



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**PROPUESTA PARA LA UNIFORMIZACIÓN DE CRITERIOS EN  
EL DISEÑO DE DIAGRAMAS DE TUBERÍA E  
INSTRUMENTACIÓN DE PROCESO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO QUÍMICO**

**P R E S E N T A**

**OMAR BECERRIL BAUTISTA**

**MÉXICO, D.F.**



**EXAMENES PROFESIONALES  
FAC. DE QUÍMICA**

**2004**



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.

---

**JURADO ASIGNADO:**

**PRESIDENTE:** PROF. REYNALDO SANDOVAL GONZÁLES

**VOCAL:** PROF. JOSÉ ANTONIO ORTIZ RAMÍREZ

**SECRETARIO:** PROF. PEDRO ROQUERO TEJEDA

**1 er SUPLENTE:** PROF. JOSÉ SABINO SAMANO CASTILLO

**2 do SUPLENTE:** PROF. BALDOMERO PÉREZ GABRIEL

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:  
**TORRE DE INGENIERÍA, FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM**

**ASESOR**



**I.Q. JOSÉ ANTONIO ORTIZ RAMÍREZ**

**SUPERVISOR TÉCNICO**



**I.Q. MARCOS ÁLVAREZ PIMENTEL**

**SUSTENTANTE**



**OMAR BECERRIL BAUTISTA**

---

---

**A Dios**

**A mi esposa e hija**

**A mis padres y hermanos**

**A mis excelentes profesores**

**Y a mi gloriosa Universidad**

---

## ÍNDICE

Pág.

<b>1. CAPITULO I</b> .....	<b>5</b>
1.1. OBJETIVO .....	5
1.2. ALCANCE .....	5
1.3. INTRODUCCIÓN .....	5
1.4. PRINCIPAL NORMATIVIDAD APLICABLE AL DOCUMENTO PRESENTE .....	6
1.5. DEFINICIONES GENERALES .....	7
1.6. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS DTI'S .....	9
<b>2. CAPITULO II</b> .....	<b>11</b>
2.1. DESARROLLO .....	11
2.1.1. DOCUMENTOS (INFORMACIÓN) REQUERIDOS PARA LA GENERACIÓN DE DTI'S (GENERAL) .....	11
2.1.2. DIAGRAMAS DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN DE PROCESO .....	13
2.1.3. DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN DE SERVICIOS .....	17
2.1.4. DIAGRAMAS DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN .....	17
2.1.5. DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN CON INTEGRACIÓN DEL SISTEMA DE DESFOGUE .....	19
2.1.6. DOCUMENTOS (INFORMACIÓN) GENERADOS DURANTE EL DESARROLLO DE LOS DTI'S (GENERAL) .....	21
<b>3. CAPITULO III</b> .....	<b>23</b>
3.1. REVISIÓN GENERAL DEL DIAGRAMA .....	23
3.2. RESPONSABILIDADES .....	25
<b>4. CAPITULO IV</b> .....	<b>27</b>
4.1. FORMATO GENERAL Y DIBUJO .....	27
<b>5. CAPITULO V</b> .....	<b>49</b>
5.1. RECOMENDACIONES PARA LA SELECCIÓN DE VÁLVULAS Y DISPOSITIVOS ESPECIALES DE TUBERÍA EN LA INDUSTRIA PETROLERA .....	49
5.2. RECOMENDACIONES PARA LA SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS PRINCIPALES EN LA INDUSTRIA PETROLERA .....	58
<b>6. CAPITULO VI</b> .....	<b>94</b>
6.1. CODIFICACIÓN DE PLANOS EN PROYECTOS PARA PEMEX .....	94
6.2. FORMATO PARA DTI'S EN PROYECTOS PARA PEMEX .....	96
<b>7. CONCLUSIONES</b> .....	<b>99</b>
<b>8. APÉNDICES</b> .....	<b>100</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>132</b>

## 1. CAPITULO I

### 1.1. OBJETIVO

El presente documento tiene como objetivo hacer una propuesta para uniformar los criterios que se aplican sobre el diseño de los Diagramas de Tuberías e Instrumentación y establecer los lineamientos para el contenido, información, simbología y distribución de equipos para el desarrollo de Diagramas de Tubería e Instrumentación dentro de trabajos académicos, o desarrollo de proyectos particulares, con la aprobación previa de los involucrados en dichos proyectos (proveedor de ingeniería y cliente).

**Este documento se aplica principalmente para la industria petrolera.**

### 1.2. ALCANCE

Este documento incluye el formato y los contenidos mostrados en los Diagramas de Tubería e Instrumentación; estas recomendaciones son independientes del tiempo de realización de los proyectos, abarcando las fases de diseño, construcción, operación y mantenimiento.

Esta propuesta abarca todos los diagramas que entran dentro de la definición de: Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's), sólo para diagramas nuevos y no aplica para la revisión de existentes (los cuales hayan considerado otros procedimientos), también es aplicable a los diagramas entregados por proveedores de equipo, dicho documento puede aplicarse a la corrección de diagramas existentes en actualizaciones (as-built) o en otros casos en particular, estando de acuerdo el cliente y el proveedor de servicios de ingeniería.

### 1.3. INTRODUCCIÓN

Cualquiera de nosotros durante el desarrollo de nuestra vida, hemos tenido contacto con diagramas; desde la descripción de un partido en algún deporte o el cómo armar un mueble, hasta diagramas más específicos y técnicos como lo son los DTI's (Diagramas de Tubería e Instrumentación); el entendimiento de tales diagramas depende del conocimiento y las bases de información precedentes a éstos diagramas, por lo que al generar un diagrama es necesario tener una base sólida de información, así como una gran claridad al plasmar dicho diagrama.

En cualquier desarrollo de proyectos industriales es necesaria la generación de DTI's, así sea de nuevos procesos o la actualización (As-built) de procesos ya existentes, durante las fases más importantes en la ingeniería tales como lo son la generación de ofertas, ingeniería básica, ingeniería de detalle, fase de construcción, operación y mantenimiento.

El presente trabajo de tesis pretende ser un apoyo didáctico para la generación de DTI's, ésto dada la importancia de dichos diagramas en el desarrollo de la ingeniería de proyectos; este tipo de diagramas son la base para el desarrollo de gran número de documentos, así como la guía en el desarrollo de las diversas fases de la ingeniería de proyectos. Proyectos tan importantes para el desarrollo tecnológico e industrial de nuestro país.

Como propuesta de base en la realización de trabajos de ingeniería en cuanto a la generación de Diagramas de Tubería e Instrumentación, este documento ha sido realizado basado en los requerimientos técnicos de los estándares existentes más utilizados por usuarios industriales, contratistas y organizaciones de estandarización. Así homologando en el presente documento las recomendaciones comúnmente utilizadas en la generación de Diagramas de Tubería e Instrumentación, logrando así una reducción en costos tanto para el cliente como para el prestador de servicios de ingeniería, ya que al utilizar un mismo criterio se minimizaría el tiempo de entrega y aprobación de dichos diagramas.

A pesar de que en este documento se pretende incorporar la mayoría de los requerimientos normalmente utilizados en la práctica; en las aplicaciones individuales de cada proyecto es necesario tomar en cuenta los antecedentes y procedimientos del cliente basadas en las necesidades demandadas por éste, para así llegar a un acuerdo en el formato e información requerida a plasmar en los diagramas de tubería e instrumentación.

La simbología referida en dicho documento se basa en los lineamientos de la ISA (Instrument Society of America)

## **1.4. PRINCIPAL NORMATIVIDAD APLICABLE AL DOCUMENTO PRESENTE**

### **Process Industry Practices (PIP)**

PIP INEG1000 – Insulation Design and Type Codes.

PIP PCCIP001 – Instrument Piping and Tubing System Criteria.

PIP PCCPS001 – Instrument and Control System Criteria for Packaged Equipment.

PIP PCEDO001 – Guidelines for Control Systems Documentation.

PIP PIC001 – Piping and Instrumentation Diagram Documentation Criteria.

PIP PCSIP001 – Instrument Piping and Tubing System Specifications.

PIP PNE00001 – Design of ASME B31.3 Metallic Piping Systems.

PIP PNSM0001 – Piping Line Class Designator System.

### **American National Standards Institute (ANSI)**

ANSI/FCI 70-2-1991 - Quality Control Standard for Control Valve Seat Leakage

### **American Society of Mechanical Engineers (ASME)**

ASME Boiler and Pressure Vessel Code

Section VIII - Pressure Vessels

### **Instrumentation Society of America (ISA)**

ISA S5.1 - Instrumentation Symbols and Identification (R1992)

ISA S5.2 - Binary Logic Diagrams for Process Operations (R1981)

ISA S5.3 - Graphic Symbols for Distributed Control / Shared Display Instrumentation, Logic and Computer Systems

ISA S84.01 - Application of Safety Instrumented Systems for the Process Industries

ISA S91.01 - Identification of Emergency Shutdown Systems and Controls That Are Critical to Maintaining Safety in Process Industries

## **PEMEX**

2.401.01 - Simbología de Equipo de Proceso primera edición

1.030.01 - Guía Para la Elaboración de Planos y Formatos para Documentos Diversos primera edición

## **Tubular Exchanger Manufacturers Association (TEMA)**

TEMA Standards

## **1.5. DEFINICIONES GENERALES**

**Abierta al fallo (FO por sus siglas en ingles Fail Open):** Característica de una válvula automatizada que tiene como resultados la apertura de dicha válvula a funcionamientos defectuosos específicos, inclusive la pérdida de la señal o fallo de energía (Referencia ISA S5.1.)

**Accesible:** término aplicado a un dispositivo o función que puede ser utilizada o vista por un operario con el propósito de realizar las acciones del control (por ejemplo, los cambios del punto deseado ("set-point"), la transferencia de manual a automático y acciones de encendido y apagado) (Referencia ISA S5.1.)

**Accesorios:** Artículos conectados al equipo como componentes integrales, identificados como parte del mismo que están expuestos al proceso y cuya función es local a éste. Los ejemplos son válvulas de venteo y drenado, bridas de instrumentos, bridas ciegas, tapones, conexiones de tubería u otros artículos variados asociados con una parte del equipo.

**Bloqueada al fallo (FL por sus siglas en ingles Fail Locked) Ultima Posición:** Característica de una válvula automatizada que tiene como resultados la última posición de dicha válvula a funcionamientos defectuosos específicos, inclusive la pérdida de la señal o fallo de energía. Las válvulas automatizadas pueden provocar fallo indeterminado sin el equipo adicional. (La referencia ISA S5.1.)

**Cerrada al fallo (FC por sus siglas en ingles Fail Closed):** Característica de una válvula automatizada que tiene como resultados el cierre de dicha válvula a funcionamientos defectuosos específicos, inclusive la pérdida de la señal o fallo de energía (Referencia ISA S5.1.)

**Control Crítico de Seguridad:** Un control que al dejar de funcionar correctamente daría lugar a un lanzamiento catastrófico de producto químico tóxico, reactivo, inflamable o explosivo (referencia ISA S91.01.)

**Diagramas auxiliares:** son diagramas que pueden mostrar detalles de algún DTI, esto con el propósito de no saturar de información un diagrama específico. (Ejemplo, sistemas de lubricación de bombas, ejemplos de un sistema, detalles de instrumentación)

**Especificación de línea:** Especificación asignada a una sección de tubería que proporciona una lista de componentes de tubería para condiciones específicas de diseño.

**Encamisado (enchaquetado):** Una estructura de soporte cilíndrica, soldada al fondo de un recipiente vertical y extendido a base de soporte.



Equipo Paquete: Uno o más componentes de equipo proporcionados por un proveedor con los dispositivos y los componentes de apoyo para realizar una operación específica como unidad

Fallo Indeterminado (FI por sus siglas en ingles Fail Indeterminated): Característica de una válvula automatizada que tiene como resultado la posición desconocida de dicha válvula a funcionamientos defectuosos específicos, inclusive pérdida de la señal o fallo de energía. Algunas válvulas automatizadas no permanecerán en la última posición sobre el fallo y se posicionaran dependiendo de la presión diferencial en el proceso. Se podría necesitar equipo adicional para dar una definición de FC, FO o FL. (Referencia ISA S5.1.)

"interlock": sistema que, en respuesta a una condición predeterminada, inicia una acción predefinida. Típicamente comprendido señales (ON/OFF) y la lógica utilizada para el control del proceso, funcionan como secuenciador o interruptor protector del control normal del proceso. Existen intrlocks protectores los cuales son típicamente definidos como dispositivos que relacionan el control de seguridad del proceso, así asegurando la calidad de dicho proceso para conseguir una protección adecuada de la plusvalía del producto y del proceso.

Interruptor Manual (HS por sus siglas en ingles Hand Switch): Cualquier dispositivo discreto del control manipulable por el operador, ya sean botoneras en un panel u órdenes en el programador realizadas por el operario.

Presión de diseño: Es la presión utilizada en el diseño de un recipiente, junto con la temperatura de diseño del metal con el propósito de determinar el espesor permisible mínimo o sus características físicas de las diferentes zonas del recipiente (Referencia ASME Boiler Pressure Vessel Code Section VIII, Division 1, Appendix 3.)

"set-point": Es el punto deseado en el proceso (presión, temperatura, flujo, etc.) y es el principal objetivo del control, mantener la respuesta del proceso lo más cercano al "set-point" para así tener un error mínimo y un mayor control de dicho proceso, por ejemplo si se desea que exista un presión requerida en un tanque, la presión requerida de este tanque es el "set-point".

Sistema Básico de Control de Proceso (BPCS, por sus siglas en ingles Basic Process Control System): El Sistema Básico de Control de Proceso es el equipo de control y sistema que se instala para regular las funciones normales de operación. El BPCS puede contener la combinación de controladores neumáticos sencillos, controladores electrónicos sencillos (de un sólo circuito), Controladores Lógicos Programables (PLC's) y Sistemas de Control Distribuido (DCS's). El BPCS se requiere para operar el proceso. Los ejemplos de funciones de control incluidas en el BPCS son el de control en cascada, centros de arranque y paro de bombas. También conocidos como controles de regulación básica. Ver definiciones de HLCS y SIS.

Sistema de Control de Alto Nivel (HLCS por sus siglas en ingles Higher Level Control System): El sistema de control de alto nivel proporciona mayor sofisticación sobre el BPCS. El HLCS no necesita que esté en marcha el proceso. Las funciones de HLCS se basan típicamente en programas computarizados o sistemas que interactúan con el proceso, manipulando los "set-points" (puntos deseados de las variables de proceso). Ejemplos de las funciones de control en el HLCS, son el control de proceso estadístico y control de modelo predictivo. Vea las definiciones para BPCS y SIS.

Sistema Electrónico Programable (PES por sus siglas en ingles Programmable Electronic System): Sistema lógico que realiza su función mediante dispositivos programables o configurables (referencia ISA S84.01.)

Sistemas Instrumentados de Seguridad (SIS por sus siglas en ingles Safety Instrumented Systems): Sistemas integrados por sensores, solucionadores lógicos y elementos finales de control con el fin de llevar el proceso a un estado seguro cuando se viola alguna condición predeterminada. Otros términos usados comúnmente incluyen el Sistema de Paro de Emergencia (ESD, ESS por sus siglas en ingles Emergency Shutdown System), el Sistema de Paro de Seguridad (SSD por sus siglas en ingles Safety Shutdown System) y el Sistema "interlock" de seguridad. (Referencia ISA S84.01.) Vea las definiciones para BPCS y HLCS.

Solucionador lógico: El equipo de control que realiza la función lógica. Puede ser de "hardware" (por ejemplo, los relevos) o Sistema Electrónico Programable (por ejemplo, DCS o PLC, inclusive microprocesadores de doble o triple redundancia)

"TAG": Para los propósitos de etiquetar componentes de instrumentación y de control, un dispositivo de "hardware" o un punto del software se identifican con un número de etiqueta siguiendo las recomendaciones del ISA.

Válvula automatizada: Cualquier válvula con actuador de mando local o a distancia. Ejemplos válvulas de estrangulación controladas, válvulas de bloqueo ON/OFF. Los actuadores son típicamente operados con sistemas neumáticos (diafragma o émbolo), eléctrico o hidráulico, algunos con función de regreso inmediato. Las válvulas manualmente operadas son a veces también identificadas como válvulas automatizadas cuando cuentan con interruptores de posición.

Válvulas Encendido / apagado (ON/OFF): Se denominan válvulas ON/OFF al tipo de válvulas las cuales sólo son de total apertura o totalmente cerradas según sea el caso de su operación normal, cuando una válvula es normalmente abierta se denomina ON y en su caso al ser normalmente cerrada se denomina OFF.

Válvula de paso o bloqueo: La primera válvula o válvulas entre el proceso y un dispositivo auxiliar (ejemplo, un instrumento). Este tipo de válvulas están en contacto con el proceso y se utiliza para aislar un dispositivo del proceso. También son referidas comúnmente como la válvula primaria de bloqueo.

## 1.6. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS DTI'S

### A. DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN

Los diagramas de tubería e instrumentación son diagramas detallados de proceso en el cual se incluyen las partes físicas del proceso como pueden ser bombas, equipo, tubería, etc. ("hardware") y las programables (software) como lo es el programa de un PLC, del respectivo proceso necesarias para el diseño, construcción, operación y mantenimiento del mismo. Un sinónimo común de estos diagramas es: Diagramas Mecánicos de Flujo (MFD's por sus siglas en ingles Mechanical Flow Diagrams).

Los Diagrama de Tuberías e Instrumentación se usan como fuente de información en el desarrollo de la ingeniería en todas sus fases, y es debido a la basta cantidad de información que los Diagramas de Tubería e Instrumentación contienen que debe contener información exacta, clara y completa, con la mínima complejidad, mostrando todos los componentes que forman el sistema que representa.

Los requerimientos en la practica nos permitirán hacer un balance para decidir, si es más conveniente el añadir toda la información en un DTI o hacerlo más legible para su fácil análisis. En caso de requerirse realizar una representación detallada, se pueden añadir dibujos de detalle en planos auxiliares, en los cuales se puede representar explícitamente cualquier información importante, así permitiendo que el DTI sea más sencillo y legible sin estar saturado de información.

---

**B . CLASIFICACIÓN**

Los DTI's se clasifican en los siguientes tipos:

**Diagramas de Tuberías e Instrumentación de Proceso**

Representan los componentes de la planta que intervienen directamente en el proceso de que se trate.

**Diagramas de Tuberías e Instrumentación de Servicios**

Representan los componentes necesarios para la generación de servicios que se requieren para llevar a cabo un proceso determinado (agua, vapor, aire, etc.).

**Diagramas de Distribución**

Representan los sistemas de interconexión entre los diferentes diagramas de proceso y/o servicios auxiliares (representación de cabezales que unen entre sí a las plantas de proceso o que unen las plantas de proceso con las de servicios auxiliares o conectan áreas de servicios auxiliares entre si).

**Diagramas de Contra Incendio**

Representan los equipos y accesorios de seguridad y protección contra incendio. Son ejemplos, el DTI de la red de agua contra incendio, diagramas de sistemas de diluvio, etc.

**Diagramas de Típicos y de Simbología**

Contienen nomenclatura, simbología, notas aclaratorias y detalles típicos aplicables al proyecto, como son los arreglos estándares requeridos para los sistemas de trampas de diablos (lanzadores y receptores de sistemas de limpieza de ductos), planes de sello y enfriamiento de bombas, tomas de muestra, etc.

## 2. CAPITULO II

### 2.1. DESARROLLO

#### 2.1.1. DOCUMENTOS (INFORMACIÓN) REQUERIDOS PARA LA GENERACIÓN DE DTI'S (GENERAL)

Muchos documentos son requeridos antes de iniciar la generación de un DTI. La mayoría de estos documentos son proveídos por la ingeniería de proyecto y la ingeniería de proceso. Pero, los servicios de planta, materiales, y especialistas de otros grupos también están involucrados en las etapas anteriores a la generación del DTI. Alguna información viene de fuera del grupo de ingeniería, incluyendo consultoría y catálogos de proveedores, información obtenida de artículos de revistas de ingeniería, libros de texto de ingeniería, información de campo de existir o información de proyectos similares.

Los documentos más importantes requeridos para comenzar con la generación del DTI son:

1. Bases de usuario: utilizadas por la ingeniería de proyecto para definir el tipo de proyecto, localización, capacidad de producción, fecha estimada de arranque, garantías, entre otros términos contractuales.
2. Documentos de proyecto (bases de diseño): documentos generados por ingeniería de proyecto, los cuales incluyen datos de diseño para el proyecto y lista de equipo requerido.
3. Plan de ingeniería: generado por el gerente asignado al proyecto. El plan de ingeniería es cimentado en las bases de usuario y en el plan de proyecto (generado por ingeniería de proyecto). Este plan cubre todos los aspectos de las actividades de ingeniería incluyendo:
  - a. Todas las facilidades del proyecto.
  - b. Responsabilidades.
  - c. Alcance de ingeniería.
  - d. Requerimientos de diseño.
  - e. Especificaciones de diseño.
  - f. Garantías de ejecución.
  - g. Aseguramiento de calidad y costo de control de proyecto.
  - h. Programación (calendario) del proyecto.
  - i. Estudios de diseño si son requeridos.
4. Diagrama de flujo de proceso (DFP) y condiciones de diseño: mostrando todos los equipos principales, balance de materia y energía, flujos y condiciones en general de operación. A menudo los diagramas de flujo de proceso pueden mostrar mas de una condición de operación (ejemplo; diseño, máximo y normal), la razón de mostrar mas de una condición de operación es la posibilidad de fluctuaciones en las condiciones de operación. El diseño se realiza con las condiciones críticas.

Los diagramas de flujo de proceso vienen acompañados por documentos de descripción del proceso en los cuales se plasman las bases de estos diagramas. Lo documentos que acompañan a los diagramas de flujo de proceso, contienen una explicación del proceso, objetivos del diseño del proceso, y condiciones de diseño. Estos documentos descriptivos del proceso son generados por el departamento de proceso.
5. Datos de diseño de proceso (bases de diseño de proceso): generado por la ingeniería de proceso, documento el cual incluye todas los datos de propiedades físicas (como son: densidad, viscosidad, conductividad térmica, etc.) no mostradas en las tablas de corrientes del DFP. También podría incluir propiedades y requerimientos químicos y catalíticos.

6. Datos de equipo de proceso (hojas de datos): generados por el departamento de proceso. Estos documentos muestran las condiciones de entrada y salida para el diseño de un equipo en específico. En el caso de los intercambiadores de calor se suelen incluir gráficos de las propiedades físicas de la corriente en función de la temperatura.
7. Especificaciones de trabajo: este documento es generado como estándar y especificación de grupo para los departamentos de ingeniería que participan ocasionalmente. Este documento especifica los lineamientos que deben ser seguidos por los departamentos de ingeniería y los proveedores involucrados en el diseño mecánico, fabricación y embarque de equipo. Normalmente este documento incluye requerimientos para:
  - a. Diseño mecánico y arreglo de equipo en planta.
  - b. Aislamiento acústico.
  - c. Maquinaria y equipo paquete.
  - d. Calentadores, intercambiadores de calor, recipientes.
  - e. Especificaciones de embarque (condiciones, seguro, etc.) y entrega de equipo, maquinaria y materiales de planta.
  - f. Especificaciones de protección de equipo y materiales dentro de planta.
  - g. Equipo eléctrico.
8. Materiales de construcción: documento generado por los especialistas en metalurgia, usualmente consta de un diagrama de flujo de proceso marcado con la especificación de los materiales de construcción requeridos para cada tubería principal. Utilizados como bases para las especificaciones de materiales de tubería.
9. Diagrama de control de proceso: generado por el departamento de instrumentación; este documento muestra la filosofía del control e instrumentación de los parámetros de proceso.
10. Especificación de materiales de tubería: generado por el departamento de tuberías. Especifica los materiales de tuberías, bridage (rating), y componentes de tubería para cada clase de tubería.
11. Especificaciones del cliente: éste puede variar ampliamente en alcance: desde no especificar nada, hasta especificar velocidades en tuberías basadas en detalles de estudios económicos del cliente. Las especificaciones del cliente pueden también incluir resúmenes de costos para su uso en estudios económicos. Otras especificaciones hechas por el cliente podrían referirse al dimensionamiento de equipo, selección de materiales, localización de instrumentos, valvuleo, instalaciones mecánicas, etc.
12. Información de proveedores: información que los proveedores de las últimas tecnologías en equipo, materiales, instrumentos, etc., proveen; así proporcionando información acerca de la ubicación y tamaño de boquillas, instrumentos, servicios requeridos, y otros que requiera para la interfase del equipo, la información de proveedores es de utilidad ya que el equipo que se provea requerirá de conexiones al proceso y a los servicios en planta.
13. Datos de instrumentos: generados por el departamento de instrumentación; consiste principalmente en esquemas acerca de conexiones de instrumentos en recipientes para instrumentos de nivel y otros instrumentos que requieran de conexión directa en recipientes. Estos datos asegurarán que el DTI plasme adecuadamente la ubicación relativa de la conexión de instrumentos.
14. Especificaciones de aislamiento y acabado de materiales (pintura, aislamiento, recubrimiento): generado por el departamento que defina el acabado de materiales, requerido durante la generación del DTI, para indicar la nomenclatura del acabado de los materiales en planta; la cual será utilizada por otros departamentos como tuberías y materiales.
15. Programación calendarizada del proyecto: provee fechas objetivo para los diversos grupos del proyecto. Generado por el grupo de planeación del proyecto.

16. Balances de servicios auxiliares preliminares: generalmente realizados por el departamento de proceso, basados en los requerimientos de servicios auxiliares de los usuarios mayoritarios y de exportación e importación. Estos balances proveen la información para el dimensionamiento preliminar de cabezales de distribución y para el balance definitivo que se realizará posteriormente.
17. Códigos, estándares y regulaciones: copias de los códigos, estándares y regulaciones especificadas en los datos de diseño de proceso (bases de diseño de proceso), los cuales deberán estar disponibles para su consulta, así asegurando consistencia con dichos Códigos, estándares y regulaciones.

### **2.1.2. DIAGRAMAS DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN DE PROCESO**

Los Diagramas de Tuberías e Instrumentación se deberán elaborar en conjunto entre los Departamentos de Proceso e Instrumentación a fin de fijar los criterios a seguir. El Departamento de Proceso establece las variables a medir y/o controlar e Instrumentación define los sistemas más adecuados al proceso, sistemas que deberán ser revisados por el Departamento de Proceso.

Cuando se especifiquen equipos paquete, el Departamento de Proceso deberá enviar una copia de las delimitaciones del equipo paquete para revisión y/o definición de alcances con respecto a la instrumentación a suministrar por el proveedor; al recibirse la oferta, el Departamento de Proceso elaborará la tabla comparativa y el alcance para compra, oferta que serán revisadas por Instrumentación para certificar que el alcance, marca y tipo de los instrumentos sean adecuados a los requisitos de las especificaciones. Adicionalmente, los Departamentos de Instrumentación y Proceso deberán revisar la información del proveedor.

El Departamento de Tuberías podría tener en su posesión la copia maestra del Diagrama de Tuberías e Instrumentación a partir de la revisión "cero" (editado para construcción) pero es conveniente que el departamento de Tuberías utilice una copia de trabajo y la copia maestra del Diagrama de Tuberías e Instrumentación permanezca en el departamento de Proceso.

La custodia del diagrama original deberá estar a cargo del Departamento de Proceso o en el área de control de documentos del proyecto.

#### **A. INFORMACIÓN REQUERIDA PARA LA ELABORACIÓN DEL DTI DE PROCESO**

Para la elaboración del DTI en revisión preliminar se deberá disponer de la siguiente información:

Diagramas de flujo de proceso aprobados

Bases de diseño

Hojas de datos y/o dibujos

Lista de equipo

En las siguientes revisiones de este diagrama (para aprobación del cliente, aprobado para construcción, revisiones posteriores al aprobado para construcción) se requiere, además de la información antes indicada, lo siguiente:

Hojas de datos y/o dibujos de fabricante de equipos

Retroalimentación de información de diseño de tuberías, otras disciplinas y comentarios del cliente.

**B. INFORMACIÓN CONTENIDA**

El DTI de proceso en revisión preliminar deberá incluir la siguiente información:

Todos los equipos que se muestran en los diagramas de flujo de proceso, incluyendo unidades de repuesto, unidades en paralelo, equipo mecánico y equipo auxiliar.

Cuando sea necesario se incluirá también el equipo futuro.

Todas las líneas que se requieran para la operación de la planta, tanto de proceso como de servicios auxiliares incluyendo líneas de derivación (by-pass), recirculaciones, configuraciones especiales (sifones, piernas barométricas, etc.), venteos y drenes de equipo, tomas de muestra, líneas que se requieran para el arranque de la planta, paros, emergencias, etc.

Todos los accesorios requeridos como: trampas de vapor, mangueras flexibles, juntas de expansión, conexiones para carga y descarga de materiales. Las trampas mostradas en los DTI's serán sólo las asociadas a equipos y deberán ser identificadas con un número, mostrándose gráficamente representadas como aparecen en el apéndice III parte 5 de 8. Los detalles se mostrarán en el diagrama correspondiente de típicos.

Todos los instrumentos de medición y control localizados en líneas y equipo incluyendo válvulas de control, indicando su arreglo (by-pass).

Válvulas de seguridad y discos de ruptura.

En las siguientes revisiones de este diagrama (aprobación del cliente, aprobado para construcción, revisiones posteriores al aprobado para construcción), se incluirá información complementaria y detallada como la siguiente:

Todas las líneas completamente identificadas con diámetro, fluido, número y especificación, trazado, cambio de especificación y cambio de diámetro (reducciones).

Dentro de tanques y recipientes los niveles de operación críticas para el proceso.

Tamaño de válvulas de control y válvulas de seguridad y toda la instrumentación numerada. Para las válvulas de seguridad se indicará además el tamaño del orificio y la presión de relevo.

Acción de las válvulas de control en caso de falla.

Sellos químicos para manómetros y transmisores donde se requieran, así como inyección de fluidos, gas, aceite, nitrógeno, etc. en todos los casos en que se requiera.

Todos los circuitos de control mostrando la interacción con las variables controladas.

Altura del faldón de torres y recipientes que lo requieran por NPSH, así como la elevación de los rehervidores y otros equipos para cumplir con requerimientos hidráulicos específicos, como flujo por gravedad, etc.

Número de serpentines en calentadores, tanques y recipientes.

Información de fabricantes, definiendo claramente el alcance de suministro.

Notas para diseño, construcción, instalación, operación o mantenimiento.

Lista de pendientes, información que hace falta definir.

La representación de las turbinas accionadoras de equipo.

La clave de los equipos ("TAG") se indicará dentro del símbolo del mismo, siempre que el espacio lo permita, ej. En cambiadores de calor, columnas, recipientes, reactores, compresores, turbinas principales, calentadores a fuego directo, etc.

### **C. ACLARACIONES AL CONTENIDO DE LOS DTI'S**

Para todos los diagramas que se elaboren se deberán tener presentes los siguientes detalles, los cuales deberán ser evitados; excepto los que solicite el cliente y sean aprobados por la Gerencia del Proyecto y el Departamento de Proceso.

No codificar válvulas de corte o bloqueo

No indicar tamaño de las reducciones en arreglos de válvulas de control.

No indicar los detalles de válvulas y conexiones de estaciones de servicios auxiliares, ni la ubicación de la misma. Sólo se indicará su número de identificación.

No se indicarán en bombas los detalles de planes de sello y/o enfriamiento a menos que se requiera.

No se mostrarán las trampas de vapor requeridas en cabezales y líneas, las cuales serán determinadas y adquiridas por el Departamento de Tuberías.

No se mostrarán detalles de paquetes auxiliares tales como consolas de lubricación, paquetes de vacío, etc. para los cuales el proveedor proporciona el DTI correspondiente.

No se mostrarán las válvulas de corte y venteo de manómetros e instrumentos de presión, ni las tomas de presión de elementos de flujo, ya que estos detalles son mostrados en el típico de instalación.

No se debe indicar el tamaño ni detalles de los termopozos.

No mostrar las válvula de corte, venteo y drenaje de los medidores de nivel, ya sean transmisores o indicadores.

No se mostrarán las características generales de diseño y construcción de los equipos, sólo se debe indicar No. de equipo, nombre y parámetros principales como: capacidad, tipo, potencia y material. El equipo rotatorio en la parte inferior y el resto del equipo en la parte superior preferentemente.

#### **ADICIONALMENTE Y EN DIAGRAMAS SEPARADOS SE INDICARÁN LOS SIGUIENTES DETALLES ACLARATORIOS:**

Arreglos típicos en cuanto a estaciones de servicios auxiliares, identificando lo que se debe incluir para cada estación, haciendo también una lista que indique para cada número la correspondiente ubicación.

Detalles de planes de limpieza de sello y enfriamiento para bombas indicando para qué "TAG" aplica.

Detalle típico de arreglo de trampas de vapor mostrando todas las válvulas y conexiones.

Detalle típico de servicios auxiliares a turbinas de equipo que usualmente funcionan como reserva.



En todos los proyectos se deberá editar el DTI o los DTI's de simbología de equipos, de válvulas y líneas e instrumentación correspondiente.

Se incluirá también la descripción de la codificación de líneas, las abreviaturas usadas y las notas generales.

#### **D. UTILIZACIÓN**

La información contenida en el DTI de proceso servirá de fuente de datos para las diversas disciplinas que intervienen en la ingeniería de la planta, permitiendo (en función del grado de avance del diagrama) el desarrollo de actividades como las siguientes:

##### **DEPARTAMENTO DE PROCESO**

- Diseño de los sistemas básicos de control requerido
- Determinación del número y clase de equipos
- Elaboración del índice de líneas, lista de equipo y lista de motores y cargas
- Revisiones de seguridad (HAZOP)
- Conocimiento de la trayectoria y componentes de las líneas
- Información para la elaboración o revisión de arreglos de equipo
- Elaboración del manual de arranque, operación y mantenimiento de la planta

##### **PARA OTROS DEPARTAMENTOS**

- Para dar una visión del proyecto y alcance de trabajo
- Definir los sistemas de control y establecer la instrumentación detallada requerida en el proceso, numeración de instrumentos y elaboración del índice de instrumentos.
- Revisión del índice de líneas, elaboración de planos de tubería, tendidos en líneas, arreglos en planta y elevación de tuberías, elaboración y codificación de isométricos, colocación de instrumentos en la maqueta y/o modelo electrónico.
- Determinación de la cantidad de equipo accionado por motor eléctrico y sistemas de control eléctrico.
- Para comunicarse con el cliente y registrar cambios y/o adiciones al trabajo realizado en el proyecto.

### 2.1.3. DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN DE SERVICIOS

#### A. GENERAL

Estos diagramas muestran los sistemas de suministro de servicios auxiliares tales como generación de vapor, tratamiento de agua, aire de instrumentos, aire de planta, sistemas de refrigeración, etc.

Cuando se trata de equipo "paquete", el DTI debe ser suministro del proveedor y no afecta el desarrollo de las actividades de otros departamentos (o las afecta en una mínima parte); por lo que la adición del diagrama para aprobación del cliente puede esperar hasta la recepción de los dibujos del proveedor.

**No se elaboraran DTI's para aquellos paquetes en los cuales el proveedor lo suministra.**

Los alcances de suministro terminarán en las conexiones que serán suministradas por el proveedor.

Los alcances de ingeniería así como los alcances de suministro deberán definirse con los símbolos mostrados en el plano de simbología y notas generales, a fin de tener delimitadas las responsabilidades y evitar duplicidad o falta de diseño de algún sistema o parte de él.

#### B. INFORMACIÓN REQUERIDA PARA LA ELABORACIÓN DE DTI'S DE SERVICIOS

Para la elaboración de DTI's de servicios (torre de enfriamiento, tanques de almacenamiento, etc.) en revisión para aprobación del cliente, se deberá disponer de la siguiente información:

Diagramas de flujo de proceso aprobados

Diagramas de balance de servicios aprobados

Diagramas de tuberías e instrumentación de proceso

Bases de diseño

En las siguientes revisiones además se requiere:

Incluir comentarios y/o cambios por el cliente

Hojas de datos y/o dibujos de fabricante

Retroalimentación del diseño de tuberías

Retroalimentación con el departamento de instrumentación

### 2.1.4. DIAGRAMAS DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN

#### A. INFORMACIÓN REQUERIDA PARA LA ELABORACIÓN DEL DTI

Para la elaboración del DTI de distribución en revisión para aprobación del cliente se debe disponer de la siguiente información:

Diagramas de flujo de proceso aprobados

Diagramas de balance de servicios aprobados

Diagramas de tuberías e instrumentación de proceso y servicios

Plano de localización general de equipos

Bases de diseño

En las siguientes revisiones que se editan de este diagrama (aprobado para construcción) se requiere además de la información antes indicada, la siguiente:

Información de fabricantes de equipo (bomba, compresores, turbinas, cambiadores de calor, equipos paquete, etc.).

Retroalimentación de información de diseño de tuberías y departamento de instrumentación

## **B. INFORMACIÓN CONTENIDA**

El DTI de distribución en revisión para aprobación del cliente deberá incluir la siguiente información:

Todos los equipos de proceso a los cuales se les alimentan los diferentes servicios mostrando su localización relativa (se debe mostrar la clave y el número de diagrama donde se localiza dentro de un rectángulo).

Todas las líneas y cabezales de servicios auxiliares, indicando su localización relativa en el cabezal.

La instrumentación requerida en límites de batería y en cualquier otra sección del sistema representada en este diagrama. La instrumentación de la línea de servicios que se conecta al equipo de proceso se mostrará en el DTI de proceso.

En el caso de agua de enfriamiento y servicios se indicarán, la alimentación y retorno de agua a todos los equipos que la requieran, así como la alimentación a estaciones de servicio y conexiones para mantenimiento de bombas (ej. Purgas).

En el caso de vapor y condensados se indicarán todos los equipos a los cuales se alimenta, el regreso de condensado y el tanque separador.

En las siguientes revisiones que se editan de este diagrama (aprobado para construcción, revisiones posteriores al aprobado para construcción) se incluirá información complementaria y detallada como la siguiente:

Numeración de toda la instrumentación, válvulas de control y válvulas de seguridad.

Tamaño de válvulas de control, válvulas de desvío (by-pass) y válvulas de seguridad.

Modificaciones que surgieran durante el diseño de tuberías, proporcionadas por esta especialidad.

Modificaciones que surgieran por información de fabricantes.

## C. UTILIZACIÓN

La información contenida en el DTI de integración servirá de fuente de datos para las diversas disciplinas de ingeniería que intervienen en el diseño de la planta permitiendo, en función del estado de avance del diagrama, el desarrollo de actividades como las siguientes:

### DEPARTAMENTO DE PROCESO

Para elaborar manuales de arranque, operación y mantenimiento.

### OTROS DEPARTAMENTOS

Continuar con estudios de tuberías, tendido de líneas, elaboración de isométricos.

Definir sistemas de control, numeración de instrumentos y elaboración del índice de instrumentos

Continuar con diseño eléctrico

## 2.1.5. DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN CON INTEGRACIÓN DEL SISTEMA DE DESFOGUE

### A. INFORMACIÓN REQUERIDA PARA LA ELABORACIÓN DEL DTI.

Para la elaboración del DTI de integración del sistema de desfogue en revisión para aprobación del cliente se deberá disponer de la siguiente información:

Diagrama de flujo de proceso aprobado

Plano del arreglo de localización de equipo

Hojas de datos de equipo (recipientes, torres, cambiadores, etc.)

Diagramas de tuberías e instrumentación de proceso aprobados

Bases de diseño: definición del punto de salida de las corrientes de desfogue, condiciones de entrega requeridas para los desfogues, contrapresión en límite de batería para cada tipo de relevo o distancia al quemador.

En las siguientes revisiones que se editan de este diagrama (aprobado para construcción, revisiones posteriores al aprobado para construcción) se requiere además de la información antes indicada, la siguiente:

Información obtenida del cálculo de los tanques de desfogue

Información del diseño del enfriador de desfogue líquido (o vaporizador)

Información del cálculo de la bomba de desfogue líquido

Retroalimentación de información de diseño de tuberías

Información de proveedores de equipo.

## B. INFORMACIÓN CONTENIDA

El DTI del sistema de desfogue en revisión para aprobación del cliente deberá incluir la siguiente información:

Los cabezales recolectores de desfogue de acuerdo al arreglo de tuberías en la planta.

Las válvulas de seguridad descargando a su cabezal respectivo, e indicadas de acuerdo al orden de localización.

Las válvulas de seguridad mostrarán su identificación y tamaño.

Se indicará el tamaño e identificación de la línea de salida de cada válvula, así como el de los cabezales.

Se mostrará el tanque (tanques) separador de desfogues.

Se mostrarán las bombas para extraer el desfogue líquido.

Se mostrarán los cambiadores de calor para enfriar o vaporizar la entrega de desfogue líquido.

Tabulación donde se indican las condiciones de relevo por válvula y los flujos de relevo por causa, para la visualización de la causa que gobierna el diseño del sistema de desfogue.

Notas para el diseño de tuberías (indicación de líneas que requieran pendientes, etc.).

En las siguientes revisiones que se editan de este diagrama (aprobado para construcción, revisiones posteriores al aprobado para construcción) se incluirá información complementaria y detallada como la siguiente:

Información de fabricantes de válvulas de seguridad.

Modificaciones por el diseño de tuberías

## C. UTILIZACIÓN

La información contenida en el DTI del sistema de desfogue servirá para las diversas disciplinas que intervienen en la ingeniería de la planta, permitiendo el desarrollo de actividades como las siguientes:

### DEPARTAMENTO DE PROCESO

Suministro de información al Departamento de Tuberías (análisis de esfuerzos) para la revisión de líneas que requieran arreglos especiales y elaboración de isométricos.

### PARA OTROS DEPARTAMENTOS

Elaboración de índice de líneas y planos de tubería.

## 2.1.6.DOCUMENTOS (INFORMACIÓN) GENERADOS DURANTE EL DESARROLLO DE LOS DTI'S (GENERAL)

Durante el diseño de un DTI, también se generan otros documentos relacionados o adicionales a dichos diagramas. Estos documentos generalmente transmiten información resultado de los cálculos hidráulicos y del establecimiento de las condiciones de diseño. Posteriormente los diversos grupos de ingeniería utilizan esta información para especificar equipo, diseño de válvulas de control, entre otras utilidades. Cuando el equipo es especificado por el departamento la ingeniería de proceso, la ingeniería de procura utiliza las hojas de datos especificadas por la ingeniería de proceso como fuente de información para seleccionar proveedores.

Los documentos más importantes generados durante el desarrollo de los DTI's son:

1. Hojas de datos de bombas: Contiene los datos de flujo y condiciones de operación y diseño. Provee datos de NPSH (net pressure suction head) disponible y especificaciones de líneas relacionadas con las bombas, bridage (rating) de bridas y tipo de cara de las bridas (ejemplo, RF raised face, cara realzada) de las conexiones de succión y descarga de las bombas, de igual manera se provee datos de la presión diferencial en las bombas.
2. Hojas de datos de compresores: Similar a las hojas de datos de bombas, incluye presión diferencial, bridage (rating) de bridas y tipo de cara de las bridas, especificaciones de líneas, y tipo de compresores.  
Siempre se debe incluir las condiciones críticas de operación, especialmente para compresores de tipo dinámico tales como los centrífugos y axiales.
3. Hojas de datos de intercambiadores de calor: Provee las presiones máximas de operación tanto por el lado de los tubos como para el lado de la coraza, presiones a bomba fuera de operación, presiones de diseño y de prueba. Se incluyen los datos de las boquillas tales como: tamaño, bridage (rating) y tipo de cara de las bridas.
4. Hojas de datos de recipientes: Incluyen el tipo de recipientes, presión de diseño, temperatura máxima de operación y bridage (rating) mínimo. Incluye información de las conexiones de los recipientes la cual consiste en: tamaño de líneas, bridage (rating) y tipo de cara de bridas de conexión a los recipientes, número de línea y especificación de tuberías de dichas líneas.
5. Hojas de datos de válvulas de control e instrumentos de medición de flujo: Provee datos de sistemas de control e instrumentación tales como flujos, caídas de presión máximas permitidas en una válvula o elemento de medición de flujo para la selección de las válvulas y elementos de medición apropiados (tipo y tamaño). De igual forma especifica que accesorios son requeridos.
6. Hojas de datos de hornos (calderas): Similar a las de los recipientes, pero éstas incluye pruebas hidráulicas para presión y no se muestran las presiones de diseño. Ésto es dado a que la presión de diseño de los tubos es igual a la presión de diseño de las líneas de salida de los hornos (calderas).
7. Elevación de equipo y NPSH para bombas: Es un documento que incluye la elevación de equipo (de requerirse), este documento provee información adicional y es el resultado de la coordinación de diferentes áreas tales como ingeniería de proceso (equipo) e ingeniería de tuberías. Ingeniería de proceso (sistemas) provee los datos de NPSH requerido de las bombas que le concierne. Ingeniería de proceso (equipo) provee datos de NPSH disponible basados en cálculos hidráulicos. Tuberías debe asegurar que la elevación de los recipientes son las adecuadas para proveer el NPSH disponible calculado como mínimo. Si el costo de elevar los recipientes es muy alto, ingeniería de proceso (sistemas) deberá cambiar el diseño de la succión o el tipo de bomba (equipo).

8. Hojas de datos de condensadores de superficie: Basado en los balances de servicios (vapor y agua de enfriamiento) generados por ingeniería de proceso (sistemas). Contiene los flujos datos de presión y temperatura para las condiciones normales y de diseño. Se especifica la caída máxima de presión del lado del agua de enfriamiento y las condiciones de eyección de vapor son a menudo especificadas. Los tamaños de las conexiones y la localización aproximada son comúnmente mostradas en estos documentos.
9. Hojas de datos de deareadores: Basado en el balance de vapor generado por ingeniería de proceso (sistemas), este documento contiene datos de flujo y condiciones de operación y diseño. También incluye datos acerca de las medidas de boquillas y bridage (rating) de bridas de los recipientes deareadores.
10. Hojas de datos de equipos especiales: Los equipos especiales abarcan una gran diversidad de tipos de equipo, así que el formato de este documento es básicamente generado por ingeniería de proceso (sistemas). Generalmente incluye condiciones de diseño, tamaño de boquillas y bridage (rating), esquemas, y otras consideraciones de diseño tales como, materiales, accesorios, etc.
11. Hojas de datos de válvulas y dispositivos de seguridad (dispositivos de relevo): Este documento especifica (después de haber sido diseñadas) el tamaño, materiales, bridage (rating) de bridas, de igual forma incluye la presión de relevo, la contra-presión inicial y permitida, temperatura de operación, presión de ajuste, entre otras.
12. Hojas de datos de adquisición de artículos especiales de tubería: Especifica los artículos especiales por fabricante y número de modelo (por ejemplo filtros). Describe el servicio y cualquier consideración de diseño incluyendo, temperatura, presión, materiales y caída de presión permisible, etc. Éstos son generalmente artículos diseñados fuera del patio de construcción.
13. Hojas de datos de trampas de vapor: Da información acerca del proveedor de estos dispositivos, modelo y número, e información suficiente para verificar la correcta selección de dichas trampas. Tamaño de conexiones, el bridage (rating) de bridas y tipo de cara de las bridas son especificados por la ingeniería de proceso (sistemas).
14. Sumario de orificios de restricción: Contiene información del número de línea donde se colocan los orificios de restricción, el número de DTI donde se representan, especificación de líneas y bases para el cálculo de dichos orificios. Tamaño de orificio, el material y grosor de la placa comúnmente se especifican en este documento, pero esta información es añadida por el grupo mecánico.
15. Sumario de límites de batería: Es el detalle de todas las líneas entrantes y salientes de los límites de batería. Incluye diámetros de tubería, especificaciones de línea, aislamiento, condiciones de operación en los límites de batería (flujo, P, T). la localización del límite de batería en cada línea es comúnmente conocido.
16. Hojas de datos de silenciadores para venteos atmosféricos: Provee la información necesaria para la adquisición de dichos silenciadores. A pesar de que estos silenciadores son sólo artículos especiales de tubería su uso es común y la cantidad de información requerida para garantizar la correcta especificación del silenciador, es suficiente para tener que generar una hoja de datos específica para este propósito.
17. Nomenclatura: Compilación de la localización de líneas (con número de línea), incluyendo datos de operación, diseño y prueba, terminado de los materiales (pintura, tratamiento, etc.), requerimientos de aislamiento, así como otra información necesaria no sólo para la construcción de la planta, sino como referencia futura.

### 3. CAPITULO III

#### 3.1. REVISIÓN GENERAL DEL DIAGRAMA

Todos los documentos serán graficados en láser, tamaño doble carta; no se recomienda usar ningún otro tamaño, excepto la impresión para la revisión inicial, la cual será impresa en tamaño 22" x 34" en hoja bond y las impresiones tamaño D que serán usadas para chequeo cruzado y para tener un "master" de proceso.

Las disciplinas que deberán participar en la revisión inicial serán las siguientes: (los departamentos involucrados que se enlistan a continuación, dependerán de la estructura de la firma de ingeniería, ya que en muchas firmas, la ingeniería de proceso realiza el trabajo de ingeniería de equipo, servicios, sistemas, etc.):

- Proceso
- Servicios
- Control e instrumentación
- Equipo
- Tuberías
- Sistemas
- Proyecto
- Otras disciplinas deberán participar en la revisión del DTI como se requiera.

Todos los comentarios realizados por las diferentes disciplinas involucradas en la revisión deberán ser discutidos por la revisión interna de proceso conjuntamente con los revisores y los representantes de la ingeniería de sistemas en caso de existir este departamento, usualmente incluyendo el director de ingeniería y líder de grupo.

Los puntos de revisión que deben tenerse en cuenta como mínimo son los siguientes:

##### A. EQUIPOS

Localización relativa

Simbología y dimensiones de símbolos

Número de identificación

Nombre

Datos básicos

Internos

Venteos, drenes, purgas, válvulas de seguridad

Instrumentación



Sistemas auxiliares (enfriamiento, sello, etc.)

Niveles de control

Límites de alcances

## **B. TUBERÍAS Y ACCESORIOS**

Diámetro, servicio, número, especificación

Trazado (eléctrico o vapor)

Cambio de especificación

Cambio de diámetro

Tapones y/o bridas ciegas

Requisitos especiales (pendientes, simetrías, etc.).

Drenajes y su especificación

Válvulas (tipo y posición)

Accesorios en general

Delimitación de alcances

Continuidad con otros DTI's

Trampas, filtros, etc.

Cruces de líneas y sentido de flujo

Correspondencia con otros diagramas

## **C. INSTRUMENTACIÓN**

Válvulas de bloqueo, by-pass, drenes en válvulas de control

Acción a falla de válvulas de control

Circuitos de control

Instrumentos incluidos con equipo

Tipo de montaje (tablero, campo, etc.)

Referencias a diagramas lógicos

Simbología de líneas de instrumentos

Límites de alcances

## D. GENERAL

Nomenclatura

Simbología

Unidades

Notas especiales y lista de pendientes

Referencias

Identificación del cliente y del diagrama

Firmas de aprobación y control de revisiones

## 3.2. RESPONSABILIDADES

La aplicación de este documento para la ejecución de la actividad cubierta por el mismo se recomienda sea obligatoria y cualquier desviación o alternativa al mismo que se considere necesaria durante el desarrollo del proyecto, deberá ser sometida a la consideración del Jefe de Sección responsable, para que, de así considerarlo pertinente, se obtenga la aprobación del Gerente Técnico y/o Jefe de Departamento (la estructura que se está considerando en esta sección es la típica en una firma de ingeniería, no es mandatoria, por lo que la asignación de responsabilidades, deberá ser bien definida dentro de los procedimientos y lineamientos de la firma correspondiente).

### Gerente Técnico y/o Jefe de Departamento

- Emitir procedimiento debidamente aprobado para la generación de DTI's
- Hacer del conocimiento y difundir oportunamente las revisiones, actualizaciones y cambios rápidos que se implementen.
- Vigilar la aplicación de procedimientos para el desarrollo de las actividades correspondientes en los diferentes proyectos.

### Jefe de Sección y/o Ingeniero Especialista

- Vigilar la correcta elaboración de los DTI's en el proyecto, siendo responsable de que sean capturados oportunamente por el personal del CAD.  
Asimismo, deberá vigilar que sean comentados oportunamente por otras especialidades y que el chequeo cruzado se realice en tiempo establecido; también de que los DTI's sean emitidos por la gerencia del proyecto en las fechas programadas.  
Estas responsabilidades se realizarán por el comentario verbal a la gerencia del proyecto; en caso de que se detecte el incumplimiento por alguna parte, si la situación no se normaliza, deberá emitir un memorándum dirigido al Gerente del Proyecto con copia al Gerente Técnico de Proceso, terminando ahí su responsabilidad, pasando ésta al Gerente del Proyecto. (Se deberá reportar por memorándum, también, los atrasos propios de Proceso).
- Verificar y avalar la aplicación de procedimientos en el proyecto en que esté asignado.

- Definir la categoría del ingeniero mínima para la aplicación de procedimientos en función de la complejidad particular del proyecto, y el equipo y/o sistema.
- Aprobar la correcta aplicación de procedimientos.
- Ejecutar las mejoras a procedimientos de acuerdo a la experiencia de aplicación o evaluación de los métodos de cálculo y/o herramientas disponibles.

#### **Jefe de Grupo**

- Asignar las actividades en el proyecto en función de la determinación de nivel requerido por el Jefe de Sección.
- Realizar el cálculo o diseño correspondiente, si así es determinado por el Jefe de Sección.
- Verificar la correcta aplicación de procedimientos.
- Orientar a los ingenieros del grupo respecto a la aplicación y aclaraciones de procedimientos.
- Proponer las mejoras a procedimientos en función de la experiencia de la aplicación.

#### **Ingenieros de Proceso**

- Aplicación procedimientos en función de la asignación de actividades fijada por el Jefe de Grupo y Jefe de Sección.
- Analizar los resultados y procedimientos en sí para proponer mejoras.

## 4. CAPITULO IV

### 4.1.FORMATO GENERAL Y DIBUJO

#### A. FORMATO

La elaboración de diagramas, se efectuará totalmente de acuerdo a la información clara y precisa, suministrada por los Departamentos de Proceso, Instrumentación, Mecánico y Tuberías.

Cualquier tipo de DTI debe dibujarse con buena distribución del equipo y claridad, en una hoja tamaño "D" (El tamaño del plano es de 22"x 34" / 560 mm x 864 mm), tomando en cuenta los tamaños reales para dibujo de los equipos, instrumentos y accesorios. Esta hoja se considera como el borrador y no se enviará a dibujo en CAD hasta que los Departamentos de Instrumentación y Tuberías hayan incluido la información que debe contener el DTI.

En la parte inferior del formato se debe incluir espacio donde se indique la siguiente información:

Identificación del cliente y planta de que se trate

Identificación del diagrama

Tabla de planos de referencia

Lista de revisiones y su descripción

Firmas y/o iniciales del dibujante, proyector, revisor y aprobación del diagrama por parte del proveedor de ingeniería; así como espacio para la firma de aprobación del cliente.

Se recomienda comenzar a leer un DTI del lado izquierdo. La parte superior de una línea vertical y el lado derecho de una línea horizontal es el final de una tubería. Utilizar notas para aclarar si se requiere.

El diseño de cada DTI deberá evitar el ocupar todo el espacio, así permitiendo futuras correcciones.

Mostrar no más de tres secciones de equipo principal por DTI, (un conjunto de bombas con el mismo servicio es una sección de equipo principal para el propósito del diseño de un DTI).

Mostrar las líneas primarias de flujo en cada DTI de izquierda a derecha.

Mostrar las líneas de flujo a través de equipo como se encuentre el arreglo o en su caso como se desee el arreglo (ejemplo el suministro de agua a un intercambiador de calor se debe mostrar en la parte inferior y el retorno en la parte superior).

Las líneas de flujo principales deberán ser de mayor grosor que las líneas secundarias y de servicios posteriormente se darán recomendaciones de grosores de líneas.

Los conectores de planos de las líneas principales, secundarias y de señales entrantes a un DTI deberán representarse horizontalmente a 0.25" (6.4 mm) de la línea de borde del lado izquierdo del DTI y las salientes de la misma manera horizontalmente a 0.25" (6.4 mm de la línea de borde del lado derecho).

Los conectores de plano deberán ser mostrados en una posición conveniente según el cuerpo del DTI, conservando hasta donde sea posible la misma altura en el diagrama.

Los DTI's de distribución y colección de servicios auxiliares deberán ser relativos a la orientación del Plano de Localización General (Plot-Plan), los conectores de estos planos de entrada y salida podrían ser representados verticalmente.

Si hay líneas del DTI de distribución y colección de servicios auxiliares que se relacionen con más de un plano, se indicará en el conector. Para el diseño de conector ver apéndice III parte 7 de 8.

Mostrar la descripción, servicio, número de conector de plano y número de DTI con el que se conecta tanto en conectores de entrada como de salida de plano.

Más adelante se hará una descripción detallada del diseño de los conectores de plano en el apéndice III parte 7 de 8.

Mostrar origen y destino en los conectores (por ejemplo equipo del que parte y equipo al que va), mostrar número de línea o número de circuito (señal).

Para conectores de tubería mostrar la descripción del servicio que da la línea, como el nombre del fluido que transporta (ejemplo, gas amargo) o la descripción de la línea (ejemplo, alimentación al reactor) para los conectores de entrada y salida de planos.

Mostrar la descripción del servicio de la línea en la parte superior y el origen o destino en la parte inferior del conector para conectores horizontales según sea el caso.

En conectores de instrumentación y control mostrar el servicio o función (ejemplo, señal eléctrica) o el equipo al que controla (ejemplo, BD-156A)

Mostrar el arreglo del equipo de acuerdo a su grado de elevación (ejemplo, las bombas en la parte inferior del DTI)

Mostrar los actuadores de las válvulas de control por encima de una línea horizontal y del lado izquierdo en una línea vertical.

Cuando se requiere de un círculo de identificación de una válvula de control, mostrar el centro del círculo a 0.5" (12.7 mm) sobre y el 0.5" (12.7 mm) de lejanía del actuador en una línea horizontal o en su caso 0.5" (12.7 mm) a la izquierda y 0.5" (12.7 mm) de lejanía del actuador en una línea vertical.

En el caso de círculos de identificación de instrumentos mostrar el centro del círculo a 0.5" (12.7 mm) directamente sobre el instrumento en una línea horizontal o a 0.5" (12.7 mm) del instrumento directamente a la izquierda de un instrumento en una línea vertical. Los ejemplos son orificios de restricción y termo-pozos independientes.

Representar las tuberías de conducción, instrumentación y auxiliares de bombas y compresores en DTI's auxiliares de requerirse un mayor detalle para el entendimiento de los sistemas.

Utilice detalles típicos cuando estos detalles eliminen enredos en el DTI sin afectar la claridad. Muestre estos detalles del DTI, en un DTI auxiliar, o en una hoja de detalle.

Para círculos de identificación de válvulas de seguridad (PSV por sus siglas en ingles Pressure Safety Valve) el punto del centro del círculo deberá colocarse a 0.5" (12.7 mm) arriba y 0.5" (12.7 mm) de lejanía de la válvula de seguridad. Mostrar la PSV en una posición vertical y hacia el lado derecho.

En círculos de identificación de elementos de seguridad por sobre-presión (PSE por sus siglas en ingles Pressure Safety Element) el punto del centro del círculo deberá estar a 0.5" (12.7 mm) sobre una línea horizontal o a la izquierda de una línea vertical y a 0.5" (12.7 mm) de lejanía del disco de ruptura o equipo.

## B. EQUIPOS

### B.1. INFORMACIÓN GENERAL DE EQUIPOS

En forma general, un DTI de proceso incluirá al menos una unidad de proceso.

Una unidad de proceso es un grupo de equipos que realizan una sola función del proceso, ejemplos:

Una torre, su re-hervidor, tanque de reflujo, bombas de fondos y bombas de reflujo.

Un reactor y bombas de reflujo

Un compresor, su filtro de succión, Inter.-enfriador, post-enfriador y su tanque post-separador

Un tanque de almacenamiento, su condensador de venteo y sus bombas de evacuación.

Tres reactores en serie

Deberá evitarse, hasta donde sea posible, que una unidad de proceso se represente en dos o más DTI's.

Con el propósito de obtener una buena distribución de los equipos en el DTI de proceso, se considerará un promedio de 8 equipos por diagrama, contando equipos iguales, pero no aquéllos que sean internos de otros o formen parte de un paquete.

Se deberán mostrar todos los equipos, incluyendo equipos de repuesto, equipos menores, equipos futuros; mostrándose todas sus conexiones y accesorios principales (internos y externos).

Los dibujos deberán ser representados relativos a su tamaño y orientación general, a pesar de no estar a escala si se debe dar una estructura en el DTI relativa a la diferencia de tamaños y orientación en su localización general entre los equipos.

Utilizar la simbología adecuada, ver apéndices.

Mostrar entadas hombre (man way, man hole).

No se deben dibujar boquillas en los equipos, a excepción de las estrictamente necesarias para indicar:

- Bridas ciegas
- Dispositivos especiales en bridas ("blinds": figuras ocho, etc.)
- Discos de ruptura
- Orificios de restricción
- U otros que se considere su representación de importancia

Mostrar el tamaño de la boquilla sólo cuando no sea intrínseco en una conexión de tubería.

Mostrar los equipos con una representación sencilla. El tiempo de dibujo no debe dominar en la elaboración de los DTI's por lo que los dibujantes deberán tomar las medidas necesarias para ello (ejemplo, elaborar bloques de simbología), se deberán dibujar los símbolos suficientemente grandes para la comprensión clara.

Los equipos no especificados dentro de los apéndices de este documento, se deberán representar como se visualicen en campo siendo lo más simples posibles y/o podrá hacerse referencia a simbología de otras normatividades. Todo ésto en común acuerdo entre el cliente y el prestador de servicios de ingeniería.

Asignar el "TAG" del equipo respecto a la clasificación que se recomendará posteriormente en este documento, dando un grupo de letras y un número consecutivo para la identificación de equipos.

Mostrar el "TAG" del equipo y el título del servicio que presta de forma mínima.

Para la información general de equipos, se deberá dar los datos recomendados en este documento posteriormente, para equipos no considerados en la recomendación de datos de información general de equipos en el presente documento, se deberá dar la información que se requiera como necesaria.

Los internos de los equipos se representan con líneas punteadas, se deben omitir detalles de internos que no tengan importancia para el diseño de tubería, formato u operación del equipo.

No se deben representar las elevaciones de los equipos a menos que sea necesario especificarlo dados los requerimientos del proceso, o para poder resaltar la localización o diferencias de altura entre equipos.

Mostrar para los equipos todos los accesorios asociados (ejemplo, válvulas de drenado y venteo, bridas de conexión de instrumentos, etc.)

Mostrar en DTI's anexos (de detalles) los sistemas auxiliares para partes individuales del equipo (ejemplo, sistemas de lubricación, arreglo de agua de enfriamiento a sellos de bombas)

Mostrar los requerimientos de enchaquetado para los equipos.

Mostrar el tipo de aislamiento y trazado (eléctrico o vapor) necesario como parte de los datos de equipo, el grosor del aislamiento y tipo de trazado deberá ser representado de ser necesario.

#### **B.1.1. AGITADORES**

El término agitador aplica a los mezcladores mecánicos y aereadores.

Representar los agitadores como se muestra en el apéndice II parte 3 de 9.

#### **B.1.2. SOPLADORES**

Representar los símbolos de los sopladores como centrífugos o de desplazamiento positivo de ser requerido.

Representar los sopladores como se muestra en el apéndice II parte 2 de 9.

#### **B.1.3. COMPRESORES**

Representar los símbolos de los compresores para cada etapa o como compresores de etapas múltiples. Los compresores en etapas múltiples pueden ser representados en varios DTI's.

Representar los compresores como se muestra en el apéndice II parte 2 de 9.

#### **B.1.4. MOTORES**

Mostrar los motores como parte del equipo al que están acoplados utilizando los símbolos para motores eléctricos, motores diesel y turbinas. Los números de equipo para los motores no se requieren normalmente, puesto que los datos del equipo para los motores se muestran como parte integral del componente impulsor asociado.

Mostrar el número de equipo para el motor sólo si conduce más de una sola pieza del equipo o si el número del motor es diferente al del equipo que conduce.

El símbolo base para los motores neumáticos es el mismo que el de los motores eléctricos. Representar las boquillas de entrada de aire y de descarga para los motores neumáticos.

Representar los motores como se muestra en el apéndice II parte 3 de 9.

### B.1.5. INTERCAMBIADORES DE CALOR

El término intercambiador de calor incluye enfriadores, condensadores, re-hervidores, vaporizadores, sistemas de calefacción e intercambiadores sin flama directa.

Representar los intercambiadores de coraza y tubos respecto a la TEMA para el tipo de intercambiador requerido en el proceso. (Ver apéndice II parte 4 de 9)

Representar otro tipo de intercambiadores de calor como se muestra en el apéndice II parte 5 de 9.

Orientar las boquillas del intercambiador indicando el sentido del flujo dentro del intercambiador.

Representar todas las etapas en intercambiadores de múltiples etapas utilizados en serie o paralelo para servicios comunes. Mostrar la carga térmica total.

Existen básicamente dos tipos de equipos sólo-aire, de tiro forzado y de tiro inducido, cada tipo además puede tener recirculación, múltiples etapas, varios ventiladores, variadores de velocidad o calentadores de vapor, dado ésto la simbología puede variarse para representar el tipo de sólo-aire al que se refiera.

### B.1.6. HORNOS

El termino horno abarca todos los equipos a fuego directo como lo son los precalentadores, calderas, etc.

Representar como se indica en el apéndice II parte 8 de 9.

### B.1.7. BOMBAS

Representar las bombas como se indica en el apéndice II parte 1 de 9

No representar la base de la bomba, a menos de que sea importante representarlo.

Representar el drenado y líneas de aceite lubricante y agua de enfriamiento a sellos de existir éstos.

Mostrar la instrumentación y control que deberá ser proporcionada por el proveedor de la bomba (ejemplo, interruptor por alta temperatura)

### B.1.8. EQUIPOS PAQUETE

En el caso de los equipos paquete o unidades especiales, deberán ir encerradas dentro de líneas punteadas. El equipo paquete estará señalado y plenamente identificado en cuanto a la delimitación del alcance del proveedor de dicho paquete, dentro del dibujo o con notas aclaratorias, por ejemplo los límites de un patín para un lanzador de diablos por proveedor.

El término equipo paquete incluye unidades como secadores de aire, sistemas de refrigeración, etc. Los equipos paquete se representaran generalmente como una caja negra incluyendo información del proveedor del equipo para el dibujo.

Ver apéndice I parte 2 de 2 para línea de delimitación de equipos paquete.

El proveedor de equipo puede proporcionar DTI's que incluyan los accesorios e instrumentación como muestra o referencia.

El proveedor de equipo debe proporcionar DTI's que representen todo el equipo e instrumentación provistos. Los dibujos del proveedor se pueden representar como una caja negra para evitar duplicar el esfuerzo en generar el DTI.

Asignar un "TAG" a cada equipo individual dentro del paquete.



**B.1.9. RECIPIENTES**

En el apéndice II parte 9 de 9 se muestran ejemplos de la representación de recipientes.

Plasmar dichos recipientes con una forma y orientación representativa de éstos.

Representar entradas hombre, entradas mano y encamisados, mostrar soportes de equipo de ser necesario (ejemplo, en esferas)

Para el caso de columnas de platos, mostrar los platos en las conexiones del proceso, enumerar los platos según se haya convenido en el proyecto y represente el primer y último platos.

**B.1.10. TANQUES**

Representar los tanques como se muestra en el apéndice II partes 6 y 7 de 9.

**B.2. CLASIFICACIÓN DE EQUIPO**

Las clasificaciones de equipo listadas a continuación son sólo una recomendación.

Las letras asignadas corresponden a su letra inicial en ingles (ejemplo, B para Blower: sopladores)

CLASIFICACIÓN	TIPO	DESCRIPCIÓN
A	EQUIPO DE MEZCLADO	Agitadores, aereadores, mezcladores mecánicos.
B	SOPLADORES	Sopladores centrífugos, sopladores de desplazamiento positivo, ventiladores.
C	COMPRESORES	Centrífugos, reciprocantes, de hélice, de vacío.
D	MOTORES	Eléctricos, neumáticos, diesel, engranes, turbinas de vapor y gas.
E	INTERCAMBIADORES DE CALOR	Intercambiadores de calor sin flama directa, condensadores, enfriadores, rehervidores, vaporizadores y calentadores de espiral, de doble tubo, de placas, sólo-aire.
F	HORNOS	Calentadores de fuego directo, hornos en general, calderas.
P	BOMBAS	Centrífugas horizontales y verticales, desplazamiento positivo, enlatadas verticales, de hélice, de engranes, de sumidero.
R	REACTORES	En general.
T	TORRES / COLUMNAS	En general.
TK	TANQUES	Atmosféricos API y de baja presión.
U	EQUIPO MISCELÁNEO	Filtros, camisas, mallas.
V	TINACOS / TAMBOS	Separadores, secadores, acumuladores.

### B.3. DATOS DE EQUIPO

Esta sección lista los datos para ser mostrados de los diferentes tipos de equipo en un DTI. Mostrar esta información en el DTI en relación a la simbología apropiada del equipo como se mencionó anteriormente en cuanto a formato. Mostrar las unidades de medidas en donde sea requerido (ejemplo, BTU, ft, Psig).

A continuación se enlistan los diferentes datos que se deberán proporcionar para cada equipo:

#### AGITADORES, MEZCLADORES

- "TAG"
- Título y servicio.
- Requerimientos de Potencia.
- Materiales de construcción.

#### SOPLADORES

- "TAG"
- Título y servicio
- Capacidad (flujo y caída de presión)
- Requerimientos de potencia
- Materiales de construcción

#### COMPRESORES

- "TAG"
- Título y servicio
- Capacidad (flujo y caída de presión)
- Requerimientos de potencia
- Materiales de construcción

#### HORNOS (calderas)

- "TAG"
- Título y servicio
- Carga térmica total

## **INTERCAMBIADORES DE CALOR**

- "TAG"
- Titulo y servicio
- Carga térmica total
- área total de intercambio
- presión de diseño de la coraza
- presión de diseño de los tubos
- Temperatura de diseño de la coraza
- Temperatura de diseño de los tubos
- Materiales de construcción tanto de la coraza como de los tubos
- Internos (Coraza / tubos)
- Aislamiento

## **BOMBAS**

- "TAG"
- Titulo y servicio
- Capacidad (flujo y presión de diseño a la descarga)
- Requerimientos de potencia
- Materiales de construcción
- Aislamiento

## **TANQUES Y RECIPIENTES**

- "TAG"
- Titulo y servicio
- Tamaño, Capacidad
- Presión de diseño
- Temperatura de diseño
- Materiales de construcción
- Internos
- Aislamiento

## C. DISTRIBUCIÓN

Los tamaños de los Diagramas de Tubería e Instrumentación estarán limitados al tamaño "D"

El uso de cualquier otro tamaño deberá de ser autorizado por la Dirección Técnica de Ingeniería.

Los DTI's de las unidades de proceso deben arreglarse con el flujo de proceso de izquierda a derecha y deberán seguir la secuencia del flujo de proceso indicando mediante la diferencia relativa de alturas las posiciones del equipo entre sí, sobre todo en aquéllos casos donde la diferencia de elevaciones tenga algún significado crítico para el proceso (altura de faldón de torres y recipientes por problemas de NPSH, altura de re-hervidores, etc.).

En la parte derecha del formato y arriba del cuadro de datos generales del proyecto, deberá preverse un espacio a todo lo largo, en dirección vertical, para notas generales y detalle convenientes.

Los DTI's de integración se elaborarán para mostrar servicios comunes, ejemplos: DTI de agua (suministro y retorno de agua de enfriamiento, agua de servicios), vapor de alta, media y baja presión y condensado de media y baja presión, etc.

## D. SIMBOLOGÍA

La simbología a usarse se basará en la información contenida en las celdas del sistema de dibujo asistido por computadora CAD, o en la información contenida en el software para diagrama (Ejemplo: Omni-Flow).

La simbología para la elaboración de diagramas de tuberías e instrumentación, deberá estar disponible en el Departamento de Proceso.

En caso de que para algún equipo, instrumento, válvula o accesorio no exista una representación aprobada, deberá definirse entre los Departamentos involucrados y con el ingeniero de proyecto y contar con la aprobación de los gerentes de los Departamentos afectados, quienes acordarán si se requiere o no editar una nueva revisión del documento respectivo. El nuevo símbolo será dibujado tan sencillo como sea posible, pero deberá mostrar un máximo de información.

Cuando el cliente requiera la utilización de simbología diferente, deberá establecerse un común acuerdo y reflejarse en un plano o documento que se deberá editar para uso exclusivo en dicho proyecto, se requiere que este hecho sea comunicado tanto al gerente del proyecto como al del Departamento.

El formato de la simbología de equipo, tipo de tubería, instrumentos, líneas de señal, etc., se muestra en los apéndices I al IV.

Los internos de los equipos se deben mostrar con líneas punteadas y un grosor de línea de 0.02" (0.5 mm).

Las conexiones bridadas de tubería a las boquillas de un equipo se debe representar a una distancia de 0.06" (1.5mm) del equipo.

Las conexiones soldadas de tubería a las boquillas de un equipo se deberán representar como se muestra en el apéndice III parte 6 de 8.

Al añadir un símbolo de notas de referencia deberá ser como se muestra en el apéndice I parte 2 de 2, con un grosor de línea de 0.03" (0.8 mm).

Dar un número de nota en el símbolo con un grosor de letra de 0.02" (0.5mm)

Al representar válvulas manuales normalmente cerradas se deberá utilizar un símbolo relleno en color oscuro.

Cuando no se pueda utilizar la simbología de válvula normalmente cerrada (ejemplo en válvulas de mariposa), utilizar la abreviatura de Normalmente Cerrada (NC) directamente debajo de la válvula en líneas horizontales o en el lado derecho de la válvula en líneas verticales.

Señalar la posición de la operación normal de la válvula en válvulas de tipo ON/OFF.

No señalar como normalmente cerradas las válvulas de control ni las válvulas de alivio

## E. TUBERÍA

Mostrar la identificación de la línea como se muestra en el apéndice III parte 1 de 8.

No utilizar sufijos como parte del número consecutivo.

Los números consecutivos regularmente se generan y terminan en equipos.

Asignar diferentes números consecutivos a líneas que se ramifican y terminan en equipos o líneas diferentes.

No cambiar el número sucesivo cuando la línea atraviesa un instrumento o accesorio, cuando hay un cambio de especificación de tubería, una válvula de control o cuando hay una interrupción de la clase de la línea.

Asignar diferentes números consecutivos en la entrada y salida de válvulas de alivio de presión.

El tamaño y los campos del espesor del aislamiento se muestran en unidades inglesas o métricas.

Plasmar cambios en el aislamiento utilizando los símbolos de puntos de cambio de especificación mostrados en le apéndice I parte 2 de 2.

Mostrar los requerimientos especiales con una nota.

Las claves de servicios de líneas se muestran en el apéndice III parte 2 de 8.

Cada clave consta de uno a tres caracteres alfabéticos.

Se deberán mostrar todas las líneas de proceso y servicios incluyendo ramales, venteos, drenes, líneas de arranque, emergencia, futuras, etc., así como todos los accesorios requeridos en el orden necesario.

Para todas las líneas mostradas en el DTI se deberá indicar diámetro, especificación, clave del fluido manejado, número de identificación y además deberá incluirse cuando se requiera, la indicación de trazado (eléctrico o vapor), cambio de especificación, cambio de diámetro y aislamiento.

Los estilos y tipos de líneas para diagramas, deberán estar disponibles en el Departamento de Proceso.

Indicar los cambios de diámetro de tubería, de acuerdo a lo siguiente:

- . En cabezales: Dibujar la reducción e indicar diámetros
- . En ramales: No dibujar la reducción
- . En conexiones a equipo: Dibujar la reducción e indicar diámetros
- . En válvulas y accesorios: Dibujar las reducciones indicando diámetro en las válvulas o accesorios.

Representar todas las expansiones y reducciones de tubería en el DTI. No mostrar los tamaños de las reducciones o expansiones si son claramente identificables.

Las líneas principales de proceso se deberán representar según su tipo (ver apéndice III parte 3 de 8), con un grosor de línea de 0.06" (1.5 mm)

Las líneas secundarias, de servicios, futuras o existentes se deberán representar según su tipo (ver apéndice III parte 3 de 8), con un grosor de línea de 0.02" (0.5 mm)

Las líneas de instrumentación y control (neumática, eléctrica, etc.) se deberán representar según su tipo (ver apéndice IV parte 4 de 8) con un grosor de línea de 0.02" (0.5 mm)

Los equipos paquete deberán ser mostrados encerrados por una línea delimitadora (ver apéndice I parte 2 de 2) con un grosor de línea de 0.03" (0.8 mm)

Mostrar el cambio de especificación y/o cambio de aislamiento como se muestra en el apéndice I parte 2 de 2 con un grosor de línea de 0.02" (0.5 mm)

Evitar lo más posible el cruce de líneas.

Mantener un espaciado mínimo entre líneas de 0.5" (12.7 mm)

Las líneas de dirección del flujo se muestran en las esquinas e intersecciones de líneas, en sentido de la dirección de mayor flujo.

Las líneas principales de proceso horizontales cortan a las líneas principales de proceso verticales cuando éstas se cruzan.

Las líneas secundarias de proceso y de servicios son cortadas por las líneas principales de proceso cualquiera que sea su orientación.

Las líneas secundarias de proceso y de servicios horizontales cortan a las líneas secundarias y de servicios verticales en caso de haber cruce.

Todas las líneas de instrumentación y control son cortadas por las líneas de proceso y de servicios cualquiera que sea su orientación.

Para los DTI's de distribución y colección de servicios auxiliares, cortar las líneas entrantes y salientes alrededor del rack de tuberías.

El corte de línea deberá ser de 0.13" (3.2 mm)

Evitar el cruce de líneas a través de equipo y de textos.

## **E.1. SIMBOLOGÍA DE LÍNEAS DE TUBERÍA**

Mostrar las líneas de tuberías primarias, secundarias, de servicios, enchaquetadas o de doble flujo, y futuras como se muestra en el apéndice III parte 3 de 8.

Mostrar las líneas existentes en DTI's nuevos como se muestra en el apéndice III parte 3 de 8.

Para tuberías nuevas en plantas existentes se deberá asignar una nomenclatura para su representación la cual acuerden el cliente y el proveedor de servicios de ingeniería.

Para representar líneas subterráneas (UG por sus siglas en ingles underground) y aéreas (AG por sus siglas en ingles above ground) representarlas igual, utilizar una línea de corte para distinguir donde es enterrada y donde aérea.

Se puede utilizar un tipo de línea especial para distinguir las líneas enterradas, ésto representándolo en la sección de simbología del DTI, acordando con el cliente el tipo de diseño que se establecerá para representar las líneas enterradas, así permitiendo una mayor facilidad en la lectura de los DTI's.

## E.2. SIMBOLOGÍA DE VÁLVULAS

La simbología de válvulas se debe mostrar como se presenta en el apéndice III parte 4 de 8.

Todos los símbolos de válvulas se deben presentar del mismo tamaño, no utilizar símbolos mas pequeños para válvulas de drenado o venteo.

No utilizar símbolos de un tamaño menor que el que se recomendó con anterioridad ya que ésto ocasionaría dificultad en la lectura del DTI.

Utilizar los símbolos anexos en el apéndice III parte 4 de 8 para representar el cuerpo de válvulas automáticas de control. Si el cuerpo de la válvula es desconocido, utilizar el símbolo de la válvula de compuerta o rotatoria tomando estos símbolos como genéricos e incluir notas aclaratorias de ser necesario.

No mostrar válvulas que no sean importantes para el proceso. Donde sea adecuado, realizar un detalle del arreglo del equipo en un DTI auxiliar.

Mostrar las válvulas permanentes de drenado, derrame y pruebas hidrostáticas. No mostrar las válvulas de pruebas hidrostáticas que son removibles después de las pruebas. Este tipo de válvulas se verifican en fases posteriores de la construcción de DTI's (as-built).

No mostrar el "TAG" de la válvula (ni material). Utilizar una abreviatura o una referencia para distinguir entre dos tipos de válvula similares cuando sea necesario.

Utilizar notas o simbología específica para válvulas que requieran de una instalación u orientación especial.

No indicar el tipo de conexión de las válvulas, a menos que la válvula sea de tipo cegada, encapsulada o válvula tapada o en un diseño donde sea crítico el indicar el tipo de conexión de las válvulas.

Mostrar las válvulas de los by-pass.

Todos los venteos y drenes deberán ser mostrados como se representa en el anexo III parte 4 de 8 lo cual representa una válvula de  $\frac{3}{4}$ ", excepto donde se indique.

Todas las conexiones con válvula a la atmósfera en servicios de proceso deberán tener tapón o brida ciega.

## E.3. ARTÍCULOS ESPECIALES

De estos artículos especiales normalmente no se dan características de sus materiales de construcción dentro del DTI.

En el apéndice III parte 5 de 8 se muestra la simbología de dichos artículos.

Asigne un número de "TAG" a cada artículo especial si no se incluye en la especificación de materiales de tubería. Designe el número de "TAG" como "SP-XXXX" (SP por sus siglas en ingles Special piping item) donde SP indica un artículo especial y XXXX es una identificación de cuatro caracteres o número consecutivo.

A los artículos especiales de tubería se les puede asignar un "TAG" de la misma manera que los equipos e instrumentos.

#### E.4. ACCESORIOS DE TUBERÍA

Representar los accesorios de tubería como se muestra en el apéndice III parte 6 de 8.

Representar las conexiones soldadas cuando sea apropiado (ejemplo, en boquillas de recipientes).

#### E.5. SÍMBOLOS DE CONECTORES DE PLANO Y TIE-IN

Utilizar los conectores (de fin de plano) para líneas que crucen unidades o límites de batería.

Utilizar los conectores respectivos (de servicios) de plano para líneas entrantes o salientes provenientes de DTI's de colección y distribución de servicios auxiliares. Para este tipo de líneas no es necesario indicar en el conector el servicio y la referencia del equipo al que se conecta la línea.

Utilizar los conectores de plano (de líneas primarias, secundarias y señales de instrumentación) para líneas principales y secundarias o en líneas de servicios en el caso de que éstas sean el sistema primario representado en el DTI (ejemplo, líneas de tratamiento de agua cruda)

Asignar los números de Tie-in como T-XXX donde T indica el Tie-in y XXX es una secuencia numérica.

Para referencia de simbología ver apéndice III parte 7 de 8.

#### E.6. CONECTORES DE SISTEMAS DE DRENADO

Representar los conectores de los sistemas de drenado (abiertos y cerrados) para conexión con otros planos como se muestra en el apéndice III parte 8 de 8.

Los conectores de drenado consisten en un número de conector, clave de servicio de la línea de destino y la referencia del DTI con el que se conecta. El número de conector consta de 5 dígitos que distingue entre dos líneas que continúan en otro u otros DTI's y que partieron de una misma línea.

La clave de servicio de línea de las líneas de continuación deberá ser de acuerdo al apéndice III parte 2 de 8. Si la referencia de conexión a otro DTI no es requerida, utilizar los conectores de drenado sin el número de conector y número de referencia de plano.

#### F. INSTRUMENTACIÓN

Se deberán mostrar todos los instrumentos que se requieran para las diferentes funciones (control, señalización, registro, alarma, etc.) y la forma en que éstas se entrelazan (circuitos de control), así como la localización requerida de ellos (montaje local, en tablero central, en tablero local, en control distribuido, etc.).

Se deberán mostrar también los requerimientos especiales como son:

Líneas y válvulas de purga y by-pass.

Trazados (eléctrico o vapor).

Válvulas de bloqueo.

Conexiones de servicio.

Acción a falla de señal.

Tipo de señal (eléctrica, electrónica, neumática, etc.).



Los instrumentos deberán mostrar su identificación dentro de un círculo unido mediante una línea al instrumento de que se trata, la identificación se forma generalmente con 2, 3 o 4 letras que definen el tipo de instrumento y con un número de control dado por el Departamento de Instrumentación (ver apéndice IV parte 1 y 2 de 8)..

Todos los instrumentos suministrados por el proveedor del equipo, deberán identificarse por medio de una letra colocada junto al círculo que identifica al instrumento (por ejemplo V), a fin de que el Departamento de Instrumentación los considere fuera de su alcance de especificación y/o compra.

Representar los símbolos de instrumentación y control como se muestra en el apéndice IV, para mayor referencia consultar ISA S5.1.

Seguir los lineamientos que establece la ISA C5.1 para asignar "TAG" y numeración de instrumentación y control. Ver apéndice IV parte 1 de 8.

La estructura de la asignación de "TAG" se muestra a continuación, esta estructura es sólo un ejemplo con fines ilustrativos de como se puede asignar el "TAG".

Número de "TAG": 01-FC-100-01

01 – Número de planta o área (área número 1)

FC – identificador de función (ejemplo, controlador de flujo)

100 – Número de equipo o número de DTI (opcional)

01 – Número serial del lazo de control.

Identificar el tipo de medición de los instrumentos con la simbología propuesta por la ISA, de ser necesario agregar un texto que identifique por ejemplo que compuesto se analiza o detecta en un instrumento de medición y/o control (ejemplo, CO, Cl, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> o flujo másico)

Para la simbología de la función de instrumentos ver apéndice IV parte 3 de 8, estos símbolos se deben representar en la parte superior derecha externa del círculo de identificación del instrumento.

Utilizar flechas de dirección de líneas de señal cuando la función no sea obvia (ejemplo, cascadas, selectores, "interlocks")

Utilizar conectores de plano como se muestra en el apéndice III parte 7 de 8, cuando una señal parte de un plano a otro.

No mostrar el símbolo de identificación de un instrumento en individual más de una vez a menos que se requiera para darle mayor claridad a la representación del lazo de control, por ejemplo cuando el control de un equipo en particular tenga que representarse en varios planos, en dichos casos se puede representar la identificación del control en un círculo de línea punteada, es recomendable mostrar un detalle de ser necesario.

Representar la simbología de líneas de señal, como se muestra en el apéndice IV parte 4 de 8.

Mostrar la localización y accesibilidad a los dispositivos de control, como se muestra en el apéndice IV parte 2 de 8.

Utilizar un círculo de identificación con una línea horizontal en el centro (doble y cortada), para representar instrumentación que está localizada en lugares auxiliares normalmente inaccesibles.

Utilizar las siglas FO para identificar todos los orificios de restricción. No utilizar RO para identificar los orificios de restricción; el mismo símbolo es utilizado para los elementos primarios de medición de flujo (FE) (placas de orificio), así que para orificios de restricción se identifica con (FO)

La simbología de instrumentos dentro del DTI no refleja la orientación de éstos. Los arreglos de instalación se deberán aclarar en detalles de dicha instalación o notas.

## F.1. MEDIDORES

Representar todos los transmisores para evitar interpretaciones incorrectas entre las conexiones físicas y por cableado entre el transmisor y otros dispositivos o sistemas.

No mostrar en el DTI las válvulas de bloqueo de instrumentos ni el tipo de conexión de estas válvulas a excepción de requerimientos no estándar.

Utilizar detalles típicos como se muestra en el apéndice VI parte 2 y 3 de 3 para representar los arreglos de instalación de instrumentos.

Cuando los instrumentos están montados en línea, sólo representa la conexión con una línea simple, no se representan ni válvulas, ni accesorios de la conexión de dicho instrumento.

En instrumentos de medición de presión diferencial, representar las conexiones con una línea simple cada una.

Cuando se utilizan instrumentos con varias conexiones, se puede utilizar una sola línea para hacer más sencillo el dibujo, sólo en caso de ser claro el tipo de conexión del instrumento.

Representar tubos rusos (tubos sumergidos que se instalan para el servicio de un instrumento), burbujeadores y pozos de amortiguamiento tanto para proceso como para instrumentación. Agregue notas para especificaciones pertinentes, materiales, dimensiones, agujeros de drenado, cabezas de rocío, etc. Cuando sea requerido.

Representar los medidores de flujo con la apropiada simbología propuesta por la ISA (ver apéndice IV parte 5 de 8) si el tipo de medidor no se representa en la simbología existente o es desconocido, utilizar un símbolo genérico y anexar un texto que identifique la medición que realiza dicho instrumento.

Asignar "TAG" a todos medidores de flujo dentro del círculo de identificación.

Para instrumentos montados en línea, mostrar su tamaño si es que no es implícito en la tubería o claro.

No se representa la exactitud de los medidores de flujo. Utilizar una nota para indicar requerimientos de medición especiales (ésto es opcional).

No representar designaciones de calidad como lo son ISO-9000.

Cuando exista en línea un termopozo montado sin estar acoplado a otro instrumento, éste deberá ser representado con la simbología adecuada y se le asigna "TAG".

No representar el símbolo del termopozo ni asignar "TAG" cuando el elemento de medición está conectado a otro instrumento.

Cuando el instrumento no es termopozo (está visible) se agrega una nota textual para indicar ésto (ejemplo, expuesto), indicándolo en la parte inferior del círculo de identificación del instrumento.

Mostrar los requerimientos de conexiones de proceso de purgas y venteos para todos los instrumentos requeridos, como se muestra en el apéndice I parte 2 de 2 incluyendo purga media y presión. Representar en un detalle el arreglo de purgas y venteos, pudiendo ser representado en un DTI auxiliar o en el mismo DTI.

Generalmente no se representa el suministro de aire de instrumentos para cada uno de los instrumentos en específico. Representar el suministro de aire de instrumentos a válvulas solenoides u otras aplicaciones especiales cuando sea necesario, para hacer más claro el entendimiento del funcionamiento del sistema (ejemplo, interruptores neumáticos accionados manualmente)

No mostrar purgas de aire o entradas de gas en equipos cerrados

Representar los puntos de muestreo del analizador, las líneas de vuelta y las conexiones. Etiquetar la tubería del analizador. Etiquetar la tubería del analizador con tamaño y la especificación de tubería aplicable a la tubería del instrumento. Representar un detalle del arreglo del analizador con dibujos auxiliares.

Para analizadores de un sólo punto de muestra, representar dicho analizador en el mismo DTI donde se representa su punto de muestra.

Para analizadores de varios puntos de muestra (puede ser de diferentes líneas de flujo), representarlo sólo una vez y utilizar líneas de muestra conectadas con otros planos de ser necesario para representar todos los puntos de muestreo.

Cuando se requiera, mostrar el tipo de análisis que se realiza en la parte superior izquierda del círculo de identificación de los analizadores.

Mostrar los requerimientos climáticos de analizadores e instrumentos de así requerirse.

En la parte inferior izquierda del círculo de identificación del analizador se deberá mostrar el código del tipo de aislamiento.

Si un indicador está integrado con un transmisor se debe indicar como XIT donde X es la variable medida y se le asigna un "TAG". De lo contrario, se deben identificar separados y asignar diferentes "TAG".

Para indicadores de nivel de regleta y de vidrio, no utilizar diferentes símbolos para cada sección, representar con un sólo símbolo, a menos que físicamente esté seccionado independientemente, (ejemplo, varios indicadores de vidrio a diferentes alturas) en este caso se representa con diferentes círculos y "TAG".

## F.2. VÁLVULAS

Representar la simbología de válvulas como se muestra en el apéndice III parte 4 de 8. Los símbolos del cuerpo de la válvula son los mismo para válvulas automáticas que para manuales.

Utilizar la simbología apropiada para los actuadores de válvulas automáticas para diferenciarlas de las manuales, utilizando la simbología mostrada en el apéndice IV parte 6 de 8.

Deberá representarse la acción al fallo de válvulas automáticas (FC, FO, FL, FI).

No es recomendado utilizar flechas para indicar el movimiento del vástago.

No utilizar la indicación de normalmente abierta o normalmente cerrada para válvulas automáticas, y utilizar flechas para indicar el sentido del flujo en caso de fallo. Puede requerirse de utilizar flechas múltiples.

Para válvulas que den respuesta al fallo diferente de los especificados en falta de señal o energía se requiere de notas para especificar su respuesta.

Mostrar el tamaño del cuerpo de la válvula en válvulas automáticas si no es claro el tamaño de la línea.

No mostrar las especificaciones de la válvula automática.

Para válvulas automáticas se deben mostrar los requerimientos de fugas en el asiento utilizando la abreviatura (TSO). Ésta se define como ANSI V y VI.

No mostrar el identificador circular de instrumentos ni "TAG" para válvulas cuando el "TAG" del circuito de control asociado sea legible. Mostrar la identificación circular de instrumentos y "TAG" para válvulas de flujo dividido, válvulas autorreguladas o válvulas ubicadas en un DTI diferente a la ubicación de su controlador. Mostrar los rangos (ejemplo, 0-50%, 50%-100%) para válvulas de flujo dividido. La identificación preferida es en porcentaje de salida del controlador, esto aplica tanto para control neumático como para control eléctrico.

No mostrar los posicionadores de válvulas, a menos que se requiera para clarificar la operación del ciclo de control. Cuando éstos sean mostrados, se deberán representar incluidos en el símbolo de la válvula automática y no se les asigna "TAG".

Si se utilizan transductores de señal (ejemplo I/P), mostrar éstos con identificador circular de instrumentos, "TAG" y la función de éste, solamente si está equipado y montado por separado de la válvula de control, o cuando está utilizado con una válvula solenoide.

Mostrar todas las válvulas solenoides que actúan a los elementos finales de control (por ejemplo válvulas solenoides que realizan el trabajo neumático de apertura y/o cierre de una válvula).

Mostrar las respuestas al fallo de las válvulas solenoides utilizando las flechas direccionales indicando el flujo de dichas válvulas cuando están des-energizadas, en el caso de válvulas solenoides de 4 vías se requiere de dos flechas direccionales para indicar el flujo en caso de falta de energización. Mostrar si el "reset" es manual o remoto y si es incluido con la válvula solenoide.

Identificar los interruptores de posición con identificador circular y "TAG" para válvulas automáticas. El "TAG" se puede representar como ZSO (Abierta) o ZSC (cerrada) Cuando se proporcionan ambos interruptores de límite, una sola burbuja se utiliza y se identifica con una C u O según sea el caso, fuera del círculo de identificación. Los interruptores de posición en las válvulas de desvío pueden ser marcados con "TAG" como ZST y ZSD para las posiciones de directo (ZST) y dividido (ZSD)

Mostrar auxiliares de válvulas automáticas (ejemplo, manubrios, tanques de volumen, cilindros de reserva de nitrógeno). El uso de detalles típicos aumentara la legibilidad del DTI.

Utilice una nota para identificar la necesidad de paradas en el recorrido de la válvula.

Mostrar los puntos de ajuste deseado ("set-points") en reguladores.

### F.3. DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD Y ALIVIO

Mostrar y asignar un "TAG" a todos los dispositivos de alivio y venteos de conservación (ejemplo, PSE y PSV) Utilizar texto auxiliar opcional para aclarar el tipo y función de estos dispositivos (ejemplo, alivio de emergencia, venteo de conservación, panel de explosión) localizado enseguida del "TAG". Utilizar PSE sólo para servicios de alivio y seguridad. Utilizar PCV o PCE para venteos de conservación no de seguridad.

Para los dispositivos de alivio mostrar la presión de dichos (presión máxima).

Mostrar el tamaño de dichos dispositivos:

Para PSV: diámetro de línea de entrada y salida, así como designación de orificio.

Para discos de ruptura: el diámetro del disco.

Para venteos de conservación: el tamaño interno de la boquilla si no está conectada con tubería, mostrar el tamaño interno y externo.

Panel de explosión: área superficial o dimensiones.

Mostrar la designación del tamaño del orificio para las válvulas de seguridad entre el tamaño de entrada y el de salida (ejemplo, 8T10) No mostrar la capacidad de flujo o las bases de dimensionamiento de los dispositivos de alivio.

No mostrar el material de construcción de los dispositivos de alivio.

#### F.4. EQUIPO DE ARRANQUE Y PARO

No mostrar los interruptores manuales de arranque y paro local para los motores que no tienen control remoto.

Mostrar los interruptores locales manuales (de campo) con identificación circular y "TAG" para:

- Interruptores que sean parte de un panel de control.
- Que interactúen con otros sistemas (ejemplo, "interlocks").
- Otros que necesiten mayor claridad.

Mostrar todos los controles de gabinete (DCS o panel de control), interruptores manuales, con su apropiado identificador circular y "TAG".

Identificar todas las posiciones o funciones de interruptores manuales. Localizar las identificaciones fuera del símbolo circular de identificación en la parte superior derecha, usando las abreviaturas estándares del texto mostrado en los apéndices. Otros se deben explicar.

Mostrar claramente señales y funciones de retroalimentación requeridas (ejemplo, posiciones de válvulas, alarmas visuales). Las señales se deberán representar conforme a la simbología presentada en los apéndices. Las intercomunicaciones en el software con función de retroalimentación deberán ser mostradas en la parte superior izquierda del símbolo de identificación de instrumentos.

#### F.5. "INTERLOCKS" Y ALARMAS

Los "interlocks" sólo son mostrados simbólicamente en los DTI's. La definición funcional se debe mostrar en documentos auxiliares (ejemplo, diagramas binarios lógicos, filosofía de control).

Los "interlock" son diseñados para gran variedad de funciones, para secuencias de procesos simples hasta complicados, sistemas de paro de seguridad. Una gran variedad de "interlocks" es implementada para utilizar en DCS, PLC, control redundante, tolerancia al fallo, sistemas de "interlocks" de seguridad.

Las alarmas similarmente se diseñan para un gran número de funciones. Las alarmas serán diseñadas en función de los requerimientos del cliente.

Varios de los documentos respecto a los interlocks y alarmas serán definidos por el cliente.

Mostrar las funciones lógicas o "interlocks" con la simbología apropiada. No mostrar los puentes binarios lógicos, tablas de entradas y salidas o descripciones de funcionamiento dentro del DTI.

Todas las funciones lógicas y símbolos de "interlock" contienen una identificación que provee una referencia a un único diagrama lógico, narrativo, a través de un programa o tabla. La referencia es localizada dentro del símbolo. El formato de la referencia es determinada por el cliente.

El texto descriptivo o notas de referencia deberán ubicarse fuera del símbolo.

Para distinguir los sistemas instrumentados de seguridad (SIS) de otros sistemas de "interlock", el método más recomendado es añadir el prefijo "S" a la identificación del "interlock".

Cada "interlock" tiene su identificación, utilizando un número serial. El prefijo "S" no es usado para distinguir un sólo "interlock", se recomienda la siguiente secuencia de identificación I-100, I-101, SI-200, SI-201.

Mostrar el tipo de operador y la trayectoria del "interlock" así como los "reset" manuales (puede mostrarse en un detalle).

Si son utilizados interruptores manuales auxiliares de intercomunicación para sistemas de "interlock" SIS, éstos deberán incluir todos los operadores individuales e interruptores de intercomunicación entre el sistema de seguridad y el de proceso.

Para evitar ilegibilidad en el DTI se puede utilizar una tabla o una referencia en el caso de un gran número de intercomunicaciones entre sistemas de "interlocks".

Mostrar todas las alarmas "hardware" (alarmas visuales, auditivas, etc.).

Mostrar todas las alarmas que necesiten de revisión de ingeniería o de ser aprobadas tomando criterios de seguridad y operabilidad.

Mostrar todas las alarmas basadas en diagnóstico con entrada digital (ésto se refiere a las alarmas que pueden ser visuales en campo y que pueden tener comunicación con el programa de control)

Mostrar las alarmas requeridas con "TAG" y tipo (ejemplo, PAH), pero no mostrar la trayectoria de la señal de la alarma, ni arreglo de éstas.

Para alarmas basadas en mediciones analógicas se recomienda utilizar un "TAG" como "PI". El "TAG" se deberá mostrar dentro del círculo de identificación de la alarma, el tipo de alarma se muestra fuera de dicho círculo de identificación.

Las alarmas de indicación de alto nivel (presión, concentración, etc.) se indican como H o HH fuera del círculo de identificación en la parte superior derecha. Mientras que las alarmas de bajo nivel se indican como L o LL fuera en la parte inferior derecha del círculo de identificación.

Para alarmas discretas (alarmas de encendido y apagado por ejemplo), la función está intrínseca en el "TAG" (ejemplo, PAH)

Las abreviaturas usadas para definir la función de las alarmas se basa en estándares de ISA (ejemplo, LSHH y LAHH)

## **F.6. SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO (DCS)**

Mostrar los puntos del DCS si su operación manipula el proceso o recibe información de éste, mostrar los puntos del DCS cuando sea esencial para entender la función operativa del control del proceso. No es necesario mostrar cada punto configurado en el DCS. No es necesario incluir en el "TAG" funciones implícitas para cada punto del DCS. (Ejemplo, para indicación "I" o para interruptor "S")

Mostrar los puntos del DCS que indiquen valores medidos del proceso. Incluyendo valores analógicos y digitales provenientes de entradas de "hardware" o vía intercomunicación de software. (Ejemplo, flujo, temperatura, presión, composición proveniente de analizadores y posiciones de válvulas "abierto o cerrado") No mostrar los puntos del DCS que sólo actúan como transmisores de señales de entrada provenientes de campo y que van a otro punto del DCS. (Ejemplo, no mostrar un punto de indicación de flujo si el valor es representado en un punto del controlador de flujo en el DTI).

Mostrar los puntos del DCS que manipulan salidas de los dispositivos del "hardware" tanto analógicas como digitales. (Ejemplo, incluye controladores de flujo, temperatura y presión, interruptores manuales)

No mostrar los puntos del DCS que tengan la función de transmisores de señal del control a otros puntos del DCS provenientes de campo. (Ejemplo, puntos de salida analógicos y digitales).

Mostrar los puntos del DCS que emplean operaciones para manipular el proceso vía el BPCS. (Ejemplo, controladores regulatorios, interruptores de arranque y paro de bombas).

Mostrar los puntos del DCS que proveen operaciones de contacto para manipular el proceso a través de interconexiones de software con otros sistemas. (Ejemplo, incluye puntos del DCS que están comunicados con controladores en un sistema de red e interruptores manuales de "reset" para SIS).

Mostrar los puntos del DCS que sean esenciales para entender la operación del proceso de control. (Ejemplo, incluye selectores en controles con opción de selección automático o manual o calculadores de entalpía en controladores de carga térmica).

Mostrar los puntos del DCS que son requeridos por utilidades reguladoras y necesidades de conservación mecánica. (Ejemplo, promedios del monitoreo de emisiones o registro de corridas de un compresor).

No mostrar los Sistemas de Control de Alto Nivel (HLCS) (ejemplo, sistemas predictivos de control multi-variable).

No añadir símbolos (ejemplo, hexágonos, óvalos) para indicar un punto de BPCS o DCS que está siendo manipulado por un Sistema de Control de Alto Nivel.

## F.7. MISCELÁNEOS

Específicamente excluir la siguiente información:

- Acciones del control.
- "set-points" (punto deseado) en alarmas y controles.
- Información de configuración. (Ejemplo, acciones del control o de salida, información de direcciones).

Mostrar la simbología de los instrumentos misceláneos respecto al apéndice IV parte 8 de 8.

Mostrar detalles típicos conforme a lo mostrado en el apéndice V parte 2 y 3 de 3.

## G. VARIOS

Se incluirán todas las válvulas, bridas ciegas, dispositivos especiales en bridas ("blinds"), cambios de diámetro, que como parte de las líneas intervienen en el diseño de sus rutas y arreglos.

Se deberán mostrar todos los sistemas auxiliares como son puntos de drenaje, puntos de desfogue, muestreos, puntos de limpieza, estaciones de servicio, etc.

Todos los puntos de drenaje deberán indicarse de acuerdo a la clase de drenaje que se tendrá, mediante un rombo en la línea que lo descarga y una letra dentro de él, la cual representará el tipo de drenaje al que se descarga.

Se debe mostrar en los DTI's separados los arreglos estándar requeridos, tales como sistemas de trampeo, planes de sello y enfriamiento en bombas, usando arreglos típicos.

## H. NOTAS Y TEXTOS

Se deberán incluir todas las aclaraciones necesarias tanto para la comprensión de la representación del sistema en el DTI como para dar pautas importantes a seguir en el diseño, construcción y operación de la planta.

La lista de notas y pendientes se mostrarán en columnas a la derecha del diagrama, directamente arriba del cuadro de identificación, en el espacio libre de equipos y líneas que deberá considerarse para tal fin.

Los números de equipo dentro del DTI serán del tipo título básico y los textos de los cuadros de referencia del tipo títulos secundarios.

Mostrar texto y notas generales usando una altura del texto de 0.1" (2.5 mm) y un grosor de letra de 0.02" (0.5 mm).

Los textos y notas generales se alinean a la derecha y comienzan en la parte superior del área de notas (el área de notas deberá colocarse del lado derecho superior del plano de ser posible, o por comodidad podría utilizarse el espacio inferior derecho para este propósito, si se requiere de un gran número de notas aclaratorias o dibujos de detalles en el plano, se podría ocupar una sección completa del lado derecho del plano).

Los números de identificación de equipo se deben mostrar con una altura de texto de 0.16" (4 mm) y un grosor de letra de 0.03" (0.8 mm).

Los números de identificación de equipo deberán ir subrayados.

Mostrar los títulos y datos de equipos utilizando una altura de texto de 0.1" (2.5 mm) y un grosor de letra de 0.02" (0.5 mm).

Utilizar el texto de equipo en la parte superior del plano por encima del equipo, centrado y justificado.

Los números de línea se deben mostrar como se propone en el apéndice III parte 1 de 8 utilizando una altura de texto de 0.1" (2.5 mm) y un grosor de letra de 0.02" (0.5 mm).

Plasmar el número de línea a 0.06" (1.5 mm) de la línea alineada en la parte superior verticalmente y a 0.25" (6.4 mm) del conector de entrada o salida del plano según sea el caso.

Cuando una nota contenga mas de una línea, dar un espaciado entre líneas de 0.05" (1.3 mm).

Dar un espacio de línea entre notas de 0.25" (6.4 mm).

Mostrar los números de equipo, títulos y datos de intercambiadores de calor, tanques, torres, agitadores, mezcladores, calderas, eyectores, filtros, recipientes y diversos equipos a una distancia de 2" (51 mm) del borde superior del DTI directamente encima del equipo y alineada con las otras identificaciones.

Mostrar los números de equipo, títulos y datos de bombas, sopladores y compresores a 2" (52 mm) del borde inferior del DTI directamente debajo del equipo y alineada con las otras identificaciones de equipo.

Mostrar juntos los números de equipo, títulos y datos para equipos con un mismo número de identificación y servicio. (Ejemplo BA-501A/B)

Mostrar textos dentro del DTI de forma horizontal de ser posible.

Mostrar textos verticales a la izquierda del soporte grafico donde sea posible. Leer los textos verticales sólo por la derecha.

Mostrar la numeración de líneas en el mismo sentido de la línea.



Mostrar abreviaturas recomendadas en apéndice I parte 1 de 2.

Mostrar la abreviatura de la acción de válvulas de control debajo de ésta a 0.06" (1.5 mm) de distancia.

Mostrar el tamaño de la válvula de control entre el actuador y el símbolo del cuerpo de la válvula, sólo si la válvula no es del tamaño de la línea o existe una reducción, equipo cercano a la válvula o no es entendible el diámetro de dicha válvula.

Mostrar los criterios de fuga del asiento de válvula de control entre el actuador y el símbolo del cuerpo de válvula (TSO por sus siglas en inglés Tigh Shut-Off)

Mostrar el tamaño y la presión máxima de los dispositivos de regulación de presión (PSV's, PSE's y válvulas reguladoras de presión PCV's) cercano al círculo de identificación de la válvula.

## **I. DIBUJO**

Para la correcta elaboración del borrador del diagrama y facilitar el dibujo posterior deberán seguirse (además de lo antes indicado), los siguientes lineamientos:

Al elaborar el dibujo deberán tomarse en cuenta los espacios ocupados por la identificación de cada uno de los equipos, notas generales, lista de pendientes, cuadro de identificación y líneas que forman el margen.

Deberá mostrarse también la altura del faldón de torres y recipientes que lo requieran por NPSH así como la altura de re-hervidores. Cuando no se especifique una altura se utilizarán los criterios generales indicados en las especificaciones de tuberías.

La localización de accesorios y los trayectos de tubería son independientes de su representación esquemática en los DTI's. Debe tenerse en cuenta que en los dibujos constructivos de tubería se deberán incluir venteos en los puntos más altos de las trayectorias y drenes en los puntos más bajos de las mismas y que todos serán accesibles.

Por conveniencia en la distribución del diagrama se debe usar el principio de líneas de base media. Por ejemplo, tanques, torre y equipo mayor se muestra en una línea base media. Las bombas y en general el equipo rotatorio se muestran normalmente en la línea base más baja y los condensadores del destilado y cambiadores de calor se muestran en las líneas de base superiores.

Los puntos de conexión de líneas con equipos deben dibujarse mostrando la localización de boquillas al Departamento de Tuberías.

Deberán mostrarse los internos de equipos como serpentines de calentamiento, tubos buzo, platos, eliminadores de niebla, eliminadores de vórtice, etc.

Se deben mostrar los alcances de ingeniería, así como el alcance de suministro de proveedores de equipo paquete, ésto deberá quedar bien claro en la representación del dibujo.

Deberá evitarse, hasta donde la lógica de la secuencia del proceso lo permita, las vueltas de las líneas (cambios de dirección "quiebre") para facilitar la lectura del diagrama.

Líneas de proceso a límite de baterías. Se mostrarán por medio de dos círculos, uno mayor hueco, uno menor dentro del primero relleno desplazado hacia el extremo, indicando sobre este símbolo el nombre de la corriente de que se trate (ver anexos apéndice III. parte 7 de 8).

## 5. CAPITULO V

### 5.1. RECOMENDACIONES PARA LA SELECCIÓN DE VÁLVULAS Y DISPOSITIVOS ESPECIALES DE TUBERÍA EN LA INDUSTRIA PETROLERA

#### 1) DESIGNACIÓN DE VÁLVULAS (LOCALIZACIÓN Y TIPO)

**Válvula:** dispositivo cuya función es la de controlar o interrumpir el flujo de un fluido.

El ingeniero de proceso (sistemas) es responsable del empleo y localización de todas las válvulas, excluyendo las válvulas de control de proceso, y las asociadas a instrumentos.

La incorporación y empleo de las válvulas tiene un impacto importante en el diseño y operación de las plantas de proceso.

Las válvulas y la tubería conjuntamente representan la inversión simple más importante entre los diversos componentes de una planta para procesamiento de hidrocarburos. Representando aproximadamente el veinte por ciento del total del capital expedido para materiales y equipo.

El diseñador debe tener en cuenta el mayor número de elementos para poder seleccionar una válvula. Aunque el grado de importancia asignado a cada uno puede variar, se otorga la máxima prioridad, en general, a las funciones de la válvula. ¿Va a ser la válvula sólo para bloqueo (cierre y paso "ON/OFF"), para regulación (estrangulación) o desvío, es para evitar el flujo inverso o quizá una combinación de todo esto?

Las funciones de las válvulas, más que cualquier otra cosa son las que limitan la elección.

Las funciones de las válvulas de agrupan en:

#### 1. Servicio de corte y paso (ON/OFF):

Válvulas de compuerta  
Válvulas de macho  
Válvulas de bola

#### 2. Servicio de estrangulación:

Válvulas de globo  
Válvulas de mariposa  
Válvulas de diafragma  
Válvulas de aguja

#### 3. Servicio de prevención de flujo inverso:

Válvulas de retención (check)

#### 4. Servicios varios

Válvulas de control, solenoides, y demás asociadas a instrumentos

En la industria del petróleo se emplean válvulas para gran variedad de flujos, desde sólidos granulados hasta desechos industriales. En general, las características más importantes a considerar son: viscosidad, corrosividad y abrasividad; sin embargo, un diseñador también debe tener en cuenta los parámetros del proceso, es decir, cualesquiera condiciones anormales, predecibles, a corto plazo. Hay que reconocer otras circunstancias especiales, como el manejo de más de un fluido con la misma válvula o las posibles altas presiones que puedan ocurrir por un fluido atrapado en el cuerpo de la válvula al cerrarla y que se vaporiza al ser calentado.

La caída de presión en las válvulas puede representar una parte considerable de las pérdidas totales por fricción en un sistema. La mejor selección de válvulas es la que producirá mínima caída de presión y satisfará otros requisitos.

En la actualidad, el alto costo de los energéticos ha dado más importancia a disminuir al mínimo posible la caída de presión al mínimo posible, por lo que la selección de las válvulas deberá ser muy rigurosa.

Las condiciones de operación, o sea, la presión y temperatura coincidentes a que debe trabajar la válvula, a menudo limitan la selección. Quizá se deban excluir las válvulas que tienen sellos de material sintético o materiales de construcción no metálicos, debido a las altas temperaturas del proceso. A la inversa, las bajas temperaturas de operación limitan a menudo la elección de válvulas a las fabricadas con aleaciones. Los materiales de construcción deben ser compatibles con todos los demás factores que intervienen en la selección.

Los cuerpos, revestimientos y guarniciones de válvulas están disponibles en una amplia variedad de materiales para prestar casi cualquier servicio. Con frecuencia, es necesario tener en cuenta el material del cuerpo por separado de las guarniciones (es decir, las partes internas que tienen contacto con el líquido) a fin de optimizar el diseño de la válvula desde un punto de vista económico.

Las válvulas hechas en su totalidad con resinas termoplásticas y las válvulas metálicas con las piezas, que tienen contacto con el fluido, revestidas con plástico se han vuelto muy comunes en servicios corrosivos.

El hierro dúctil, por comparación con el hierro gris, soporta presiones y temperaturas más altas y tiene excelente resistencia a los choques. Dado que el hierro dúctil es menos costoso y tiene mayor resistencia a la corrosión que algunos aceros, ha servido para sustituir éste en muchos casos.

A veces, los materiales de construcción tienen estrecha relación con ciertos tamaños. Las válvulas para agua, aceite o petróleo, gas, aire, etc., se suelen fabricar con latón o bronce en los tamaños pequeños, mientras que en tamaños de 4 pulgadas y mayores, se suelen utilizar cuerpos de hierro y de acero.

## A. VÁLVULAS DE BLOQUEO



### Válvula de compuerta:

Es el tipo más común de válvulas (aproximadamente el 80% a 90% del total de las válvulas en las plantas de proceso son de compuerta).

Se utiliza totalmente cerrada o totalmente abierta.

Ventajas: Muy baja caída de presión (resistencia mínima al flujo en la tubería), baja rugosidad, no hay problemas de mantenimiento, precio medio.

Desventajas: No es recomendable como válvula de estrangulación, debido a que la compuerta y el asiento se erosionan con rapidez (Se prefiere para servicios donde el disco está totalmente abierto o cerrado). Accionamiento poco frecuente.

**Válvula macho:**

Ventajas: Sin fuga en el asiento (cerrada), si es de tipo lubricada es conveniente para la operación continua.

Desventajas: La caída de presión es alta, pobre estrangulación, si es de tipo lubricada la temperatura a la que se puede utilizar depende del lubricante.

**Válvula de bola:**

Válvula sin obstrucción al flujo, usada para líquidos viscosos y pastas aguadas. Cierre positivo. Se utiliza totalmente cerrada o abierta. Válvula de muy fácil apertura, baja caída de presión en posición totalmente abierta.

Desventajas: No es buena como válvula de estrangulación, puede tener limitación en altas temperaturas cuando se utilizan empaques de teflón, alto precio.

**B. VÁLVULAS DE ESTRANGULACIÓN****Válvula de globo:**

Cierre hermético, de total apertura o cerrada totalmente.

Ventajas: Muy estable, buena como válvula de cierre, buena como válvula de estrangulación, de fácil operación, precio medio.

Desventajas: La caída de presión es alta aun en posición de totalmente abierta.

**Válvula de mariposa:**

Ventajas: Válvula de fácil apertura, baja caída de presión en posición totalmente abierta.

Desventajas: Muy difícil de mantener la fuga en el asiento debajo de 5%, pueden haber fugas considerables, pueden existir algunas limitante de usos de este tipo de válvulas en ciertos niveles de temperatura.

**Válvula de aguja:**

Ventajas: Buena para flujos pequeños, usos especiales (buena para control de flujo manual).

Desventajas: Sujeta a atascamiento y erosión, ocasionando posibilidad de fugas en el asiento.

**Válvula de diafragma**

Ventajas: No requieren de empaquetadura en el vástago, adecuada para productos viscosos, pastas aguadas o líquidos corrosivos. Muchas soluciones o pastas aguadas que obstruirían, corroerían o formarían depósitos en otras válvulas, pasan sin problema por las de diafragma.

Desventajas: Caída de presión alta.

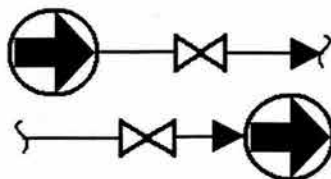
### c. VÁLVULAS CHECK (DE NO RETORNO)

Estas válvulas son utilizadas para permitir el flujo del fluido en sólo una dirección, previenen el contra-flujo.

- Tipo pistón – El flujo pasa a través del cuerpo de la válvula en un cambio de curso (como sucede en las válvulas de globo).
- Tipo balanceada (swing) – Utilizada en líneas de gran longitud.

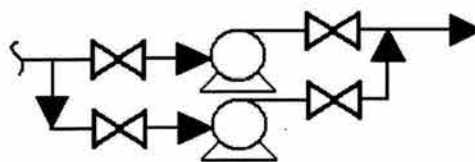
## 2) CONSIDERACIONES DE VALVULEO

### A. Limite de batería

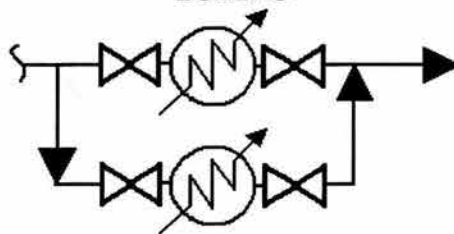


### B. Aislamiento de equipo

- El valvuleo es necesario para poder aislar un equipo y darle mantenimiento sin la necesidad de un paro generalizado de la planta.
- El equipo en espera es esencial que se seccione con válvulas.

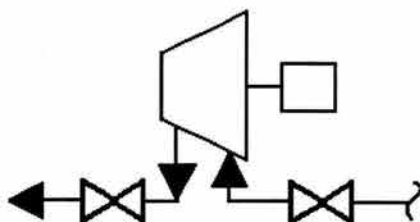


BOMBAS

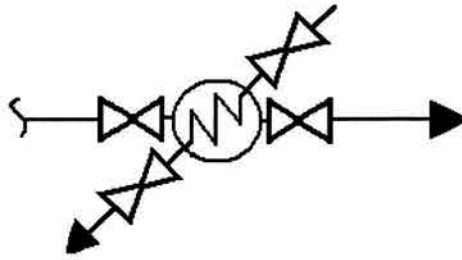


INTERCAMBIADORES DE CALOR

- El equipo esencial aun sin ser de espera, pero que requiere de paro frecuente para mantenimiento requiere ser seccionado con válvulas.



COMPRESOR



INTERCAMBIADOR

- En líneas de tanques y recipientes que den servicio para:
  - Eliminación de vapor.
  - Salidas de vapor.
  - Conexiones de salida y entrada alternativas.
  - En boquillas de tanques que contengan líneas de material letal requiriendo control de operación.

NOTA: Las líneas de cualquier conexión no cubierta por estos criterios deberán ser proveídas con válvula de bloqueo dentro de un radio horizontal de 30 pies de la conexión de un recipiente.

#### C. Algunos artículos especiales de tubería (SP's)

- A menudo se requiere de válvulas de bloqueo tanto a la entrada como a la salida para mantenimiento.

#### D. Venteos y drenes

- Recipientes a presión.
- Intercambiadores de calor.
- Bombas.
- Filtros.

#### E. Tuberías en sistemas de climatización

- Conducciones de cabezales de servicios a través de racks.
- Conexiones finales de línea (ejemplo en líneas de salida para posibles expansiones de planta, ramales).

#### F. Servicios sin válvulas de bloqueo

- En domos de torres para servicio de condensados (la caída de presión en el circuito es muy limitada).
- Rehervidores tipo termosifón (el perfil de presión es crítico).
- Líneas de flujo mínimo en compresores.

- Líneas de transferencia de vacío en hornos (calderas) (la caída de presión en la válvula ocasiona craqueo adicional).
- Intercambiadores de calor; generalmente no se bloquean, solamente para requerimientos de equipo en espera y mantenimiento.

### G. Consideraciones especiales

- Especificación clase # 900 y mayores: Doble válvula de bloqueo
- Contaminación cruzada: Doble válvula de bloqueo y figura ocho.
- Seguridad: válvulas de bloqueo localizadas en conducciones de gas o líquidos combustibles a 50 pies de los equipos.

## 3) CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD

Las plantas de proceso operadas a las presiones y temperaturas utilizadas actualmente representan un enorme problema de seguridad para las personas y equipos. Muchos de los químicos empleados representan riesgo de muerte, daño severo, posibilidad de explosión y/o fuego, o posiblemente reacciones riesgosas impredecibles al mezclarse.

Al utilizar válvulas de bloqueo se asume que se provee de un mayor control y seguridad contra las posibles eventualidades indeseables.

### A. Dispositivos de relevo

No es recomendable utilizar válvulas de bloqueo en entradas y salidas de dispositivos de relevo para así evitar el posible bloqueo accidental de dicho sistema, si se cree necesario el utilizar válvulas de bloque en la entrada y salida de dispositivos de relevo esto deberá ser analizado con precaución; comúnmente se utilizan válvulas de bloque a la entrada y salida de dispositivos de relevo para su aislamiento y mantenimiento, utilizando un by-pass. En el caso de utilizar bloqueo a la entrada y salida de dispositivos de relevo, se deberá hacer mención precisa en la filosofía de operación del sistema de relevo.

El ingeniero de proceso (sistemas), deberá confirmar a través del ingeniero de proyecto de cada trabajo en que se provea de válvulas no mandatorias.

La única manera en que se recomienda el uso de válvulas de bloqueo a la entrada y salida de dispositivos de relevo es la siguiente:

- Sistemas de relevo con válvulas de tres vías.
- Válvulas bloqueadas con candado.
- Válvulas con el sello del asiento abierto.

Las válvulas a la salida y entrada de dispositivos de relevo deberán tener una sección transversal de flujo como mínimo igual al diámetro de la boquilla de entrada y salida del dispositivo de relevo respectivamente.

Si se requiere de utilizar válvulas de tres vías para el bloqueo de la salida y entrada a dispositivos de relevo, estas válvulas deberán estar interconectadas mecánicamente.

**B. Servicio en materiales letales**

Se requiere proveer de válvulas de bloqueo en las boquillas de las tuberías de tanques de almacenamiento que contengan materiales letales.

Se deberá definir que líquidos y/o gases y vapores son letales de acuerdo a código ASME (Boiler and Pressure Vessel Code Section VIII), como gases venenosos o líquidos que en estado natural a muy pequeñas concentraciones de dichos gases o vapores de líquidos mezclados o no mezclados con el aire puedan ser mortales al ser inhalados.

Dado que se ésta recomendando el uso de válvulas de bloqueo en las boquillas de los tanques, se deberá hacer una nota aclaratoria con este propósito dentro del DTI que requiera de estas válvulas.

La nota de mismo modo deberá hacer mención de la facilidad de un acceso rápido a dicha válvula y que el uso de rueda dentada con cadena deberá ser excluido.

**C. Servicio en materiales flamables**

Es necesario el utilizar válvulas de bloqueo en las boquillas de líneas de entrega (salida) de recipientes o tanques de almacenamiento los cuales contengan 200 pies cúbicos o mas de un líquido flamable inventariado desde el nivel normal máximo de líquido, cuando en la línea no se tenga una válvula de bloqueo dentro de un radio horizontal de 30 pies del tanque o recipiente.

Se deberá de proveer de válvulas de bloqueo en las líneas principales de alimentación de gas o líquido combustible a hornos (calderas) y calentadores a fuego directo; dichas válvulas deberán localizarse a distancias razonables del equipo y de fácil acceso para una operación oportuna en caso de emergencia.

**D. Dispositivos de bloqueo en válvulas**

El ingeniero de proceso (sistemas) deberá mostrar en el DTI todos los dispositivos de bloqueo que son requeridos en las válvulas las cuales deberán estar abiertas o cerradas según se requiera por cualquiera de las siguientes razones: Operación normal, condiciones de emergencia, códigos, y/o especificaciones de trabajo.

Los siguientes dispositivos de bloqueo son comúnmente utilizados:

- Sello del asiento.
- Dispositivos especiales (ejemplo, candados).

Se deberán incluir en el diagrama notas aclaratorias para indicar los dispositivos de bloqueo:

CSO – Sello del asiento abierto.

CSC – Sello del asiento cerrado.

LO – Abierta con candado.

LC – Cerrada con candado.



#### 4) VALVULEO EN VÁLVULAS DE CONTROL

Las válvulas de control automático deberán ser proveídas con la posibilidad de operarlas manualmente o con válvulas de bloqueo y valvuleo de by-pass.

Las válvulas de control deberán ser proveídas con válvulas de bloqueo y valvuleo de by-pass de la siguiente manera:

- Para válvulas de control (CV's) de 2 NPS (Tamaño Nominal de Tubería "Nominal Pipe Size") y menores.
- Para servicios sucios, erosivos o corrosivos.
- Para servicios con alta caída de presión donde se planea un mantenimiento frecuente.
- Para servicios en los que se requiera de temperatura de arranque (fluidos de alta viscosidad).
- Para servicios de alimentación de agua a caldera.
- Para servicios de vapor con caídas de presión a través de la válvula de control mayores a 125 PSI.
- Para servicios en fluidos como: Fenol, MEA, DEA, TEA y otros fluidos tóxicos.

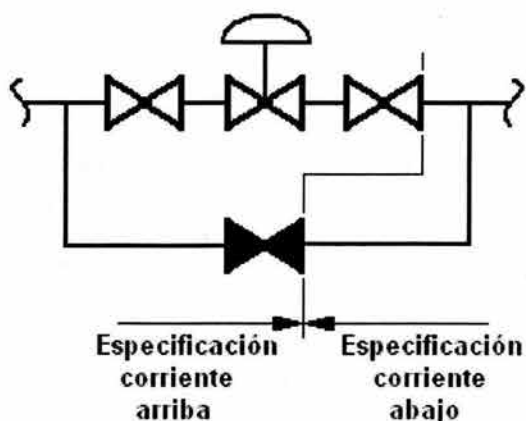
Las válvulas de bloqueo requeridas en válvulas de control deberán ser dimensionadas como se muestra a continuación (cuando se haya determinado el tamaño de las válvulas de control):

TAMAÑO DE VÁLVULA DE CONTROL (NPS)	DIÁMETRO DE LA TUBERÍA (NPS)			
	1"	1 1/2"	2"	3" Y MAYORES
1/2"	1"	1 1/2"	---	MISMO TAMAÑO DE VÁLVULA DE CONTROL
3/4"	1"	1 1/2"	2"	
1"	1"	1 1/2"	2"	
1 1/2"	---	1 1/2"	2"	
2"	---	---	2"	
3" Y MAYORES				

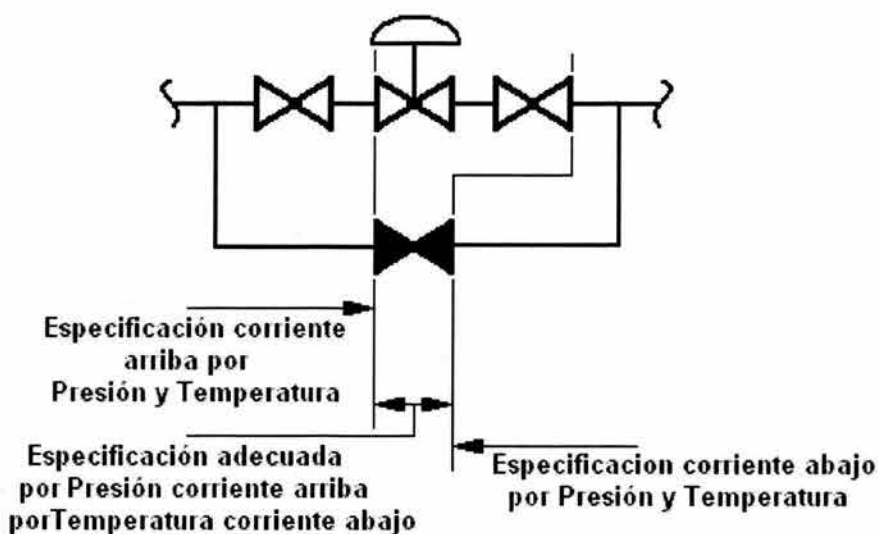
Las válvulas de by-pass de las válvulas de control deberán ser dimensionadas de acuerdo a las condiciones hidráulicas de la válvula de control asociada. El ingeniero de proceso (sistemas) deberá seleccionar una válvula para el by-pass tal que pueda tener una funcionalidad similar a la válvula de control.

Si existe un cambio de especificación de tubería a través de la válvula de control, este deberá representarse debidamente; dicho cambio de especificación puede ser por dos razones, sólo por pérdida de presión o por un efecto Joule-Thompson (expansión con disminución de temperatura) a lo largo de la válvula.

- En el caso de que el cambio de especificación de tubería ocurra en la válvula de control, dicho cambio se deberá representar de la siguiente manera:



- En el caso que ocurra una disminución de presión con efecto Joule-Thompson por lo cual la temperatura disminuya debajo del límite de la especificación del material a la salida de la válvula de control, el cambio de especificación se deberá representar como se muestra en la siguiente figura:



## 5) DISPOSITIVOS ESPECIALES EN BRIDAS (“BLINDS”)

El ingeniero de proceso (sistemas) es el responsable de la selección y localización de todos los dispositivos especiales en bridas (“blinds” también llamadas “blanks”).

Tipo de dispositivos especiales en bridas:

- “Figura 8”; Estos tipos de dispositivos son diseñados para permanecer fijas en una unión bridada, ya sea abierta o cerrada según se requiera, pueden tener función de bloqueo de una línea por seguridad.
- “Circular”; son insertadas indeterminadamente; en algunos casos se requiere de un espaciador durante la operación para así conservar el espacio para un dispositivo apropiado (blind u otros dispositivos, ejemplo placa de orificio). Éste tipo de dispositivo viene con una agarradera la cual es visible en la brida en la que se coloca, con la cual puede ser retirado.
- “Hamer”; es una unidad prefabricada con bridas incluidas, diseñada para ser operada como dispositivo de bloqueo total o apertura, es parecida a las figuras ocho y se utiliza comúnmente en la cercanía de conexiones en “T” para bloquear o dirigir el flujo, su funcionamiento es un híbrido entre una válvula y una figura ocho. No es recomendable su uso en líneas frías de gran longitud, o en cualquier línea de servicios sin importar las dimensiones de dicha línea.

Como una regla, los dispositivos especiales en bridas deberán ser considerados:

- A la entrada y salida de las conexiones de equipos, excepto en bombas, compresores y sopladores; los cuales será necesario mantener fuera de operación periódicamente para mantenimiento, inspección o alteración de su operación sin interferir con la operación global de la unidad. De la misma manera se proveerá de dispositivos especiales para bridas cuando la omisión de éstos represente un peligro para la protección personal, por ejemplo en equipos retráctiles en los que se trabajen líneas de alta presión, al retirar el equipo portátil, será necesario cerrar una brida con figura tipo ocho y así sellar la línea permitiendo una operación que asegure una protección al personal.

Comúnmente se utilizan dispositivos especiales en bridas para líneas de prueba por presión en compresores o tanques asociados a éstos los cuales serán determinados por el proveedor del equipo, usualmente no se representan en el DTI.

- En las boquillas de entrada y salida de hornos (calderas) cuando la presión de prueba en los tubos del horno es mayor que la presión de las líneas de proceso.
- En el límite de baterías o de unidad, en líneas de servicios que conlleven hidrocarburos, y en líneas de proceso conectadas a las tuberías de otra planta las cuales puedan ser utilizadas en un paro de la unidad o planta.

## 5.2.RECOMENDACIONES PARA LA SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS PRINCIPALES EN LA INDUSTRIA PETROLERA

### A. SELECCIÓN DE INDICADORES DE NIVEL

Uno de los parámetros más comunes e importantes en todo tipo de industria, es la medida y control de nivel de producto en los recipientes. Existen diversas formas para medir el nivel, debido principalmente a que hay muchas variedades de productos, así como de recipientes que pueden complicar algo que a simple vista parece muy simple. Sólo se hará mención de los principales tipos y características de los medidores de nivel.

**i) MEDIDOR DE NIVEL ÓPTICO (MIRILLA)**

Se trata del método más simple y a la vez más barato para medir nivel de líquidos en un recipiente. Consiste simplemente en un tubo transparente vertical conectado lateralmente al recipiente (mirilla).

Debido a que el tubo está sometido a la presión y temperatura del recipiente, parece lógico pensar que sean estos datos los que determinen las características de este tipo de nivel. Ahora bien, debido a que el primitivo tubo transparente tiene una clara limitación por presión y temperatura (no más de 15 Kg/cm<sup>2</sup> y 100°C) así como una gran fragilidad a los golpes por pequeños que éstos sean, se desarrolló y se emplea principalmente un tipo de nivel hecho a base de una caja metálica de acero, con mirilla plana (de cristal suficientemente grueso) en su parte lateral, sujeto con tornillos mediante abrazaderas y bridas adecuadas. Este tipo de nivel puede ser de dos clases; de reflexión, cuando sólo lleva un cristal con unas muescas prismáticas a lo largo de la superficie interior y el fondo de la caja es sólido, o de transparencia, cuando también el fondo es de cristal, con lo que se tiene un cristal en cada lado de la cámara, en cuyo caso los cristales no necesitan muescas prismáticas en la parte inferior. En el caso de que la luz ambiente en la parte superior no fuese suficiente, se emplean lámparas eléctricas con un soporte adecuado que se fija al instrumento. Cuando el aparato va instalado en un área de peligro de explosión, el alojamiento de la lámpara debe ser adecuado para la peligrosidad del ambiente.

Los niveles a reflexión se usan principalmente para medir fluidos limpios, incoloros y no viscosos.

Los niveles de transparencia se usan para servicios donde el fluido es coloreado o viscoso, así como para las interfases entre líquidos.

En el caso de vapor de agua o de fluidos corrosivos para el cristal, debe emplearse como protección, laminas de mica transparente o politrifluoroetileno de espesor adecuado.

Cuando el fluido se encuentra a una temperatura muy baja, para evitar que la formación de hielo cubra el cristal impidiendo ver el nivel, se emplean unos bloques de plástico adecuado (generalmente resina acrílica) que se adhiere al cristal a lo largo de él, con el espesor adecuado.

Para el caso de fluidos especialmente viscosos que fluirán difícilmente en el interior de las cajas normales, se deben emplear niveles con la caja más ancha (generalmente son de forma cilíndrica con un diámetro de 50 mm aprox.).

Por razones constructivas, los niveles se fabrican en secciones, las cuales son unidas en serie para completar el nivel deseado. Estas secciones, por motivos prácticos se han normalizado en nueve tamaños que van de 95 mm de visibilidad de mirilla a 320 mm.

Se recomienda que para rangos de nivel en donde se requiera de un número excesivo de secciones, se utilicen varios de tamaño más pequeño, de longitudes menores a 1.3 m y montarlos en el recipiente de forma que se sobrelapen.

Otros elementos fundamentales en los niveles ópticos, consiste en las válvulas de aislamiento o conexión con el recipiente; estas válvulas pueden ser de dos tipos: de cuerpo recto, o bien las llamadas "off set" (en los codos 90°), que permiten una limpieza interna mecánica del nivel, sin necesidad de desmontarlo.

El conjunto de nivel y válvulas deben escogerse de forma tal que sean capaces de resistir como mínimo 1.5 veces la presión máxima de trabajo en el recipiente, debiendo tener en cuenta que los niveles de transparencia son menos robustos que los de reflexión y que los límites de presión y temperatura de los mismos son mucho menores.

Nota: el principio de los vasos comunicantes es ampliamente usado en la medición de nivel, especialmente en los instrumentos de lectura local, como los indicadores de vidrio (level glass). Se piensa que una columna unida a un tambor por vaso comunicante tiene exactamente la misma altura que el nivel del tambor; esto no siempre es así. En un sistema de vasos comunicante, se igualan 2 presiones: la de la columna exterior y la del recipiente; si la densidad es uniforme en todo el sistema, entonces los niveles serán idénticos. Pero supongamos la siguiente situación: tenemos un tambor de agua a presión, a una temperatura de 150°C; medimos el nivel en un indicador de vidrio (level glass) expuesto a una temperatura ambiente de 21 °C. La gravedad específica del agua en el interior es 0.919 y la del exterior, 0.997; si en el interior el nivel alcanza a 1 m, la presión de su columna será 919 mmH<sub>2</sub>O. Para que la columna del indicador de vidrio (level glass) ejerza la misma presión, su altura deberá ser  $919/0.997 = 922$  mm. Es decir, hay una diferencia de -78 mm entre la indicación del LG y el nivel real.

**ii) MEDIDOR DE NIVEL MEDIANTE TRANSMISOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL.**

Del Teorema Fundamental de la Hidrostática, sabemos que la presión ejercida por un líquido contenido en un recipiente es proporcional a la altura de la columna de líquido, independientemente del área de la sección transversal. Por lo tanto, para medir nivel, bastará conocer la presión ejercida por la columna sobre un elemento medidor de presión, como un transmisor del tipo diafragma; en caso de que el recipiente esté sometido a cierta presión (que corresponde a la gran mayoría de los casos que encontramos en Procesos), se usará un transmisor de presión diferencial. Una de sus tomas medirá la presión del recipiente más la presión producida por la columna, en tanto que la otra medirá sólo la presión del recipiente. El transmisor generará una señal proporcional a la diferencia de presión entre ambas tomas.

Las unidades de presión diferencial quedarán expresadas en pulgadas de columna de agua o milímetros de columna de agua, según la unidad en que se expresen las alturas.

Las líneas sensoriales, al igual que para la medición de presión, son tubos de acero inoxidable de 1/2" OD por lo general. Las tomas son coples, medios coples o bridas, en dimensiones que varían entre 3/4" y 1 1/2" nominales.

Los transmisores de presión diferencial son ampliamente usados para medir nivel; no obstante, no son apropiados para medir niveles de interfase líquido-líquido. También pueden presentar dificultades para medir niveles muy estrechos (especialmente de productos muy livianos) y en productos muy calientes, en que el calor puede transmitirse al líquido de sello, vaporizándolo.

**iii) MEDIDOR DE NIVEL POR DESPLAZADOR (BOYANTES)**

Esta modalidad, muy usada en Procesos, se basa en el Principio de Arquímedes, que dice que todo cuerpo sumergido en un fluido recibe de éste una fuerza en sentido vertical cuya magnitud es igual al peso del fluido desplazado. A esta fuerza se le conoce como empuje o boyantes.

Para aclarar cómo se aplica esta fuerza a la medición de nivel, imaginemos primeramente que tenemos una botella vacía en el interior de un depósito cilíndrico de diámetro algo mayor que el de la botella; inicialmente el depósito está vacío. Empezamos a llenar con agua el depósito hasta que la botella flote libremente y colocamos un dedo en la parte superior de la botella para impedir que se mueva; si agregamos más líquido, sentiremos una fuerza cada vez mayor en nuestro dedo: es la fuerza de boyantes.

- El elemento no flota en la superficie, sino que desplaza al fluido circundante. Por tal motivo se le llama desplazador.

- La fuerza ejercida sobre el punto de apoyo depende del nivel del fluido.

La fuerza de boyantes se dirige hacia arriba, por lo tanto, se contrapone al peso del desplazador.

En los transmisores de nivel por desplazador, se reemplaza el resorte por un diafragma de torsión (que además aísla el transmisor del proceso), de modo que el movimiento vertical se transforma en movimiento rotacional. Por lo general, una variación entre el 0 y el 100% del nivel producirá un cambio en la posición angular de la barra de torque no superior a 9°. En un transmisor neumático, la rotación se transmitirá a un conjunto aleta-boquilla el cual responderá de una manera similar a un transmisor de presión. Si es electrónico, accionará un transductor de posición. En cualquier caso, se generará una señal (3-15 psig ó 4-20 mA) proporcional al nivel.

Si el desplazador va inserto en el recipiente cuyo nivel se desea medir, entonces hablamos de desplazador interno. Pero lo más común es que el desplazador esté en una vasija adecuada, conectado mediante vasos comunicantes con el nivel que se desea medir. Éste es el caso de los desplazadores externos.

Una de las principales aplicaciones de los medidores por desplazador es la medición de interfaces líquido-líquido (por ejemplo, agua-hidrocarburo), en donde superan con ventajas a la medición por diferencia de presión.

La principal desventaja del medidor por desplazador, en comparación al transmisor por diferencia de presión, es su mayor precio, menor flexibilidad y mayor cantidad de partes móviles.

Tanto la medición por diferencia de presión como por desplazador tienen una desventaja: son sensibles a las variaciones de densidad del producto. Si bien esta característica es aprovechada para medir la densidad, representa un problema al momento de medir niveles en productos muy cambiantes.

**iv) MEDIDOR DE NIVEL POR BARBOTEO.**

Este tipo de sistemas de medida posiblemente sea el mas barato, incluye un manómetro medidor de presión, que es el que va a medir el nivel. El mencionado manómetro indicador de nivel se puede colocar en cualquier sitio accesible, ya que su instalación no viene limitada por el recipiente. Este sistema es bastante popular y particularmente ventajoso en aplicaciones con líquidos corrosivos o con materias en suspensión, ya que en este sistema el fluido no penetra en el medidor ni en la tubería de conexión.

Básicamente consiste en un tubo sumergido en el recipiente hasta el nivel mínimo, y mediante un regulador de presión se hace pasar por el tubo un pequeño flujo de aire o gas, hasta que burbujea por el extremo del mismo. La presión necesaria para hacer salir las burbujas, es exactamente igual a la columna del líquido.

La precisión está afectada en gran medida por la densidad, pero, no obstante, si la densidad es constante, la precisión puede estar entre  $\pm 1\%$  y  $\pm 2\%$ .

**v) MEDIDOR DE NIVEL POR FLOTADOR**

Una forma muy usual cuando se pretende medir grandes variaciones de nivel, o bien detectar un nivel de líquido en un determinado punto, es el de usar un flotador de baja densidad, el cual sube y baja según el nivel del líquido.

Este sistema se emplea en los interruptores de nivel para dar alarmas de alto o bajo nivel, así como para medir el nivel en los grandes tanques de almacenamiento, que normalmente tienen una altura considerable. La principal limitación a su empleo es la presión en el recipiente que puede llegar a aplastar el flotador. Es raro el empleo de este tipo de medidores de nivel por encima de los  $50 \text{ Kg/cm}^2$ , teniendo entonces que utilizarse desplazadores en lugar de flotadores.

En los interruptores de nivel, el flotador está montado en el extremo de una varilla que pivotea en la pared del recipiente.

En los tanques de almacenamiento el flotador se mantiene en posición mediante unas guías sujetas al fondo y al techo del tanque, y está suspendido en una cinta. Esta cinta, a su vez, está enrollada en un tambor que, mediante un motor, resorte, u otro sistema, recoge o alarga la cinta según sube o baja el flotador; a su vez, mediante unos engranajes, se acopla al eje del tambor un indicador que da la medida del nivel.

Una versión muy sencilla y económica de este método consiste en sustituir el tambor por un contrapeso que corra a lo largo de una escala pintada en la superficie exterior del tanque, actuando el contrapeso como indicador de nivel; lógicamente estos medidores sólo se pueden utilizar en tanques abiertos o a muy baja presión, ya que es necesario que la cinta salga al exterior mediante un juego de poleas. En los casos de tanques cerrados, se monta una guarda hidráulica por la que se pasa la cinta, la cual impide la salida de vapores al exterior por el orificio de salida de la cinta.

**vi) MEDIDOR DE NIVEL POR CONDUCTIVIDAD**

La mayor parte de los líquidos pueden en mayor o menor grado conducir una corriente eléctrica. La resistividad (recíproco de la conductividad) varía desde cero en algunos ácidos y soluciones, hasta  $200.000 \text{ ohmios}$  en el agua destilada. Así pues, el nivel de un líquido puede ser detectado con sondas que miden la conductividad en un determinado punto cuando el líquido conductor alcanza el electrodo, operando un contacto.

El mismo concepto puede emplearse para la medida continua de nivel, mediante una sonda que sea conductora en toda la longitud y midiendo la diferencia de potencial a medida que la superficie de la sonda va siendo cubierta. Sin embargo, la precisión es afectada por las variaciones de conductividad debido a corrientes térmicas y turbulencias.

En ambos casos, tanto en la medida continua o puntual, la precisión depende de la conductividad. A menor conductividad, menor precisión.

Regularmente los recipientes son conductores, empleándose como terminales de retorno si no; si el recipiente es de material no conductor es necesario usar una segunda sonda para terminal de retorno.

### vii) MEDIDOR DE NIVEL POR DETECCIÓN DE TEMPERATURA

En algunas aplicaciones, especialmente para fluidos viscosos y calientes cuyas condiciones son demasiado severas para un nivel de desplazador o flotador, se emplea este método, consistente en colocar diversos termopares, o cualquier dispositivo adecuado de detección térmica, a diferentes alturas. Así, a medida que sube el nivel y se pone en contacto con los termopares, estos medidores al detectar el cambio de temperatura van dando una indicación de nivel.

Estos termopares se suelen montar espaciados unos encima de otros en los puntos donde se quiere medir el nivel, siendo la separación entre los mismos según la sensibilidad deseada.

Normalmente el termopar no se instala directamente en la pared del recipiente, sino mediante una tubería de 4" soldada perpendicularmente y con otra tubería curvada de 2", la cual permite al fluido llegar hasta la tubería horizontal para cubrir el termo-elemento, así como vaciar rápidamente cuando desciende el nivel.

### viii) MEDIDOR DE NIVEL EN SÓLIDOS Y PASTAS

En cierto tipo de plantas se presenta el problema de medir nivel de productos que no se encuentran en estado líquido, tal es el caso de sólidos en estado granular o polvoriento, o bien en estado intermedio, semifluido, como ocurre en las pastas.

**Medidor de peso y cable:** este sistema es muy parecido al de flotador de líquidos descrito anteriormente, con la única diferencia de sustituir el flotador por un peso. Así pues el peso suspendido mediante un cable o cinta de un tambor movido por un motor, el cual suelta cable hasta que el peso toca el material cuyo nivel se requiere medir. Este material debe ser de tipo polvo o granulado y el peso debe tener una sección suficiente para que no se hunda en el material cuando llega a contactar con él, momento en que se para el motor indicando el nivel. Si el nivel sube, el peso deja de colgar, con lo que el motor arranca recogiendo cable hasta que el peso vuelve a quedar en equilibrio.

El aparato es simple, proporciona una medida continua, y es insensible al polvo suspendido, humedad y a las variaciones de temperatura. La precisión es  $\pm 3$  cm.

**Dispositivos de eco:** se puede medir un nivel sin tocar el material, empleando tres tipos de dispositivos de eco (sonar, ultrasonido y ecosonido).

Los tres sistemas funcionan según el mismo principio de medir el tiempo de retardo de una señal reflejada en la superficie del producto cuyo nivel se requiere medir. La diferencia real entre estos dispositivos es la frecuencia de la señal. La medición en los tres casos debe ser compensada por temperatura a fin de tener una mayor precisión.

El "sonar" es también adecuado para medir líquidos, pastas, y las interfases entre líquidos y sólidos en suspensión. La precisión está entre  $\pm 1\%$  y  $\pm 2\%$ , pudiéndose poner el transmisor y el receptor tanto por encima como por debajo de la superficie de la interfase.

**Microondas:** estos dispositivos del tipo no contacto funcionan en el mismo principio de los dispositivos de eco descritos anteriormente. En el caso de microondas, las frecuencias son muy elevadas y el tipo de señales es pulsante.

Debe tenerse en cuenta los materiales que rodean el propio instrumento, pues pueden afectar a las microondas. Las microondas de bajo nivel no pueden traspasar los metales y en cambio son reflejadas por ellos por lo que se deberá añadir una sección de pared de algún material plástico al utilizar este tipo de medidores de nivel. Por otra parte, el agua absorbe las microondas casi por completo y en mayor o menor grado las soluciones o productos que contengan agua, tales como pastas (con agua), madera, etc.; en cambio, el aire, produce la mínima atenuación.

Todo esto se debe a que las pérdidas de transmisión disminuyen a medida que es mayor la constante dieléctrica del medio y mejoran a medida que es mayor la conductividad. La precisión de este tipo de equipos está entre  $\pm 1\%$  y  $\pm 2\%$ .

**Radiactivos:** para medir y detectar niveles, se usan también dispositivos para radiación nuclear. Su ventaja principal consiste en que pueden actuar a través de las paredes de los recipientes y no es necesario montar nada en el interior de estos recipientes. La precisión para medida puntual o actuación como interruptor es de  $\pm 6$  mm. Para la medición continua, en cambio, tiene una precisión entre  $\pm 1\%$  y  $\pm 2\%$ .

El sistema normalmente usa una fuente de rayos gamma como emisor y un detector Geyger como receptor. Éstos se montan en forma oblicua o diagonal en el recipiente, el emisor en la parte inferior y el receptor en la parte superior. El nivel se mide en función de la atenuación que produce el producto.

**Rueda de paletas:** para la detección, más que para la medida de niveles de sólidos en forma de polvo o granulado, se usa un dispositivo consistente en una rueda con unas paletas que giran lentamente; al subir el nivel de producto agarra la rueda y el aumento de corriente en el motor por esa causa, indica la presencia del producto. La precisión es de  $\pm 30$  mm.

**Interrupción de un haz:** dispositivo muy popular para la detección de nivel para sólidos en forma de polvo o granular, entre los cuales se encuentran los dispositivos fotoeléctricos o de interrupción de un chorro de aire.

CUADRO COMPARATIVO Y DE APLICACIÓN DE INDICADORES DE NIVEL							
Tipo de medidor	Precisión	Rangos disponibles	Aplicación (B: buena, R: regular, M: mala, ---: no aceptable)				
			Líquido	Interfase líquido/líquido	Pastas	Polvo	Gránulos
Óptico	Según visibilidad	< 2.5 m	B	R	M	---	---
Desplazador	$\pm 5$ mm	< 3 m	B	B	R	---	---
Pres. diferencial	$\pm 0.5\%$	Variable	B	R	R	M	---
Barboteo	$\pm 1\%$	Cualquiera	B	---	R	---	---
Flotador	$\pm 5$ mm	Cualquiera	B	---	M	---	---
Conductividad	$\pm 3$ mm	< 20 m	B	---	B	M	M
Peso y cable	$\pm 30$ mm	Cualquiera	B	---	B	B	B
Sonar	$\pm 1\%$	< 15 m	---	R	B	---	---
Microondas	$\pm 1\%$	< 60 m	B	---	B	B	B
Radiactivo	$\pm 1\%$	Cualquiera	B	---	B	B	B
Rueda de paletas	$\pm 30$ mm	Cualquiera	---	---	B	R	M
Interrupción de haz	$\pm 2\%$	Cualquiera	---	---	---	B	B



## B. SELECCIÓN DE MEDIDORES DE FLUJO

### i) MEDIDOR DE FLUJO TIPO BURBUJA (BUBBLE)

Los medidores de flujo tipo burbuja, no son tan bien conocidos como otros tipos. Ésto es desafortunado, dado que esta clase de medidores ofrecen ventajas no encontradas en los medidores de mayor precio y de diseño más complicado.

Históricamente los medidores de tipo burbuja encontraban su nicho en el campo de la cromatografía de gases donde eran utilizados para la medición de la columna, detección, y control del flujo de gas.

En días presentes, de cualquier manera, los medidores de tipo burbuja están disponibles en una gran variedad de rangos de flujo tanto para gases como para líquidos, lo cual incrementa en gran medida el número de aplicaciones potenciales.

- **Ventajas:** la mayor ventaja de los medidores de tipo burbuja para gases es que no son afectados por la composición del gas. En contraste, la mayoría de los medidores electrónicos deben ser calibrados para un gas en específico o para una mezcla de gases. El medidor de flujo másico tradicional es un claro ejemplo de ésto. Un medidor de flujo másico calibrado para aire no podrá ser empleado para la medición de otros gases o mezcla sin una previa re-calibración del fabricante, cuando el gas es cambiado la calibración debe ser actualizada.

Éste no es el caso en los medidores de tipo burbuja. Si un medidor de flujo se requiere para la medición de gases ordinarios tales como nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, dióxido de carbono y argón, o para medir una mezcla única, un mismo medidor de flujo tipo burbuja puede hacer todo ésto. Esta versatilidad ayuda a disminuir costo en equipo y puede ahorrar costo y tiempo de re-calibración. Se debe tener en cuenta que pueden existir gases que tengan reacción con la solución acuosa (agua) que se utiliza para la burbuja; por lo tanto la selección de un medidor de flujo de este tipo deberá realizarse con la precaución debida, descartando su uso en servicios con gases que reaccionen con el agua.

Otra ventaja útil del diseño de los medidores de flujo tipo burbuja es que la calibración no conlleva arrastre de tiempo. Las partes eléctricas principales del sistema son los sensores ópticos que detectan la presencia o ausencia de la burbuja o del menisco según sea el caso. Este tipo de sensores los cuales no están en contacto con el fluido no experimentan ningún tipo de interferencia en la exactitud y dado que no están en contacto con el fluido, su mantenimiento es mínimo. El tubo de vidrio en el cual se forman las burbujas o el menisco no varía de diámetro a lo largo del tiempo, por lo que únicamente se requiere realizar calibraciones esporádicas para verificar el buen funcionamiento del dispositivo.

En el mercado de la cromatografía de gases los medidores de flujo tipo burbuja pueden ser calificados como estándar de flujo primario.

Tradicionalmente sólo están disponibles para flujos muy pequeños, no existen disponibles para rangos de flujo muy extensos.

Para gases existen comercialmente de 0.1 a 25 L/min los cuales tienen una medición con exactitud. Para líquidos hay existentes comercialmente de 1 a 30 mL/min.

- **Desventajas:** si se requiere de una medición en línea con un medidor de flujo tipo burbuja, se tiene que realizar un paro en dicha línea para poder hacer la medición y posteriormente restablecer las condiciones en dicha línea. Los medidores de flujo tipo burbuja son adecuados para finales de línea, contrariamente no son recomendados para monitoreos continuos en línea. En algunas aplicaciones el uso de la solución para la burbuja representa inconvenientes menores ya que el medidor deberá someterse a limpieza después de la medición.
- **Aplicaciones:** el uso de los medidores de flujo tipo burbuja es común en laboratorios e investigación donde se requiere de la medición de flujos pequeños. Su uso industrial es extremadamente limitado. En seguida se enuncian algunas de las aplicaciones comunes de este tipo de medidores:
  - Extracción en flujo supercrítico.
  - Cromatografía de columna, detección y medición de gas.
  - Monitoreo post-detección de volumen de flujo en sistemas de HPLC.

- Calibración y verificación de flujo para medidores de flujo electrónicos y de área variable.
- Medición precisa de flujo en mezclas de gas sin re-calibración.
- Medición precisa de flujo de concentraciones de gas cambiando.
- Calibración de bombas de muestreo de aire.
- Verificación de flujo de gas con propósitos en general.

## ii) MEDIDOR DE FLUJO TIPO DOPPLER (ULTRASÓNICO)

El medidor de flujo tipo Doppler tiene dos sensores que se colocan en la superficie exterior de la tubería. Uno de ellos es el transmisor el cual transmite una señal de alta frecuencia (ultrasónica) a través de la tubería. Esta señal es reflejada por las partículas dentro del fluido, la medición de ambas velocidades se correlaciona así obteniendo un resultado de flujo instantáneo.

Señal de respuesta del instrumento lineal.

- **Ventajas:** la principal ventaja de los medidores de flujo con efecto Doppler (ultrasónicos) es que no son de diseño intrusivo (no es instalado fijo, permanente y no está en contacto directo con el fluido). Un componente acústico acoplado es utilizado en la superficie de la tubería, y los sensores simplemente son puestos en el lugar donde se requiere tomar la medida o, para una instalación más permanente, son asentados con cintillos alrededor de la tubería. Algunos fabricantes ofrecen dispositivos con abrazaderas para tuberías de bajo diámetro (tuberías menores a 1/4"). Otras ventajas significativas se enuncian a continuación:
  - Fácil instalación y remoción, no se requiere de tiempo de paro del proceso para su instalación.
  - No tiene partes móviles.
  - No representa caída de presión.
  - No contamina el proceso ya que no está en contacto directo.
  - Trabaja bien con fluidos secos y corrosivos.
  - Trabaja bien en tuberías del rango de 1/2" a 200".
  - No representa peligro potencial de fugas.
  - Los medidores están disponibles para trabajar con características de flujo laminar, turbulento, o transicional.
  - La alimentación de potencia (voltaje) puede ser para su uso en campo (remoto).
  - Hay sensores disponibles para flujo en pulsaciones (inestable).
  - Hay dispositivos disponibles con software avanzado y procesamiento sofisticado de información.
  - No son afectados por la temperatura de líquidos, viscosidad, densidad o variaciones de presión.
- **Desventajas:** todos los medidores de flujo tienen sus desventajas y el diseño de los medidores de flujo de tipo Doppler (ultrasónicos) no son la excepción. La principal desventaja de esta tecnología es el hecho de que las corrientes de líquidos deben tener partículas, burbujas o sólidos que pueden reflejar la señal ultrasónica. Es significa que los medidores de flujo de tipo Doppler (ultrasónico) no son una buena opción para medición de agua de-ionizada o para fluidos muy limpios. Sin embargo un gran avance se a tenido al respecto con la tecnología Doppler por lo que los medidores de este tipo pueden trabajar con partículas muy pequeñas y concentraciones muy bajas, pero ésto no implica que no se requiera de la presencia de partículas para la medición (un diseño abordó este problema de diseño colocando un codo de 90° a unas cuantas pulgadas de distancia del medidor de flujo Doppler, así permitiendo la medición con los remolinos producidos en el codo). Una buena regla de dedo es el tener un mínimo de 25 partes por millón de concentración de partículas de 30 micrómetros para que la señal ultrasónica del medidor sea reflejada efectivamente. El diseño de algunos medidores de este tipo requieren de concentraciones mayores a éstas, por lo que hay que tener un especial cuidado al seleccionar un medidor de este tipo, considerando las condiciones del fluido a medir.

Hay que hacer notar que si la concentración de sólidos es muy alta (alrededor del 50% o más másico), la señal ultrasónica podría atenuarse por debajo de los límites medibles. Esta posibilidad podría ser también verificada por el fabricante cuando se refiera a una aplicación en especial. Otra desventaja es que la exactitud de estos medidores depende del tamaño, distribución y concentración de las partículas presentes en el fluido; también podría afectar la exactitud de la medición, una velocidad relativa que exista entre la velocidad de las partículas y la del fluido. Si no hay presentes suficientes partículas, la repetibilidad en la medición será disminuida.

Finalmente, otro problema potencial de esta tecnología es el hecho de que puede tener problemas en la medición de flujo a muy baja velocidades del fluido.

- **Aplicaciones:** debido a que no tienen que estar en contacto con el fluido y que su instalación no representa interferencia en el proceso, los medidores de flujo Doppler tienen una gran variedad de aplicaciones dentro del área de la medición de flujo de agua fresca, tratamiento de aguas residuales, calentamiento, ventilación y acondicionamiento de aire, petróleo y mediciones de flujo en general en plantas de proceso. En seguida se enlistan algunas de las aplicaciones más comunes de los medidores de flujo Doppler:
  - Medición del flujo de agua influente y efluente.
  - Monitoreo en clarificación.
  - Control en la alimentación a digestores de lodos.
  - Medición de flujo en tratamiento de aguas residuales.
  - Medición de flujo de agua potable.
  - Medición de flujo de agua de enfriamiento.
  - Medición de flujo de reposición de agua ("make up") a calderas y torres de enfriamiento.
  - Medición de flujo de agua fría y caliente.
  - Medición de flujo en transferencia de custodia.
  - Medición de flujo en la inyección de agua a yacimientos.
  - Medición de flujo de petróleo crudo.
  - Medición de flujo en fluidos altamente viscosos (pastosos).
  - Medición de flujo en ácidos.
  - Medición de flujo en fluidos cáusticos.
  - Medición de flujo en gases licuados a presión.

### iii) MEDIDOR DE FLUJO DE TIEMPO TRANSITORIO (TRANSIT-TIME) "ULTRASÓNICO"

Es muy parecido al medidor ultrasónico Doppler, este tipo de medidores utilizan un pulso ultrasónico que es proyectado a través de la tubería. Se mide la frecuencia de la señal de envío y de regreso, el tiempo en que se transporta de un lado a otro esta señal ultrasónica, se correlacionan para obtener una medición inmediata del flujo, no se refleja en las partículas del fluido sino que la señal atraviesa dos veces el fluido en diferente dirección.

Señal de respuesta del instrumento lineal.

- **Ventajas:** además de las ventajas del medidor de tipo Doppler, la gran ventaja de este tipo de medidores de flujo es que puede trabajar a diferencia del tipo Doppler con fluidos ultra puros, ya que no requiere de la reflexión de la señal por las partículas en el fluido. Algunas de las principales ventajas de este tipo de medidores de flujo se enuncian a continuación:
  - Instalación sencilla, se monta con cintillos a abrazaderas alrededor de la tubería.
  - No tiene partes móviles.
  - No representa caída de presión.
  - Puede detectar falta de flujo (flujo nulo).
  - No contamina el proceso ya que no está en contacto directo.
  - Funciona bien con fluidos limpios y ultra puros.
  - Trabaja bien en tuberías del rango de 1" a 200".
  - No representa peligro potencial de fugas.

- Los medidores están disponibles para trabajar con características de flujo laminar, turbulento, o transicional.
  - La alimentación de potencia (voltaje) puede ser para su uso en campo (remoto).
  - Hay sensores disponibles para flujo en pulsaciones (inestable).
  - Hay dispositivos disponibles con software avanzado y procesamiento sofisticado de información.
  - Nos son afectados por la temperatura de líquidos, viscosidad, densidad o variaciones de presión.
- **Desventajas:** este tipo de medidores de flujo pueden sufrir interferencias ocasionadas en la pared de la tubería y este representar problemas de repetibilidad, exactitud en caso de existir espacios llenos de aire entre la tubería y el fluido. El concreto, la fibra de vidrio y el recubrimiento plástico pueden atenuar la señal al grado de eliminar la utilidad de este tipo de medidor. Debido a que estos factores pueden variar entre un diseño y otro es necesario verificar las condiciones de operación de estos medidores con el fabricante para asegurar que el material de la tubería y su recubrimiento no representan alguna interferencia en el funcionamiento de este tipo de medidores.  
Este tipo de medidores no funcionan correctamente con fluidos sucios, burbujeantes o con alta carga de partículas. Muchas veces la pureza del fluido fluctúa, afectando ésto la exactitud de la medición del flujo. Por lo que algunas veces se utilizan aparatos híbridos entre las medidores de tipo Doppler y este tipo de medidor, para asegurar su correcto funcionamiento tanto para fluidos con alta carga de partículas como para fluidos ultra puros, el aparato automáticamente selecciona que tecnología utilizar, dependiendo de las condiciones del fluido. Este tipo de híbridos se utiliza en el caso de que se requiera la medición de una gama diversa de fluidos o en el que exista una gran fluctuación en la pureza del fluido.
- **Aplicaciones:** este tipo de medidores de flujo, son comúnmente utilizados para la medición de flujo en corrientes limpias o ultra puras. Algunos de sus principales usos se enlistan a continuación:
    - Medición del flujo de agua limpia en plantas de tratamiento de agua.
    - Medición de fluidos ultra puros en la industria farmacéutica, de electrónica (semiconductores), de alimentos y bebidas.
    - Medición de ácidos.
    - Medición de gases licuados a presión.
    - Medición de agua caliente o fría en plantas de proceso.
    - Medición de aceite crudo ligero y medio en refinerías.
    - Medición en sistemas de distribución de agua para agricultura e irrigación.
    - Medición de líquidos criogénicos.
    - Medición de gas en sistemas de relevo.

#### iv) MEDIDOR DE FLUJO TIPO VORTICE (VORTEX)

En el diseño de los medidores de flujo vortice, un cuerpo (mampara) o varios de ellos son colocados dentro de la corriente del fluido a medir. Exactamente debajo de estas mamparas, se coloca un medidor de presión diferencial, un termistor o un sensor ultrasónico el cual detecta las fluctuaciones de presión y velocidad de los vortices producidos en las mamparas. Estas fluctuaciones son lineales y directamente proporcionales al flujo e independientes de la densidad, presión, temperatura y viscosidad. La frecuencia de los vortices es directamente proporcional a la velocidad del fluido. Este tipo de medidores son muy flexibles por lo que pueden ser utilizados en múltiples servicios, tales como medición de gases, líquidos y vapor. El hecho de no tener partes móviles, hace que este tipo de medidores sean una opción muy popular. Presentan exactitudes en su medición de alrededor del rango de  $\pm 1\%$ .

Existen comercialmente medidores de este tipo en el rango de  $\frac{1}{2}$ " a 16". Este tipo de medidores requiere velocidades en el fluido de Reynolds no menores a 2000 y en el rango de Reynolds 2000 a 10000 las fluctuaciones no son lineales. Para obtener mejores mediciones de flujo, se recomienda un Reynolds mínimo de 10000.

- **Ventajas:** las ventajas de este tipo de medidores de flujo son varias. A continuación se enlistan las mas representativas:
  - No tiene partes móviles.
  - No requiere de rutinas de mantenimiento.
  - Puede ser utilizado para la medición de flujo en gases, líquidos y vapores.
  - Estable a largo tiempo en exactitud y tiene un alto grado de repetibilidad.
  - Bajo costo de instalación comparado con los tradicionales medidores de placa de orificio.
  - Disponibles en una gran gama de rangos de temperatura, desde  $-300^{\circ}\text{F}$  a  $800^{\circ}\text{F}$ .
  - Las barras que funcionan como mamparas están diseñadas para evitar atascamiento en la línea.
  - Disponibles en un gran rango de tamaños de tubería.
  - Disponibles en un variado tipo de protocolos de comunicación.
  
- **Desventajas:** sólo un par de desventajas se encuentran en este tipo de medidores de flujo. El primero es el hecho de no ser una buena elección para corrientes con una baja velocidad de fluido. por lo que no son recomendables en velocidades menores a 0.3 f/s. Adicionalmente a lo anterior, otra desventaja es la necesidad de una longitud de tubo recto requerida antes y después del medidor de flujo de este tipo, se recomienda una longitud de 10 diámetros antes y 10 diámetros después del medidor de flujo, pero si existen codos o válvulas cercanas, la longitud mínima de tubo recto requerida será mayor.
  
- **Aplicaciones:** en los últimos años los medidores de flujo de este tipo han sido comercialmente muy populares y son utilizados en una gran variedad de aplicaciones e industrias. A continuación se enuncian algunas de las principales aplicaciones de este tipo de medidores de flujo:
  - Medición de flujo en transferencia de custodia de gas natural.
  - Medición de flujo de suspensiones.
  - Medición de flujo en fluidos de alta viscosidad.
  - Medición de flujo en fluidos criogénicos.
  - Medición de flujo de vapor.
  - Medición de flujo de agua fría y caliente.
  - Medición de flujo de mezclas glicol-agua.
  - Medición de flujo de condensados.
  - Medición de flujo de agua potable.
  - Medición de flujo de agua ultra pura y de-ionizada.
  - Medición de flujo de agua en otras aplicaciones.
  - Medición de flujo de ácidos y solventes.
  - Medición de fluidos en la industria petrolera, de gas, de pulpa y papel.

#### v) MEDIDOR DE FLUJO TIPO MAGNÉTICO

El principio del medidor de flujo de tipo magnético se deriva de la ley de inducción de Faraday, en este diseño se posiciona un magneto sobre la superficie exterior de la tubería y otro en la superficie exterior opuesta para producir un flujo magnético transversal al trayecto del fluido, el paso del fluido a través del flujo magnético induce un potencial eléctrico el cual es medido y se relaciona con el flujo. Señal lineal.

- **Ventajas:** los medidores de flujo de tipo magnético ofrecen varias ventajas importantes. A continuación se enlistan las principales:
  - No obstruyen el flujo ya que no son intrusivos.
  - No representa caída de presión.
  - Insensibles a la viscosidad, gravedad específica, temperatura y presión (con pocas limitaciones).

- Los medidores están disponibles para trabajar con características de flujo laminar, turbulento, o transicional.
- Tiene buena respuesta a cambios rápidos de flujo (sólo para medidores magnéticos de diseño de pulso, de alta frecuencia y de excitación).
- Alta precisión (0.5 a 1%).
- No tiene partes móviles.
- Útil para servicios pastosos y partículas pesadas.
- Tienen recubrimiento protector para fluidos corrosivos, abrasivos e incrustantes.
- Existen modelos en línea y montados no fijos en rangos de 1/10" a 96".
- Disponibles en un variado tipo de protocolos de comunicación.
- Bi-direccional.
- Autolimpiable.
- Sanitizado.

- **Desventajas:** la principal desventaja de los medidores de flujo tipo magnético es el hecho de que el fluido requiere ser conductivo. Por lo que líquidos como los hidrocarburos o el agua deionizada (ni gases) no pueden ser medidos con este tipo de dispositivos. La conductividad mínima requerida para el buen funcionamiento de este tipo de medidores es del rango 1-5 miliSiemens/cm pero puede variar entre cada diseño, lo cual deberá ser verificado con cada fabricante. Otra desventaja de este tipo de medidores es la necesidad de mantener la línea aterrizada dado que esta tecnología utiliza campos magnéticos y eléctricos. No es recomendado el uso de empaques de grafito en la instalación de este tipo de medidores de flujo, dado que el grafito puede representar una barrera conductiva y causar error en la medición del flujo. No es recomendada la instalación este tipo de medidores en áreas donde se contengan campos electromagnéticos o electroestáticos.

No es posible la medición de flujo en fluidos tales como: productos de petróleo, crudo, agua de -ionizada, grasas animales y vegetales.

Es un dispositivo caro, voluminoso y pesado en tamaños grandes.

Presenta limitaciones por temperatura.

Requiere de calibración.

Requiere de potencia eléctrica.

- **Aplicaciones:** los medidores de flujo de tipo magnético pueden ser utilizados en una gran variedad de servicios, a continuación se enlistan algunos de los mas representativos:
  - Medición de flujo de agua y soluciones detergentes.
  - Medición de una gran variedad de efluentes industriales.
  - Medición de flujo de pulpa de papel.
  - Medición de flujo de lechada en minería.
  - Medición de flujo de salmuera.
  - Medición de flujo de lodos.
  - Medición de flujo en líquidos de la industria alimentaría.
  - Medición de flujo en drenajes.
  - Medición de flujo de ácidos corrosivos.
  - Medición de flujo de soluciones de metales de alta plusvalía.
  - Medición de flujo de electrólitos.
  - Medición de flujo de líquidos de proceso.

TABLA COMPARATIVA DE MEDIDORES DE FLUJO PARTE I

ATRIBUTO	BURBUJA	DOPPLER	TIEMPO TRANSITORIO	VORTICE	MAGNÉTICO
Gases	Si	Si <sup>(1)</sup>	Si <sup>(1)</sup>	Si	No
Vapor	No	Si <sup>(1)</sup>	Si <sup>(1)</sup>	Si	No
Líquidos	Si	Si	Si	Si	Si
Líquidos viscosos	Si	Si	Si	Si	Si
Líquidos corrosivos	No recomendado	Si	Si	Si	Si
Exactitud típica	2% <sup>(3)</sup>	2% <sup>(4)</sup>	0.5% <sup>(4)</sup>	0.75 a 1.5% <sup>(5)</sup>	0.5 a 1% <sup>(5)</sup>
Repetibilidad típica	1% <sup>(3)</sup>	0.5% <sup>(4)</sup>	0.2% <sup>(4)</sup>	0.2% <sup>(5)</sup>	0.2% <sup>(5)</sup>
Presión máxima psig	Venteeo <sup>(6)</sup>	N/A <sup>(7)</sup>	N/A <sup>(7)</sup>	300 a 400	600 a 800
Presión máxima psig	Venteeo <sup>(6)</sup>	N/A <sup>(7)</sup>	N/A <sup>(7)</sup>	300 a 400	600 a 800
Temperatura máxima °F	212	N/A <sup>(7)</sup>	N/A <sup>(7)</sup>	400 a 500	250 a 300
Caída de presión máxima psi	Ninguna	Ninguna	Ninguna	15 a 20	Ninguna
Rango (escala máxima respecto a la mínima)	300 a 1	50 a 1	N/A <sup>(9)</sup>	20 a 1	20 a 1
Costo promedio USD	\$600	\$2000 a \$5000	\$5000 a \$8000	\$800 a \$2000	\$2000 a \$3000

1) Sólo un pequeño porcentaje de estos medidores puede ser utilizado en este servicio.  
2) La viscosidad máxima con la que pueden trabajar varia entre cada fabricante.  
3) % de la escala completa.  
4) % de velocidad.  
5) % de flujo.  
6) La salida debe ser venteeada a la atmósfera.  
7) Dispositivo sin contacto directo.  
8) Rango entre la máxima medición posible y la mínima (máxima entre min.).  
9) Este dispositivo puede detectar flujo cero.  
10) El costo puede variar según la presión, temperatura de operación y la exactitud requerida por el servicio.

#### vi) MEDIDOR DE FLUJO DE ÁREA VARIABLE (ROTAMETRO)

Los medidores de área variable son una de las tecnologías mas antiguas disponibles y por lo tanto una de las mas conocidas y estudiadas. Son construidos de un tubo transparente y un flotador metálico. El flujo volumétrico es proporcional al desplazamiento del flotador metálico.

El fluido se conduce de la parte inferior del medidor de flujo a la parte superior causando una diferencia de presión la cual produce el movimiento del flotador, en tuberías en las cuales no se puede instalar este dispositivo vertical, el flotador es sustituido por un diseño con resorte, así evitando la necesidad de que el tubo transparente requiera de estar en posición vertical para realizar la medición con el flotador metálico.

Señal logarítmica.

- **Ventajas:** la principal ventaja de este tipo de medidores de flujo es su bajo costo relativo y su sencilla instalación. Dado a que su diseño es simple, los medidores de flujo de área variable virtualmente no requieren de mantenimiento por lo que pueden presentar una vida de operación prolongada.

Otra ventaja es su flexibilidad, ya que pueden funcionar correctamente con una gran variedad de sustancias sin ser afectados. En días presentes la gran mayoría de los medidores de este tipo tienen recubrimiento de teflón lo que los hace resistentes a químicos agresivos. Existen algunos medidores de este tipo que ofrecen una gran ventaja, ya que vienen asociados a estos una válvula con la que se puede controlar el flujo por lo que el medidor puede realizar la función de controlador de flujo. La exactitud que presentan estos medidores es del rango de  $\pm 2$  a 4% de la escala total de flujo.

Es autosuficiente si es indicación local, es casi autolimpiable, puede leer flujo másico, ideal para flujos pequeños, es independiente de la viscosidad, pérdida de presión constante, es casi estático (pocas partes móviles o con muy poco movimiento).

- **Desventajas:** una desventaja potencial ocurre cuando la temperatura o/y presión del fluido son diferentes a las temperaturas y presiones de calibración. Dado que un cambio en la temperatura y/o presión pueden causar que los gases se expandan o contraigan, también ocasionando un cambio en la densidad y viscosidad, la calibración de un medidor de flujo de área variable si las condiciones fluctúan, por lo que la medición estará restringida sólo a las condiciones de calibración. Los fabricantes calibran típicamente sus medidores de flujo de este tipo para gases a presiones y temperaturas estándar (usualmente 70 °F con el rotámetro abierto a la atmósfera sin ninguna contra-presión).

Durante la operación, la exactitud del medidor de flujo de área variable puede ser afectada repentinamente debido a un cambio de presión y/o temperatura respecto a la calibración. Este tipo de medidores de flujo son utilizados en servicios donde la variación de las condiciones de operación es mínima, se requiere que el fluido sea poco sensible a las fluctuaciones de presión y temperatura para asegurar una exactitud aceptable en este tipo de medidores. Existe una forma de correlacionar la medición de flujo a condiciones fuera de la calibración con algunas formulas convencionales las cuales no toman en cuenta el efecto del cambio en la viscosidad lo cual puede ocasionar grandes errores en la determinación del flujo. Una gran desventaja representa la variación de la viscosidad en los fluidos medidos cuando se está determinando el flujo de líquidos. Se recomienda especificar al fabricante el tipo de fluido a medir para que éste pueda proporcionar información suficiente de existir de correlaciones o tablas para la correcta determinación del flujo.

En servicios de gas requiere de contra-presión y el tamaño de éstos esté limitado por peso y precio.

- **Aplicaciones:** existen una variada gama de aplicaciones para los medidores de flujo de área variable, algunas de estas aplicaciones se enlistan a continuación:
  - Medición de flujo de agua y gas en laboratorios y plantas de proceso.
  - Monitores de flujo en líneas de químicos.
  - Purgado de líneas de aire de instrumentos.
  - Monitoreo de la carga de fluido filtrado.
  - Monitoreo en líneas de conducción de mezclas.
  - Monitoreo de aceites hidráulicos.
  - Monitoreo en flujo de agua en la industria alimenticia.

## vii) MEDIDOR DE FLUJO MÁSIKO

En la actualidad, los medidores de flujo másico son uno de los más populares para la medición del flujo de gases. Este tipo de medidores puede incluir una válvula acoplada a éstos lo cual permite utilizarlos como control de flujo. La válvula de éstos puede ser automatizada, por lo que permite un control automático con medición intrínseca, con la asignación de un punto deseado ("set-point"). La mayoría de los medidores de flujo másico permiten una salida de señal analógica o digital para la determinación del flujo el cual puede ser visualizado en una pantalla, ya sea local o en panel. El promedio de los medidores de flujo másico presentan una exactitud de  $\pm 1.5$  a 2% del total de la escala.



- **Ventajas:** la principal ventaja de los medidores de flujo másico principalmente para corrientes de gas es su habilidad (con algunas limitaciones) de no ser afectados por fluctuaciones y cambios en la temperatura y/o presión del fluido. Como se ha mencionado antes, el cambio de presión y/o temperatura representa un efecto representativo en la densidad de los gases lo cual puede ocasionar errores en la medición del flujo cuando se está realizando la medición de tipo volumétrico. El problema que representan las fluctuaciones de presión y/o temperatura son mucho menores que en el caso de los medidores de flujo de área variable. Este tipo de medidores de flujo realizan una medición del flujo de masa o de moles no de flujo volumétrico, por lo que son deseable en servicios de fluidos compresibles dado su baja sensibilidad a los cambios de presión y/o temperatura, al contrario que los medidores de área variable. Otra gran ventaja de este tipo de medidores de flujo es el hecho de no tener partes móviles.

- **Desventajas:** el hecho de que el gas a ser medido a través del medidor másico debe estar seco y libre de partículas es la mayor desventaja de la tecnología de este tipo de medidores de flujo.

Los medidores de flujo másico deben ser calibrados para un gas o mezcla en específico.

- **Aplicaciones:** a continuación se enlistan algunas de las principales aplicaciones de los medidores de flujo másico:

- Monitoreo y control del flujo de aire durante cromatografía de gases.
- Monitoreo del flujo de CO<sub>2</sub> durante el empaquetado de alimentos.
- Medición y control del gas producido en fermentadores y bio-reactores.
- Medición de fugas en pruebas.
- Monitoreo de flujo de hidrógeno.
- Control del flujo de gas metano o argón en quemadores de gas.
- Mezclado de aire en la industria de productos lácteos.
- Regulación de la inyección de CO<sub>2</sub> en botellas durante la producción de bebidas.
- Medición y control de flujo de nitrógeno durante la presurización (blanketing) de tanques.

### viii) MEDIDOR DE FLUJO TIPO CORIOLIS

Los medidores de flujo Coriolis son nombrados de esta forma por el efecto Coriolis, una fuerza inercial descubierta en el siglo XIX por el matemático Gustave Gaspard Coriolis. El fluido circula por un tubo en forma de U el cual vibra de forma tal que el paso del fluido por cada rama de la U es en dirección opuesta respecto al eje de vibración. Ésto genera fuerzas de Coriolis opuestas en las ramas de la U que dependen del flujo másico las cuales son detectadas electrónicamente.

- **Ventajas:** la principal ventaja de los medidores de flujo Coriolis es el hecho de que miden flujo másico en lugar de flujo volumétrico. Dado que el flujo másico no es afectado por las variaciones de la temperatura, presión, viscosidad y densidad, pequeñas fluctuaciones en las condiciones del fluido no afectan la exactitud de la medición de flujo, la cual es aproximadamente en promedio  $\pm 0.05\%$  del flujo másico.

Se puede determinar también la densidad del fluido con este tipo de medidores de flujo, mediante la comparación de la frecuencia de resonancia de dicho fluido respecto a la determinación de la frecuencia de resonancia en una medición con agua. Conociendo la densidad, el software puede posteriormente convertir el másico a volumen o porcentaje de sólidos.

Tomado en cuenta que no existen obstrucciones a lo largo de la trayectoria del fluido a través de los medidores de flujo Coriolis, estos medidores representan una baja caída de presión para líquidos de baja viscosidad. Presentan rangos (escala máxima respecto a la mínima) de 100:1. Adicionalmente el tiempo de vida útil, la confiabilidad y la baja necesidad de mantenimiento dado a que no presentan partes móviles, hacen de este tipo de medidores de flujo una buena opción. Si este tipo de medidores son instalados correctamente (verticalmente) no requieren de drenado y no retienen líquido en caso de que la línea a la que están asociados salga de operación. Existen una gran variedad de tipos de conexión y tipos de salidas de comunicación (de señal) disponibles en los modelos de este tipo de medidores de flujo.

Debido a su alta exactitud, los medidores de flujo Coriolis pueden ayudar a incrementar la eficiencia operativa y a reducir los costos de producción.

- **Desventajas:** debido a la alta exactitud y confiabilidad que presentan los medidores de flujo Coriolis, estos medidores resultan ser de un precio muy elevado. Ésto no es necesariamente una desventaja, dado que también representan un bajo costo de instalación y mantenimiento. La principal limitación que presentan los medidores de flujo Coriolis, es que la caída de presión en se incrementa al incrementarse la viscosidad del fluido medido. Al seleccionar un medidor de flujo de este tipo es recomendable ponerse en contacto con el fabricante para asegurar que la caída de presión es aceptable respecto a los parámetros de diseño que se requiera, en especial para productos de alta viscosidad.
- **Aplicaciones:** se enlistan a continuación algunas de las aplicaciones de este tipo de medidores de flujo:
  - Propósitos generales de medición de flujo de gases y líquidos.
  - Medición de flujo en transferencia de custodia.
  - Monitoreo de concentración y contenido de sólidos.
  - Mezclado de ingredientes y aditivos.
  - Verificación del funcionamiento de medidores de flujo (medidor de flujo primario secundarios).
  - Medición del consumo de gas natural.
  - Monitoreo de líquidos como jarabe, aceites, suspensiones y fármacos.

## ix) MEDIDOR DE FLUJO DE PRESIÓN DIFERENCIAL

Al entrar el fluido al medidor, se crea una caída de presión. El fluido es forzado a formar una corriente delgada de tipo laminar, con platos paralelos análogos. La presión diferencial creada por el paso del fluido de plato a plato es lineal y proporcional al flujo del líquido o gas.

Lo que hace a esta tecnología única es la relación lineal entre el diferencial de presión, la viscosidad y el flujo la cual es dada por una ecuación simple. Esta relación simple permite utilizar este tipo de medidores de flujo para diversos gases sin la necesidad de calibración, con sólo una simple alimentación de datos al software de éste.

Las variaciones de temperatura y presión, las cuales causan a menudo errores en la medición en medidores de flujo de área variable se pueden abatir, instalado y relacionando los medidores de flujo de presión diferencial con un medidor de presión y un medidor de temperatura, asociando estos medidores con el software del medidor de flujo así obteniendo un resultado con una alta exactitud. Una exactitud típica de este tipo de diseños es de  $\pm 2$  a 3% del total de la escala.

- **Ventajas:** este tipo de medidores de flujo no tienen partes móviles. Además este tipo de medidores de flujo pueden ser útiles para la medición del flujo de diferentes gases, tales como aire, hidrógeno, etano, metano, óxidos nitrosos, dióxido de carbono, monóxido de carbono, helio, oxígeno, argón, propano y neón, con sólo algunos cambios en el software o un interruptor según sea el caso, sin la necesidad de una re-calibración. Para aplicaciones de control, este tipo de medidores de flujo pueden tener asociada una válvula de control con acción remota o local de control de flujo.

Con una amplia gama de rangos de flujo y modelos para el caso de gases y líquidos, los medidores de flujo de presión diferencial son uno de los más versátiles diseños disponibles en el mercado.

- **Desventajas:** el uso de este tipo de medidores de flujo está generalmente reservado únicamente para su uso en gases y líquidos limpios. Las partículas con diámetros entre 20 a 30 micrómetros o mayores, pueden quedar atrapadas entre los platos de estos medidores.
- **Aplicaciones:** algunas de las aplicaciones viables para este tipo de medidores de flujo se enuncian a continuación:
  - Medición de flujo en la industria química (control y medición de aditivos).
  - Medición de flujo en la industria farmacéutica (inyección de líquidos y procesos por lote).
  - Medición de flujo en laboratorios de investigación y desarrollo (mezclado de gas, inyección y aeración).
  - Medición de flujo en la industria alimenticia y de bebidas (medición de CO<sup>2</sup>, secado de aire, y control de proceso).

#### x) MEDIDOR DE FLUJO TIPO TURBINA

El flujo que atraviesa el medidor hace girar una turbina a una velocidad proporcional al flujo. Un generador de señal, generalmente colocado en el rotor de la turbina, genera pulsos magnéticos que son electrónicamente censados, estos medidores son calibrados para proporcionar un dato de unidades de flujo, esta respuesta puede ser mostrada en una pantalla integrada en el medidor o en panel. Existen medidores para gases y para líquidos.

Este tipo de medidores regularmente presentan exactitudes del rango  $\pm 0.25$  a 1% del total de la escala.

- **Ventajas:** la principal ventaja de este tipo de medidores es su alta exactitud (alrededor de  $\pm 0.25\%$  o aun mejores) y repetibilidad, un rango de respuesta rápida (menor a unos milisegundos), compatibles a altas temperaturas y presiones (mayores a 5000 psig y 800 °F), además de su diseño compacto. Algunos fabricantes han mejorado sus diseños mediante la incorporación de dispositivos electrónicos que compensan los efectos de la temperatura, además estos dispositivos electrónicos condicionan la señal y la linealizan, todo esto en unos milisegundos.  
Esta avanzada tecnología permite compensar automáticamente los efectos del cambio de viscosidad y densidad.
- **Desventajas:** la desventaja de los medidores de flujo de turbina es su relativo precio elevado y el hecho de tener partes móviles que pueden atascarse durante su uso con fluidos de alta carga de partículas sólidas. Otra desventaja de este tipo de medidores de flujo, es la necesidad en la mayoría de estos medidores de venas de rectificación u otra clase de rectificación antes del medidor de flujo para reducir el flujo turbulento. Esto puede representar un problema en la instalación de los medidores de flujo de turbina en áreas pequeñas. De cualquier manera, algunos de los medidores de flujo de turbina existentes en el mercado cuentan con rectificadores de flujo internos lo que permite reducir las dimensiones de estos medidores, eliminando así las venas de rectificación u otros dispositivos utilizados para este fin de forma externa.  
Otra desventaja de este tipo de medidores de flujo es la pérdida de linealidad en la medición de flujos muy pequeños y la posibilidad de desgaste en las partes móviles de éste.
- **Aplicaciones:** existen diversas aplicaciones para este tipo de medidores de flujo, algunas se enuncian a continuación:
  - Reemplazo de rotámetros.
  - Usos en plantas piloto e instalaciones de investigación y desarrollo.

- Monitoreo de agua de enfriamiento.
- Control de inventario.
- Medición de flujo en pruebas.
- Medición del flujo de agua consumida.
- Medición del agua de repuesto en calderas y torres de enfriamiento.

#### xi) MEDIDOR DE FLUJO DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO (OVAL-GEAR)

El diseño de este tipo de medidores de flujo es relativamente simple: dos rotores de forma ovalada, son desplazados por el flujo. Los rotores en forma de ovalo producen durante su rotación una señal en forma de pulso que es convertida en unidades de flujo. Este tipo de medidores de flujo presentan una caída de presión importante en la medición de fluidos de alta viscosidad. El fabricante podrá proveer graficas del comportamiento de la caída de presión respecto al flujo para diversos fluidos.

Señal lineal.

- **Ventajas:** la principal ventaja de este tipo de medidores de flujo es el hecho de no ser afectados (bajo ciertas limitaciones) por cambios en la viscosidad de los fluidos (al seleccionar este tipo de medidores de flujo se debe de considerar que para fluidos altamente viscosos la caída de presión es alta). Ésto puede ser una limitación en cuanto a la caída de presión, pero representa una ventaja, ya que se pueden realizar mediciones de flujo en fluidos altamente viscosos con sólo inyectarlos a altas presiones.  
Otra ventaja de los medidores de flujo de desplazamiento positivo (oval-gear) es su fácil instalación. Dado que no se requiere de rectificación del líquido en la entrada del medidor, este tipo de medidores se pueden instalar en espacios muy reducidos, dando una ventaja de flexibilidad en instalación.
- **Desventajas:** este tipo de medidores de flujo no son recomendables para mediciones en agua o soluciones acuosas ya que existe la posibilidad de infiltración a través de los empaques o paredes del medidor. La infiltración del fluido puede ocasionar una degradación en la exactitud, con fluidos de baja viscosidad, esta posibilidad aumenta.  
Conforme la viscosidad aumenta, la posibilidad de infiltración se vuelve mínima, y se asegura una mayor exactitud. Este tipo de medidores de flujo son diseñados para fluidos de alta viscosidad.  
Puede existir desgaste mecánico.  
Sólo se recomiendan para fluidos limpios dada la posibilidad de ensuciamiento.  
Limitaciones por tamaño, peso y precio.  
Requiere de mantenimiento.  
Puede llegar a existir una sobre velocidad que cause daños al este tipo de dispositivos.  
Son propensos a ser dañados por fluidos abrasivos.
- **Aplicaciones:** a continuación se enlistan algunas de la aplicación para las que son recomendables este tipo de medidores de flujo:
  - Medición del total neto de aceite utilizado en hornos y máquinas.
  - Verificación de mezclas de aceite lubricante en aplicaciones hidráulicas.
  - Monitoreo en químicos para las fases finales de la producción de papel.
  - Monitores de ceras.
  - Monitoreo de inyección de pastas en la industria de bebidas.
  - Monitoreo en procesos por lotes en la industria dulcera.
  - Monitoreo y automatización en el dispensado de aceites comestibles.
  - Transferencia de custodia.
  - Uso en procesos químicos, petroquímicos y carboquímicos.
  - Medición en oleoductos, productos crudos y refinados.
  - Producción en campos de petróleo o productos refinados.
  - Procesos de producción farmacéutica.
  - Producción de pinturas y barnices.
  - Manejo de carros tanques y solventes ácidos.
  - Procesos criogénicos.

TABLA COMPARATIVA DE MEDIDORES DE FLUJO PARTE II						
ATRIBUTO	ÁREA VARIABLE	CORIOPLIS	MÁSICO	PRESIÓN DIFERENCIAL	TURBINA	DESPLAZAMIENT O POSITIVO
Gases limpios	Si	Si	Si	Si	Si	---
Líquidos limpios	Si	Si	---	Si	Si	Si
Líquidos viscosos	Si (calibración especial)	Si	---	No	Si (calibración especial)	Si, > 10 centistokes
Líquidos corrosivos	Si	Si	---	No	Si	Si
Exactitud, $\pm$	2 a 4% de la escala completa	0.05 a 0.15 de la lectura	1.5% de la escala completa	2 a 3% de la escala completa	0.25 1% de la lectura	0.1 a 0.5% de la lectura
Repetibilidad, $\pm$	0.25% de la escala completa	0.05 a 0.10 de la lectura	0.5% de la escala completa	1% de la escala completa	0.1% de la lectura	0.1% de la lectura
Presión máxima psig	200 y mayores	900 y mayores	500 y mayores	100	5000 y mayores	4000 y mayores
Temperatura máxima °F	250 y mayores	250 y mayores	150 y mayores	122	300 y mayores	175 y mayores
Caída de presión psi	Media	Baja	Baja	Media	Media	Media
Rango (escala máxima respecto a la mínima)	10 a 1	100 a 1	50 a 1	20 a 1	10 a 1	25 a 1
Costo promedio USD	\$200 a \$600	\$2500 a \$5000	\$600 a \$1000	\$500 a \$800	\$600 a \$1000	\$600 a \$1200

## xii) MEDIDOR DE FLUJO PLACA DE ORIFICIO

Consiste en una lámina plana que tiene practicado un orificio. Es, entre los dispositivos para medición de flujo por el método de diferencia de presiones, el más sencillo y barato de todos, siendo su costo independiente del diámetro de la tubería en que va montado y del rango de la medida. Una principal desventaja de este tipo de medidor, es la necesidad de disponer de tramos rectos, libres de cualquier obstrucción que pudiera introducir turbulencia en la corriente, tanto corriente arriba como corriente debajo de la placa. En el caso de diámetros grandes de tubería, dichas exigencias son difíciles de cumplir por resultar tramos excesivamente largos. En estos casos la aplicación de venas de rectificación corriente arriba de la placa permite tramos más cortos.

En función de las características que presente el fluido a medir, existen cuatro tipos de placas:

Para medición de líquidos y gases limpios y no corrosivos, se utiliza la placa de orificio concéntrico y cato vivo. Si el gas arrastra ligeras cantidades de condensados o el líquido está próximo a las condiciones de evaporación, se pueden practicar, además (si la placa va a ser instalada en un tramo horizontal), orificios de drenaje o venteo debajo o encima del orificio principal. Si aquellas cantidades son considerables, se utiliza la placa de orificio excéntrico. Es similar a la anterior, pero con orificio desplazado a lo largo del diámetro de forma que quede casi tangente con la pared interna de la tubería.

Cuando el fluido arrastra sedimentos se puede utilizar la placa de orificio segmentado; el radio de este orificio es el 98% del radio interno de la tubería y cato vivo en su cara de entrada.

El hecho de que el canto de entrada en los orificios de las placas sea vivo, es de la máxima importancia para la exactitud de la medida. Un desgaste incipiente de este canto puede producir errores de hasta 20% del total de la escala.

La placa de orificio de canto vivo provoca grandes errores en flujos bajos y altas viscosidades. Para estas aplicaciones se puede utilizar la placa de orificio con canto en cuarto de círculo. El radio de curvatura del borde de entrada es función del diámetro del orificio.

Una de las grandes desventajas que presenta la placa de orificio es que produce una gran pérdida de presión irre recuperable. Otra desventaja es su poca precisión cuando se trata de medir fluidos con sólidos en suspensión y el inconveniente que supone colocar barreras al paso de estos fluidos.

Servicio: líquidos y gases.

Rango: 3:1.

Exactitud: buena.

Señal: cuadrática.

Error: 3-4%.

Perdida permanente: 50 a 90%.

Tramos rectos necesarios: 10-30 diámetros.

- **Ventajas:** las principales ventajas de este tipo de medidores de flujo, se enuncian a continuación:
  - Fácil instalación.
  - Bajo costo.
  - Precio independiente del tamaño de tubería.
  - Estático (no partes móviles).
  - Aceptación universal.
  - No necesita calibración.
- **Desventajas:** las principales desventajas de este tipo de medidores de flujo, se enuncian a continuación:
  - Necesidad de tramos rectos de tubería.
  - Obstrucción del paso del fluido.
  - La exactitud depende del grado de desgaste del canto.
  - Influyen la viscosidad y la densidad.
  - Alta caída de presión.
  - Necesita de otro elemento auxiliar para determinar la medición.

### xiii) MEDIDOR DE FLUJO TUBO VENTURI

Las desventajas de los medidores de flujo tipo placa de orificio se soslayan en los medidores de flujo tubo Venturi.

El tubo Venturi es, en esencia, un tubo con una garganta que presenta una forma tronco-cónica corriente arriba y corriente abajo. El ángulo de entrada suele ser de 21°; ángulos mayores producirían cavitación en los líquidos al traspasar la garganta, y a menores ángulos supondría un tubo demasiado largo. El ángulo de salida está entre 7-9° con el fin de recuperar el máximo de presión. La longitud de la garganta es la mitad de su diámetro.

Las principales desventajas del tubo Venturi son: su delicada construcción, que se traduce en un elevado precio, y la necesidad de disponer de largos tramos rectos, corriente arriba y corriente abajo, que hace difícil su uso.

Servicio: líquidos, gases y vapor de agua.

Rango: 3:1.

Exactitud: buena.

Señal: cuadrática.

Error: 1%.

Perdida permanente: 10 a 20%.

Tramos rectos necesarios: 5-10 diámetros.

- **Ventajas:** las principales ventajas de este tipo de medidores de flujo, se enuncian a continuación:
  - Baja caída de presión.
  - Elemento estático (no partes móviles)
  - No necesita calibración.
  - Auto-limpiable.
  - Bajo mantenimiento.
  
- **Desventajas:** las principales desventajas de este tipo de medidores de flujo, se enuncian a continuación:
  - Necesidad de tramos rectos de tubería.
  - Precio alto.
  - Gran tamaño.
  - Influyen la viscosidad.
  - Necesita de otro elemento auxiliar para determinar la medición.

#### xiv) MEDIDOR DE FLUJO DE BOQUILLAS Y TUBOS

Las boquillas y tubos de medida son elementos derivados del tubo Venturi, que se insertan en los conductos para producir la estrangulación del fluido. En ellos se ha eliminado la zona de salida existente en el tubo Venturi y la zona convergente o de entrada queda convertida en una forma mas redondeada. Se utilizan formas muy distintas para la boca de entrada de las boquillas, pero la más utilizada es la de cuadrante de elipse. El uso más común de estos elementos está indicado en el caso de lechadas, fluidos agresivos o procedentes de drenajes.

El costo de estos elementos, su tamaño y la exigencia de tramos rectos a la entrada son muy inferiores a los del tubo Venturi. Producen una pérdida por fricción un poco mayor a los tubos Venturi, pero inferior a las placas de orificio.

Servicio: líquidos, gases y vapor de agua.

Rango: 3:1.

Exactitud: buena.

Señal: cuadrática

Error: 1.5%.

Pérdida permanente: 30-70%.

Tramos rectos necesarios: 10-30 diámetros.

- **Ventajas:** las principales ventajas de este tipo de medidores de flujo, se enuncian a continuación:
  - Son baratos.
  - Caída de presión aceptable.
  - Elemento estático (no partes móviles)
  - Auto-limpiable.
  - Bajo mantenimiento.
  
- **Desventajas:** las principales desventajas de este tipo de medidores de flujo, se enuncian a continuación:
  - Existen muy pocos datos experimentales, no son tan conocidos como algunos otros medidores.
  - Requieren de calibración.
  - Necesidad de tramos rectos de tubería.
  - Son influenciados por las condiciones de operación.

## xv) MEDIDOR DE FLUJO TUBO PITOT

El tubo Pitot es un dispositivo que mide puntualmente la velocidad del fluido en una conducción que puede ser forzada o abierta.

Existen distintas configuraciones, pero en esencia consisten en dos tubos abiertos: uno está orientado de forma que su abertura se enfrenta al movimiento del fluido (tubo impacto); el otro, tubo estático, está orientado de forma que no le influya la presión debida a la velocidad del fluido. El tubo de impacto detecta tanto presión estática del fluido como la equivalente a su energía cinética; el tubo estático únicamente detecta la presión estática. Si obtenemos la diferencia de ambas mediciones, el resultado será la presión de impacto a partir de la cual se puede obtener la velocidad del fluido y por consiguiente el flujo.

Uno de los mayores errores del medidor de flujo tubo Pitot proviene del hecho de que la velocidad del fluido no es uniforme en toda la sección del tubo: es mayor en el eje que en las partes cercanas a las paredes del conducto; asimismo se ha demostrado que en un conducto de sección circular, la velocidad media en toda la sección es únicamente el 83% de la velocidad en el eje y que dicho valor se da en un punto situado a una distancia de la pared del conducto equivalente a  $\frac{1}{4}$  del radio.

Otro inconveniente que presenta este tipo de medidores de flujo es que pueden obstruirse cuando se utilizan con fluidos que arrastran sólidos en suspensión.

El tubo Pitot es un dispositivo muy barato cuyo precio es independiente del tamaño de la tubería. Por otra parte puede ser utilizado en conductos que no tengan sección circular en los que se desconocen los coeficientes de descarga de otros dispositivos. La caída de presión que produce este tipo de dispositivos es prácticamente despreciable.

Existen dispositivos derivados del tubo Pitot que intentan mejorar sus prestaciones. Así, por ejemplo, el Pitot-Venturi es una combinación de ambos elementos que consigue crear una diferencia de presiones mucho mayor que el tubo Pitot normal con una pérdida de presión similar. Su forma compacta permite instalarlo en lugares reducidos.

El tubo Annubar es otra derivación del tubo Pitot con el que se trata obtener una velocidad no puntual (varios puntos de monitoreo). El tubo Annubar mide el flujo en varios puntos a lo largo de todo el diámetro del conducto. Para ello el tubo de impacto presenta cuatro orificios que se comunican con otro tubo interno que obtiene el valor medio de las cuatro determinaciones.

Servicio: líquidos, gases y vapor de agua.

Rango: 3:1.

Exactitud: mediana.

Señal: cuadrática

Error: 1%.

Pérdida permanente: despreciable.

Tramos rectos necesarios: 20-30 diámetros.

- **Ventajas:** las principales ventajas de este tipo de medidores de flujo, se enuncian a continuación:
  - Muy barato.
  - Precio independiente del tamaño de la tubería.
  - Fácil instalación.
  - Caída de presión mínima.
  - Bajo mantenimiento.
- **Desventajas:** las principales desventajas de este tipo de medidores de flujo, se enuncian a continuación:
  - Medición puntual.
  - Sujeto a ensuciamiento.
  - Necesidad de tramos rectos de tubería.
  - Necesidad de otro elemento auxiliar para determinar la medición.



**xvi) MEDIDOR DE FLUJO DE CUÑA**

Las cuñas son dispositivos similares a la placa de orificio segmentado, pero cuyas superficies de entrada y salida en lugar de ser planas, forman un ángulo de 45° con la dirección del flujo. Ello evita la creación de zonas de estancamiento de flujo (zona muerta) y en tramos horizontales se previene la acumulación de sedimentos en el punto crítico de medida al no existir ninguna obstrucción en la parte interior de la tubería.

El uso de las cuñas está prácticamente limitado a la medición de fluidos muy viscosos o con un alto punto de fusión.

**xvii) MEDIDOR DE FLUJO POR DISCO DE IMPACTO (TARGET)**

La medición por impacto se efectúa introduciendo en el seno del fluido a medir una paleta que puede desplazarse en la dirección de la corriente. La fuerza que ejerce el fluido en movimiento sobre esta paleta, la desplaza en mayor o menor grado en función del flujo; por lo tanto, la medición de este desplazamiento será proporcional al flujo que circula.

Aunque este dispositivo se puede emplear con cualquier fluido, su utilización está prácticamente limitada a la medición de líquidos extremadamente viscosos o de alto punto de fusión: asfaltos, resinas, azufre fundido, melazas, etc.

Servicio: líquidos, gases y vapor de agua.

Rango: 10:1.

Exactitud: mediana.

Señal: cuadrática lineal.

Error: 2%.

Perdida permanente: pequeña

Tramos rectos necesarios: 5-10 diámetros.

- **Ventajas:** las principales ventajas de este tipo de medidores de flujo, se enuncian a continuación:
  - Barato.
  - Casi estático.
  - Ideal para fluidos muy viscosos.
  - Recomendable para flujos pequeños.
  - Fácil instalación.
- **Desventajas:** las principales desventajas de este tipo de medidores de flujo, se enuncian a continuación:
  - Necesidad de tramos rectos de tubería.
  - Necesidad de calibración.

**xviii) MEDIDOR DE FLUJO POR PRODUCCIÓN DE TORBELLINOS**

Cuando un fluido en movimiento se encuentra en su camino con un obstáculo, las líneas de flujo intentan seguir el contorno de este obstáculo. Cuando el cuerpo no tiene un contorno aerodinámico el fluido no se puede adaptar a su forma y, entonces, se forman torbellinos corriente abajo del cuerpo en la zona de menor presión. Estos torbellinos se desprenden alternativamente de ambos lados; la frecuencia con que se desprenden de un lado u otro resulta ser proporcional a la velocidad del fluido. La velocidad en ambos lados del obstáculo nunca es la misma; en efecto, cuando se desprende un torbellino, la velocidad del fluido aumenta en ese punto y como consecuencia disminuye la presión; en el lado opuesto ocurre lo contrario, por lo que en todo momento existe una diferencia de presiones a ambos lados del obstáculo, cuyo valor cambia con una frecuencia idéntica a la del momento del desplazamiento de los torbellinos. Midiendo las variaciones de presión o las variaciones de velocidad del fluido a ambos lados del obstáculo se puede inferir el flujo.

- **Ventajas:** los medidores de torbellinos reúnen una serie de ventajas no igualadas en ningún otro tipo de medidor. Destacan el no verse afectados por las variaciones de viscosidad ni de densidad del fluido ni por las condiciones de operación; ello se debe a que la calibración del aparato únicamente depende del tamaño del obstáculo y de su forma.

Otras ventajas son la ausencia de partes móviles y que su precio es prácticamente independiente del tamaño de la conducción.

A continuación se enuncian algunas otras ventajas de este tipo de medidores de flujo:

- Precio razonable.
  - Bajo mantenimiento.
  - No requiere de calibración.
  - Instalación sencilla.
  - Independiente del tamaño del tubo.
- **Desventajas:** las principales desventajas de este tipo de medidores de flujo, se enuncian a continuación:
    - No adecuado para líquidos sucios o abrasivos.
    - No adecuado para líquidos viscosos.
    - Necesidad de tramos rectos de tubería.
    - Limitación de velocidad en líquidos por cavitación.
    - Necesidad de velocidad mínima.

## xix) MEDIDOR DE FLUJO EN CANALES ABIERTOS

Además de la utilización de los medidores de velocidad ya descritos en las conducciones forzadas, tubo Pitot, Turbinas, etc. y otros más rudimentarios como contar el tiempo en que un flotador tarda en pasar de un punto a otro, se utilizan métodos basados en el principio del rotámetro. Se utilizan dos métodos: rebosaderos y canales de medida.

**Rebosaderos:** en un canal se coloca una represa cuyo rebosadero puede adoptar distintas formas. El líquido represado alcanza distinta altura en función del flujo: a mayor caudal, mayor altura. Esta altura se mide en un tubo tranquilizador por cualquier método establecido para la medición de niveles. Este método de medición tiene dos grandes inconvenientes: uno es que no haya suficiente desnivel en el canal como para permitir represar el fluido; el otro es que el arrastre de sedimentos acabará anegando la represa.

**Canales:** los inconvenientes que presentan los rebosaderos se soslayan en los canales de medida. Existen distintos tipos que se diferencian por sus dimensiones y ángulos de entrada y salida. Consisten en esencia en intercalar una garganta para conseguir que las variaciones de flujo se reflejen en una variación apreciable de nivel en el tubo de medida.

TABLA COMPARATIVA DE MEDIDORES DE FLUJO PARTE III												
Tipo de medidor	Líquido			Lechada			Vapor o gas	Temp. alta	Temp. criogén.	Vel. baja	Cond. parcial lleno	Canal abierto
	Limpio	Sucio	Viscoso	Corrosiva	Abrasiva	Fibrosa						
Placa orificio	1	3	2	2	3	4	1	1	1	4	4	4
Tubo Venturi	1	2	3	3	3	3	1	3	3	3	4	4
Boquillas y tubos	1	3	3	3	3	3	1	3	3	3	4	4
Tubo Pitot	1	3	3	2	4	4	1	3	3	3	4	3
Rotámetro	1	2	2	2	4	4	1	2	4	3	4	4
Desplaza. positivo	1	4	1	3	4	4	1	3	2	3	4	4
Turbina	1	3	3	3	4	4	1	3	2	3	4	3
Electromag.	1	1	2	1	1	1	4	3	4	2	3	4
Placa impacto	1	2	2	2	3	4	2	3	3	4	4	4
Ultrasónicos	3	3	3	3	3	3	4	4	4	3	4	3
Torbellinos	1	3	3	2	4	4	1	3	3	4	4	4
Rebosadero Canales	1	2	4	3	3	3	4	3	4	2	1	1

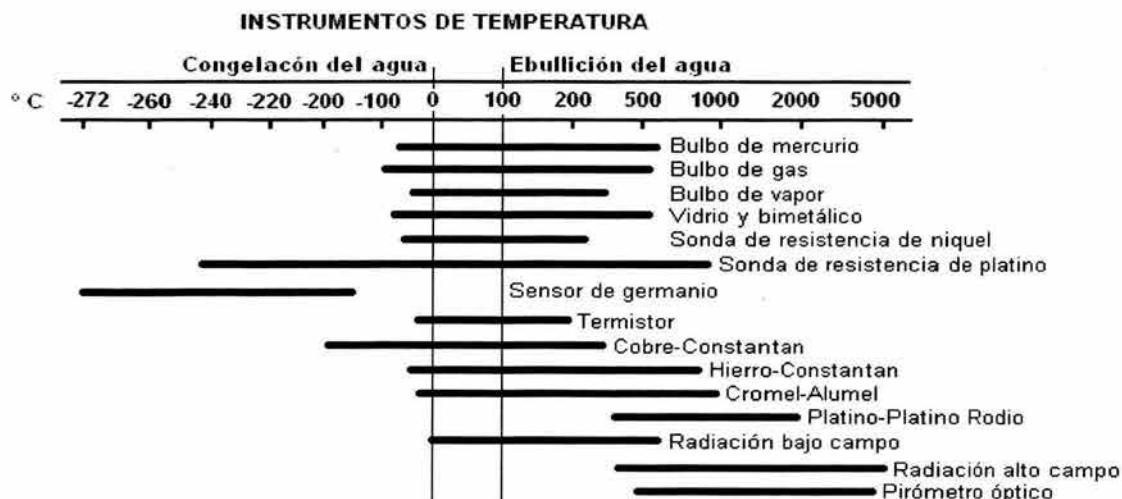
1: aplicación ideal, 2: puede ser aplicado, 3: aplicable en ciertas condiciones, 4: no recomendable.

### C. SELECCIÓN DE MEDIDORES DE TEMPERATURA

La medida de la temperatura constituye una de las más comunes y más importantes que se efectúa en los procesos industriales.

Los instrumentos de temperatura mas comúnmente empleados son los siguientes:

- Termómetro de vidrio
- Termómetro bimetalico.
- Elementos térmicos de bulbo y capilar rellenos de líquido, gas o vapor.
- Termómetros de resistencia.
- Termopares.
- Pirómetros de radiación.



**i) TERMÓMETROS DE VIDRIO**

El termómetro de vidrio consta de un depósito de vidrio que contiene un líquido tal como mercurio, pentano, alcohol o tolueno, que al calentarse se expande y sube en el tubo capilar. Los márgenes de trabajo varían desde -200 hasta +450 °C.

Precisión:  $\pm 1\%$ .  
Repetibilidad:  $\pm 0.25\%$ .  
Temperatura máxima: 450 °C.  
Distancia máxima al receptor: ---  
Desventajas: sólo medición local  
Ventajas: económico.

**ii) TERMÓMETROS BIMETÁLICOS**

Los termómetros bimetalicos contienen dos láminas bimetalicas unidas, rectas o curvas, formando espirales o hélices con metales de distintos coeficientes de dilatación y fijas por un extremo. La diferencia de temperaturas provoca la expansión o contracción, y el movimiento correspondiente se transmite a la aguja indicadora. Estos instrumentos se utilizan en indicación, en algunos controladores ON/OFF y existen modelos que disponen de carátula orientable con el fin de facilitar la lectura en lugares de difícil acceso.

Precisión:  $\pm 1\%$ .  
Repetibilidad:  $\pm 0.25\%$ .  
Temperatura máxima: 500 °C.  
Distancia máxima al receptor: ---  
Desventajas: sólo medición local.  
Ventajas: económico.

**iii) TERMÓMETROS TIPO BULBO (ELEMENTOS TÉRMICOS)**

Los termómetros tipo bulbo consisten esencialmente en un bulbo conectado por un capilar a una espiral. Cuando la temperatura del bulbo cambia, el gas o el líquido en el bulbo se expanden y la espiral tiende a desenrollarse moviendo la aguja sobre la escala para indicar la elevación de la temperatura en el bulbo.

El bulbo y el capilar pueden estar totalmente llenos de líquido o de gas o parcialmente llenos de líquido. En este último caso, el líquido es volátil, con lo que al subir la temperatura, aumenta su presión de vapor, cambiando la indicación en la escala del instrumento.

Estos aparatos se emplean principalmente en válvulas autorreguladoras y en indicaciones de temperatura a distancias máximas de 12 m (indicación local).

Desde el punto de vista de mantenimiento, la ruptura del capilar o del bulbo equivale a la sustitución del sistema térmico completo, siendo este costo de sustitución significativamente más alto que con los otros sistemas.

Precisión:  $\pm 1\%$ .  
Repetibilidad:  $\pm 0.25\%$ .  
Temperatura máxima: 500 °C.  
Distancia máxima al receptor: 12 m  
Desventajas: sistema térmico voluminoso.  
Ventajas: económico.

#### iv) TERMÓMETROS DE RESISTENCIA

Los termómetros de resistencia se basan en el principio de que al aumentar la temperatura, aumenta la resistencia eléctrica del conductor que forma el elemento propio de la resistencia. Así el material que forma el conductor se caracteriza por el llamado "coeficiente de temperatura de resistencia" que expresa, a una temperatura especificada, la variación de resistencia en ohmios del conductor por cada grado que cambia la temperatura.

Los materiales que pueden emplearse son platino, níquel y cobre, siendo el primero el más empleado por su precisión y su estabilidad. La precisión que se consigue es bastante elevada, del orden del 0.1 al 0.5%.

##### Níquel:

Precisión:  $\pm 0.5$  °C.  
 Repetibilidad: 0.05 °C.  
 Temperatura máxima: 300 °C.  
 Distancia máxima al receptor: < 300 m.  
 Desventajas: bajo límite de temperatura, frágil.  
 Ventajas: buena estabilidad, alcance estrecho.

##### Platino:

Precisión:  $\pm 0.01$  °C.  
 Repetibilidad: 0.03 °C.  
 Temperatura máxima: 950 °C.  
 Distancia máxima al receptor: < 1500 m.  
 Desventajas: mas caro que el termopar o el termistor, frágil.  
 Ventajas: señal de salida mayor que el termopar. Mejor estabilidad, más preciso, sensible y de respuesta rápida.

##### Cobre:

Precisión:  $\pm 0.1$  °C.  
 Repetibilidad: ---.  
 Temperatura máxima: 120 °C.  
 Distancia máxima al receptor: ---.  
 Desventajas: baja resistividad, baja temperatura.  
 Ventajas: barato.

**Los termistores** son similares a las sondas de resistencia con la diferencia de poseer un coeficiente de temperatura de resistencia que puede fijarse según el diseño de fabricación. Normalmente se especifican con coeficientes negativos de valores elevados y dentro de un campo de medida particular que a veces, puede ser tan pequeño como de 1 °C. De aquí que los termistores son especialmente útiles en circuitos de compensación de temperaturas en termopares. Su uso en procesos industriales está limitado debido a sus amplitudes estrechas de medida.

Precisión:  $\pm 0.005$  °C.  
 Repetibilidad: 0.03-0.11 °C.  
 Temperatura máxima: 400 °C.  
 Distancia máxima al receptor: < 1500 m.  
 Desventajas: no lineal, su reducido tamaño puede provocar auto-calentamiento.  
 Ventajas: señal de salida mayor a la de termopares y sondas de resistencia. Alcance estrecho. Tamaño pequeño. Excelente sensibilidad

v) **TERMOPARES**

El termopar se basa en el efecto, de la circulación de una corriente en un circuito cerrado formado por dos metales diferentes cuyas uniones (unión de medida o caliente y unión de referencia o fría) se mantienen a distintas temperaturas.

Como la fuerza electromagnética generada es función de las temperaturas de ambas uniones, es necesario controlar o referir las mediciones a la temperatura de la unión de referencia o unión fría.

**Cobre-Constantan:**

Precisión: 0.4-2% (0.4-0.8 °C).

Repetibilidad: 0.11 °C

Temperatura máxima: 370 °C.

Distancia máxima al receptor: limitada por resistencia eléctrica del cable (requiere de compensación).

Desventajas: requiere compensación unión fría, menor linealidad que una sonda de resistencia, baja temperatura máxima, caro

Ventajas: tamaño pequeño, respuesta rápida, alta resistencia a corrosión por humedad, bueno en bajas temperaturas.

**Hierro-Constantan:**

Precisión: 0.3-0.5% (1,1-2,2 °C).

Repetibilidad: 0.11 °C

Temperatura máxima: 550 °C.

Distancia máxima al receptor: limitada por resistencia eléctrica del cable (requiere de compensación).

Desventajas: requiere compensación unión fría, menor linealidad que sonda de resistencia, caro.

Ventajas: tamaño pequeño, respuesta rápida, bueno en atmósferas reductoras. Más económico.

**Cromel-Alumel:**

Precisión: 0.8% ( $\pm 3$  °C).

Repetibilidad: 0.11 °C

Temperatura máxima: 1100 °C.

Distancia máxima al receptor: limitada por resistencia eléctrica del cable (requiere de compensación).

Desventajas: requiere compensación unión fría, menor linealidad que sonda de resistencia, mas caro.

Ventajas: tamaño pequeño, respuesta rápida, bueno en atmósferas reductoras. Bueno en atmósferas oxidantes. Termopar más lineal.

**Platino-Platino/Rodio:**

Precisión: 1-3 °C.

Repetibilidad: 0.11 °C

Temperatura máxima: 1600 °C.

Distancia máxima al receptor: limitada por resistencia eléctrica del cable (requiere de compensación)

Desventajas: requiere compensación unión fría, menor linealidad que sonda de resistencia, es el mas caro.

Ventajas: tamaño pequeño, respuesta rápida, protegido es bueno en atmósferas oxidantes y reductoras.

## vi) PIRÓMETROS DE RADIACIÓN

**Los pirómetros de radiación** miden la temperatura de un objeto sin contacto físico con él. Se funda en la ley de Stefan-Boltzman que dice que la intensidad de la energía radiante emitida por la superficie de un cuerpo aumenta proporcionalmente a la cuarta potencia de la temperatura absoluta del cuerpo.

Los pirómetros de radiación que miden la radiación luminosa que el cuerpo emite, se denominan pirómetros ópticos, y los que miden la temperatura captando toda la radiación o una gran parte de la misma se denominan pirómetros de radiación total.

Otros pirómetros miden y comparan las intensidades de radiación emitida por un objeto en dos longitudes de onda y se denominan pirómetros de relación.

**Los pirómetros ópticos** se basan en la desaparición del filamento de una lámpara al compararlo visualmente con la imagen del objeto enfocado.

En los casos generales de medición de temperatura es preciso tener en cuenta el coeficiente de emisión o emisividad, que es la característica relativa del cuerpo para emitir energía radiante comparada con la emitida por el denominado cuerpo negro (este cuerpo absorbe toda la radiación). La radiación que recibe el pirómetro óptico es menor que la emitida, por lo que la determinación de la temperatura es menor a la temperatura real del cuerpo.

**El pirómetro de radiación total** está formado por una lente de inmaterial tal como pirex, sílice o fluoruro de calcio que concentra la radiación del objeto caliente sobre una termopila formada por varios termopares montados en serie. Las variaciones de temperatura de la caja del pirómetro son compensadas por una resistencia de compensación de níquel montada en paralelo con la termopila.

**El pirómetro de relación** mide las intensidades de radiación emitidas por un objeto en dos longitudes de onda y en función de su relación calcula la temperatura del objeto.

**Óptico:**

Precisión: 1-3 °C.

Repetibilidad: muy buena.

Temperatura máxima: 6000 °C.

Distancia máxima al receptor: limitada por resistencia eléctrica del cable (requiere de compensación).

Desventajas: linealidad pobre, más caro que el termopar, difícil determinar temperatura, exacta por emisividad.

Ventajas: determinación sin contacto con el material, buena repetibilidad. Respuesta rápida, más preciso, mas barato que el total.

**Total:**

Precisión:  $\pm 0.5 \%$ .

Repetibilidad: muy buena.

Temperatura máxima: 5000 °C.

Distancia máxima al receptor: limitada por resistencia eléctrica del cable (requiere de compensación).

Desventajas: linealidad pobre, más caro que el termopar, difícil determinar temperatura, exacta por emisividad.

Ventajas: determinación sin contacto con el material, buena repetibilidad. Respuesta rápida, más preciso.

## D. SELECCIÓN DE MEDIDORES DE PRESIÓN

La presión es la fuerza que un fluido ejerce perpendicularmente sobre la unidad de superficie. Este valor se puede expresar en diversas unidades: siendo las más usadas: Kg/cm<sup>2</sup>, PSI (lb/in<sup>2</sup>), mm C.A. (mm columna de agua), mm Hg.

Por otro lado, se llama presión relativa al valor de la presión tomando como cero la presión atmosférica.

Si este valor es positivo se emplea el término presión relativa y si es negativo el término vacío.

Finalmente se llama presión absoluta al valor de presión tomando como referencia el vacío absoluto.

Con la posible excepción de la temperatura, la presión es, probablemente la variable más importante que debe ser medida y controlada en los procesos industriales.

Las razones para medir y controlar la presión de fluidos son muy variadas, siendo las más importantes las siguientes:

- a) Protección de equipos.
- b) Protección personal.
- c) Obtener un producto dentro de especificaciones.

Los elementos primarios de medida de presión pueden dividirse en tres grandes grupos: elementos de columna de líquido, elementos elásticos y elementos electrónicos.

### i) ELEMENTOS DE COLUMNA DE LIQUIDO

Consta de un simple tubo en U con una rama cerrada en la cual se ha hecho el vacío y en la otra se aplica la presión a medir.

Estos elementos de medida de presión se usan solamente para medida directa de presiones, opero resulta incomodo la lectura, ya que hay que hacerla como diferencia de las lecturas en las dos ramas.

Un perfeccionamiento de este tipo de electo es el sustituir una de las ramas del tubo U por una vasija con un diámetro suficientemente grande para que no haya que tener en cuenta el desplazamiento del liquido en el interior de ésta vasija, siendo de esta forma posible hacer las lecturas en una sola rama.

Tubo inclinado: cuando se trata de medir presiones muy pequeñas, tales como el tiro de una chimenea, la diferencia de niveles también lo es y para precisarlo mejor se construye una columna inclinada con la cual el recorrido longitudinal será mejor.

El líquido de relleno de estos elementos de medida tiene que ser químicamente inerte con el producto del proceso y ser compatible con su temperatura para que no se mezcle o vaporice bajo las condiciones de operación. Los líquidos más empleados son: agua, aceite de vaselina, tetraboruro de acetileno y mercurio.

La precisión en la medida de presión con estos elementos está afectada solamente por la visibilidad de la lectura y por el efecto de capilaridad en el tubo, ya que no hay mecanismos móviles en la medición.

### ii) ELEMENTOS DE TIPO ELÁSTICO

Hay tres tipos principales de elementos de medida de presión tipo elástico:

- 1) Tubo Bourdon (tipo "C", espiral y hélice).
- 2) Fuelle.
- 3) Diafragma metálico.

Básicamente todos ellos tiene su fundamento en la ley de Hook que dice que por debajo del limite elástico la deformación de un cuerpo es proporcional a la fuerza aplicada al mismo.

Una vez que el esfuerzo ha desaparecido, el cuerpo deformado recupera su posición inicial.



### a) Tubo Bourdon tipo "C"

Este elemento de medida de presión consiste en un tubo de sección elíptica y formando un arco de 250°. Cualquier presión en el tubo por encima de la externa o atmosférica, produce en el tubo un cambio de su perfil pasando a tener una sección más circular. El efecto de la presión actuando dentro del tubo tiende a enderezarlo.

El metal tradicional con que se construyen los tubos Bourdon es el bronce fósforo, pero actualmente se han introducido otras muchas aleaciones para lograr límites elásticos mas elevados, mayor resistencia a altas presiones, menor error y mayor resistencia a la corrosión.

En la tabla siguiente se muestran los materiales mas utilizados y sus características de forma resumida.

Material	Corrosión	Efecto resorte	Coefficiente temperatura	Histéresis	Presión máxima (Kg/cm <sup>2</sup> )
Bronce fosforoso	M	R	M	R	560
Cobre berilio	M	B	M	B	350
AISI 316	B	M	M	M	700
AISI 403	B	M	M	M	1400
Ni-Span C	B	B	B	B	840
Monel K	B	M	M	M	1400
M = Malo; R = Regular; B = Bueno					

La deformación de Bourdon puede emplearse para hacer girar una aguja indicadora (manómetros), o para mover la paleta de un sistema tobera-paleta (transmisores neumáticos de presión) o para actuar un interruptor (presostatos), transmisores electrónicos, etc., utilizando el movimiento en distintos elementos transmisores.

Precisión de 0.25% a 5% del total de la escala. Se puede llegar hasta 0.1% de precisión en modelos especiales de precisión empleados en laboratorios o en bancos de calibración.

Rangos desde 0.1 kg/cm<sup>2</sup> hasta 1400 kg/cm<sup>2</sup>.

La temperatura máxima de empleo es de 316 °C (Bourdon de acero inoxidable).

### b) Tubo Bourdon espiral

En algunas aplicaciones, tales como transmisores de equilibrio de movimientos, no tenemos suficiente desplazamiento disponible con el Bourdon tipo "C". En estos casos se enrolla un tubo Bourdon normal en forma de espiral, dándole varias vueltas en lugar de tener un arco de 250° del tubo convencional.

Un cambio de la presión dada, causa un movimiento mucho mayor en el tubo tipo "C" y se mejora la precisión y la sensibilidad del elemento.

Los instrumentos con estos elementos tienen una precisión de  $\pm 0.5\%$ .

Este tipo de elementos son adecuados para la medición de presiones relativas, absolutas, vacío y presión variable.

Los materiales utilizados son similares a los empleados para el tubo Bourdon tipo "C".

**c) Tubo Bourdon hélice**

Este elemento aumenta considerablemente el movimiento, produciendo mayor ampliación que la espiral.

Normalmente se instala un eje central dentro del elemento y se toma el movimiento desde este eje.

Soporta muy bien excesos de presiones pudiendo llegar hasta una reacción 10 a 1.

Los materiales son similares a los empleados para Bourdon "C".

Existen rangos entre 0 a 2 Kg/cm<sup>2</sup> y 0 a 5600 Kg/cm<sup>2</sup>, aunque para presiones mayores a 350 Kg/cm<sup>2</sup> se necesita una ejecución especial.

Los instrumentos con estos elementos tienen una precisión normal de  $\pm 1\%$  del total de la escala.

**d) Tubo Bourdon hélice de cuarzo fundido**

Estos elementos se emplean para medir, presión absoluta, relativa, vacío y presión diferencial entre 1 micrón (10<sup>-3</sup> Kg/cm<sup>2</sup>) y 35 Kg/cm<sup>2</sup> en varios rangos y con una precisión de  $\pm 0.01\%$ .

Su resolución y sensibilidad son altas, mientras que la histéresis es despreciable.

Se emplean cuando se requiere de una gran precisión.

Deben ser protegidos de vibraciones.

Su principal desventaja es la lenta velocidad de respuesta de 2 minutos para el recorrido de toda la escala.

Las principales ventajas de los medidores de **tubo Bourdon** son:

- Bajo costo.
- Construcción simple.
- Muchos años de experiencia en su construcción.
- Gran variedad de márgenes, incluyendo muy altas presiones.
- Buena precisión, máxima teniendo en cuenta el costo.

Las principales desventajas de los medidores **de tubo Bourdon** son:

- Sensibilidad a choques y vibraciones.
- Susceptible a histéresis.
- Bajo efecto resorte por debajo de 3 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Poca precisión para bajas presiones y vacío.

**e) Fuelle**

El fuelle es un elemento elástico formado a partir de un tubo fino sin soldadura. Su desplazamiento al aplicar la presión es grande y por ello para conseguir mayor duración y precisión el movimiento está contrareestado por un muelle antagonista calibrado, para que solamente se utilice una pequeña parte de su movimiento. Según la fuerza de los muelles se obtienen los diversos rangos de medida.

La sensibilidad el fuelle crece en función de su tamaño.

Se puede emplear para la medida de presión absoluta, relativa, vacío y presión diferencial. La temperatura máxima de empleo es de 93 °C.

Los diferentes sistemas de fuelles se describen brevemente a continuación:

**Presión absoluta mediante el equilibrio de movimiento:** el sistema está formado por dos fuelles que pueden estar colocados actuando sobre una palanca o de forma opuesta, uno de los fuelles es compensador y el otro de medida.

Los materiales empleados son: latón, acero inoxidable, bronce fosforoso, monel, cobre, berilio, etc.

La precisión es de  $\pm 1\%$  del total de la escala.

Sus principales aplicaciones son: medidas de bajas presiones para indicación directa y para transmisores neumáticos y electrónicos.

**Presión absoluta mediante el equilibrio de fuerzas:** este detector está formado por un sólo fuelle en el interior del cual se le aplica la presión de proceso. En un extremo del fuelle rehace el vacío de referencia el cual es el cero absoluto.

El material empleado para este sistema es el acero inoxidable.

La precisión varía entre  $\pm \frac{1}{4}$  a  $\pm \frac{1}{2} \%$ .

Sus principales aplicaciones son: sólo se aplica para transmisores neumáticos o electrónicos, pero no para indicador directo.

**Presión relativa y presión diferencial:** si el interior del fuelle se deja comunicado con la presión atmosférica se tiene una medida de la presión relativa, al aplicar la presión del proceso a la parte exterior del fuelle.

El movimiento vertical es transmitido a través de un mecanismo o tubo de torsión aplicado al sistema de indicación, o bien al transmisor (equilibrio de movimiento).

Si la parte interior del fuelle en lugar de concentrarla en la atmósfera se conecta a la presión baja, estando la presión alta conectada a la parte exterior, el movimiento del fuelle es proporcional a la diferencia de presiones, funcionando este elemento como detector de presión diferencial con un fuelle.

Los materiales más empleados son: latón y acero inoxidable.

La precisión varía entre  $\pm \frac{1}{2}$  y  $\pm 2\%$  del total de la escala.

Con fuelles de latón se puede tener un rango de  $1.15 \text{ Kg/cm}^2$  y para fuelles de acero inoxidable de  $2.8 \text{ Kg/cm}^2$ .

#### f) Doble fuelle

Este sistema está formado por dos fuelles opuestos en una caja dividida en dos partes. El interior de los dos fuelles está relleno de líquido.

Los dos fuelles están equilibrados por un resorte y conectados juntos por medio de una barra que pasa a través de una restricción, el movimiento se toma a través de un tubo de torsión. Este sistema lleva un compensador bimetálico de temperatura dentro del fuelle de alta presión, el cual automáticamente ajusta la capacidad de los fuelles al cambio de volumen del líquido de relleno debido a las variaciones de temperatura ambiente.

Los materiales más empleados son latón, bronce fosforoso, cobre, berilio, acero inoxidable y monel.

La precisión varía entre  $\pm 0.5\%$  y  $\pm 1\%$  del total de la escala.

El rango es de hasta  $28 \text{ Kg/cm}^2$ .

La temperatura de aplicación es de  $-51 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $23 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Las principales aplicaciones son: este sistema con tubo de torsión puede emplearse para indicadores locales, registros, controladores, presostatos y transmisores.

También se puede utilizar como medidor de presión relativa, teniendo su principal uso en transmisores y no para indicadores locales.

Los materiales más utilizados para la fabricación de fuelles en uso de presión relativa son: latón, acero inoxidable y monel. La precisión varía entre  $\pm 0.25\%$  a  $\pm 0.5\%$  del total de la escala con un rango de 1 a  $140 \text{ Kg/cm}^2$ .

Las principales ventajas de los **medidores de fuelles** son:

- Desarrollan mucha fuerza.
- Costo moderado.
- Son adaptables a presión absoluta y diferencial.
- Son adecuados para rangos de presión bajos y medios.

Las principales desventajas de los **medidores de fuelles** son:

- Necesitan compensación, temperatura ambiente.
- No son útiles para altas presiones.
- Sólo se fabrican en determinados metales.
- Necesitan de resorte para obtener el margen de medida.

#### g) Diafragma

Este elemento puede estar formado por un disco metálico flexible con la superficie plana o con ondulaciones concéntricas.

También pueden estar formados por dos discos metálicos unidos en su periferia por soldadura en su periferia para formar una cápsula.

Las cápsulas en las que se ha hecho el vacío se emplean para medidas de presión absoluta y los elementos diafragma simple para medidas de alta sensibilidad.

La sensibilidad de la cápsula aumenta con su diámetro.

Se emplean diferentes materiales para mejorar las características elásticas del diafragma, tales como el cobre-berilio, inconel o el acero inoxidable, los de acero inoxidable son empleados para temperaturas de operación extremas, (-185 °C a 538 °C y -240 °C a 316 °C) o cuando la corrosión del fluido de procesos lo exija. También se puede emplear cuarzo cuando se desea un diseño de histéresis mínima.

El movimiento de estos elementos es muy pequeño.

**Presión absoluta:** se pueden adaptar estos elementos para la medida de presión absoluta con sistemas de equilibrio de movimiento o equilibrio de fuerzas de forma parecida a lo descrito para el caso de fuelles.

En el caso de **equilibrio de movimiento** las cápsulas son fabricadas normalmente en bronce, acero inoxidable, níquel, plata u oro plateado.

Con precisiones de  $\pm 1\%$ .

Rangos de 0 a 5 mm Hg y 0 a 760 mm Hg.

Este sistema es adecuado para medida de bajas presiones para indicación directa y para transmisores.

En el caso de **equilibrio de fuerzas**, el elemento sensible es la cápsula simple.

El material empleado en su fabricación más normal es el acero inoxidable.

Precisión de  $\pm 0.5\%$  a  $\pm 1\%$  de la escala completa.

Rangos comprendidos entre 0 a 10 mm Hg y 0 a 1520 mm Hg.

Temperaturas de operación de -40 °C a 121 °C.

Este sistema se aplica solamente para transmisores, no puede emplearse para indicación.

**Presión relativa mediante equilibrio de movimiento:** para la medida de presión relativa la presión del proceso se aplica al interior de las cápsulas, estando la superficie exterior expuesta a la presión atmosférica.

Los materiales mas frecuentemente usados son: Cu-Ni-Mn (60% cobre, 20% níquel y 20% manganeso), bronce fosforoso, Ni-Span C, AISI-316.

Precisión de  $\pm 0.1\%$  del total de la escala.

Rangos comprendidos entre 0 a 75 mm C.A. (por arriba o por debajo de la presión atmosférica) y 0 a 14 Kg/cm<sup>2</sup>.

Este sistema se puede aplicar para medida directa o para transmisores.

### h) Diafragma "Slack"

Otro diseño del equilibrio de movimiento es el diafragma "Slack".

La presión detectada por esta unidad es equilibrada por el mismo diafragma o por un resorte adicional.

Es el elemento más sensible de los elásticos y se usa para mediciones cercanas a la presión atmosférica, tanto por encima como por debajo (medidores de tiro).

Si la caja se cierra por ambas caras del diafragma y se aplica a cada una de ellas una presión diferente, el sistema actuara como medidor de presión diferencial.

El diafragma puede hacerse en material metálico, normalmente acero inoxidable, o bien en elastómero tal como Buna-N o nylon.

Precisión de  $\pm 1\%$  a  $\pm 2\%$  del total de la escala.

Rangos entre 0 a 12.5 mm C.A. y 0 a 3000 mm C.A...

Pueden emplearse para medidas de presión positiva, vacío. Tanto para indicación directa como para transmisión.

**Equilibrio de fuerzas:** para este servicio los materiales mas comunes son: acero inoxidable, monel, duroníquel, hastelloy, tántalo y níquel. O bien en algún caso pueden fabricarse con recubrimiento de teflón.

Precisión de  $\pm 0.5\%$  a  $\pm 1\%$  de total de la escala.

Rangos comprendidos entre 0 a 5 mm C.A. y 0 a 2 Kg/cm<sup>2</sup>.

Puede emplearse para transmisores, no para indicación directa.

Las principales ventajas de los **medidores de diafragma** son:

- Costo moderado.
- Permiten altas sobrecargas.
- Buena linealidad.
- Son adaptables a presiones absolutas y presiones diferenciales.
- Se pueden fabricar en muchos metales y aleaciones.
- Ocupan poco espacio.

Las principales desventajas de los **medidores de diafragma** son:

- No resisten choques ni vibración.
- Difíciles de reparar.
- Limitados a presiones relativamente bajas.

### iii) ELEMENTOS ELECTRÓNICOS

Dentro de este grupo consideraremos solamente el más empleado que es la célula extensiométrica basada en el cambio de resistencia eléctrica que sufre un conductor, al cambiar su forma como consecuencia de estar sometido a una fuerza. Normalmente este elemento necesita como receptor directo de la presión un elemento elástico, bien sea fuelle o diafragma. El esfuerzo que producen estos elementos al moverse por la variación de la presión es transmitido al conductor, el cual sufre una deformación.

La medida de la resistencia requiere instrumentos muy precisos. El sistema más usado es el puente Whetstone.

Con estos elementos se consiguen precisiones del orden de  $\pm 0.25\%$  o mayores del total de la escala.

Las principales ventajas de los **medidores electrónicos** son:

- Pequeños y fáciles de instalar.
- Buena precisión.
- Gran gama de medidas, desde vacío hasta 14000 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Buena estabilidad.

- Capacidad de sobrecarga.
- Sin partes móviles.
- Fácil mantenimiento.
- Buena resistencia a choques y vibraciones.
- Alta velocidad de respuesta.

Las principales desventajas de los **medidores electrónicos** son:

- Costo alto.
- Necesita equipo auxiliar eléctrico.
- Alimentación eléctrica muy estable.
- Requiere compensación de temperatura.

SELECCIÓN DE MANÓMETROS					
tipo	diámetro espera	caja	elemento sensible	precisión	aplicación
Clásico	Entre 50 y 350 mm	Fundición o acero estampado	Bourdon "C" en bronce o inoxidable	$\pm 1\%$	Ambientes limpios y no a la intemperie, fluidos no corrosivos y sin vibraciones. Rangos para presión varían entre 0 a 6 Kg/cm <sup>2</sup> y 0 a 1600 Kg/cm <sup>2</sup> , siendo para vacío -1 a 0 Kg/cm <sup>2</sup> o - 800 a 0 mm Hg.
Industria química	100 a 150 mm	Estanca, en fundición o inoxidable	Bourdon "C" en inoxidable	$\pm 0.5\%$	Montaje a intemperie y normalmente para casi todos los fluidos que se emplean en la industria química. Rangos como en los manómetros clásicos.
Receptores neumáticos	Entre 80 y 150 mm	Estanca, en fundición o inoxidable	Bourdon "C" en inoxidable o en bronce.	$\pm 1\%$ a 1.5%	Montaje a la intemperie. Se emplea para señales neumáticas de regulación, por lo que sus rangos son de 3 a 15 psi y las graduaciones de las escalas de 0 a 100 o 0 a 10 lineales o cuadráticas si se emplean para indicar una señal de flujo procedente de un transmisor por presión diferencial. Deben aislarse de toda vibración.
Baja presión	100 a 150 mm	Estanca, en fundición inoxidable o acero estampado	Fuelle en latón o inoxidable (gases) membrana a en teflón o inoxidable (líquidos)	$\pm 1\%$	Medida de bajas presiones o vacíos. Rangos entre 0 a 100 mm C.A. y 0 a 4000 mm C.A. para gases con elemento tipo fuele. Para líquidos con elemento tipo membrana, los rangos varían entre 0 a 16 mm Hg y 0 a 760 mm Hg.
Presión absoluta	150 mm	Fundición	Doble fuelle en inoxidable	$\pm 2\%$	Medida de presiones absolutas normalmente bajas. Rangos entre 0 a 1 Kg/cm <sup>2</sup> abs. y 0 a 6 Kg/cm <sup>2</sup> abs.
Diferenciales	100 a 150 mm	Estanca en fundición	Doble fuelle o membrana a en inoxidable	$\pm 2\%$	Se emplean para medir presiones diferenciales o como indicador de flujo. Los rangos dependen generalmente de la presión estática máxima que pueden soportar. La presión estática máxima puede variar generalmente entre 0 a 0.1 Kg/cm <sup>2</sup> y 0 a 1 Kg/cm <sup>2</sup> y a 100 Kg/cm <sup>2</sup> de presión estática los rangos varían entre 0 a 8 y 0 a 30 Kg/cm <sup>2</sup> .
De precisión o manómetros patrones	150 mm	Estanca en fundición	Fuelle o Bourdon "C" en inoxidable	$\pm 0.25\%$	Se emplean generalmente para calibración de aparatos. Rangos entre 0 a 0.6 Kg/cm <sup>2</sup> y 0 a 1600 Kg/cm <sup>2</sup> .
De verificación	100, 150 ó 180 mm	Metálica	Bourdon "C" en bronce.	$\pm 0.5\%$	Esfera marcada a mano por comparación con balanza manométrica y se emplea para la verificación de manómetros corrientes. Los rangos para presión varía entre 0 a 1 Kg/cm <sup>2</sup> y 0 a 1000 Kg/cm <sup>2</sup> y para vacío son - 1 a 0 Kg/cm <sup>2</sup> .

## 6. CAPITULO VI

### 6.1. CODIFICACIÓN DE PLANOS EN PROYECTOS PARA PEMEX

Los planos se deben codificar por dos grupos de caracteres alfanuméricos, separados por un guión. El primer grupo es alfabético, consistente de un caracter y el segundo grupo es numérico constituido por tres dígitos.

**X-XXX**

#### PRIMER GRUPO:

Está constituida por una letra la cual identifica la disciplina de ingeniería que elabora el plano.

A continuación se indican las claves que corresponden a las disciplinas de ingeniería:

CLAVE	DISCIPLINA
<b>A</b>	<b>Proceso</b>
B	Topografía
C	Geotecnia
D	Arquitectura
E	Planificación
F	Estructuras de concreto
G	Estructuras metálicas
H	Recipientes
J	Instalaciones hidráulico-sanitarias
K	Tuberías
L	Eléctrico
M	Telecomunicaciones
N	Aire acondicionado
P	Instrumentos
Q	Líneas de conducción
S	Seguridad industrial
V	Ingeniería de corrosión
X	Flexibilidad
Z	Ingeniería experimental y control de calidad

**SEGUNDO GRUPO:**

El segundo grupo está constituido por tres dígitos:

El primer dígito se refiere al grupo de trabajo de la disciplina. Cada disciplina de proyecto ha desglosado sus actividades, formando grupos de trabajo, identificándolos en el número del plano con el primer dígito después de la letra clave de la disciplina.

El segundo y tercer dígito se refieren al consecutivo (del 00 al 99) de los grupos de trabajo de las disciplinas de ingeniería.

Los planos aprobados para construcción, deberán tener la revisión cero (0), sin triángulo; los planos anteriores a la revisión cero se consideran como planos preliminares y se deben indicar como tales, con un letrero que haga evidente el hecho de ser preliminares y no para construcción.

Los planos que se cancelan y se constituyen con un mismo número deberán contener arriba del cuadro del título principal con letra grande y mayúscula la siguiente leyenda: "ESTE PLANO CANCELA Y SUSTITUYE AL PLANO DEL MISMO NÚMERO, REVISIÓN No. \_\_ Y FECHA".

Cualquier plano de emisión nueva o que sufra modificación debe llevar un número consecutivo como revisión. E-XXX-X

Los planos elaborados para PEMEX por firmas de ingeniería nacionales se anota el número de revisión en un triángulo en el lugar correspondiente al número de revisión así como en la columna de la secuencia de revisiones.

Para los planos elaborados por firmas extranjeras se deberá anotar en la columna de revisiones el número de la revisión anterior más una letra por ejemplo: si un plano de la firma x tiene la revisión 5, la revisión de PEMEX debe ser 5<sup>a</sup>, para no interferir con la posible revisión número 6 de la firma x.

Nomenclatura por disciplina, grupo de trabajo y su consecutivo:

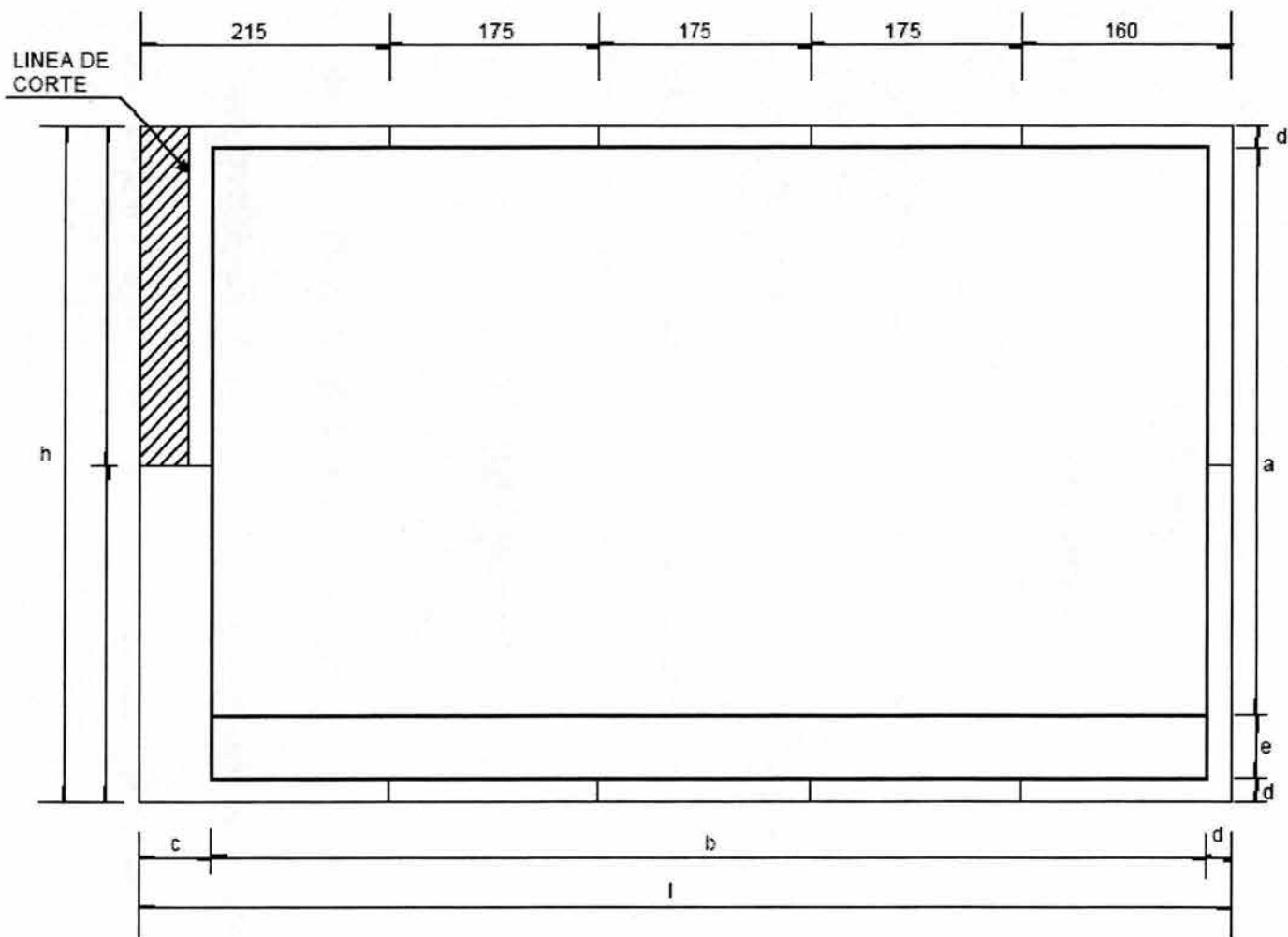
Proceso (A).

A-001 al A-099	Diagrama de bloques.
A-100 al A-199	Diagrama de proceso.
A-200 al A-249	Balance de materia y energía de proceso.
A-250 al A-299	Balance de materia y energía de servicios auxiliares.
<b>A-300 al A-399</b>	<b>Diagramas mecánicos de flujo (DTI's).</b>
A-400 al A-499	Diagrama de interconexiones.
A-500 al A-599	Otros.



6.2. FORMATO PARA DTI'S EN PROYECTOS PARA PEMEX

TIPO DE FORMATO	DIMENSIONES (mm)						
	h	l	a	b	c	d	e
D	560	900	480	845	40	15	50



CARÁTULA		
CLAVE	DESCRIPCIÓN	FORMATO
a	<b>Título principal del documento o proyecto.</b> Debe contener el título del documento y éste se localiza en la parte superior del cuadro principal de la carátula.	Arial, negritas, mayúsculas de 4.5 mm.
b	<b>Título del contenido del documento.</b> Se localiza en el mismo cuadro y debe contener la descripción del título principal o bien lo complementa.	Arial, negritas, mayúsculas y minúsculas de 5 mm.
c	<b>Número de proyecto (clave de la obra).</b> Este cuadro debe contener el número de proyecto de acuerdo al catálogo CIOP y consta de ocho caracteres alfanuméricos.	Arial, normal, mayúsculas de 3.5 mm.
d	<b>Lugar geográfico del proyecto.</b> Debe contener la ubicación geográfica del proyecto.	Arial, normal, mayúsculas de 3 mm.
e	<b>Clave de identificación.</b> Este cuadro debe contener el número de identificación.	Arial, negritas, mayúsculas de 6.5 mm.
f	<b>Número de revisión.</b> Debe contener el último número de la revisión que se le hizo al documento.	Arial, normal, mayúsculas de 2.5 mm.
g	<b>Cuadro de ejecutores del documento.</b> Debe contener las siglas de las personas quienes dibujaron, proyectaron, revisaron y coordinaron el documento.	Arial, normal, mayúsculas de 2 mm; y los registros de 3 mm.
h	<b>Cuadro de escala utilizada.</b> Debe contener la escala que se utiliza.	Arial, normal, mayúsculas de 2 mm.
i	<b>Cuadro de acotaciones.</b> Debe contener la unidad de longitud que se utilizó.	Arial, normal, minúsculas de 1.5 mm.
j	<b>Cuadro de fecha de emisión.</b> Este cuadro señala la fecha en que se emitió dicho documento.	Arial, normal, mayúsculas de 2 mm.
k	<b>Cuadro del lugar de elaboración.</b> Debe contener el lugar donde se elaboró el documento.	Arial, normal, mayúsculas de 1.5 mm.
l	<b>Cuadro del logotipo.</b> Debe contener el logotipo de la institución que elabora el documento.	Logotipo establecido por la compañía que elabora el documento.
m	<b>Cuadro vacío para sello.</b> Debe contener el sello de "APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN".	
n	<b>Cuadro de aprobación de ingeniería.</b> Debe contener las siglas y firmas de aprobación de los funcionarios autorizados de PEMEX (Supervisor, Subgerente y Gerente).	Arial, normal, mayúsculas de 2 mm.
o	<b>Cuadro de dibujos de referencia.</b> Debe indicar con que dibujos se complementa el documento.	Arial, normal, mayúsculas de 2 mm.
p	<b>Cuadro de control de revisiones.</b> Debe contener el número de la revisión, una breve descripción en lo que consistió la revisión, la fecha en que se hizo, así como quienes la ejecutaron y aprobaron.	Arial, normal, mayúsculas de 2 mm.
q	<b>Cuadro de control de planos.</b> Debe contener la fecha y el número de envío con el cual fué remitido a construcción.	Arial, normal, mayúsculas de 2 mm.
s	<b>Notas:</b> Deben contener lo relativo a requisiciones y datos técnicos referentes a: equivalencias de niveles, resistencia y calidad de los materiales por utilizar, procedimientos constructivos especiales y en general todos los datos que complementen o modifiquen el documento. Se deben localizar siempre del lado derecho del formato.	Arial, normal, mayúsculas de 3 mm.



## 7. CONCLUSIONES

La uniformización de criterios en el diseño de Diagramas de Tubería e Instrumentación de proceso beneficia en forma global el desarrollo de los proyectos de ingeniería. Teniendo criterios uniformes en todas y cada una de las instancias prestadoras de servicios de ingeniería así como en las instituciones de educación, se asegura a futuro una mayor calidad y eficiencia en cuanto corresponde al diseño de Diagramas de Tubería e Instrumentación.

- Al utilizar criterios uniformes durante todas las fases de diseño de los Diagramas de Tubería e Instrumentación, se puede asegurar la disminución de costos en los proyectos, debido a que al existir coherencia entre los criterios y formatos utilizados tanto por el prestador de servicios de ingeniería y el cliente de estos servicios, se puede aminorar el tiempo de revisión y aprobación de estos documentos.
- Utilizándose este documento como apoyo didáctico en la enseñanza de los conocimientos de ingeniería a las presentes y futuras generaciones de ingenieros, se puede asegurar una formación uniforme conforme a los estándares requerido en la industria de la prestación de servicios de ingeniería, lo cual beneficia tanto a los futuros ingenieros de proceso como a las diferentes compañías de servicios de ingeniería, dado la disminución de capacitación en cuanto corresponde al diseño de los Diagramas de Tubería e Instrumentación.
- Las principales certificaciones de calidad como lo es ISO-9000 exigen la generación de procedimientos robustos que aseguren la repetibilidad y uniformidad de los documentos generados a diferentes tiempos, lo cual se puede asegurar tomando como apoyo el presente documento en lo que corresponde a la generación de Diagramas de Tubería e Instrumentación, ya que al uniformizar los criterios en el diseño de estos diagramas, se asegura y controla la calidad de dichos Diagramas de Tubería e Instrumentación.
- La experiencia nos muestra que uniformizando los criterios en el diseño de Diagramas de Tubería e Instrumentación, se evitarán las dificultades que se presentan dentro de las firmas prestadoras de servicios de ingeniería, como son: ilegibilidad en los diagramas presentados como apoyo por los clientes debido a discrepancias en los criterios utilizados por cada firma de ingeniería, tiempo de diseño requerido para adaptarse a los formatos y criterios utilizados por cada cliente, discrepancias entre integrantes de un grupo de ingeniería que han sido formados con diversos criterio en el diseño de DTI's, etc.
- Al establecerse criterios uniformes en todos los diseños de Diagramas de Tubería e Instrumentación se evitará utilizar criterios específicos para cada cliente por parte de las firmas de ingeniería, lo que permitiría una mayor eficiencia y competitividad en dicho mercado, en términos de una mayor especialización de los ingenieros de proceso dedicados al diseño de estos diagramas. De esta manera cada cliente por su parte tendrá la seguridad de que a cualquiera de las firmas de ingeniería a la cual le otorgue algún proyecto tendrá los mismos criterios en el diseño de los Diagramas de Tubería e Instrumentación que éste requiere. Por parte de las firmas de ingeniería tendrán la certeza que cumpliendo con los criterios uniformes, la revisión y por ende aprobación de sus Diagramas de Tubería e Instrumentación, serán en menor tiempo y con mayor facilidad.

## **8. APÉNDICES**

En los apéndices se muestran las simbologías que están basadas en normatividad internacional, abreviaturas comúnmente utilizadas; la cuales son de palabras en idioma inglés, se presentan las abreviaturas y su traducción en español, se recomienda que se utilicen sólo abreviaturas estándar esto significando utilizar sólo las abreviaturas en idioma inglés ya que con esto se estandarizaría el significado de dichas siglas en cualquier plano, evitando así la confusión o la demora en el entendimiento de un Diagrama de Tuberías e Instrumentación, permitiendo de esta manera la uniformización (estandarización) en el diseño de estos diagramas, lo cual es el principal objetivo de esta tesis.







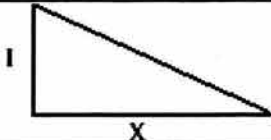
APÉNDICE I. PARTE 1 DE 2

ABREVIATURAS			
<b>A</b>	Aire para motor (Air Motor)	<b>FF</b>	Cara Liza (Flat Face)
<b>AMB</b>	Ambiente (Ambient)	<b>FI</b>	Indeterminado al Fallo (Fail Indeterminated)
<b>ATM</b>	Atmósfera (Atmosphere)	<b>FL</b>	Bloqueada al Fallo "ultima posición" (Fail Locked "Last Position")
<b>BL</b>	Limite de Bateria (Battery Limit)	<b>FLC</b>	Al Fallo "Ultima Posición" Cierra con Flujo (Fail "Last Position" Drift Closed)
<b>BOP</b>	Fin de Línea (Bottom of Pipe)	<b>FLO</b>	Al Fallo "Ultima Posición" Abre con Flujo (Fail "Last Position" Drift Open)
<b>BTL</b>	Marco Superior (Bottom Tangent Line)	<b>FLG</b>	Brida (Flange)
<b>BTL EL</b>	Elevación Marco Superior (Bottom Tangent Line Elevation)	<b>FO</b>	Abierto al Fallo (Fail Open)
<b>BYP</b>	By-pass	<b>FOF</b>	Cara de Brida (Face of Flange)
<b>CA</b>	Tolerancia a la Corrosión (Corrosion Allowance)	<b>FOF-EL</b>	Elevación de Cara de Brida (Face of Flange Elevation)
<b>CC</b>	Limpieza Química (Chemical Cleanout)	<b>FP</b>	Puerto Completo (Full Port)
<b>CE</b>	Motor de combustión (Combustion Engine)	<b>FT</b>	Pie (Feet)
<b>CL</b>	Línea Central (Centerline)	<b>FV</b>	Vacío Completo (Full Vacuum)
<b>CO</b>	Limpieza (Cleanout)	<b>GO</b>	Operado por Engranajes (Gear Operated)
<b>CONN</b>	Conexión (Connection)	<b>GPM</b>	Galones Por Minuto (Gallons Per Minute)
<b>CPLG</b>	Acoplamiento (Coupling)	<b>GR</b>	Grado (Grade)
<b>CSC</b>	Sello del Asiento Cerrado (Car Seal Closed)	<b>HC</b>	Conexión de Manguera (Hose Connection)
<b>CSO</b>	Sello del Asiento Abierto (Car Seal Open)	<b>HDR</b>	Cabezal (Header)
<b>CTR</b>	Centro (Center)	<b>HH</b>	Entrada de Mano (Hand Hole)
<b>DCS</b>	Sistema de Control Distribuido (Distributed Control System)	<b>HLL</b>	Nivel de Liquido Alto Alto (High High Liquid Level)
<b>DEC</b>	Cierra al Des-energizarse (De-Energized Close)	<b>HLL</b>	Nivel de Liquido Alto (High Liquid Level)
<b>DEO</b>	Abre al Des-energizarse (De-Energized Open)	<b>HOA</b>	Manual/Apagado/Automático (Hand/Off/Automatic)
<b>DES</b>	Diseño (Design)	<b>HP</b>	Alta presión (High Pressure)
<b>DIA</b>	Diámetro (Diameter)	<b>HPT</b>	Punto Alto (High Point)
<b>DIAG</b>	Diagrama (Diagram)	<b>HT</b>	Turbina Hidráulica (Hydraulic Turbine)
<b>DP</b>	Presión de Diseño (Design Pressure)	<b>IAS</b>	Suministro de aire de instrumentos (Instrument Air Supply)
<b>D/P</b>	Presión Diferencial (Differential Pressure)	<b>ID</b>	Diámetro Interno (Inside Diameter)
<b>DRN</b>	Dren (Drain)	<b>IN</b>	Pulgadas (Inches)
<b>DT</b>	Temperatura de Diseño (Design Temperature)	<b>INST</b>	Instrumento (Instrument)
<b>DWG</b>	Dibujo (Drawing)	<b>ISBL</b>	Dentro de Limite de bateria (Incide Battery Limits)
<b>(E)</b>	Existente (Existing)	<b>LC</b>	Cerrado Bloqueado (Locked Closed)
<b>EC</b>	Cierra al Energizarse (Energized Close)	<b>LLL</b>	Nivel de Liquido Bajo (Low Liquid Level)
<b>EL</b>	Elevación (Elevation)	<b>LLLL</b>	Nivel de Líquido Bajo Bajo (Low Low Liquid Level)
<b>EO</b>	Abre al Energizarse (Energized Open)	<b>LO</b>	Abierto Bloqueado (Locked Open)
<b>ESD</b>	Paro de Emergencia (Emergency Shutdown)	<b>LP</b>	Baja presión (Low Pressure)
<b>(F)</b>	Por proveedor (Furnished)	<b>LPT</b>	Punto Bajo (Low Point)
<b>FC</b>	Cerrado al Fallo (Fail Closed)	<b>LP</b>	Baja Presión (Low Pressure)

APÉNDICE I. PARTE 1 DE 2 (continuación)

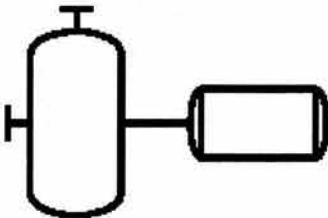
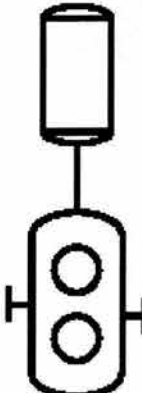
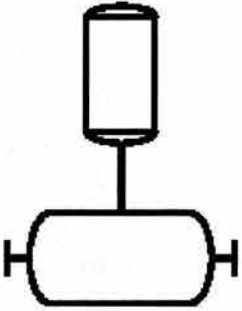
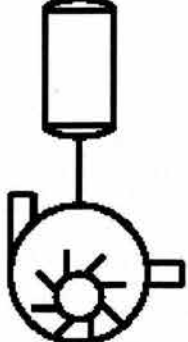
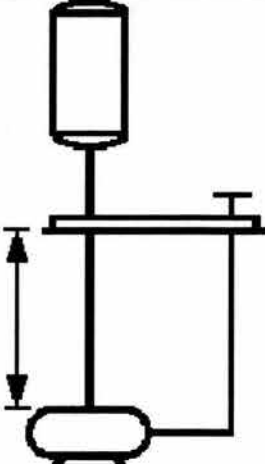
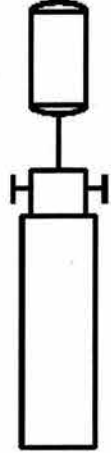
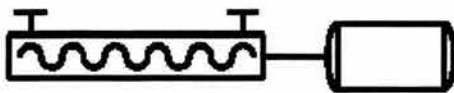

ABREVIATURAS (CONTINUACIÓN)			
<b>LPT</b>	Punto Bajo (Low Point)	<b>RTD</b>	Detector Resistente a Temperatura (Resistance Temperature Detector)
<b>M</b>	Motor Eléctrico (Electric Motor)	<b>RTJ</b>	Tipo de Junta del Anillo (Ring Type Joint)
<b>MAX</b>	Máximo (Maximum)	<b>SC</b>	Conexión Muestra (Sample Connection)
<b>MIN</b>	Mínimo (Minimum)	<b>SCH</b>	Horario (Schedule)
<b>MOV</b>	Válvula Operada por Motor (Motor Operated Valve)	<b>SEL</b>	Selector (Selector)
<b>MTE</b>	Elemento de Temperatura Metálico (Metal temperatura Element)	<b>SD</b>	Paro (Shutdown)
<b>MTL</b>	Material (Material)	<b>SG</b>	Gravedad Especifica (Specific Gravity)
<b>MW</b>	Entrada Hombre (Man Way)	<b>SIS</b>	Sistema Instrumentado de Seguridad (Safety Instrumented System)
<b>NC</b>	Normalmente Cerrado (Normally Closed)	<b>SO</b>	Salida de Vapor (Steam Out)
<b>NLL</b>	Nivel Normal de Liquido (Normal Liquid Level)	<b>SP</b>	"set-point"
<b>NNF</b>	Normalmente Sin Flujo (Normally No Flow)	<b>SP-XXX</b>	Artículo Especial de Tubería (Specialy Piping Item)
<b>NO</b>	Normalmente Abierto (Normally Open)	<b>SRA</b>	Aprobación de Sistemas de Ruteo (Systems Routing Approval)
<b>NOZ</b>	Boquilla (Nozzle)	<b>SS</b>	Acero Inoxidable (Stainless Steel)
<b>NPS</b>	Tamaño Nominal de Tubería (Nominal Pipe Size)	<b>S/S</b>	Arrancar / parar (Start/Stop)
<b>NV</b>	Sin Valor (No Value)	<b>STD</b>	Estándar (Standard)
<b>O/C</b>	Abierto / cerrado (Open/Closed)	<b>T</b>	Turbina (Turbine)
<b>O/O</b>	Encendido / apagado (On/Off)	<b>T/C</b>	Termocople (Termocouple)
<b>OLL</b>	Nivel de Desbordamiento de Liquido (Overflow Liquid Level)	<b>TDH</b>	Cabeza Diferencial Total (Total Differential Head)
<b>OP</b>	Terminal de Salida (Output) u Operando (Operating)	<b>TEMP</b>	Temperatura (Temperature)
<b>OSBL</b>	Fuera de Limites de Bateria (Outside Battery Limits)	<b>THRD</b>	Roscado (Threaded)
<b>OVHD</b>	Arriba "parte superior" (Overhead)	<b>TL</b>	línea Tangente (Tangent Line)
<b>PLC</b>	Controlador lógico Programable (Programmable Logic Controller)	<b>TSO</b>	Sin Fuga en el Asiento (Tigth Shut-Off)
<b>PRESS</b>	Presión (Pressure)	<b>T/T</b>	Tangente a Tangente (Tangent to Tangent)
<b>PRV</b>	Válvula de Relevo de Presión (Presure Relief Valve)	<b>TYP</b>	Típico (Typical)
<b>PSI</b>	Libras por Pulgada Cuadrada Diferencial (Pound per Square Inch Differencial)	<b>UG</b>	Enterrado (underground)
<b>PSIA</b>	Libras por Pulgada Cuadrada Absolutas (Pound per Square Inch Absolute)	<b>VNT</b>	Venteo (Vent)
<b>PSIG</b>	Libras por Pulgada Cuadrada Manométricas (Pound per Square Inch Gauge)	<b>VAC</b>	Vacío (Vacuum)
<b>PV</b>	Variable de proceso (Process Variable)	<b>VB</b>	Rompedor de Vortice (Vortex Breaker)
<b>(R)</b>	Relocalizado (Relocated)	<b>W/</b>	Con (With)
<b>RD</b>	Disco de Ruptura (Rupture Disk)	<b>W/O</b>	Sin (Without)
<b>REQD</b>	Requerido (Required)	<b>XS</b>	Muro Para Tubería Reforzado (Extra Strong Pipe Wall)
<b>RF</b>	Cara Realzada (Raised Face)	<b>XXS</b>	Muro Para Tubería Doblemente Reforzado (Double Extra Strong Pipe Wall)

APÉNDICE I. PARTE 2 DE 2

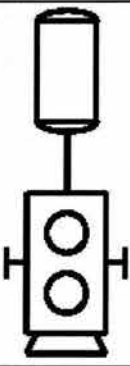
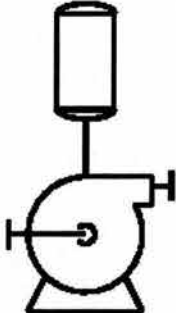
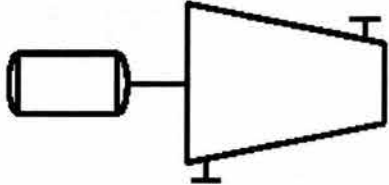
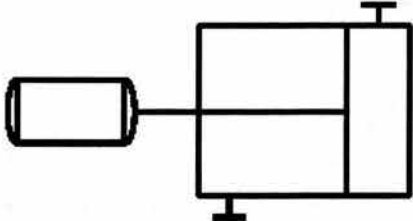

SÍMBOLOS MISCELÁNEOS	
	SÍMBOLO DE NOTAS DE REFERENCIA (XX = NÚMERO DE NOTA, ROTAR LA FECHA SEGÚN SE REQUIERA)
	PUNTO DE CAMBIO DE ESPECIFICACIÓN O DE REQUERIMIENTO DE AISLAMIENTO
	LIMITES DE BATERÍA (LÍNEA DE MARCA)
	CONEXIÓN DE PURGA XXXX = PRESIÓN DE LA PURGA Y MEDIO
	CONEXIÓN MUESTRA XX/YY = TIPO / NÚMERO
	LIMITE DE EQUIPO PAQUETE
	PENDIENTE (ELEVACIÓN) I EN MISMA UNIDADES QUE X, EJEMPLO mm/mm



APÉNDICE II. PARTE 1 DE 9

SÍMBOLOS DE EQUIPO			
BOMBAS			
	<p>BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL</p>		<p>BOMBA DE DESPLAZAMIENT O POSITIVO</p>
	<p>BOMBA VERTICAL EN LÍNEA</p>		<p>BOMBA DE VACÍO DE ANILLO LIQUIDO</p>
	<p>BOMBA CENTRIFUGA SUMERGIBLE (la distancia varia dependiendo de la profundidad del sumidero)</p>		<p>BOMBA VERTICAL ENLATADA</p>
	<p>BOMBA DE CAVIDAD PROGRESIVA</p>		<p>BOMBA DE TORNILLO</p>

APÉNDICE II. PARTE 2 DE 9

SÍMBOLOS DE EQUIPO	
COMPRESORES Y SOPLADORES	
	<p>SOPLADOR DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO</p>
	<p>SOPLADOR CENTRÍFUGO</p>
	<p>COMPRESOR CENTRIFUGO</p>
	<p>COMPRESOR RECIPROCANTE</p>
	<p>COMPRESOR DE TORNILLO</p>

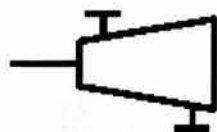
APÉNDICE II. PARTE 3 DE 9

SÍMBOLOS DE EQUIPO

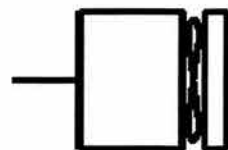
MOTORES Y AGITADORES / MEZCLADORES



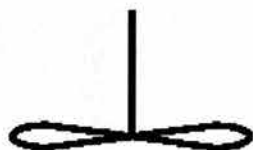
MOTOR ELÉCTRICO



TURBINA

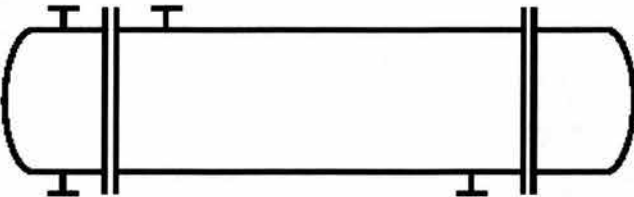
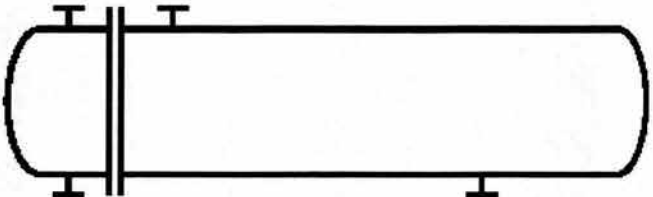

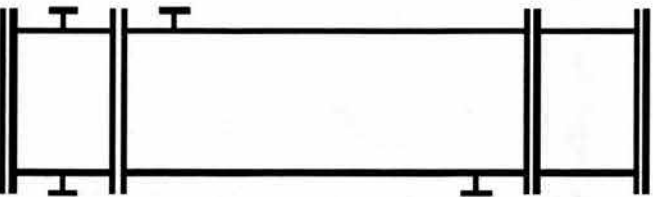
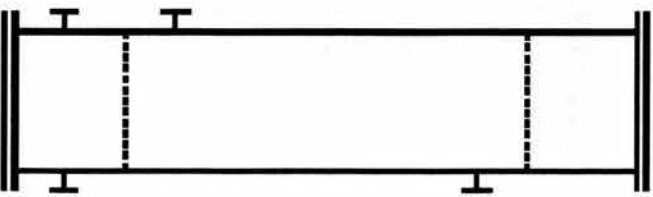
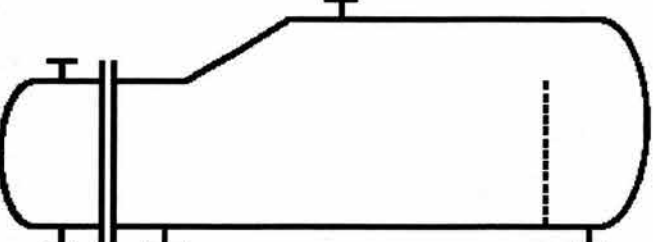


MOTOR DIESEL

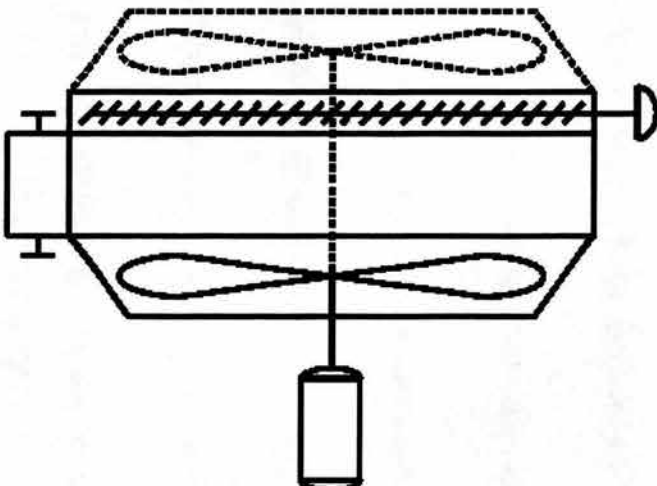
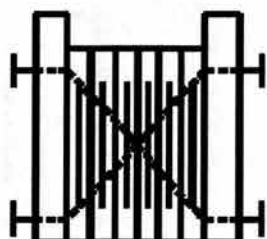
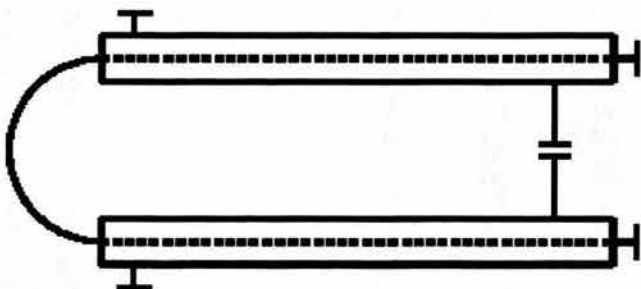
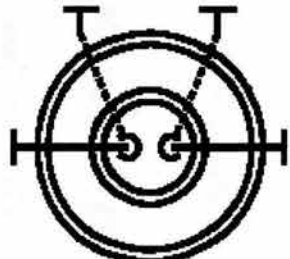


AGITADOR / MEZCLADOR

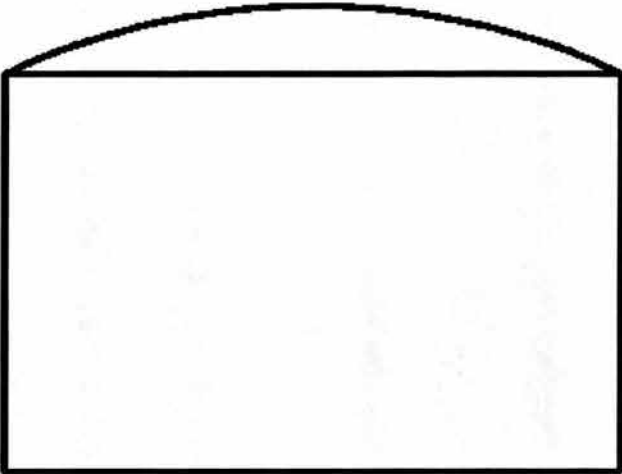
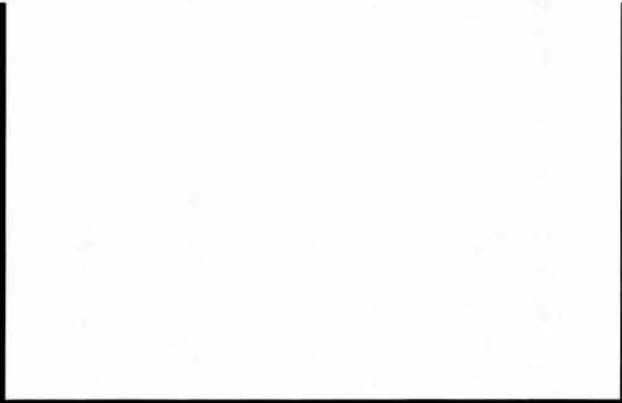
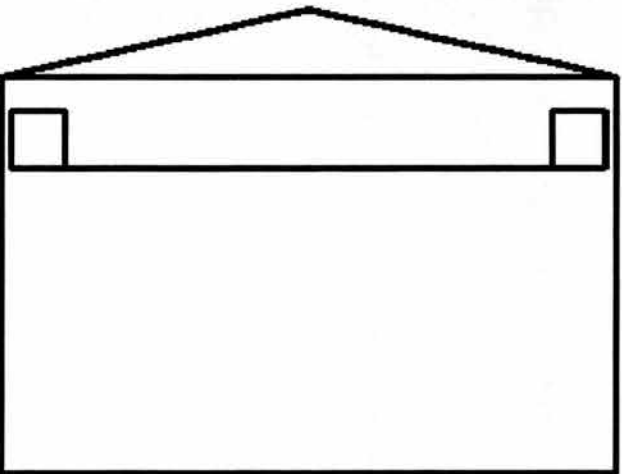
APÉNDICE II. PARTE 4 DE 9

SÍMBOLOS DE EQUIPO	
INTERCAMBIADORES DE CALOR TIPO TEMA	
	<p>INTERCAMBIADOR TIPO BEM</p>
	<p>INTERCAMBIADOR TIPO BEU</p>
	<p>INTERCAMBIADOR TIPO AEM</p>
	<p>INTERCAMBIADOR TIPO AEL</p>
	<p>INTERCAMBIADOR TIPO NEN</p>
	<p>INTERCAMBIADOR TIPO BKU</p>

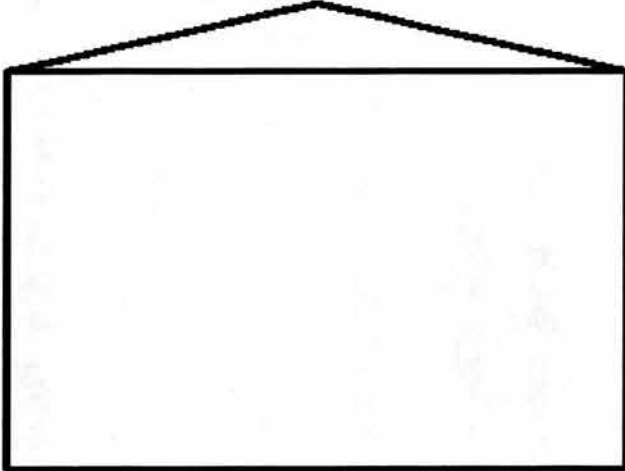
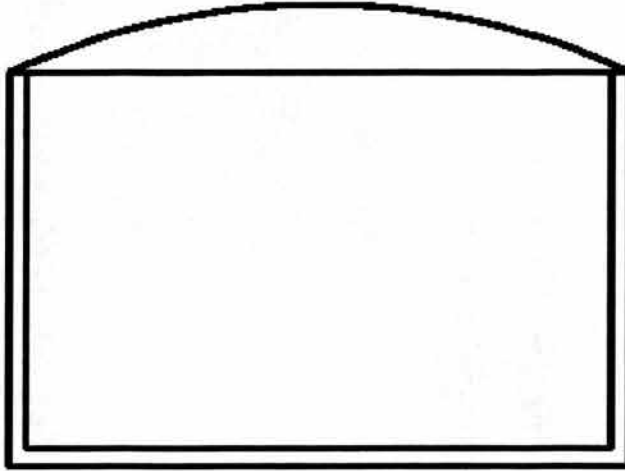
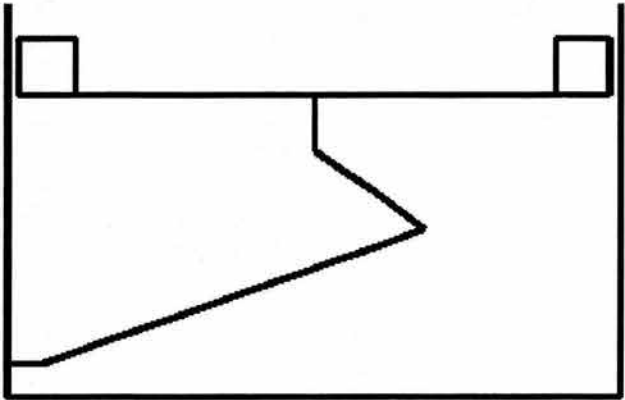
APÉNDICE II. PARTE 5 DE 9

SÍMBOLOS DE EQUIPO	
INTERCAMBIADORES DE CALOR MISCELÁNEOS	
 <p>The diagram shows a vertical cylindrical heat exchanger. A central vertical shaft is connected to a motor at the bottom. The shaft has two sets of blades, one above and one below the main body of the exchanger. The top part of the exchanger is enclosed in a housing with a fan-like structure. There are two ports on the left side and one on the right side.</p>	<p>INTERCAMBIADOR ENFRIADO POR AIRE (PERSIANAS OPCIONALES)</p>
 <p>The diagram shows a rectangular plate heat exchanger. It consists of a central core of vertical plates. Two horizontal lines represent the inlet and outlet ports on the left and right sides. The plates are arranged in a zig-zag pattern.</p>	<p>INTERCAMBIADOR DE PLACAS</p>
 <p>The diagram shows two horizontal tubes. The top tube has a port on the left and a port on the right. The bottom tube has a port on the left and a port on the right. A curved line connects the left side of the top tube to the left side of the bottom tube. A vertical line connects the right side of the top tube to the right side of the bottom tube.</p>	<p>INTERCAMBIADOR DE DOBLE TUBO</p>
 <p>The diagram shows a circular spiral heat exchanger. It consists of two concentric circles. A horizontal line passes through the center, with two ports on either side. The spiral is formed by two lines that spiral inward from the outer circle towards the center.</p>	<p>INTERCAMBIADOR EN ESPIRAL</p>

APÉNDICE II. PARTE 6 DE 9

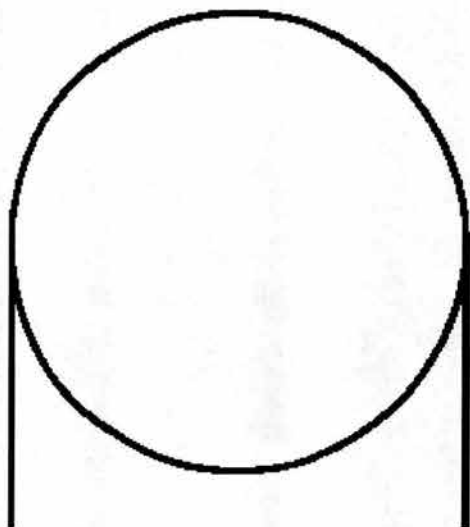
SÍMBOLOS DE EQUIPO	
TANQUES DE ALMACENAMIENTO	
	<p>TANQUE CON TECHO TIPO DOMO</p>
	<p>TANQUE ABIERTO SIN TAPA</p>
	<p>TANQUE CON TECHO FLOTANTE INTERNO</p>

APÉNDICE II. PARTE 7 DE 9

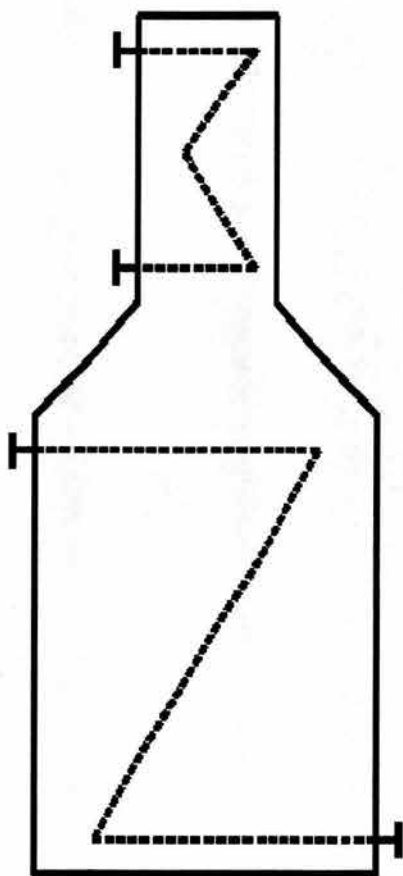
SÍMBOLOS DE EQUIPO	
TANQUES DE ALMACENAMIENTO	
	<p>TANQUE CON TECHO CÓNICO</p>
	<p>TANQUE DE PARED DOBLE</p>
	<p>TANQUE CON TECHO FLOTANTE EXTERNO</p>

APÉNDICE II. PARTE 8 DE 9

SÍMBOLOS DE EQUIPO  
ESFERA Y HORNO (CALDERA)



ESFERA

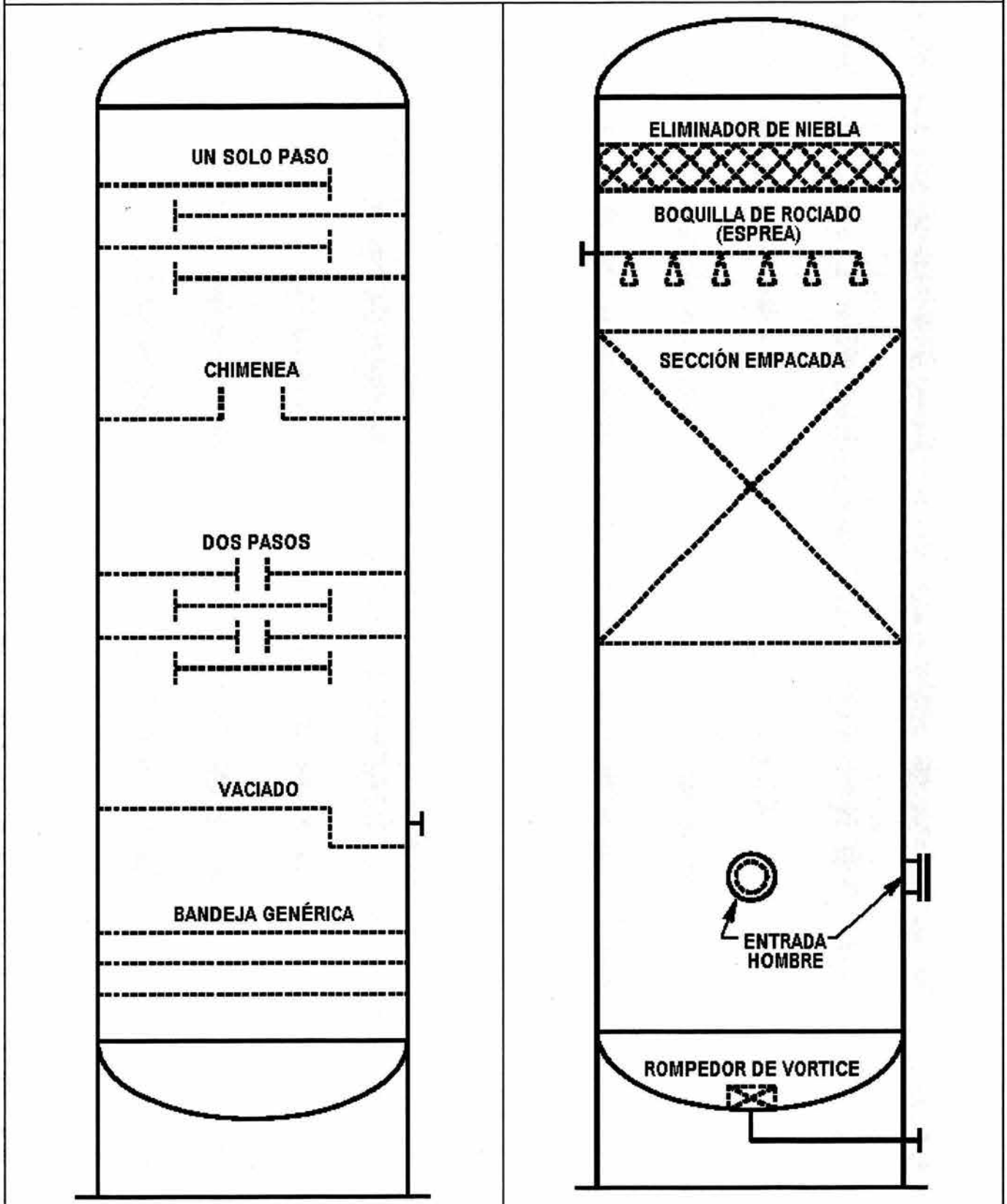


HORNO (CALDERA)



APÉNDICE II. PARTE 9 DE 9

SÍMBOLOS DE EQUIPO  
DETALLE DE RECIPIENTES MISCELÁNEOS



APÉNDICE III. PARTE 1 DE 8

DATOS DE LÍNEA  
IDENTIFICACIÓN

UNIDAD/ÁREA (NUMÉRICO)	SERVICIO (ALFABÉTICO)	SECUENCIA (NUMÉRICO)	MEDIDA (NUMÉRICO)	CLASE DE LÍNEA (NOTA 1)
<b>XX</b>	<b>- XXX</b>	<b>- XXXXX</b>	<b>- XXXX</b>	<b>- XXXXXXXXXXXX</b>
		<b>XXXX</b>	<b>- XXXX</b>	<b>- XXXX</b>
		<b>TIPO DE AISLAMIENTO (NOTA 2)</b>	<b>ESPESOR (NUMÉRICO)</b>	<b>OPCIONAL (DEFINIDO POR EL USUARIO)</b>

**NOTA 1:** LA ESPECIFICACIÓN DE LA CLASE DE LÍNEA DEBERÁ SER DEFINIDA BASÁNDOSE EN DOCUMENTOS DE ESPECIFICACIÓN DE LÍNEAS DENTRO DE LAS FIRMAS DE INGENIERÍA, O DEL CLIENTE, SEGÚN SE HAYA ACORDADO, TANTO PARA TUBERÍAS DE PROCESO COMO PARA TUBERÍAS DE INSTRUMENTACIÓN.





**NOTA 2:** LA ESPECIFICACIÓN DEL TIPO DE AISLAMIENTO DEBERÁ SER DEFINIDA BASÁNDOSE EN DOCUMENTOS DE ESPECIFICACIÓN DE AISLAMIENTO DENTRO DE LAS FIRMAS DE INGENIERÍA, O DEL CLIENTE, SEGÚN SE HAYA ACORDADO

COMO REFERENCIA CONSULTAR LOS DOCUMENTOS PIP PNSM0001 PARA TUBERÍA DE PROCESO; Y PARA TUBERÍA DE INSTRUMENTACIÓN PIP PCSIP001. EN EL CASO DE AISLAMIENTO PIP INEG1000.

APÉNDICE III. PARTE 2 DE 8












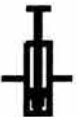

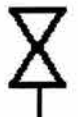

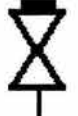

SERVICIO DE LÍNEA			
CÓDIGOS			
<b>AC</b>	Ácido (Acid)	<b>LS</b>	Vapor de Baja Presión #150 (Low Pressure Steam)
<b>AV</b>	Venteo Atmosférico (Atmospheric Vent)	<b>ME</b>	Metanol (Methanol)
<b>BA</b>	Aire de Respiración (Breathing Air)	<b>MR</b>	Refrigerante Mezclado (Mixed Refrigerant)
<b>BD</b>	Purga (Blowdown)	<b>MS</b>	Vapor de Media Presión #300 (Medium Pressure Steam)
<b>BFW</b>	Agua de Alimentación a Caldera (Boiler Feed Water)	<b>N</b>	Nitrógeno (Nitrogen)
<b>BRR</b>	Retorno de Salmuera (Brine Return)	<b>NA</b>	Cáustico (Caustic)
<b>BRS</b>	Suministro de Salmuera (Brine Supply)	<b>NAS</b>	Drenaje Caustico (Caustic Sewer)
<b>CA</b>	Catalizador (Catalyst)	<b>NG</b>	Gas Natural (Natural Gas)
<b>CC</b>	Condensado Contaminado (Contaminable Condensate)	<b>NH</b>	Amoniaco (Ammonia)
<b>CF</b>	Desfogue Frío (Cold Flare)	<b>OWS</b>	Drenaje Aceitoso (Oily Water Sewer)
<b>CH</b>	Químicos (Chemicals)	<b>OX</b>	Oxígeno (Oxygen)
<b>CHS</b>	Drenaje Químico (Chemical Sewer)	<b>P</b>	General de Proceso (General Process)
<b>CL</b>	Cloro (Chlorine)	<b>PA</b>	Aire de Planta (Plant Air)
<b>CO</b>	Dióxido de Carbono (Carbon Dioxide)	<b>PC</b>	Condensado de Proceso (Process Condensate)
<b>CV</b>	Venteo Frío (Cold Vent)	<b>PR</b>	Propileno Refrigerante (Propylene Refrigerant)
<b>CWR</b>	Retorno de Agua de Enfriamiento (Cool Water Return)	<b>PW</b>	Agua de Proceso (Process Water)
<b>CWS</b>	Suministro de Agua de Enfriamiento (Cool Water Supply)	<b>QO</b>	Aceite Gastado (Quench Oil)
<b>DA</b>	Aire Seco (Drying Air)	<b>RS</b>	Derrame Recuperado (Recovered Slops)
<b>DMW</b>	Agua Desmineralizada (Demineralized Water)	<b>RV</b>	Venteo, Relevo (Relief Vent)
<b>DR</b>	Drenado (Drain)	<b>RW</b>	Agua Cruda (Raw Water)
<b>DS</b>	Vapor de Dilución (Dilution Steam)	<b>SC</b>	Condensado de Vapor (Steam Condensate)
<b>DW</b>	Agua Potable (Drinking Water)	<b>SG</b>	Gas de síntesis (Síntesis Gas)
<b>ER</b>	Etileno Refrigerante (Ethylene Refrigerant)	<b>SO</b>	Aceite para Sellos (Seal Oil)
<b>FF</b>	Fluido de Lavado (Flushing Fluid)	<b>SS</b>	Drenaje Sanitario (Sanitary Sewer)
<b>FG</b>	Gas Combustible (Fuel Gas)	<b>STS</b>	Drenaje Pluvial (Storm Sewer)
<b>FO</b>	Líquido Combustible "Gasolina" (Fuel Oil)	<b>SV</b>	Solvente (Solvent)
<b>FW</b>	Agua Contra incendio (Fire Water)	<b>SW</b>	Agua de Servicio (Service Water)
<b>GLR</b>	Retorno de Glicol (Glycol Return)	<b>SWR</b>	Retorno de Agua de Mar (Sea Water Return)
<b>GLS</b>	Suministro de Glicol (Glycol Supply)	<b>SWS</b>	Suministro de Agua de Mar (Sea Water Supply)
<b>H</b>	Hidrógeno (Hydrogen)	<b>TWR</b>	Retorno de Agua Templada (Tempered Water Return)
<b>HE</b>	Helio (Helium)	<b>TWS</b>	Suministro de Agua Templada (Tempered Water Supply)
<b>HS</b>	Vapor de Alta Presión #600 o mayores (High Pressure Steam)	<b>VC</b>	Condensado de Vacío (Vacuum Condensate)
<b>IA</b>	Aire de Instrumentos (Instrument Air)	<b>VE</b>	Extracción de Vacío (Vacuum Exhaust)
<b>IS</b>	Vapor de Presión Intermedia (Intermediate Pressure Steam)	<b>WF</b>	Desfogue Caliente (Warm Flare)
<b>LNG</b>	Gas Natural Licuado (Liquified Natural Gas)	<b>WO</b>	Aceite Limpio (Wash Oil)
<b>LO</b>	Aceite lubricante (Lube Oil)	<b>WW</b>	Agua Residual (Waste Water)
<b>LPG</b>	Gas Licuado de Petróleo "Gas LP" (Liquified Petroleum Gas)		

APÉNDICE III. PARTE 3 DE 8

LÍNEAS DE PROCESO	
SIMBOLOGÍA	
	<p>PRIMARIAS (AG Y UG, SUBTERRÁNEAS Y SUPERFICIALES)</p>
	<p>SECUNDARIAS / DE SERVICIOS (AG Y UG, SUBTERRÁNEAS Y SUPERFICIALES)</p>
	<p>FUTURAS O EXISTENTES EN DTI'S NUEVOS</p>
	<p>ENCHAQUETADAS O DE DOBLE CONTENIDO</p>




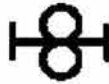


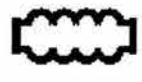















APÉNDICE III. PARTE 4 DE 8

VÁLVULAS  
SIMBOLOGÍA













	COMPUERTA O GENÉRICA		DIAFRAGMA
	DE NO RETORNO (CHECK)		3 VÍAS
	DE NO RETORNO Y CIERRE (STOP CHECK)		4 VÍAS
	GLOBO		PELLIZCO (PINCH)
	MARIPOSA		ANGULO
	AGUJA		CUCHILLA
	BOLA		VENTEO/DRENADO
	GENÉRICA ROTATORIA (1/4 DE VUELTA)		VENTEO/DRENADO CON TAPÓN
	MACHO		

APÉNDICE III. PARTE 5 DE 8

ARTÍCULOS  
ESPECIALES

	FILTRO TIPO Y		EYECTOR / EDUCTOR
	FILTRO TIPO CONO		CARRETE REMOVIBLE
	FILTRO TIPO T		DESOBRECALENTADOR
	FILTRO DUPLEX		MANGUERA FLEXIBLE
	FILTRO CANASTA		JUNTA DE EXPANSIÓN
	FILTRO TEMPORAL		AMORTIGUADOR
	FILTRO		RESPIRADERO
	ARRESTADOR DE DETONACIÓN		TAPA DE VENTEO
	ARRESTADOR DE FLAMA		MEZCLADOR EN LÍNEA
	TRAMPA DE VAPOR		VÁLVULA DIVERGENTE
	CABEZAL DE DESFOGUE		VÁLVULA ROTATORIA
	SILENCIADOR EN LÍNEA		VÁLVULA DE EXCESO DE FLUJO
	SILENCIADOR DE VENTEO		AMORTIGUADOR DE PULSACIONES (AMORTIGUADOR DE GOLPE DE ARIETE)

APÉNDICE III. PARTE 6 DE 8

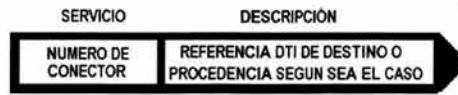
ACCESORIOS DE TUBERÍA	
	BRIDA
	CONEXIÓN SOLDADA
	TAPÓN
	REDUCCIÓN / EXPANSIÓN CONCÉNTRICA (O GENÉRICA)
	REDUCCIÓN / EXPANSIÓN EXCÉNTRICA
	CONEXIÓN DE MANGUERA
	ESPACIADOR
	PLACA CIEGA
	FIGURA 8 ABIERTA CIEGA
	FIGURA 8 CERRADA CIEGA
	CONEXIÓN
	BRIDA CIEGA

APÉNDICE III. PARTE 7 DE 8

CONECTORES DE PLANO Y TIE-IN

SIMBOLOGÍA

CONECTORES DE FIN DE PLANO

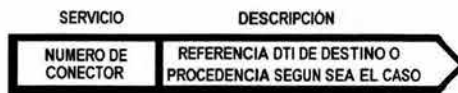


ORIGEN / DESTINO



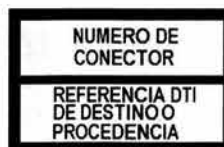
LIMITE DE BATERÍA

CONECTORES DE LÍNEAS PRIMARIAS, SECUNDARIAS Y SEÑALES DE INSTRUMENTACIÓN



ORIGEN / DESTINO

CONECTORES UTILITARIOS







SÍMBOLO DE TIE-IN





APÉNDICE III. PARTE 8 DE 8

CONECTORES DE DRENAJE	
SIMBOLOGÍA	
<p>DRENAJE CERRADO CON CONEXIÓN A OTRO DTI</p> <div style="text-align: center;">  </div>	<p>DRENAJE ABIERTO CON CONEXIÓN A OTRO DTI</p> <div style="text-align: center;">  </div>
<p>DRENAJE CERRADO SIN CONEXIÓN A OTRO DTI</p> <div style="text-align: center;">  </div>	<p>DRENAJE ABIERTO SIN CONEXIÓN A OTRO DTI</p> <div style="text-align: center;">  </div>

APÉNDICE IV. PARTE 1 DE 8

LETRAS PARA IDENTIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS

PRIMERA LETRA		LETRAS SUBSECUENTES			
	VARIABLE MEDIDA & PRINCIPAL	VARIABLE MODIFICADA	ANUNCIADOR & FUNCIÓN PASIVA	FUNCIÓN DE SALIDA	VARIABLE MODIFICADA
A	ANÁLISIS		ALARMA		
B	QUEMADOR, FLAMA, COMBUSTIÓN		SELECCIONADA POR EL USUARIO	SELECCIONADA POR EL USUARIO	SELECCIONADA POR EL USUARIO
C	SELECCIONADA POR EL USUARIO (NORMALMENTE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA)			CONTROL	
D	DENSIDAD, GRAVEDAD ESPECÍFICA	DIFERENCIAL			
E	VOLTAJE		ELEMENTO PRIMARIO		
F	FLUJO	RELACIÓN (FRACCIÓN)			
G	SELECCIONADA POR EL USUARIO (DIMENSIONAL)		VIDRIO, MIRILLA		
H	MANUAL				ALTO
I	CORRIENTE ELÉCTRICA		INDICADOR		
J	POTENCIA	BARRIDO			
K	TIEMPO PROGRAMADO	VEL. DE CAMBIO		ESTACIÓN DE CONTROL	
L	NIVEL		LUZ		BAJO
M	SELECCIONADA POR EL USUARIO (NORMALMENTE HUMEDAD)	MOMENTÁNEO			MEDIO, INTERMEDIO
N	SELECCIONADA POR EL USUARIO		SELECCIONADA POR EL USUARIO	SELECCIONADA POR EL USUARIO	SELECCIONADA POR EL USUARIO
O	SELECCIONADA POR EL USUARIO		ORIFICIO, RESTRICCIÓN		ABRE
P	PRESIÓN, VACÍO		PUNTO DE CONEXIÓN & PRUEBA		
Q	CARGA TÉRMICA	INTEGRADOR, TOTALIZADOR			
R	RADIACIÓN		REGISTRO		
S	VELOCIDAD, FRECUENCIA	SEGURIDAD		INTERRUPTOR	SOLENOIDE
T	TEMPERATURA			TRANSMISOR	
U	MULTIVARIABLE		MULTIFUNCIÓN	MULTIFUNCIÓN	MULTIFUNCIÓN
V	VIBRACIÓN, ANÁLISIS MECÁNICO			VALVULA, COMPUERTA	
W	PESO, FUERZA		POZO		
X	NO CLASIFICADA	EJE X	NO CLASIFICADA	NO CLASIFICADA	NO CLASIFICADA
Y	EVENTO, ESTADO & PRESENCIA	EJE Y		PELEADOR, COMPUTAR, CONVERTIDOR	
Z	POSICIÓN, DIMENSIÓN	EJE Z		MOTOR, ACTUADOR, ELEMENTO FINAL DE CONTROL	

EJEMPLO: PRIMERA LETRA

T

LETRA SUBSECUENTE

FC

NÚMERO CONSECUTIVO

202

CONTROLADOR REGISTRADOR

DE TEMPERATURA  
NÚMERO 202










APÉNDICE IV. PARTE 2 DE 8

INSTRUMENTOS GENERALES









SIMBOLOGÍA

LOCALIZACIÓN/ACCESIBILIDAD	INSTRUMENTOS DISCRETOS	PANTALLA Y CONTROLES COMUNES (DCS)	PLC	INTERLOCK DISCRETO MEDIANTE HARDWARE
<p>MONTADO EN CAMPO</p> <p>1.- MONTADO O LOCALIZADO EN CAMPO</p> <p>2.- ACCESIBLE AL OPERADOR</p>				
<p>LOCALIZACIÓN PRINCIPAL, NORMALMENTE ACCESIBLE AL OPERADOR</p> <p>1.- CUARTO DE CONTROL PRINCIPAL O CENTRAL</p> <p>2.- MONTADO FRENTE A LA CONSOLA O PANEL PRINCIPAL</p> <p>3.- VISIBLE EN PANTALLA</p> <p>4.- ACCESIBLE AL OPERADOR EN CONSOLA U OTRO DISPOSITIVO</p>				
<p>LOCALIZACIÓN PRINCIPAL, NORMALMENTE INACCESIBLE PARA EL OPERADOR</p> <p>1.- CUARTO DE CONTROL PRINCIPAL O CENTRAL</p> <p>2.- MONTADO DETRAS DE PANEL O GABINETE</p> <p>3.- NO VISIBLE EN PANTALLA</p> <p>4.- NORMALMENTE INACCESIBLE AL OPERADOR EN CONSOLA U OTRO DISPOSITIVO</p>				
<p>LOCALIZACIÓN AUXILIAR NORMALMENTE ACCESIBLE PARA EL OPERADOR</p> <p>1.- CUARTO SECUNDARIO O DE CONTROL LOCAL</p> <p>2.- PANEL DE CAMPO O DE CONTROL LOCAL</p> <p>3.- MONTADO FRENTE A PANEL SECUNDARIO O DE CONTROL LOCAL</p> <p>4.- VISIBLE EN PANTALLA</p> <p>5.- ACCESIBLE AL OPERADOR EN CONSOLA U OTRO DISPOSITIVO</p>				
<p>LOCALIZACIÓN AUXILIAR NORMALMENTE INACCESIBLE PARA EL OPERADOR</p> <p>1.- CUARTO SECUNDARIO O DE CONTROL LOCAL</p> <p>2.- PANEL DE CAMPO O DE CONTROL LOCAL</p> <p>3.- MONTADO DETRAS DE GABINETE SECUNDARIO O DE PANEL LOCAL</p> <p>4.- NO VISIBLE EN PANTALLA</p> <p>5.- NORMALMENTE INACCESIBLE AL OPERADOR EN CONSOLA U OTRO DISPOSITIVO</p>				



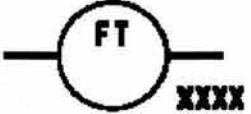
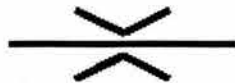



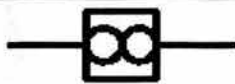




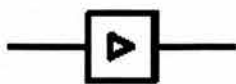
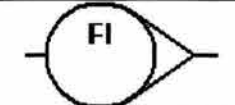







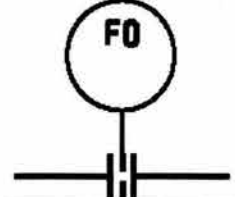
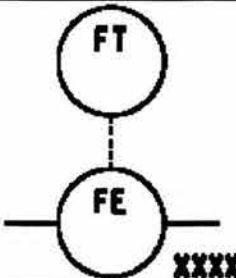
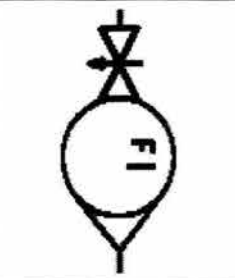
APÉNDICE IV. PARTE 3 DE 8

FUNCIONES DE INSTRUMENTOS																							
SIMBOLOGÍA																							
	SUMATORIA		SELECCIÓN ALTO																				
	PROMEDIO		SELECCIÓN BAJO																				
	DIFERENCIA		LIMITE ALTO																				
	MULTIPLICACIÓN		LIMITE BAJO																				
	DIVISIÓN		POLARIZACIÓN																				
	RAÍZ CUADRADA		FUNCIÓN SIN ESPECIFICAR																				
	EXPONENCIAL		DEFINIDA POR EL USUARIO																				
	CONVERSIÓN (ENTRADA / SALIDA)	* / *	<table border="0"> <tr> <td>A</td><td>ANÁLOGO</td> <td>I</td><td>CORRIENTE</td> </tr> <tr> <td>B</td><td>BINARIO</td> <td>O</td><td>ELECTROMAG., SONICO</td> </tr> <tr> <td>D</td><td>DIGITAL</td> <td>P</td><td>NEUMÁTICO</td> </tr> <tr> <td>E</td><td>VOLTAJE</td> <td>R</td><td>RESISTENCIA (ELÉCTRICA)</td> </tr> <tr> <td>H</td><td>HIDRÁULICO</td> <td></td><td></td> </tr> </table>	A	ANÁLOGO	I	CORRIENTE	B	BINARIO	O	ELECTROMAG., SONICO	D	DIGITAL	P	NEUMÁTICO	E	VOLTAJE	R	RESISTENCIA (ELÉCTRICA)	H	HIDRÁULICO		
A	ANÁLOGO	I	CORRIENTE																				
B	BINARIO	O	ELECTROMAG., SONICO																				
D	DIGITAL	P	NEUMÁTICO																				
E	VOLTAJE	R	RESISTENCIA (ELÉCTRICA)																				
H	HIDRÁULICO																						










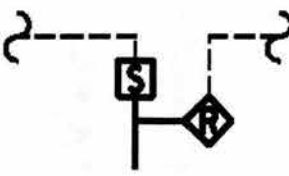
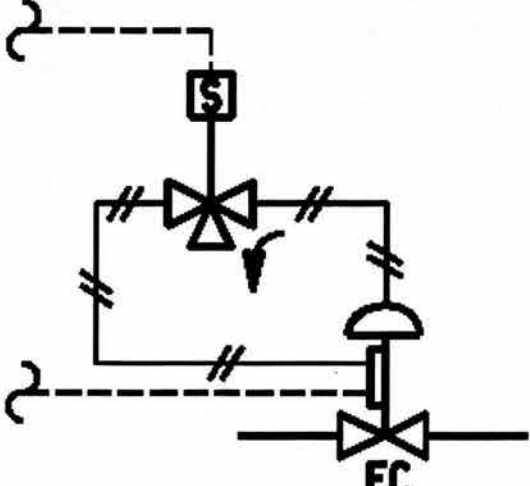
APÉNDICE IV. PARTE 4 DE 8

LÍNEAS DE INSTRUMENTACIÓN	
SIMBOLOGÍA	
	SUMINISTRO DEL INSTRUMENTO O CONEXIÓN AL PROCESO
	SEÑAL NEUMÁTICA
	SEÑAL ELÉCTRICA
	SEÑAL HIDRÁULICA
	TUBO CAPILAR
	SEÑAL ELECTROMAGNÉTICA, SONICA, ÓPTICA, O NUCLEAR
	SEÑAL DE SOFTWARE
	COMUNICACIÓN MECÁNICA




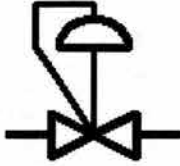
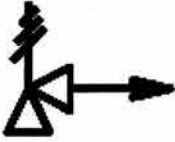
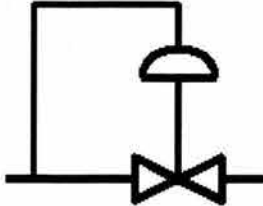
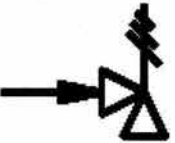
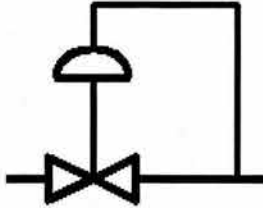

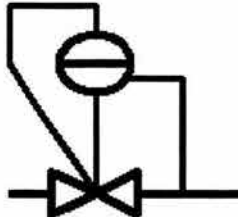
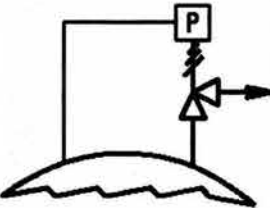
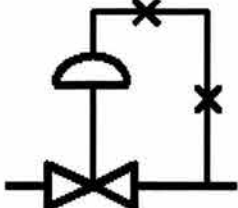
APÉNDICE IV. PARTE 5 DE 8

ELEMENTOS PRIMARIOS (FLUJO)			
SIMBOLOGÍA			
	SÍMBOLO GENERAL ELEMENTO EN LÍNEA XX = FS, FG, FE, FT		ELEMENTO DE FLUJO TIPO CUÑA
	ELEMENTO DE FLUJO EN LÍNEA CON TRANSMISIÓN INTEGRAL, XXXX = MÁSIKO, CORIOLIS, TÉRMICO, INTEGRAL, ORIFICIO		ELEMENTO DE FLUJO TIPO CANALETA
	ELEMENTO DE FLUJO TIPO PLACA DE ORIFICIO		ELEMENTO DE FLUJO TIPO VERTEDERO
	ELEMENTO DE FLUJO TIPO MAGNÉTICO		ELEMENTO DE FLUJO TIPO DESPLAZAMIENTO POSITIVO
	ELEMENTO DE FLUJO TIPO TURBINA O PROPELA		ELEMENTO DE FLUJO TIPO CAMBIO RÁPIDO
	ELEMENTO DE FLUJO TIPO ULTRASÓNICO		ELEMENTO DE FLUJO TIPO DISCO DE IMPACTO (TARGET)
	ELEMENTO DE FLUJO TIPO VORTEX		ROTAMETRO
	ELEMENTO DE FLUJO TIPO TUBO PITOT		INTERRUPTOR DE FLUJO * = H / L (ALTO / BAJO)
	ELEMENTO DE FLUJO TIPO TUBO PITOT ANNUBAR		ELEMENTO DE FLUJO TIPO TUBO DE VIDRIO
	TOBERA		DISPOSITIVO PARA ACONDICIONAMIENTO DE FLUJO (EJEMPLO, VENAS DE RECTIFICACIÓN)
	ELEMENTO DE FLUJO TIPO VENTURI		ORIFICIO DE RESTRICCIÓN
	ELEMENTO DE FLUJO EN LÍNEA CON TRANSMISOR REMOTO XXXX = MÁSIKO, CORIOLIS, TÉRMICO		ROTAMETRO (MOSTRADO CON VÁLVULA INTEGRAL OPCIONAL)

APÉNDICE IV. PARTE 6 DE 8


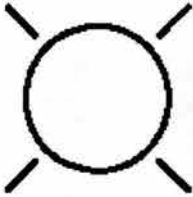
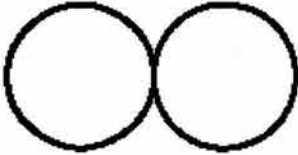


VÁLVULAS DE CONTROL			
SIMBOLOGÍA DE ACTUADORES			
	<p>ACTUADOR MANUAL</p>		<p>OPERADA CON MOTOR</p>
	<p>ACTUADOR DE DIAFRAGMA</p>		<p>ACTUADOR ELECTRO-HIDRÁULICO</p>
	<p>ACTUADOR DE DIAFRAGMA CON PRESIÓN BALANCEADA</p>		<p>SOLENOIDE SIMPLE</p>
	<p>OPERADOR CON VOLANTE MANUAL UTILIZADO CON CUALQUIER ACTUADOR</p>		<p>SOLENOIDE SIMPLE CON "RESET" MANUAL</p>
	<p>CILINDRO / PISTÓN</p>		<p>SOLENOIDE SIMPLE CON "RESET" REMOTO</p>
		<p>VÁLVULA DE CONTROL TÍPICA CON POSICIONADOR Y SOLENOIDE</p>	

APÉNDICE IV. PARTE 7 DE 8

DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD			
SIMBOLOGÍA			
	DISCO DE RUPTURA O CABEZA DE SEGURIDAD PARA PRESIÓN DE ALIVIO O RELEVO (PANEL A PRUEBA DE EXPLOSIÓN)		REGULADOR DE PRESIÓN (AUTO CONTENIDO)
	DISCO DE RUPTURA O CABEZA DE SEGURIDAD PARA VACÍO DE ALIVIO O RELEVO (PANEL A PRUEBA DE EXPLOSIÓN)		REGULADOR DE CONTRA-PRESIÓN (AUTO CONTENIDO)
	ALIVIO O RELEVO DE PRESIÓN O VÁLVULA DE SEGURIDAD		REGULADOR DE CONTRA-PRESIÓN CON TOMA EXTERNA
	VÁLVULA DE ALIVIO O RELEVO DE VACÍO		REGULADOR DE PRESIÓN CON TOMA EXTERNA
	VENTEO DE CONSERVACIÓN O VÁLVULA DE RELEVO O ALIVIO PARA PRESIÓN Y VACÍO		REGULADOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL
	VÁLVULA DE RELEVO O ALIVIO OPERADA POR PILOTO CON SENSOR REMOTO (UTILIZAR LA SIMBOLOGÍA APROPIADA PARA LA VÁLVULA DE RELEVO O ALIVIO)		REGULADOR DE TEMPERATURA TIPO SISTEMA LLENO



APÉNDICE IV. PARTE 8 DE 8

INSTRUMENTOS MISCELÁNEOS	
SIMBOLOGÍA	
	<p>SELLO O DIAFRAGMA QUÍMICO</p>
	<p>LUZ PILOTO, ALARMA VISUAL O ILUMINACIÓN EN INDICADOR TIPO MIRILLA</p>
	<p>INSTRUMENTO DOBLE (DOS INSTRUMENTOS EN UN MISMO DISPOSITIVO)</p>
	<p>INTERLOK</p>
	<p>INSTRUMENTO CON NÚMERO DE "TAG" COMPLETO</p>

## APÉNDICE V. PARTE 1 DE 3

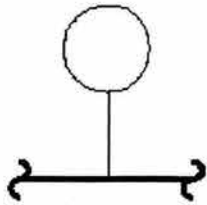
CÓDIGOS DE TIPO DE AISLAMIENTO	
AC	AISLAMIENTO PARA CONTROL ACÚSTICO
CC	AISLAMIENTO PARA SERVICIO FRIÓ
CJ	ENCHAQUETADO PARA FLUIDO DE REFRIGERACIÓN
CP	CONTROL DE CONDENSACIÓN
CT	TRAZADO DE FLUIDO REFRIGERANTE
ET	TRAZADO ELÉCTRICO
FP	AISLAMIENTO PARA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO
HC	AISLAMIENTO PARA CONSERVACIÓN DE CALOR
HJ	ENCHAQUETADO PARA FLUIDOS CALIENTES
HT	TRAZADO DE FLUIDOS CALIENTES
PF	AISLAMIENTO PARA PREVENCIÓN DE CONGELAMIENTO
PP	AISLAMIENTO DE PROTECCIÓN PERSONAL
PS	AISLAMIENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE PROCESO
SJ	ENCHAQUETADO PARA VAPOR
ST	TRAZADO DE VAPOR

APÉNDICE V. PARTE 2 DE 3

DETALLES TÍPICOS

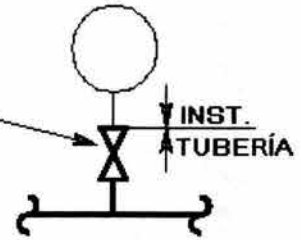
EJEMPLOS

INSTRUMENTO DE PRESIÓN MONTADO EN CAMPO (PI, PT, PS)



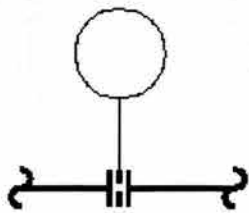
MOSTRADO EN EL DTI

TIPO DE VÁLVULA POR CLASE DE LÍNEA. TAMAÑO DE VÁLVULA POR ESPECIFICACIÓN DE INSTRUMENTO



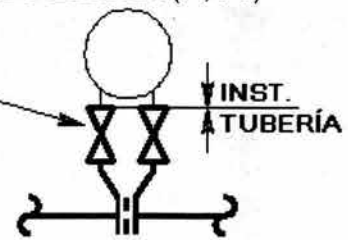
IMPLÍCITO

PLACA DE ORIFICIO BRIDADA, INSTRUMENTO DE FLUJO MONTADO EN LÍNEA (FI, FT)



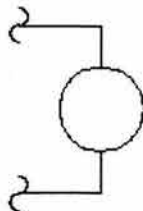
MOSTRADO EN EL DTI

TIPO DE VÁLVULA POR CLASE DE LÍNEA. TAMAÑO DE VÁLVULA POR ESPECIFICACIÓN DE INSTRUMENTO



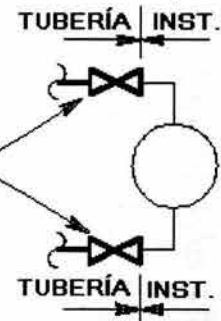
IMPLÍCITO

INSTRUMENTO DE NIVEL O DE PRESIÓN DIFERENCIAL (PDI, PDT, LC, LG, LT, LS)



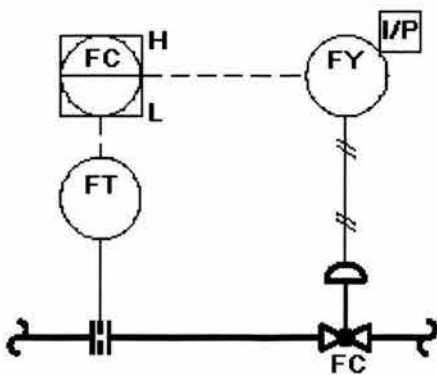
MOSTRADO EN EL DTI

TIPO DE VÁLVULA POR CLASE DE LÍNEA. TAMAÑO DE VÁLVULA POR ESPECIFICACIÓN DE INSTRUMENTO

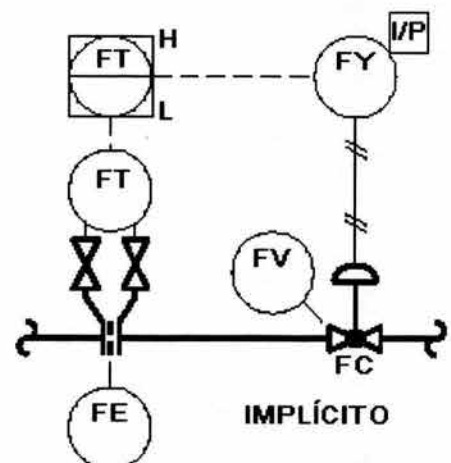


IMPLÍCITO

CIRCUITO TÍPICO DE FLUJO CON I/P SEPARADO



MOSTRADO EN EL DTI



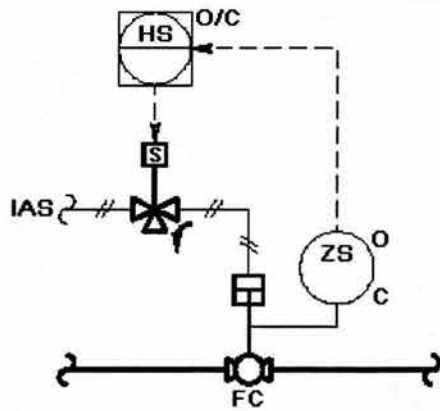
IMPLÍCITO

APÉNDICE V. PARTE 3 DE 3

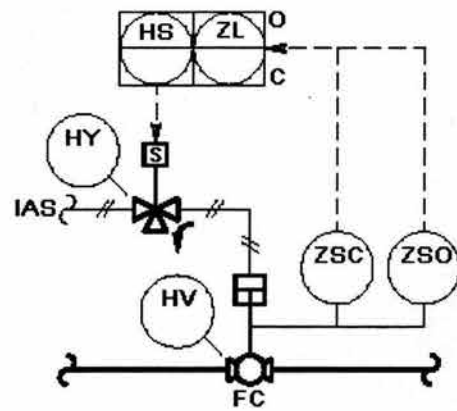
DETALLES TÍPICOS

EJEMPLOS (CONTINUACIÓN)

DETALLE TÍPICO DE VÁLVULA

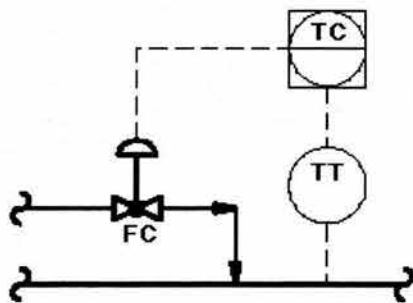


MOSTRADO EN EL DTI

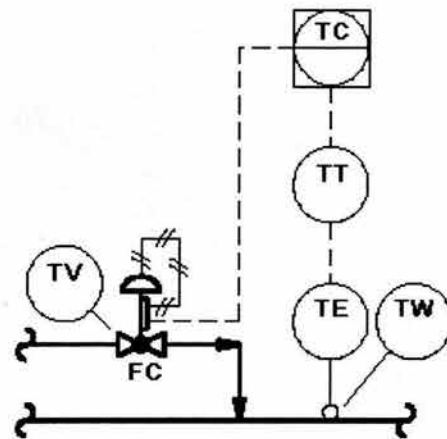


IMPLÍCITO

CIRCUITO TÍPICO DE TEMPERATURA CON POSICIONADOR DE VÁLVULA

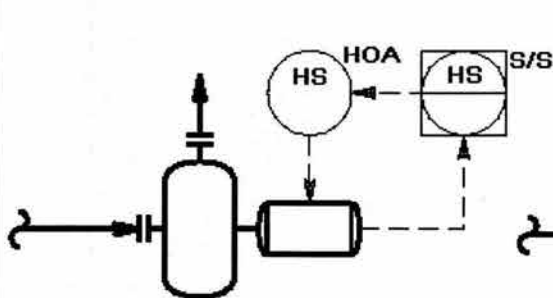


MOSTRADO EN EL DTI

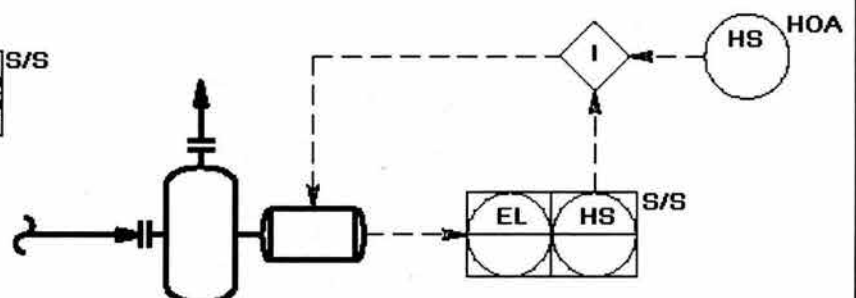


IMPLÍCITO

DETALLE TÍPICO DEL CONTROL DE MOTORES DE BOMBAS



MOSTRADO EN EL DTI



IMPLÍCITO

## 9. BIBLIOGRAFÍA

Eduardo Sánchez-Vega Tome, INITEC, "Manual de instrumentación (**Instrumentos de Nivel**)". Ingeniería química - Septiembre 1983, paginas 111 a 118.

Julio Serrano, INITEC, "Manual de instrumentación (**Instrumentos de Caudal**)". Ingeniería química - Octubre 1983, paginas 109 a 120.

Antonio Creus, Honeywell, S.A., "Manual de instrumentación (**Temperatura**)". Ingeniería química - Noviembre 1983, paginas 79 a 87.

José Luis Álvarez, TÉCNICAS REUNIDAS, S.A., "Manual de instrumentación (**Instrumentos de Presión**)". Ingeniería química - Diciembre 1983, paginas 85 a 94.

Carlos Crespo Rodríguez, Fisher Controls, S.A., "Manual de instrumentación (**Válvulas de Control**)". Ingeniería química - Marzo 1984, paginas 129 a 142.

Eduardo Sánchez-Vega Tome, INITEC, "Manual de instrumentación (**Criterios y materiales de instalación**)". Ingeniería química - Junio 1984, paginas 119 a 128.

José Becerra Palomo, "Medición del Nivel de los Líquidos". Ciencia y Desarrollo 162, Enero – Febrero 2002, paginas 73 a 78.

Dexter T. Cook, Flour Engineers and Constructors, Inc. "Selección de válvulas manuales para plantas de proceso", Junio 1982.

Ted Williams and Obice Carcella, Jr., Magetrol, "A Look al Level Sensing". Magnetrol, (Bulletin: 41-230.0, December 1990), paginas 1 a 4.

Corte Swearingen, Cole-Palmer Instrument Co., "Choosing the Best Flowmeter". Chemical Engineering / July 1999, paginas 62 a 68.

Corte Swearingen, Cole-Palmer Instrument Co., "Choosing the Right Flowmeter". Chemical Engineering / January 2001, paginas 76 a 83.

Richard W. Green, "Válvulas, Selección, Usos y Mantenimiento". Mc Graw-Hill.

John H. Perry, "Chemical Engineer's Handbook 4th Ed.

Douglas M. Considine, "Manual de Instrumentación Aplicada". Ultima edición.

PEMEX, "Simbología de Equipo de Proceso", Norma No. 2.401.01, primera Ed. 1987

PEMEX, "Formato de planos (Guía Para la Elaboración de Planos y Formatos para Documentos Diversos)", Norma No. 1.030.01, primera edición 1991.

ISA S5.1 - Instrumentation Symbols and Identification (R1992)

PIP PIC001 – Piping and Instrumentation Diagram Documentation Criteria. Agosto 2000.

Diversos procedimientos y recomendaciones para la generación de Diagramas de Tubería e Instrumentación de las principales firmas prestadoras de servicios de ingeniería, tanto nacionales como extranjeras.