

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

SISTEMA EXPERTO PARA LA SELECCIÓN Y ESPECIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE VARIABLES DE PROCESO

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de
Venezuela

Por las Brs. López B., Nora A.
Rodríguez R., Rocio
para optar al Título
De Ingeniero Mecánico

Caracas, 2001

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

SISTEMA EXPERTO PARA LA SELECCIÓN Y ESPECIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE VARIABLES DE PROCESO

Tutor Académico: Prof. Nelson Mata

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de
Venezuela
Por las Brs. López B., Nora A.
Rodríguez R., Rocio
para optar al Título
De Ingeniero Mecánico

Caracas, 2001

DEDICATORIA

A mis padres, por ser fuente de amor,
de inspiración y de apoyo durante
toda mi vida.

ROCIO

A la persona que más quisiera tener en este momento, que siempre quiso lo mejor para mí,
y que aunque no puede compartir esto conmigo, sé que me cuida desde allá arriba.

A ti Robert por todos estos años de amor, cuidado, dedicación, comprensión y paciencia,
porque mi vida sin ti nunca sería igual

NORA

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiar mis pasos y darme fuerzas para ayudarme a culminar exitosamente este trabajo.

A mis padres por su orientación y apoyo durante toda mi vida.

A mi Tía Lita, por estar siempre pendiente, por el cariño y afecto.

Al Prof. Nelson Mata, por su ayuda y guía durante la realización del presente trabajo especial de Grado

A Maryvi, Daniel, Luis Carlos, Roberto, pues su ayuda y colaboración fue fundamental para la elaboración de este proyecto.

A mi compañera de Trabajo, Nora, por la paciencia.

A Luis M., Carolina, Luis E., Eliana, Gabriel, Irluz, Maribel, por estar siempre pendientes

A Isbel por estar siempre ahí, por su amistad y por su ayuda incondicional.

A Luis Ángel, por ser amigo, por su gran ayuda.

A todas aquellas personas que de alguna u otra forma colaboraron para la realización de este trabajo...Gracias!!!

ROCIO

A mi Padre por darme todo lo que he necesitado y mucho más

A todos los que han estado ahí, en las buenas y malas: a mi Hermanita Luc, Norma, Yelitza.

A Anto, Berta, Jorge y todo aquellos que siempre estuvieron pendientes

A Robert por su amor, paciencia, consejos y disposición a ayudar.

A Maryvi, por toda su ayuda, dedicación y paciencia.

A Rocio por aguantarse los días malos y mis necesidades.

A Perozito y Papita por estar siempre dispuestos a colaborar.

A la familia Rodríguez, por su colaboración, paciencia y preocupación.

Al Prof. Nelson Mata, por abrimos nuevos caminos en la instrumentación

A Dios por darme la fuerza cuando creía que ya no podía.

NORA

López B. Nora A., Rodríguez R. Rocio

**SISTEMA EXPERTO PARA LA SELECCIÓN Y ESPECIFICACIÓN
DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE VARIABLES DE PROCESO**

**Tutor Académico: Prof. Nelson Mata. Tesis. Caracas U.C.V. Facultad de Ingeniería.
Escuela de Mecánica. 2001, n° 228**

Sistema Experto, Selección de Instrumentos.

En el presente trabajo se desarrolló un sistema informático experto para la selección y especificación de instrumentos de medición de Temperatura, Presión, Nivel y Flujo, el cual fue denominado "SISTEX".

El sistema experto, está constituido por una base de datos, creada en Microsoft Access, la cual constituye la base de conocimientos del sistema; el mecanismo de inferencia y la interfaz con el usuario, fueron realizadas con ayuda de Microsoft Visual Basic 6.0.

La base de datos, está constituida por instrumentos cuyos datos fueron obtenidos de catálogos de fabricantes reconocidos en la rama de la instrumentación y control de procesos.

Se establecieron criterios de selección de los instrumentos, basados en información teórica, prácticas recomendadas, normas y consideraciones de los fabricantes.

Esta herramienta permite reducir considerablemente el tiempo necesario para la selección y especificación de instrumentos, con una alta confiabilidad, pues ha eliminado la presencia del error humano.

Aunque se seleccionó una clase restringida dentro de la amplia gama de instrumentos disponibles, resultó evidente la utilidad de la naturaleza de este sistema, para la aplicación de adecuados criterios de selección de instrumentos de medición de variable..

Las soluciones dadas por el programa, fueron validadas comparando hojas de especificaciones de procesos reales, las cuales fueron realizadas por expertos en el área de la instrumentación de procesos, con las obtenidas por el programa, obteniendo resultados satisfactorios.



TABLA DE CONTENIDO

	<i>Paginas</i>
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I. MARCO TEÓRICO	2
1.1. MEDICIÓN E INSTRUMENTACIÓN	2
1.1.1.- Conceptos Básicos	2
1.1.2.- Clasificación de los Instrumentos	2
1.2.- INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE VARIABLES DE PROCESO	5
1.2.1.-Medición de Temperatura	5
1.2.2.- Medición de Presión	8
1.2.3.- Medición de Nivel	10
1.2.4.- Medición de Flujo	16
1.3.- NORMA ISA	25
1.3.1.- Terminología	26
1.3.2.- Hojas de Especificación	26
1.4.- TERMINOLOGÍA APLICADA A LA SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS	27
1.4.1.- Características del Proceso	27
1.4.2.- Características Estáticas y Dinámicas	27
1.4.3.- Condiciones Ambientales	28
1.4.4.- Materiales	29
1.4.5.- Características Físico-Constructivas	29
1.4.6.- Conexiones a proceso	29



1.4.7.- Entrada / Salida	29
1.4.8.- Fuente de Poder	30
1.4.9.-Clasificación de Área y Protección Eléctrica	30
1.4.10.- Costos	30
1.5.- SISTEMAS EXPERTOS	30
1.5.1.- Sistema Experto	31
1.5.2.- Campos de Aplicación	32
1.5.3.- Historia del Desarrollo de Sistemas Expertos.	33
1.5.4.- Componentes de un Sistema Experto.	33
1.5.5.-Equipo de Desarrollo de un Sistema Experto.	36
1.5.6.-Representación del Conocimiento.	37
1.5.7.- Lenguajes y Sistemas de Programación.	38
CAPITULO II. HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS	39
2.1.- INTRODUCCIÓN	39
2.2.- SELECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS	40
2.2.1.- Selección de la herramienta para la creación de la base de datos	40
2.2.2.- Selección de la herramienta para el establecimiento de los Mecanismos de Inferencia y la elaboración de la Interfaz.	40
2.2.3.- Selección de la herramienta para la elaboración de los formatos de especificación	42
CAPÍTULO III. DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO	43
3.1.- BASE DE CONOCIMIENTOS	43
3.1.1.- Datos	43
3.1.2.- Estructura de la Base de Datos	44



3.2.- MECANISMOS DE INFERENCIA	63
3.2.1.- Criterios de Selección para medición de Temperatura	63
3.2.2.- Criterios de Selección para medición de Presión	78
3.2.3.- Criterios de Selección para medición de Nivel	95
3.2.4.- Criterios de Selección para medición de Flujo	98
3.2.5.- Mecanismo de Inferencia y Visual Basic	108
3.3.- INTERFAZ CON EL USUARIO	109
CAPÍTULO IV. DIAGRAMAS DE BLOQUES DEL SISTEMA	112
CAPITULO V. VALIDACIÓN DE LAS SOLUCIONES	124
5.1.- Validación de las soluciones para Medición de Temperatura	124
5.2.- Validación de las soluciones para Medición de Presión	130
5.3.- Validación de las soluciones para Medición de Nivel	139
5.4.- Validación de las soluciones para Medición de Flujo	145
RESULTADOS	151
CONCLUSIONES	152
RECOMENDACIONES	154
BIBLIOGRAFÍA	155
APÉNDICES	158
Apéndice A. Clasificación de Áreas y Protección Eléctrica	158
Apéndice B. Hojas de Especificaciones ISA	163
Apéndice C. Manual de Usuario	205



INTRODUCCIÓN

Durante el desarrollo de un proyecto industrial, existe una etapa en la que se hace necesario seleccionar y especificar la instrumentación requerida para la medición de las variables involucradas en el proceso; si además el proyecto requiere de una gran cantidad de instrumentos, éste trabajo se torna tedioso y repetitivo, y puede requerir de una gran cantidad de tiempo.

En la actualidad la selección y especificación de instrumentos para la medición de las variables en un proceso, se realiza de forma manual y como consecuencia de esto, no suelen considerarse todas las condiciones y/o factores que determinan el uso de un determinado instrumento; entonces se hace necesario crear una herramienta que facilite al ingeniero la selección de los mismos, considerando las características técnico-económicas y las experiencias adquiridas por expertos en el área.

En el presente trabajo se desarrolló un sistema informático " Experto " para la selección y especificación de instrumentos de medición de Temperatura, Presión, Nivel y Flujo; el cual permite el manejo de información técnico-comercial, tal que funcione como asistente del usuario, presentándole una amplia gama de instrumentos, acompañados de sus especificaciones, de manera tal que el usuario sea capaz de elegir el instrumento de medición más adecuado, de manera tal que el usuario pueda elegir el instrumento de su preferencia, de aquellos que cumplan con los requerimientos de su proceso.

El sistema experto está constituido por una base de conocimientos que contiene toda la información técnica-comercial y criterios de selección obtenidos como resultado de un proceso de recopilación de prácticas recomendadas, normas e información propia de los fabricantes de instrumentos.

Para el desarrollo de este sistema informático, se emplearon herramientas de la plataforma Microsoft, tales como Access 2000, Visual Basic 6.0.



Capítulo I

Marco Teórico

1.1.-MEDICIÓN E INSTRUMENTACIÓN

1.1.1.-Conceptos Básicos.

Medición

La medición no es más que la determinación de la existencia de la magnitud de una variable, mediante un dispositivo de medición que debe captar o detectar algún parámetro físico utilizado en el proceso industrial.

Señal Medida

La variable aplicada a la entrada del instrumento, esta puede ser, eléctrica, mecánica, neumática o de otro tipo.

Instrumento de Medición.

Es un dispositivo o sistema diseñado con todas las partes funcionales necesarias para realizar una o más operaciones de medición y/o control de una variable. El término incluye elementos primarios, elementos finales de control, aparato de computo y aparatos eléctricos

Instrumentación

Colección de instrumentos o sus aplicaciones para el propósito de la observación, medición, control o una combinación de éstas.

1.1.2.- Clasificación de los Instrumentos.

A fin de facilitar la comprensión de los instrumentos de medición y control se han clasificados de dos formas básicas: una relacionada con su funcionamiento y la otra con la variable de medición de proceso.

Según su Función

Instrumentos Ciegos: son aquellos que no tienen indicación visible de la variable, tales como los instrumentos de alarma (interruptores de presión, temperatura), ya que sólo se ajustan al disparo del interruptor; son también instrumentos ciegos, los transmisores de presión, caudal, nivel y temperatura sin indicación.



Instrumentos Indicadores: un instrumento de medición en el cual sólo el valor presente de la variable medida es visualmente indicado; disponen de un índice de selección y de una escala graduada en la que puede leerse el valor de la variable. Según la amplitud de la escala se dividen en indicadores concéntricos y excéntricos. Existen también indicadores digitales que muestran la variable en forma numérica con dígitos.

Instrumentos Registradores: permiten hacer un registro con trazo continuo o de punto, de la variable, y pueden ser circulares o de gráfico rectangular o alargado según sea la forma del gráfico.

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

Transmisores: captan la variable de proceso a través del elemento primario y la transmiten a distancia en forma de señal neumática o electrónica. Los transmisores neumáticos generan una señal neumática variable linealmente de 3 a 15 psi para el campo de medida del 0 al 100% de la variable. Los transmisores electrónicos generan varios tipos de señales: de 4 a 20 mA d.c.; de 1 a 5 V d.c.; etc. El elemento primario puede o no formar parte integral del transmisor.

Transductores: un transductor es un dispositivo que recibe una señal de entrada como función de una o más cantidades físicas y la convierten modificada o no a una señal de salida. Los transductores suministran energía a un segundo sistema, esta transmisión de energía puede ser eléctrica, mecánica, química, óptica o térmica. Esta definición de un transductor incluye dispositivos que convierten fuerza o desplazamiento mecánico en señales eléctricas.

Los transductores se pueden clasificar de acuerdo a la aplicación, métodos de conversión de energía, naturaleza de la señal de salida, etc.

Convertidores: son instrumentos que reciben una señal de entrada neumática o electrónica procedente de un instrumento primario, registrador, etc., y después de modificarla envían la resultante en forma de señal de salida estándar. Existen fundamentalmente dos tipos de convertidores; los convertidores I/P convierten una señal de entrada eléctrica a una señal de salida neumática y los convertidores P/I que convierten una señal de entrada neumática a una señal de salida eléctrica.



A veces se confunde convertidor con transductor, siendo éste último general y no debe aplicarse a un aparato que convierta una señal de instrumentos.

Receptores: reciben las señales procedentes de los transmisores y las indican o registran. Los receptores controladores envían otra señal de salida normalizada (neumática o eléctrica) , que actúa sobre el elemento final de control.

Controladores: comparan la variable controlada (presión, nivel, temperatura) con un valor deseado y ejercen una acción correctiva de acuerdo con la desviación. La variable controlada la pueden recibir directamente, como controladores locales o bien indirectamente en forma de señal neumática, electrónica o digital procedente de un transmisor.

Elemento Final de Control: Recibe la señal de un controlador y modifica el agente de control. En el control neumático, el elemento suele ser una válvula neumática o un servomotor neumático que efectúan su carrera completa. En el control eléctrico el elemento suele ser una válvula motorizada que efectúa su carrera completa accionada por un servomotor eléctrico, en el control electrónico la válvula o servomotor son accionados a través de un convertidor de intensidad a presión, o señal digital a presión que convierte la señal electrónica o digital a neumática.

En función de la variable de proceso.

De acuerdo con la variable de proceso, los instrumentos se dividen en instrumentos de:

- Nivel.
- Presión.
- Caudal.
- Temperatura.
- Densidad y peso específico.
- Viscosidad.
- Conductividad.
- pH.
- Frecuencia.
- Posición.
- Humedad y punto de rocío.



- Fuerza.
- Turbidez
- Velocidad

Como puede observarse esta clasificación corresponde al tipo de señal medida, siendo independientes del sistema empleado en la conversión de la señal de proceso, del número y tipo de transductores existentes entre el elemento primario y el instrumento final.

1.2-INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE VARIABLES DE PROCESO

1.2.1.- Medición de Temperatura

Termómetro Bimetálico

Se fundamentan en coeficientes de dilatación diferentes de dos metales distintos, tales como latón, monel o acero y una aleación de ferro-níquel o invar. (35,5% de níquel) laminados conjuntamente. Las láminas bimetálicas pueden ser rectas o curvas, formando espirales o hélices.

El instrumento contiene pocas partes móviles, solo el elemento bimetálico y la aguja indicadora.

Termómetro de bulbo y capilar

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 temperatura en el bulbo.

Existen cuatro tipos de termómetros de bulbo:

Termómetros actuados por líquido: estos termómetros tienen el sistema de medición lleno de líquido y como su dilatación es proporcional a la temperatura, la escala resulta uniforme. Los líquidos más utilizados, son alcohol y éter.

- Termómetros actuados por vapor: contienen un líquido volátil y se basan en el principio de presión de vapor. Al aumentar la temperatura aumenta la presión de vapor del líquido. La escala de medición no es uniforme, las distancias entre divisiones aumentan hacia la parte alta de la escala.

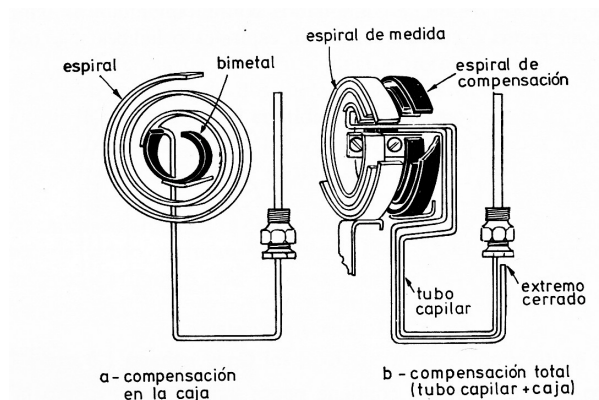


Fig. 1.1. Termómetro de Bulbo

- Termómetros actuados por gas: estos termómetros están completamente llenos de gas. Al subir la temperatura, la presión de gas aumenta proporcionalmente y por lo tanto la escala es lineal.

Termómetros de Resistencia

La medida de temperatura utilizando sondas de resistencia depende de las características de resistencia en función de la temperatura.

El elemento consiste usualmente en un arrollamiento de hilo muy fino del conductor adecuado bobinado entre capas de material aislante y protegido por un revestimiento de vidrio o cerámica.

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 la resistencia en ohmios del conductor por cada grado que cambia su temperatura.

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

- Alto coeficiente de temperatura de la resistencia, ya que de este modo el instrumento de medida será muy sensible.
- Relación lineal resistencia-temperatura.
- Rigidez y ductilidad.
- Estabilidad de las características durante la vida útil del material.

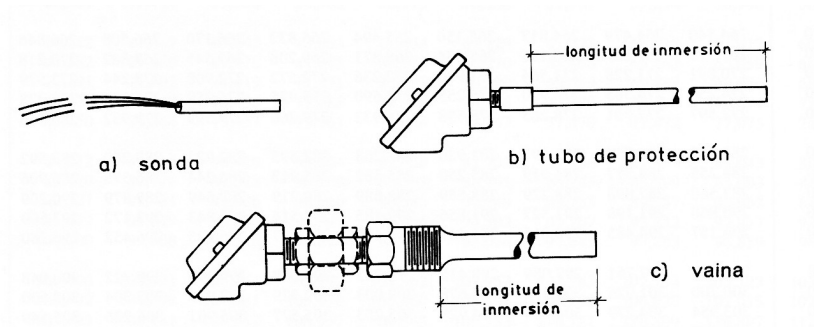


Fig 1.2 Tipos de Sonda de Resistencia

Termopares

Se basan en el efecto descubierto por Seebeck, de la circulación de una corriente en un circuito formado por dos metales diferentes cuyas uniones (unión de medida o caliente y unión de referencia o fría) se mantienen a distinta temperatura. Esta circulación de corriente obedece a dos efectos termoeléctricos combinados, el efecto Peltier que provoca la liberación o absorción de calor en la unión de dos metales distintos cuando una corriente circula a través de la unión y el efecto Thomson que consiste en la liberación o absorción de calor cuando una corriente circula a través de un metal homogéneo en el que existe un gradiente de temperaturas.

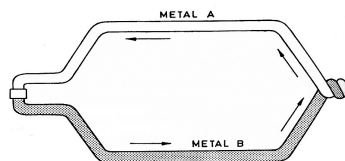


Fig. 1.3 Termopar



Termopozos

Los termopozos son accesorios muy importantes en la instalación de instrumentos de Temperatura. Su propósito es proteger los elementos sensores de daño mecánico y corrosión.

Además, el termopozo permite remover el instrumento para calibración, reemplazo o reparación, o el uso de instrumentos portátiles, sin la necesidad de detener el proceso.

La conexión al proceso de estos accesorios suele ser: roscada, bridada o soldada. Son normalmente metálicos pero pueden estar cubiertos de otros materiales para protección adicional.

1.2.2.- Medición de Presión.

ELEMENTOS PRIMARIOS ELÁSTICOS.

Se aprovecha la deformación cuantitativa de un elemento elástico para medir la presión.

Los elementos primarios elásticos más empleados son: el tubo Bourdon, el elemento en espiral, el helicoidal, el diafragma y el fuelle.

Tubo Bourdon tipo C: es un tubo de sección elíptica, que forma un anillo casi completo, cerrado por un extremo. Al aumentar la presión en el interior del tubo, éste tiende a enderezarse y el movimiento es transmitido a la aguja indicadora por un sector dentado y un piñón. Cada arreglo requiere de una ejecución cuidadosa para producir un movimiento lineal de la aguja indicadora sobre una escala calibrada o un mecanismo de registro.

La ley de deformación del tubo Bourdon es bastante compleja y ha sido determinada empíricamente a través de numerosas observaciones y ensayos en varios tubos.

El material empleado normalmente en el tubo Bourdon es de acero inoxidable, aleación de cobre o aleaciones especiales como Hastelloy y Monel.

Tubo Bourdon tipo Helicoidal: se forma arrollando más de una espira en forma de hélice, el extremo abierto del tubo helicoidal está soldado a la platina de montaje y conectado por un tubo de acero flexible al adaptador, el extremo cerrado tiene libertad de movimiento del Bourdon al eje. Una palanca corta y un eslabón conectan el eje al puntero indicador.



Al aplicarse la presión al interior del tubo, éste tiende a desenroscarse y ese movimiento rotativo pasa por la tira de metal, el escalón y hace girar el indicador, en algunos casos casi se puede encontrar el indicador conectado directamente al eje.

El rango de la espiral depende del espesor de pared de las mismas, del número de espiras y del material de fabricación.

Tubo Bourdon Tipo Espira: se forma enrollando el tubo Bourdon en forma de espiral alrededor de un eje común. El extremo abierto del tubo está soldado a la platina de montaje, y hay un tubo flexible generalmente de acero, que comunica la presión desde el adaptador hasta el extremo abierto del tubo Bourdon. El extremo cerrado del tubo tiene libertad de movimiento y está conectado por medio de una tira metálica que transmite el movimiento a una palanca corta y de allí a un eslabón que conecta con el eje que mueve el puntero indicador.

Cuando se aplica presión desde el adaptador, pasa por el tubo flexible al Bourdon, este tiende a desenvolverse y el movimiento del extremo cerrado se comunica a la palanca y al eslabón y hace girar el eje que mueve al indicador.

El Diafragma: puede estar formado por un disco metálico flexible con la superficie plana o con ondulaciones concéntricas, también puede estar formado por una o varias cápsulas circulares conectadas rígidamente entre sí por soldadura, de forma que al aplicar presión, cada cápsula se deforma, y la suma de los pequeños desplazamientos es amplificada por un juego de palancas. La profundidad, la cantidad de corrugado y el ángulo de formación de la cara del diafragma determinan la sensibilidad y la linealidad de éste para utilizarlo como detector de presión.

El sistema se proyecta de tal modo, que al aplicar presión, el movimiento se aproxima a una relación lineal en un intervalo de medida lo más amplio posible con un mínimo de histéresis y de desviación permanente en el cero del instrumento.

El material del diafragma es normalmente aleación de Níquel o Inconel X. Los diafragmas se han utilizado tradicionalmente para presiones bajas y mediciones de vacío.

El Fuelle: son elementos de una pieza flexible se asemeja a los pliegos de un acordeón, estas partes se forman o juntan de tal manera que se expanden o contraen axialmente debido a



los cambios de presión. Los metales usados en la construcción de los fuelles deben ser lo suficientemente delgados para ser flexibles, lo bastante dúctiles para tener una fabricación más o menos fácil y para resistir firmemente a las fallas por desgaste. Los materiales que más se usan son el Latón, Bronce, Cobre de Berilio, aleaciones de Níquel y Cobre, Acero y Monel.

1.2.3. - Medición de Nivel

MEDIDORES DE NIVEL DE LÍQUIDOS

Los medidores de nivel de líquidos trabajan midiendo directamente la altura de líquido sobre una línea de referencia, la presión hidrostática, el desplazamiento producido en un flotador por el propio líquido contenido en el tanque del proceso o aprovechando las características eléctricas del líquido.

INSTRUMENTOS DE MEDIDA DIRECTA

Medidor de nivel de cristal (Visores)

Consisten en un tubo de vidrio con sus extremos conectados a bloque metálicos y cerrados por prensaestopas que están unidos al tanque generalmente mediante tres válvulas dos de seguridad y una de purga.

El nivel de cristal normal se emplea para presiones hasta 7 bar. Para mayores presiones, el cristal es grueso, de sección rectangular y se protege con una armadura metálica. La lectura de nivel se efectúa con un cristal de reflexión o bien por transparencia. En el caso del cristal de reflexión el vidrio está provisto de ranuras longitudinales que actúan como prismas de reflexión indicando la zona de líquido con un color oscuro y la zona en contacto con vapor de un color claro. En la lectura por transparencia, el líquido está contenido entre dos placas de vidrio planas y paralelas que permiten ver directamente el nivel.

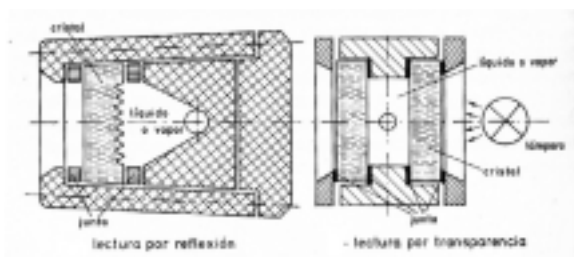


Fig. 1.4 Visor de Nivel



Los medidores de niveles de vidrio son susceptibles a ensuciarse por las características del líquido, impidiendo que el nivel pueda leerse claramente. Este es el caso de líquidos muy densos o pegajosos.

El nivel de vidrio puede ser utilizado solamente como indicador local. Pero ofrece una gran seguridad en la lectura de nivel de líquidos.

Instrumentos de flotador

Consiste en un flotador situado en el seno del líquido y conectado al exterior del tanque indicando directamente el nivel. La conexión puede ser directa, magnética o hidráulica.

La conexión directa consiste en que el flotador está unido por un cable que desliza en un juego de poleas a un índice exterior que señala sobre una escala graduada. En este caso el tanque no puede estar sometido a presión

El flotador acoplado magnéticamente desliza exteriormente a lo largo de un tubo guía sellado, situado verticalmente en el interior del tanque. Dentro del tubo, una pieza magnética sigue al flotador en su movimiento y mediante un cable y un juego de poleas arrastra el índice de un instrumento situado en la parte superior del tanque. El instrumento puede ser además transmisor neumático o eléctrico y puede ser utilizado para control de nivel.

El flotador acoplado hidráulicamente actúa en su movimiento sobre un fuelle de tal modo que varía la presión de un circuito hidráulico y señala la distancia en el receptor de nivel correspondiente. Puede emplearse en tanques cerrados pero requieren una instalación y calibración complicadas y posee partes móviles en el interior del tanque.

INSTRUMENTOS BASADOS EN LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA

Medidor Manométrico

Consiste en un manómetro conectado directamente a la parte inferior del tanque. El manómetro mide la presión debida a la altura del líquido que existe entre el nivel del tanque y la posición del instrumento. En la figura puede verse un instrumento de este tipo en el que se observan varios accesorios como una válvula de cierre para mantenimiento y un pote de decantación con una válvula de purga.

Como las alturas son limitadas, el campo de medida es pequeño, y el manómetro que se utiliza tiene un elemento de medida tipo fuelle.



El instrumento sólo sirve para fluidos limpios y la medida está limitada a tanques abiertos. Las variaciones de densidad del líquido influyen en la medición del nivel.

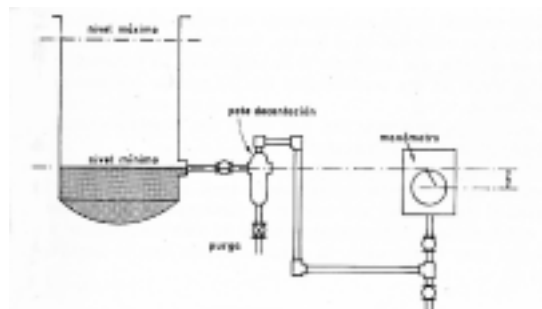


Fig. 1.5 Medidor Manométrico.

Medidor de presión diferencial

Consiste en un diafragma en contacto con el líquido del tanque, que mide la presión hidrostática en un punto del fondo del tanque. En un tanque abierto esta presión es proporcional a la altura del líquido en ese punto y a su peso específico.

El diafragma forma parte de un transmisor neumático, electrónico o digital de presión diferencial.

Por lo general el diafragma está fijado en una brida que se monta rasante al tanque para permitir la medida de nivel de fluidos sin dificultades. Puede ser también de montaje saliente para que el diafragma este completamente al ras de las paredes interiores del tanque, en el caso de líquidos muy viscosos.

En el caso de tanques cerrados y bajo presión, hay que corregir la indicación del aparato para la presión ejercida sobre el líquido, siendo la lectura poco precisa si la presión es grande. Se suele colocar un tubo en la parte superior del tanque y medir la diferencia de presiones entre la toma superior y la inferior, utilizando transmisores de presión diferencial.

INSTRUMENTO BASADO EN EL DESPLAZAMIENTO

Medidor de Nivel Tipo Desplazamiento

Consiste en un flotador parcialmente sumergido en el líquido y conectado mediante un brazo a un tubo de torsión unido rígidamente al tanque. Dentro del tubo y unido a su extremo



libre se encuentra una varilla que transmite el movimiento de giro a un transmisor exterior al tanque.

El tubo de torsión se caracteriza porque el ángulo de rotación es directamente proporcional a la fuerza aplicada, es decir, al momento ejercido por el flotador. El tubo proporciona un cierre estanco entre el flotador y el exterior del tanque, donde se dispone el instrumento receptor del par transmitido.

El instrumento puede utilizarse también para medir interfase entre dos líquidos inmiscibles de distinta densidad, en donde el empuje se divide en dos partes la del líquido más denso en la parte inferior y la del menos denso en la parte superior.

Las dimensiones del flotador dependen de la amplitud de medida requerida.

El instrumento puede utilizarse en tanques abiertos y cerrados, a presión o vacío, con buena sensibilidad, pero presenta el inconveniente de depósitos sólidos en el flotador.

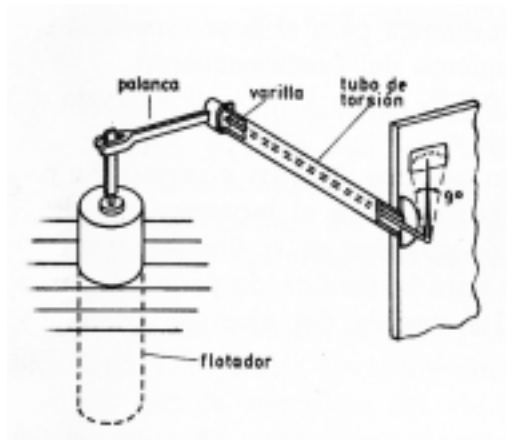


Fig: 1.6 Medidor Tipo Desplazamiento

INSTRUMENTOS BASADOS EN LAS CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL LÍQUIDO

Medidor de Nivel Conductivo o Resistivo.

Consiste en uno o varios electrodos y un relé eléctrico o electrónico que es excitado cuando el líquido moja dichos electrodos. El líquido debe ser lo suficientemente conductor como para excitar el circuito electrónico y de este modo el aparato puede discriminar entre la separación entre el líquido y el vapor.



El instrumento se emplea como alarma de control de nivel alto y bajo, utiliza relés eléctricos para líquidos de buena conductividad y relés electrónicos para líquidos de baja conductividad.

El instrumento es versátil, sin partes móviles, con un campo de medida grande. El líquido debe tener un mínimo de conductividad y dependiendo de este la corriente debe ser baja para evitar el deterioro del producto.

Medidor de Capacidad.

Mide la capacidad del condensador formado por el electrodo sumergido en el líquido y las paredes del tanque. La capacidad del conjunto depende linealmente del nivel de líquido.

El sistema es sencillo y apto para muchos tipos de líquidos. Sin embargo, en los fluidos conductores, los sólidos o líquidos conductores que se encuentran en suspensión y las burbujas de aire o vapor, producen variaciones en la constante dieléctrica del fluido, dando lugar a errores.

No tiene partes móviles y son de fácil limpieza. Tienen un campo de medida prácticamente ilimitado y pueden emplearse en la medida de nivel de interfaces.

Sistema Ultrasónico.

Se basa en la emisión de un impulso ultrasónico a una superficie reflectante y la recepción del eco del mismo en un receptor. El retardo en la recepción del eco depende del nivel del tanque.

Los sensores trabajan a una frecuencia de unos 20kHz. Estas ondas atraviesan con cierta reflexión el medio ambiente de gases o vapores y se reflejan en la superficie del sólido o del líquido.

En las aplicaciones de alarma de nivel los sensores vibran a una frecuencia de resonancia determinada, que se amortigua cuando el líquido los moja.

En el caso de la indicación continua de nivel, la fuente ultrasónica genera impulsos que son detectados por el receptor una vez que ha transcurrido el tiempo correspondiente de ida y de vuelta de la onda a la superficie del sólido o del líquido.

Son adecuados para todos los tipos de tanques y de líquidos o fangos. Pueden ser contruados a prueba de explosión. Presentan el inconveniente de ser sensibles a la densidad de los fluidos y pueden dar señales erróneas en casos de líquidos con espumas.



Medidor Conductivo

Consiste en un electrodo dispuesto en el interior de unas placas puestas a tierra y con el circuito eléctrico abierto. Cuando los sólidos alcanzan el aparato se cierra el circuito y la pequeña corriente originada es amplificada actuando sobre un relé de alarma. Los sólidos deben poseer una conductividad eléctrica apreciable para poder excitar el circuito.

El instrumento puede utilizarse en tanques abiertos y a presión, trabaja hasta un máximo de temperatura de 300°C, sólo puede ser utilizado en materiales con una conductividad de 1 a $1,4 \cdot 10^{-7}$ ohm y sólo puede emplearse como alarma de nivel alto o niveles intermedios.

Medidor Capacitivo.

Es un detector de proximidad capacitivo, dotado de un circuito oscilante RC, que está ajustado en un punto crítico, y que entra en oscilación cuando se encuentra próximo al lecho del sólido. El aparato se monta en posición vertical o inclinada y su sensibilidad se coloca al mínimo para evitar el riesgo de excitación del aparato en el caso de que una mínima cantidad del sólido pueda depositarse en el detector.

DETECTORES DE NIVEL CONTINUOS.

Proporcionan una medida continua del nivel desde el punto más bajo al más alto.

Medidor Capacitivo

Es parecido al utilizado en la medición de nivel de líquidos, con la diferencia de que tiene más posibilidades por la mayor adherencia que puede presentar el sólido en la varilla capacitiva. La lectura viene influida por las variaciones de densidad del sólido. La varilla se coloca en forma vertical dentro del tanque. La medida se limita a materiales en forma granular o en polvo que sean buenos aislantes, la presión y temperatura máximas de servicio pueden ser de 50 bar y 150 °C.

Medidor Ultrasónico.

Consiste en un emisor de ultrasonidos que envía un haz horizontal a un receptor colocado al otro lado del tanque. Si el nivel de sólidos está mas bajo que el haz, el sistema entra en oscilación enclavando un relé. Cuando los sólidos interceptan el haz, el sistema deja de oscilar y el relé se desexcita actuando sobre una alarma.



Si se dispone el haz de ultrasonidos en dirección vertical, el instrumento puede actuar como indicación continua de nivel midiendo el tiempo de tránsito de un impulso ultrasónico, entre la fuente emisora, la superficie del producto y el receptor.

Se puede medir el nivel la mayor parte de los productos sólidos, ya que casi todas las superficies reflejan los ultrasonidos.

Medidor De Radiación

Es parecido al instrumento utilizado en la determinación del nivel de líquidos. Consiste en una fuente radioactiva de rayos gamma, dispuesta al exterior y en la parte inferior del tanque, que emite su radiación a través del lecho de sólidos siendo captada por un detector exterior. La fuente se puede colocar en forma horizontal, en cuyo caso el aparato trabaja como un detector discontinuo, todo o nada.

Puede trabajar a altas temperaturas hasta 1300 °C, y presiones máximas de 130 bar. El sistema tiene un costo elevado, necesita revisión periódica. No puede aplicarse a materiales que sean afectados por la radioactividad.

1.2.4.-Medición de Flujo.

MEDIDORES VOLUMÉTRICOS.

Los medidores volumétricos determinan el caudal en volumen del fluido, bien sea directamente (desplazamiento), bien indirectamente por deducción (presión diferencial, área variable, velocidad fuerza, tensión inducida, torbellino).

La medida de caudal volumétrico en la industria se efectúa principalmente con elementos que dan lugar a una presión diferencial.

INSTRUMENTOS DE PRESIÓN DIFERENCIAL.

Estos medidores determinan la presión diferencial en una restricción al flujo. La presión se puede relacionar con la fuerza por unidad de área y la carga se convierte en una función de la velocidad del flujo y de la densidad de medio fluyente. Todas las ecuaciones aplicables se pueden derivar del teorema de Bernoulli, en el caso de líquidos.

Placas de Orificio.

Consiste en una placa delgada perfectamente taladrada y mecanizada, la cual se instala en la tubería. Dos tomas conectadas en la parte anterior y posterior de la placa, captan esta



presión diferencial, la cual es proporcional al cuadrado del caudal. Generalmente se construyen de Acero Inoxidable o de Monel y Níquel, cuando se necesita prever la corrosión o contaminación. Para asegurar resultados consistentes de medición, la cara corriente arriba de la placa con orificio debe ser plana y perpendicular al eje del tubo, una vez que quede instalada. El borde corriente arriba del orificio debe ser a escuadra.

Cuando se van a emplear presiones de línea muy alta se usa un anillo para sujetar el orificio con el objeto de soportar la placa de orificio. El anillo de soporte se monta entre las bridas y le proporciona una resistencia adicional a la placa de orificio y al sello. Las placas orificio casi siempre se montan en paredes de bridas. Las bridas van atornilladas al tubo o soldadas en él, según el tamaño de éste y la presión de línea del sistema.

Tipos de placas de orificio: El orificio de la placa puede ser concéntrico excéntrico segmentado y con un pequeño orificio de purga para los pequeños arrastres sólidos o gases que pueda llevar el fluido. Orificio de purga en la parte superior para gases disueltos en líquidos y en la parte inferior para líquido en gases.

El orificio concéntrico en placa delgada puede ser usado en cualquier fluido homogéneo limpio (líquido, vapor o gas), el cual esté en el rango turbulento normal. En general los líquidos no deben exceder viscosidades de 300 S.U.S. a 15°C y los gases y vapores no tienen limitaciones.

Los líquidos que contengan sólidos no abrasivos, pueden ser medidos con placas de orificio segmentado o excéntrico. Los orificios segmentados y excéntricos también tienen la característica de que bajo algunas condiciones dadas, permiten que la toma de baja presión pueda situarse más separada de la placa de lo que sería posible con un orificio concéntrico.

Las placas con orificio casi siempre se instalan de manera que el orificio esté dentro de un margen de 0,025 pulgadas de la base de la tubería. Esto reduce a un mínimo el peligro de atascamiento. Los cálculos y los factores de flujo de los orificios concéntricos no se aplican a las placas excéntricas ni a las segmentadas.



Toma de presión diferencial: Las tomas de presión diferencial (taps) pueden ser ubicadas en diferentes sitios:

a) *Tomas en las bridas (Flange Taps)* : las tomas están taladradas en las bridas que soportan la placa y situadas 1 plg., aguas abajo, es muy utilizada por su comodidad, pero no se recomienda para tuberías menores a 2 pulgadas.

b) *Tomas en la Vena Contracta (Vena Contract Taps)*: la toma posterior esta situada en un punto donde la vena alcanza su diámetro más pequeño, lo cual depende de la razón de diámetro y se presenta aproximadamente 1/2 diámetro de tubería aguas abajo, la toma aguas arriba se ubica a 1 diámetro de tubería.

c) *Tomas de las tuberías (Pipe taps)*: se ubican a 2 1/2 diámetros de la tubería aguas arriba y 8 diámetros de tubería aguas abajo, se emplea cuando se desea aumentar el intervalo de medida de un medidor de caudal dado.

d) *Tomas Radiales (Radius Taps)*: Son parecidas a las tomas de vena contracta, pero fijando siempre las tomas anterior y posterior a 1 y 1/2 diámetro de la tubería respectivamente.

e) *Tomas en la Cámara Anular (Corner Taps)*: las tomas están ubicadas inmediatamente y después de la placa y requieren de una cámara anular especial.

Tubo Venturi.

Es un dispositivo para medir flujos que, por lo general se inserta dentro de una tubería. El tubo Venturi se compone de una sección de entrada cuyo diámetro es semejante al diámetro interno de la tubería a la que se conecta, y que se comunica con un cono de convergencia angular fija; a su vez, el cono se conecta a una sección de garganta maquinada con precisión y que tiene dimensiones de diseño precisas, la garganta tiene el diámetro interno más reducido y se ensancha en el cono de salida, este cono de salida tiene una divergencia angular específica, que se iguala con la porción de salida del diámetro interno de la tubería usada en el sistema.

La función de la sección de entrada o cono convergente es incrementar la velocidad del fluido y momentáneamente bajarle su presión estática. La sección de divergencia o cono de salida sirve para obtener una recuperación más rápida del fluido. La garganta es la sección más pequeña del Venturi, siendo ésta la parte que une la sección de convergencia y la sección de divergencia.



La sección de entrada del tubo Venturi está equipada con conexiones de piezómetro en un anillo de presión anular para promediar la presión corriente arriba, y en este punto es donde se hace la conexión del medidor de alta presión. En el punto en el que se hace la conexión de baja presión se localiza un anillo similar para la garganta. La carga de presión diferencial se manifiesta en la diferencia de presión entre la entrada y la garganta.

Tobera.

Es una variación del tubo Venturi, en este caso se ha omitido el cono difusor del lado de la salida del flujo, del tubo Venturi. En la tobera se obtiene un aumento de la velocidad en función de la caída de presión.

La superficie de entrada de la tobera tiene una curvatura equivalente al cuadrante de una elipse, la distancia entre la cara frontal y el extremo de la tobera es generalmente $1/2$ del diámetro de la tubería. La forma de la tobera contribuye a su eficiencia, pero la ausencia de un cono de recuperación imposibilita aprovechar al máximo esta eficiencia.

La tobera de flujo se utiliza principalmente en la medición de aire, gases y vapor. La curvatura de la tobera la protege contra los efectos erosivos considerables producidos por gotas de suspensión en una corriente de gas. Puede ser utilizada en fluidos que contengan sedimentos o sustancias sólidas en suspensión. Su sección hidrodinámica evita que se depositen materiales sólidos que pudiesen cambiar el perfil de entradas de la tobera.

Tubo Pitot.

El tubo Pitot mide la diferencia entre la presión total y la presión estática, o sea, la presión dinámica, la cual es proporcional al cuadrado de la velocidad. Sirve para flujos laminares y para flujos turbulentos, se coloca en un plano recto de la tubería y a, aproximadamente unos 50 o más diámetros de tubería de cualquier restricción que pueda producir turbulencias o remolinos.

Es de fácil instalación, posee una pérdida de presión pequeña, pero debe ser ubicado en el punto de mayor velocidad y en el cual ocurre la mayor caída de presión. Se debe utilizar en fluidos que no contengan sólidos en suspensión o fluidos sucios porque la abertura se tapa con facilidad.



Tubo Annubar.

El tubo Annubar es una versión comercial del tubo Pitot múltiple, este dispositivo, que es muy sencillo, se compone de un par de sensores de presión, montados perpendicularmente dentro de la corriente de flujo, mediante un aditamento roscado convencional o un niple de tubería. La barra sensora de presión corriente arriba tiene varios orificios, en comparación con un tubo de Pitot. Estos orificios se ubican críticamente a lo largo de la barra, de manera que cada uno detecta la presión total en un anillo. Cada uno de estos anillos tiene un área transversal exactamente igual a las otras áreas anulares detectadas por cada uno de los demás orificios.

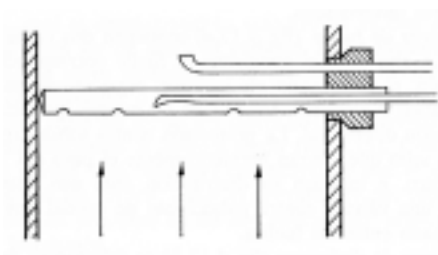


Fig. 1.7. Elemento Annubar

El elemento Annubar se diseña de tal manera que tenga la capacidad verificada y comprobada, de detectar todas las velocidades normales de flujo para gases, vapores o líquidos, de acuerdo con el tamaño de la tubería en el que se instala debidamente. Este elemento puede medir con precisión una amplia variedad de velocidades de flujo sin desviarse de una ley de raíz cuadrada, que es compatible con todas las marcas estándar de instrumentación y controles de flujo.

INSTRUMENTOS DE ÁREA VARIABLE.

Rotámetros.

Son medidores de caudal en los cuales un flotador cambia su posición dentro de un tubo, proporcionalmente al flujo del fluido. En estos medidores de flujo la caída de



presión es constante o prácticamente constante, y el área a través del cual circula el fluido es variable.

Se compone de dos partes básicas son: un tubo ahusado de vidrio colocado verticalmente dentro de un sistema de tuberías, insertando el extremo grande en la parte superior, y un flotador medidor que puede moverse libremente en sentido vertical dentro del tubo de vidrio.

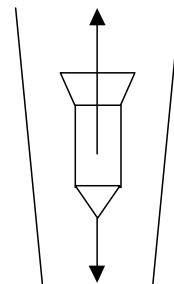


Fig. 1.8. Rotámetro.

El flotador es el elemento indicador, y cuanto mayor es la velocidad del flujo, tanto mayor es la altura que alcanza en el tubo. Toda la corriente del fluido tiene que circular a través del espacio anular que existe entre el flotador y la pared del tubo. El tubo está graduado y la lectura viene dada por el borde de lectura del flotador, que corresponde a la mayor sección transversal del mismo. Es necesario disponer de una curva de calibrado para convertir la lectura de la escala en velocidad de flujo.

El tubo de vidrio del rotámetro es perfectamente troncocónico o puede estar provisto de tres rebordes o estrías paralelas al eje del tubo. Para líquidos opacos, temperaturas, y presiones elevadas, o en condiciones en las que no es posible utilizar el vidrio, se puede emplear tubos metálicos, por lo que no será posible ver el flotador, para esto se conecta una varilla, denominada extensión, a la parte superior e inferior del flotador y utilizando la extensión como imán.

Los flotadores pueden construirse de metales de densidades variables, desde el plomo al aluminio, vidrio o plástico, acero inoxidable, etc. También pueden tener varios perfiles de construcción, siendo los más utilizados:

- Esférico; para bajos caudales y poca precisión, con una influencia considerable de la viscosidad del fluido.
- Cilíndrico con borde plano; para caudales medios y elevados con una influencia media de la viscosidad del fluido.
- Cilíndrico de borde saliente, de cara inclinada contra el flujo; con menor influencia de la viscosidad que, por sus características de caudal, puede compararse con una tobera.



- Cilíndrico con bordes salientes contra el flujo; con la mínima influencia de la viscosidad del fluido, por su funcionamiento, puede compararse con una placa orificio.

La capacidad de un rotámetro se calcula sobre la base del flujo de aire equivalente, para servicios de gas o vapor; y basándose en el flujo de agua equivalente, para servicios de líquidos. Los fabricantes proporcionan las tablas de capacidad para varios diámetros de tubo y para diferentes tipos de flotador, basados en flujos de agua y aire a condiciones estándar.

INSTRUMENTOS DE VELOCIDAD

Turbinas.

Los medidores de turbina consisten en un rotor que gira al paso del fluido con una velocidad directamente proporcional al caudal. La velocidad del fluido ejerce una fuerza de arrastre en el rotor; la diferencia de presiones debida al cambio de área entre el rotor y el cono posterior ejerce una fuerza igual y opuesta. De este modo el rotor está equilibrado hidrodinámicamente y gira entre los conos anterior y posterior sin necesidad de utilizar rodamientos axiales evitando así un rozamiento que necesariamente se produciría.

Existen dos tipos de convertidores para captar la velocidad de la turbina. En el de reluctancia de la velocidad, vienen determinada por el paso de las palas individuales de la turbina a través del campo magnético creado por un imán permanentemente montado en una bobina captadora exterior. El paso de cada pala varía la reluctancia del circuito magnético.

Esta variación cambia el flujo induciendo en la bobina captadora una corriente alterna que, por lo tanto es proporcional al giro de la turbina. En el tipo inductivo el rotor lleva incorporado un imán permanente y el campo magnético giratorio que se origina induce una corriente alterna en una bobina captadora exterior.

La turbina está limitada por la viscosidad del fluido, debido al cambio que se produce en la velocidad del perfil del líquido a través de la tubería cuando aumenta la viscosidad. En las paredes el fluido se mueve más lentamente que en el centro, de modo que, las puntas de las palas no pueden girar a mayor velocidad.



INSTRUMENTOS DE FUERZA.

Instrumentos de Ultrasonido

Los medidores ultrasónicos miden el caudal por diferencia de velocidades del sonido al propagarse éste en el sentido del flujo del fluido, y en el sentido contrario. Un elemento emisor envía impulsos de ultrasonido a través del fluido en distintas direcciones. Los impulsos que viajan en el mismo sentido que el fluido, lo hacen con mayor velocidad que aquellos otros que viajan en sentido contrario.

Una serie de sensores recogen estos impulsos y un circuito electrónico auxiliar procesa la información calculando el tiempo transcurrido entre la emisión y la recepción del impulso; como las distancias entre el emisor y los sensores son fijas y conocidas, se puede obtener la velocidad a que viajó el impulso que a su vez es función de la velocidad del fluido.

Tipos de medidores por ultrasonido.

- *De haz único:* mide el tiempo de viaje de la onda ultrasónica. Se colocan dos transductores en posiciones opuestas de modo que de las ondas que viajan entre ellos formen 45 grados, con la dirección del fluido en la tubería.

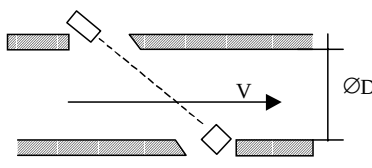


Fig. 1.9. Medidor de Haz Único

La velocidad del sonido desde el transductor aguas arriba hasta el transductor colocado aguas abajo, representa la velocidad del sonido en el fluido más una contribución debido a la velocidad del fluido, de manera similar, la velocidad medida en dirección opuesta, representa la velocidad del sonido en el fluido, menos la contribución, debido a la velocidad del fluido.

La diferencia entre estos dos valores se determina electrónicamente y representa la velocidad del fluido, la cual es directamente proporcional al flujo del fluido. Este tipo de medidor se utiliza principalmente en fluidos limpios de partículas que puedan producir la dispersión de las ondas de sonido.



- **Desviación de Haz:** Consiste en la desviación del haz de sonido emitido por un transmisor perpendicular a la tubería. Se emplea en fluidos limpios.

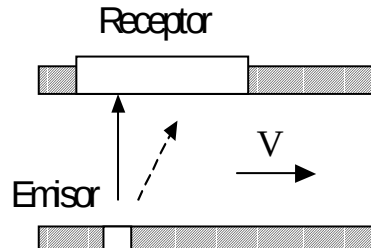


Fig. 1.10. Desviación de Haz

- **Método Doppler.** Se proyectan ondas sónicas a lo largo del fluido y se mide el corrimiento de frecuencia que experimenta la señal de retorno al reflejarse el sonido en partículas contenidas en el fluido. Utiliza dos transductores pero en este caso los dos están montados en un mismo compartimiento sobre un lado de la tubería. Una onda ultrasónica de frecuencia constante se transmite al fluido, por medio de uno de los elementos.

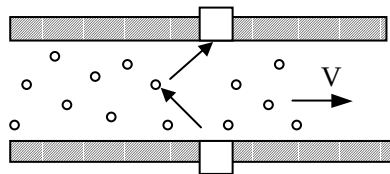


Fig. 1.11 Medidor Doppler

Partículas sólidas o burbujas presentes en el fluido reflejan la onda de sonido hacia el elemento receptor. Estos medidores no se utilizan en fluidos limpios, pues se requiere de un mínimo de partículas de sólidos en la corriente del fluido o burbujas de gas.

INSTRUMENTOS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO.

Los medidores de desplazamiento positivo miden el caudal en volumen contando o integrando volúmenes separados del líquido, son llamados contadores volumétricos, accionados por el fluido en movimiento. Las partes mecánicas del instrumento se mueven aprovechando la energía del fluido y dan lugar a una pérdida de carga.



El término desplazamiento viene de que el fluido es medido por el instrumento, moviendo el volumen anterior y aumentando el fluido que es pasado por el instrumento. El término positivo se origina en el factor de medición volumétrica, ya que este factor es positivo debido a que se va incrementando el volumen.

Medidor de Disco Oscilante.

El instrumento dispone de una cámara circular con un disco plano móvil dotado de una ranura en la que está intercalada una placa fija. Esta placa separa la entrada de la salida e impide el giro del disco durante el paso del fluido. Cuando pasa el fluido, el disco toma un movimiento parecido al de un trompo caído de modo que cada punto de su circunferencia exterior sube y baja alternativamente estableciendo contacto con las paredes de la cámara desde su parte inferior a la superior. Este movimiento de balanceo se transmite mediante el eje del disco a un tren de engranajes. El par disponible es pequeño, lo que fija un límite en la utilización de accesorios mecánicos.

Medidor de Pistón Oscilante.

Se compone de una cámara de medida cilíndrica con una placa divisora que separa los orificios de entrada y de salida. La única parte móvil es un pistón cilíndrico que oscila suavemente en un movimiento circular entre las dos caras planas de la cámara. El eje del pistón al girar transmite su movimiento a un tren de engranajes y a un contador. El par disponible es elevado de modo que puede accionar los accesorios mecánicos que sean necesarios.

13.-NORMA ISA

ISA, Sociedad Internacional de Medición y Control, antes Sociedad Americana de Instrumentación; es una Organización reconocida globalmente de publicación de Normas, desarrollando consensos de normalización para fábricas automatizadas, plantas de potencia, tecnología computacional, telemetría y comunicaciones. Establecida en 1945, y acreditada por el Instituto Nacional Americano de Normas (ANSI), ISA ha publicado más de 125 Normas, Prácticas recomendadas y reportes técnicos.



1.3.1.-Terminología

ISA ha establecido una terminología uniforme en el campo de la Instrumentación de Procesos, a través de la Norma ANSI/ISA-S51.1-1979 (R 1993) denominada "Process Instrumentation Terminology" (Terminología de la Instrumentación de Procesos); dicha Norma consiste en términos seleccionados principalmente de la SAMA "Scientific Apparatus Makers Association" (Asociación de Fabricantes de Aparatos Científicos) Norma PMC 20.1 y de la ANSI Norma C 85.1.

Esta normalización de términos en instrumentación de procesos incluye numerosos términos especializados en la industria, describe el uso, comportamiento, operación y productos calificados de la instrumentación y sistemas de instrumentos usados para medición, control, o ambos.

Los términos de esta Norma son adecuados por el uso de personas involucradas en todas las actividades relacionadas a la instrumentación de proceso, incluyendo investigación, diseño, fabricación, venta, instalación, prueba, uso y mantenimiento.

1.3.2.- Hojas de Especificación

A fin de uniformizar la especificación de instrumentos, ISA ha establecido la Norma ISA-S20- 1981 la cual incluye una serie de formatos de especificación con el fin de cubrir los instrumentos más comúnmente usados.¹

El uso general de estos formatos por usuarios fabricantes ofrece numerosas ventajas tales como:

- Asistencia en la preparación de una especificación completa a través de un listado provisto con espacios para las principales opciones descriptivas.
- Promueve la terminología uniforme.
- Facilita los procedimientos de cotización, compra y recepción.
- Provee un registro útil y permanente; y un medio para supervisar la instalación.
- Mejora la eficiencia desde el concepto inicial ata la instalación final .

¹ ISA-S20-1981 Specification Forms for Process Measurement and Control Instruments, Primary Elements and Control Valves, pág. 9



14-TERMINOLOGÍA APLICADA A LA SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS.

La selección de instrumentos de medición de variables de proceso requiere de una serie de aspectos que deben ser considerados a la hora de escogerlos.

Al tomarse en cuenta esta serie de aspectos se estará garantizando una buena selección del instrumento, así como, una buena funcionabilidad del proceso.

A continuación describiremos cada uno de los aspectos relacionados con la escogencia de instrumentos de medición de variables de proceso.

1.4.1.- Características del Proceso.

Las características del proceso son todas aquellas variables que permiten definir y diferenciar el proceso, donde el instrumento de medición de variable va a ser instalado.

El número de estas características del proceso varían según el tipo de medición que se desea realizar, pero en general podemos encontrar la siguientes:

- Estado del Fluido.
- Tipo de Fluido.
- Presión de Operación.
- Temperatura de Operación
- Viscosidad
- Densidad
- Gravedad Específica.

1.4.2.- Características Estáticas y Dinámicas.

El tratamiento de las características de funcionamiento se ha descompuesto generalmente en dos subclases, las características estáticas y las características dinámicas.

A continuación se especificaron términos asociados a estas características que fueron tomados de la Norma ANSI/ISA- S51.1 - 1979 (R 1993).

Rango de Medición (Range).

Espectro o conjunto de valores de la variable medida que están comprendidos dentro de los límites superior e inferior de la capacidad de medida o transmisión del instrumento; viene expresado estableciendo los dos valores extremos.



Alcance (Span).

Es la diferencia algebraica entre los valores superior e inferior del rango.

Exactitud (Accuracy).

Se refiere a la referencia entre el valor medido y el verdadero valor de la variable medida. Desgraciadamente, el verdadero valor nunca es conocido, así como la exactitud en la práctica se refiere a la diferencia entre el valor medido y un valor normal aceptado por la variable medida.

A continuación se presentan cinco ejemplos típicos de expresar la exactitud:

- Exactitud expresada en términos de la variable medida: $\pm 1^{\circ}\text{C}$
- Exactitud en términos porcentuales del alcance: $\pm 0,5\%$ del alcance.
- Exactitud expresada en porcentaje de la longitud de la escala: $\pm 0,5\%$ de la longitud de la escala.
- Exactitud expresada en porcentaje de la lectura actual de salida: $\pm 1,0\%$ de la lectura actual de salida.

Precisión (Repeatability)

Es la capacidad de un instrumento de reproducir un valor al medir repetidamente valores idénticos de la variable en las mismas condiciones de servicio y en el mismo sentido de variación, recorriendo todo el campo. Se considera en general su valor máximo y se expresa en tanto por ciento del alcance.

Sensibilidad (Sensitivity)

Es la ganancia en estado estacionario del instrumento, es decir, es la relación de cambio de la salida debido a un cambio en la entrada cuando se haya alcanzado el estado estacionario.

Tiempo de Respuesta.

Es la salida expresada en función del tiempo, como resultado de la aplicación de una entrada específica bajo condiciones de operación específicas.

1.4.3.- Condiciones Ambientales.

Para seleccionar un instrumento de medición, no sólo es necesario conocer la características del proceso al cual será integrado, también es necesario conocer el ambiente al



cual será expuesto, es por esto, que se requiere conocer la temperatura ambiente mínima y máxima a la que será sometido, así mismo, las condiciones especiales como ambientes corrosivos, abrasivos, inflamables y otros.

1.4.4.- Materiales.

Para la selección de los materiales de fabricación de los instrumentos, es necesario, conocer cuales son las partes de los instrumentos que van a estar en contacto directo con el proceso y con el medio ambiente, para así seleccionar los materiales más adecuados que se adapten a las condiciones exigidas en cada uno de los casos, con lo cual se garantiza la estabilidad y funcionamiento de los mismos, así como su vida útil.

1.4.5.- Características Físico-Constructivas.

Son todas aquellas variables o aspectos que dependen más bien de condiciones físicas, recursos disponibles y de las exigencias propias o normas de la empresa. Estas características varían de acuerdo al tipo de instrumento de medición, pero de manera general pueden incluirse:

- Montaje
- Dimensión del Instrumento.
- Escalas
- Accesorios.

1.4.6.- Conexiones a Proceso.

La conexión a proceso varia de acuerdo al instrumento de medición, pero a grandes rasgos estas podrían clasificarse en: Roscadas, Bridadas y Soldadas. La utilización de una u otra, así como su tamaño dependerá de la condiciones de proceso, exigencias de diseño o normativa propia de la empresa.

1.4.7.- Entrada / Salida.

Estas características son aplicables a todos aquellos instrumentos eléctricos empleados para la medición, especialmente los transmisores.

Entrada

Son todos aquellos datos que son proporcionados al instrumento por algún elemento sensor.



Salida

Es una señal desarrollada por un instrumento o un sistema la cual puede ser de tipo; Analógica, Digital, o con algún protocolo de comunicación

1.4.8.- Fuente de Poder.

Se refiere a la condiciones de consumo de potencia requerida por un instrumento eléctrico, su elección se realiza a partir de los recursos disponibles en el lugar de instalación

1.4.9.- Clasificación de Área y Protección Eléctrica.

El tipo de técnicas de protección y nivel seleccionado dependerá del área potencialmente peligrosa donde un instrumento eléctrico será instalado. Existen distintas categorías de clasificación de área dependiendo del tipo de material inflamable que puede estar presente y la probabilidad de que las concentraciones sean tales que puedan ocasionar ignición.

Los instrumentos eléctricos cuentan con diversos sistemas de encerramiento, para las distintas clasificaciones de áreas peligrosas, los cuales deben ser certificados por una agencia de prueba reconocida.²

1.4.10.- Costo

Fijar el criterio de escogencia en función única de los costos, es una pésima práctica, pues el instrumento que menos cuesta, también es el que normalmente menos ventajas posee en el resto de sus características.

Pero lo importante es que el valor que se ha de pagar por un instrumento satisfaga plenamente las condiciones necesarias para la aplicación que se ha seleccionado.

15.- SISTEMASEXPERTOS

Para la solución del problema planteado, es preciso estudiar las posibles alternativas referentes al tipo de programación más adecuada.

Como se planteó la creación de un sistema capaz de reproducir los conocimientos de "expertos" en el área de la instrumentación, se consideró su elaboración sobre la base del Algoritmos de Inteligencia Artificial.

² Ver Apéndice A



Es el área que se encarga de implantar técnicas que permiten que las máquinas piensen y razonen en forma similar a la de los seres humanos; esta tecnología aplicada a la computación, busca crear una programación más poderosa y eficiente, capaz de pensar razonar y aplicar conocimientos implantados.

Algoritmos Basados en Inteligencia Artificial.

Los programas basados en inteligencia artificial, se rigen por algoritmos no secuenciales, como sucedería en los llamados algoritmos convencionales, donde una(s) salida(s) es producto de una(s) entrada(s), introducidas de manera secuencial.

Los algoritmos utilizados en Inteligencia Artificial buscan en primer lugar representar el conocimiento humano de forma tal, que permita crear una base de conocimientos, que presenta varios hechos acerca de objetos, acciones, procesos y las relaciones entre ellos, para luego utilizar los conocimientos en la resolución de problemas.

Para que estas "inferencias" de información se produzcan se requiere de un programa de inferencia que manipula la información relacionada con las entradas dadas. Al Programa de Inferencia se le suministran ciertas condiciones iniciales que son suficientes para que comiencen a ejecutarse.

Utilizando las condiciones iniciales, el programa de inferencia busca en la Base de Conocimientos los objetos relacionados con dichas entradas. La búsqueda continúa hasta que la solución es encontrada. Este proceso de búsqueda simula el razonamiento lógico del ser humano; aunque en algunos casos, el problema no será resuelto del todo (puede existir incertidumbre); es decir puede variar el grado de certeza de una solución.

Si la base de conocimientos es insuficiente, a la computadora le será difícil resolver el problema.

Dentro del área de la programación basada en Inteligencia Artificial se encuentran los Sistemas Expertos.

1.5.1. Sistema experto

Aplicación de un software que imita el comportamiento de un experto humano en la solución de un problema. Para lograr esto, se simula el proceso de razonamiento humano mediante la aplicación específica de *conocimientos* y de *inferencias*.



Un sistema experto puede almacenar el conocimiento de expertos para un campo de especialidad determinada y muy estrechamente delimitada, y solucionar un problema mediante la deducción lógica. Representan la transición del procesamiento de datos al procesamiento de conocimientos y sustituye al mismo tiempo los algoritmos por mecanismos de interferencia.

La base de este avance tecnológico fue el desarrollo de nuevos lenguajes de programación que permiten representar y procesar expresiones simbólicas y amplias estructuras de conocimientos. Este conocimiento se almacena en la base de conocimientos y se procesa con las estrategias de solución depositadas en el mecanismo de inferencia.

Los Sistemas Expertos encuentran aplicación allí donde hay conocimientos especializados y experiencia, y no resulte posible o rentable una solución convencional del procesamiento de datos.

1.5.2.- Campos de Aplicación.

La aplicación de los Sistemas Expertos es adecuada donde los expertos dispongan de conocimientos complejos en un área estrechamente delimitada, donde no existan algoritmos elaborados y no existan teorías completas.

Otro campo de aplicación es donde hay teorías, pero resulta prácticamente imposible analizar todos los casos teóricamente imaginables mediante algoritmos y en una especie de tiempo razonable.

En estas situaciones hace falta el conocimiento que el experto ha adquirido por experiencia, para llegar a una solución en un espacio de tiempo aceptable.

Ambos problemas descritos se caracterizan por el hecho, de que aunque es posible la existencia de una o más soluciones, la vía de solución no está previamente definida, sin embargo, el experto encuentra a menudo una solución al problema gracias a las informaciones que posee sobre el problema y a su experiencia. Mientras esta solución sea susceptible de repetición y el planteamiento del problema esté claro, existe un razonamiento que puede ser reproducido por un Sistema Experto.

Entonces los sistemas expertos ofrecen ayuda para:

- Evitar fallos en labores rutinarias complejas,
- Ampliar de forma más rápida los conocimientos de los especialistas,



- Diagnosticar los fallos con mayor rapidez,
- Conseguir tareas de planificación más completas y consistentes.

El sistema experto supone una descarga del experto en el trabajo rutinario y, por tanto, la reducción de sus problemas, además de reducir las decisiones erróneas y se aceleran los procesos de toma de decisiones.

1.5.3.- Historia del Desarrollo de Sistemas Expertos.

La tecnología representada por los sistemas expertos actuales, surge de las técnicas de Inteligencia Artificial que han sido objeto de amplias e intensivas investigaciones desde finales de la década de 1950. Las investigaciones referidas comenzaron en el área de lenguajes para apoyar el razonamiento simbólico.

La investigación específica en Sistemas Expertos realmente comenzó a mediados de los años sesenta. Varios sistemas se desarrollaron entre 1965 y 1970; la mayoría de ellos fueron de alcance muy limitado y se orientaron hacia juegos o temas altamente académicos e idealizados. Aunque el desarrollo de sistemas expertos es todavía relativamente nuevo, existen muchos de éstos sistemas en la actualidad que se emplean en una amplia variedad de organizaciones, con variadas aplicaciones.

1.5.4.- Componentes de un Sistema Experto.

Una característica decisiva de los sistemas expertos es la separación entre conocimientos (reglas, hechos) y su procesamiento. A ello se le añade una interfaz de usuario y un componente explicativo (no es obligatorio).

Dependiendo de la aplicación concreta, los componentes descritos pueden estar estructurados de forma muy variada.

La Base de Conocimientos: contiene el conocimiento de los hechos y de las experiencias de los expertos en un dominio determinado.

El Mecanismo de Inferencia: puede simular la estrategia de solución de un experto.

El Componente Explicativo: explica al usuario la estrategia de solución encontradas y el porqué de las decisiones tomadas.

La Interfaz del Usuario: sirve para que éste pueda realizar una consulta en un lenguaje lo más natural posible.



El Componente de Adquisición: ofrece ayuda a la estructuración e implementación del conocimiento en la base de conocimientos.

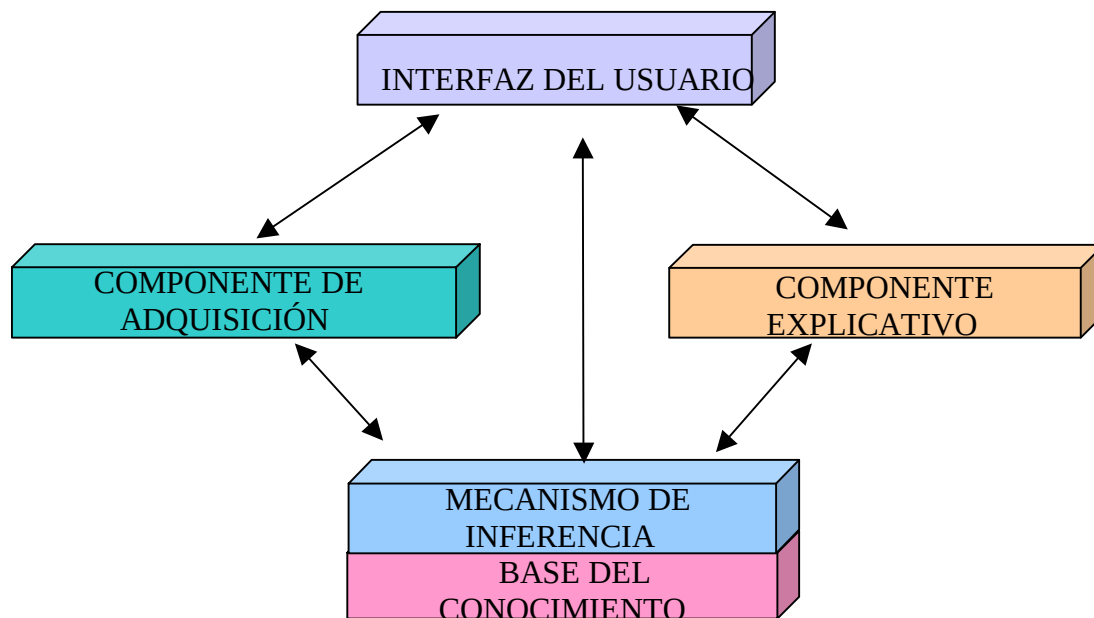


Fig. 1.12. Componentes de un Sistema Experto

BASE DE CONOCIMIENTOS.

La base de conocimientos contiene todos los hechos, las reglas y los procedimientos del dominio de aplicación que son importantes para la solución del problema.

La programación de ésta puede definirse con programación orientada al objeto, puesto que en muchos casos en que ciertas funciones y procesos deban subordinarse a objetos en particular.

Dependiendo de la aplicación varía mucho la forma de clasificar los grupos de las características, los procedimientos alrededor de un objeto y las técnicas de programación.

La base de conocimientos también dispone de reglas de representación del conocimiento que permitirán determinar las premisas, las vinculaciones y las conclusiones a hechos establecidos por el Sistema Experto.



MECANISMO DE INFERENCIA.

El mecanismo de inferencia es la unidad lógica con la que se extraen conclusiones de la base de conocimientos, según un método fijo de solución de problemas que está configurado imitando el procedimiento humano de los expertos para solucionar problemas.

Una conclusión se produce por la aplicación de reglas sobre los hechos presentes; en un sistema experto existirá un hecho sólo cuando esté contenido en la base de conocimientos.

Las funciones del mecanismo de inferencia son:

Determinación de las acciones que tendrán lugar, el orden en que se realizarán y como lo harán entre las diferentes partes del sistema experto.

Determinación del *Cómo* y *Cuándo* se procesarán las reglas, y dado el caso, también la elección de qué reglas deberán procesarse.

Control del diálogo con el usuario.

La decisión sobre los mecanismos de procesamiento de reglas, es decir, qué estrategias de búsqueda se implementarán, es de vital importancia para la efectividad del sistema de conjunto. El mecanismo de inferencia debe estar “adaptado” al problema a solucionar.

COMPONENTE EXPLICATIVO.

Este componente permite que durante el trabajo del sistema se conozca siempre el grado de progreso en el procesamiento del problema, las soluciones descubiertas por los expertos deben ser repetibles tanto por el ingeniero del conocimiento en la fase de comprobación así como por el usuario.

Típicamente la explicación consiste en una identificación de los pasos en el proceso de razonamiento y de una justificación de cada uno de ellos. Proporcionar esta potencialidad para comunicar esta información, constituye esencialmente un subconjunto del problema del procesamiento del lenguaje natural. El sistema debe acceder a un registro de los conocimientos que se emplearon en el procesamiento, basándose en el esquema de representación de la base de conocimientos y traducirlo a una forma que sea aceptable por el usuario.

Esta es una potencialidad que generalmente está ausente en los sistemas tradicionales de computación.



INTERFAZ DEL USUARIO.

En este componente se establece la forma en que el Sistema Experto se presentará ante el usuario. La facilidad de interfaz del usuario a menudo se diseña para reconocer el modo en que el usuario está operando, su nivel de pericia, y la naturaleza de la transacción, la comunicación con un sistema experto debe ser tan natural como sea posible, toda vez que el sistema trata de sustituir el desempeño humano.

La interfaz del usuario debe cumplir los requisitos siguientes:

Ser de fácil manejo

Debe evitarse en lo posible la entrada de datos erróneos.

Los resultados deben presentarse en una forma clara para el usuario.

Las preguntas y explicaciones deben ser comprensibles.

1.5.5.-Equipo de Desarrollo de un Sistema Experto.

Las personas que participan en el desarrollo de un sistema experto, desempeñan tres papeles diferentes:

El Experto: que aporta sus conocimientos especializados para el sistema experto.

El Ingeniero del Conocimiento: es el que plantea las preguntas al experto, estructura sus conocimientos y los implementa en la base de conocimientos.

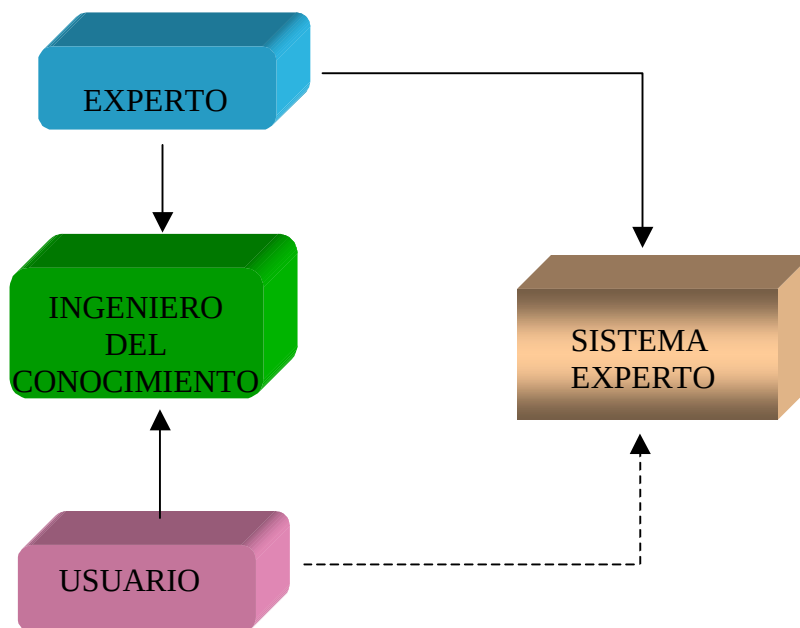


Fig. 1.13. Equipo de desarrollo de un sistema experto



El Usuario: aporta sus deseos y sus ideas, determinando especialmente el escenario en el que debe aplicarse el sistema experto.

En la fase de desarrollo, el peso principal del trabajo recae en el Ingeniero del Conocimiento y en el experto.

En el desarrollo del sistema experto, el ingeniero del conocimiento y el experto trabajan muy unidos. El primer caso consiste en elaborar los problemas que deben ser resueltos por el sistema, aquí se incluye el usuario posterior o un representante del grupo de usuarios, para la aceptación, y en consecuencia para el éxito, es primordial tener en cuenta los deseos y las ideas del usuario.

Una vez delimitado el dominio, hay que llenar poco a poco el sistema experto con los conocimientos del experto. El ingeniero del conocimiento es responsable de la implementación correcta, pero no de la exactitud del conocimiento, la responsabilidad de ésta exactitud recae en el experto.

No debe ignorarse nunca al usuario durante el desarrollo del sistema, para que al final se disponga de un sistema que le sea de máxima utilidad.

1.5.6.-Representación del Conocimiento.

Para el procesamiento y la manipulación del conocimiento en Sistemas Expertos es necesario formalizar y estructurar dicho conocimiento. Mayormente se dispone del conocimiento a través de entrevistas con los expertos en forma de descripciones de casos o como parte de sus actividades.

Los métodos formales de representación del conocimiento varían según los aspectos de la lógica, por tanto existe; lógica de predicados, lógica modal, lógica multievaluada y lógica difusa.

Estos métodos formales y matemáticos no son, sin embargo, imprescindiblemente métodos auxiliares apropiados para comunicarse con expertos de los más diversos sectores especializados. Tampoco ofrecen estos métodos formas generales de representación del saber.

Para ello se han desarrollado procedimientos de representación del conocimiento que ofrecen un apoyo eficiente en la estructuración y procesamiento del saber, tales como las que se mencionan a continuación:



Reglas de producción: Estas se basan en la lógica de predicados, una descripción en forma de reglas “si ..., entonces...”.

Redes semánticas: Representación gráfica del saber sobre objetos y sus relaciones.

Frames: Estructuras de datos para la representación de objetos.

Cálculo de Predicados: deducción lógica de resultados; mediante el cumplimiento de determinadas condiciones puede extraerse una deducción lógica; las soluciones pueden tener el valor de “verdadero” o “falso”.

1.5.7.- Lenguajes y Sistemas de Programación.

El sistema experto puede desarrollarse en cualquier lenguaje de programación. Sin embargo, hay algunos lenguajes que por los conceptos dados son especialmente adecuados. En la mayoría de los casos se subordinan lenguajes de programación a los diferentes paradigmas de programación.

A continuación se reproduce un breve resumen de los paradigmas de programación:

Paradigma de procedimiento.

Bajo esta definición se entiende la programación algorítmica. Un programa consta de la descripción del desarrollo del procesamiento.

Paradigma declarativo de programación.

Es la descripción de un problema con hechos y reglas. En un cumplimiento estricto del paradigma no pueden formularse desarrollos de procedimientos.

Paradigma funcional de programación.

La solución de un problema se consigue con la consecuente aplicación de funciones. Una función suministra como resultado un valor, que es vuelto a procesar por la función anterior. En el cumplimiento consecuente del paradigma funcional de programación, no se requerirá ninguna asignación del valor en un programa.

Programación orientada al objeto.

En la programación orientada al objeto se describen objetos. Estos envían información (otros) objetos y aplican métodos a la recepción de información. Estos métodos pueden enviar su información o provocar también modificaciones en el estado del objeto.



Capítulo II

Herramientas Informáticas

21.-INTRODUCCIÓN

Un sistema informático, no es más que "un conjunto de elementos interrelacionados que se caracterizan por que su entrada está constituida por datos y su salida por información; el proceso de transformación de datos en información constituye la función esencial del sistema informático".³

A fin de desarrollar el sistema informático involucrado, se pensó que la manera mas adecuada era mediante la realización de un proceso, en donde se definiera y especificara el problema, para luego evaluar las posibles alternativas de ejecución.

El problema planteado consiste en incrementar la eficiencia en el proceso de selección y especificación de instrumentos de medición de variable, mediante la creación de un sistema informático "experto" que permita la automatización de estas actividades, necesarias e implícitas en muchos de los proyectos de ingeniería.

La actividad de selección y especificación de instrumentos, se realiza actualmente de forma manual, por lo cual, debido a la gran variedad de variables que se deben analizar, resulta en un proceso agotador y que requiere de muchas horas de dedicación para llevarlo a cabo.

Es así como se propone la creación de este sistema experto, que permita al usuario acceder de forma eficiente a la selección de la instrumentación necesaria en cada proyecto, tomando en cuenta no sólo las características básicas del proceso, sino muchas otras consideraciones, tales como: dimensiones, ambiente de exposición y costos, y criterios que han sido adquiridos por expertos a través de la resolución de problemas.

Además de estas características, es necesario, que el Sistema Informático, cuente con una base de datos comercial, de fácil acceso y capaz de ser utilizada desde cualquier computador

³ Desarrollo de Sistemas de Información, Montilva, Jonás, Universidad de los Andes (Venezuela), 1995



22. SELECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS

De acuerdo a las características del problema planteado, se observó que la solución más viable, sería crear dicho sistema en una plataforma asequible desde casi cualquier computador personal, por lo que se decidió emplear la plataforma Microsoft.

Una vez hecha esta determinación, se procedió a estudiar las herramientas disponibles en esta plataforma, para realizar la programación del sistema, seleccionándose las herramientas más adecuadas y accesibles para la elaboración de:

- Base de datos
- Mecanismos de Inferencia e Interfaz con el Usuario
- Formatos de Especificación

2.2.1.- Selección de la herramienta para la creación de la base de datos.

Para la elaboración de la base de datos, se estudiaron dos herramientas como alternativas:

- Microsoft Excel
- Microsoft Access

Una vez conocidas las características de ambas herramientas, se decidió crear la Base de Datos mediante el uso de Microsoft Access, debido a las ventajas proporcionadas en cuanto a la gestión, manejo y consulta de datos, que superan las proporcionadas por Microsoft Excel.

2.2.2.- Selección de la herramienta para el establecimiento de los Mecanismos de Inferencia y la elaboración de la Interfaz.

Una vez seleccionada la herramienta para la implementación de la base de datos, se procedió a determinar cual sería la mejor forma de implementar el mecanismo de inferencia; es decir, la unidad lógica con la que se puedan extraer conclusiones de la base de datos.

Este mecanismo era factible de desarrollarse en la herramienta seleccionada para la realización de la base de datos, o en todo caso desarrollarse en paralelo con la interfaz, debido a que un gran número diferente de herramientas empleadas para llevar a cabo un mismo sistema, podría crear inconsistencias y hasta incompatibilidad de unas con otras.



De esta manera se procedió a evaluar las alternativas para la implementación de la interfaz; para lo cual se presentaron las siguientes:

- Elaboración de la interfaz utilizando la misma herramienta seleccionada para la base de datos (Microsoft Access), la cual permite acceder y presentar la información contenida a través de formularios.
- Elaboración de la interfaz en Microsoft Visual Basic.

Después de estudiar ambas alternativas se decidió emplear Microsoft Visual Basic 6.0, pues esta herramienta se basa en un lenguaje dirigido por eventos, por lo que el usuario podrá interactuar con la aplicación con solo pulsar o seleccionar alguno de los objetos que se encuentran en pantalla, y este objeto, tendrá a su vez asignado, una serie de operaciones asociadas (Programación orientada a objetos).

Además de ofrecer la posibilidad de enlazar otros programas que cumplan con el estándar OLE (Object Linking & Embedding: Vinculación e Incrustación de Objetos), estándar empleado por las herramientas y programas de Microsoft.

Asimismo, hay que resaltar la principal característica de Visual Basic, que es una de las herramientas de programación más amigables del mercado, lo que resultará en un fácil aprendizaje y manejo de la aplicación que se ha diseñado.

Ahora, el establecimiento del mecanismo viene determinado por alguna de las herramientas ya seleccionadas, es así como, se establecieron comparaciones entre ambas herramientas.

El desarrollo del mecanismo de inferencia en Access era factible, más su principal desventaja radica en el hecho de que el lenguaje de programación, así como las instrucciones que se manejan son bastante limitadas, pues, Access fue concebida como una herramienta importante para el desarrollo de Bases de Datos.

Por otro lado el empleo de Microsoft Visual Basic, para desarrollar el Mecanismo de Inferencia resultaba más idóneo, pues éste cuenta con una sección para desarrollo gráfico y un lenguaje de alto nivel.



Es así como se tomo la decisión de emplear Microsoft Visual Basic como herramienta para el desarrollo del mecanismo de inferencia, ya que el lenguaje de alto nivel permite establecer los criterios necesarios para la selección de los instrumentos de medición.

2.2.3.- Selección de la herramienta para la elaboración de los formatos de especificación

Dada la necesidad de realizar un reporte de los datos y especificaciones del instrumento seleccionado, el cual debe hacerse en los Formatos de Especificación ISA, se propuso las siguientes opciones:

- Elaboración de las hojas de reporte desde Visual Basic: esta opción fue descartada, debido a los inconvenientes que presentaba la herramienta a la hora de imprimir o modificar las hojas de especificación, lo cual resultaba en un vago aprovechamiento de las funciones de la aplicación.
- Elaboración de las hojas de reporte desde Microsoft Access esta herramienta cuenta con una aplicación denominada "Crystal Report" la cual permite la elaboración de reportes de datos. Su principal desventaja, radica en la dificultad de predefinir un formato específico para la presentación de los datos, así como para la modificación de los mismos, lo cual es necesario en este caso.
- Elaboración de las hojas de especificación en Microsoft Excel: una vez estudiadas las alternativas anteriormente expuestas, se vislumbró la posibilidad de emplear Excel como herramienta de reporte, debido a las ventajas que presenta en cuanto al diseño de formatos específicos, con características predefinidas, así como, la posibilidad de modificar e imprimir las hojas directamente de esta aplicación.



Capítulo III

Desarrollo del Sistema Experto

Para la creación de cualquier sistema experto, es necesario desarrollar sus tres componentes principales, como son la base de conocimiento, los mecanismos de inferencia y la interfaz con el usuario.

El sistema experto para la selección de instrumentos que nos involucra, no difiere de esta estructura. Es por ello que para el desarrollo de este sistema se ha particularizado cada uno de estos componentes a las necesidades del programa. El Sistema Experto para la Selección de Instrumentos de Medición de Variables de Proceso, ha sido denominado "SISTEX", así nos referiremos a él de aquí en adelante.

3.1- BASE DE CONOCIMIENTOS

Uno de los componentes del sistema experto, es la base de conocimientos la cual en este caso está representada por una base de datos realizada en Microsoft Access.

3.1.1 - Datos .

Para realizar la base de datos fue necesario recopilar información técnico-comercial de los distintos instrumentos de medición de variables de proceso.

Para realizar esta tarea se tomó una muestra de los fabricantes de instrumentos de medición de temperatura, presión, nivel y flujo; reconocidos en el mercado de la instrumentación industrial.

Las características técnico-comerciales fueron recopiladas a través de catálogos de dichas empresas. Estos catálogos fueron obtenidos mayormente a través de internet, mediante la búsqueda en las páginas web de cada uno de los fabricantes, otros fueron obtenidos contactando a los representantes locales de dichas marcas comerciales.

A continuación se presenta un listado de los fabricantes y de la información obtenida de cada uno de ellos.



- *Rosemount*: Transmisores de Temperatura, Presión, Nivel y Flujo, Medidores de Flujo Magnético, Termopares y termómetros de Resistencia (RTD).
- *Smat*: Transmisores de Temperatura y Presión.
- *Foxboro*: Transmisores de Presión , Temperatura y Nivel.
- *Ashcroft*: Manómetros, Termómetros bimetalico y de sistema lleno. y Termopozos, Interruptores de Temperatura y Presión.
- *Istrumatik*: Termopozos, Placas Orificio.
- *Ametek*: Manómetros.
- *Daniel*: Placa Orificio, Medidor de Flujo, tipo Turbina y Medidor de Flujo Ultrasónico, Visores de Nivel.
- *Brooks*: Rotámetros.
- *Krohne*: Rotámetros, ultrasónico.
- *Micro Motion*: Medidor de Flujo Másico (Coriolis).
- *Controlotron*: Medidor de Flujo Ultrasónico.
- *Sor*: Interruptores de Presión y Nivel.
- *Magnetrol*: Interruptores de Nivel.
- *Penberthy*: Visores de Nivel.
- *K-Tek*: Transmisores de Nivel.
- *Drexel Brook*: Transmisores de Nivel.
- *3D Instrument*: Manómetros.
- *Kobold*: Termómetros de sistema Lleno.
- *Yokogawa*: Transmisores de Temperatura y Presión.
- *Fisher- Rosemount*: Medidor de Flujo Ultrasónico.

3.1.2. Estructura de la Base de Datos.

Antes de iniciar la estructuración de la base de datos se organizaron y clasificaron los catálogos obtenidos según el tipo de variable de medición, el tipo de instrumento (sensor, transmisor / indicador, interruptor), así como por fabricantes a fin de poder determinar y definir la información necesaria para la selección y especificación de los instrumentos.



A fin de estructurar la base de datos fue necesario definir los patrones característicos de cada uno de los instrumentos en cuestión, seleccionando cuidadosamente con ayuda de los catálogos y especificaciones los datos relevantes a colocar como campos en la base de datos.

Fue necesario distribuir los datos de acuerdo al tipo de variable de medición y al tipo de instrumento en distintas tablas de datos debido a la diferencia existente entre las características de cada uno de los instrumentos en cuestión; es así como cada uno de los instrumentos cuenta con una tabla cuyos campos varían de acuerdo a los datos que lo definen.

DATOS CONSIDERADOS EN LA BASE DE CONOCIMIENTOS

A continuación se definen los campos comunes que han sido considerados en la base de datos, para luego establecer cuales de ellos corresponden a cada tabla.

- *Fabricante:* Correspondiente a la empresa manufacturera del instrumento.
- *Modelo:* Código impuesto por el fabricante para la identificación del instrumento.
- *Protección Eléctrica:* Corresponde a el grado de protección IP con que cuenta el instrumento.
- *Clasificación de Área:* En este campo se especifica el tipo de aprobación del instrumento para su uso en áreas clasificadas.
- *Tipos de Escala:* Se especifica si la escala es simple o doble.
- *Tamaño del Dial:* En el se especifica el diámetro de la escala del instrumento.
- *Indicador :* Si se desea que el transmisor cuente con indicación local.
- *Certificación:* Se refiere a la Agencia de prueba, reconocida, que permite el uso del instrumento en áreas potencialmente peligrosas.
- *Salida:* Tipo de señal de salida del instrumento.
- *Fuente de Poder:* Consumo de potencia eléctrica que requiere el instrumento para su funcionamiento.
- *Tiempo de Respuesta:* Es el tiempo de demora del instrumento en actualizar la salida cuando se produce un cambio en la entrada.
- *Valores Min y Máx de Rango:* Valor Mínimo Máximo de la variable medida por el instrumento.



- *"Rating" de Contacto*: Consumo de corriente del equipo sobre el cual actúa el instrumento.
- *Conexión al Proceso*: Tipo de conexión entre el instrumento y el proceso.
- *Exactitud*: se refiere a la desviación de la medición que puede sufrir el instrumento, expresada en porcentaje de la escala ó en unidades de medida.
- *Temperatura Ambiental Mínima y Máxima*: valores mínimos y máximos de temperatura ambiente que soporta el instrumento.
- *Conexión Eléctrica*: tipo de conexión eléctrica.
- *Tipo de interruptor*: se especifica si el mecanismo de interrupción es de contacto o de mercurio.
- *Forma de ajuste*: se especifica si el interruptor es del tipo DPDT , SPDT o SPST.
- *Montaje*: se debe especificar si el instrumento es de montaje directo o remoto.
- *Temperatura de Operación Mínima y Máxima*: rango de temperatura que soporta el instrumento sin que se produzcan daños en él.

Nota: La impresión de las tablas con los datos resulta una tarea difícil, debido a la cantidad de registros que se manejan en las mismas.

a) *TEMPERATURA*:

El conjunto de datos correspondientes a la medición de temperatura fue establecido a través de un total de siete (7) tablas, seis (6) de ellas correspondientes a los diferentes tipos de instrumentos y una (1) de accesorios (termopozos). El conjunto de datos contenidos en las Tablas hace un total de 352.390 registros.

A continuación se listan y definen los campos que componen cada una de estas tablas.

Tablas 1 y 2 Sensor: Termopar y RTD.

Debido a la gran similitud existente entre las características para la selección de ambos instrumentos se han definido conjuntamente los siguientes campos:

- *Fabricante.*
- *Modelo.*



- *Tipo:* Aplica sólo para sensor termopar y en este se indica la clasificación según ISA (E, J, K...Etc).
- *Valor Mínimo y Máximo de Rango.*
- *Protección Eléctrica.*
- *Material de la Funda:* Material de la cubierta de protección mecánica del sensor.
- *Clasificación de Área.*
- *Longitud del Sensor:* Este campo contiene las distintas longitudes standard del sensor dadas por el fabricante.
- *Terminación:* Se especifica si se tiene un adaptador o simplemente hilos conductores como terminación.
- *Tipo de Junta:* Esta opción aplica solamente para los termopares; se especifica si es aterrada, no aterrada o aislada.
- *Extensión:* Se especifica si se tiene o no extensión.
- *Tipo de Extensión:* Se refiere a la configuración de la extensión, niple - unión - niple, niple - unión o estándar.

Tablas 3 y 4 : Indicador: Bimetal y Sistema Lleno.

- *Fabricante.*
- *Modelo.*
- *Valores Min y Máx de Rango:*
- *Tipos de Escala.*
- *Exactitud:* Se debe especificar el valor de la desviación de la medida del instrumento dada por el fabricante.
- *Tamaño del Dial.*
- *Longitud del Vástago o bulbo:* Especifica la longitud de la parte sensible del instrumento dada por el fabricante.
- *Localización:* Se refiere a la ubicación del vástago respecto al dial del instrumento.
- *Calibración Externa:* Se debe colocar si el instrumento tiene o no esta opción.
- *Montaje.*
- *Conexión:* Se refiere al tipo de unión entre el instrumento y el termopozo.



- *Longitud de la Línea:* Sólo aplica para termómetros de Sistema Llenos de montaje remoto, se refiere a la longitud del capilar.
- *Lugar de Montaje:* Sólo aplica para termómetros de Sistema Lleno, puede ser en pared o en tablero.

Tabla 5: Transmisores.

Para la definición de los campos de la base de datos de transmisores, se incluyen los campos requeridos para la selección del sensor y se agregan otros datos concernientes al transmisor; los cuales se listan a continuación:

- *Tipo de Sensor:* Se especifica si el sensor utilizado es una RTD o un Termopar.
- *Indicador.*
- *Clasificación de Área.*
- *Certificación.*
- *Modelo.*
- *Fabricante.*
- *Salida.*
- *Fuente de Poder.*
- *Temperatura Ambiente Máxima y Mínima.*
- *Protección Eléctrica.*
- *Exactitud.*
- *Comunicación.*
- *Tiempo de Respuesta.*

Tabla 6: Interruptores.

- *Fabricante*
- *Modelo.*
- *Protección Eléctrica.*
- *Montaje:* Se define si es directo o remoto.
- *Longitud de la Línea:* Un caso de montaje remoto representa la longitud del capilar.
- *Longitud del Bulbo:* Tamaño de la parte sensora del instrumento.
- *Valores Min y Máx de Rango.*



- *"Rating" de Contacto.*
- *Fuente de Poder.*

Tabla 7: Accesorios Termopozo.

Adicionalmente a las tablas de los instrumentos, es necesario establecer los registros que definan los campos para la selección del termopozo:

- *Fabricante.*
- *Modelo.*
- *Conexión al Proceso.*
- *Material:* Se refiere a los distintos materiales de construcción del termopozo.
- *Longitud de Inserción:* Es la distancia penetrada por el termopozo en el proceso para la medición.
- *Tipo de Cuerpo:* Aquí se definen las distintas geometrías del vástago del termopozo, bien sea recto, escalonado o cónico.
- *Montaje:* Tipo de montaje en el proceso, puede ser bridado, roscado o soldado.
- *Extensión:* Si posee o no extensión.
- *Tapa:* Si el termopozo tiene como accesorio tapa o no.
- *Tipo de Brida:* Se refiere al tipo de conexión bridada, por ejemplos : cara plana, junta anular, etc.
- *Capacidad:* Sólo aplica en el caso de conexión bridada, siendo la presión que soporta la brida.

b) PRESIÓN

Los datos correspondientes a medición de presión se han registrado en un total de once (11) tablas, subdivididas de la siguiente manera: cinco (5) correspondientes a manómetros, de las cuales cuatro (4) son para los distintos tipos de presión y una (1) para manómetros receptores; cinco (5) para transmisores, cuatro (4) para las distintas presiones y/o vacío y una (1) para accesorios (válvulas de distribución); y por último, una (1) tabla para interruptores. El conjunto de tablas, nombradas anteriormente constituyen un total de 68.836 registros En Access.



Tablas 1 - 5: Manómetros

Correspondientes a los manómetros de medición de presión compuesta, diferencial y manométrica y de medición de vacío, así como de manómetros receptores, cuyas características similares permiten definir los siguientes campos:

- *Fabricante.*
- *Modelo.*
- *Exactitud.*
- *Valor Mínimo y Máximo del Rango.*
- *Tipo Escala.*
- *Presión Estática:* campo sólo aplicable para los manómetros de presión diferencial y en él se especifica el valor máximo de presión estático que soporta el instrumento.
- *Material de la Caja:* correspondiente al material de cubierta o caja, la cual, depende del ambiente al cual será sometido.
- *Tamaño del Dial.*
- *Tipo de montaje:* éste puede ser en tubería (con vástago), en pared, panel o bridada.
- *Conexión a Proceso.*
- *Localización de la Conexión:* ubicación de la conexión a proceso, ésta puede ser inferior o posterior.
- *Material de la Conexión.*
- *Tipo de Sensor:* éste se refiere al elemento primario de medición empleado por el sensor, puede ser un diafragma, un tubo bourdon C, tubo bourdon espiral o fuelle.
- *Material Sensor:* Material del elemento primario, seleccionado en base al tipo de fluido del proceso.
- *Material Ventana:* material de fabricación de la ventana o visor.
- *Temperatura Mínima y Máxima de Operación.*
- *Temperatura Ambiental Mínima y Máxima.*
- *Indicador Ajustable:* característica inherente a la aguja o indicador de la medición de la escala, la cual puede ser o no ajustable.
- *Opcionales:* en este campo se exponen características particulares de operación como medición de presiones pulsantes o sometido a vibraciones para lo cual se dispone de un



cuerpo donde el manómetro se llenará de líquido o si el manómetro requiere de protección contra estallido o explosión será expuesto en otro campo.

- *Rango de Transmisión:* campo aplicable sólo en los manómetros receptores, y se refiere al valor de la señal neumática de entrada a éste; la cual puede variar de 3 a 15 psi o de 3 a 27 psi.

Tablas de la 6 - 9: Transmisores

Al igual que en el caso de los manómetros, también existe una tabla de transmisores para cada tipo de medición de presión cuyas características similares nos permiten establecer campos de datos similares, y que se exponen a continuación.

- *Fabricante.*
- *Modelo.*
- *Valor Máximo y Mínimo del Rango.*
- *Tipo Sensor:* elemento primario de medición.
- *Material del Sensor:* Material del elemento primario de medición.
- *Conexión a Proceso.*
- *Material de Conexión a Proceso:* material de la conexión entre el transmisor y el proceso.
- *Conexión Eléctrica.*
- *Salida.*
- *Comunicación..*
- *Tiempo de Respuesta.*
- *Fuente de Poder.*
- *Material del Cuerpo o Carcasa:* material de la cubierta del transmisor.
- *Sobrepresión:* valor de presión superior al rango máximo de medición de presión del instrumento, que es capaz de soportar sin que se dañe el instrumento.
- *Rango de Temperatura de Operación mínimo y máximo.*
- *Rango mínimo y máximo de Temperatura Ambiente.*
- *Certificación.*
- *Clasificación de Área.*
- *Válvulas de Distribución:* si se desean válvulas de distribución integradas al transmisor.



- *Indicador.*

Tabla 10. Válvulas (Múltiple de Válvulas)

En esta se incluyen las válvulas de distribución que pueden ser agregadas al transmisor y cuyos campos se listan a continuación:

- *Fabricante.*
- *Modelo.*
- *Presión:* se refiere al tipo de presión en la cual pueden ser empleadas las válvulas.
- *Estilo de las válvulas:* este se refiere a la forma de las mismas; pueden ser coplanares, estándar o roscadas.
- *Número de Válvulas:* cantidad de válvulas de distribución disponibles.
- *Asiento de las Válvulas:* referido a la forma en la cual éstas serán ensambladas al transmisor.
- *Soporte:* si las válvulas requieren algún soporte adicional y el tipo de soporte.
- *Conexión a Proceso.*

Tabla 11. Interruptores

En esta tabla se incluyen los campos que definen la selección de los interruptores de presión.

- *Fabricante.*
- *Modelo.*
- *Tipo Presión:* si el interruptor funciona para presión o vacío.
- *Tipo Interruptor.*
- *Tipo Sensor:* en él se especifica el elemento primario de actuación.
- *Material Sensor:* Material del elemento primario de actuación.
- *Banda Muerta:* en este campo se define si la banda muerta es fija o ajustable.
- *Número de Elementos de Interrupción:* se indica si el interruptor es simple o doble.
- *Ajuste:* si el ajuste es en campo o de fábrica.
- *Forma de Ajuste.*
- *Rating del Contacto.*
- *Conexión a Proceso.*
- *Conexión Eléctrica.*



- *Protección Eléctrica.*
- *Certificación.*
- *Clasificación de Área.*
- *Temperatura de Operación Mínima y Máxima.*
- *Temperatura Ambiental Mínima y Máxima..*
- *Valor Mínimo y Máximo del Rango.*

c) NIVEL

El conjunto de datos correspondiente a la medición de nivel, fue establecido en seis (6) tablas, para un total de 26.655 registros, introducidos en una base de Datos de Microsoft Access.

A continuación se listan y definen los campos que componen cada una de ellas.

Tablas 1 y 2: Indicadores de Nivel

Los indicadores locales de nivel más utilizados en la industria, son los visores de nivel, ya que proporcionan una medición de nivel sencilla y confiable.

Para la selección de los visores de nivel se han definido los siguientes campos:

Tabla 1: Visor de Nivel

- *Modelo.*
- *Fabricante.*
- *Tipo:* se refiere a la construcción del visor, los más comunes son tipo reflex y transparentes.
- *Montaje:* Aquí se identifica la configuración de las tomas del visor, pueden ser laterales, posteriores o superior e inferior.
- *Conexión a las válvulas:* tipo y tamaño de conexión entre el visor de nivel y las válvulas.
- *"Rating" de Presión:* presión máxima que puede soportar el instrumento a cierta temperatura.
- *Temperatura de Operación Mínima y Máxima.*
- *P1, T1, P2, T2, P3, T3:* distintas condiciones de presión y temperatura soportadas por el visor.



- *Número de secciones:* se refiere a la cantidad de visores que tiene la configuración seleccionada.
- *Tamaño del vidrio:* se refiere al tamaño de las secciones antes mencionadas.
- *Longitud visible:* es la longitud de nivel que es posible medir con determinado número de secciones de cierto tamaño.
- *Longitud Centro a Centro:* es la distancia existente entre las tomas del tanque, en donde va a ser instalado el instrumento.
- *Aplicación:* los visores de nivel pueden ser utilizados para líquidos limpios y no muy densos, pero algunos modelos permiten la medición de líquidos con presencia de vapor. Esto se indica en esta columna.

Tabla 2: Válvulas

La instalación de los visores de nivel, se hace mediante conexión al tanque a través de válvulas. Estas son un accesorio importante de los visores de nivel, su selección se realiza en base a los siguientes campos:

- *Modelo.*
- *Fabricante..*
- *"Rating" de Presión:* presión máxima que puede soportar la válvula a cierta temperatura.
- *Temperatura de Operación Mínima y Máxima.*
- *Conexión a Proceso.*
- *Conexión al visor:* tipo y tamaño de conexión entre el visor y el tanque.
- *Material:* se refiere al material de fabricación de la válvula.
- *Sello:* los sellos de las válvulas pueden ser integrales o recambiables.
- *Tipo de válvula:* comúnmente son utilizadas las de tipo recto u offset.

Tablas 2, 3 y 4: Interruptores de Nivel

Los interruptores de nivel más utilizados en la industria de procesos suelen ser los de tipo flotador o desplazamiento, por su sencillo funcionamiento. Estos han sido tomados en cuenta en SISTEX al igual que otros un poco menos comunes pero también utilizados, como son los capacitivos.



Tabla 2: Interruptores de Nivel Tipo Flotador

La tabla dos (2) está constituida por los modelos de interruptores de nivel tipo flotador. Los datos considerados para su realización, son los siguientes:

- *Modelo.*
- *Fabricante.*
- Tamaño del flotador: en él se especifican las dimensiones del elemento sensor.
- *Tipo de interruptor.*
- *Forma de ajuste.*
- Conexión a Proceso: tipo y tamaño de conexión al tanque.
- *"Rating" del Contacto.*
- *Clasificación de Área.*
- *Certificación.*
- *Fuente de Poder.*
- Gravedad Especifica: se especifica la gravedad específica del fluido para el que aplica el interruptor .
- *Protección Eléctrica.*
- *Temperatura y presión máximas:* son las condiciones de proceso para las cuales puede ser utilizado el interruptor.
- *Longitud para alto y bajo nivel:* se especifican las longitudes del sensor (vástago y flotador).

Tablas 3 y 4

Debido a que los fabricantes, generalmente, en los catálogos de interruptores tipo capacitancia, dividen la selección en dos partes, elemento sensor y elementos de interrupción, se hizo necesario utilizar dos tablas para introducir los datos de estos interruptores, una para el elemento y otra para el interruptor en si.

Tabla 3: Elemento de interrupción

Para crear la base de datos del elemento sensor se utilizaron los siguientes campos:

- *Modelo.*
- *Fabricante.*



- *Forma de ajuste.*
- *Fuente de Poder.*
- *Clasificación de Área..*
- *Certificación.*
- *Montaje:* se especifica si el montaje es directo o remoto.
- *Temperatura Ambiente Mínima y Máxima..*
- *Rating del Contacto.*
- *Opción de Auto-test:* existen algunos interruptores que tienen la opción de auto-prueba de funcionamiento, aquí se especifica si la opción está disponible.

Tabla 4: Elemento Sensor

- *Modelo.*
- *Fabricante.*
- *"Rating" de Presión:* presión máxima que puede soportar la válvula a cierta temperatura.
- *Temperatura de Operación Mínima y Máxima..*
- *Clasificación de Área.*
- *Certificación..*
- *Longitud máxima y mínima del sensor.*
- *Conexión a Proceso.*
- *Tipo de sensor:* se especifica si el sensor es de tipo rígido o flexible.
- *P1, T1, P2, T2, P3, T3:* distintas condiciones de presión y temperatura soportadas por el sensor.
- *Material del sensor:* se especifica el material del sensor y si tiene algún tipo de recubrimiento.
- *Diámetro del sensor.*
- *Material del sello.*

Tablas 5: Transmisores de Nivel

Los transmisores de nivel más utilizados en la industria de proceso, suelen ser los de presión diferencial.



Para la medición de nivel por presión diferencial, se utilizan, obviamente, los transmisores de presión diferencial, cuyos campos fueron definidos en la sección de Transmisores de presión.

d) FLUJO

La información referente a las características de medición de flujo se ha agrupado en su totalidad en un conjunto de seis (6) tablas, divididas de la siguiente manera: una (1) tabla para Placas Orificio, una (1) tabla para Rotámetros, una (1) tabla para Medidores de Flujo Tipo Magnético y tres (3) tablas para Medidores de Flujo Tipo Turbina, de las cuales; una (1) es del medidor propiamente dicho y las otras dos (2) correspondientes a instrumentos asociados a éste como son los preamplificadores y los indicadores / totalizadores. La suma de estas tablas conforma un total de 104.965 registros de instrumentos de medición de flujo.

Tabla 1: Placas Orificio.

Esta tabla está constituida por todos los datos relevantes a medición de flujo por medio de placas de orificio, en ella se establecen los campos necesarios para la selección de medidores de flujo tipo Placa de Orificio y de las bridas de orificio, bridas empleadas para el montaje de la placas de orificio; es por esto que se han agrupado los campos que describen la selección de las placas orificio y los campos referentes a las bridas de las placas de orificio.

Campos Asociados a las Placas Orificio

- *Fabricante.*
- *Modelo.*
- *Tipo de Orificio:* en este campo se especifica el tipo de orificio que constituye la placa, puede ser concéntrico, excéntrico o segmental.
- *Diámetro Interno de la Tubería:* dimensión requerida por los fabricantes y necesaria para establecer el dimensionamiento de la placa de orificio.
- *Diámetro Exterior de la Placa:* diámetro externo de la placa de orificio.
- *Espesor de la Placa:* espesor de la placa orificio.
- *Material de la Placa de Orificio:* material de fabricación de la placa, generalmente estandarizada en 304 SS ó 316 SS.
- *Biselado :* este campo define si la placa cuenta o no con bisel, si posee se describe el tipo de bisel o el ángulo del biselado.



- *Orificio de Venteo*: si la placa cuenta con orificio de venteo
- *Orificio de Drenaje*: si la placa de orificio cuenta con un orificio de drenaje
- *Anillo*: si la placa cuenta con anillo, de ser así el modelo de éste.
- *Tipo de Anillo*: en éste se describe el tipo de anillo empleado.
- *Material del anillo*: material de fabricación del anillo.

Campos Asociados a las Bridas de Orificio.

- *Tipo de Brida*: se refiere a si la brida es roscada, deslizante o soldada en el cuello.
- *Material Brida*: material de fabricación de la brida, generalmente acero al carbono.
- *Capacidad de las Bridas*: en este campo se especifica la presión máxima que soporta la conexión bridada.
- *Tipo de Toma*: si la toma es en la brida, en la tubería, en la vena contracta, otras.
- *Tamaño de las tomas*: dimensión de las tomas, generalmente ésta es de 1/2 pulgada.

Tabla 2: Rotámetros.

En esta tabla se describen los campos requeridos para la selección de los rotámetros o también llamados medidores de área variable.

- *Fabricante*.
- *Modelo*.
- *Tipo de Fluido*: en él se establece si el fluido es líquido o gas, esto a fin de determinar posteriormente los rangos de medición de flujo.
- *Caudal Mínimo y Máximo (Gas)*: valor mínimo y máximo de medición que es capaz de efectuar el rotámetro en fluido en estado gaseoso.
- *Caudal Mínimo y Máximo (Líquido)*: valor mínimo y máximo de medición que es capaz de efectuar el rotámetro en fluido en estado líquido
- *Temperatura Mínima y Máxima de Operación*.
- *Temperatura Ambiente Mínima y Máxima*.
- *Presión de Operación Máxima*: valor de presión máximo que soporta el instrumento sin que se produzcan daños en él.



- *Viscosidad Máxima*: máximo valor para la viscosidad en centistokes que es permisible medir con el rotámetro.
- *Modelo del Tubo Medidor*: código del tubo empleado por el fabricante.
- *Material del Tubo de Medición*: material de tubo destinado para la medición, éste puede ser de vidrio o de metal.
- *Modelo del Flotador*.
- *Tipo de Flotador*: en él se especifica el tipo o modelo específico de flotador empleado por los fabricantes, por ejemplo, esférico con líneas guía.
- *Material del Flotador*: material de fabricación del flotador.
- *Tipo de Escala*: en este campo se especifica el tipo de escala de lectura que podrá encontrar el operador, puede ser en porcentaje del flujo, en unidades de longitud o caudal.
- *Tipo de Conexión*: si la conexión es roscada o bridada.
- *Conexión*: si el tipo de conexión es roscada se especifica el tamaño y si es bridada, se especifica la capacidad (presión máxima que soporta la brida).
- *Dirección Conexión de Entrada*: ésta puede ser horizontal o vertical.
- *Dirección Conexión de Salida*: al igual que en el campo anterior ésta puede ser horizontal o vertical.
- *Accesorios*: accesorios que pueden ser acoplados al rotámetro, como soportes para montaje en panel.

Tabla 4: Medidor de Flujo Tipo Magnético.

Este tipo de medidor viene definido por una serie de características enfocadas en mayor grado a los materiales de fabricación de la línea o tubo, del forro y por supuesto del electrodo, todos estos campos y muchos otros necesarios para establecer una correcta selección del medidor de flujo magnético se listan a continuación.

- *Fabricante*.
- *Modelo*.
- *Valor Máximo y Mínimo del Rango*.
- *Temperatura Mínima y Máxima de Operación*.
- *Temperatura Ambiente Mínima y Máxima*.



- *Presión de Operación Mínima y Máxima*: rango de presión que soporta el instrumento sin que se produzcan daños en él.
- *Diámetro Nominal de la tubería*: este permite conocer el diámetro del tubo medidor.
- *Material del Tubo*: material de fabricación del canal de flujo.
- *Material del Forro*: material que recubre el tubo o línea de medición, este material debe ser no conductivo, pero resistente al proceso de fluido.
- *Material del Electrodo*: material del electrodo que está en contacto con el líquido de proceso, percibe la señal de voltaje.
- *Material de la caja*: material de fabricación del cuerpo que recubre todos los elementos que hacen posible la medición.
- *Conexión a Proceso*.
- *Material de las Bridas*: material de la conexión bridada.
- *Conexión Eléctrica*.
- *Método de Excitación*: en este campo se establece el tipo de excitación del campo magnético.
- *Transmisor e Indicador*: en estos campos se establece el uso o no de estos.
- *Tipo de Transmisor*: en el se establece si el transmisor es remoto o integralmente montado
- *Salida*.
- *Comunicación*.
- *Fuente de Poder*.
- *Funciones y Diagnósticos*: todas aquellas operaciones realizables por el transmisor, en cuanto a presentación de información, diagnóstico de fallas y otras.
- *Certificación*.
- *Clasificación de Área*.

Tablas 4,5 y 6: Medidor de Flujo Tipo Turbina.

Como se describió anteriormente, el medidor de flujo tipo turbina esta constituido por tres (3) tablas, una (1) principal donde se describen las características de medidor, otra donde



se establecen las características de los preamplificadores y una (1) última donde se especifican los indicadores y totalizadores.

Tabla 4: Medidor Tipo Turbina.

- *Fabricante.*
- *Modelo.*
- *Tipo de Turbina:* si la turbina es unidireccional o bidireccional
- *Dirección del flujo:* éste puede ser horizontal o vertical.
- *Rango Mínimo y Máximo de Caudal:* valores mínimos y máximos de caudal de trabajo del instrumento de medición.
- *Temperatura Mínima y Máxima de Operación.*
- *Presión de Operación Mínima y Máxima:* rango de presión que soporta el instrumento sin que se produzcan daños en él.
- *Diámetro Nominal de la tubería:* éste permite conocer el diámetro del tubo medidor.
- *Gravedad específica:* valor máximo de gravedad específica del fluido que puede ser medido con la turbina.
- *Viscosidad:* máxima viscosidad en centistokes del fluido de proceso medible con la turbina.
- *Factor K:* factor que relaciona los ciclos por segundo por unidad de volumen.
- *Material de la caja:* material de fabricación del cuerpo que recubre todos los elementos que hacen posible la medición.
- *Tipo de Rotor:* este puede ser rotor de hoja o de borde.
- *Material del Rotor:* material de fabricación del rotor.
- *Tipo de Cojinete:* en este campo se especifica la clase de cojinetes disponibles, tales como cojinetes de bola o de manguito.
- *Material del cojinete:* material de fabricación del cojinete
- *Conexión a Proceso:* tipo de conexión con el proceso
- *Tipo de Bridas:* este campo se refiere a la forma de la brida, esta puede ser con cara plana , realzada o con anillo.
- *Material de las Bridas:* material de la conexión bridada.



Tabla 5: Preamplificador

- *Fabricante.*
- *Modelo.*
- *Tipo de Turbina:* aquí se especifica, si puede ser empleado en turbinas unidireccionales o bidireccionales.
- *Tipo de entrada:* se refiere al tipo de entrada eléctrica al preamplificador.
- *Número de bobinas:* cantidad de bobinas que se emplean para la medición.
- *Corriente y Voltaje de salida:* condiciones de la salida eléctrica.
- *Voltaje de salida:* se refiere al voltaje producido a la salida del preamplificador.
- *Distancia máxima de transmisión:* distancia máxima que puede soportar el preamplificador para transmitir los datos
- *Montaje:* forma física de montaje del preamplificador
- *Temperatura mínima y máxima de operación.*

Tabla 6: Indicador / Totalizador.

- *Fabricante.*
- *Modelo.*
- *Exactitud.*
- *Unidades de Indicación y Totalización:* forma de presentación del caudal tanto para el indicador como para el totalizador.
- *Fuente de poder.*
- *Voltaje de salida:* se refiere al voltaje producido a la salida del preamplificador.
- *Distancia máxima de transmisión:* distancia máxima que puede soportar el preamplificador para transmitir los datos
- *Certificación y Clasificación de Área.*
- *Temperatura mínima y máxima de operación.*



32-MECANISMO DE INFERENCIA

Para el procesamiento y formalización de los datos organizados en la base de conocimientos, se requiere ahora, establecer un mecanismo de inferencia; para esto se desarrollaron criterios técnico-económicos que constituyen la base fundamental proceso de selección.; estos criterios fueron obtenidos, no sólo de información teórica, sino también de prácticas recomendadas, normas y consideraciones evaluadas por los fabricantes.

Estos criterios fueron introducidos en SISTEX a través de reglas de producción, es decir, siguen la forma de "si ... entonces ... ", las cuales permiten expresar los conocimientos "expertos" a través de reglas sencillas, de fácil manejo.

Los criterios de selección de los instrumentos, fueron clasificados según el tipo de variable a medir, es por ello que podemos encontrar criterios de selección para instrumentos de medición de temperatura, presión, nivel y flujo.

3.2.1. Criterios de Selección para Medición de Temperatura

Para seleccionar un instrumento adecuado para medición de temperatura, se deben considerar no sólo factores individuales como: rango, exactitud, sino también los requerimientos de la aplicación.

Para una aplicación específica no se necesita el mejor y más caro sensor, sino aquel que cumpla con los requerimientos de la aplicación en particular.

En SISTEX se han introducido datos para la selección de: sensores, indicadores, transmisores e interruptores de temperatura, siendo considerados aquellos que son frecuentemente utilizados en la industria actualmente para la medición de la temperatura de proceso.

SELECCIÓN DEL ELEMENTO SENSOR:

Los elementos sensores utilizados principalmente en la industria son las termoresistencias y los termopares.

Para la selección del elemento sensor se deben tomar en cuenta algunas características propias de cada sensor, que permiten distinguir el uso de uno u otro.



Las RTD y los termopares pueden ser utilizados casi indistintamente para rangos entre 32 y 1650 °F (0 - 900 °C), siendo utilizados los termopares para medición de temperaturas más altas.

La principal ventaja de las RTD es que poseen buena exactitud y precisión, mientras que los termopares se caracterizan por una mayor velocidad de respuesta y un menor costo.

En la tabla 3.1, se muestra un resumen de las principales características que diferencian a las RTD de los termopares.

Para la selección de una RTD o un Termopar, SISTEX permite al usuario elegir o no el tipo de instrumento que desea.

Si el usuario decide elegir el instrumento, SISTEX comprueba, basándose en las características de comparación anteriormente descritas, si el sensor seleccionado es el más adecuados para su proceso, si no lo es, el programa envía un mensaje al usuario.

Tabla 3.1. Comparación entre los Termopares y las RTD.

Tipo de Sensor	Rango de Medida	Exactitud	Velocidad de Respuesta	Precisión	Costo Aprox. (\$)
RTD (Platino)	-420 / 1650 °F (250 / 900 °C)	Alta 0,1 °F (0,1 °C)	Media	Excelente	25 -200
TERMOPARES					
Tipo B	32 / 3380 °F (0 / 1860 °C)	Media 2 °F (1 °C)	Media a Rápida	Mala	25-60
Tipo E	-300 / 1800 °F (184 a 982 °C)	3 - 5 °F (1,5-3 °C)			
Tipo J	32 / 1500 °F (0 / 816 °F)	4 - 6,5 °F (2-3,5 °C)			
Tipo K	-300 / 2300 °F (-184 / 1260 °C)	4-13 °F (2 a 7,2 °C)			
Tipo R	32 / 3000 °F (0 / 1648 °C)	5-8,5 °F (2,5-4,7 °C)			
Tipo S	32 / 3200 °F (0 / 1760 °C)	5-8,5 °F (2,5-4,5 °C)			
Tipo T	-300 / 750 °F (-184 / 400 °C)	3-13 °F (1,5-7,2 °C)			

En caso de que el usuario no seleccione ningún instrumento, el programa lo selecciona, basándose en principio, en el rango de su proceso como principal criterio de selección, y luego



en la exactitud requerida, tiempo de respuesta, precisión y por último en el costo. En el caso de que ambos instrumentos puedan cumplir los requerimientos del sistema, se elige el más económico, en esta caso, los termopares; que de hecho son los más utilizados en la industria de proceso.

Termopares:

Al seleccionar un termopar, el usuario debe seleccionar el tipo de termopar deseado, ya que su selección, a veces, no depende sólo del rango, sino de otras características particulares del proceso.

Si el usuario selecciona un tipo de termopar que no cumple con el rango de su proceso, el programa le envía un mensaje de alerta.

Al seleccionar un termopar como elemento sensor, es importante considerar además de las características antes mencionadas otras, tal vez de menor importancia, pero que se deben tener presentes.

Estas características son seleccionadas por el usuario, ya que no dependen sólo de los rangos o características de medición requeridos sino de cuestiones particulares del proceso; espacio disponible, normas de la empresa, o simplemente preferencias del usuario.

- *Tipo de Junta:* los termopares pueden instalarse de distintas formas, teniendo cada uno de los tipos de junta ventajas y desventajas las cuales están resumidas a continuación:
 1. *Junta Aterrada:* que posee tiempo de respuesta rápido en relación con las juntas aisladas y no-aterradas, protege los cables contra los agentes químicos y corrosivos y prolonga la vida útil de la termocupla.
 2. *Junta No-Aterrada:* la junta de la termocupla está aislada de tierra, produciendo que el tiempo de respuesta sea usualmente más lento que las termocuplas aterradas
 3. *Junta Expuesta:* Recomendada para la medición de gases no corrosivos o aire, su tiempo de respuesta es muy rápido, más que las juntas aterradas.
 4. *Junta aislada:* Su comportamiento es mejor que el de las juntas aterradas o no-aterradas en ambientes con ciclos térmicos, pero su tiempo de respuesta más lento que la termocupla aterrada.



- *Material de la funda:* el material de la funda se selecciona dependiendo de la temperatura del proceso y de las características del mismo.
- *Terminación:* se puede seleccionar entre:
 1. Bloque de terminales: un bloque de terminal es un bloque de material aislante que es usado para soportar y unir las terminaciones de los conductores.
 2. Cabezal de conexión: es un alojamiento cerrado de un bloque de terminales, para un instrumento sensor de temperatura eléctrico y usualmente provisto de agujeros roscados para unir al tubo protector y para unir al conducto.
 3. Adaptador con muelle de compresión
 4. Conexiones descubiertas
- *Extensión:* se puede utilizar una extensión, bien sea estándar, niple-unión ó niple-unión-niple.
- *Longitud de extensión:* las extensiones se utilizan para aislar los cables del elemento sensor cuando la temperatura de la tubería es muy alta ó para evitar contaminación.
- Su selección depende muchas veces de las características del proceso, flujo y temperatura, espacio de montaje disponibles y normas. La longitud de la extensión debe ser tal que cumpla con esta función.
- *Longitud de inserción:* se recomienda tener al menos 3 pulgadas, de la parte sensible del elemento, de inmersión en el proceso.
- *Clasificación de Área:* entre las opciones se encuentran: antideflagrante, a prueba de explosión y su selección se realiza dependiendo de la protección del instrumento si se instalará en áreas potencialmente peligrosas.
- *Material del cabezal:* los cabezales se pueden conseguir en distintos materiales, entre ellos, aluminio, aluminio recubierto de epoxy, acero inoxidable, polipropileno, entre otros.



RTD

Para seleccionar una RTD es necesario considerar también las siguientes características, muy similares a las de los termopares.

- *Terminación:* se puede escoger entre hilos conductores, adaptador con muelle de compresión o bloque de terminales.
- *Material del cabezal:* puede ser fabricado en: aluminio, aluminio recubierto de epoxy, acero inoxidable, polipropileno, etc.
- *Encerramiento:* por lo general vienen aprobados para protección IP65, IP67, o sin ella, ésta se utiliza si es necesario proteger las partes eléctricas del instrumento del ataque de agua o polvo.
- *Tipo sensor:* puede ser encapsulado o de propósito general.
- *Extensión:* si se desea se puede utilizar una extensión, bien sea estándar, niple-uniión ó niple-uniión-niple
- *Longitud de extensión:* las extensiones se utilizan para aislar los cables del elemento sensor cuando la temperatura de la tubería es muy alta ó para evitar contaminación.
- La longitud de la extensión debe ser tal que cumpla con esta función.
- *Longitud de inserción:* se recomienda tener al menos 3 pulgadas, de la parte sensible del elemento, de inmersión en el proceso.
- *Clasificación de Área:* entre las opciones se encuentran: antideflagrante, a prueba de explosión

SELECCIÓN DE INDICADORES DE TEMPERATURA.

En la actualidad, para la indicación de temperatura en procesos industriales, se utilizan principalmente los termómetros bimetalicos y los termómetros llenos de gas. Para realizar la selección se deben tomar en cuenta algunas características principales propias de cada instrumento, las cuales se pueden observar en la tabla 3.2.

Al igual que en el caso anterior, SISTEX basa sus criterios de selección en las características comparativas de ambos instrumentos. El usuario puede seleccionar o no el instrumento deseado.



Para la verificación o selección del instrumento, SISTEX se basa en principio en el rango de medida aplicable a cada instrumento, posteriormente se verifica si el tipo de medición es local o remoto, ya que los termómetros bimetalicos solo permiten indicación local. Se verifica la temperatura de operación del proceso, pues los bimetales no soportan temperaturas de operación continuas mayores a 800 °F (430 °C). Por último, si ambos instrumentos pueden ser utilizados se selecciona el más económico, en este caso, el tipo bimetalico, el cual es, de hecho el más utilizado en la actualidad para indicación local en procesos industriales.

Tabla 3.2 Comparación entre Termómetros Bimetalicos y Termómetros llenos de Gas

	Termómetros Bimetalicos	Termómetros llenos de gas
Rango de Medida	-100 a 125 °F (-70 a 50 °C) 200 a 1000 °F (100 a 550 °C)	-100 a 100 °F (100 a 100 °C) 400 a 1200 °F (200 a 650 °C)
Tipo de Medición	Local	Local o Remota
Costo	Menos de \$200	Entre 200 y \$1000
Exactitud	1% Escala	1% Escala
Temp. operación continua máxima	800 °F (430 °C)	No es restricción

Posteriormente, ya conocido el tipo de instrumento más adecuado a las necesidades del usuario, se procede a seleccionar la marca y el modelo que cumpla con las características secundarias introducidas por el usuario, como lo son:

Termómetros bimetalicos

- *Tipo de conexión a proceso:* puede ser roscada, plana, plana con punta o unión.
- *Tamaño del dial:* se puede escoger entre los siguientes tamaños: 2, 3 y 5 in.
- *Localización:* la localización de este tipo de termómetros puede ser: posterior, inferior o todo ángulo.



- *Opción de doble escala:* se puede elegir entre escala simple o la escala doble con ambas unidades.
- Estas opciones deben ser seleccionadas por el usuario, ya que dependen de la instalación y montaje, y en muchos casos su selección obedece a normativas de la empresa.
- *Longitud del vástago:* entre las opciones hay valores de longitud entre 2,5 pulgadas y 24 pulgadas. Es una práctica recomendada tener al menos 3pulgadas de la parte sensible del instrumento en contacto con el fluido de trabajo, pero el tamaño del vástago depende también del montaje del mismo.

Termómetros Llenos de Gas

- *Tipo de conexión a proceso:* por lo general el tipo de unión a proceso de estos instrumentos es roscada (a menos que se haga uso de un termopozo)
- *Tamaño del dial:* los tamaños de dial estándar para estos instrumentos se encuentran entre 4 y 8 pulgadas de diámetro.
- *Estilo de la caja:* los estilos de caja disponibles actualmente en el mercado son: caja fenólica sellada herméticamente, anillo abisagrado de aluminio, anillo de bayoneta de acero inoxidable, anillo fenólico de ajuste a presión, anillo roscado de aluminio, entre otros.
- *Localización:* la localización de este tipo de termómetros puede ser inferior o posterior.
- *Montaje:* el montaje de estos instrumentos depende si es utilizado para indicación local o remota. Para indicación local el instrumento es montado directamente mediante una extensión rígida; para indicación remota se utiliza un bulbo y un capilar, que puede ser hasta de 80 pies (longitud de la línea), y que permite un montaje es tablero o en pared.
- *Longitud del bulbo:* las longitudes de bulbo varían entre 12 y 24 pulgadas.
- *Opción de doble escala:* este tipo de termómetros también permiten elegir entre escalas en °C y °F, o la opción de doble escala, con ambas unidades de medida.



SELECCIÓN DE TRANSMISORES

Antes de seleccionar el transmisor de temperatura, es necesario seleccionar el elemento sensor a utilizar. Esta selección se describió anteriormente.

Luego de seleccionar el elemento sensor más adecuado, se procede a seleccionar el transmisor tomando en cuenta las características siguientes:

- *Opción de Indicación:* en muchos casos los transmisores de temperatura tienen la opción de un indicador (analógico o digital) local integrado si el usuario lo desea.
- *Soporte de montaje:* el usuario puede seleccionar si desea que el transmisor tenga un soporte para montaje, y en caso de que así sea, éste puede seleccionar entre montaje en tubería, montaje en pared o en tablero.
- *Clasificación de área:* en el caso de la selección de transmisores, resulta necesario e importante considerar la clasificación de área, del lugar de montaje del instrumento. Actualmente los transmisores tienen, entre otras, las siguientes opciones: a prueba de explosión, seguridad intrínseca, a prueba de llama, con aprobación de: FM, CSA, CENELEC, entre otras.
- *Material de la caja:* la caja de los transmisores son fabricadas generalmente en aluminio, aluminio recubierto, acero, acero inoxidable, vidrio noryl reforzado, entre otros.
- *Encerramiento:* al igual que la clasificación de área, es importante considerar el encerramiento del transmisor, para proteger sus componentes eléctricos de las agresiones del medio ambiente, estas clasificaciones pueden ser, por ejemplo: IP54, IP65, IP66, IP67, NEMA 4X, etc.
- *Exactitud de transmisión:* los errores en la medición producidos por la transmisión de la señal, tienden a ser menores del 1% del valor medido. Por lo general para calcular la exactitud de la variable medida se deben tomar en cuenta tanto los errores de transmisión como los errores del sensor en sí (RTD o Termopar).
- *Tiempo de respuesta:* el tiempo que tarda el transmisor en actualizar la señal de salida al ocurrir un cambio en la señal de entrada.



- *Salida*: la señal de salida producida por el transmisor puede ser del tipo analógica (4-20 mA), o con algún protocolo, por ejemplo: FieldBus, HART, Foxcom Digital, Brain, etc.
- *Fuente de poder*: los transmisores por lo general funcionan con una tensión entre 10 y 45 VDC, excepto los de bajo voltaje, que son fabricados para utilizarlos en mediciones de campo remotas, que funcionan con un voltaje entre 5 y 12 VDC. Su elección depende de la disponibilidad de voltaje en el sitio de instalación.

SELECCIÓN DE INTERRUPTORES

En el caso de interruptores de temperatura se consideraron los de sensor del tipo lleno de gas. Para seleccionar un interruptor de temperatura es necesario considerar las siguientes variables:

- *Rango*: depende de las variaciones de temperatura del proceso.
- *"Rating" de contacto*: se puede seleccionar entre distintos valores de voltaje y corriente (15A 125/250VCA, 5A 30VCC, 5A 125/250VCA, entre otros, y distintas aplicaciones (uso general, sellado herméticamente, resistente al medio ambiente, etc). La selección del "rating" del contacto se hace dependiendo del tipo de proceso y de las necesidades de corriente y voltaje para el accionamiento de bombas, válvulas, etc.
- *Tipo de montaje*: existen interruptores de montaje directo y remoto. En el caso de montaje remoto se debe seleccionar la longitud existente entre el lugar de medición y el interruptor (longitud del capilar).
- *Longitud del bulbo*: existen en el mercado longitudes de bulbo entre 2 3/4 in y 12in. Su elección obedece al tipo de instalación tamaño de tubería, etc.
- *Función*: se puede elegir entre interruptores de punto único o de dos puntos, dependiendo del tipo de control de temperatura necesario en el proceso.
- *Encerramiento*: dependiendo del modelo y el fabricante se pueden encontrar interruptores de temperatura con distintas clasificaciones según NEMA.



SELECCIÓN DEL TERMOPOZO

Los termopozos se utilizan en aplicaciones donde el fluido puede ocasionar daños mecánicos o corrosión del elemento sensor, es decir, se utiliza en aplicaciones en las que el elemento sensor puede estar sometido a presiones, altas velocidades del fluido o fluidos corrosivos.

Es práctica recomendada usar siempre termopozos, para aumentar la vida útil del instrumento y para poder retirarlo del proceso para calibración reemplazo o reparación sin necesidad de determinar el proceso.

- *Material:* la selección del material del termopozo se hace dependiendo del fluido de proceso. En la tabla 5 se muestran los materiales que se pueden emplear dependiendo del fluido de trabajo.

Tabla 3.3.- Selección del Material del Termopozo

SUSTANCIA	MATERIALES
Aceites Vegetales	Monel
Acetato De Aluminio Saturado	Monel
Acetato De Amilo	304 SS
Acetileno	304 SS, Monel.
Acetona 212°F	304 SS
Ácido Acético 10% 70°F	304 SS, Hastelloy, Monel
Ácido Acético 50% 212°F	316 SS, Hastelloy, Monel
Ácido Acético 50% 70°F	304 SS, Hastelloy, Monel
Ácido Bórico 5% Caliente ó Frío	304 SS
Ácido Cítrico 15% 212°F	316 SS, Hastelloy
Ácido Cítrico 15% 70°F	304 SS, Hastelloy
Ácido Fosfórico 1% 70°F	304 SS
Ácido Fosfórico 10% 212°F	Hastelloy



SUSTANCIA	MATERIALES
Ácido Fosfórico 10% 70°F	316 SS
Ácido Fosfórico 30% 70°F	Hastelloy
Ácido Fosfórico 5% 70°F	304 SS
Ácido Fosfórico 85% 212°F	Hastelloy
Ácido Fosfórico 85% 70°F	Hastelloy
Ácido Láctico 5% 150°F	316 SS
Ácido Láctico 5% 70°F	304 SS, 316 SS
Ácido Nítrico 20% 70°F	304 SS, 316 SS
Ácido Nítrico 5% 70°F	304 SS, 316 SS
Ácido Nítrico 50% 212°F	304 SS, 316 SS
Ácido Nítrico 50% 70°F	304 SS, 316 SS
Ácido Nítrico 65% 212°F	316 SS
Ácido Nítrico Concentrado 70°F	304 SS, 316SS
Ácido Nitroso	304 Ss
Ácido Oxálico 10% 212°F	Monel
Ácido Oxálico 5% Caliente Y Frío	304 SS
Ácido Sulfúrico	Hastelloy
Agua De Mar	Monel
Agua Fresca	Monel
Agua Salada	Monel
Alcohol Etilico 212°F	304 SS
Alcohol Etlico 70°F	304 SS
Alcohol Metilico 212°F	304 SS
Alcohol Metilico 70°F	304 SS



SUSTANCIA	MATERIALES
Amoniac 70°F	304 SS, 316 SS
Anhidrido Acetico	Monel
Anilina 70°F	304 SS
Asfalto	Monel
Benceno 70°F	304 SS
Bencina	Monel, Inconel
Benzol Caliente	304 SS
Bicarbonato De Sodio 5% 150°F	304 SS, 316 SS
Bicarbonato De Sodio 70°F	304 SS , 316 SS
Bisulfato De Sodio	Monel
Bisulfito De Calcio 70°F	316 SS
Bromuro De Potasio 70°F	316 SS
Butano 70°F	304 SS
Carbonato De Bario 70°F	304 SS
Carbonato De Potasio 1% 70°F	304 SS, 316 SS
Cloruro De Amonio 212°F	316 SS, Monel
Cloruro De Bario 5% 70°F	Monel, Hastelloy
Cloruro De Bario Acuoso - Caliente	316 SS
Cloruro De Bario Saturado 70°F	Monel
Cloruro De Magnesio 5% 70°F	Monel
Cloruro De Potasio 5% 212°F	304 SS
Cloruro De Potasio 5% 70°F	304 SS
Cloruro De Sodio 5% 150 °F	316 SS
Cloruro De Sodio 5% 70°F	316 SS



SUSTANCIA	MATERIALES
Cloruro De Sodio Saturado 212°F	316 SS, Monel
Cloruro De Sodio Saturado 70°F	316 SS, Monel
Cloruro Férrico 1% 70°F	316 SS
Dióxido De Carbono Húmedo	Monel
Dióxido De Carbono Seco	Monel
Éter De Petróleo	304 SS
Fenol	304 SS
Formaldehido	304 SS, 316 SS
Gas Natural 70°F	304 SS, 316 SS
Gasolina 70°F	304 SS
Glicerina 70°F	304 SS
Glicerol	304 SS
Glucosa 70°F	304 SS
Hidróxido De Calcio 10% 212°F	304 SS, Hastelloy
Hidróxido De Calcio 20% 212°F	304 SS, Hastelloy
Hidróxido De Potasio 25% 212°F	304 SS
Hidróxido De Potasio 5% 70°F	304 SS
Hidróxido De Potasio 50% 212°F	316 SS
Hidróxido De Sodio	304 SS, 316 SS, Hastelloy
Hipoclorito De Sodio 5% Destilado	316 SS, Hastelloy
Jabón	304 SS
Kerosene 70°F	304 SS
Leche	304 SS
Mercurio	304 SS, Monel



SUSTANCIA	MATERIALES
Neón 70°F	304 SS
Nitrato De Amonio 212°F	304 SS, 316 SS
Nitrato De Amonio 70°F	304 SS, 316 SS
Nitrato De Cobre	304 SS, 316 SS
Nitrato De Potasio 5% 212°F	304 SS
Nitrato De Potasio 5% 70°F	304 SS
Nitrobenceno 70°F	304 SS
Oxígeno Líquido	304 SS
Pentano	304 SS
Peróxido De Sodio	304 SS
Propano	304 SS
Resina	304 SS
Solvente De Acetato Crudo O Puro	Monel
Sulfato De Aluminio 10% 212°F	316 SS
Sulfato De Aluminio 10% 70°F	304 SS
Sulfato De Aluminio Saturado 212°F	316 SS
Sulfato De Aluminio Saturado 70°F	304 SS
Sulfato De Amonio 10% 212°F	316 SS
Sulfato De Amonio 5% 70°F	304 SS
Sulfato De Amonio Saturado 212°F	316 SS
Sulfato De Cobre	304 SS, 316 SS
Sulfato De Magnesio Frío Y Caliente	Monel
Sulfato De Niquel Caliente Y Frío	304 SS
Sulfato De Potasio 5% 212°F	304 SS



SUSTANCIA	MATERIALES
Sulfato De Sodio 70°F	304 SS, 316 SS
Sulfato De Zinc	304 SS, 316 SS
Sulfato Férrico 5% 70°F	304 SS
Sulfato Ferroso Diluido 70°F	304 SS
Tetracloruro De Carbono 10% 70°F	Monel
Vapor De Agua	304 SS
Whiskey, Vino	304 SS

- *Tipo conexión:* el tipo de conexión a proceso de los termopozos puede ser: roscada, bridada o soldada. Su selección depende de la configuración prevista, en muchos casos de la presión de trabajo y en otros depende de normas internas de la compañía.
- *Longitud de Inserción:* La inmersión debe ser suficiente para eliminar el error de conducción. Una regla general es usar como mínimo una longitud de al menos 10 veces el diámetro del termopozo. Esta longitud debe ser seleccionada por el usuario ya que depende de diversos factores, como diámetro de la tubería, tipo de montaje, entre otros. Otra práctica recomendada, es que el termopozo debe estar insertado al menos la mitad del diámetro de la tubería, y no más de las tres cuartas partes del mismo, para garantizar una lectura correcta de temperatura y evitar una excesiva obstrucción del paso del fluido. No se recomienda el uso de termopozos en tuberías de diámetro menor a 3 in (76,2 mm) ya que provoca una obstrucción muy grande en el paso del fluido, para estos caso se suele hacer la instalación en codos o colocar una expansión de la tubería al menos a 3 in (76,2 mm).
- *Accesorios:* Los termopozos en muchos casos poseen accesorios como tapas o extensiones que pueden ser seleccionadas por el usuario si es requerido.
- *Estilo:* el estilo del termopozo puede ser recto, escalonado o cónico (con puntal reducido).



3.2.2. Criterios de Selección para Medición de Presión.

La selección de los dispositivos de presión no resulta tan compleja como en el caso de los instrumentos de flujo y nivel, debido a la gran variedad de variables correspondientes al fluido que es necesario estudiar, que en la medición de presión no es requerido.

En esta sección se establecerán los criterios empleados por SISTEX en la selección de los distintos tipos de instrumentos de presión, para esto se han clasificados los criterios según el funcionamiento del instrumento de presión, es así como se dividen en: criterios de selección de Manómetros, Transmisores e Interruptores.

SELECCIÓN DE MANÓMETROS.

Los manómetros según su función o aplicación se pueden dividir en dos grandes grupos: Manómetros de Lectura Directa y Manómetros Receptores.

Los manómetros de lectura directa son de amplio y general uso, para mediciones de presión y vacío, los manómetros receptores se emplean como receptores de una señal neumática que puede ser de 3-15 psi y de 3-27 psi, es decir su función es la de indicación.

Selección de Manómetros.

Los manómetros no son más que indicadores locales de presión. Los manómetros son capaces de medir presiones de diferente índole tales como:

- Presión Manométrica.
- Presión Diferencial.
- Presión Compuesta (Vacío + Presión Manométrica)
- Vacío.

Por esto, el usuario debe seleccionar según la aplicación específica, cuál de las mediciones de presión se ajustan a sus requerimientos, una vez conocido esto, y sumado al rango en el que se desea operar el manómetro, se podrá determinar el tipo de elemento sensor, que puede variar entre:

- Tubo Bourdon

{	Tipo C
	Espiral
	Helicoidal



- Diafragma
- Fuelle

En la Tabla 3.4, se muestra un resumen de las características correspondiente a cada uno de los elementos sensores nombrados anteriormente.

Tabla 3.4: Características comparativas de los Sensores de Presión.

Elemento Sensor	Rango	Exactitud [% del Rango]	Comentario
Tubo Bourdon Tipo C	15 - 100.000 Psi	$\pm 0,1$ a ± 5	
Tubo Bourdon Espiral	0 - 100.000 Psi	$\pm 0,5$ %	Rangos promedios
Tubo Bourdon Helicoidal	100 - 80.000 Psi	$\pm 0,5$ a ± 1	
Diafragma Bajas Presiones	0 - 0,5 in H ₂ O	$\pm 0,5$ a ± 1	Diseñado para bajas presiones.
Diafragma	Vacío - 200 psi	$\pm 0,1$	Rangos de vacío y presión.
Fuelle	0 - 2000 psi	$\pm 0,1$	Para bajas presiones y presión diferencial.

Nota: Es práctica generalizada que los fabricantes asignen a los manómetros el elemento sensor, dependiendo del rango y tipo de presión o vacío, para el cual han sido fabricados.

Una vez determinado el tipo de presión o vacío; se procede a realizar un estudio de la compatibilidad del elemento sensor (tubo bourdon, diafragma o fuelle) con el fluido del proceso en estudio.

Se consultó a diversos fabricantes acerca de los materiales usados comúnmente en la fabricación de estos elementos sensores y su compatibilidad con una gran variedad de fluidos empleados en la industria.

Se presentaron materiales para fabricar el sensor tales como: Latón, Bronce, Acero, Acero Inoxidable y Monel, los cuales pueden ser emplean en una gran cantidad de fluidos



industriales, pero también existen otros fluidos donde no se cuenta con un material para el sensor compatible, por lo que se ha previsto la utilización de un sello de diafragma o diafragma aislante, el cual conectado a la entrada del instrumento de presión aísla el elemento de medición (sensor), del fluido del proceso; el espacio entre el diafragma y el elemento sensor es llenado con un líquido apropiado (generalmente se emplea aceite de Silicona, Silicona o Glicerina, u otro fluido inerte)

Este diafragma aislante se emplea en una gran variedad de procesos donde fluidos corrosivos, viscosos o lodos pueden ser encontrados, este diafragma suele ser de Vitón, Acero Inoxidable 316, Neopreno materiales característicos por su propiedades mecánicas y su resistencia a la corrosión.

Todas estas propiedades y características se han resumido a fin de obtener la tabla 3.5 con los principales fluidos de proceso y los materiales más comunes para la fabricación del elemento sensor o diafragma de sellado (cuando éste sea necesario).

La tabla 3.5 siguiente asume la temperatura media de los fluidos inferior a los 200 °F, exceptuando en los casos en que se especifique lo contrario.

Otra consideración a evaluar, es determinar si bajo condiciones de operación el manómetro debe estar sometido a vibraciones severas y/o presiones pulsantes, por lo que será necesario seleccionar un manómetro lleno de líquido, pues esto garantiza estabilidad en las lecturas y permite obtener una vida de servicio normal.

Una vez cumplidos con estos pasos, se procede a determinar el material de la caja (carcasa) y de la ventana; a partir de las condiciones ambientales, para lo cual será necesario determinar si el medio donde estará instalado el manómetro es de carácter corrosivo, pues en ese caso el material de la caja deberá ser acero inoxidable, u otro material disponible por el fabricante para estos casos.

A su vez si la temperatura ambiente máxima es superior a los 250°F no será posible emplear plástico ni Fenol como materiales para la caja.



Tabla 3.5: Materiales para el sensor compatibles con los fluidos

Fluidos de Aplicación	Material Sensor de Presión				
	Latón o Bronce	Acero	Acero Inoxidable	Monel	Diafragma Aislante
Acetona *	•		•	•	
Acetileno (seco)		•	•		
Ácido Acético			•		
Ácido Benzoico < 70%			•		
Ácido Bórico < 25%			•		
Ácido Butírico < 10%			•		
Ácido Crómico					•
Ácido Cítrico 10 - 50%			•		
Ácido Fosfórico < 80% *			•		
Ácido Fórmico *					•
Ácido Hidroclórico					•
Ácido Hidrobrómico					•
Ácido Hidrofluórico					•
Ácido Láctico < 70% *			•		
Ácido Nítrico < 95% *			•		
Ácido Oleico	•				•
Ácido Oxálico *					•
Ácido Palmítico > 99% *			•		
Ácido Pírico < 10%			•		
Ácido Tánico < 80%	•	•	•	•	
Ácido Tartárico			•	•	
Ácido Sulfúrico					•
Aire	•	•	•	•	
Alcohol, Etil	•		•	•	
Agua	•		•	•	
Agua de mar				•	
Benceno < 50%			•	•	
Bicarbonato de Sodio <20%			•	•	



Fluido del Proceso	Material Sensor de Presión				
	Latón o Bronce	Acero	Acero Inoxidable	Monel	Diafragma Aislante
Butano	•	•	•	•	
Carbonato de Sodio < 40%				•	
Cerveza			•		
Cloro (seco)					•
Cloro (húmedo)					•
Cloroformo (seco)			•	•	
Cloruro de Calcio < 80%					•
Cloruro de Estaño < 10%					
Cloruro Férrico < 40%					•
Cloruro Ferroso < 30%					•
Cloruro de Magnesio < 40%					•
Cloruro de Mercurio < 60%			•		
Cloruro de Níquel > 99%			•		
Cloruro de Zinc < 25%					•
Cromato de Sodio < 60%	•	•	•	•	
Dióxido de Carbono (seco)	•	•	•	•	
Dióxido de Azufre > 99%					•
Etil Acetato	•		•	•	
Formaldehído < 95%			•	•	
Freón		•	•		
Gasolina	•		•		
Glicerina > 99%	•	•	•	•	
Hidrógeno **	•		•		
Hidróxido de Calcio < 50%					•
Hidróxido de Sodio < 40%				•	
Hipoclorito de Sodio < 25%					•
Kerosén	•	•	•	•	
Leche			•		
Mercurio > 99%		•	•		



Fluido del Proceso	Material Sensor de Presión				
	Latón o Bronce	Acero	Acero Inoxidable	Monel	Diafragma Aislante
Monóxido de Carbono > 99%	•	•	•	•	
Nafta > 99%	•	•	•	•	
Naftalina > 99%			•		
Nitrato de Plata < 70%					•
Nitrógeno	•	•	•	•	
Oxígeno (Gas) ♦	•		•	•	
Peróxido de Hidrógeno < 50%			•		
Petróleo (Pesado)				•	
Petróleo (Liviano)			•	•	
Propano (seco)		•	•	•	
Silicato de Sodio < 50%		•	•	•	
Sulfuro de Sodio < 50%					•
Sulfato de Zinc < 40% *					•
Tolueno > 99%	•	•	•	•	
Trementina > 98%	•		•	•	
Vapor	•	•	•	•	
Whisky			•		

* Temperatura media hasta 100°F

** Hasta 1000 psi - todo el sistema debe ser de acero inoxidable 316.

- ♦ Bronce y acero inoxidable 316 son aceptables para servicio con oxígeno, con tal que el instrumento haya sido limpiado con oxígeno y este libre de aceite.



En cuanto al material de la ventana se tomarán los datos suministrados por el usuario de la temperatura mínima y máxima ambiental, y se comparará con los datos obtenidos a través de los fabricantes sobre las temperaturas que soportan los diferentes materiales empleados para la fabricación de las ventanas de los manómetros.

Tabla 3.6 : Características de los materiales empleados para la fabricación de las ventanas de los manómetros

Material Ventana	Temperatura Ambiente	
	Mínima °F	Máxima °F
Vidrio	-50	350
Vidrio Anti-Reflejo	-50	350
Acrílico (Plexiglás)	-50	180
Polycarbono (Lexan)	-50	270
Vidrio de Seguridad	-50	200

A fin de asegurar una larga vida y lecturas correctas, los manómetros de presión no deben ser sometidos a procesos o ambientes con temperaturas superiores a los 150°F, pues largo tiempo de exposición a esta temperatura puede causar decoloración del dial.

Seguidamente se garantizará que el manómetro cumpla los datos introducidos por el usuario, referentes al rango y a la exactitud, para luego ocuparnos de las limitaciones de espacio, determinadas por la variable de entrada "Tamaño del Dial", lo cual permitirá al usuario seleccionar el tamaño del dial, a fin, de poder ser ubicado en la configuración del sistema sin ocasionar perturbaciones.

El resto de las características como localización dependerá de los datos introducidos por el usuario, aún así, existen consideraciones tales como; el número de entradas a proceso necesarias para medir presión diferencial es necesariamente dos (2); mientras que si hablamos de las escalas, ésta pueden ser simples o dobles, esto dependerá del usuario, pues es él quien



determinará si en su proceso se requiere que la medición de presión sea cuantificable por medio de dos unidades, a fin de garantizar y establecer un mejor servicio.

Además, se debe cumplir con los requisitos de grado de protección y seguridad que ha exigido el usuario para el instrumento, que dependerán a su vez del área potencialmente peligrosa donde será ubicado.

También se ha considerado la incorporación de ciertos accesorios al manómetro, que en la práctica muchas veces suelen olvidarse, pero que a lo largo son requeridos por el proceso, tal es el caso de las válvulas de distribución o "manifolds" elemento empleado especialmente en la medición de presión diferencial, estas válvulas permiten direccionar o drenar presión en un momento determinado cuando el proceso de medición debe ser interrumpido, o el proceso en sí lo requiera; el número de estas válvulas pueden variar en números de 2, 3 y 5 según disposiciones del fabricante y selección del usuario.

Manómetros Receptores.

Estos manómetros operan basados en el principio de funcionamiento explicado en los manómetros de lectura directa, su principal diferencia radica en que estos no realizan una lectura de presión de un proceso, sino que sirven de entrada a una salida analógica proveniente de algún instrumento o proceso particular.

En los manómetros receptores la entrada puede ser de 3 – 15 psi o de 3-27 psi las condiciones de operación también son consideradas, como la temperatura de operación que debe soportar y la temperatura ambiental a la cual será sometido, el resto de los criterios de selección resultan similares a los empleados en manómetros de lectura directa.

SELECCIÓN DE TRANSMISORES DE PRESIÓN.

Esta sección presenta un número de consideraciones que deben ser observadas a fin de garantizar una correcta selección de los transmisores de presión.

Para iniciar la selección, primero es necesario conocer el tipo de medición que requiere el proceso, para lo cual contamos con las siguientes alternativas:

- Presión Absoluta.
- Presión Manométrica.
- Presión Diferencial.
- Presión Compuesta (Vacío + P. Manométrica.)



- Vacío.

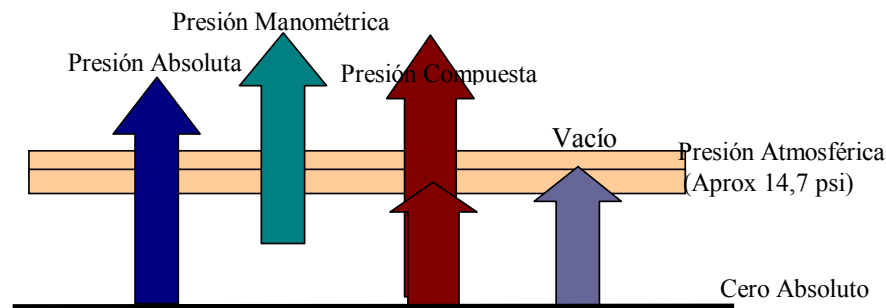


Figura 3.1: Diagrama de las mediciones de presión

Una vez establecida la medición de presión que se desea emplear, es necesario conocer la sección o secciones del transmisor que estarán expuestas al contacto con el fluido o medio del proceso, tales como: el diafragma aislante, las bridas, adaptadores para la conexión a proceso y los sellos (O - Rings) colocados en la conexión a proceso.

Estas secciones en contacto con el fluido de trabajo, deben fabricarse de materiales, tales que, no se vean afectadas sus propiedades por el fluido del proceso.

Se obtuvo una tabla con los materiales más comunes para la fabricación del diafragma aislante (Tabla 3.7), los adaptadores, las bridas y los sellos, y se estableció su resistencia a la corrosión a una diversidad de fluidos empleados en la industria.

De esta manera, queda seleccionado el material o materiales de los elementos en contacto con el fluido del proceso.

También se realizan consideraciones de temperatura máxima tanto del proceso como del ambiente; frecuentemente un transmisor de presión no opera adecuadamente a temperaturas de proceso superiores a los 225°F (107°C), esta temperatura máxima de operación viene en muchos casos determinada por el fluido de llenado, empleado en el diafragma aislante, en donde la temperatura máximas oscila entre los 185°F (85°C) y los 212°F (100°C) y en otras muchas ocasiones viene dado por el material de los sellos de proceso (O - Ring) empleados por los fabricantes de transmisores de presión donde la temperatura máxima suele ser de 185°F (85°C); por lo que el fabricante proporcionará la temperatura máxima de operación que soporta el instrumento, para la configuración de materiales empleados en su construcción.



Tabla 3.7: Materiales para la fabricación de las secciones del transmisor en contacto con los fluidos de proceso

Fluidos de Proceso	Brida /Adaptador				Diafragma Aislante				Sellos			
	316 SST	Monel	Hastelloy	Ni/Plata	316 SST	Monel	Hastelloy	Tantalio	Buna N	Viton	Teflón	E. Prop.
Acetato de Amonio (<200 °F)	E	E	E	E	E	E	E	E	B	P	E	E
Acetileno (100%, <250 °F)*	E	E	E	E	E	E	E	E	B	E	E	E
Ácido Acético (<50%)*	E	B	E	P	E	F	E	E	B	F	E	E
Ácido Acético (>50%)*	E	B	E	P	B	F	E	E	B	F	E	E
Ácido Acético (<50%, <200 °F)*	E	P	E	P	E	P	E	E	P	P	E	E
Ácido Acético (>50%, <200 °F)*	E	P	E	P	B	P	E	E	P	P	E	E
Ácido Acético (>50%, >200 °F)*	F	-	-	P	-	-	-	E	P	P	E	E
Ácido Carbónico (100%, <500 °F)	E	E	E	E	E	E	E	E	B	E	E	E
Ácido Cítrico (<50%, <200 °F)	E	E	E	B	E	B	E	E	B	B	E	E
Ácido Cítrico (>50%, <200 °F)	P	E	E	B	P	B	E	E	B	E	E	F
Ácido Clórico (<20%)	P	P	E	P	P	P	E	E	P	P	E	-
Ácido Fosfórico (<50%)*	E	F	-	F	E	P	-	-	F	E	E	B
Ácido Fosfórico (>50%)*	B	P	-	P	B	P	-	-	F	E	E	B
Ácido Fosfórico (<10%, caldera.)*	F	P	-	P	P	P	-	-	P	E	E	B
Ácido Hidroclórico (<1%)	P	B	B	B	P	B	B	E	F	E	E	B
Ácido Hidroclórico (>2%, RT-cal.)*	P	P	F	P	P	P	P	E	P	E	E	F
Ácido Hidrofluórico (<50%)*	P	E	E	B	P	B	B	P	P	E	E	F
Ácido Hidrofluórico (>50%)*	P	E	B	F	P	B	B	P	P	B	E	F
Ácido Nítrico (20%)	E	P	B	P	E	P	P	E	P	E	E	P
Ácido Nítrico (20%, 200 °F)	E	P	P	P	B	P	P	E	P	G	E	P
Ácido Nítrico (65%, caldera.)	B	P	P	P	P	P	P	E	P	F	E	P
Ácido Nítrico (conc., caliente)	P	P	F	P	P	P	P	E	P	P	E	P
Ácido Nítrico (humo)	E	P	B	P	E	P	B	E	P	F	E	P
Ácido Sulfúrico (<2%)*	B	F	E	P	B	P	E	E	B	E	E	P
Ácido Sulfúrico (2–40%)*	F	B	E	P	P	B	E	E	F	E	E	P
Ácido Sulfúrico (conc.>95%)*	E	P	E	P	B	P	E	E	P	B	E	P
Ácido Sulfúrico (10%–conc.,cald.)*	P	P	P	P	P	P	P	E	P	B	E	P
Agua Clorada (sat.)	P	B	E	F	P ^{1,2}	F	E	E	P	E	E	P
Agua (dulce y destilada)	E	E	E	E	E	E	E	E	B	E	E	-
Agua de mar	B	E	E	B	F ^{1,2}	E	E	E	B	E	E	E
Aguas Residuales	E	E	E	E	E	E	B	E	E	E	E	B
Agua Subterránea	E	B	E	P	B ²	F	E	E	B	E	E	-
Aire	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Alcohol	E	E	E	B	E	E	E	E	F	E	E	E



Fluidos de Proceso	Brida /Adaptador				Diafragma Aislante				Sellos			
	316 SST	Monel	Hastelloy	Ni/Plata	316 SST	Monel	Hastelloy	Tantalio	Buna N	Viton	Teflón	E. Prop.
Amoníaco(anh., <500 °F)	E	E	E	E	E	E	E	-	B	P	E	B
Anilina (100%, <200 °F)	E	E	E	B	E	B	B	E	B	B	E	B
Azufre (fundido, seco, 230 °F)	E	E	E	B	B	B	E	E	P	E	E	B
Benceno	E	E	E	E	E	E	B	E	P	B	E	P
Bicarbonato de Amonio (<175 °F)	E	P	E	P	E	P	B	E	P	E	E	E
Bromo (seco)	F	F	F	B	P	P	P	E	P	B	E	P
Bromo (húmedo)	F	F	F	F	P	P	P	E	P	B	E	P
Bromuro de Amonio (<20%)	E	E	E	B	B ²	B	B	E	-	-	E	-
Carbonato de Calcio (100%, <200 °F)	E	E	E	E	E	B	B	E	E	E	E	B
Celulosa de Acetato (100%, <100 °F)	E	E	E	B	E	B	E	E	P	P	E	E
Celulosa de Nitrato (100%, <200 °F)	E	E	E	B	B	B	B	E	-	-	E	-
Cerveza	E	E	E	E	E	E	E	E	B	E	E	F
Cloroformo (80–100%, <200 °F)	E	E	E	E	B	E	B	E	P	B	E	P
Cloruro Férrico (<10%)	P	F	E	P	P ^{1,2}	P	E	E	B	B	E	F
Cloruro Férrico (<40%, caliente)	P	P	B	P	P ^{1,2}	P	F	E	B	B	E	F
Cloro Gas (seco)	B	B	E	B	F	B	B	E	P	B	E	P
Cloro Gas (húmedo)	P	B	B	P	P ^{1,2}	B	F	E	P	P	E	-
Cloro Gas (liq. anh)	F	B	E	-	P	B	B	E	P	B	E	-
Cloruro de Amonio (<10%, <200 °F)	E	E	E	B	E ^{1,2}	B	E	E	P	E	E	E
Cloruro de Amonio (10–20%, <200 °F)	E	E	E	B	B ^{1,2}	B	E	E	P	E	E	E
Cloruro de Calcio (<50%)	E	E	E	E	B ^{1,2}	B	E	E	E	E	E	E
Cloruro de Calcio (>50%)	E	-	E	G	B ^{1,2}	-	E	E	F	G	E	G
Cloruro de Hidrógeno (anh., <500 °F)	B	E	E	E	F	B	E	E	B	E	E	-
Cloruro de Hidrógeno (hum.)	F	F	F	F	P	P	-	E	P	E	E	-
Cloruro de Potasio (<40%, <200 °F)	E	E	E	G	E	G	E	E	F	E	E	B
Cloruro de Sodio (<40%, <200 °F)	E	E	E	F	G	E	E	E	E	E	E	G
Cloruro de Vinilo (100%)	E	E	E	E	B	E	E	-	P	-	E	-
DiCloruro de Etileno (100%, <200 °F)	E	E	E	G	G ^{1,2}	G	G	E	P	G	E	P
Dióxido de Azufre (seco)	E	P	G	P	G	P	F	E	P	G	E	E
Dióxido de Azufre (hum.)	E	P	E	P	G	P	F	E	P	F	E	G
Dióxido de Carbono (gas)	E	E	E	E	E	E	E	E	E	G	E	-
Estireno	E	E	E	E	E	G	E	-	-	-	-	-
Fluoruro de Hidrógeno (seco, <500 °F)	G	E	E	E	F	G	G	P	P	E	E	-
Fosfato de Amonio (Mono Basic)	E	G	E	F	E	F	E	E	G	E	E	G



Fluidos de Proceso	Brida /Adaptador				Diafragma Aislante				Sellos			
	316 SST	Monel	Hastelloy	Ni/Plata	316 SST	Monel	Hastelloy	Tantalio	Buna N	Viton	Teflón	E. Prop.
Fosfato de Amonio (Di Básico)	E	G	E	-	E	F	E	-	G	E	E	G
Fosfato de Amonio (Tri Básico)	E	E	E	-	E	G	E	-	G	E	E	G
Freón (gas, hum.)	E	E	E	F	G	E	E	E	G	P	E	P
Gas Natural (liq.)	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	P
Glicerol (0–100%, <200 °F)*	E	E	E	G	E	E	E	E	E	E	E	E
Hidrógeno Gas (<500 °F)	E	E	E	E	E	E	E	E	F	G	E	G
Hidróxido de Amonio (<40%)	E	F	E	F	E	P	E	P	P	F	E	G
Hidróxido de Sodio (50%)	E	E	E	E	E ¹	E	E	P	F	G	E	-
Hidróxido de Sodio (<40%, <150 °F)	E	E	E	E	E ¹	E	G	P	P	F	E	G
Hidróxido de Sodio (40–75%, <150° F)	E	E	E	E	G ¹	E	G	P	P	P	E	-
Hidróxido de Sodio (fundido)	F	F	P	G	P ¹	F	P	P	P	P	P	-
Isopropanol (<200 °F)	E	E	E	E	E	E	E	E	-	-	-	-
Jugo de Frutas	E	E	-	-	E	G	-	-	G	E	E	E
Licor Blanco	E	E	E	-	E	G	E	E	G	E	E	-
Licor Negro (sulfato)	E	G	E	-	G ^{1,2}	G	E	E	F	G	E	-
Licor Verde(Sulfate, <200 °F)	E	E	E	G	E	E	E	E	E	E	E	E
Licor Verde (NaOH)	E	E	E	E	E ¹	E	E	E	P	G	E	-
Metanol	E	E	E	E	G	G	E	E	E	F	E	-
Nitrato de Amonio (<200 °F)	E	F	E	F	E	P	G	E	E	E	E	E
Nitrato de Potasio (<200 °F)	E	E	E	E	G	G	G	-	E	E	E	E
Oxígeno Gas	E	E	E	E	E	E	E	E	G	E	E	E
Oxalato de Amonio (<40%, <200 °F)	E	E	E	P	G	G	G	E	E	E	E	-
Oxido Nitroso	G	P	G	P	G	P	G	E	P	E	E	-
Petróleo (Pesado)	E	E	E	-	G	E	E	-	G	G	E	P
Peróxido de Hidrógeno	E	F	E	F	G	P	E	E ¹	P	E	E	F
Polietileno (100%, <200 °F)	E	E	E	E	E	E	E	E	-	-	-	-
Propano (100%, <200 °F)	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	P
Propileno DiCloruro de (100%)	E	E	E	E	G	G	G	-	-	-	-	-
Propileno Oxide (<200 °F)	E	-	-	-	E	-	-	-	P	P	E	E
Salmuera (Calcio, diluido.)	G	G	E	G	P ²	F	E	E	E	E	E	E
Sulfato de Amonio (<40%, <200 °F)	E	F	E	G	G	F	G	E	G	E	E	E
Sulfato de Calcio (sat.)	E	E	E	E	G	G	G	E	E	E	E	G
Sulfuro de Hidrógeno (seco, <200 °F)	E	E	E	G	E ¹	G	G	E	E	E	E	E
Sulfuro de Hidrógeno (hum., <200 °F)	G	F	E	G	G ^{1,2}	P	E	E	P	E	E	G



Fluidos de Proceso	Brida /Adaptador				Diafragma Aislante				Sellos			
	316 SST	Monel	Hastelloy	Ni/Plata	316 SST	Monel	Hastelloy	Tantalio	Buna N	Viton	Teflón	E. Prop.
Sulfato de Aluminio (<50%, <200 °F)	E	G	E	P	E ¹	F	E	E	F	E	E	G
Sulfato de Aluminio (>50%, <200 °F)	F	F	E	P	P ¹	P	E	E	F	E	E	G
TetraCloruro de Carbono (seco–hum)	E	E	E	E	G	E	E	E	F	G	E	F
Tricloroetileno (80–100%)	E	E	E	G	E	E	G	-	P	E	E	P
Vapor (<500 °F)	E	E	E	E	E	E	E	E	P	F	E	P
Xileno (100%, <200 °F)	E	E	E	E	E	E	E	E	P	E	E	P

1 = Puede causar grietas de esfuerzos corrosivos.

2 = Puede causar perforaciones.

E = excelente resistencia a la corrosión. Tasa de corrosión < 0,002 in (0,05 mm) por año. Mejor selección para el material del diafragma.

B = buena resistencia a la corrosión. Tasa de corrosión < 0,020 in (0,50mm) por año.

F = falla resistencia a la corrosión. Tasa de corrosión 0,020 - 0,050 in (0,50-1,27 mm) por año.

P = pobre resistencia a la corrosión. Tasa de corrosión >0,050 in (1,27 mm) por año.

— = Información no disponible.

En cuanto a las altas temperaturas ambientales, éstas pueden causar efectos adversos en la vida del instrumento, la mayoría de los transmisores soportan temperaturas ambientales hasta los 200°F (93°C) y existen muchos componentes del transmisor que sólo soportan temperaturas ambientales de hasta 185°F (85°C), que vienen dadas por los materiales en que fueron fabricados.

Siguiendo con la selección del transmisor, es necesario considerar los rangos y la presión máxima que soporta el transmisor. Una vez conocido el valor mínimo y máximos de presión de operación en el cual el usuario desea operar, o medir en el caso de los transmisores de presión diferenciales necesario establecer la condición de sobrepresión que soporta el transmisor.

Los transmisores de presión manométrica deben tener un valor de sobrepresión superior al 100% del rango máximo de la presión de proceso, mientras que para los



transmisores de presión diferencial, este valor de sobrepresión debe ser lo más elevado posible, pues en ocasiones puede alcanzarse la sobrepresión accidentalmente, cuando las válvulas "manifolds" son operadas erróneamente, por lo que el valor de sobrepresión debe estar en el orden del 100 al 300% del valor máximo de presión de proceso.

Este valor de sobrepresión no daña el transmisor, pero ocasiona que sea necesario la recalibración del transmisor.

En cuanto a las condiciones del medio, el transmisor debe ser capaz de operar en ambientes con humedad relativa del 0 al 100%; también es necesario evaluar la capacidad corrosiva de medio ambiente, pues aplicaciones en refinerías ubicadas en las costas, están sujetas a corrosión por el agua salada, otros casos en los que el medio esta en contacto con soluciones ácidas o básicas; por lo que para éstas aplicaciones es necesario emplear materiales resistentes a la corrosión para la cubierta, caja o carcasa del transmisor; así como, para los accesorios (tornillos, acoples, etc.), en donde el material por excelencia para estos casos es el acero inoxidable, especialmente el acero 316, pues posee resistencia a las soluciones corrosivas alcalinas, ácidos orgánicos y otros compuestos orgánicos, así como al agua de mar. Existen otros materiales aplicables como Hastelloy C, Monel, etc.

En cuanto a la disposición del montaje para el transmisor, la gran mayoría de estos, pueden ser ubicados en cualquier posición y orientación; pero es el usuario el que debe elegir si el montaje en superficie, panel o pared.

Tanto la conexión a proceso, como la conexión eléctrica, serán seleccionadas por el usuario, y variaran según disposiciones de montaje y diseño de la estructura existente.

Por otro lado las características estáticas, como el rango y la exactitud; y las características dinámicas, como el tiempo de respuesta del transmisor, se seleccionarán a partir de los valores introducidos por el usuario,

La salida del transmisor viene determinada por el número de cables que de él salen, la salida estándar para transmisores de 2 cables es de 4 – 20 mA dc ó 10 – 50 mA dc, donde uno de estos cables se emplea para potencia y el otro para transmitir la señal. La unidad de dos cables, requiere una fuente de poder externa de voltaje de corriente continua; el transmisor de tres cables también requiere de una fuente de voltaje, con una salida común para potencia y



transmisión de señal y provee una salida de 4 – 20 mA dc, 10 – 50 mA dc ó señal con base en cero; y en transmisores de cuatro cables, dos de estos se emplean para transmitir señal y los otros dos para potencia, requiere de 115 Vac y la unidad tiene un transformador, un rectificador y un regulador y produce un señal con base el cero, la más común es 0 – 5 V dc.

Actualmente la salida de los transmisores no viene dada sólo por la salida analógica, ahora es posible la integración de protocolos de comunicación, que permiten establece una comunicación digital entre el instrumento y el terminal, lo que aumenta la facilidad de diagnosticar y corregir fallas de medición durante el proceso.

Todo esto nos lleva a proporcionarle una serie de alternativas para la salida del transmisor que el usuario debe seleccionar, a fin de que el transmisor pueda ser instalado sin problemas de compatibilidad con los sistemas existentes. Caso similar ocurre con la fuente de poder, que será el mismo usuario, quien disponga cual es la disponibilidad de la fuente con la cual el instrumento debe ser compatible.

Otra selección que dependerá del usuario, será la de que el transmisor cuente o no con indicación local, esto es posible debido a que en numerosas ocasiones los fabricantes de transmisores de presión proporcionan al usuario la posibilidad de adaptar un indicador local generalmente digital.

También el usuario tendrá la posibilidad de seleccionar el número de válvulas de distribución (manifolds), que según el fabricante y la aplicación, pueden variar de 3 hasta 5, es práctica recomendada emplear 2 válvulas para medición de presión manométrica y absoluta, mientras que para presión diferencial suelen emplearse no menos de 3 válvulas.

En cuanto a la seguridad con que debe contar el equipo, así como su capacidad para ser integrados a áreas peligrosas, también dependerá de las disposiciones del usuario, para lo cual se le presentan alternativas en cuanto a la clasificación de área, el grado de protección y el organismo de certificación.

SELECCIÓN DE INTERRUPTORES DE PRESIÓN.

Para la selección de los interruptores de presión, es necesario realizar una serie de consideraciones funcionales y estructurales que a continuación se especifican.



Al igual que en los manómetros y transmisores, primero es necesario conocer el tipo de medición de presión que desea el usuario; este podrá escoger entre interruptores de presión manométrica, diferencial y de presión compuesta.

Para iniciar la selección de los interruptores de presión es necesario determinar el rango de presión en que se desea que el interruptor opere.

Luego se procede a analizar el tipo de interruptor, es decir su funcionamiento existen interruptores de mercurio y los llamados interruptores de contacto (“Snap”), de más frecuente uso en la actualidad.

Una vez determinado el tipo de interruptor, se procede a seleccionar el actuador, el cual responde a cambios de presión o presión diferencial y opera el elemento interruptor en respuesta a estos cambios.

El actuador esta normalmente expuesto al fluido del proceso y por lo tanto debe ser químicamente compatible con éste. La siguiente información puede ser usada para seleccionar el tipo de actuador.

- Para rangos nominales de presión de 0 – 15psi hasta de 0 – 3000psi, se suele emplear el pistón de diafragma sellado, en este actuador, la presión de proceso actúa en el área del pistón, venciendo la fuerza del resorte de ajuste y actuando así el interruptor, esta disponible en materiales como Buna N, Teflón y Vitón.
- Para rangos de presión diferencial un actuador del tipo diafragma es el más apropiado y esta disponible en Vitón, Buna y Teflón.
- Para altas presiones diferenciales (3 – 15psi hasta 60 – 600psi), se emplea un pistón de diafragma sellado doble, altamente deseable en aplicaciones con altas presiones estáticas.
- Para presiones de hasta 4000psi son posibles actuadores de pistón de acero inoxidable.

Ahora pasaremos a analizar la posición normal del interruptor, esta se refiere a la posición del contacto antes de que la presión actúe sobre él, por lo que existen los interruptores normalmente abiertos que se cierran cuando el interruptor esta actuando, y los interruptores normalmente cerrados que se abren cuando el interruptor actúa.



La mayoría de los interruptores cuentan con ambas opciones, es decir, pueden cablearse normalmente cerrado o normalmente abierto, aunque se recomienda emplear interruptores normalmente abiertos para aplicaciones de ajuste de disparo por baja presión e interruptores normalmente cerrados para ajuste de disparo por alta presión; esto a fin de garantizar el principio de falla segura en los interruptores de presión

Luego es necesario determinar el número de elementos eléctricos de interrupción, estos puede simple o doble. También, es necesario conocer la funcionalidad que tendrá el transmisor; es decir es necesario saber si el transmisor será usado para alarma y/o parada; en tal caso sólo será necesario un único punto de ajuste, para aplicaciones en bombas y compresores, se dispondrá de dobles puntos de ajuste, pero será el usuario quien determine finalmente el número de puntos de ajuste con que debe contar el interruptor.

A partir el número de elementos se puede determinar la forma de ajuste, esta puede ser del tipo SPST (“Single Pole – Single Throw”, Polo Simple- Simple Tiro), SPDT (“Single Pole – Double Throw”, Polo Simple- Doble Tiro), esta configuración cuenta con un contacto normalmente abierto, uno normalmente cerrado y un terminal común; o puede ser del tipo DPDT ó 2SPDT (“Double Pole – Double Throw”, Doble Polo-Doble Tiro), la cual, cuenta con dos contactos normalmente cerrado y dos normalmente abierto, la configuración elegida (SPDT o DPDT), dependerá de la aplicación para la cual el usuario haya decidido emplear el interruptor.

Una característica que cobra importancia para los interruptores es la referente a la “banda muerta”, donde en términos prácticos se define como la diferencia entre el punto de ajuste (setpoint) y el punto de normalización (resetpoint); por lo que en muchos casos es conveniente que la banda muerta sea estrecha a fin de que sea posible alcanzar las condiciones de operatividad sin la necesidad de recurrir a mecanismos externos al proceso, pero esta condición deberá ser fijada por el usuario, quien además determinará si desea que esta banda muerta sea fija o ajustable.

Otro aspecto importante en la selección de los interruptores de presión corresponde al Rating del contacto (“Contact Rating”) que no es más que el consumo de corriente del equipo que será accionado por el interruptor, y el cual será determinado por el usuario en función de la aplicación para la cual hará la selección del interruptor de presión.



En cuanto a las características constructivas como la temperaturas mínimas y máximas tanto del ambiente como del proceso, resultan limitantes a la hora de seleccionar un interruptor, estas temperaturas límites vienen dadas por el material del actuador, así como del material de la caja o carcasa, generalmente los interruptores con actuadores fabricados en Buna N y Teflón, soportan temperaturas de proceso hasta de 150°F (66°C) y para actuadores fabricados en Vitón, Monel y Acero inoxidable 316 pueden soportar temperaturas de hasta 300°F (149°C), en cuanto a la temperatura ambiente esta puede ir desde los -20°F hasta 150°F (-29°C a 66°C), en la mayoría de los interruptores.

En cuanto a la conexión a proceso, el encerramiento, la certificación y seguridad que debe tener el interruptor forman parte de los parámetros que el usuario seleccionará tomando en cuenta el área de riesgo donde se aplicará el interruptor

3.2.3. Criterios de Selección para Medición de Nivel

Para la medición de nivel en la industria de procesos, actualmente se emplean diversos instrumentos, los cuales en su mayoría, tienen principios de funcionamiento distintos.

Existen instrumentos para medición de Nivel de líquidos de tipo mecánico, de flotador y desplazamiento; de tipo capacitivo; magnéticos, ultrasónicos, por presión diferencial, tipo radar entre otros.

Aún cuando tenemos conocimiento del uso de todos estos instrumentos, en SISTEX se han considerado los más utilizados actualmente en la industria de procesos.

SISTEX permite seleccionar, visores de nivel, interruptores tipo flotador, interruptores tipo capacitivos y los transmisores de nivel por presión diferencial. Estos instrumentos se consideran los de mayor uso actualmente.

Indicadores de Nivel:

Los indicadores de nivel de líquido más conocidos, son los visores (vidrios) de nivel. Estos son frecuentemente utilizados, debido a su sencillo funcionamiento y su alta confiabilidad, en cuanto a indicación de nivel en tanques.

Su uso está restringido a indicación local y a medición de nivel en líquidos limpios y no muy densos, ya que esto puede ocasionar la obstrucción del visor y un error en la lectura del instrumento.



Los visores de tipo plano y armado son los más utilizados, ya que soportan mayores presiones y son más seguros que los tubulares.

La selección de un visor de nivel, es una tarea relativamente sencilla, ya que las que hay que pocas variables que tomar en cuenta para su selección.

Las dos más importantes se refieren directamente a la longitud total del visor y a la longitud de nivel visible requerida para el proceso.

La longitud total del visor, está directamente relacionada con la distancia centro a centro (distancia entre tomas del tanque) (Fig. 3. 8).

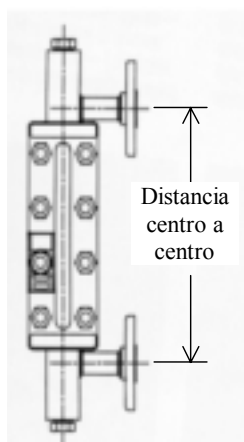


Fig. 3.8. Distancia centro a centro

La longitud visible, se refiere en realidad a la longitud de nivel que puede ser indicada por el instrumento. En caso de que el fabricante no tenga disponible la longitud visible requerida se debe seleccionar una mayor, obviamente, que la requerida.

Los visores de nivel pueden estar compuestos de una o varias secciones, y los vidrios por lo general vienen en distintos tamaños, la combinación en la cantidad de secciones para los tamaños de vidrio, permiten obtener diversas longitudes visibles de nivel.

El tipo de visor, constituye una parte importante de la selección, los visores de nivel planos, son construidos del tipo transparente o tipo reflejo ("Reflex"). En los del tipo transparente, el nivel del líquido contenido entre los cristales se observa directamente. En los tipos reflejo, se utiliza un cristal de reflexión que indica el nivel del líquido en un color oscuro. Los visores tipo reflex, soportan mayores presiones que los transparentes.



La presión y temperaturas máximas de operación, constituyen un factor importante de selección de los cristales de nivel, ya que los mismos deben soportar las condiciones de proceso existentes en el tanque donde están instalados. Los fabricantes, por lo general crean curvas de "rating" de Presión / Temperatura para cada modelo. Para el caso del programa, se hizo una aproximación por rangos para hallar el modelo más adecuado a la aplicación.

La instalación de los visores de nivel en tanque, se hace mediante válvulas manuales, las cuales deben ser seleccionadas también tomando en cuentas las condiciones de proceso.

La selección de las válvulas se hace principalmente considerando las condiciones de presión y temperatura del proceso y las conexiones al mismo. Al igual que otros instrumentos estas pueden ser: roscadas, bridadas o soldadas. Existe también una conexión entre la válvula y los cristales de nivel, esta suele ser roscada o soldada. Las válvulas utilizadas para este fin son del tipo recto o también "offset". Una de las opciones de las válvulas es si tienen sello integrados o recambiables.

La mayoría de estas opciones, deben ser seleccionadas por el usuario, ya que dependen de muchos factores propios del proceso, de la disposición de las tomas en el tanque, y de preferencias propias del usuario o empresa.

Interruptores de Nivel

Los interruptores de nivel considerados en SISTEX, son los de tipo flotador y los capacitivos.

Estos instrumentos tienen un principio de funcionamiento totalmente distinto, por lo que se hace necesario que el usuario seleccione el tipo de interruptor deseado.

Los interruptores tipo flotador, son de mecanismo sencillo y de gran economía. Son altamente usados en la industria sobre todo para alarma de alto nivel.

Para la selección de un interruptor tipo flotador, se debe tener en cuenta la gravedad específica del fluido, para la selección del tamaño del flotador, ya que se debe escoger uno, tal que en realidad el fluido ejerza una suficiente fuerza de empuje que provoque una reacción del interruptor.

Los interruptores tipo capacitancia, tienen la ventaja de que no poseen partes móviles lo que ocasiona un bajo costo en mantenimiento, puede medir interfase y su funcionamiento no es afectado por cambios en la temperatura, gravedad específica, vapor o densidad. Estos



interruptores soportan condiciones más severas de presión y temperatura que los del tipo flotador.

Para la selección de un interruptor, se deben tomar en consideración, características eléctricas, como fuente de poder (voltaje de funcionamiento), "Contact Rating". Los interruptores más utilizados poseen sistemas de interrupción de contacto o de mercurio.

Tanto en los interruptores de tipo capacitancia como en los de flotador, es importante la longitud del sensor, ya que ella es la que define el punto de ajuste del interruptor, así como su instalación.

Transmisores de Nivel

Uno de los tipos de transmisores de nivel utilizados, son los se basan en la presión diferencial como principio de funcionamiento.

La medición de nivel por este método, consiste en la proporcionalidad existente entre el nivel de un líquido en un tanque y la presión ejercida por un líquido de determinada densidad.

Es decir, para conocer el nivel líquido de un tanque, basta con medir la presión en el fondo del tanque (si el tanque es abierto), o medir la diferencia de presión entre el fondo y un punto en la parte superior.

Es decir:

$$P = H * \gamma * g \quad (\text{ecuación 3.1})$$

donde:

P: presión

H: altura del líquido sobre el instrumento

γ : densidad del líquido

g: 9,8 m/s²

Para la transmisión de nivel mediante este método, se selecciona un transmisor de presión diferencial como se explica en la sección 3.2.2. (Criterios de selección de Presión)

3.2.4.- Criterios De Selección De Flujo.

Existe una gran variedad de instrumentos de medición de flujo, muchos de ellos basados en principios de funcionamiento muy distintos, por tanto la selección del medidor de flujo debe hacerse sobre la base de la capacidad técnica de ejecutar la medición requerida.



Es así como, podemos encontrar instrumentos de medición basados en la diferencia de presión (placas orificio), en la variación de área (rotámetros), en principios electromagnéticos y a partir de la medición de la velocidad (turbinas), todo ellos con llevan al mismo fin: la medición de flujo volumétrico.

Aún cuando conocemos la existencia de otros instrumentos de medición de flujo basados en muy diversos principios de operación hemos tomado en consideración sólo una pequeña muestra de los que cuentan con mayor aplicación en la industria actual, para efectos de la selección y especificación.

Es necesario realizar consideraciones adicionales a las ya realizadas para otro tipo de instrumentos de medición de variables, pues ahora habrá de estudiarse una gran variedad de variables asociadas al fluido, tales como la viscosidad, la gravedad específica, Número de Reynolds, tal como se muestra en la Tabla 3.9.

Para reducir el campo de selección debe concentrarse la información que resulte prioritaria para el usuario, como por ejemplo el tipo de fluido de medición, los requerimientos de exactitud, la máxima caída de presión y muchas otras consideraciones que resultan de gran valor en la medición de flujo, todas estas se han recopilado y resumido y expuestas para cada uno de los medidores de flujo que constituyen a SISTEX y que se han representado a través de la siguiente tabla comparativa.

SELECCIÓN DE LAS PLACAS ORIFICIO

Es el elemento primario de flujo más conocido y comúnmente usado, debido a su bajo costo y fácil instalación, este consiste de una placa perforada instalada en la tubería. Dos tomas conectadas a la parte interior y posterior de la placa captan esta presión diferencial, la cual es proporcional al cuadrado del caudal.

Para la selección de la placa orificio primero es necesario conocer el estado del fluido a medir, así como si este contiene pequeñas partículas en suspensión, porque como se muestra en la Tabla 3.9, este tipo de medidor sólo cuenta con la posibilidad de medir líquidos, con pequeñas partículas y gases o vapor.

Una vez establecido el fluido se procede a la selección básica, esta se realiza basándose en el tipo de orificio perforado en ella, el orificio de la placa puede ser concéntrico, excéntrico o segmental.

TABLA 3.9 CARACTERÍSTICAS COMPARATIVAS DE LOS MEDIDORES DE FLUJO QUE CONSTITUYEN SISTEX.

TIPO DE MEDIDOR	EXACTITUD	RANGEABILIDAD	TEMPERATURA MÁX. DISEÑO	PRESIÓN MÁX. DE DISEÑO	VELOCIDADES FLUO	CAIDA DE PRESIÓN	DETECCIÓN DE FLIJO DE					
							LÍQUIDOS LIMPIOS	LÍQUIDO SUCIOS	LÍQUIDOS CORROSIVOS	LÍQUIDOS VISCOSOS	GAS Ó VAPOR	LODOS
Placa Orificio	$\pm 1/2^{**}$ $\pm 2^{*}$	3:1	250 °F (121°C)	4000 Psi (41000 KPa)	Baja	Alta	√	L	L	X	√	X
Rotámetros	$\pm 1/2^{*}$	5:1	400°F (204°C)	350Psi (2413 Kpa)	-	Media	√	X	X	X	√	X
Tipo Turbina	$\pm 1/4^{*}$	10:1	300°F (150°C)	1500 Psi (10342 Kpa)	Media	Alta	√	X	X	X	√	X
Tipo Magnético	$\pm 1/2^{**}$ $\pm 2^{*}$	10:1	250 °F (121°C)	285 Psi (1965 Kpa)	Media	Ninguna	√	√	√	√	X	√

* Exactitud en porcentaje de la escala

** Exactitud en porcentaje del caudal

L : En algunas aplicaciones

- : No se posee información.



En la Placa de Orificio Excéntrica, el orificio es tangente a la parte inferior de la tubería. Este tipo de placa es utilizado para medir flujo de vapor o gases que arrastran pequeñas cantidades de líquido. También se puede emplear para medir fluidos que transportan pequeñas cantidades de sólidos que pasan a través de ella y no se depositen detrás del orificio de la placa.

En la Placa de Orificio Segmental, la abertura es un segmento de círculo, cuyo diámetro es el 98% del diámetro de la tubería. La sección circular de la abertura debe ser concéntrica con la tubería, este tipo de placa debe estar exactamente centrada para asegurar que parte de la abertura no este cubierta por ligeras irregularidades de la tubería, puede ser empleada para la medición de flujo de vapor húmedo y/o líquidos que contengan sólidos granulares en suspensión.

Para continuar la selección es importante determinar la relación entre el diámetro del orificio de la placa y el diámetro interno de la tubería; esta relación se ha definido como Beta (β), y se expresa de la siguiente manera:

$$\beta = \frac{d}{D} \quad (\text{ecuación.3.2})$$

donde:

d = Diámetro del Orificio

D = Diámetro Interno de la Tubería

El diámetro del orificio de la placa debe ser seleccionado tal que la relación con el diámetro interno actual de la tubería (d/D) no exceda 0.75 para líquido y 0.70 para gas o vapor y preferiblemente no menor de 0.20. Para Beta entre 0.4 y 0.6 se pueden alcanzar las mejores mediciones. Debido al peligro de obstrucción por incrustaciones u otros materiales, el mínimo Beta no debe ser menor a 0.5 para servicio no muy limpios.

Otro de los aspectos importantes que deben ser considerados a la hora de seleccionar una placa orificio es el hecho de que se cumplan los requerimientos mínimos de distancia aguas arriba y aguas debajo de la instalación de la placa orificio, por lo que sobre la base de conocimiento tomados de las normas API, y de prácticas recomendadas por algunas compañías, se han establecido distancias mínimas a partir del componente



instalado aguas arriba, las cuales se puede sintetizar en la tabla 3.10 que se muestra a continuación.

El material de construcción de las placas orificio no resulta una limitante para su selección, siendo los materiales más usados el 304 SS, 316 SS, Hastelloy, Monel y Tantalio.

Otras consideraciones importantes relacionadas con las placas orificio son el espesor de la placa, el cual no debe exceder un treintavo del diámetro interno de la tubería, o expresado en función del diámetro del orificio, para lo cual, el espesor no debe exceder un octavo de éste y consideración es la presencia de orificios de drenaje o venteo, las mayorías de las placas para fluidos gaseosos y vapor de agua, tienen un agujero de drenaje para impedir que se acumule condensado detrás de la placa, mientras que las placas para fluidos líquidos tienen un o de venteo para impedir la acumulación de gases.

Tabla 3.10. Distancia Mínima Aguas Arriba y Aguas Abajo

Componente Aguas Arriba	Distancia Aguas Arriba en Diámetros de Tubería	Distancia Aguas Abajo en Diámetros de Tubería
Válvula de compuerta abierta	10 – 11	5
Entrada Simple *	13 – 15	5
Reductor concéntrico	12 - 14	5
Válvula de Compuerta abierta desde 0.3 hasta 0.8	19 – 27	5
Reductor Excéntrico	19 – 27	5
Reductor	15 - 19	5
Múltiple Entrada en el mismo plano	19 - 27	5
Múltiple entrada en diferente plano	30 - 35	5
Válvula Globo, Mariposa o Check	40 - 44	5

* La entrada simple incluye: codos, cruces, tambores, tanques, termopozos y tomas de presión.

Una vez seleccionado la placa orificio es necesario seleccionar las bridas de conexión que en conjunto conforman el sistema de placa orificio.



Para establecer la selección de las bridas de orificio es necesario primero determinar el tipo de brida, para lo cual se presentan alternativas según su montaje, estas pueden ser soldadas en el cuello, roscadas o deslizantes y por otro lado se selecciona el material de las bridas, siendo el más común acero al carbono, o acero inoxidable.

Por último se establece el tipo y tamaño de las tomas, que varían de acuerdo a la ubicación de su instalación, siendo estas tomas en las bridas, tomas en la vena contracta, toma a lo largo de la tubería y otras, en cuanto al tamaño esta suele ser casi en el 99% de los casos de 1/2 de pulgada.

SELECCIÓN DE ROTÁMETROS.

Este tipo de medidor se basa en el principio de variación de área de un flotador, dentro de un tubo, la cual resulta proporcional al flujo del fluido.

Para su selección se requieren conocer ciertas condiciones del proceso tales como determinar el tipo o estado del fluido, es decir, si este es líquido o gas, esto permite a su vez determinar el rango máximo de caudal que puede manejar el rotámetro.

También es necesario establecer la viscosidad de operación del fluido, ya que el rotámetro en el caso de trabajar con fluidos en estado líquido, tiene un valor máximo de viscosidad.

Otro aspecto relacionado con las condiciones de proceso es la temperatura máxima de operación que soporta la cual determinará el material del tubo de medición, ya que se cuenta con dos alternativas, tubos de medición de vidrio que soportan temperaturas de hasta 400°F (204.4°C) y tubos de medición de metal, siendo estos últimos capaces de soportar temperaturas de hasta 1000°F (537.8°F).

A continuación es necesario precisar el tipo de flotador, el cual puede ser esférico, para bajos caudales y que se ve afectado notablemente por la viscosidad del fluido, flotadores cilíndricos con borde plano, los cuales operan con caudales medios y con una influencia media de la viscosidad (tipo RS), los cilindros de borde saliente que es capaz de manejar grandes caudales con baja influencia de la viscosidad (Tipo RV) y por último los flotadores cilíndricos de tubo ahusado con guía central (Tipo LJ), que no se ve afectado por la viscosidad.

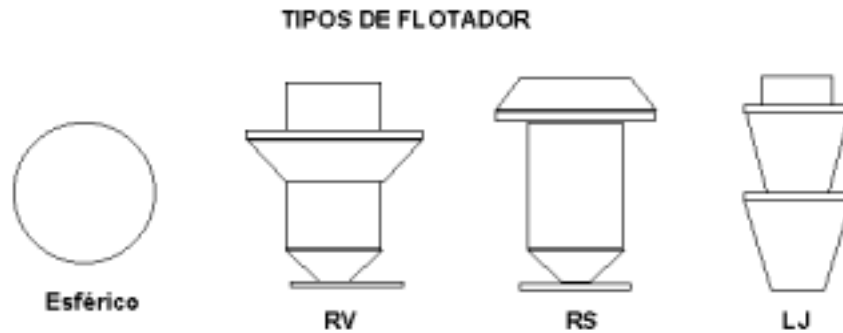


Fig 3.2: Tipos de Flotador empleados en los Rotámetros

Por otro lado es necesario establecer el tipo de conexión, si es roscada o bridada, su tamaño y la localización, los rotámetros pueden contar con dirección de conexión de entrada y salida, diferentes entre sí, es decir, la conexión de entrada puede ser horizontal o vertical y la salida también estableciéndose cualquier combinación entre ellas.

Y por último es necesario determinar si está presente algún accesorio para el montaje.

SELECCIÓN DEL MEDIDOR TIPO TURBINA

Este medidor consiste de una rotor que gira al paso del fluido con una velocidad directamente proporcional al caudal.

Este tipo de medidor permite la medición de flujo unidireccional o bidireccional, y en cualquier dirección del flujo (horizontal o vertical) lo cual lo convierte en un elemento versátil de emplear en una gran cantidad de procesos industriales.

La principal limitante para la selección de un medidor tipo turbina es la viscosidad del fluido a la temperatura de operación, así como la gravedad específica del mismo, por lo que a continuación se listan una serie de fluidos (Tabla 3.11), así como la gravedad específica y la viscosidad calculada a la temperatura de operación ahí indicada, que ha sido establecida en SISTEX.

Una vez determinado el fluido y sus condiciones de operación, se procede a establecer el dimensionamiento y los materiales de los diferentes componentes del medidor de turbina, para esto es necesario que el usuario introduzca la información referente al diámetro nominal de la tubería donde se desea realizar la instalación.



También es necesario determinar el tipo de conexión bridada con que se conectará el instrumento medidor al proceso, así como la capacidad o presión máxima que soporta dicha brida.

Tabla 3.11 Fluidos Típicos De Medición Por Turbinas.

Tipo de Fluido	Gravedad Específica	Viscosidad (cS)	Temp. Operación (°F)	Temp. Operación(°C)
Aceite Combustible, N°1	0.85	2.3	80	27
Aceite Combustible, N°2	0.85	5.8	80	27
Aceite Combustible, N°3	0.85	8.3	80	27
Aceite Combustible, N°5A	0.85	43	80	27
Aceite Combustible, N°5B	0.85	108	80	27
Aceite Diesel No.2D	0.89	13	60	16
Aceite Diesel No.3D	0.89	16	80	27
Aceite Diesel No.4D	0.89	61	80	27
Aceite SAE 10	0.89	77	100	38
Aceite SAE 20	0.89	84	140	60
Ácido Sulfúrico	1.83	18	60	16
Dietileno	1.12	39	60	16
Etileno	1.125	22	60	16
Petróleo, 35.6°API	0.85	15.3	100	38
Petróleo, 40°API	0.83	8.4	100	38
Petróleo, 48°API	0.79	3.5	100	38
Propano	0.54	2.1	60	16
Propileno	1.038	63	60	16
Trementina	0.86	1.5	60	16
Trietileno	1.125	49	60	16



Aunado ha estas características es necesario determinar el tipo de protección con que debe contar el equipo para ser ubicado en áreas potencialmente peligrosas, el cual se hará según selección del usuario, pues será él quien determinará la ubicación del instrumento de medición.

Una vez seleccionadas las características concernientes al medidor en sí, se cuenta con la selección de los instrumentos secundarios, como lo son el preamplificador y el indicador o totalizador.

Estos instrumentos secundarios serán seleccionados por el usuario sobre la base de los requerimiento de potencia, funciones de salida, y distancia máxima de transmisión, en el caso de los preamplificadores estos varía si su aplicación es para turbinas unidireccionales o bidireccionales, en el caso del indicador / totalizador las funciones de totalización e indicación así como de sus unidades serán los valores relevantes durante el proceso selectivo.

SELECCIÓN DEL MEDIDOR TIPO MAGNÉTICO.

Este tipo de medidor se basa en el principio electromagnético de la Ley de Faraday, por lo que el voltaje inducido a través de cualquier conductor, al moverse perpendicularmente a un campo magnético, es proporcional a la velocidad del conductor, y mediante la simple relación de:

$$Q = V.A \quad \text{(Ecuación 3.3)}$$

donde:

Q = Caudal Volumétrico

V = Velocidad del conductor (fluido de proceso)

A = Área de la sección de la tubería de proceso.

Los medidores de flujo no se ven afectados por la viscosidad del fluido, el cambio en el perfil del flujo debido al cambio en el número de Reynolds o debido a los componentes aguas arriba del medidor, no afectan mayormente el rendimiento del medidor de flujo magnético, se recomienda instalar el medidor con 5 diámetros tubería aguas arriba y 3 diámetros de tubería aguas abajo.



Los medidores de flujo magnético tampoco son afectados por los cambios de presión y temperatura.

La única limitación de medición que puede ser claramente atribuible al medidor magnético es que el fluido debe ser conductor, la conductividad mínima de este fluido debe ser de $5 \mu \text{ ohms/cm}$ ($\mu \text{Siemens/cm}$) en la mayoría de los medidores de flujo magnético.

El medidor esta constituido por 5 partes básicas:

- El tubo de flujo. Es el canal de tránsito del fluido, cuya área es coincida, el material del tubo debe ser capaz de generar un campo magnético, es generalmente de 304 SS o 316 SS.
- La línea o forro: se fabrica de materiales no conductivos, pero a su vez resistentes al fluido.
- Electrodo: están en contacto con el fluido y perciben la señal de voltaje
- Bobina: la bobina opuesta genera el campo magnético
- Transmisor: transmite la energía a la bobina y convierte la señal del electrodo en una salida utilizable.

Por esto la selección de los materiales tanto de los electrodos como de la línea o forro, deben ser compatibles con el fluido del proceso.

Por esto se pueden resumir los criterios de selección de los electrodos según se muestran a continuación:

Electrodos:

De Acero Inoxidable 316: resistentes a la corrosión y abrasión. No es satisfactorio usarlo en ácido sulfúrico y clorhídrico.

De Hastelloy: provee mayor resistencia a la corrosión en comparación con el acero inoxidable, usado especialmente en lodos con altos porcentaje de sólidos

Tantalio: mejor resistencia que los materiales anteriores a procesos corrosivos, no puede ser aplicado en ácido fluorhídrico ni con hidróxido de sodio.

Platino – Iridio: Provee la mayor resistencia contra productos químicos, no debe usarse con aguas ácidas.

Titanio: usado en soluciones cáusticas a menos que estén calientes y concentradas, no se usa con ácido fluorhídrico ni con hidróxido de sodio.



En cuanto al material de fabricación de las líneas (forros) estos presentan las siguientes características:

PTFE – Teflón: el material más común para estas líneas, por su capacidad de resistir altas temperaturas, posee alta resistencia a la abrasión.

ETFE – Tefzel: es similar al Teflón, forma un sello molecular con la tubería, alargando la vida de la carcasa y los electrodos.

Poliuretano: material elástico resistente a la abrasión, durabilidad en lodos con sólidos abrasivos.

Neopreno: no es tan bueno contra la abrasión como el poliuretano, pero posee resistencia química superior a éste.

Caucho Natural: tiene mayor resistencia a fluidos ácidos

Una vez realizada la selección del material es necesario continuar con el proceso selectivo para esto se escoge el tipo de conexión a proceso generalmente brindada, y la capacidad de estas a soportar presión, también es necesario seleccionar la conexión eléctrica, la salida del transmisor, la comunicación si se encuentra disponible y la fuente de poder.

Por último se escoge la protección con que debe contar el instrumento para su colocación en áreas clasificadas de riesgo y el organismo certificador de esta protección.

Adicionalmente podemos encontrar las características del transmisor y del indicador.

3.2.5. Mecanismo de Inferencia y Visual Basic

El mecanismo de inferencia del sistema experto, ha sido programado a través de Microsoft Visual Basic. Esta aplicación se basa en programación orientada a objetos, es decir, a cada objeto presentado en pantalla, bien sea un botón, un cuadro de texto, una opción, se le asigna una tarea a ejecutar cuando el usuario presiona cualquiera de ellos.

El proceso para la selección de los instrumentos, se basa principalmente en reglas de producción, es decir, si se cumple cierta condición, se ejecuta una acción. Es esta la forma como funciona SISTEX, en Visual Basic, se han introducido todos los criterios presentados anteriormente, y dependiendo de los datos introducidos por el usuario, el programa realiza búsquedas secuenciales en la base de datos, es decir, a medida que el usuario



introduce los datos, el programa realiza en paralelo la selección de los instrumentos que van cumpliendo con las especificaciones, ofreciéndole al usuario las opciones que en realidad están disponibles, disminuyendo así la probabilidad de no encontrar solución. Esta probabilidad siempre existe, ya que hay combinaciones de datos que no existen o que pueden no encontrarse en la base de datos porque no hay ningún modelo que cumpla con las especificaciones.

Muchos de los datos requeridos para la selección, deben ser introducidos directamente por el usuario, ya que su selección no depende solamente de características del proceso, o de prácticas recomendadas, sino muchas veces, depende de normas propias de la compañía, o preferencias propias del usuario, casos en los que si el programa realizara la selección automáticamente limitaría la selección del usuario a reglas que tal vez no son las únicas que es necesario tomar en cuenta.

El programa, realiza internamente las conversiones de temperatura, presión, nivel, flujo y otras variables, de manera de ofrecer al usuario la ventaja de poder introducir los datos en distintas unidades, sin tener que hacer conversiones previamente. Del mismo modo, se han programado mensajes de advertencia, que aparecen cuando el usuario ha escogido algún instrumento no válido para la medición de su proceso, cuando el instrumento seleccionado no cumple con el rango de su proceso, la exactitud, o las condiciones de uso del mismo.

El llenado de la hojas de especificaciones se realiza enviando la información contenida en la base de datos del instrumento seleccionado, mediante las instrucciones provistas por ISA.⁴

3.3.- INTERFAZ CON EL USUARIO

Este componente establece la forma en que SISTEX interactúa con el usuario.

SISTEX está diseñado de manera tal que la comunicación con el usuario sea lo más natural posible, ya que el sistema trata de sustituir el desempeño humano.

⁴ Ver Apéndice B



El tipo de interfaz usado por el Sistema Experto, garantiza un rápido aprendizaje y fácil manejo de la aplicación, debido a que ha sido desarrollado a través de Microsoft Visual Basic 6.0. Esta herramienta tiene como característica principal el uso de objetos visuales, para llevar a cabo las acciones dentro del programa, lo cual hace que la aplicación diseñada resulte "amigable".

Entrada de Datos:

La entrada de datos, se realiza a través de un conjunto de pantallas, en las cuales el usuario debe introducir datos relevantes para la selección del instrumento.

Las pantallas de entrada se pueden clasificar en:

- Pantalla General o de Selección del tipo de variable

Esta pantalla aparece cada vez que se inicia un proceso de selección de instrumentos, en ella el usuario selecciona el tipo de variable de proceso que desea medir, bien sea, Temperatura, Presión, Nivel y Flujo

- Pantalla de Selección del tipo de Instrumento

Esta pantalla, aparecerá después de seleccionar el tipo de variable, y en ella, se selecciona la función del instrumento requerido.

- Pantallas de Características del Instrumento

En estas pantallas el usuario, introduce los datos particulares a cada instrumento, los cuales forman parte importante en la selección del modelo más adecuado a la aplicación.

La pantallas de Características del instrumento, están organizadas mediante un arreglo de fichas, a través de las cuales se debe desplazar el usuario, introduciendo los datos requeridos por el programa.

Salida de Datos

Después que el usuario ha completado los datos solicitados por el programa, SISTEX mostrará una pantalla de visualización de resultados, en la cual se listarán las principales características, modelos y fabricantes, de los instrumentos que cumplen con los requerimientos del usuario.



Toda vez que se han mostrado los resultados, están disponibles dos (2) opciones de salida de datos:

- Proveedor Local

Pantalla en la cual se mostrará la información sobre el proveedor local (en caso que exista) de la marca seleccionada por el usuario.

- Hoja de Especificación

La salida, en este caso, se realiza a través de Microsoft Excel 2000, en donde se muestran los datos del instrumento en formatos de hojas de especificación pre-diseñados. Para esta tarea se utilizaron hojas de especificación en formato ISA⁵

El proceso de preparación de estas hojas, suele ser un proceso largo y tedioso, ya que se deben identificar y comprender cada uno de los campos que conforman la hoja de especificación.

SISTEX llena automáticamente estas especificaciones con los datos del instrumento seleccionado por el usuario, lo que facilita esta labor.

Existen instrumentos, para los cuales ISA no ha predeterminado un formato específico, por lo cual fue necesario diseñar formatos basados en los de ISA, considerando las características más importantes de estos instrumentos, tal es el caso de los Interruptores de Temperatura.

⁵ Ver Apéndice B



Capítulo IV

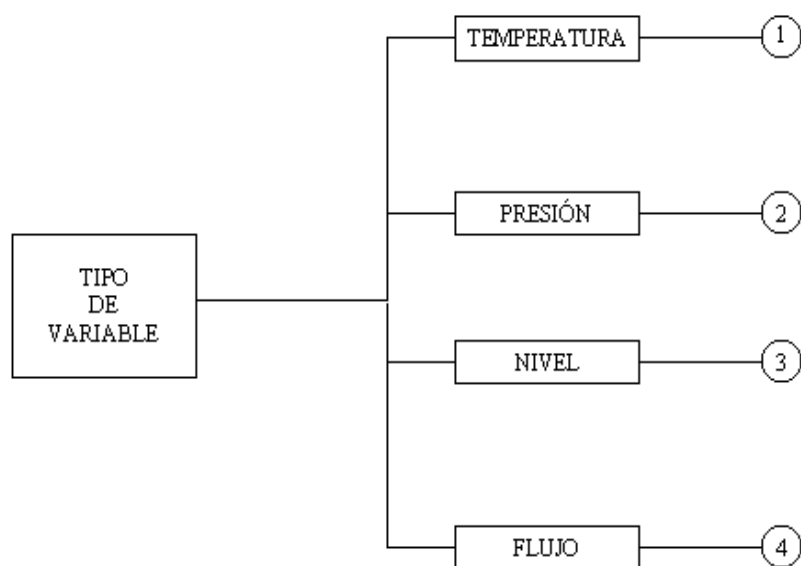
Diagramas de Bloque del Sistema

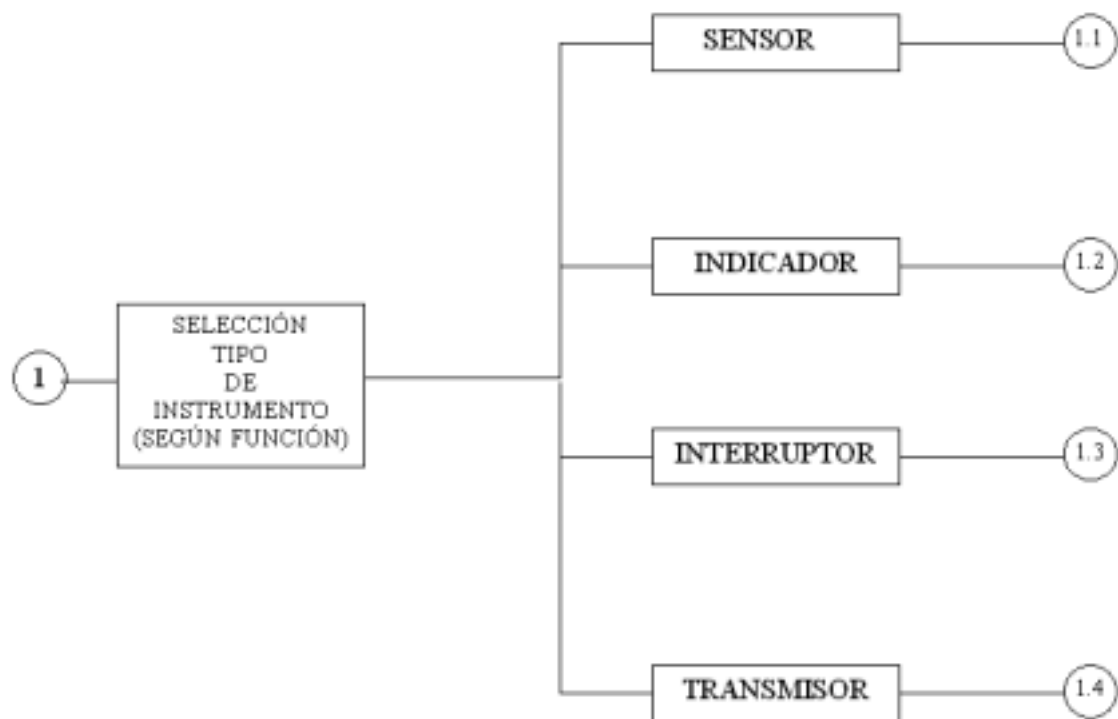
Los diagramas de bloque, muestran de forma general y esquemática, el recorrido realizado por SISTEX, para seleccionar instrumentos de medición.

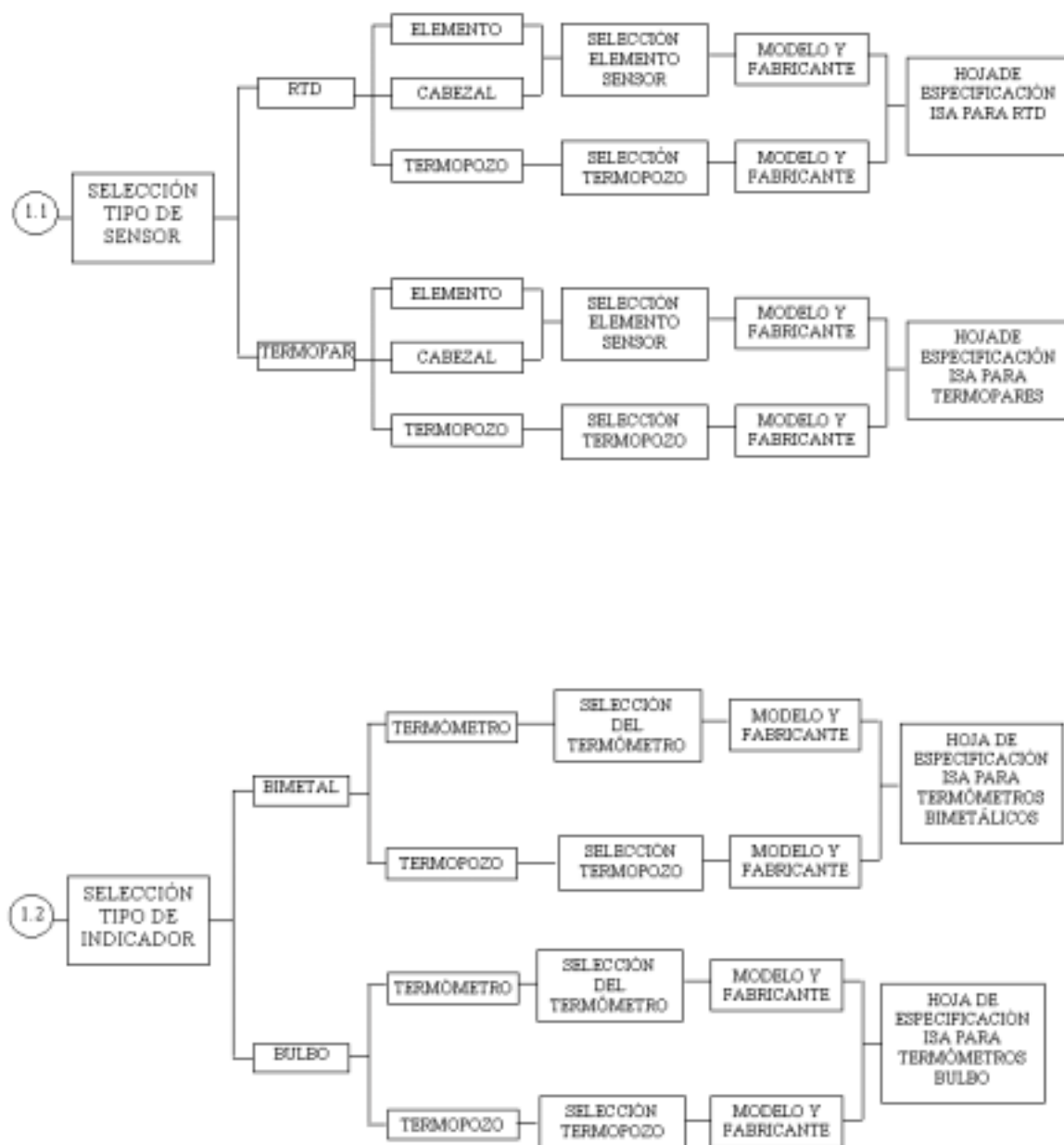
El programa, presenta en principio, la alternativa de seleccionar el tipo de variable de medición, bien sea: temperatura, presión nivel o flujo; posteriormente se elige el instrumento según la función que se requiera, es decir, transmisores, indicadores, interruptores o sensores.

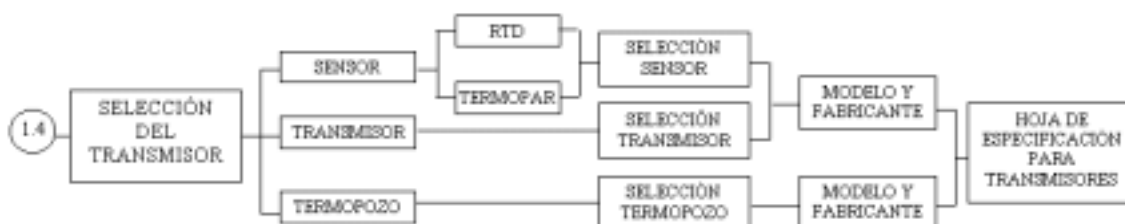
El usuario, introduce las características del proceso y del instrumento necesarias para que el programa realice el proceso selectivo que derivará en un listado, donde se presentan el modelo y fabricante, al igual que otras características que permitirán al usuario seleccionar el modelo que más se ajuste a sus requerimientos; para luego mostrar dichas características a través de una hoja de especificaciones en formato ISA.

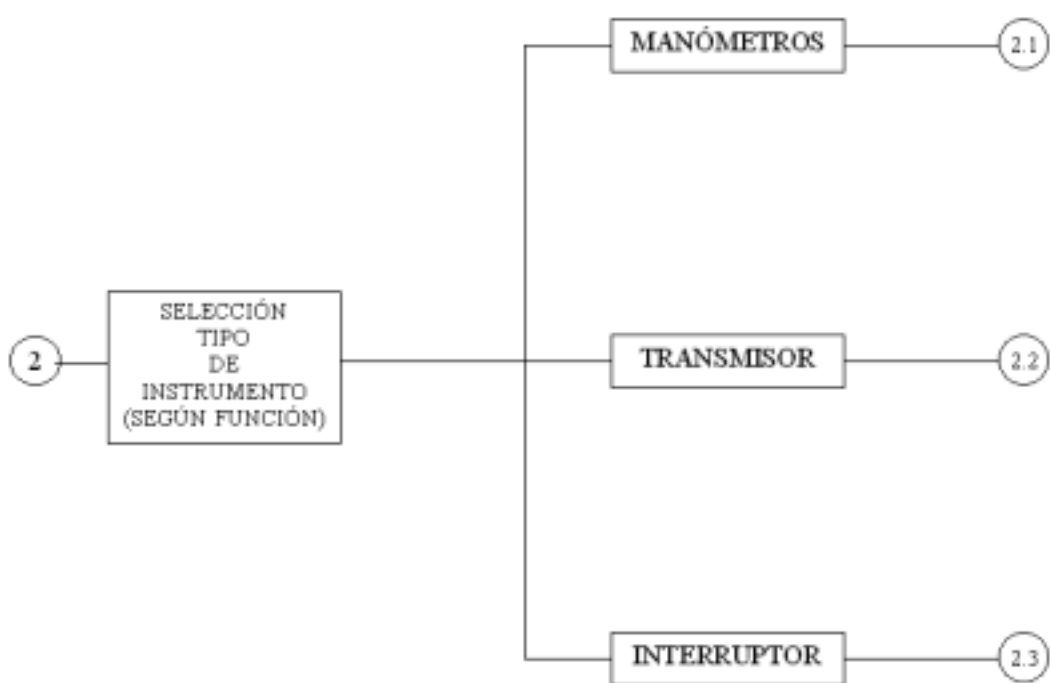
A continuación se presentan los diagramas de bloque que esquematizan en forma breve el funcionamiento del programa.

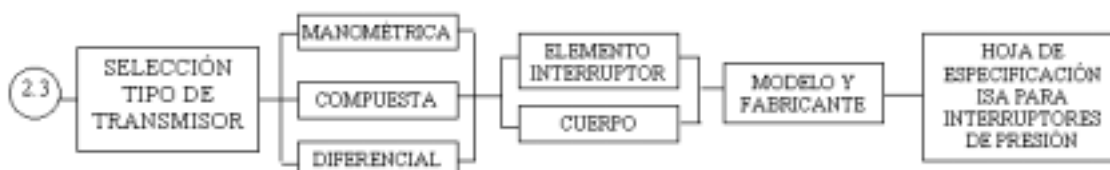
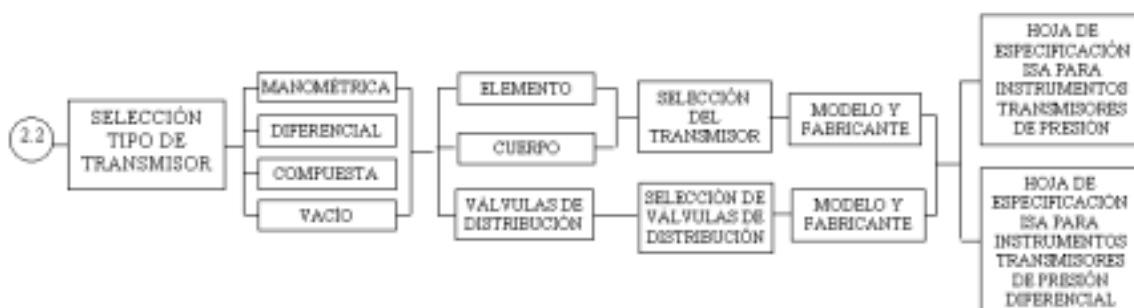
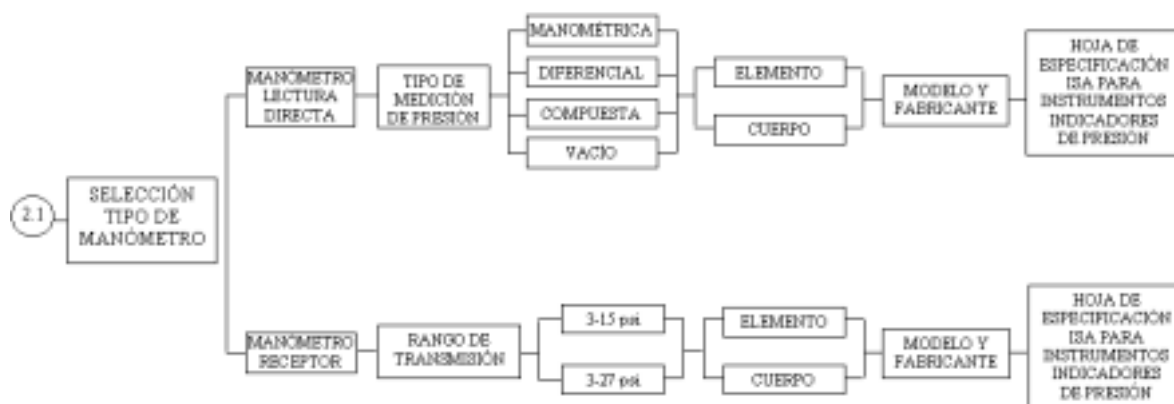


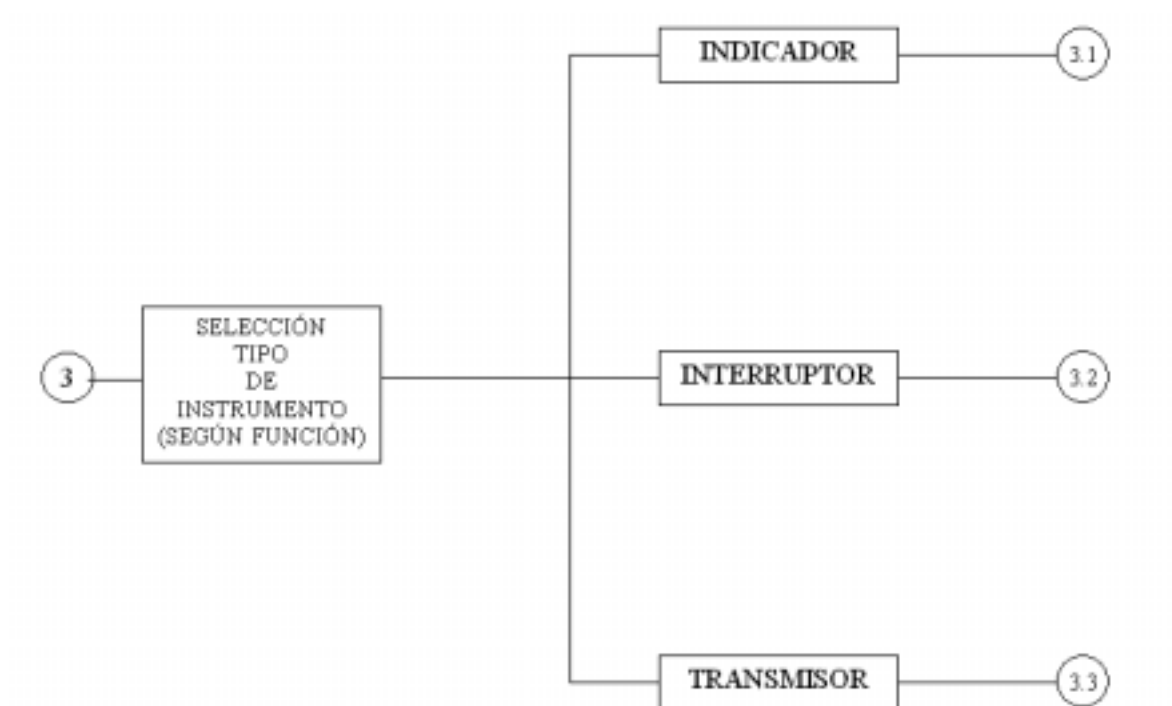


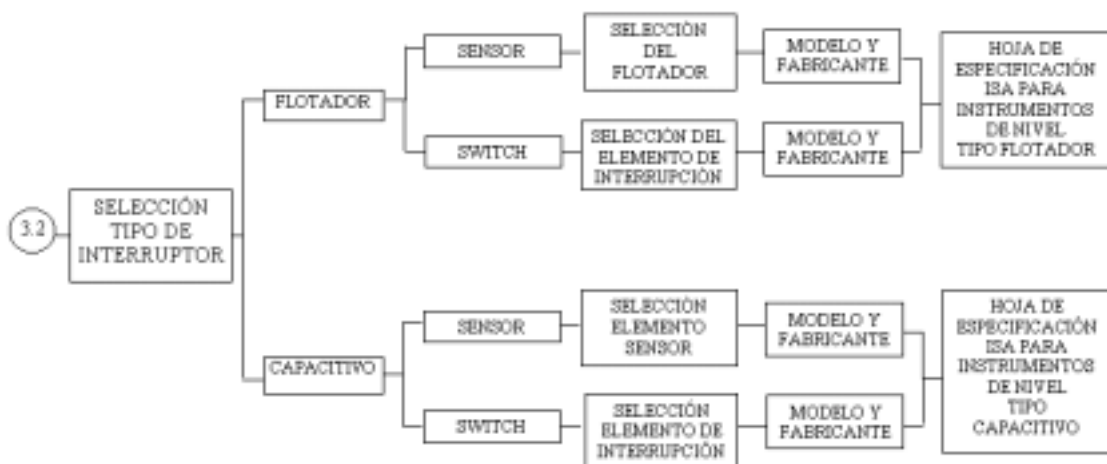


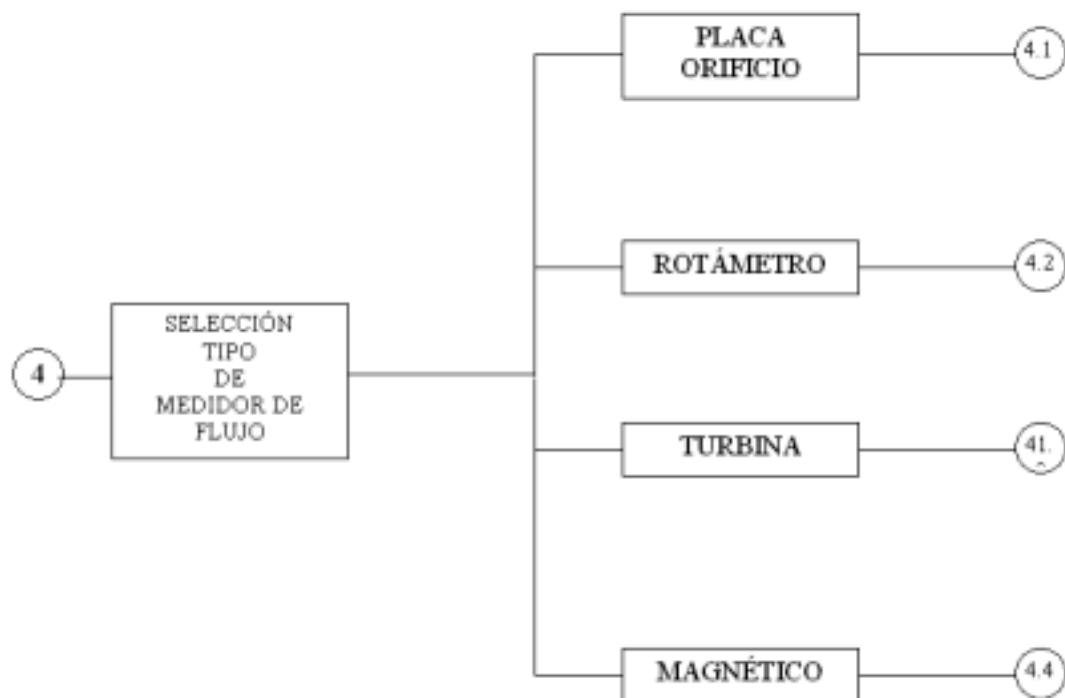


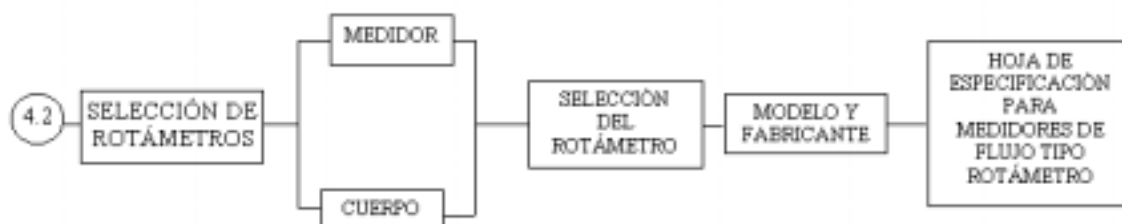
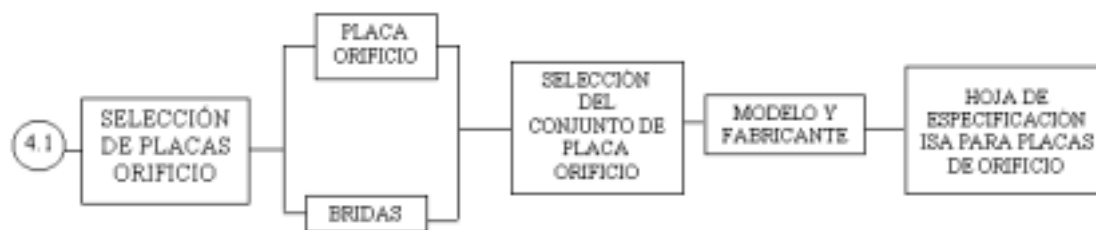
















Capítulo V

Validación de las Soluciones

Esta sección tiene como finalidad la validación de las soluciones dadas por el programa y verificar el correcto funcionamiento del mismo en cuanto a la selección acertada del instrumento a partir de la información suministrada por el usuario.

Este proceso fue realizado para cada tipo de medición de variable, es decir, para temperatura, presión, nivel y flujo.

Para comprobar la validez de las soluciones se tomaron Hojas de Especificaciones reales, con datos de procesos reales, las cuales fueron suministradas por las empresas Total (Total Oil and Gas Venezuela) y Calortech de Venezuela. Los datos de proceso y del instrumento se introdujeron en el programa para verificar que los criterios de selección de SISTEX, son similares a los empleados por un humano experto.

51-VALIDACIÓN DE LAS SOLUCIONES PARA MEDICIÓN DE TEMPERATURA

Para la validación de los criterios de selección de Medición de Temperatura, se tomaron datos de un proceso real, de una Planta Deshidratadora de Gas Natural.

Los datos del proceso y del instrumento requerido se enumeran a continuación:

- Instrumento: Indicador local de Temperatura
- Temperatura Máxima de Proceso: 450°F
- Temperatura de Operación: 300 °F
- Temperatura Mínima de Proceso: 100 °F
- Conexión a Proceso: Bridada 1 1/2" 150# RF
- Tamaño del Dial: 5 in
- Tipo de Escala: Doble.
- Con Calibración Externa
- Montaje: Todo Ángulo
- Longitud del Termopozo: 9"
- No se requiere de extensión para el termopozo.



Todos estos datos se pueden sintetizar y observar mejor con la hoja de especificaciones (Fig. 5.1.) aportada por la empresa.

INDUSTRIAL BIMETAL AND GLASS THERMOMETERS				SHEET 1 OF 1	
Nº	BY	DATE	REVISION	SPEC. Nº	REV.
A	AM	NOV. 2000	APROB	001095-TI	0
0	AM	FEB.2001	CONST.	CONTRACT 45006330286	DATE Feb-01
				PROJECT Nº 001095	
				BY AM	CHECK'D L.L.
				APPR. J.B.	

CLIENTE : PDVSA
PROYECTO : INST.DE LA PLANTA DESHIDRATADORA DE GAS ORC-2

THERMOMETER		WELL	
1. Stem: Threaded ☒ Plain ☐ Union ☐	Material 316SS	10. None ☐ Include ☒ By Others ☐	
2. Stem or Union Thread: 1/2 in ☒ 3/4 in ☐		11. Material: 304SS ☐ 316SS ☒	
3. Stem Diameter: STD ☐ .250 in ☒ .375 in ☐		Other	
4. Case Material: STD ☒ Other		12. Construction: Drilled ☒ Built-up ☐	
5. Dial Size: 5" Color WHITE		Other	
6. Scale Length S/Lista Color W/B			
7. Form: Fig. Nº Adjustable ☒			
8. External Calibrator ☒ Herm. Sealed Case ☒			
9. Manufacturer ASHCROFT			
Model Nº SEGÚN LISTA			

FIG. 1
BOTTOM
FORM
(STRAIGHT)

FIG. 2
BACK FORM
(ANGLE)

STRAIGHT
FIG. 3

90°

135°

BACK
FIG. 4 - 5

135° RIGHT - LEFT
FIG. 8 - 9

LEFT-RIGHT
FIG. 6 - 7

REV	TAG Nº	Range	Operating	Stem Length	Well Conn.	Lag. Ext.	Service	Notes
0	TI-630410 / TI-630810	50 @ 550 °F	300	9"	1-1/2" 150# R.F.	0	SALIDA CASCO E-6304 /E-6308	1;2

NOTAS:

- 1.- EL NÚMERO DE TAG DEBERA SER TIPO PERMANENTE AL CUERPO DEL INSTRUMENTO, EN PLACA DE SS.
- 2.- MODELO 50-EI-60-E-090- 50/550- XNH + TERMOPOZO 15-W-0750-H-F-260-S-2-R-149
- 3.- EL PROVEEDOR DEBERÁ CONFIRMAR EL MODELO DE ACUERDO CON LOS DATOS DE PROCESO MENCIONADOS.

Fig. 5.1 Hoja de Especificación Real



Estos datos se introdujeron en el sistema a través de las pantallas de entrada de datos mostradas a continuación. (Figs. 5.2 - 5.4)

The screenshot shows the 'Bimetálico' software window. The 'Características' section has three tabs: 'Del proceso', 'Montaje', and 'Temperatura'. The 'Datos del Proceso' tab is active, displaying 'Tipo de fluido' as 'GAS NATURAL 70°F'. To the right, under 'Montaje', the 'Tubería' radio button is selected. A 'Materiales' dialog box is overlaid, prompting 'Seleccione el material del Temperatura' with '316 SS' selected. Below this, temperature fields are set: 'Temperatura Proceso Min' at 108°F, 'Temperatura operación' at 208°F, and 'Temperatura Proceso Max' at 458°F. Buttons for 'Cancelar', 'Siguiente', and 'Atras' are visible.

Fig. 5.2. Características Del Proceso

The screenshot shows the 'Bimetálico' software window with the 'Montaje' tab active. Under 'Instalación', the 'Todo ángulo' radio button is selected. The 'Tamaño Del Dial' is set to '5 IN' and 'Longitud del Vástago' is set to '1 IN'. In the 'Calibración Externa' section, the 'Si' radio button is selected. In the 'Escala' section, the 'Doble' radio button is selected. 'Cancelar' and 'Atras' buttons are at the bottom.

Fig. 5.3 Características del Montaje.



Bimetálico

Características

Del proceso | Montaje | **Termopozo**

Termopozo

☒ Si ☐ No

Cuerpo

☒ Cónico
☐ Escalonado
☐ Recto

Revestimiento

☐ Cara Plana ☐ Junta Anular
☒ Cara Realizada ☐ Junta Recubierta

Longitud del Vestigo

7 1/2 IN

Conexión

☐ Roscada ☒ Brida ☐ Soldada

Tamaño

1 1/2 IN

Capacidad

150

Extensión

☐ Si ☒ No

Cancelar Selección Termómetro Atras

Fig. 5.4 Características del Termopozo.

Luego de introducir los datos, el usuario podrá visualizar la pantalla de resultados (Fig. 5.4.), en donde se mostrarán los distintos modelos y fabricantes tanto para el instrumento en sí (Termómetro Bimetálico), como para el termopozo que cumplen con los datos de entrada anteriormente introducidos.



Este listado permiten al usuario verificar las características de los instrumentos seleccionados por el programa, y elegir el modelo de su preferencia.

Modelo	Fabricante	Instalación	Tamaño del Dial	Valor M
50 EI 60 E 090 50/550 °F	ASHCROFT	TODO ANGULO 5 IN		50
50 EI 42 E 090 50/550 °F	ASHCROFT	TODO ANGULO 5 IN		50

Modelo	Fabricante	Cuerpo	Dimensión U	Conexión
15W0750 HF260 S2 R15C	ASHCROFT	CÓNICO	7 1/2 IN	1 1/2 IN
15W0750 HF260 S1 R15C	ASHCROFT	CÓNICO	7 1/2 IN	1 1/2 IN
15W0750 HF260 C2 R15C	ASHCROFT	CÓNICO	7 1/2 IN	1 1/2 IN
15W0750 HF260 C1 R15C	ASHCROFT	CÓNICO	7 1/2 IN	1 1/2 IN

Fig. 5.5. Lista de Modelos y Fabricantes.

Se puede observar como dentro del gran número de modelos que cumplan con los datos de entrada se encuentra el modelo 50 EI 60 E 090 50/550 °F , modelo de termómetro bimetálico especificado en el proceso real.

Al seleccionar éste modelo, el programa realiza el llenado de la hoja de Especificaciones ISA correspondiente, obteniéndose el siguiente resultado:



Como se puede observar ambas Hojas de Especificación, la correspondiente a la Empresa que efectuó en primera instancia la selección y la arrojada por SISTEX, resultan notablemente similares, por lo que se puede garantizar que tanto el proceso de selección del instrumento como el proceso llenado de la Hoja de Especificación ISA realizado por el sistema experto en la medición de temperatura resultaron correctos.

5.2.–VALIDACIÓN DE LAS SOLUCIONES PARA MEDICIÓN DE PRESIÓN

En la Medición de Presión, la validación se realizó a través de la selección de un Transmisor de Presión Diferencial, requerido en el proyecto de Instalación de la Planta Deshidratadora de Gas de PDVSA, y cuyos datos de proceso se listan a continuación:

- Instrumento Requerido: Transmisor / indicador de Presión Diferencial.
- Servicio del Transmisor Diferencial: Medición de Presión Diferencial
- Tipo de Fluido: Gas Natural
- Temperatura de Operación: 200°F
- Temperatura Máxima de Proceso: 250°F
- Presión de Operación: 45 psi
- Presión Máxima 150 psi
- Rango de Presión Diferencial: 0 – 175" H₂O
- Conexión a Proceso ¼ NPT
- A prueba de Explosión
- El transmisor debe contar con indicación local.

Toda esta información puede resumirse a través de la Hoja de Especificación del Transmisor de Presión Diferencial (Fig. 5.7a y 5.7b) , suministrado por la empresa Calortech.



		DIFFERENTIAL PRESSURE INSTRUMENTS				SHEET 1 OF 2	
		Nº	BY	DATE	REVISION	SPEC. Nº	REV.
		A	AM	NOV. 2000	APROB.	001095-PDIT	0
		0	AM	FEB.2001	CONST.	CONTRACT 45006330286	DATE Feb-01
CLIENTE : PDVSA PROYECTO : INST.DE LA PLANTA DESHYDRATADORA DE GAS ORC-2						PROJECT Nº 001095	
						BY AM	CHECK'D L.L.
						APPR. J.B.	
1		TAG Nº	SEE SHEET 2		SERVICIO : SEE SHEET 2		
GENERAL	2	FUNTION	RECORD ☐ INDICATE ☒ CONTROL ☐ BLIND ☐ TRANSMIT ☒				
	3	CASE	OTHER ☐ INTELLIGENT				
	4	MOUNTING ENCLOSURE	MFR STD ☒ NOM. SIZE : 4-1/2" COLOR: MFR STD.				
	5	CLASS	FLUSH ☐ SURFACE ☒ YOKE ☐ OTHER				
	6	POWER SUPPLY	Gen. Purp. ☐ Weather proof ☐ Explosion-proof ☒ Class 1 Div. 2 Gr. C & D				
	7	Chart	For use in intrinsically safe system ☐ Other ☐				
	8	Chart Drive	117V 60 Hz ☐ Other AC ☐ DC ☒ 24 Vdc Volts				
	9	Scales	12 in Circ ☐ Other Range				
	9		24 hr ☐ Other Elec. ☐ Spring ☐ Other Nº				
X M T R	10	Transmitter output	Range 1 2 3 4				
	11	Control Modes	4-20 mA. ☒ 10-50 mA. ☐ 21-103 kPa (3-15psig) ☐ Other HART PROTOCOL				
	12	Action	For Receiver See Sheet REMOTE I/O UNIT				
	13	Auto-M Switch	P = Prop (Gain), I = Integral (auto reset), D= Derivative (Rate).				
C O N T R O L L E R	14	Set Point Adj.	Sub: s = Slow f = Fats if ☐ Df ☐ P ☐ PI ☐ PD ☐ Is ☐ Ds ☐				
	15	Manual Reg.	Other				
	16	Output	On Meas. Increase Output : Increases ☐ Decreases ☐				
	17	Service Element	None ☐ MFR STD ☐ Specify ☐				
U N I T	18	Type	Manual ☐ External ☐ Remote ☐ Specify				
	19	Material	None ☐ MFR STD ☐ Other ☐				
	20	Rating	4-20 mA. ☐ 10-50 mA. ☐ 21-103 kPa (3-15psig) ☐ Other ☐				
	21	Diff. Range	Flow ☐ Level ☐ Diff. Pressure ☒ Other				
	22	Elevation	Diaphragm ☒ Bellows ☐ Mercury ☐ Other				
	23	Process Data	Body 316SS Element 316SS				
	24	Conn.	Overrange Body Rating ANSI 150 psig				
	25	Alar. Switch	Fixed ☐ Adj. Range SEE SHEET 2 Set At SEE SHEET 2				
26	Funtion	Fluid : TEG Temp. Norm/Max 200°F/225°F Press. Norm/Max 45/150 psig					
27	Options	1/4 in NPT ☒ Other Armor					
28	Mfr. & Mod. Nº	Quantity Form Rating					
Notes :		1.- EL PROVEEDOR DEBERÁ CONFIRMAR EL MODELO DE ACUERDO A LOS DATOS DE PROCESO MENCIONADOS					

Fig. 5.7a Hoja de Especificación Real



Con el fin de validar el proceso de selección se introdujeron los datos, por medio de las pantallas de entrada de datos. (Figs. 5.8 - 5.12)

Transmisor de Presión

Características

De Proceso Conexiones Transmisión Protección Accesorios

Proceso

Tipo de fluido: Gas Natural (liq)

Exactitud: 0.075%

Condiciones de Operación

☒ Ambiente Corrosivo

MATERIAL SENSOR

Seleccione el mejor (1) material para el sensor

☒ 316 SST

☒ Inconel

☐ Hastelloy C

☐ Titanium

Cancelar

Continuar

Minima: 0 Operación: 180 Máxima: 175 Unidades: H₂O

Minima: 100 Máxima: 225 Unidades: °F

25 50 °C

Cancelar

Atrás

Fig. 5.8. Características de Proceso.

Transmisor de Presión

Características

De Proceso Conexiones Transmisión Protección Accesorios

Conexión

Conexión a Proceso: 1/4" 18NPT

Conexión Eléctrica

1/2-14NPT

M20 x 1.5

PG135

Cancelar

Atrás

Fig. 5.9. Características de Conexión



The screenshot shows the 'Transmisor de Presión' configuration window with the 'Transmisión' tab selected. The window has a title bar with standard Windows controls. Below the title bar is a tabbed interface with five tabs: 'De Proceso', 'Conexiones', 'Transmisión', 'Protección', and 'Accesorios'. The 'Transmisión' tab is active, showing the following settings:

- Transmisión**
 - Fuente de Poder:** A dropdown menu set to '10.5 - 55 Vdc'.
 - Salida del Transmisor:** A dropdown menu set to '4-20 mA'.
 - Comunicación:** A dropdown menu set to 'HART®'.
 - Tiempo de Respuesta:** A dropdown menu set to '0.1' with the unit 'Seg' (Seconds).

At the bottom of the window are two buttons: 'Cancelar' on the left and 'Atrás' on the right.

Fig. 5.10. Características de Trasmisión.

The screenshot shows the 'Transmisor de Presión' configuration window with the 'Protección' tab selected. The window has the same title bar and tabbed interface as the previous figure. The 'Protección' tab is active, showing the following settings:

- Protección**
 - Clasificación de Área**
 - Certificación:** A list of radio buttons for different certification standards: BASEEFA, CENELEC, CESI, CSA, FM, and SAA. The 'FM' option is selected.
 - Seguridad:** A group of radio buttons for safety levels: 'No Requerida (Servicio General)' and 'Requerida'. The 'Requerida' option is selected.
 - Pruebas:** A group of checkboxes for various tests: 'A Prueba de Explosión' (checked), 'A Prueba de Ullma', 'Seguridad Intrínseca', and 'Clase 1, Grupos C y D'.

At the bottom of the window are two buttons: 'Cancelar' on the left and 'Atrás' on the right.

Fig. 5.11. Características de Protección

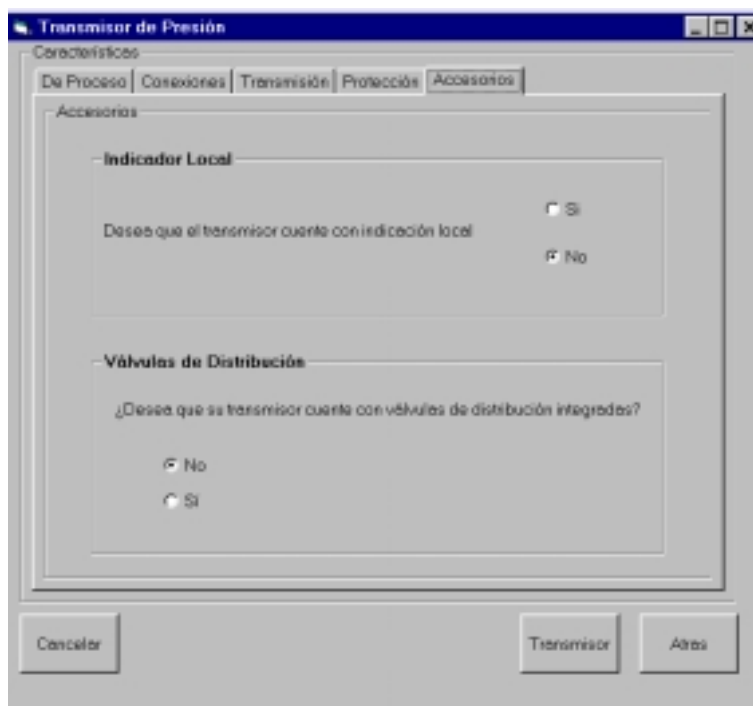


Fig. 5.12. Accesorios.

Una vez introducidos la totalidad de los datos necesarios para la selección del transmisor, el programa está en la capacidad de presentar una pantalla de salida de datos (Fig. 5.13.) en donde se listarán los modelos y fabricantes, al igual que otras características inherentes a los transmisores de presión diferencial que cumplen con la información suministrada por el usuario.



Resultados Transmisores de Presión

SELECCIONE EL MODELO DE TRANSMISOR

Modelo	Fabricante	Rango Min Dif. inH2O	Rango Máx Dif. inH2O
3051CD 2A 52A 1A M5 E5	Rosemount	-250	250
3051CD 2A 44B 1A M5 E5	Rosemount	-250	250
3051CD 2A 44B 1A M5 E5	Rosemount	-250	250
3051CD 2A 44A 1A M5 E5	Rosemount	-250	250
3051CD 2A 42B 1A M5 E5	Rosemount	-250	250
3051CD 2A 42A 1A M5 E5	Rosemount	-250	250
3051CD 2A 34B 1A M5 E5	Rosemount	-250	250
3051CD 2A 34A 1A M5 E5	Rosemount	-250	250
3051CD 2A 32B 1A M5 E5	Rosemount	-250	250
3051CD 2A 32A 1A M5 E5	Rosemount	-250	250
3051CD 2A 24B 1A M5 E5	Rosemount	-250	250
3051CD 2A 24A 1A M5 E5	Rosemount	-250	250
3051CD 2A 22B 1A M5 E5	Rosemount	-250	250
3051CD 2A 22A 1A M5 E5	Rosemount	-250	250

Atras Proveedor Local Hoja Especificación

Fig. 5.13 Lista de Transmisores de Presión Diferencial

Entre los modelos y fabricantes presentados en el listado, podemos encontrar el modelo 3051 CD 2 A 22A 1A M5 E5 perteneciente a Rosemount el cual se corresponde perfectamente con el modelo seleccionado por la empresa en la Hoja de Especificación Real, esta comparación se puede establecer mejor una vez que el programa le presenta al usuario la Hoja de Especificación mostrada a continuación. (Figs. 5.14a y 5.14b)



		DIFFERENTIAL PRESSURE INSTRUMENTS				SHEET 1 OF 2	
		Nº	BY	DATE	REVISION	SPEC. Nº	REV.
CLIENT : PROJECT :						CONTRACT	
						DATE	
						PROJECT Nº	
						BY	
						CHECK'D	APPR.
GENERAL	1 TAG Nº	SERVICE:					
	2 FUNCTION	RECORD ☐ INDICATE ☒ CONTROL ☐ BLIND ☐					
	3 CASE	TRANS ☒ OTHER ☐					
	4 MOUNTING	MFR STD ☒	NOM. SIZE :				
	5 ENCLOS. CLASS	FLUSH ☐ SURFACE ☐	COLOR:				
	6 POWER SUPPLY	Gen. Purp. ☐ Weather proof ☐	YOKE ☐ OTHER ☐				
	7 CHART	For use in intrinsically safe system ☐	Explosion-proof ☐ CLASS ☐				
	8 CHART DRIVE	117V/60 Hz ☐ Other AC ☐	Other ☐ DC ☒ 10,5 - 55 Vdc Volts Nº				
	9 SCALES	12 in Circ ☐ Elec. ☐	Range ☐ Other ☐				
	10 TRANS. OUTPUT	Type ☐ Range ☐					
MTR CONTROLLER	11 CONTROL MODES	4-20 mA. ☒ 10-50 mA. ☐ 3-15psig ☐ Other ☐ HART®					
	12 ACTION	On Meas. Increase Output :	Sub: s = Slow f = Fast if				
	13 AUTO-M SWITCH	DF ☐ P ☐ PI ☐ PD ☐					
	14 SET POINT AJUS.	PID ☐ IS ☐ DS ☐ Other ☐					
	15 MANUAL REG.	On Meas. Increase Output :	Increases ☐ Decreases ☐				
	16 OUTPUT	None ☐ MFR STD ☐ Specify ☐					
	17 SERVICE	Manual ☐ External ☐ Remote ☐ Specify ☐					
	18 ELEMENT TYPE	None ☐ MFR STD ☐ Other ☐					
	19 MATERIAL	4-20 mA. ☐ 10-50 mA. ☐ (3-15psig) ☐ Other ☐					
	20 RAITING	Flow ☐ Level ☐ Diff. Pressure ☒ Other ☐					
UNIT	21 DIFF. RANGE	Diaphragm ☒ Bellows ☐ Mercury ☐ Other ☐					
	22	Body ☐ Aluminio ☐					
	23 PROCESS DATA	Overrange ☐ 750 Psi ☐					
	24 PROCESS CONN.	Fixed ☐ Adj. Range ☐ -250 / 250 ☐					
	25 ALARM SWITCH	Elevation ☐					
	26 FUNCTION	Fluid : ☐ Temp. Norm/Max ☐ /225°F Press. Norm/Max ☐					
	27 OPTIONS	1/2 in NPT ☐ Other ☐ 1/4" 18 NPT ☐					
	28 MFR & MODEL Nº	Quantity ☐ Form ☐ Rating ☐					
	29	Mass Var. ☐ Deviation ☐ Contacts To ☐ On Inc. Meas ☐					
	30	Pressure Element ☐ Range ☐ Range ☐ Material ☐					
		Temp. Element ☐ Output Gage ☐ Isolating Valve ☐ Other ☐					
		Filt. Reg. ☐ Sup. Gage ☐ Cap. Length ☐ Material ☐					
		Valve Manifold ☐					
		Diaph. Seal ☐					
		Process Conn. ☐					
		Other ☐					
28 MFR & MODEL Nº		Manufacturer: Rosemount	Model Nº	3051CD 2A 22A 1A M5 E5			
Notes :							

Fig. 5.14a. Hoja de Especificación desarrollada por SISTEX



La Hoja de Especificaciones obtenida a través de SISTEX presenta resultados similares a la suministrada por el proceso real, con lo cual se puede dar fe de que el proceso de selección y especificación de instrumentos de presión es correcto.

53-VALIDACIÓN DE LAS SOLUCIONES PARA MEDICIÓN DE NIVEL

Para la validación de los criterios de selección de Medición de Nivel, se tomaron datos de la Planta Deshidratadora de Gas Natural Orocuall2.

Los datos del proceso y del instrumento requerido se enumeran a continuación:

- Fluido de Trabajo: Glicol
- Instrumento: Visor de Nivel
- Temperatura Máxima de Proceso: 320°F
- Temperatura de Operación: 200 °F
- Temperatura Mínima de Proceso: 110 °F
- Presión Máxima de Proceso: 100 psig
- Presión Operación: 45 psig
- Distancia Centro a Centro: 16,5 "
- Tipo: Reflex
- Tipo conexión: Superior e Inferior
- Conexión al Tanque: 3/4 " NPT
- Conexión válvula: 1/2" NPT
- Tipo Válvula: Recta
- Sello: recambiable

Todos estos datos fueron sintetizados en una Hoja de Especificación, en la cual se definió el modelo y fabricante del visor de nivel por parte de la empresa encargada del proyecto, y que a continuación se incluye.(Fig 5.15)



The screenshot shows the 'Visores de Nivel' software window with the 'Características' tab selected. The 'Datos del Proceso' section contains the following fields:

Parameter	Value	Unit
Presión Máxima	100	Psi
Presión de Operación	45	Psi
Temperatura Máxima	320	°F
Temperatura de Operación	200	°F
Temperatura Mínima	110	°F

Below these fields is the 'Aplicación' section with two radio buttons: ☒ Líquido and ☐ Líquido + vapor. At the bottom of the window are 'Cancelar' and 'Atras' buttons.

Fig. 5.16.- Características del Proceso

The screenshot shows the 'Visores de Nivel' software window with the 'Características' tab selected. The 'Montaje' section contains the following fields:

Section	Options
Conexión	☒ Superior a Inferior ☐ Lateral ☐ Posterior
Tipo	☒ Reflex ☐ Transparente
Distancia entre tomas	16.5 IN
Conexión a la válvula	☒ Roscada ☐ Soldada
Tamaño	1/2 NPTF

At the bottom of the window are 'Cancelar' and 'Atras' buttons.

Fig. 5.17.- Características del Montaje



Fig. 5.18 Características Válvulas

Luego de llenar los datos en su totalidad, SISTEX presenta una lista (Fig. 5.19) con los modelos y fabricantes de visores y válvulas para la conexión a proceso, que cumplen con los requerimientos del proceso en estudio.

Estas listas permiten al usuario verificar las características de los instrumentos seleccionados por el programa, y elegir el modelo de su preferencia.



Modelo	Fabricante	Tipo	Rango de Presión (Psi)	Tempo
2 RLC 4	PENBERTHY	REFLEX	2400	100
2 RL 4	PENBERTHY	REFLEX	2200	100

Modelo	Fabricante	Tipo	Conexión al Tanque	Sello
230J	PENBERTHY	RECTO	3/4 NPT	RECAMBIO
220J	PENBERTHY	RECTO	3/4 NPT	RECAMBIO

Fig. 5.19.- Lista de Modelos

Se puede observar que dentro de los modelos de visores de nivel seleccionados por SISTEX, se encuentra el modelo 2 RL 4 correspondiente al visor y el modelo 220J para las válvulas de conexión a proceso los cuales corresponden a los modelos del visor y de las válvulas de proceso seleccionados por la empresa encargada de realizar el proceso de selección de instrumentos, y el cual se fue establecido en la hoja de especificación real.

Una vez que el usuario seleccione los modelos de visor y válvulas indicados anteriormente se arrojará la hoja de especificaciones emitida por SISTEX (Fig. 5.20.).



Si comparamos la Hoja de Especificaciones real, con la aportada por SISTEX, se puede observar que los datos contenidos en estas son similares, quedando establecida la correcta selección y llenado de las hojas de especificación para instrumentos de medición de nivel.

5.4.-VALIDACIÓN DE LAS SOLUCIONES PARA MEDICIÓN DE FLUJO

Para la validación del proceso de selección y especificación de las mediciones de flujo se tomó como muestra un medidor de Placa Orificio, el cual fue seleccionado con anterioridad por expertos durante la instalación de una línea de Gas a alta presión en la Estación Principal de Jusepín (Lagoven – PDVSA), y de lo cual se pudo extraer la siguiente información:

- Instrumentación Requerida: Medidor de Flujo Tipo Placa Orificio
- Tipo de Fluido: Gas Natural a Alta Presión
- Temperatura de Operación: 20°C
- Presión de Operación: 100 Bar.(1450 Psi)
- Flujo de Operación: 28819,44 SFCM
- Material de la Línea: Acero al Carbono.

Fig. 5.20.- Lista de Modelos

- Diámetro Orificio: 0.55



Toda esta información y mucho más acerca del instrumento solicitado se puede encontrar en la hoja de especificaciones resultado del proceso de selección realizado por la empresa TOTAL OIL & GAS, y que a continuación se presenta. (Fig. 5.21).

Una vez tomado los datos relevantes para iniciar la selección del medidor de flujo, se procedió a ingresar estos datos al programa, a través de las pantallas de entrada de datos (Figs. 5.22 – 5.24.) para luego obtener una pantalla de salida y una hoja de especificación.



Fig. 5.21. Hoja de Especificación Proceso Real



Placas Orificio

Características

De Proceso | Placa Orificio | Brides

Condiciones de Proceso

Tipo de Fluido

- ☐ Líquido Limpio
- ☐ Líquido Sucio
- ☒ Gas a Vapor

Distancia Mínima

Ver Dimensiones

Presión

Pres. Operación: 100

Pres. Máxima: 250

Unid. Presión: Bar

Caudal

Flujo Operación: 289815.44

Flujo Máximo: 36025

Unid. de Flujo: SCFM

Unid. de Tiempo: Minutos

Temperatura

Temp. Mínima: 15

Temp. Operación: 20

Temp. Máxima: 35

Unid. Temp: °C

Salir

Atrás

Fig. 5.22. Características del Proceso

Placas Orificio

Características

De Proceso | Placa Orificio | Brides

Placa

Tipo de Orificio

- ☒ Concéntrico
- ☐ Excéntrico
- ☐ Segmental

Material

304 SS

Orificio Venteo/Drainaje

- ☒ No Requiere
- ☐ Drainaje

Anillo

- ☒ Si
- ☐ No

Tipo de Anillo

Anillo Tipo Junta (R/T)

Material del Anillo

304 SS

Dimensiones

Diám. Interno Tubería (D): 12 in

Corrosión

- ☐ Beta (β)
- ☒ Diám. Orificio

Diámetro Orificio (d): 151.060 mm

Beta (β) = d/D: 1.495602

Beta (β)

Salir

Atrás

Fig. 5.23. Características de la Placa Orificio



Fig. 5.24. Características de las Bridas de Orificio

Luego de ingresar los datos correspondientes a las características del procesos, de la placa y de las bridas, se presentará una pantalla de salida de datos, la cual estará constituida por un listado de los modelos y fabricantes de placas orificio que cumplen con las condiciones introducidas por el usuario.

Estas listas permiten al usuario verificar las características de los instrumentos seleccionados por el programa, y elegir el modelo de su preferencia.

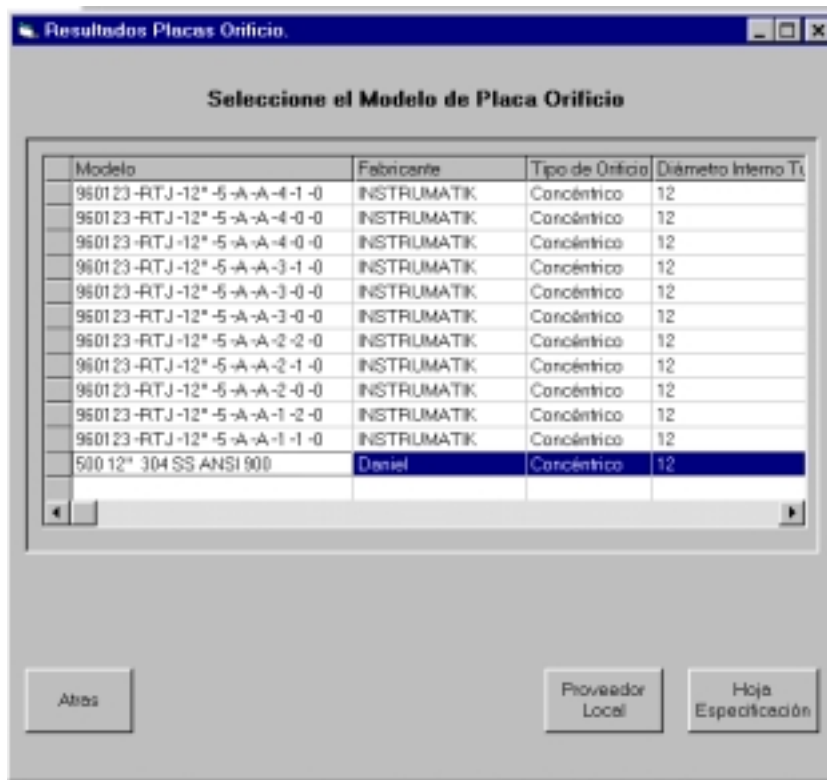


Fig. 5.25 Listado de Modelos y Fabricantes

Se puede observar que dentro de los modelos de placa orificio seleccionados por SISTEX, se encuentra el modelo 500 12" 304SS ANSI 900 para el conjunto de placa orificio y las bridas seleccionados por la empresa encargada de realizar el proceso de selección de instrumentos, y el cual se fue establecido en la hoja de especificación real (Fig. 5.21.).

Una vez que el usuario seleccione el modelo se presentará la hoja de especificaciones emitida por SISTEX (Fig. 5.26).



		ORIFICE PLATES and FLANGES			SHEET 1 OF 1		
		Nº	BY	DATE	REVISION	SPEC. Nº	REV.
						CONTRACT	DATE
						PROJECT Nº	
						BY	CHECK'D
							APPR.
ORIFICE PLATES							
ORIFICE FLANGES							
1. Concentric ☒ Other:		7. Taps Flange ☒ Vena Contr. ☐ Pipe ☐ Other:					
2. ISA Stan. ☒ Other:		8. Tap Size 1/2 in. ☒ Other					
3. Bore: Max. Rate ☐ Near 1/8" ☐		9. Type: Weld Neck ☒ Slip On ☐ Threaded ☐					
4. Material: 304SS ☒ 316SS ☐ Other		10. Material Steel ☒ Other					
5. Ring Material & Ty 304 SS Anillo Tipo Junta (RTJ)		11. Flange Inclu. ☒ By Others ☐					
6. MFR. & Model No. Daniel 500 12" 304 SS ANSI 900		12. Flange Rat. ANSI 900					
F L U I D	13. Tag Number						
	14. Service						
	15. Line Number						
	16. Fluid						
	17. Fluid State Gas						
	18. Maximum Flow 36025SCFM						
	19. Normal Flow 288819.44SCFM						
	20. Pressure						
	21. Temperature 20						
	22. Specific Gravity at Base						
D I S T R I B U T I O N	23. Operating Spec. Gravity						
	24. Supercomp. Factor						
	25. Mol Weigh / Cp/Cv						
	26. Operating Viscosity						
	27. Quality % or °Superheat						
	28. Base Press. / Base Temp						
M E T E R	29. Type Meter						
	30. Diff. Range - Dry						
	31. Seal sp. Gr at 60 °F						
	32. Static Press. Range						
	33. Chart or Scale Range						
	34. Chart Multiplier						
P L A T E	35. Beta= d/D 0,495602683333333						
	36. Orifice Bore Diameter 151.060						
	37. Line I. D. 12						
	38. Flange Rating ANSI 900						
	39. Vent or Drain Hole						
	40. Plate Thickness 1/4"						
Notes :							

Fig. 5.26. Hoja de Especificación emitida por SISTEX

Si comparamos la Hoja de Especificaciones real, con la aportada por SISTEX, se puede observar que los datos contenidos en estas son similares, quedando establecida la correcta selección y llenado de las hojas de especificación para instrumentos de medición de flujo.



RESULTADOS

En esta sección se expondrán los resultados obtenidos a lo largo de la realización del presente Trabajo Especial de Grado.

El desarrollo del sistema experto para la selección y especificación de instrumentos de Medición de Variables de Proceso, ha puesto a disposición una herramienta informática capaz de seleccionar instrumentos de medición, mediante el uso de criterios establecidos sobre la base de información teórico - prácticas.

Adicionalmente esta herramienta reduce considerablemente el tiempo necesario para la selección de instrumentos de medición de Temperatura, Presión, Nivel y Flujo.

SISTEX, es capaz de emitir la hoja de especificación del instrumento seleccionado, disminuyendo tanto el tiempo empleado para éste proceso como la probabilidad de error, ya que la hoja es llenada automáticamente y permitiendo al usuario agregar o modificar la información contenida en ella; así mismo, la hoja puede ser guardada o impresa para su posterior uso.

Se estableció una base de datos cuyos campos fueron estandarizados, lo cual permite seleccionar un instrumento sin importar el fabricante.

El diseño del programa, permite actualizar la base de datos de instrumentos, así como, modificarla de acuerdo a las necesidades de cada usuario.



CONCLUSIONES

A continuación se exponen las conclusiones obtenidas producto del desarrollo del Sistema Experto y el análisis de los resultados

- Los métodos manuales utilizados en la actualidad, para la selección y especificación de Instrumentos de Medición de Variables de proceso, no son los más eficientes, ya que requieren de una gran cantidad de tiempo y dedicación, siendo a su vez un proceso tedioso y repetitivo.
- Para la selección de instrumentos de medición de variable de proceso, es necesario considerar, además de las características del proceso, las características físico-constructivos, los materiales de fabricación, las conexiones y otros que son esenciales para definir completamente el modelo de un instrumento.
- Aunque se seleccionó una clase restringida dentro de la amplia gama de instrumentos que es necesario especificar para el desarrollo de un proyecto, resulto evidente la utilidad de la naturaleza de este sistema en la aplicación de criterios adecuados para el proceso de elección.
- El sistema experto descrito favorece la automatización, y aumenta la eficiencia y calidad de la etapa de selección de instrumentos realizada en cada proyecto.
- Para la selección de instrumentos de medición de variable de proceso, es necesario considerar, además de las características del proceso, las características físico-constructivos, los materiales de fabricación, las conexiones y otros que son esenciales para definir completamente el modelo de un instrumento.
- A pesar de la diferencia entre los campos que emplea cada fabricante para especificar el mismo instrumento fue necesario unificar todas aquellas características capaces de definir el instrumento sin distinción del fabricante.
- Una de las ventajas del sistema es el establecimiento del mismo en la plataforma Microsoft, la cual garantiza que SISTEX pueda ser utilizado en casi cualquier computador personal.



- El uso de la herramienta informática Microsoft Visual Basic 6.0 permitió no solo desarrollar una interfaz amigable y fácil de manejar, sino también, programar los criterios de selección en un lenguaje de alto nivel..
- El resultado del proceso de selección en el cual se accederá a la hoja de especificaciones de formato ISA ha sido realizado a través de Microsoft Excel, la cual permite al usuario modificar, guardar e imprimir el formato de especificación del instrumento.
- La especificación de los instrumentos se realizó a través de los formatos ISA NORMA S-20-1981, las cuales son consideradas la base para la especificación de instrumentos a nivel mundial, lo cual garantiza el uso de una terminología uniforme.
- Los formatos ISA empleados en este trabajo fueron conservados en el idioma original (Ingles), debido a que internacionalmente se emplea bajo esta consideración.
- Una base de inteligencia artificial que imite el razonamiento humano es la clave de un sistema de ayuda como el expuesto.



RECOMENDACIONES

- Se recomienda, en un futuro, uniformizar los tipos de datos de instrumentos, suministrados por los fabricantes a través de catálogos, a fin de facilitar la selección de los mismos; ya que seleccionar el mismo tipo de instrumentos, de distintos fabricantes, resulta una labor engorrosa, debido a la diferencia entre los datos considerados por cada uno de ellos al definir el modelo; sin mencionar que muchos de los catálogos son escuetos en cuanto a la información suministrada.
- Es de importancia, realizar una traducción "estandarizada" de los términos utilizados en el campo de la instrumentación ya que muchos de ellos, no cuentan con un significado aceptado en el idioma Castellano, por lo que es necesario usar estos términos en el idioma de origen (generalmente en Inglés).
- Se recomienda a los fabricantes y distribuidores de instrumentos de medición, emplear sistemas informáticos similares al presentado, a la hora de seleccionar los modelos requeridos por los clientes, pues este tipo de sistema, adaptado a sus necesidades, es capaz de minimizar el tiempo de cotización y garantiza una selección acertada, en base a los requerimientos del cliente.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Instrumentación

COSIDINE, Douglas, *Manual de Instrumentación Aplicada*, Distrito Federal (México), 1971, Vol I y II.

SOISSON, Harold, *Instrumentación Industrial*, Distrito Federal (México), 1980, Vol I y II.

CREUS Sole, Antonio, *Instrumentación Industrial*, Distrito Federal (México), 1988.

Handbook of Measurement Science, (Gran Bretaña), 1986. Volumen II.

MATA, Nelson, *Mediciones de Variables de Proceso*, Caracas (Venezuela), 1995

DONALD, Eckman, *Industrial Instrument*, Nueva York (Estado Unidos), 1958.

LIPTÁK, Béla, *Temperature Measurement*, Pensilvania (Estados Unidos), 1993..

LIPTÁK, Béla, *Flow Measurement*, Pensilvania (Estados Unidos), 1993

ÁLVAREZ, Gerardo, *Cálculo y diseño en instrumentación*, Trabajo Especial de Grado U.C.V. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química, Caracas (Venezuela), 1986.

<http://www.isa.org>

Sistemas Expertos

LUGER, George, *Artificial Intelligence and the Design of Expert Systems*, California (Estados Unidos), 1989

IGNIZIO, P, *A Brief Introduction to expert system*, Nueva york (Estados Unidos), 1190

NEBENDAHL, Dieter, *Sistemas Expertos*, Barcelona (España), 1998.

CRESPO, Luis y Dilia Narvarro, *Sistema informático para la elaboración de especificaciones de manómetros y termómetros*, Trabajo Especial de Grado, U.S.B., Caracas (Venezuela), 1193

SERRANO, Lady, *Desarrollo de un sistema para la operación de un sistema de generación de vapor*, Trabajo Especial de Grado, U.C.V Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química, Caracas (Venezuela)



CHACÓN, Rafael, *Diseño e implementación de un software que permita generar Sistemas Expertos (Shell)*, Trabajo Especial de Grado, U.C.V., Facultad de Ciencias, Escuela de Computación, Caracas (Venezuela) 1989

Programación y Base de Datos

AITKEN, Peter, *Visual Basic 6.0*, Madrid (España), 1999

NICOL, Natascha, *Todo sobre Visual Basic 6*, Madrid (España), 1999

BROOKS, Wayne, *Programación en Access 2000*, Madrid (España), 2000.

WALKENBACH, John, *Programación en Excel 2000 con VBA*, Madrid (España), 2000

PERRY, Greg, *Visual Basic 6 in 21 Days*, Indiana (Estados Unidos), 1998

SÁNCHEZ, *Microsoft Access 2000*, Madrid (España), 1999

Normas

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE (API RP 550), *Manual on Installation of Refinery Instruments and Control Systems*, Nueva York (Estados Unidos), 1965

INTERNATIONAL SOCIETY FOR MEASUREMENT AND CONTROL (ISA), *ISA Standards Library for Measurement and Control, Vol I*, (Estados Unidos), 1998

Otros

ROBB, Louis, *Diccionario para Ingenieros*, Distrito Federal (México), 1987.

Catálogos de Instrumentos

<http://www.omega.com/>

<http://www.rosemount.com/>

<http://www.dresserinstruments.com/>

<http://www.mooreindustries.com/>

<http://www.magnetrol.com/>

<http://www.rochester.com/>

<http://www.yca.com/>

<http://www.doric-vas.com/>

<http://www.ktekcorp.com/>



<http://www.enraf.com/>

<http://www.systems.endress.com/>

<http://www.ashcroft.com/>

<http://www.3dinstruments.com>

<http://www.ametek.com>

<http://www.smar.com>

<http://www.daniel-instrument.com>

<http://www.drexelbrook.com>

<http://www.foxboro.com>

<http://www.brooksstruments.com>

<http://www.micromotion.com>

KOBOLD, *Catálogo de Caudal, Presión, Nivel y Temperatura*, Vol I

INSTRUMATIK, *Catálogo de Termocuplas, Termopozos, Placas de Orificio*.

ROSEMOUNT, *Comprehensive Product Catalog*,

- ▲ The 1999 NEC in Article 505 gave the Zone system its own "stand alone" section as an alternate to the U.S. Class/Division system described in the previous pages. The zone system is based on IEC standards as followed by most countries outside of the U.S. It is however altered to allow use of NEC approved wiring methods.
- ▲ The chart below is a broad comparison of the NEC Class/Division and the IEC Zone classifications systems.

Z O N E 0	ZONE 1	ZONE 2
	DIVISION 1	DIVISION 2

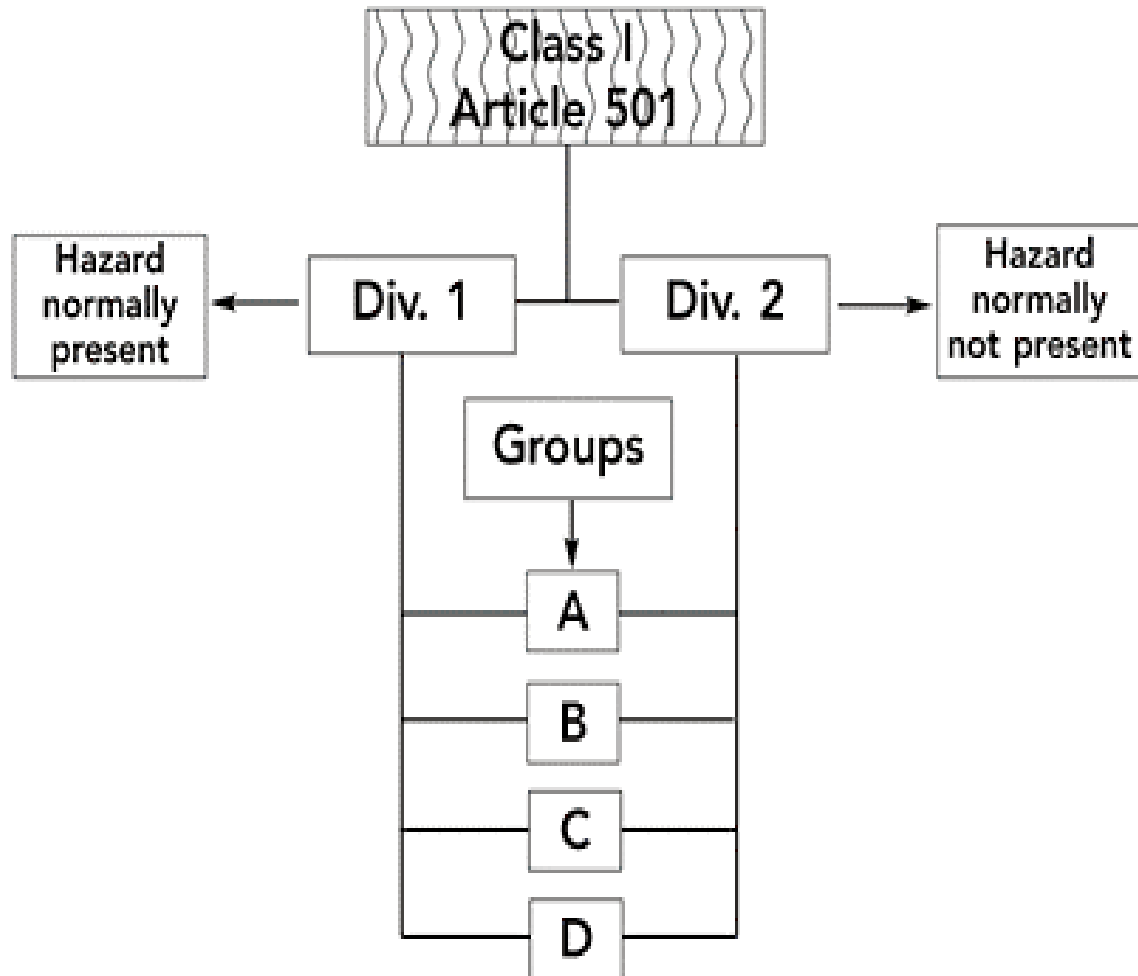
- ▲ Direct comparison of the two systems is complicated. A detailed explanation of the Zone system can be found in the 1999 National Electrical Code®, Article 505.
- ▲ Most products from Appleton can be used in both Division and Zone areas. See chart below for Division and Zone equivalency.

Appleton Equipment Zone Equivalency	
Listed or Classified for:	is suitable for use in:*
Class I, Div. 1	Class I, Zone 1
Class I, Div. 1 or 2	Class I, Zone 2
Class I, Div. 2	Class I, Zone 2

* Must be equivalent gas group

- ▲ The Zone system is used mainly by multinational corporations that want a single standard to govern their facilities whether domestic (United States) or international.

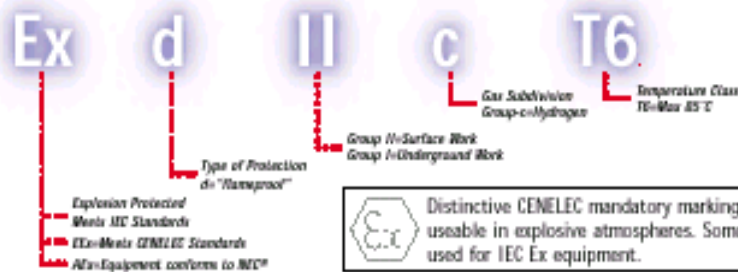
- ▲ Class I is divided by the NEC® and NFPA into **Groups and Divisions**.



Primary Gas by Group

Group	Gas
A	Acetylene
B	Hydrogen
C	Ethylene
D	Gasoline

UNDERSTANDING IEC MARKINGS



MAIN IEC PROTECTION TECHNIQUES

FLAMEPROOF "d".



- **ZONE 1**
- Contain internal explosion
- Control external temperature of enclosure
- Similar to NEC® explosion proof.

INCREASED SAFETY "e".



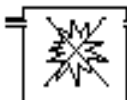
- **ZONE 1**
- High impact resistant enclosures—FRP, GRP, sheet steel/aluminum
- Will not hold static charge
- Use approved components
- Control internal and external temperature
- Maintain minimum of IP 54 ingress protection
- No arcs, no sparks

FLAMEPROOF PLUS INCREASED SAFETY "de".



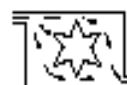
- **ZONE 1**
- Location of arcing has "d" protection (flameproof)
- Connection terminals have "e" protection (increased safety)
- Typical use in switches, lighting, power outlets—where arcs can normally occur
- Control internal and external temperature

NON-SPARKING "n".



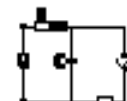
- **ZONE 2**
- Equipment has no normally arcing parts
- Thermal effects incapable of ignition
- nA=non sparking
- nR=restricted breathing
- nC=hermetically sealed non incandive

PRESSURIZED APPARATUS "p".



- **ZONE 1**
- Expels ignitable vapor/gas
- Maintains positive enclosure pressure

INTRINSIC SAFETY "ia" - "ib".



- **ia ZONE 0 & 1**
- **ib ZONE 1**
- Incapable of releasing enough energy to cause an explosion



UNDERSTANDING THE INGRESS PROTECTION SYSTEM

IP

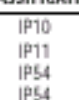
The IEC IP classification system designates the degree of protection provided by an enclosure against impact and/or water or dust penetration (ingress). It has two numbers; first—protection against solid objects, second protection against water.

EXAMPLE: IP 54

**1st Figure:
protection against solid bodies**

IP	TESTS	
0		No protection
1		Protected against solid bodies larger than 50mm (e.g. accidental contact with the hand)
2		Protected against solid bodies larger than 12.5mm (e.g. finger of the hand)
3		Protected against solid bodies larger than 2.5mm (tools, wires)
4		Protection against solid bodies larger than 1mm (fine tools, small wires)
5		Protected against dust (no harmful deposit)
6		Completely protected against dust

**2nd Figure:
protection against liquids**

IP	TESTS	
0		No protection
1		Protected against vertically-falling drops of water (condensation)
2		Protected against drops of water falling at up to 15° from the vertical
3		Protected against drops of rainwater at up to 60° from the vertical
4		Protected against projections of water from all directions
5		Protected against jets of water from all directions
6		Completely protected against jets of water of similar force to heavy seas
7		Protected against the effects of immersion

IP RATINGS DO NOT INDICATE ANY DEGREE OF CORROSION RESISTANCE.

Conversion of NEMA Enclosure Type numbers to IEC Classification Designations
(Cannot be used to convert IEC Classification Designations to NEMA Type numbers)

NEMA ENCLOSURE TYPE NUMBER	IEC ENCLOSURE CLASSIFICATION DESIGNATION
1	IP10
2	IP11
3	IP54
3R	IP54
3S	IP54
4 AND 4X	IP56
5	IP52
6 AND 6P	IP67
12 AND 12K	IP52
13	IP54

		TEMPERATURE INSTRUMENTS (FILLED SYSTEM)				SHEET _____ OF _____		
						SPEC. NO.	REV.	
		NO	BY	DATE	REVISION			
						CONTRACT	DATE	
						REQ. - P.O.		
						BY	CHK'D	APPR.

1	Tag No.	Service
GENERAL	2	Function
	3	Case
	4	Mounting
	5	Enclosure Class
	6	Power Supply
	7	Chart
	8	Chart Drive
	9	Scales
	10	XMTR
CONTROLLER	11	Control Modes
	12	Action
	13	Auto-Man Switch
	14	Set Point Adj.
	15	Manual Reg.
	16	Output
	ELEMENT	17
18		Process Data
19		Range
20		Bulb
21		Capillary
22		Well
23	Alarm Switches	Quantity _____ Form _____ Rating _____
24	Function	Temp ☐ Deviation ☐ Contacts To _____ On Temp. Increase
25	Options	Filt-Reg. ☐ Sup. Gage ☐ Output Gage ☐ _____ Charts
26	Mfr. & Model No.	_____

Notes:

ISA FORM S20.11a

[illegible]

6 Temperature instruments (filled systems)

Instructions for ISA Forms S20.11a and 20.11b

- 1) To be used for a single item. Use secondary sheet for multiple listing.
- 2) Check as many as apply.
- 3) Nominal size refers to approximate front of case dimensions; width x height.
- 4) Yoke refers to a bracket designed for mounting the instrument on a pipe stand.
- 5) Enclosure class refers to composite instrument. If electrical contacts are in the case, they must meet this classification inherently or by reason of enclosure. Use NEMA identification or ISA identification RP8.1.
- 6) Specify electrical power to the entire instrument from an external source.
- 7) Specify chart size, range and number if applicable.
- 8) Chart drive mechanism assumed to be synchronous motor operating in 117V 60 Hz and suitable for ENCLOSURE CLASS specified on line 5. If the chart drive is pneumatic so state — identify pneumatic pulser under options. Note deviations from standard (MFR) under notes, i.e., dual speed or special speeds.
- 9) The scale type may be SEGMENTAL, VERTICAL, HORIZONTAL, DIAL (CIRCULAR) or other. Ranges 1, 2, 3 and 4 are used for multiple inputs. The first listed (No. 1) is assumed to be the controller input, if a controller is used.
- 10) Specify transmitter output if applicable.
- 11) See explanation of terminology given on specifications sheet. For further definition refer to American National Standard C85.1-1963, "Terminology for Automatic Control." Specific ranges of control modes can be listed after "OTHER," if required.
- 12) For multiple items specify on second sheet.
- 13) If standard auto-manual switching is not known or not adequate, specify particular requirements, such as BUMPLESS, PROCEDURELESS, 4-POSITION, or as required.
- 14) Remote set point adjustment assumes full adjustment range. Specify limits if required.
- 15) Specify if applicable.
- 16) Specify if applicable.
- 17) Filled thermal systems can be of the following SAMA classifications:

Class IA:	Liquid filled, uniform scale, fully compensated.
Class IB:	Liquid filled, uniform scale, case compensated only.
Class IIA:	Vapor pressure, non-linear scale with measured temperature above case and tubing temperature.
Class IIB:	Vapor pressure, non-linear scale with measured temperature below case and tubing temperature.

Class IIC: Vapor pressure, non-linear scale with measured temperature above and below case and tubing temperature.

Class IIIA: Gas filled, uniform scale, fully compensated.

Class IIIB: Gas filled, uniform scale, case compensated only.

Class VA: Mercury filled, uniform scale, fully compensated.

Class VB: Mercury filled, uniform scale, case compensated only.

- 19) Range refers to process input span for which an output is desired. Adjustable range means that the unit can give its normal output over a range of inputs.
- 20) Bulb type can be plain, averaging, rigid, adjustable union connections, fixed union connection. Capillary extension length can be rigid or flexible, etc.
- 21) Capillary tube specifications
- 22) Well Specifications
- 23) Form may be SPST, SPDT, DPDT, etc. Rating is electrical rating of switch in volt amps.
- 24) Check if alarm is to be actuated by measured variable or by deviation from controller set point. Give contact action if single throw from.

[illegible]

7 Thermocouples and thermowells

Instructions for ISA Forms S20.12a and 20.12b

Reference: ANSI MC96.1, American National Standard for Temperature Measurement Thermocouples.

- 1) Check COMPLETE ASSEMBLY, or write in ELEMENT ONLY, ELEMENT & HEAD, etc.
- 2) Specify ISA type:

E	Chromel/Constantan
J	Iron/Constantan
K	Chromel/Alumel
R	Platinum-13 percent Rhodium/Platinum
S	Platinum-10 percent Rhodium/Platinum
T	Copper/Constantan

and wire diameter in American Wire Gage (AWG), also known as Brown and Sharpe Gage (B & S). Thermocouple wire normally runs from AWG No. 24 (0.0201 in. dia.) through AWG No. 8 (0.1285 in. dia.).
- 3) Specify required construction by filling in sheath diameter and material, or checking BEADED INSULATORS. Check type of junction, EXPOSED, ENCLOSED and GROUNDED, ENCLOSED and UNGROUNDED.
- 4) Specify nominal diameter of nipple, or write NONE. Specify length N (as defined on sketch below line 8) if appropriate. Check UNION if required.
- 5) Specify connection size and material of packed connector, and whether Fixed or Adjustable. (For ceramic packed thermocouples only).
- 6) Specify general type of head.
- 7) Specify material of construction of head.
- 8) A duplex terminal block accommodates two thermocouples as listed. Refer to Notes.
- 9) Specify material of well or tube.
- 10) A built-up well has a welded tip. Check as many as apply.
- 11) Give dimensions if required.
- 12) Process connection is external. However, INT will cover a thread dimension if well flange is threaded.
- 13) Fill in any applicable company standards or specifications.

NOTE: For thermocouples other than arrangement shown in sketch, space has been provided for you to draw your own picture.

Tabulation: Fill in all applicable information. SINGLE/DUPLEX, need only be filled in on line 8 if they are the same for all thermocouples on the sheet.

8 Resistance temperature sensors

Instructions for ISA Forms S20.13a and 20.13b

Refer to Scientific Apparatus Manufacturers Association (SAMA) Tentative Standard on Resistance, RC 5-10-1955.

- 1) Complete assembler includes head, element, and well; as shown in sketch.
- 5) Give size and pipe schedule of nipple. Check if union is required.
- 7) The ice point resistance in ohms usually defines the resistance vs. temperature curve. If not, provide additional data as an attachment.
- 8) Give maximum range over which the elements will be used.
- 9) Specify sealing of leads.
- 11) This thread is on the element termination, not the well.
- 12) It is necessary to specify the number of wires, depending on the compensation required. The other items refer to the element termination.
- 14) A built-up well has a welded tip and connection.
- 16) Internal thread of flange if well flange is threaded.

Instructions for the tabulation:

- 17) Process Connection is the connection on the element or well which is connected to the pipe or vessel. Well dimensions are illustrated in the sketch. It is not necessary to specify "Element Length" if well dimensions are already given. Single or Dual elements are assumed to be within the same sheath. Refer to Notes by number or letter and explain in the space at the bottom of the form.

9 Bi-metal thermometers

Instructions for ISA Forms S20.14a and 20.14b

- 1) Specify mounting termination of stem and write in stem materials or "MFR.STD."
- 2) Select stem thread size.
- 3) Stem diameter standards may vary. Check specific size if this is important.
- 4) Write in case material if other than standard.
- 5) Write in nominal dial size and color.
- 6) Scale Length
- 7) The form of the thermometer is illustrated on the form. The adjustable form may be set to any angle. If a stem connection form other than shown is required, make a sketch in the space provided.
- 8) Check applicable options.
- 9) List specific make and model number when selection is made.
- 10) Specify how well is to be furnished, if any.
- 11) Specify well material. If not all are the same, cover exceptions by notes in the tabulation.
- 12) Specify well construction. A "built-up" well has a welded tip. Special well designs should be described by a sketch in the space provided or on an attached sheet.

Tabulation:

Tag No:	It is assumed that a tag number represents a single item. If multiple units have the same number, cover this with a special note.
Range:	Write "F" or "C" at the top of the column. May be left blank on initial issue if Operating Temp. is specified.
Operating Temp.	Must be filled in if range is not specified.
Stem Length:	Refer to illustrations on form.
Well Conn:	Show thread size, such as "1 in. NPT" or flange size and rating, such as "1 1/2 in. 150 lb." All flanges are assumed to be ANSI Standard; if not, cover by a special note.
Lag. Ext:	Applies to screwed wells only.

NOTE: Index notes by number or letter and specify in space below tabulation.

	DIFFERENTIAL PRESSURE INSTRUMENTS				SHEET _____ OF _____	
					SPEC. NO.	REV.
	NO	BY	DATE	REVISION		
					CONTRACT	DATE
					REQ. - P.O.	
					BY	CHK'D
					APPR.	

1	Tag No.	Service
GENERAL	2 Function	Record ☐ Indicate ☐ Control ☐ Blind ☐ Trans ☐ Integ ☐ Other _____
	3 Case	MFR STD ☐ Nom Size _____ Color: MFR STD ☐ Other _____
	4 Mounting	Flush ☐ Surface ☐ Yoke ☐ Other _____
	5 Enclosure Class	General Purpose ☐ Weather proof ☐ Explosion proof ☐ Class _____
	6 Power Supply	For use in Intrinsically Safe System ☐ Other _____
	7 Chart	117V 60 Hz ☐ Other ac _____ dc ☐ _____ Volts _____
	8 Chart Drive	12 in. Circ. ☐ Other _____ Range _____ No. _____
	9 Scale	24 hr Other _____ Elec. ☐ Spring ☐ Other _____
		Type _____ Range: 1 _____ 2 _____ 3 _____
XMTR	10 Transmitter Output	4-20 mA ☐ 10-50 mA ☐ 21-103 kPa (3-15 psig) ☐ Other _____ For Receiver, See Spec Sheet _____
CONTROLLER	11 Control Modes	P=Prop (Gain), I=Integral (Auto Reset), D=Derivative (Rate) Sub: s=Slow, f=Fast If ☐ Df ☐ P ☐ PI ☐ PD ☐ PID ☐ Is ☐ Ds ☐ Other _____
	12 Action	On Meas. Increase Output: Increases ☐ Decreases ☐
	13 Auto-Man Switch	None ☐ MFR STD ☐ Other _____
	14 Set Point Adj.	Manual ☐ External ☐ Remote ☐ Other _____
	15 Manual Reg.	None ☐ MFR STD ☐ Other _____
	16 Output	4-20 mA ☐ 10-50 mA ☐ 21-103 kPa (3-15 psig) ☐ Other _____
UNIT	17 Service	Flow ☐ Level ☐ Diff. Pressure ☐ Other _____
	18 Element Type	Diaphragm ☐ Bellows ☐ Mercury ☐ Other _____
	19 Material	Body _____ Element _____
	20 Rating	Overrange _____ Body Rating _____ psig
	21 Diff. Range	Fixed ☐ Adj. Range _____ Set At _____
	22 Elevation	Suppression _____
	23 Process Data	Fluid _____ Max Temp. _____ Max. Press. _____
	24 Process Conn.	1/2 in. NPT ☐ Other _____
	25 Alarm Switches	Quantity _____ Form _____ Rating _____
	26 Function	Meas. Var. ☐ Deviation ☐ Contacts To _____ on Inc. Meas.
	27 Options	Pressure Element ☐ Range _____ Material _____ Temp. Element ☐ Range _____ Type _____ Filt Reg. ☐ Sup. Gage ☐ Output Gage ☐ _____ Charts Valve Manifold _____ Cond. Pots ☐ Adj. Damp ☐ Integral Sq. Rt. Ext. ☐ Integrator _____ Other _____
	28 MFR & Model No.	_____
Notes:		

ISA Form S20.20a

[illegible]

10 Differential pressure instruments

Instructions for ISA Forms S20.20a and 20.20b

- 1) To be used for a single item. Use secondary sheet for multiple listing.
- 2) Check as many as apply.
- 3) Nominal size refers to approximate front of case dimensions; width x height.
- 4) Yoke refers to a bracket designed for mounting the instrument on a pipe stand.
- 5) Enclosure class refers to composite instrument. If electrical contacts are in the case they must meet this classification inherently or by reasons of the enclosure. Use NEMA identification system or ISA identification RP8. 1.
- 6) Specify electrical power to the entire instrument from an external source.
- 7) Specify chart size, range and number if applicable.
- 8) "24 hr" is the time for one rotation of the chart. Other speeds should be listed in hours or days. If a spring wound clock is used fill in number of hours or days it runs between windings.
- 9) The scale type may be SEGMENTAL, ECCENTRIC, or DIAL (CIRCULAR). Space is provided for multiple ranges on the same scale.
- 10) Specify transmitter output if applicable.
- 11) See explanation of terminology given on specification sheet. For further definition refer to American National Standard C85-1-1963, "Terminology for Automatic Control." Specific ranges of control modes can be listed after "OTHER," if required.
- 12) For multiple items specify on second sheet.
- 13) If standard auto-manual switching is not known or not adequate, specify number of positions.
- 14) Remote set point adjustment assumes full adjustment range. Specify limits if required.
- 15) Specify if applicable.
- 16) Specify if applicable.
- 17) Specify measured variable.
- 18) Specify type of element or write in "MFR. STD."
- 19) Materials refer to wetted parts only.
- 20) Over-range protection refers to maximum differential pressure. The instrument can withstand without a shift in calibration.
- 21) Adjustable range means that the range can be changed without replacing any parts.
- 22) Elevation
- 23) Give process data affecting meter selection. Flow elements such as orifice plates are specified on separate forms.

- 24) Refers to connections piped to process equipment or pipe line. Special flanged connections and extended diaphragms for level applications should be described after "OTHER."
- 25) Form may be SPST, DPDT, or others. Rating refers to electrical rating of switch or contacts in amps.
- 26) Specify if alarm is actuated by measured variable or by deviation from controller setpoint. Give contact action if single throw form.
- 27) Specify required accessories. If temperature element is used, the second line is provided to specify well, length of capillary tubing and other details of the thermal system.
- 28) After selection is made fill in manufacturer and specific model number.

SECONDARY SHEET — for listing multiple instruments. List all instruments of the same type specified on the primary sheet, with variations as shown. "Notes" refers to notes listed by number at the bottom of the sheet.

	ORIFICE PLATES and FLANGES				SHEET ____ OF ____	
					SPEC. NO.	REV.
	NO	BY	DATE	REVISION		
					CONTRACT	DATE
					REQ. - P.O.	
					BY	CHK'D
						APPR.

ORIFICE PLATES 1. Concentric ☐ Other _____ 2. ISA Standard ☐ Other _____ 3. Bore: Maximum Rate ☐ Nearest 1/8 in. ☐ 4. Material: 304SS ☐ 316SS ☐ Other _____ 5. Ring Material & Type _____ 6. MFR. & Model No. _____	ORIFICE FLANGES 7. Taps: Flange ☐ Vena Contracta ☐ Pipe ☐ Other _____ 8. Tap Size: 1/2 in. ☐ Other _____ 9. Type: Weld Neck ☐ Slip On ☐ Threaded ☐ 10. Material: Steel ☐ Other _____ 11. Flanges included ☐ By others ☐ 12. Flange Rating _____
---	---

FLUID DATA	13	Tag Number				
	14	Service				
	15	Line Number				
	16	Fluid				
	17	Fluid State				
	18	Maximum Flow				
	19	Normal Flow				
	20	Pressure				
	21	Temperature				
	22	Specific Gravity at Base				
	23	Operating Spec. Gravity				
	24	Supercomp. Factor				
	25	Mol. Weight	Cp/Cv			
	26	Operating Viscosity				
	27	Quality % or ° Superheat				
28	Base Press.	Base Temp.				
METER	29	Type of Meter				
	30	Diff. Range — Dry				
	31	Seal sp. gr. at 60° F				
	32	Static Press. Range				
	33	Chart or Scale Range				
	34	Chart Multiplier				
PLATE & FLANGE	35	Beta=d/D				
	36	Orifice Bore Diameter				
	37	Line I.D.				
	38	Flange Rating				
	39	Vent or Drain Hole				
	40	Plate Thickness				

Notes:

ISA FORM S20-21

11 Orifice plates and flanges

Instructions for ISA Form S20.21

Refer to ISA Recommended Practice RP3.2, "Flanged Mounted, Sharp Edged Orifice Plates for Flow Measurement."

- 1) Check if concentric bore, or write in eccentric, segmental, etc.
- 2) ISA Standard reference given above. This also conforms to AGA-ASME requirements.
- 3) Check whether plate is to be bored odd size for exact maximum rate, or to nearest 1/8 in. for approximate maximum rate.
- 4) Select plate material.
- 5) If ring joint assembly is used, give ring material and configurations.
- 6) Refers to plate, not flanges.
- 7) Select one of the standard tap locations or write in other.
- 8) Select tap size.
- 9) Select flange construction.
- 10) Select flange material. If stainless steel, show type; such as, "304 SS."
- 11) Indicate whether orifice flanges are to be included with the plate, or furnished by others.
- 12) Note Flange Rating.
- 13) Tag number or other identification No.
- 14) Process service.
- 15) Line number. Include line size.
- 16) List fluid, unless classified.
- 17) Liquid, gas, or vapor.
- 18) Maximum flow assumed to be meter maximum. Give flow units.
- 19) Figure only if units given above.
- 20) Upstream operating pressure and units. This is also the contract figure unless otherwise noted.
- 21) Operating temperature, °F or °C. See comment in 20 above.
- 22) Specific gravity at Base Temperature.
- 23) Liquid specific gravity at operating temperature given on Line 21.
- 24) Applies to gas, at operating pressure. Supercompressibility factor normally required for gases over 100 psig because the gas at this pressure and above does not follow the ideal gas laws.

- 25) Applies to vapor or gas. C_p specific heat at constant pressure, C_v specific heat at constant volumes — Ratio = K at the operating temperature.
- 26) Viscosity and units, at operating temperature given on line 21.
- 27) Applies to vapor or steam. Write "SAT" if saturated; otherwise give % quality or degrees superheat, in F or C.
- 28) Contract base conditions. Pressure must be given in absolute units.
- 29) Bellows, diaphragm, mercury, etc.
- 30) Set range and units.
- 31) Applies to wet meters.
- 32) Fill in if applicable.
- 33) Full scale range and units. See comment under 18 above.
- 34) Fill in if required.
- 35) Fill in for final records after approved bore calculation is available.
- 36) For final records, see comment on 35.
- 37) In inches; or give line size and Schedule.
- 38) ANSI Flange Rating, i.e., 4 in. 300 lb RF
- 39) If desired, state whether top or bottom.
- 40) Give plate thickness.

		ROTAMETERS (VARIABLE AREA FLOWMETERS)				SHEET ____ OF ____	
						SPEC. NO.	REV.
		NO	BY	DATE	REVISION	CONTRACT	DATE
						REQ. - P.O.	
						BY	CHK'D
GENERAL	1	Tag Number					
	2	Service					
	3	Line No./Vessel No.					
	4	Function					
	5	Mounting					
	6	Power Supply					
	7	Conn. Size	Type				
	8	Inlet Dir.	Outlet Dir.				
	9	Fitting Material					
	10	Packing or O-Ring Mtl.					
	11	Enclosure Type					
METER	12	Size	Float Guide				
	13	Tube Mtl.	Float Mtl.				
	14	Meter Scale: Length & Type					
	15	Meter Scale Range					
	16	Meter Factor					
	17	Rated Accuracy					
	18	Hydraulic Calib. Required					
	19	Fluid					
FLUID DATA	20	Color or Transparency					
	21	Maximum Flow Rate					
	22	Norm Flow	Min Flow				
	23	Oper. Specific Gravity (Liq)					
	24	Max Oper. Viscosity					
	25	Oper. Press.	Oper. Temp.				
	26	Oper. Density (Gases)					
	27	Std. Density	Mol. Wgt.				
	28	Max. Allowable Press. Drop					
	29						
EXT	30	Extension Well Mtl.					
	31	Gasket Mtl.					
XMTR	32	Transmitter Output					
	33	Trans. Enclosure Class					
	34	Scale Range					
ALARM	35	No. of Contacts	Form				
	36	Rating	Housing				
	37	Action					
	38						
OPTIONS	39	Valve Size & Material					
	40	Valve Location					
	41	Const. Diff. Relay Mtl.					
	42	Purge Meter Tubing					
	43	Airset					
	43a						
	44	Manufacturer					
	45	Model Number					
	46	Tube Number					
	47	Float Number					
Notes:							

ISA FORM S20.22

12 Rotameters

Instructions for ISA Form S20.22 (Refer to ISA RP16.1, 2, 3, 4)

- 1) List tag number.
- 2) Refers to process applications.
- 3) Show line number, vessel number, or line specification.
- 4) Give functions such as INDICATE RECORD, CONTROL TRANSMIT, INTEGRATE, etc.
- 5) FLUSH PANEL, FRONT PANEL, PIPE, etc.
- 6) Give voltage, dc or ac, and ac frequency.
- 7) Give nominal connection size and type such as SCREWED, 150 lb FLANGED, etc.
- 8) Select orientation of inlet and outlet and designated as RIGHT, LEFT, VERTICAL or REAR.
- 9) Select material of end fittings. Note if lining is required.
- 10) Select either packing or "O" ring design and note material.
- 11) Select type of enclosure, if any, such as SIDE PLATE, SAFETY GLASS, etc.
- 12) Give meter size. Note that this is not the same as connection size but refers to the nominal size of the tube and float combination.
Give the method of float guiding such as NONE, FLUTES, POLE, EXTENSIONS.
- 13) Select tube and float material.
- 14) Select type meter scale: NONE, ON GLASS, METAL STRIP. Select meter scale length.
- 15) Select meter scale range and flow units. Remember that rotameters' scales cannot start at zero but typically have rangeability of 10:1 or 12:1.
- 16) Meter factor if not direct reading.
- 17) Accuracy statement does not imply any specific calibration.
- 18) Note if hydraulic calibration is required and state required accuracy.
- 19) If fluid cannot be identified, state if liquid or gas.
- 20) Give fluid color or transparency which will affect float visibility in glass tube meters.
- 21) List maximum operating flow rate and units, usually the same as maximum of meter scale.
- 22) Show normal and minimum flow rates expected.
- 23) Give operating specific gravity of liquid. (Numerically equal to density in gm/cm³.)
- 24) Give maximum expected viscosity and units.
- 25) Give operating pressure and temperature, with units.
- 26) For gases give operating density and units, unless molecular weight is given on Line 27.

- 27) For gases give density at standard conditions (14.7 psia and 60°F unless stated otherwise) and/or molecular weight if known.
- 28) State maximum allowable pressure drop at full flow, if applicable.
- 30) If meter has an extension well, state material of well.
- 31) Select material of gasket on extension.
- 32) If meter transmits, state pneumatic or electronic output such as 21-103 kPa (3-15 psig), 4-20 mA, etc.
- 33) Give transmitter electrical classification such as General Purpose, Class 1, Group D, etc.
- 34) Give transmitter scale size and range. Note that this is not the meter scale but the scale of the attached instrument.
- 35) Number of alarm contacts in case.
Form of contacts: SPDT, SPST, DPDT, etc.
- 36) Contact electrical load rating. Contact housing — GP, Class I, GR.D, etc. Use NEMA identification.
- 37) HIGH, LOW, DEVIATION.
- 39) Specify needle valve if required.
- 40) Valve may be on the inlet, outlet or separately mounted. Do not list here if valve is to be furnished by others.
- 41) This relay may be used on purge assemblies.
- 44-47) When manufacturer is selected fill in exact model and part numbers.

		MAGNETIC FLOWMETERS				SHEET _____ OF _____		
						SPEC. NO.	REV.	
		NO	BY	DATE	REVISION	CONTRACT	DATE	
						REQ.	P.O.	
						BY	CHK'D	APPR.
METERING ELEMENT	1	Meter Tag No.						
	2	Service						
	3	Location						
	4	CONN'S.	Line Size, Sched.					
	5		Line Material					
	6		Connection Type					
	7		Connection Mat'ls.					
	8	METER	Tube Material					
	9		Liner Material					
	10		Electrode Type					
	11		Electrode Matl.					
	12		Meter Casing					
	13		Power Supply	Elect. Code				
	14		Grounding, Type & Matl.					
	15		Enclosure Class					
	16	FLUID	Fluid					
	17		Max. Flow, Units					
	18		Max. Velocity, Units					
	19		Norm. Flow	Min. Flow				
	20		Max. Temp.	Min. Temp.				
	21		Max. Press.	Min. Press.				
	22		Min. Fluid Conductivity					
	23		Vacuum Possibility					
	24							
	ASSOCIATED INSTRUMENT	26	Instrument Tag Number					
27		Function						
28		Mounting						
29		Enclosure Class						
30		Length Signal Cable						
31		Type Span Adjustment						
32		Power Supply						
33		TRANS.	Transmitter Output					
34								
35		DISPLAY	Scale Size	Range				
36			Chart Drive	Speed				
37			Chart Range	Chart No.				
38			Integrator					
39		CONTR.	Modes	Output				
40			Action	Auto-Man.				
41								
42		ALARM	Contact No.	Form				
43	Rating		Elec. Code					
44	Action							
45	Manufacturer							
46	Meter Model Number							
47	Instrument Model Number							
Notes:								

ISA FORM S20.23

13 Magnetic flowmeters

Instructions for ISA Form S20.23

- 1) Tag number of meter only.
- 2) Refers to process application.
- 3) Show line number or identify associated vessel.
- 4) Give pipeline size and schedule. If reducers are used, so state.
- 5) Give material of pipe. If lined, plastic or otherwise non-conductive, so state.
- 6) Give connection type: FLANGED, DRESSER COUPLINGS, ETC.
- 7) Specify material of meter connections.
- 8) Select tube material. (Non-permeable material required if coils are outside tube).
- 9) Specify material of line.
- 10) Select electrode type: STD., BULLET NOSED, ULTRASONIC CLEANED, BURN OFF, etc.
- 11) Specify electrode material.
- 12) Describe casing: STD., SPLASH PROOF, SUBMERSIBLE, SUBMERGED OPERATION, etc.
- 13) Give ac voltage and frequency, along with application NEMA identification of the electrical enclosure.
- 14) State means for grounding to fluid: GROUNDING RINGS, STRAPS, etc.
- 15) State power supply and enclosure class to meet area electrical requirements.
- 17) State fluid by name or description.
- 18) Give maximum operating flow and units; usually same as maximum of instrument scale.
- 19) Give maximum operating velocity, usually in ft/s.
- 20) List normal and minimum flow rates.
- 21) List maximum and minimum fluid temperature °F.
- 22) List maximum and minimum fluid pressure.
- 23) List minimum (at lowest temp.) conductivity of fluid.
- 24) If a possibility of vacuum exists at meter, so state and give greatest value (highest vacuum).
- 26) List tag number of instrument used directly with meter.
- 27) Control loop function such as INDICATE, RECORD CONTROL, etc.
- 28) Mounting: FLUSH PANEL, SURFACE INTEGRAL WITH METER, etc.
- 29) Give NEMA identification of case type.
- 30) State cable length required between meter and instrument.

- 31) Span adjust: BLIND, ft/s DIAL, OTHER.
- 32) Give ac supply voltage and frequency.
- 33-34) If a transmitter, state analog output electrical or pneumatic range, or pulse train frequency for digital outputs, i.e., pulses per gallon.
- 35) List scale size and range.
- 36) Recorder chart drive — ELECT. HANDWIND, etc. and chart speed in time per revolution or inch per hour.
- 37) List chart range and number.
- 38) If integrator is used, state counts per hour, or value of smallest count; such as "10 GAL UNITS."
- 39) For control modes: (Per ANSI C85.1-1963, "Terminology for Automatic Control.") Write-in PI_f , I_f , PI_s , $PI_f D_f$, etc.
- P = proportional (gain)
- I = integral (auto reset)
- D = derivative (rate)
- Subscripts:
- f = fast
- s = slow
- n = narrow
- State output signal range, pneumatic or electronic.
- 40) Controller action in response to an increase in flowrate — INC. or DEC.
- State auto-man. switch as NONE, SWITCH ONLY, BUMPLESS, etc.
- 42) Number of alarm lights in case. Give form of contacts; SPDT, SPST, etc.
- 43) Contact electrical load rating. Contact housing General Purpose, Class 1, Group D, etc., if not in the same enclosure described in line 29.
- 44) Action of alarms: HIGH, LOW, DEVIATION, etc.
- 45-47) Fill in manufacturer and model numbers for meters and instrument after selection.

	TURBINE FLOWMETERS				SHEET _____ OF _____	
					SPEC. NO.	REV.
					CONTRACT	DATE
					REQ. - P.O.	
					BY	CHK'D

METER	1	Tag Number				
	2	Service				
	3	Meter Location				
	4	Line Size				
	5	End Connections				
	6	Body Rating				
	7	Nominal Flow Range				
	8	Accuracy				
	9	Linearity				
	10	K Factor, Cycles per Vol. Unit				
	11	Excitation				
	12	Materials: Body				
	13	Support				
	14	Shaft				
	15	Flanges				
	16	Rotor				
	17	Bearings: Type				
	18	Bearing Material				
	19	Max. Speed				
	20	Min. Output Voltage				
	21	Pickoff Type				
	22	Enclosure Class				
	23					
FLUID DATA	24	Fluid				
	25	Flow Rate: Min. Max.				
	26	Normal Flow				
	27	Operating Pressure				
	28	Back Pressure				
	29	Operating Temp. Max. Min.				
	30	Operating Specific Gravity				
	31	Viscosity Range				
	32	Percent Solids & Type				
	33					
SECONDARY INSTR.	34	Secondary Instr. Tag No.				
	35	Preamplifier				
	36	Function				
	37	Mounting				
	38	Power Supply				
	39	Scale Range				
	40	Output Range				
OPTIONS	41	Totalizer Type				
	42	Compensation				
	43	Preset Counter				
	44	Enclosure Class				
	45	Strainer Size & Mesh				
	46					
	47					
	48					
	49	Manufacturer				
	50	Meter Model No.				
	51	Secondary Instr. Model No.				
Notes:						

ISA Form S20.24

14 Turbine flowmeters

Instructions for ISA Form S20.24

Refer to ISA Standard S31, "Specification, Installation, and Calibration of Turbine Flowmeters"

- 1) Show meter tag number. Quantity is assumed to be one unless otherwise noted.
- 2) Refers to process service or applications.
- 3) Give line number or process area.
- 5) Specify size and style of connections, such as "1 in. NPT," "2 in. 150 lb ANSI," etc.
- 6) Pressure and temperature design rating required.
- 7) Nominal flow range is obtained from manufacturer's data. This usually defines linear range of selected meter.
- 8) Turbine meter accuracy figures are in terms of percent of instantaneous flow rate.
- 9) Degree of linearity over nominal flow range.
- 10) K factor relates cycles per second to volume units. Enter this figure after selection is made.
- 11) Excitation modulating type only expressed as volts ____ at ____ hertz.
- 12-16) Specify materials of construction or write in "MFR.STD."
- 17) Specify sleeve or ball bearings, or none if floating rotor design.
- 18) Bearing material — will be MFG STD if not stated otherwise.
- 19) Maximum speed or frequency which the meter can produce without physical damage.
- 21) Pickoff may be standard hi-temp., radio-frequency type (RF) or explosion proof. Minimum output voltage ____ volts peak to peak.
- 22) Specify electrical classification of enclosure such as General Purpose, Weather Proof, Class 1, Group D, etc.
- 23) Specify fluid data as indicated, using line 28 for additional item if required.
- 34) Give Tag No. of secondary instrument if different from meter Tag No.
- 35) Pre-amplifier if used.
- 36) Specify function of instrument, such as rate indicator, totalizer, or batch control.
- 37) Flush, surface or rack.
- 38) Power Supply, i.e., 117 Vac.
- 39) Applies to rate indicator.
- 40) Give output range such as "40-20mA," 21-103kPA (3-15 psig), etc.
- 41) May be used for number of digits, and to state whether counter is reset or non-reset type.

- 42) Specify range of compensation, if required, in pressure and/or temperature units or viscosity units.
- 43) Pre-set counter.
- 44) Specify NEMA classification of enclosure.
- 45) Specify strainer size and mesh size. Request vendor's recommendation if not known.
- 50-51) Fill in after selection is made.

		POSITIVE DISPLACEMENT METERS				SHEET _____ OF _____		
						SPEC. NO.	REV.	
		NO	BY	DATE	REVISION			
						CONTRACT	DATE	
						REQ. - P.O.		
						BY	CHK'D	APPR.
	1	Tag Number						
	2	Service						
	3	Line No./Vessel No.						
METER	4	Type of Element						
	5	Size						
	6	End Connections						
	7	Temp. & Press. Rating						
	8	Flow Rate Range						
	9	Totalized Units						
	10	Enclosure Class						
	11	Power Supply						
	12	Materials: Outer Housing						
	13	Main Body Cover						
	14	Rotating Element						
	15	Shaft						
16	Blades							
17	Bearings: Type & Material							
18	Packing							
19	Type of Coupling							
20								
COUNTER	21	Register Type						
	22	Totalizer						
	23	Reset						
	24	Capacity						
	25	Set-Stop						
	26							
FLUID DATA	27	Fluid						
	28	Flow Rate: Min. Max.						
	29	Normal Flow						
	30	Oper. Press. Oper. Temp.						
	31	Oper. Specific Gravity						
	32	Oper. Viscosity						
	33	Coef. of Expansion						
OPTIONS	34	Flow Units						
	35	Shut-Off Valve						
	36	Switch: Single or 2-Stage						
	37	Temp. Compensator						
	38	Transmitter Type						
	39	Transmitter Output						
	40	Air Eliminator						
	41	Strainer: Size & Mesh						
	42							
	43							
44								
45	Manufacturer							
46	Model Number							
Notes:								

ISA FORM S20.25

15 Positive displacement meters

Instructions for ISA Form S20.25.

- 1) Tag No. of instrument.
- 2) Process service.
- 3) Pipe line or vessel identification.
- 4) Write in type of rotating element, such as, disc, piston, vane, helical, rotors, etc.
- 5) Show connection pipe size.
- 6) Specify end connections type and ANSI rating such as 300 lb R.F.
- 7) Specify the manufacturer's recommended body pressure and temperature rating, such as 250 psi at 190°F.
- 8) Write in manufacturer's recommended normal operating range.
- 9) Specify smallest totalized unit, such as "Tens of Gallons," "Pounds," "Barrels."
- 10) Specify enclosure electrical classification, if applicable, such as "Class 1, Group D., Div. 2," "General Purpose," etc.
- 11) Specify power supply, if applicable.
- 12) Specify materials of construction. If no preference, write in, MFR.STD. (Manufacturer's Standard).
- 13-18) Specify materials of construction, if no preference, write in, Manufacturer's Standard (MFG-STD)
- 19) Specify type of coupling.
- 20) Specify coupling such as "Magnetic," or MFR. STD.
- 21) Specify register type such as horizontal, vertical, inclined, inline reading, dial reading, print, etc.
- 22) Specify number of figures such as 6 digit, 5 digit, or 0-99, 999, etc.
- 23) If totalizer reset required, write in type. If reset is not required, write in "none."
- 24) Write in number of figures or maximum quantity (in flow units) that can be held in counter.
- 25) Specify by writing in "yes" if a set-stop is required to operate shutoff valve, switch, etc.
- 27-34) Specify fluid data as completely as possible, note at operating conditions. Be sure to note if liquid is at saturation conditions.
- 35) Specify by writing in "yes" if a shut-off valve is required. Valve to be manufacturer's standard construction unless otherwise noted.
- 36) Specify by writing in "yes" if a switch is required. Two switches are required for 2-stage shut-off control.

- 37) Write in "yes" if manufacturer's standard temperature compensator is required. Write in "no" if not required.
- 38) Specify, if transmitter is required, by writing in type such as pulse, rate of flow, etc.
- 39) Give transmitter output in pulse per gallon, 4-20 mA, etc.
- 40) Write in "yes" if air eliminator is required, otherwise write in "no".
- 41) Specify, if strainer is required, by writing in type such as "Y," "Basket," etc. Strainer to have same pressure and temperature rating, end connections and material as meter body unless otherwise noted.
- 45-46) Identify manufacturer's name and model number after selection is made.

			LEVEL INSTRUMENTS (DISPLACER or FLOAT)				SHEET _____ OF _____		
			NO	BY	DATE	REVISION	SPEC. NO.		REV.
							CONTRACT		DATE
							REQ. - P.O.		
				BY	CHK'D	APPR.			
BODY/CAGE	1	Tag Number							
	2	Service							
	3	Line No./Vessel No.							
	4	Body or Cage Mtl							
	5	Rating							
	6	Conn Size & Location Upper							
	7	Type							
	8	Conn Size & Location Lower							
	9	Type							
	10	Case Mounting							
	11	Type							
	12	Rotatable Head							
DISPLACER OR FLOAT	13	Dimensions							
	14	Insertion Depth							
	15	Displacer Extension							
	16	Disp. or Float Material							
	17	Displacer Spring/Tube Mtl							
	18								
	19								
XMTR/CONT.	20	Function							
	21	Output							
	22	Control Modes							
	23	Differential							
	24	Output Action: Level Rise							
	25	Mounting							
	26	Enclosure Class							
	27	Elec. Power or Air Supply							
SERVICE	28								
	29	Upper Liquid							
	30	Lower Liquid							
	31	sp. gr.: Upper	Lower						
	32	Press. Max.	Normal						
	33	Temp. Max.	Normal						
OPTIONS	34								
	35								
	36	Airset	Supply Gage						
	37	Gage Glass Connections							
	38	Gage Glass Model No.							
	39	Contacts: No.	Form						
	40	Contact Rating							
	41	Action of Contacts							
	42								
	43								
	44								
	45								
	46	Manufacturer							
47	Model Number								
48									
Notes:									

ISA FORM S20.26

16 Level instruments (displacer or float)

Instructions for ISA Form S20.26.

- 1) Tag No. or other identification.
- 2) Process service.
- 3) Line number or vessel number on which cage or body is installed.
- 4) Material of chamber and/or mounting flange.
- 5) For float specify top or side of vessel connection. For displacer in a chamber specify upper, then lower connection; such as side-side, side-bottom, top-bottom, etc. Give flange size and rating or NPT size.
- 6) Same as 5.
- 7) Refers to position of case when viewing the front of the case relative to the chamber; the case is either to the left, right, or top.
- 8) On displacer instruments specify if case is to be rotatable with respect to the chamber. This only applies if there is one or more side connections.
- 10) Orientation of control with respect to displacer cage.
- 11) Cooling Extension
- 13) Specify float diameter or displacer length. The displacer length is also the range.
- 14) Insertion depth applied to ball floats. It is the mounting flange to the center of the ball.
- 15) The displacer extension is measured from the face of the mounting flange to the top of the displacer. This dimension is required only for top of vessel mounted instruments.
- 16) Includes rod.
- 17) Refer to MFR's standard materials or special materials.
- 20) Transmitter, controller, switch, etc.
- 21) Air pressure or electrical signal output of transmitter or controller.
- 22) P: Proportional
Pn: Narrow band proportional
PI: Proportional plus Integral (Reset).
- 23) Differential if controller on/off must specify differential adj. or fixed. State adjustable range or fixed amount.
- 24) INCREASE (Direct action) or DECREASE (Reverse Action).
- 25) Remote, or integral.
- 26) Electrical classification of housing. NEMA number
- 27) Air pressure or voltage. If electronic, state whether ac or dc.

- 29) Used only for interface application.
- 30) Used for all services.
- 31) Specific gravities at operating temperature.
- 32) Operating and max. pressure, or vacuum.
- 33) For cryogenic service, give minimum temperature.
- 36) Airset assumed mounted to case.
- 37) Connections on chamber, give size.
- 38) Specify gauge glass, if required.
- 39) Contact form: SPST, SPDT, etc.
- 40) Give Volts, Amps.
- 41) Describe contact action with level.
- 47) Model number of entire assembly.

		LEVEL INSTRUMENTS (CAPACITANCE TYPE)				SHEET _____ OF _____		
						SPEC. NO.	REV.	
		NO	BY	DATE	REVISION	CONTRACT	DATE	
						REQ. - P.O.		
						BY	CHK'D	APPR.
GENERAL	1	Tag Number						
	2	Service						
	3	Line No./Vessel No.						
	4	Application						
	5	Function						
	6	Fail-Safe						
PROBE	7	Model Number						
	8	Orientation						
	9	Style						
	10	Material						
	11	Sheath						
	12	Insertion Length						
	13	Inactive Length						
	14	Gland Size & Mat'l.						
	15							
	16	Conduit Connection						
AMPLIFIER	17	Location						
	18	Enclosure						
	19	Conduit Connection						
	20	Power Supply						
SWITCH	21	Type						
	22	Quantity and Form						
	23	Rating: Volts/Hz or dc						
	24	Amps/Watts/HP						
	25	Load Type						
	26	Contacts Open	On	Incr.				
	27	Close	Level	Decr.				
TRANS.	28	Output						
	29	Range						
	30	Enclosure Class						
OPTIONS	31	Compensation Cable						
	32	Local Indicator						
	33	I/P Transducer						
	34	Signal Lights						
	35							
SERVICE	36	Upper Fluid						
	37	Dielectric Constant						
	38	Lower Fluid						
	39	Dielectric Constant						
	40	Pressure Max.	Normal					
	41	Temp. Max.	Normal					
	42	Moisture						
	43	Material Buildup						
44	Vibration							
45	Manufacturer							
46	Model Number							
Notes:								

ISA Form S20.27

17 Level instruments, capacitance type

Specification Sheet Instructions for ISA Form S20.27

Prefix number designates line number on corresponding Specification Sheet.

- 1) Identification of item by tag number.
- 2) Process area or function.
- 3) Stream description and/or pipe size and number or vessel number in which probe is installed.
- 4) Specify solids level, liquid level, interface, foam detection, etc.
- 5) Specify alarm, transmit, on-off control, etc.
- 6) Specify high, low, none.
- 7) Specify probe model number if known.
- 8) Specify if probe axis is horizontal, vertical, etc.
- 9) Specify general purpose, heavy duty, knife-blade, inline plate, concentric shield, etc.
- 10) Specify probe material as 316 SS, etc.
- 11) Specify sheath, if required, as 1/4 in. Teflon, etc.
- 12) Specify total immersion in inches, or feet and inches.
- 13) Specify length of inactive extension in inches, or feet and inches.
- 14-15) Specify sealing gland material and size as 316 SS, 3/4 in. NPT, etc.
- 16) Specify conduit connection as 3/4 in. NPT hub, 7/8 in. OD knockout, etc.
- 17) Specify if electronics are mounted at probe or remotely located.
- 18) Specify general purpose, weatherproof, explosion-proof, etc.
- 19) Specify conduit connection as 3/4 in. NPT, 7/8 in. OD knockout, etc.
- 20) Specify power input as 115V 60 Hz, etc.
- 21) Specify switch type as mercury bottle, snapaction, etc.
- 22) Specify number of switches and contact form of each switch (SPST, SPDT, DPDT, etc.)
- 23) Specify switch voltage as 115V 60 Hz, 24 Vdc, etc.
- 24) Specify contact rating in amps, watts, or horsepower.
- 25) Specify load as inductive on non-inductive.
- 26-27) Specify if contacts open or close when the level increases or decreases.
- 28) Specify transmitter output as 1-5, 4-20, or 10-50 mA, 1-5 Vdc, etc.
- 29) Specify level range in inches or feet and inches corresponding to minimum and maximum transmitter signal.

- 30) Use NEMA identification numbers.
- 31) Specify length of special compensating cable to be furnished with probe, if required.
- 32) Specify size, type and range of local indicator, if required.
- 33) Specify if electro-pneumatic transducer 21-103 kPa (3-15 psig output) is required.
- 34) Specify if High, Low, HI/LO lights are required, and rating.
- 35) For items not covered in lines 31 through 34.
- 36) Specify upper fluid by name and state (liquid, vapor).
- 37) Specify dielectric constant of upper fluid.
- 38) Specify lower fluid by name and state.
- 39) Specify dielectric constant of lower fluid.
- 40) Specify maximum and normal operating pressure at probe.
- 41) Specify maximum and normal operating temperature at probe.
- 42) Specify percentage moisture content of solids.
- 43) Specify if material is expected to build up on probe.
- 44) Specify vibration environment of probe as mild, severe, etc.
- 45-46) Fill in manufacturer and model number after selected.

18 Gage glasses and cocks

Instructions for ISA Form S20.28

- 1) Check what is to be supplied, and whether assembled or unassembled.
- 2) Select one type only per sheet.
- 3) Specify size, style and location of process connections. If side or back connections are used, vent and drain connections are available.
- 4) Material of gage glass chamber and connections.
- 5) Specify minimum rating. It is assumed that a higher rating is also acceptable.
- 6) This section is used only if the option applies to all items listed on the sheet. Where options apply to certain items only, use the notes column instead.
- 7) Use for Manufacturer and Series or Type; detailed number may be listed in the tabulation.
- 8) Select style of cock, if used.
- 9) Show connection sizes only.
- 10) Write in body and trim materials.
- 11) See Line 5 above.
- 12) Specify action and type of handle: plain closing or quick closing; handwheel or lever handle. This may be covered by the Model No. given on Line 17.
- 13) Specify type of connection on each side: plain union, spherical union, solid shank. Give flange size, rating and type, if applicable.
- 14) Bonnet may be screwed, union type, or bolted.
- 15) Options checked here apply to all items. See line 6 above. Include special packing.
- 16) Fill in if required, or as a final record after selection is made.

" $\varnothing$ CONN" in tabulation refers to distance between center lines of vessel connections. This figure, along with the visible glass dimension, defines the length of the column. A secondary sheet with tabulation only may be made up if required.

		TRAPS and DRAINERS				SHEET _____ OF _____		
						SPEC. NO.	REV.	
		NO	BY	DATE	REVISION			
						CONTRACT	DATE	
						REQ. - P.O.		
						BY	CHK'D	APPR.
	1	Tag Number						
	2	Service						
	3	Line No./Vessel No.						
	4							
	5	Type						
	6							
BODY	7	Material						
	8	Size: Inlet Outlet						
	9	End Connections						
	10	Press. & Temp. Rating						
	11	Equalizing Conn. Size						
	12	Conn. Orientation						
	13							
TRIM	14	Trim Material						
	15							
OPTIONS	16	Internal Check Valve						
	17	Internal Bimetallic Vent						
	18	Thermostatic Vent Mtl.						
	19	Gage Glass						
	20							
	21							
	22							
STRAINER	23	Internal or External						
	24	Type & Size						
	25	Body Material						
	26	Press. & Temp. Rating						
	27	End Connections						
	28	Blowoff Connections						
	29	Mesh Size & Material						
	30							
PROCESS DATA	31	Fluid						
	32	Normal Flow						
	33	Load Safety Factor						
	34	Maximum Capacity						
	35	Oper. Temp. Superheat						
	36	Press: In Out						
	37	Allow Press. Diff: Max. Normal						
	38	Oper. sp. gr. Top Bottom						
	39							
	40							
	41	Calc. Orifice Size						
	42	Selected Orifice Size						
	43							
	44							
	45	Manufacturer						
	46	Model Number						
Notes:								

ISA Form S20.29

19 Traps and drainers

Instructions for ISA Form S20.29

- 1) Identification or item number.
- 2) Fill in service or location.
- 5-6) Write in specific trap type corresponding to general classification such as, inverted bucket, float, drainer, thermodynamic, etc.
- 7) Specify body material required.
- 8) Write in inlet & outlet connection size.
- 9) Specify if traps are to have flanged, screwed socket welded, buttwelded end connections and specify the respective rating.
- 10) Write in temperature and pressure rating required.
- 11) Specify equalizing connection size if required (used with continuous drainers).
- 12) Show orientation or connections by sketch if necessary.
- 13) Write in any other features characteristic of the trap body.
- 14) Write in trim material. If to be manufacturers standard, write in "STD."
- 15) If specific items of trim, such as valve seats, need to be harder material than 14 above, write in material or description.
- 16) Indicate if internal check valve is required, state size (applies to Bucket Traps).
- 17) Specify if internal Bi-metallic Vent is required, (applies to Bucket Traps).
- 18) Indicate if thermostatic vent is required (used with Ball Floats) and specify bellows material.
- 19) Show if Gage Glass is required.
- 20) Write in any other accessory required not included in 16 through 19 above.
- 23) Specify if strainer is to be of internal or external variety, if to be supplied with trap. If not, write in "By others."
- 24) Indicate the specific type, i.e., "Y" type, Angle Type, etc., and inlet outlet connection size.
- 25) Write in body material.
- 26) Write in strainer temperature and pressure rating.
- 27) Specify if strainers are to be flanged or screwed and specify the respective rating.
- 28) Show size of Blow off connections. Also indicate if bushing or cap is required.
- 29) Specify mesh size and material if other than manufacturer's standard is required.
- 30) Write in any other strainer requirements.
- 31) Show fluid being handled.

- 32) Specify the anticipated normal flow quantity of condensate to be handled.
- 33) Write in the safety load factor which is added to compensate for the start-up load under reduced pressure conditions.
- 34) Maximum capacity of trap should always exceed normal quantity to be handled plus the load safety factor.
- 35) Show the steam temperature plus superheat that may be present.
- 36) Show the normal pressure at Trap inlet and outlet.
- 37) Show the allowable pressure differential across the trap or drainer.
- 38) Show the liquid gravity above and below the normal level being held (important for Continuous Drainers.)
- 41) Show the calculated orifice size.
- 42) Specify the orifice selected from manufacturer's charts.
- 45-46) Write in manufacturer and model number if desired.

	PRESSURE INSTRUMENTS				SHEET ____ OF ____	
					SPEC. NO.	REV.
					CONTRACT	DATE
					REQ. P.O.	
					BY	CHK'D

1	Tag No.	Service
GENERAL	2	Function
	3	Case
	4	Mounting
	5	Enclosure Class
	6	Power Supply
	7	Chart
	8	Chart Drive
	9	Scales
10	Transmitter Output	Record ☐ Indicate ☐ Control ☐ Blind ☐ Trans ☐ Other _____ MFR STD ☐ Nom Size _____ Color: MFR STD ☐ Other _____ Flush ☐ Surface ☐ Yoke ☐ Other _____ General Purpose ☐ Weather proof ☐ Explosion proof ☐ Class _____ For Use In Intrin. Safe System ☐ Other _____ 117V 60Hz ☐ Other ac _____ dc _____ Volts _____ _____ Strip ☐ _____ Roll ☐ _____ Fold ☐ Circular _____ Time Marks _____ Range _____ Number _____ Speed _____ Power _____ Type _____ Range 1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____
CONTROLLER	11	Control Modes
	12	Action
	13	Auto-Man Switch
	14	Set Point Adj.
	15	Manual Reg.
	16	Output
ELEMENT	17	Service
	18	Element Type
	19	Material
	20	Range
	21	Process Data
	22	Process Conn.
OPTIONS	23	Alarm Switches
	24	Function
	25	Options
26	MFR & Model No.	

Notes:

ISA Form S20.40a

20 Pressure instruments

Instructions for ISA Forms S20.40a and 20.40b

- 1) To be used for a single item. Use secondary sheet for multiple listing.
- 2) Check as many as apply.
- 3) Nominal size refers to approximate front of case dimensions; width x height.
- 4) Yoke refers to a bracket designed for mounting the instrument on a pipe stand.
- 5) Enclosure class refers to composite instrument. If electrical contacts are in the case, they must meet this classification inherently or by reason of the enclosure. Use NEMA identification or ISA identification per RP8.1.
- 6) Specify electrical power to the entire instrument from an external source.
- 7) Specify chart size, range and number if applicable.
- 8) Chart drive mechanism assumed to be synchronous motor operating in 117V 60 Hz and suitable for ENCLOSURE CLASS specified on line 5. If the chart drive is pneumatic so state — identify pneumatic pulser under options. Note deviations from standard (MFR) under notes, i.e., dual speed or special speeds.
- 9) The scale type may be SEGMENTAL, VERTICAL, HORIZONTAL, DIAL (CIRCULAR) or other. Ranges 1, 2, 3 and 4 are used for multiple inputs. The first listed (No. 1) is assumed to be the controller input, if a controller is used.
- 10) Specify transmitter output if applicable.
- 11) See explanation of terminology given on specification sheet. For further definition refer to American National Standard C85.1-1963, "Terminology for Automatic Control." Specific ranges of control modes can be listed after "OTHER" if required.
- 12) For multiple items specify on second sheet.
- 13) If standard auto-manual switching is not known or not adequate, specify particular requirements, such as BUMPLESS, PROCEDURELESS, 4-POSITION, or as required.
- 14) Remote set point adjustment assumes full adjustment range. Specify limits if required.
- 15) Specify if applicable.
- 16) Specify if applicable.
- 17) Specify pressure measurement application.
- 18) Specify type of pressure element.
- 19) Specify material of element.
- 20) If range is adjustable, specify range of adjustment and initial range setting.
- 21) Specify normal and maximum pressure.

- 22) Specify process connection size. If a diaphragm seal is used, connection is specified in line 26.
- 23) Form may be SPST, SPDT, DPDT, or other. Rating refers to electrical rating of switch or contacts in amps.
- 24) Specify if alarm is actuated by measured variable or by deviation from controller set point. Give contact action if single throw form.
- 25) Specify required accessories.
- 27) Use these lines to specify other options and accessories.
- 28) Fill in after selection is made.

21 Pressure gages

Instructions for ISA Forms S20.41a and 20.41b

- 1) When receiver gages are specified, the "Range" in the tabulation is the dial range.
- 2) Select mounting style.
- 3) Specify nominal dial diameter. Dial assumed white unless otherwise specified.
- 4) Select case material.
- 5) Specify ring style, or check "STD" if not important.
- 6) Specify blow-out protection. "Back" refers to a blow-out back. "Disc" refers to a blow-out disc located in the back or side of the case.
- 7) Specify lens material.
- 8) Options:

Snubber	Specify type or model number.
Sylphon Material	If sylphon required, specify material.
Movement Dampening	Specify if required.
- 9) Specify nominal accuracy, such as " $\pm 1/2\%$."
- 10) Write in make and model number after selection is made.
- 11) Specify element type or write in "MFR.STD."
- 12) If stainless steel is required, write in the type; such as "316."
- 13) See 12.
- 14) Specify connection size and location.
- 15) Specify movement or write in "MFR.STD."
- 16) If Diaphragm Seal is required, fill in specifications.

For convenience, write in psig or other pressure unit at the top of "Range" and "Op. Press" columns, if all are the same.

[illegible]

22 Pressure switches

Instructions for ISA Forms S20.42a and 20.42b

- 1) Specify pressure, vacuum, compound, or differential pressure.
- 2) Check setting in field or factory. Check internal or external setting adjustment. Check whether calibrated setting dial is required.
- 3) Specify fixed or adjustable dead band.
- 4) Specify diaphragm, bourdon, bellows, or write MFR.STD.
- 5) Select element material, for stainless fill in number, or write MFR.STD.
- 6) Specify connection size or write MFR.STD. Specify bottom or back connection.
- 7) Specify mounting — Local (pipe) surface or flush.
- 8) Check Mercury or Snap acting, or write MFR.STD.
- 9) Specify number of switches in common housing.
- 10) Specify switch form.
- 11) Electrical rating in amps or watts, dc, or if ac, give frequency in Hz.
- 12) Check inductive or non-inductive load.
- 13) Check one: general purpose, weatherproof or explosion-proof. Use NEMA identification.
- 14) Check MFR.STD. or specify connection size.

Tabulation:

"Process Condition" refers to process condition which actuates switch, such as "High Level." "Adj Range" refers to limits within which a set point may be established, such as "1-18#." If the pressure switch is in an instrument air line, the set point may be specified in both process and signal units. "Notes" should be indicated by a number or letter and then explained in the space below the tabulation.

The background of the entire page is a photograph of an industrial facility, likely a refinery or chemical plant. It features complex piping, multiple levels of walkways with railings, and large storage tanks. The scene is illuminated by artificial lights, creating a high-contrast, somewhat hazy atmosphere. The title 'SISTEX' is superimposed on this background.

SISTEX

*Sistema Experto para la Selección y
Especificación de Instrumentos de Medición
de Variable de Proceso*

Manual de Usuario

versión 1.0



Sistema Experto para la Selección y Especificación de Instrumentos de
Medición de Variables de Proceso

MANUAL DE USUARIO

Realizado por:
Rocio Rodríguez
Nora López

INTRODUCCIÓN

SISTEX, es una herramienta informática, que permite al usuario, seleccionar instrumentos de medición de Temperatura, Presión, Nivel y Flujo. El programa cuenta con una base de datos, con la información de los instrumentos, que ha sido obtenida a través de catálogos de los fabricantes de instrumentos reconocidos en la industria de procesos.

El usuario debe introducir los datos de su proceso, así como las características requeridas del instrumento, y el programa presentará un listado, de aquellos modelos que cumplan con los requerimientos del proceso.

Si se desea la hoja de especificación en formato ISA del instrumento, basta con seleccionar esta opción, y el programa mostrará automáticamente este formato.



Requerimientos del Sistema:

Para el buen funcionamiento de esta herramienta, es necesario que el sistema cuente con las siguientes características:

Sistema Operativo Windows 95 o superior.

Memoria Requerida: 200 MB



Instalación

- 1.- Introduzca el CD de SISTEX versión 1.0.
- 2.- Explore el CD.
- 3.- Ejecute la Aplicación Setup.exe
- 4.- Siga las instrucciones del programa de Instalación



El programa será instalado en el directorio:

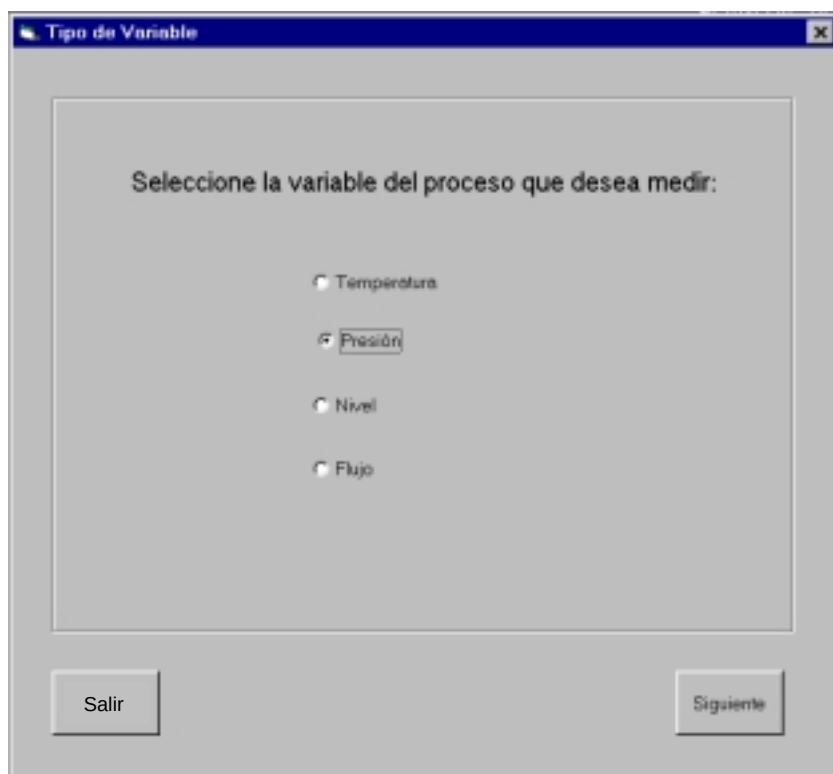
\Archivos de Programa\Selección_instrumentos\SISTEX 1.0

a menos que el usuario cambie esta opción.

Instrucciones de Uso

Al ejecutar SISTEX 1.0, aparecerá una pantalla de presentación, la cual desaparecerá al cabo de unos segundos o al hacer doble clic sobre la misma.

Posteriormente, el programa muestra una pantalla de selección de la variable de Proceso a Medir, esta puede ser: Temperatura, Presión, Nivel o Flujo.

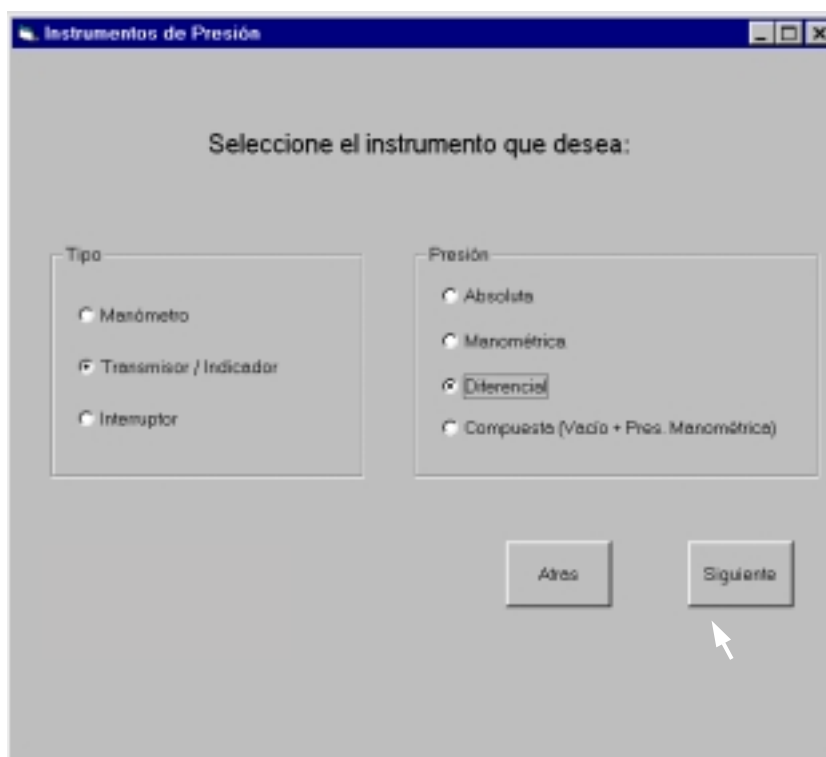


Con solo presionar la opción deseada y presionar siguiente, pasamos al formato de selección del Tipo de Instrumento, según la función requerida.

Si desea Salir del programa, presione el botón "Salir"

De aquí en adelante, tomaremos como ejemplo, la selección de un transmisor de Presión Diferencial, para demostrar el uso del programa.

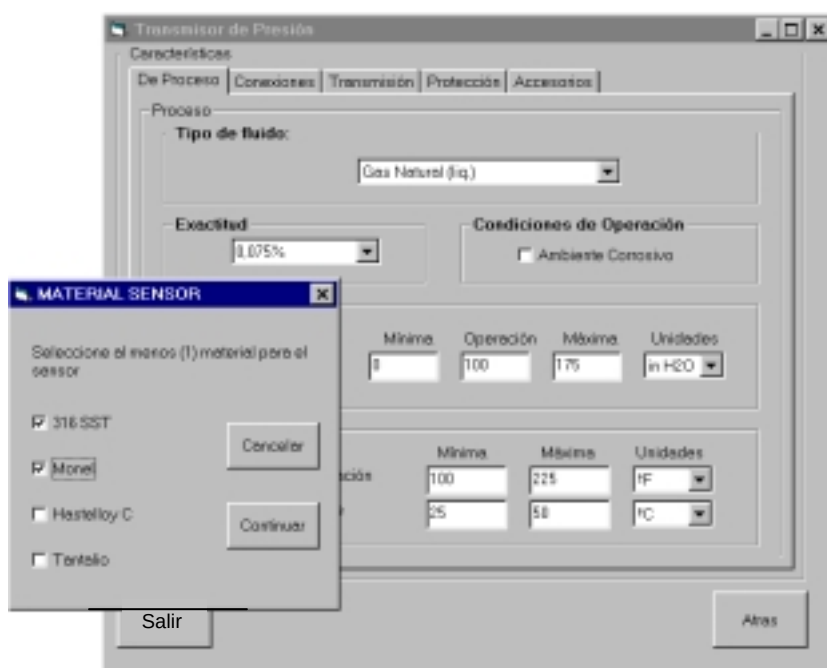
Una vez seleccionado el tipo de variable de medición accederemos a una pantalla para seleccionar el tipo de Instrumento de Presión que se desea, al seleccionar esta opción se desplegará un menú en la misma pantalla donde a través de este se podrá seleccionar el tipo de Presión que se desea medir, luego presionamos siguiente.



Una vez determinado el tipo de instrumento y el tipo de presión a medir, se pasará a una nueva pantalla donde el usuario ingresara datos importantes para la selección del transmisor, esta información se ha distribuido a través de carpetas o folios, en los cuales se contienen las características del transmisor, y que se han dividido en: características de

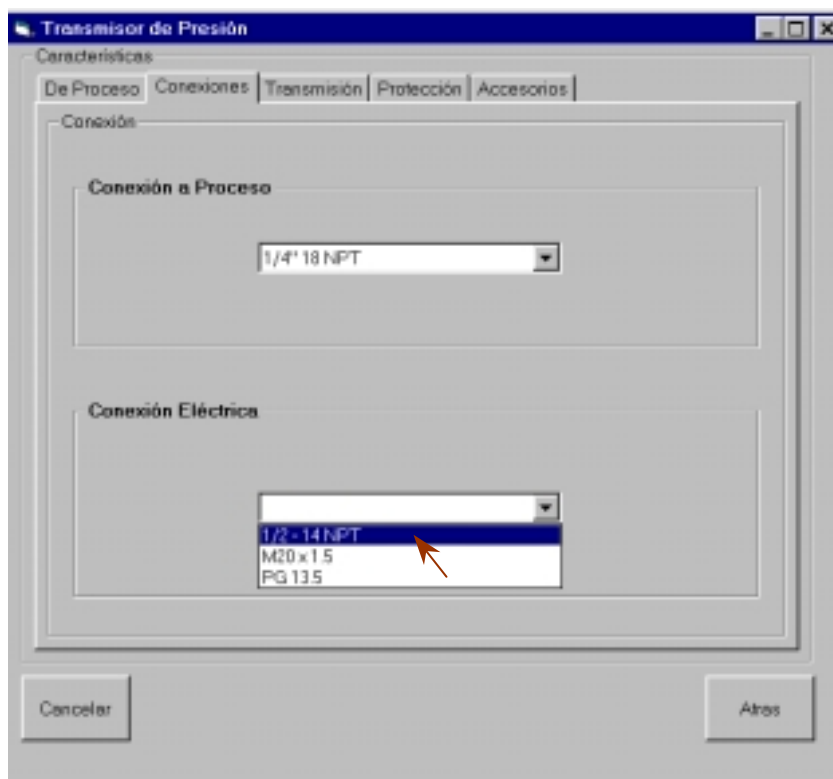
proceso, de conexión, de transmisión, referentes a la protección y accesorios disponibles para el transmisor.

Las características de proceso, permiten definir el material del sensor y la temperatura de operación y de ambiente al cual será sometido el instrumento, así como también el rango de presión diferencial que requiere el proceso



En esta pantalla se puede observar que cuando se selecciona el tipo de fluido se despliega un submenú en el cual se listan los materiales compatibles con el fluido para el sensor, por lo que se debe escoger al menos uno (1) para continuar la selección.

Una vez introducidos los datos referentes al proceso pasamos a la siguiente ficha, haciendo click sobre el nombre de la misma, correspondientes a las características de conexión, donde se selecciona la conexión a proceso y la conexión eléctrica, dependiendo de las disposiciones previstas por el usuario.



Luego continúa la selección en la cuarta ficha, correspondiente a características de transmisión, es decir a la entrada y salida; la entrada por una fuente de poder y la salida analógica o digital según corresponda, así como la posibilidad de contar con algún protocolo de comunicación y el tiempo de respuesta del instrumento

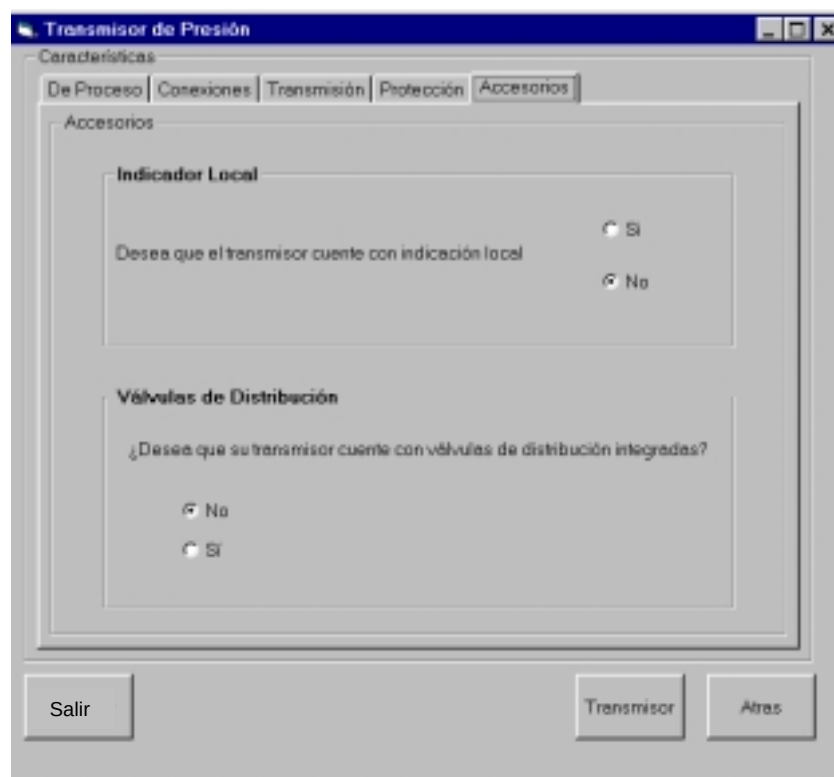


Una vez seleccionadas las características de transmisión se procede a determinar el grado de protección del instrumento a en aplicación de áreas clasificadas, si es requerido. Esto se hace, accediendo a la Ficha N° 4, denominada "Protección":

Esta sección se divide en dos: la primera donde se escoge el organismo de certificación de uso del instrumento en zonas potencialmente peligrosas; y la otra constituida por la protección o clasificación de área que es factible de presentar el instrumento (transmisor diferencial).

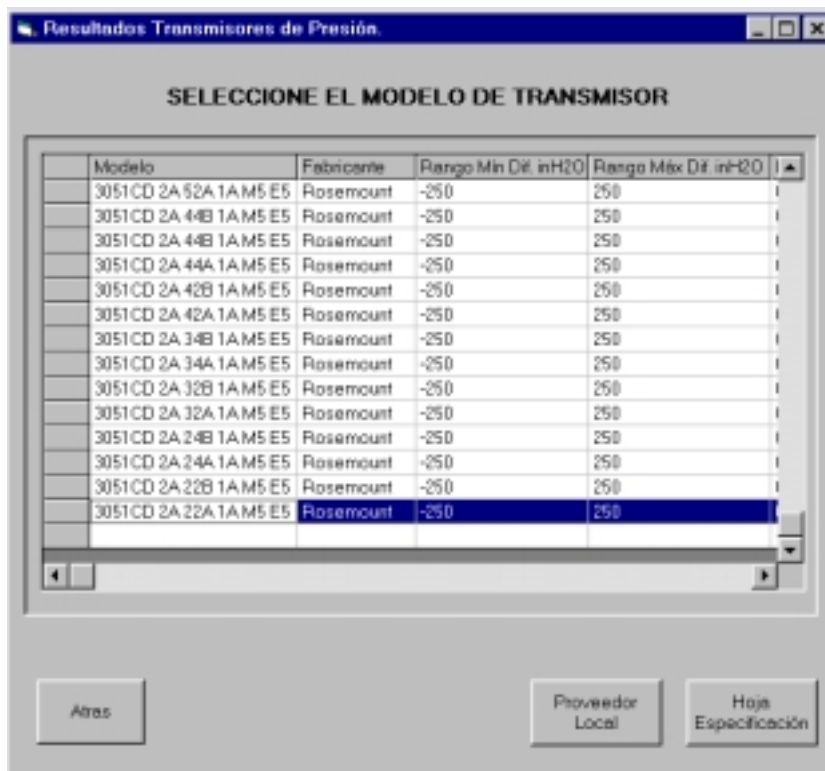


Por último se puede observar la ficha de los accesorios disponibles para el Transmisor, entre las que se puede contar con la presencia o no de indicación local, y la posibilidad de seleccionar el uso de válvulas de distribución (manifolds), según lo requiera el proceso o el usuario.



Una vez obtenidos la totalidad de los datos necesarios para la selección del transmisor, se procede a presionar el botón de Transmisor, con lo cual se activará una nueva pantalla donde se listarán los modelos y el fabricante, al igual que otras características de los transmisores que cumplen con los datos suministrados anteriormente.

Esta lista le permite al usuario observar otras características del instrumento, este puede seleccionar el modelo y fabricante, haciendo click sobre la opción deseada.



Resultados Transmisores de Presión

SELECCIONE EL MODELO DE TRANSMISOR

Modelo	Fabricante	Rango Min Dif. inH ₂ O	Rango Máx Dif. inH ₂ O
3051CD 2A 52A 1A M5 E5	Rosemount	-250	250
3051CD 2A 44B 1A M5 E5	Rosemount	-250	250
3051CD 2A 44B 1A M5 E5	Rosemount	-250	250
3051CD 2A 44A 1A M5 E5	Rosemount	-250	250
3051CD 2A 42B 1A M5 E5	Rosemount	-250	250
3051CD 2A 42A 1A M5 E5	Rosemount	-250	250
3051CD 2A 34B 1A M5 E5	Rosemount	-250	250
3051CD 2A 34A 1A M5 E5	Rosemount	-250	250
3051CD 2A 32B 1A M5 E5	Rosemount	-250	250
3051CD 2A 32A 1A M5 E5	Rosemount	-250	250
3051CD 2A 24B 1A M5 E5	Rosemount	-250	250
3051CD 2A 24A 1A M5 E5	Rosemount	-250	250
3051CD 2A 22B 1A M5 E5	Rosemount	-250	250
3051CD 2A 22A 1A M5 E5	Rosemount	-250	250

Atas Proveedor Local Hoja Especificación

Para salir del programa, presione el botón salir.

Al presionar el botón "Proveedor Local", aparecerá la información concerniente al proveedor del instrumento, dirección, teléfonos, página web, etc.



Proveedor Local

Marca: ROSEMOUNT Proveedor: VERTINSTRUMENT

Pais: MEXICO Ciudad: CANACU

Dirección: UICJA TORRE ALTA S/A S/A

Teléfono: 82-212-481138 Fax: 82-212-481138

email:

Página Web: <http://www.rosemount.com>

Continuar

Para salir de esta pantalla, presione continuar.

[illegible]

El programa permite ver varias hojas de especificaciones a la vez, si elige otro instrumento y presiona nuevamente Hoja de Especificaciones, tendrá acceso a ambos formatos.

Para salir de Excel, sencillamente en el Menú Archivo, presione Salir o presione el símbolo "X", en la parte superior derecha de la pantalla.

Mensajes

El programa posee mensajes de advertencia, de información o de error. Los mensajes de información, son solamente para dar algún dato importante al usuario dentro de sus selección, los de advertencia o error aparecen cuando el usuario introduce datos no válidos al programa, cuando el instrumento seleccionado no puede usarse para las condiciones de proceso o cuando la combinación seleccionada no se encuentra en la base de datos.