Minimiza el esfuerzo en la remodelación de la red, en el crecimiento de la misma y en los costos de mantenimiento, ya que el cable instalado sirve para todos los equipos a conectar, presentes o futuros.

Se facilita la resolución de problemas al estar los puntos de conexión perfectamente localizados e identificados y se dispone de una infraestructura lógica, racional y ordenada de cables y componentes.

### **HUBS (CONCENTRADORES)**

El Hub es un concentrador de cableado que puede presentar múltiple funcionalidad, ser pasivo o activo y soportar distintos medios de transmisión y protocolos de red. Pueden ser inteligentes y tener diferentes posibilidades de gestión.



Un Hub es el punto central de la topología de red en estrella, existiendo en una configuración, multinodo uno central que actúa de enlace entre los demás, sin que los demás se comuniquen directamente entre si.

Poseen una múltiple funcionalidad que permite la interconexión entre los diversos sistemas de datos, pudiendo poner en comunicación varias LAN's o segmentos de LAN, conforme una estructura en estrella. Típicamente disponen de interfases para Ethernet, Token Ring, FDI, soportan conexiones a WAN (X.2 y RDSI y algunos incorporan tecnología de conmutación rápida de paquetes y celdas (Frame Relay y ATM).

## **METODOS DE ACCESO AL MEDIO**

Al ser la red un medio compartido, se hace necesario fijar unas reglas que definan de manera en como los distintos usuarios tienen acceso al mismo, para evitar conflictos y asegurar a cada uno igual oportunidad de acceso. Este conjunto de reglas es el denominado método de acceso al medio.

Los métodos mas comúnmente empleados en las redes son **CSMA/CD** y **Token Passing**.

**CSMA/CD.** El método CSMA/CD (Carrier Sense Múltiple Acces/Collision Detección o Acceso Múltiple con Escucha de Portadora y Detección de Colision) es el protocolo de acceso al medio que utilizan las redes Ethernet.



Su funcionamiento es simple: antes de transmitir un ordenador éste “escucha” el medio de transmisión que comparten todos los terminales conectados para comprobar si existe una comunicación. Si no detecta ninguna comunicación se pone a transmitir y en caso contrario esperara un tiempo aleatorio antes de comenzar de nuevo el proceso.

### **TOKEN PASSING**

Este método de acceso se utiliza en diferentes redes (con pequeñas variantes) que disponen de un anillo lógico: Token Ring, Token Bus y FDI.

Al contrario que el método anterior, éste se comporta de manera determinística, es decir, que una terminal de la red puede transmitir en un intervalo de tiempo fijado.

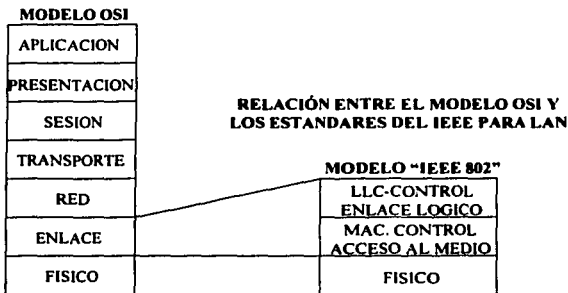
El método Token Passing se vale de una trama especial o Token, que va a ser monitorizado por cada ordenador, para dar a éstos permiso o no de transmisión.

Si el Token esta libre, cualquier máquina que tenga necesidad de transmitir pasara el token al estado de ocupado e iniciara la comunicación insertando los datos detrás del token. En este momento el propietario del Token es la estación que esta transmitiendo, siendo esta la que dispone del control absoluto del anillo.



## PROTOCOLOS REDES LAN

Tomando como referencia el modelo OSI, los protocolos situados por encima del nivel de enlace se disponen en una LAN, no están normalizados por el IEEE ni por ningún otro organismo. Por lo tanto se tiene la siguiente relación:



## NORMATIVA 802.X DEL IEEE

El organismo IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) ha desarrollado una serie de estándares (IEEE 802.X) en los que se definen los aspectos físicos (cableado, topologías física y eléctrica) de control de acceso al medio de redes locales. Estos estándares han sido internacionalmente reconocidos, siendo adoptados por OSI en su serie equivalente ISO 8802.X.



## **NORMATIVA DEL IEEE PARA LAN's**

- 802.1 Interconexión de redes
- 802.2 Control de Enlace Lógico (LLC)
- 802.3 LAN en Bus con CSMA/CD (Ethernet)
- 802.4 LAN en Bus con token (Token Bus)
- 802.5 LAN en anillo con token (Token Ring)
- 802.6 Red en área Metropolitana (MAN)
- 802.7 Grupo asesor para banda ancha
- 802.8 Grupo asesor para fibra óptica
- 802.9 Redes integradas de voz y datos
- 802.10 Seguridad en las redes LAN
- 802.11 Redes locales inalámbricas (WLAN)
- 802.12 Prioridad bajo demanda (100VG-AnyLan)

### **IEEE.802.3**

Define diferentes tipos de red (denominados genéricamente redes Ethernet) que tienen en común la utilización del mismo protocolo de acceso al medio MAC (CSMA/CD).



### NORMAS DEFINIDAS EN IEEE.802.3

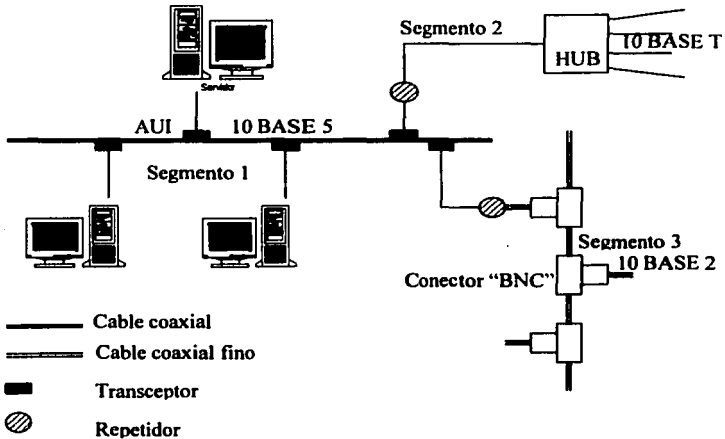
NORMA	MEDIO DE TRANSMISION	VELOCIDAD DE TRANSMISION	LONGITUD MAXIMA DE LAN SIN REPETIDORES	OTRAS CARACTERISTICAS
10 BASE 5	Coaxial grueso	10 Mbits/s	500 m	Hasta 4 repetidores de interconexión para segmentos
10 BASE 2	Coaxial fino	10 Mbits/s	200 m	4 repetidores máximo
1 BASE 5	Cable sin pantalla	1 Mbits/s	200 m (5 x 200 x 2)	Denominada "Star LAN"
10 BASE T	Cable sin pantalla	10 Mbits/s	100 m	200 metros máxima distancia entre repetidores
10 BASE FL	Fibra óptica	10 Mbits/s	500 m	2.5 Km máxima distancia entre repetidores. Utilización en entornos con alto nivel de ruido
100 BASE T	Fibra óptica	100 Mbits/s	Depende del <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nivel físico</li> <li>- No. de terminales</li> </ul>	Denominada "Fast Ethernet"



## RED LOCAL ETHERNET

Ethernet es una red de área local, ampliamente extendida, con topología en bus se ajusta al estándar IEEE.802.3; el protocolo de acceso al medio es CSMA/CD (Acceso Múltiple Escucha del Medio de Transmisión y Detección de Colisiones) y posee una velocidad de 10 Mbits/s, y con el Giga Ethernet 1 Gbit/s.

### ESQUEMA DE RED ETHERNET BUS





## **VERSIONES DEL ESTANDAR**

**10 BASE 5 (Thick Ethernet):** Sobre cable coaxial "Amarillo" o grueso de 50 ohms acepta hasta 100 puestos de trabajo sobre una longitud máxima de 500 metros. La conexión entre el bus y la tarjeta adaptadora de ordenador se realiza mediante transceptores conectados por un cable AUI (Attachment Unit Interface) con conectores DB15 en ambos extremos. Hasta un máximo de 5 segmentos pueden interconectarse por medio de repetidores (4 en total).

**10 BASE 2 (Thin Ethernet):** Sobre coaxial fino RG58 (cheapment) acepta hasta 30 puestos de trabajo, espaciados un mínimo de 05 metros, sobre una distancia máxima de 185 metros. La conexión al bus se realiza en el propio ordenador, mediante una tarjeta adaptadora, por medio de un conector coaxial BNC de bayoneta en "T".

**10 BASE T:** Cuyo cable de pares trenzados sin apantallar (UTP), con topología física en estrella cuyo centro es un HUB 10 Base T. Cada estación de trabajo, con su correspondiente tarjeta adaptadora, puede situarse a una distancia de hasta 100 metros, realizándose la conexión por medio de conectores modulares RJ45.

**10 BASE F:** Sobre fibra óptica, en lugar de coaxial, admite mas de 4 repetidores y permite configuraciones mas complejas. FOIRL (Fiber Optic Repeater Link) es un anexo a la norma 802.3 que define la conexión punto a punto mediante fibra óptica para redes Ethernet.





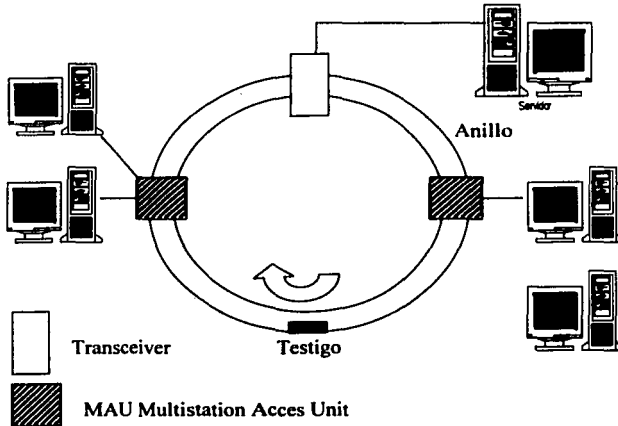
## **RED LOCAL TOKEN RING**

Es una red de área local con topología lógica en anillo que cumple el estándar IEEE 802.5. Cada terminal se comunica con los demás, a través, del protocolo Token Passing (paso de testigo) y admite velocidades de 4 y 16 Mbits/s. Admite un total de 70 a 260 equipos por anillo, dependiendo del tipo de cable (par trenzado o fibra óptica) y su longitud, aunque se puede extender con puentes y ruteadores.

El anillo lógico se consigue con un cableado en estrella que tiene en su centro un elemento denominado MAU (Multistation Acces Unit), que puede ser activo o pasivo. El cable recomendado es el STP (IBM tipo 1 o 2) acabado en el conector hermafrodita, aunque también se admite el UTP con RJ45.



## ESTRUCTURA DE RED TOKEN RING (ANILLO)



## DISPOSITIVOS PARA EL INTERFUNCIONAMIENTO

**REPETIDOR (Repeater).** Es el dispositivo más elemental de interfuncionamiento, se limita a regenerar la señal sin cambiar el medio de transmisión empleado (coaxial, par trenzado, fibra óptica, etc.). Trabaja a nivel 1 de OSI.

**PUENTE (Bridge).** Sirven para enlazar dos o más LAN's que utilicen el mismo protocolo de enlace o LLC (Logical Link Control). Trabajan a nivel 2 de OSI, y no realizan control de flujo, ignorando protocolos de nivel superior. Así, varias redes



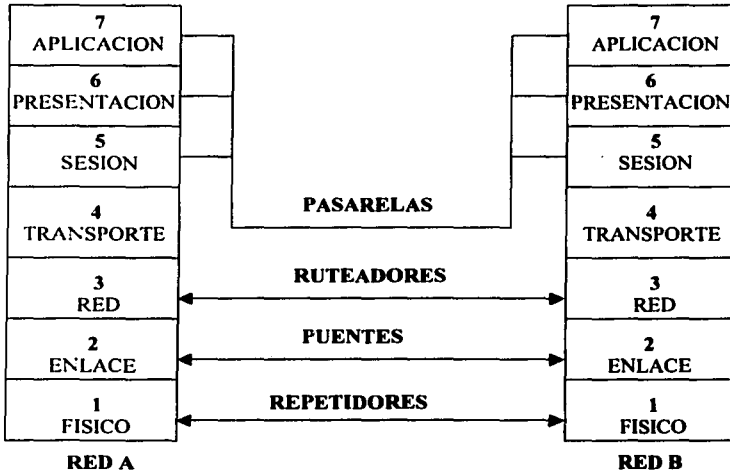
pueden combinarse para formar una sola red lógica. Son rápidos y económicos. El puente puede ser local para una conexión directa entre segmentos de LAN de la misma área, o remoto para áreas distintas.

**RUTEADOR (Router).** Operan similarmente a los puentes, pero a un nivel superior (3 de OSI). Incluye una dirección de red y una del dispositivo, lo que permite la interoperabilidad entre redes diferentes, y permite dividir una red en varias subredes, eligiendo el mejor camino para enviar un paquete. Así, permiten múltiples rutas, controlan el flujo de información evitando la congestión, al partir la red los problemas se confinan a un área y proporcionan mayor seguridad. Son mas caros, lentos y complejos al ser dependientes del protocolo.

**PASARELA (Gateway).** Dispositivos especializados en proporcionar conectividad actuando como transductores. Operan a nivel 7 de OSI. Aplicaciones típicas son la interconexión de LAN's a redes WAN-X.25, aportando la emulación.



## INTERFUNCIONAMIENTO



## PROTOCOLO TCP/IP

TCP/IP es una familia de protocolos que proporcionan interfuncionamiento entre redes. Define básicamente la forma de interconectar subredes y enrutar el tráfico entre ellas. TCP/IP no son protocolos de OSI y no se ajustan a su modelo. Sin embargo por el servicio que ofrece el protocolo IP se pueden designar como de nivel 3. De forma similar TCP puede ser comparado en funcionalidad con un protocolo de nivel 4.



TCP/IP es una familia de protocolos que proporcionan una comunicación entre nodos extremo-a-extremo. TCP/IP proporciona los servicios los servicios a nivel transporte e IP a nivel de red. TCP utiliza el IP para establecer comunicaciones fiables entre subredes de datos.

El protocolo IP es no orientado a conexión y no asegura la entrega de todos los datagramas de un mensaje. El protocolo TCP, que utiliza los servicios de IP, incluye los procedimientos necesarios para asegurar la transferencia de datos en forma correcta y ordenada (orientado a conexión), con lo que, en conjunto, resultan adecuados para la transmisión segura de datos.

## **FUNCIONAMIENTO DE TCP**

El TCP posee funciones tales como: fragmentación de mensajes, retransmisión de segmentos, reordenamiento, establecimiento de prioridades; también define los formatos de los datos, asentamientos, procedimientos de establecimiento y finalización de conexiones.

Hace uso de los Puntos de Acceso al Servicio (SAP), en los cuales los niveles superiores reciben los servicios de TCP, para direccionar los diversos usuarios. Las unidades de datos del TCP (TPDU) tienen un formato de 20 bytes para todos los intercambios. Cuentan con un campo del número de secuencia, que es utilizado ordenada asignar a cada uno de los segmentos un número que asegura su entrega ordenada.



## **FUNCIONAMIENTO DEL IP**

El extremo terminal (HOST) de origen de la capa superior a la que se encuentra el IP (capa 3 de OSI), o sea, el TCP, envía los datagramas del mensaje en tamaños de 64 Kbytes. El IP los toma y encapsula uno agregándole una cabecera para luego enviarlos a los niveles inferiores que se encargaran de transmitirlos por el medio físico.

El servicio de IP es no orientado a conexión, es decir, distribuye los datagramas por diferentes caminos, independientemente uno del otro. Los datagramas cruzan en forma transparente la subred hacia el gateway, y aquí los niveles inferiores al IP retiran las cabeceras que poseen información para ellos. Se analizan las direcciones contenidas para determinar el enrutamiento que se les dará y se vuelven a encapsular añadiéndoles cabeceras y se envían al siguiente gateway en la ruta.

En el campo de direccionamiento existen dos campos de 32 bits cada uno que representan las direcciones de las máquinas origen y destino. Estas direcciones identifican una subred y a una máquina conectada a ella en forma universal.



## **ESTANDAR RS-232**

La interfase; estándar RS-232 fue desarrollada para un solo propósito, el cual es: el intercambio de datos binarios en forma serial, entre la interfase de Equipo Terminal de Datos y Equipo de Circuito de Datos.

## **PROTOCOLO HART**

**HART (HIGHWAY ADDRESSABLE REMOTE TRANSDUCER); CONVERTIDOR REMOTO DIRECCIONABLE DE ALTA VELOCIDAD.**

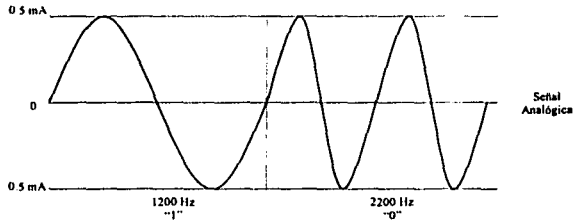
- *Información técnica*

Analógica: 4-20 mA

Digital: FSK (Frequency Shift Keying ); *Cambio de frecuencia. Basado sobre el estándar Bell 202.*

Lógica "0" frecuencia: 2200 Hz

Lógica "1" frecuencia: 1200 Hz



- **Velocidad de comunicación:** 1200 bps
- **Actualización de datos:** Modo de petición / respuesta: 2-3 Datos/sec  
Modo opcional de arranque: 3-4 Datos/sec
- **Estructura de un dato (byte):** 1 bit de arranque, 8 bits del dato, 1 bit de paridad, 1 bit de parada.
- **Habilidad digital:**
  - Acceso a todos los parámetros y diagnósticos del instrumento.
  - Soporta instrumentos multivariable.
  - Estado de los aparatos en línea.
- **Compatibilidad analógica:**
  - Comunicación analógica y digital simultánea.





- **Compatibilidad con cableado existente y equipos de 4-20 mA.**

- ***Interoperabilidad:***

Totalmente abierto a cualquier estándar y estructura de datos realizada por Lenguaje de Descripción de Aparatos (DDL).

- ***Disponibilidad:***

Provee tecnología de campo, disponible inmediatamente para la selección de productos para mantenimiento, control y adquisición de datos.

Usando por mas instrumentos de arranque que otros en la industria (por encima del 60%).

- ***Estructura simple de comandos:***

Comandos universales – Práctica de comandos comunes, común a todos los aparatos – de uso opcional por varios equipos.

Comandos específicos para aparatos – para características únicas de producto.



- ***Integridad de datos:***

Checa errores bidireccionalmente del estado de comunicación en toda respuesta de mensaje.

- ***Número de variables:***

Arriba de 256 por aparato.

Arriba de 4 en un mensaje.

- ***Descripción del lenguaje del aparato (DDL):***

Permite a los aparatos de campo desarrollarse a describir todas las características de un instrumento en un lenguaje estandarizado, tal que, empleen la tecnología DDL y que puedan entender y acceder a estas características, permitiendo desarrollar una interfase especial para ese equipo.

- ***Descripción bibliográfica del equipo***

La descripción es proporcionada por el fabricante, con lo cual, permite el alojamiento simple de los aparatos como son comunicadores manuales a comunicar con un aparato HART. Los mensajes de la Fundación es una librería de todas las descripciones registradas de los equipos.



- **Topologías de cableado:**

Punto a Punto – Señales analógicas y digitales simultáneas.

Punto a Punto – Solo digital.

Red de Trabajo Multidrop – Solo digital (arriba de 15 aparatos).

- **Máxima longitud:** (3048 m)
- **Máxima longitud múltiple (par – trenzado):** (1524 m)

La longitud del cable depende de las características de los productos individuales y del cable.

- **intrínsecamente seguro:** Con propiedad de barredor / aislador

## **BENEFICIOS DEL PROTOCOLO HART**

- **Completamente flexible** – Permite el uso tanto de señales de comunicación analógica y digital simultáneamente.
- **Pruebas de campo** – uso y mantenimiento, simple a implementar.
- **Inversión de protecciones de instrumentación** – compatible con equipos tradicionales analógicos.
- **Soporta el incremento de la funcionalidad de los aparatos y comunicación multivariable.**



- Permite dos maestros para estar comunicado de manera flexible el acceso de datos.
- Comunicaciones a larga distancia usando líneas telefónicas privadas o rentadas.
- Interoperabilidad asegurada por estructura comandada común – realizado por Lenguaje de Descripción de Aparatos.
- Ahorros de cable con multidrop en la red.



## **APENDICE C FIELDBUS**

Entre los principales protocolos de comunicación y uno de los más importantes dentro la arquitectura basada en campo, se encuentra la tecnología fieldbus, la cual ha revolucionado el mundo de la administración del proceso; así como sus dispositivos inteligentes de campo, las plataformas estándar escalables, y el software modular integrado ofrecen nuevas oportunidades de mejorar la productividad del proceso.

Un bus de campo digital puede transportar grandes cantidades de información no solo acerca del proceso, sino también del equipo que lo controla. Pero a diferencia de otras tecnologías de bus de campo originalmente diseñadas para aplicaciones de manufactura discretas, el FOUNDATION fieldbus fue desarrollado específicamente para satisfacer las necesidades de la industria de procesos.

Las características resultantes incluyen seguridad intrínseca, cableado multi-elementos y alimentación a los instrumentos por el mismo par de hilos que además lleva la información del proceso del equipo, todo esto le ayuda a controlar los costos.

Aun más importante fieldbus permite que el control resida en los dispositivos de campo, consiguiendo un mejor control a un costo mas accesible. Es el único bus de campo digital que ofrece una verdadera interoperabilidad , gracias a lo cual se



podrá elegir el mejor dispositivo entre todos los que han pasado la prueba de interoperabilidad con FOUNDATION fieldbus independientemente del fabricante; pues también utiliza la tecnología de Descripción del Dispositivo (DD) para incorporar futuras innovaciones sin pérdida de interoperabilidad.

La tecnología es un subconjunto de las normas de bus de campo estándares ISA S50 e IEC 61158. Es controlado no solo por un proveedor, sino por la FOUNDATION fieldbus, una fundación independiente y sin fines de lucro con mas de 100 empresas miembros que incluyen tanto usuarios como todos los principales proveedores de automatización de procesos de todo el mundo. Con lo cual se obtiene una tecnología abierta e independiente del proveedor con múltiple fuentes de suministro de circuitos integrados, dispositivos y sistemas.

## **FIELDBUS**

FIELDBUS es un sistema de comunicaciones totalmente digital, serial, dos caminos, corriendo a 31.25 Kbit/seg, al cual se interconectan equipos de campo como son: sensores, actuadores y controladores. Fieldbus es una red de área local (LAN) para instrumentos usados en procesos de automatización y manufactura, con la capacidad de construir internamente una aplicación de control distribuido, a través, de la red.



Fieldbus conserva las características deseables del sistema de 4-20 mA como son:

- Una interfase física estandarizada a el cableado
- Bus de poder para maquinaria sobre un solo par de cables
- Opciones de seguridad intrínseca. En adición, fieldbus permite:
  - Incremento en la capacidad de comunicación dual totalmente digital
  - Reduce el cableado y las terminales duales a máquinas múltiples sobre un solo cable
  - Incrementa la selección de suministros duales a interoperabilidad
  - Se reduce la carga sobre el equipo en cuarto de control y las funciones de los equipos de campo I/O.

## BENEFICIOS DE FIELDBUS

Los beneficios significativos son conseguidos en el sistema de control cíclico, a través, de la aplicación de la tecnología fieldbus.



- Reduce el número de cables y de paneles
- Reduce el número de barreras de seguridad intrínseca

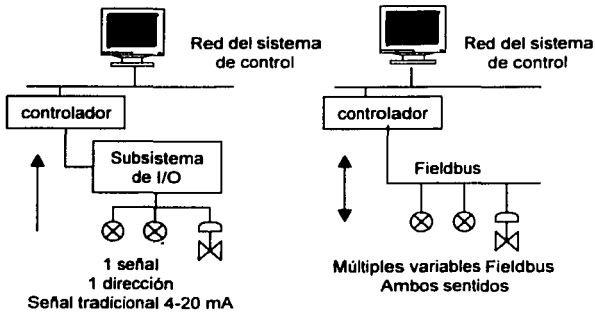


- Reduce el número de I/O en convertidores
- Reduce el número de fuentes de poder y gabinetes
- Reduce el tamaño de los equipos en cuartos de control
- Configuración remota de los equipos
- Mas información disponible para operaciones
- Incremento de la exactitud en mediciones
- Incremento, sofisticación y flexibilidad de los instrumentos
- Mejores autodiagnósticos y diagnósticos remotos
- Facilita la estandarización de bloques de funciones

### ***Permite mas información***

El fieldbus permite variables múltiples en cada equipo dentro del sistema de control, para archivar, analizar tendencias, optimización del proceso y generación de reportes. La alta resolución es característica de las comunicaciones digitales que permiten mejorar la capacidad de control, con lo cual podrá incrementarse el rendimiento del equipo.





### ***Vista expandida de los procesos***

La auto-prueba y capacidades de comunicación de la maquinaria fieldbus basada en microprocesador, ayuda a reducir los tiempos y mejorar la seguridad de la planta.

Sobre detección de condiciones anormales o la necesidad para mantenimiento preventivo, las operaciones de planta y mantenimiento personal puede ser notificado. Este permite acción correctiva a ser iniciada rápidamente y con seguridad.



### ***Reducción de hardware en el sistema***

Foundation Fieldbus usa estándares de "Bloques de funciones" para implementar estrategias de control. Los bloques de función son funciones de automatización estandarizada. Algunas funciones del sistema de control son: AI, AO y PID podrán ser ejecutadas por el equipo de campo de diferentes fabricantes en una integrada y sencilla forma.

La distribución de control dentro de los equipos de campo pueden reducir la cantidad de I/O y funciones de los equipos de campo necesarios, incluyendo tarjetas, gabinetes y suministros de energía.

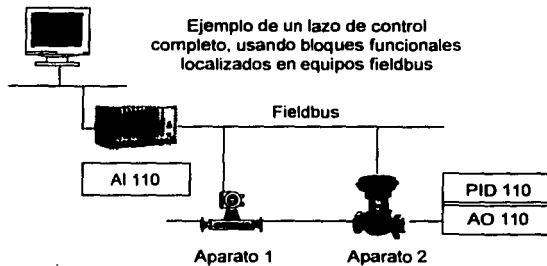
El Bloque de Función proporciona el comportamiento que tendrá el sistema de control. Los parámetros de entradas y salidas de los bloques de funciones pueden ser enlazados encima del fieldbus. La ejecución de cada bloque de función es precisamente fijado. Puede haber varios bloques de funciones en una sola Aplicación de Usuario.



<b>NOMBRE DEL BLOQUE DE FUNCION</b>	<b>SIMBOLO</b>
Entrada Analógica	AI
Salida Analógica	AO
Prejuicio	B
Selector de Control	CS
Entrada Discreta	DI
Salida Discreta	DO
Cargador Manual	ML
Proporcional / Derivativo	PD
Proporcional / Integral / Derivativo	PID
Proporcional	RA

Los bloques de funciones pueden construirse dentro de los dispositivos fieldbus. Por ejemplo un transmisor de temperatura puede contener un bloque de función *AI*. Una válvula puede contener un bloque de función *PID*, así como un bloque *AO*.

Así, un lazo de control completo puede construirse usando un simple transmisor y una válvula de control.



## CONFIGURACION DEL SISTEMA

La configuración del sistema Fieldbus consiste de dos fases:

1. Diseño del sistema
2. Configuración de los equipos

El diseño del sistemas basado en Fieldbus es muy similar a los Sistemas de Control Distribuido, con las siguientes diferencias.

La primera diferencia es en el cableado físico dual a cambio de la analógica 4-20 mA punto a punto, a un cableado de bus digital, donde varios equipos puede ser conectados a un cable.

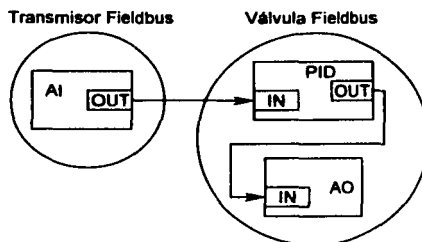
Cada aparato conectado sobre la fieldbus debe tener una única etiqueta física y correspondiente a la dirección de la red.

La segunda diferencia es la habilidad para distribuir algunas de las funciones del subsistema de I/O de control, a los aparatos de campo del sistema.

Esto podrá reducir el número de controladores montados en rack y demás equipos de I/O necesarios para el diseño del sistema.

### CONFIGURACION DE LOS APARATOS

Después del diseño del sistema, los instrumentos tienen que ser seleccionados, la configuración del aparato es realizada por conexión de bloques funcionales de I/O en cada aparato como lo requiera la estrategia de control.



## TOPOLOGIAS FIELDBUS

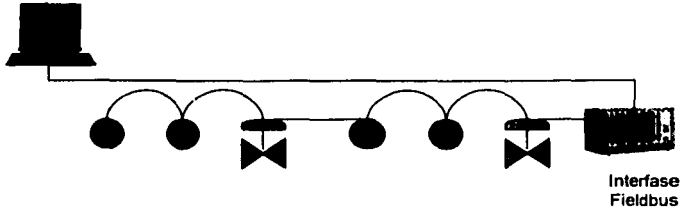
### ***Punto a punto***

Esta topología consiste de un segmento teniendo solo dos aparatos. El segmento podrá ser totalmente instalado en el campo, o este podrá ser un aparato de campo (transmisor) conectado a un sistema residente (haciendo monitoreo o control).



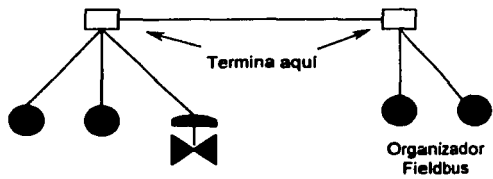
### ***Cadena de Margarita***

Con esta topología, el cable fieldbus es ruteado de equipo en equipo sobre este segmento, y es interconectado a los terminales de cada aparato fieldbus. Las instalaciones que usan esta topología deben usar conectores o cableado adecuados, ya que al desconectar un solo aparato se puede ocasionar la interrupción o la discontinuidad de un segmento entero.



**Arbol**

Con esta topología, los aparatos se conectan en un solo segmento del Fieldbus sobre pares de cable torcido a una caja de cruce común, terminales, panel ordenador, o tarjetas I/O (algunas veces llamado "pata de gallo").

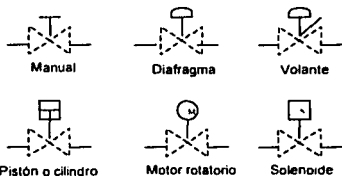




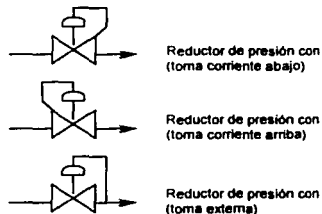
# APENDICE D SIMBOLOGIA

## SIMBOLOS DE INSTRUMENTACION

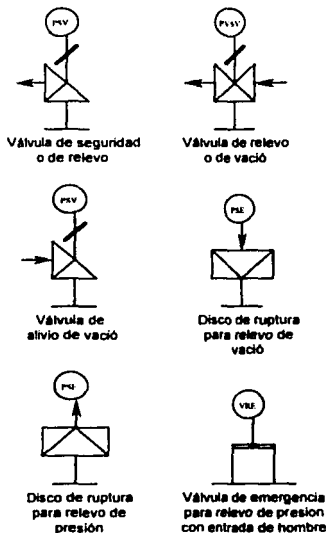
### ACTUADORES DE VALVULAS DE CONTROL



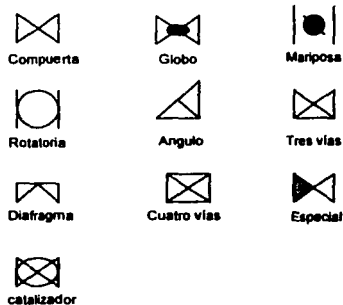
### ACTUADOR AUTOREGULADO



### EQUIPOS DE RELEVO DE PRESION



### CUERPOS DE VALVULAS DE CONTROL







**SÍMBOLOS GENERALES**

	Instrumento instalado en campo		Función de computadora normalmente no accesible al operador
	Instrumento detrás del panel de control		Dispositivos detrás del panel o funciones normalmente inaccesibles
	Instrumento colocado en tablero principal		Función de computadora normalmente accesible al operador
	Instrumento localizado en panel auxiliar		Función de computadora auxiliarmente colocada
	Instrumentos a control distribuido normalmente no accesible al operador		Controlador lógico y secuencial símbolo general
	Dispositivos detrás del panel o Funciones normalmente inaccesibles		Controlador lógico programable normalmente inaccesible al operador
	Instrumentos a control distribuido Normalmente accesibles al operador		Dispositivos detrás del panel o funciones normalmente inaccesibles
	Instrumentos a control distribuido colocados en paneles auxiliares y con dispositivos de interface con el operador		Controlador lógico programable normalmente accesible al operador
	Intrumentos de función dual		Controlador lógico programable auxiliarmente colocado
	Bloques de función		

**OTROS EQUIPOS**

	Luz piloto montada en campo		Rotámetro
	Luz piloto tablero de control distribuido		Medidor de flujo tipo turbina
	Luz piloto en tablero local		Tubo Venturi o boquilla de flujo
	Punto de análisis		Medidor de flujo másico
	Reposición para actuador tipo "pestillo"		Orificio de restricción de flujo
	Sello de diafragma		Placa de orificio



## SÍMBOLOS MECANICOS & TUBERIA

### LÍNEAS DE INSTRUMENTOS Y TUBERIA

	Línea principal de proceso (dirección del flujo)
	Línea secundaria de proceso (dirección del flujo)
	Línea montada
	Línea encajetada
	Línea de proceso especial o catalizador
	Limites de batería
	Limites de paquete
	Tubería subterránea
	Señal indefinida
	Suministro de aire de instrumentos o líneas de proceso
	Señal neumática
	Señal eléctrica
	Conexión con software o datos
	Señal eléctrica binaria (on-off)
	Tubo capilar
	Señal electromagnética

### VALVULAS

compuerta	Globo
Válvula de bola o válvula rotatoria	Angulo
Diaphragma	Cuatro vías
Mariposa	Tres vías

### ACCESORIOS EN TUBERIAS

	Válvula check		Conexión flexible
	Válvula de descarga		Cambio de clase
	Coladera tipo "Y"		Contenedor de flama
	Coladera tipo "T"		Silenciador
	Coladera tipo "canasta"		Eyector
	Coladera temporal		Tubo con aletas
	Vapor atrapado & aire atrapado		Drain en cope (abierto)
	Manguera flexible		Drain en cope (cerrado)
	Junta de expansión		Cushion
	Línea de catalizador		Reductor
	Brida de anteojo		Reductor
	Brida móvil		Ngple unión
	Bridas		Tapón soldada
	Bridas ciegas		Amortiguador de pulsaciones
	Tapón atornillado		Drain continuo
	Filtro tipo canasta		
	Venteo atmosférico		
	Amortiguador de escape		

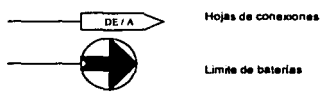


**ENTRADAS / SALIDAS**

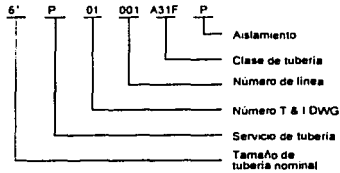
**Diagramas de flujo de procesos**



**Diagramas de Instrumentación y tubería**



**CODIGO DE LINEAS**



**IDENTIFICACION ESPECIAL & SERVICIOS DE TUBERIA**

**IDENTIFICACION DE SERVICIOS DE TUBERIA**

**CALENTANDO / ENFRIANDO**  
 LS VAPOR DE BAJA PRESION  
 MS VAPOR DE MEDIA PRESION  
 HS VAPOR DE ALTA PRESION  
 CW AGUA DE ENFRIAMIENTO  
 BW AGUA DE ALIMENTACION  
 CL AGUA TRATADA

**DISPOSICION DE EFLUENTES**  
 HD DRENE DE HIDROCARBUROS  
 CD DRENE DE CATALIZADOR  
 DWS DRENE DE AGUA ACEITOSA  
 FL QUEMADOR  
 RO ACEITE RECUPERADO

**QUIMICAS**  
 NG NITROGENO  
 VA VENTEO A LA ATMOSFERA  
 IA AIRE DE INSTRUMENTOS  
 PA AIRE DE PLANTA  
 LC VAPOR CONDENSADO DE BAJA PRESION  
 MC VAPOR CONDENSADO DE MEDIA PRESION  
 PW AGUA DE PROCESO  
 SW AGUA DE SERVICIO  
 ZS CATALIZADOR  
 LO ACEITE DE LUBRICACION

**FLUIDOS DE PROCESO**  
 P PROCESO  
 HG HIDROGENO

**ABREVIACIONES ESPECIALES**

FC CIERRA A FALLA DE AIRE  
 FO ABRE A FALLA DE AIRE  
 FI FALLA INDETERMINADA  
 FL FALLA CON CANDADO  
 LO ABRE CANDADO  
 LC CIERRA CANDADO  
 NC NORMALMENTE CERRADO  
 NO NORMALMENTE ABIERTO

SO VAPOR DE SALIDA  
 CSO ABIERTO CON SELLO  
 CSC CERRADA CON SELLO  
 SP PUNTO DE AJUSTE  
 PV VARIABLE DE PROCESO  
 TSO CIERRE HERMETICO  
 BSO CIERRE DE BURBUJA



## IDENTIFICACION DE INSTRUMENTOS

### CODIGO DE LETRAS PARA IDENTIFICACION DE INSTRUMENTOS

PRIMERA LETRA		LETRAS SUBSECUENTES		
VARIABLE MEDIDA O INICIAL	MODIFICADOR	LETRA O FUNCION PASIVA	FUNCION DE SALIDA	MODIFICADOR
<b>A</b>	ANALISIS	ALARMA		
<b>B</b>	BURNER COMBUSTION			
<b>C</b>			CONTROL	
<b>D</b>		DIFERENCIAL		
<b>E</b>	VOLTAJE	SENSOR (ELEMENTO PRIMARIO)		
<b>F</b>	FLUJO	RELACION (FRACCION)		
<b>G</b>		VIDRIO, DISP. PARA VER		
<b>H</b>	MANUAL			ALTO
<b>I</b>	CORRIENTE (ELECTRICA)	INDICACION		
<b>J</b>	POTENCIA	BUSQUEDA		
<b>K</b>	TIEMPO, HORARIO	REPARACION DE CAMBIO	ESTACION DE CONTROL	
<b>L</b>	NIVEL	LUZ		BAJO MEDIO, INTERMEDIO
<b>M</b>		MOMENTARIO		
<b>N</b>				
<b>O</b>		ORIFICIO RESTRICCION		
<b>P</b>	PRESION, VACIO	PUNTO (PRUEBA), CONEXION		
<b>Q</b>	CANTIDAD, NUMERO	INTEGRADOR, TOTALIZDOR		
<b>R</b>	RADIACION	REGISTRO		
<b>S</b>	VELOCIDAD	SEGURIDAD	INTERRUPTOR	
<b>T</b>	TEMPERATURA		TRANSMISOR	
<b>U</b>	MULTIVARIABLE		MULTIFUNCION	MULTIFUNCION
<b>V</b>	VIBRACION, ANAL., MECANICO		VALVULA, TIRO, PERSIANA	
<b>W</b>	FUERZA, PESO	POZOS		
<b>X</b>	SIN CLASIFICACION	AXIAL	SIN CLASIFICACION	SIN CLASIFICACION
<b>Y</b>	EVENTO, EDO. O PRESENCIA	AXIAL	RELEVADOR, CALCULADOR, CONVERTIDOR	
<b>Z</b>	POSICION, DIMENSION	AXIAL	ACTUADOR, ELEMENTO FINAL DE CONTROL, SIN CLASIFICACION	





## **CONCLUSIONES**

Esta tesis fue realizada con el objetivo de contribuir al progreso de la instrumentación y automatización en el sector Petrolero, proporcionando el acceso y la aplicación de los conocimientos para una mejor comprensión de los Sistemas de Control Distribuido y a un mayor entendimiento entre el operador de proceso y la instrumentación.

También esta fuente de información se elaboró pensando en los estudiantes de ingeniería electrónica y en toda la comunidad de especialistas en esta rama, aportando las tendencias tecnológicas y económicas del sector industrial.

Referente al proyecto, cabe mencionar que el Sistema de Control Distribuido se diseñó para que alcance la máxima confiabilidad, seguridad y disponibilidad posibles y al mismo tiempo ser ventajoso económicamente. En base a esto se consideró lo más avanzado en el mercado, con tecnología de punta y conectividad total para ser integrado a la planta de Acrilonitrilo; perteneciente a Petroquímica Tula, S.A. de C.V.

Gracias a esta moderna tecnología integrada, la planta estará geográficamente y funcionalmente distribuida por señales de campo, que serán monitoreadas en tiempo real, tanto en el área de trabajo como en las oficinas administrativas, además de utilizar los recursos ya existentes del sistema de comunicaciones, que



es a base de fibra óptica. Con esta modernización el personal de operación tendrá la oportunidad de verificar y controlar el proceso desde cuarto de control.

A lo anterior, se consolida que el proyecto obtenga mejoras sustantivas como: la reducción en horas hombre, actualización de los dispositivos de instrumentación; recibiendo una mejor exactitud de los datos con los diferentes equipos integrados en el proyecto, y así poder tener un control eficaz de las variables de proceso.

Con la implementación del Sistema de Control Distribuido se mejorará la rentabilidad de los equipos que se encuentran instalados en la planta, ya que con una inversión de USD\$1,834,000.00 se incrementará la eficiencia del proceso de medición y control, teniendo la posibilidad de reducir gastos por mano de obra.

En fin los beneficios que este proyecto trae consigo son muchos, desde menor cantidad de paros no programados, hasta la seguridad de la planta, el producto y los trabajadores.



## GLOSARIO

**ACCION CORRECTIVA:** Es la variación de la variable manipulada producida por los medios de control. Los medios de control operan el elemento final de control (válvula de control), el que de hecho varia la variable manipulada.

**AUTOMATICO (AUTO):** Es una señal de control directamente proporcional a la desviación del proceso en su punto de ajuste.

**AUTORREGULACION:** Por si misma es una característica inherente del proceso la cual lleva a un valor de estado estacionario sin la intervención de un control automático.

**BANDA MUERTA:** Es el rango de valores, a través, del cual la variable medida puede cambiar sin iniciar una respuesta del instrumento.

**BANDA PROPORCIONAL:** Es el porcentaje que debe de recorrer la variable para que la válvula de control se mueva a sus posiciones extremas de totalmente abierta a totalmente cerrada; la salida del controlador es proporcional al error.

**CAPACITANCIA:** Es el cambio en cantidad contenida por unidad de cambio de alguna variable de referencia.





**CARGA:** Cambio en nivel de material, fuerza energía u otras variables aplicadas en un proceso, u otro componente del sistema.

**CERO:** Es el extremo inferior de la escala del instrumento de medición

**CIRCUITO ABIERTO:** Es un circuito sin retroalimentación, por ejemplo una lavadora automática.

**CONTROLADOR AUTOMÁTICO:** Es un instrumento que mide el valor de la desviación de la variable, lo compara con un valor deseado (SET-POINT) y actúa para corregir el valor de la desviación, mandando una señal correctiva al elemento final de control.

**CONTROL EN CASCADA:** Es un arreglo de dos controladores que actúan una sola válvula y sirve para darle mayor estabilidad al un proceso.

**DERIVATIVA:** Es una sobre corrección o una acción anticipatoria; o sea, que la acción derivativa es aquella en la cual hay una relación predeterminada entre la derivada de tiempo de la señal de error y la posición de la válvula de control.

**DESVIACION ESTABLE: (OFF-SET)** Es la diferencia entre el valor prescrito y el valor real de la variable.



**ELEMENTO FINAL DE CONTROL:** Es el dispositivo que cambia directamente el valor real de la variable manipulada.

**ELEMENTO PRIMARIO:** Es aquella parte de los medios de medición, la cual primero utiliza o transforma la energía del medio controlada detectando el valor de la desviación de la variable controlada.

**ERROR:** Es la diferencia entre el valor real de medición y el que este dando el instrumento.

**ESTABILIDAD:** Es el tiempo en que tarda en regresar la desviación de la variable manipulada al punto de ajuste.

**EXACTITUD:** Son los límites máximo o mínimo del error que potencialmente puede permitir un instrumento y se expresa en más o menos por ciento del valor máximo del rango.

**GAMA O SPAN:** Es la diferencia algebraica entre los valores máximo y mínimo del rango.

**GANANCIA:** Es el grado de amplificación de un control proporcional  $G = \frac{100}{B.P.}$



**HISTERESIS:** Es la máxima diferencia entre la escala máxima o mínima de la señal de medición durante la travesía del rango total para una misma entrada.

**LAZO DE PROCESO:** Básicamente es el monitoreo de una variable de proceso, un valor de punto de ajuste y de una salida de control.

**INSTRUMENTO:** Cualquier dispositivo que realice una función de medición o control a un proceso.

**MANUAL (MAN):** Es una señal de control ajustada manualmente en la IHM.

**MEDIO CONTROLADO:** Es aquella energía o material del proceso en el cual la variable es controlada.

**MEDIOS DE CONTROL:** Son aquellos elementos del controlador que producen la acción correctiva.

**MODOS DE CONTROL:** Se les llama modos de control a la acción correctiva del controlador sobre el elemento final de control para mantener el valor deseado de la variable controlada.

**PRECISION:** Es la tolerancia de medida o de transmisión del instrumento, es decir, el intervalo donde es admisible que se situó la magnitud de la medida.



**PROCESO:** Es un conjunto de componentes mecánicos o electrónicos conectados en cierta forma que permiten obtener un producto.

**PUNTO DE AJUSTE:** Es el punto en cual se desea mantener el valor de la variable controlada (SET-PONIT).

**PUNTO ANALOGICO:** Es el valor analógico de un punto del proceso que está siendo monitoreado dentro del elemento de descripción de un punto.

**PUNTO BOOLEANO:** Es la condición de los estados de un punto del proceso que está siendo monitoreado; tales como: Abierto/cerrado, etc. dentro del elemento de descripción de un punto.

**RANGO:** Es la región entre los límites dentro de los cuales una cantidad es medida, recibida o transmitida y es expresada estableciendo los valores inferior y superior del rango.

**RELACION (RATIO):** Es una salida de control que es una multiplicación del valor del punto de ajuste.

**RESET O REAJUSTE:** La acción de reajuste produce un cambio en la posición de la válvula con una rapidez proporcional a la desviación de la medición desde el punto de control.



**RESISTENCIA:** Es cualquier oposición al flujo de material, corriente o energía en un proceso.

**RETROALIMENTACION:** Es una señal que se relaciona a la variable controlada y que es comparada con la entrada de referencia para obtener la señal de error, la cual actúa directamente sobre el controlador.

**RETROALIMENTACION NEGATIVA:** Siempre trata de entrar en equilibrio (fuelle proporcional), y es la más utilizada en los sistemas de control.

**RETROALIMENTACION POSITIVA:** Busca una tendencia ya sea para subir o bajar. (fuelle reset), y esta limitada a cierto tipo de aplicaciones o lazos internos dentro de un proceso.

**TAG:** Es un punto del proceso (adquisición de dato) analógico o lógico (de dos estados), que es monitoreado por el sistema.

**TIEMPO MUERTO:** Es el intervalo de tiempo entre el cambio en la variable medida y el movimiento de la válvula de control para corregir tal cambio.

**VARIABLE:** Es una cantidad u otra condición que esta sujeta a un cambio y que puede controlarse.



**VARIABLE DE PROCESO:** Es un valor que está dentro de una escala limitada por un rango mínimo y máximo que nos señala el nivel que tiene el punto de proceso que es monitoreado. La variable de proceso puede ser expresada en unidades de ingeniería; tales como: galones por segundo, libras por hora, toneladas por hora, grados centígrados, etc. o pueden ser expresadas como porcentaje del límite mínimo y límite máximo.

**VARIABLE CONTROLADA:** Es aquella condición o estado del material del proceso que esta sujeta a cambiar, que es medida y controlada.

**VARIABLE MANIPULADA:** Es aquella variable que se ajusta para mantener el valor deseado de la variable controlada.



## BIBLIOGRAFIA

- 1) **OGATA KATSUHIKO**, *INGENIERIA DE CONTROL MODERNA*, EDITORIAL PRENTICE HALL, 3ª EDICION, 1998.
- 2) **DONALD ECKMAN P.** *PRINCIPLES OF INDUSTRIAL PROCESS CONTROL*, EDITORIAL WILEY, U.S.A., 1986.
- 3) **AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE**, *MANUAL ON INSTALLATION OF REFINERY INSTRUMENT*. PARTES I Y II, U.S.A. 1990.
- 4) **U. PETROQUIMICA TULA**, *MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE CONTROL AUTOMATICO*, 1999.
- 5) **PEMEX PETROQUIMICA**, *MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE INGENIERIA DE PROYECTOS*, 2000.
- 6) **KUO BENJAMIN**, *SISTEMAS AUTOMATICOS DE CONTROL*, EDITORIAL PRENTICE HALL, 7ª EDICION, 1996.
- 7) **BLACK UYLESS**, *REDES DE COMPUTADORAS, PROTOCOLOS, INTERFASES Y NORMAS*, EDITORIAL MACROBIT COEDICION, 1987.



- 8) **DICECK RONALD H.** *MEASUREMENT UNCERTAINTY METHODS AND APLICATIONS*, ISA SEGUNDA EDICION, 1997.
  
- 9) **MURRIL PAUL W.** *FUNDAMENTALS OF PROCESS CONTROL THEORY*, ISA TERCERA EDICION, 2000.
  
- 10) **LIPTAK BELA G.** *INSTRUMENT ENGINEER'S HANDBOOK*, ISA TERCERA EDICION, 1999.
  
- 11) **CREUS ANTONIO**, *INSTRUMENTACION INDUSTRIAL*, EDITORIAL MARCOMBO 6<sup>A</sup> EDICION 2001.
  
- 12) **FOXDOC™** *ELECTRONIC DOCUMENTATION FOR MEASUREMENT AND INSTRUMENT PRODUCTS*, FOXBORO, 2000.
  
- 13) **INDUSTRIAL IT** *TECHNICAL INFORMATION*, ABB, 2000.
  
- 14) **CONTROL VALVES**, *PRODUCT CATALOG*, MASONEILAN, 2000.
  
- 15) **THERMO ELECTRIC**, *TEMPERATURE DESIGNER'S GUIDE*, EDICION 1999.
  
- 16) **HONEYWELL**, *FIELD INSTRUMENTS 2000*.





**17) EMERSON PROCESS MANAGEMENT, TECHNICAL INFORMATION  
2000.**

**18) ABB INSTRUMENTATION, PRODUCTS SPECIFICATIONS 2000.**

**19) NATIONAL INSTRUMENTS, INTERACTIVE ENCYCLOPEDIA OF  
MEASUREMENT AND AUTOMATION, 2000.**