

3
2 es



Universidad Nacional Autónoma de México

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON

INSTRUMENTACION EN UNA TERMINAL DE VENTAS PARA PETROLEOS MEXICANOS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
INGENIERO MECANICO
ELECTRICO

P R E S E N T A :
DANIEL CRUZ ARRIETA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

SAN JUAN DE ARAGON EDD. DE MEXICO

1993



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

	<u>PAGINA</u>
<u>INTRODUCCION.</u>	3
<u>CAPITULO I.</u> Conceptos Generales.	5
I.1. Conceptos Basicos manejados en Instrumentacion.	5
Instrumento, Exactitud, Repetibilidad, Sensibilidad, Linealidad, Histeresis, Rango, Span y Rangeabilidad. Transmision Electronica (Sistema de dos hilos).	
I.2. Conceptos Basicos de Variables en Procesos Industriales.	11
Presion, Temperatura, Flujo Volumetrico, Flujo Masico, Densidad, pH, Oxido Reduccion, Conductividad, Cloro Residual y Oxigeno Disuelto.	
<u>CAPITULO II.</u> Instrumentacion en Procesos Industriales (Primera Parte).	16
II.1. Transmisores Electronicos de Presion.	16
II.1.1. Principios de operacion.	
II.1.2. Transmisor electronico de presion tipo celda diferencial.	
II.1.3. Medicion de presion manometrica, absoluta y diferencial.	
II.2. Transmisor Electronico de Temperatura.	31
II.2.1. Principio de operacion (Sensores).	
II.2.2. Configuraciones y montajes de los sensores de temperatura.	
II.2.3. Transmisor electronico de temperatura.	

PAGINA

<u>CAPITULO III.</u>	Instrumentacion en Procesos Industriales (Segunda Parte).	44
	III.1. Medidores de Flujo.	44
	III.1.1. Medidores de desplazamiento positivo.	
	III.1.2. Medidor de flujo tipo turbina.	
	III.1.3. Medidores de flujo tipo area variable (rotametros).	
	III.1.4. Medidor de flujo masico tipo Coriolis.	
	III.2. Medidor de Densidad tipo Rayos Gamma.	77
<u>CAPITULO IV.</u>	Instrumentacion Analitica en Procesos Industriales.	81
	IV.1. Medidores de potencial hidrogeno (pH) y oxido reduccion (ORP).	81
	IV.2. Medidores de conductividad (Concentraciones).	87
	IV.3. Medidores de oxigeno disuelto.	93
	IV.4. Medidores de cloro residual.	96
<u>CAPITULO V.</u>	Proyecto de Instrumentacion en una Terminal de Ventas. (Proyecto SIMCOT de PEMEX).	101
	V.1. Objetivos y alcances del proyecto.	102
	V.2. Planeacion e ingenieria.	103
	V.3. Estudio economico de la instrumentacion del proyecto.	130
<u>CONCLUSIONES</u>		134
<u>RIBLIOGRAFIA</u>		136
<u>ANEXO</u>		138

INTRODUCCION

Desde tiempos antiguos, el hombre en su afán de conocer lo que lo rodea, ha tenido que recurrir a métodos o "formas" para poder "contar" las cosas y los fenómenos físicos que suceden a su alrededor. De allí que nazca (en el hombre) la necesidad de tener que fijar parámetros conocidos en los cuales él pueda basar su "conteo" de dichas cosas y fenómenos, y tener idea de la CANTIDAD de las cosas. Principiando con tamaños de objetos bien conocidos por él, como partes de su cuerpo, su propio brazo (codo), o el pie (pie). A medida que el tiempo transcurrió, se vio en la necesidad de perfeccionar dichos métodos de "conteo".

En la actualidad, y después de muchos años de desarrollo tecnológico, lo que para el hombre en un principio era una mera "curiosidad" y afán, ahora es una de las bases fundamentales dentro del campo científico y de la ingeniería, " MEDIR".

El desarrollo de la tecnología ha permitido que el campo de la instrumentación sea más exacta (en cuanto a la medición), y versátil (en cuanto a las diferentes aplicaciones). Dentro de cualquier proceso en la industria, es necesario MEDIR las diferentes variables para tener CONTROL sobre el proceso. En la actualidad, y gracias a los instrumentos, la MEDICIÓN y el CONTROL en un proceso puede ser automatizado y sistematizado en algunos casos.

Con respecto a las variables de medición, estas pueden ser desde el tipo " FÍSICAS " como Presión, Temperatura, Flujo o Caudal, etc., hasta las del tipo " ANALÍTICAS ", caracterizadas básicamente por ser propiamente del campo de la química. Algunas de estas variables son el Potencial de Hidrógeno (pH), Oxido Reducción, Conductividad, Cloro Residual, Oxígeno Disuelto, etc. A estas variables de medición se les denomina analíticas debido a que más que una medición de ellas, es un " análisis " de las cantidades de dichas sustancias dentro de un ambiente.

Los diferentes procesos demandan los tipos de instrumentos necesarios para la medición de las variables. Es así como por ejemplo, en las Industrias Papeleras, Farmacéuticas, Alimenticias, Tratamiento de Aguas, etc., los instrumentos primordiales serán los tipos Analíticos, mientras que en las Industrias Petroleras (Extracción, Producción, Transportación, Refinación, Almacenación, Venta), de Transformación, de Generación de Energía, etc., la medición de Presiones, Temperaturas y Flujos, serán primordiales.

Introducción.

En el presente trabajo, se hace un estudio de la instrumentación existente en la actualidad, abarcando la instrumentación de mayor relevancia dentro de las industrias.

En el último capítulo se presenta un proyecto denominado SIMCOT de Pemex, el cual tiene por objetivo la automatización de las operaciones de Suministro, Almacenamiento y Distribución en las Terminales de Ventas de Petróleos Mexicanos. En el presente trabajo se hará un estudio técnico de la instrumentación involucrada en el proyecto, así como un resumen de los costos de la instrumentación.

CAPITULO I

CONCEPTOS GENERALES

Para poder adentrarnos en el estudio de los diferentes dispositivos de medicion que existen en la industria moderna, es necesario que tengamos un conocimiento bien claro de cada concepto que esta relacionado con esta area de la Ingenieria. Quizas estos conceptos son basicos, pero es muy importante que tengamos un conocimiento claro, mas que una idea, de lo que se estara manejando y tratando en los capitulos siguientes.

1.1. Conceptos Basicos manejados en Instrumentacion.

Instrumento (Definicion). Es un dispositivo el cual tiene como finalidad medir una variable de proceso (presion, temperatura, flujo, etc.), haciendo que esta pueda ser interpretada facilmente por el usuario. En otras palabras, un instrumento tiene la capacidad de poder "interpretar " la variable medida y convertirla a una escala conocida y previamente entendida. Dicha interpretacion no es mas que un cambio de la variable manifestandola en un parametro tangible.

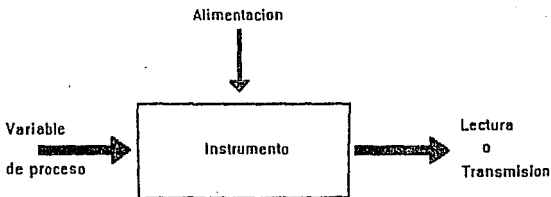


Fig. 1.1. Funcion de un instrumento.

En la fig. 1.1. se ejemplifica en forma de bloques (caja negra), la funcion principal que tiene un instrumento. Es importante senalar que un instrumento tiene por necesidad asi como cualquier dispositivo neumatico o electronico, de ser alimentado de forma externa e independiente de la senal de entrada de la variable a medir. Los instrumentos en la actualidad tienen una funcion muy importante dentro de la medicion, y no es solo la de

MEDIR con gran eficacia y exactitud, sino tambien la de TRANSMITIR. La transmision en un instrumento es algo que se ha convertido en indispensable dentro de la industria, ya que muchos de los sistemas de medicion y control, requieren de un control remoto de los mismo, por lo que los instrumentos de transmision han venido a desplazar a los anteriores, que solo eran capaces de indicar el valor de la medicion. La TRANSMISION consiste en enviar una senal, ya sea neumatica o electronica, que sea proporcional a la cantidad de variable medida, y que esta senal pueda ser perfectamente interpretada por algun tipo de controlador.

Una de las partes importantes de un instrumento es el SENSOR, que es el elemento primario y vital para que se lleve a cabo la medicion. Los sensores van integrados a los instrumentos, hablando desde el punto de vista funcional, pero por su instalacion, pueden estar localizados separadamente. Asi podemos decir que un instrumento completo esta compuesto por un SENSOR y un TRANSMISOR.

Exactitud (Definicion). La exactitud en un instrumento se define como el margen de error que el instrumento completo puede ocasionar ya sea en la indicacion o en la transmision, bajo condiciones normales de proceso. Otra definicion de exactitud seria la habilidad de un instrumento para crear una salida que corresponda a su curva caracteristica. Todos los fabricantes de instrumentos indican en los manuales, cual es el valor de la exactitud de sus instrumentos. Generalmente este dato del fabricante esta dado en porcentaje del span calibrado. En algunos procesos donde la exactitud es trascendental, los fabricantes pueden extender incluso, certificados que respalden dicha exactitud especificada. En las graficas de las figuras 1.2 y 1.3 se puede hacer una comparacion de la exactitud de dos instrumentos viendo donde caen los puntos de medicion con respecto a sus curvas caracteristicas.

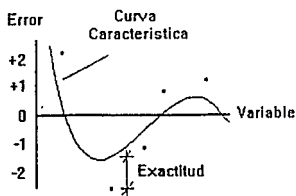


Fig. 1.2 Instrumento con pobre exactitud.

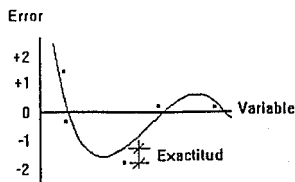


Fig. 1.3 Instrumento con buena exactitud.

Es importante mencionar que la exactitud de un instrumento puede ser el resultado de los

efectos combinados de repetibilidad, linealidad y exactitud propia del instrumento. Este tipo de concepto de exactitud se llama " Exactitud Compuesta ". Desafortunadamente este concepto de exactitud puede causar confusiones respecto a lo que es exactitud, por lo que la mayoría de los fabricantes se abocan solo a publicar en las especificaciones de sus instrumentos, la repetibilidad y la exactitud por separado, olvidandose un poco de la linealidad.

Repetibilidad (Definición). La repetibilidad se define como la habilidad de un instrumento de medir consecutivamente y en eventos diferentes, un mismo valor de medición en las mismas condiciones de servicio y haciendo el mismo recorrido del campo de medición en todos los eventos. Es importante señalar que para este termino de repetibilidad no se esta incluyendo el fenomeno de histeresis. Al igual que la exactitud, la repetibilidad se expresa mas comunmente en porcentaje. A continuacion se ejemplifica con graficas la diferencia entre la repetibilidad de dos instrumentos. En el caso de la grafica de la fig. 1. 4, se puede decir que el instrumento no es repetible, o tiene una repetibilidad muy pobre.

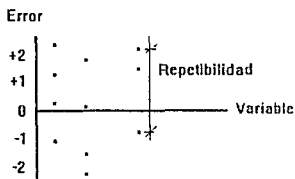


Fig. 1.4 Instrumento sin repetibilidad.

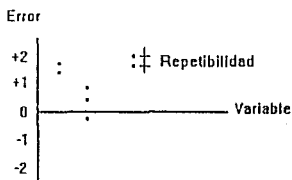
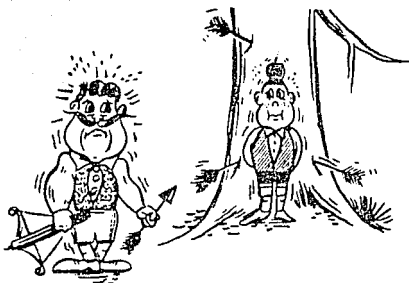
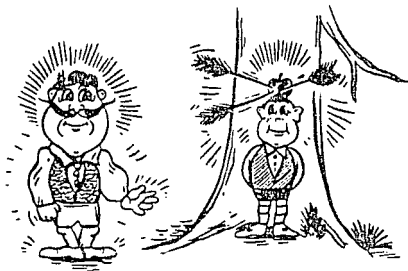


Fig. 1.5 Instrumento con repetibilidad.

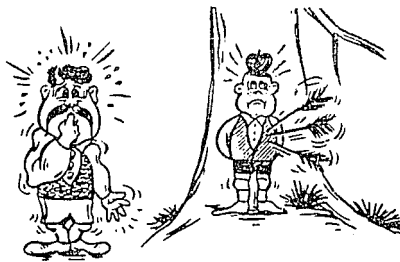
En las figuras 1.6 se puede entender la relacion entre la exactitud y la repetibilidad de un instrumento.



(a) " Pobre repetibilidad significa pobre exactitud "



(b) " Buena exactitud significa buena repetibilidad "



(c) " Buena repetibilidad no necesariamente significa buena exactitud "

Fig. I.6. Relacion entre repetibilidad y exactitud.

Sensibilidad (Definición). Es la capacidad de un instrumento de poder percibir y medir las mas pequenas variaciones en la variable de proceso. De una forma mas practica se puede definir como la relacion entre el incremento de la lectura o transmision, y el incremento de la variable que lo ocasiona.

La sensibilidad es una característica del instrumento muy independiente a lo que se refiere con "zona muerta".

Linealidad (Definición). La linealidad de un instrumento es el acercamiento de una curva de calibracion a una linea recta. En otras palabras se podria decir que la linealidad es la habilidad del instrumento para presentar una indicacion o senal de salida para transmision completamente lineal respecto a la variable de entrada al instrumento. Los fabricantes presentan los valores de linealidad de sus instrumentos en porciento del span calibrado. En la fig 1.7, se muestra la relacion entrada/salida de un instrumento (en este caso flujo contra senal de salida). Ya en la fig. 1.8, se muestra la misma linealidad de la fig. 1.7, pero normalizada para que se pueda apreciar el error respecto de la curva ideal que seria una linea recta horizontal con valor de cero.

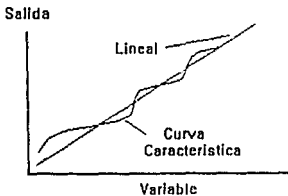


Fig. 1.7 Linealidad [Entrada/Salida].

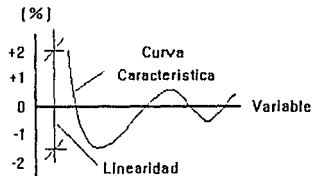


Fig. 1.8 Linealidad [Normalizada].

Histeresis (Definición). Es la diferencia maxima que existe entre los valores medidos por un instrumento, cuando dichos valores son tomados en las mismas condiciones de la variable en el campo, pero despues de haber hecho el recorrido de escala arriba y escala abajo. Es comun especificar el valor de la histeresis en un instrumento en porcentaje del span calibrado. Es frecuente encontrar un pequeno error, relacionado con la histeresis, por banda muerta, que es la insensibilidad del instrumento a percibir y medir pequenos cambios en la variable.

Rango (Definicion). El rango se define como el campo de medicion en un instrumento. Un mismo instrumento puede tener una serie de rangos a los cuales puede ser calibrados. Cuando se esta hablando de transmision electronica, el rango no es mas que el ajuste de la senal de 4 a 20 mA de salida del instrumento con respecto de la variable de entrada. Ejemplo.

- Un transmisor de presion tiene un campo de medicion de 0 @ 25/150 pulgadas de agua. Para este caso, el rango minimo sera de 0 @ 25 pulgadas de agua, y el rango maximo de 0 @ 150 pulgadas de agua. Dentro de estos limites de rango se pueden tener una gran cantidad de rangos intermedios como 0 @ 50, 0 @ 100, 0 @ 125, etc.

Span (Definicion). El span en un instrumento es el valor absoluto del rango. Ejemplos.

- Rango de 0 @ 100 pulgadas de agua. Por lo tanto tiene un span de 100 pulgadas de agua.
- Rango de - 50 @ 50 pulgadas de agua. Por lo tanto tiene un span de 100 pulgadas de agua.

Rangeabilidad (Definicion). La rangeabilidad en un instrumento es la relacion entre cuantas veces se puede tener el minimo span dentro del maximo span. Para ejemplificar esto tenemos que en un transmisor de presion esta especificado lo siguiente :

- Maximo rango de calibracion : 0 @ 150 pulgadas de agua.
- Minimo rango de calibracion : 0 @ 25 pulgadas de agua.

Por lo tanto tenemos que el span maximo es de 150 pulgadas de agua, y el span minimo es de 25 pulgadas de agua. Entonces $150/25 = 6$, la rangeabilidad de este transmisor de presion es de 6:1.

Dentro de la instrumentacion, la electronica ha incursionado grandemente ya que los instrumentos modernos (en su gran mayoria), estan basados en circuitos electronicos, los cuales les permiten tener una gran versatilidad y sencillas de manejo, a su vez que permiten tener la opcion de poder transmitir una senal electrica en forma remota. Por lo que a continuacion estudiaremos algunos conceptos generales de lo que es Transmision Electronica (Sistema de dos hilos).

La Transmision Electronica (Definicion). Es la capacidad de enviar una senal electrica a travez de un conductor a un lugar remoto. Dicha senal, en el caso de un instrumento, debiera contener la informacion de medicion de la variable de proceso. Algunas de las senales de transmision que un instrumento puede enviar son, por ejemplo, 4 a 20 mA, 10 a 50 mA, 1 a 5 Vcd, 0 a 5 Vcd, etc. Estas senales son proporcionales a la variable medida. Debido a que

dentro de las plantas en la industria, el espacio y las instalaciones son factores determinantes en la funcionalidad de dicha planta, los instrumentos electronicos ofrecen una gran ventaja a comparacion de los instrumentos anteriores los cuales usaban transmision neumatica. El Sistema de Dos Hilos, es un termino muy conocido dentro de los instrumentos electronicos, el cual consiste en enviar la senal de transmision a travez de las lineas de alimentacion del transmisor. En el caso de un transmisor con senal de salida de 4 a 20 mA, la alimentacion en voltaje del mismo, se hara por los mismos dos hilos por los cuales transmite. En la fig 1.10. se puede ver el circuito tipico de un instrumento con sistema de dos hilos.

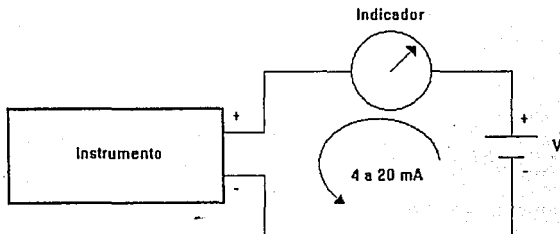


Fig. 1.10. Tipico sistema de dos hilos.

Es importante hacer notar que este tipo de sistema (dos hilos), solo se puede realizar con instrumentos los cuales tengan integrado el transmisor con el sensor, que como lo hemos visto con anterioridad, existen instrumentos que tienen integrado el transmisor y el sensor, y otros estan en forma separada. En los capitulos siguientes veremos en forma detallada las características de los instrumentos de acuerdo a su aplicacion, y se ampliara mas el concepto de transmision electronica.

1.2. Conceptos Basicos de variables de los Procesos Industriales.

A continuacion estudiaremos los conceptos de las variables de proceso mas comunes dentro de la industria y que son medidas por los instrumentos.

Presión (Definición). Presión es la fuerza ejercida en una área dada. La presión está dada por la siguiente expresión,

$$P = \frac{f}{A}$$

donde f es la fuerza ejercida, y A es el área donde es ejercida dicha fuerza. Las unidades de presión más comunes son las siguientes : Pulgadas de agua (in WC), pulgadas de mercurio (in Hg), bares (bar), milibares (mbar), atmósferas (atm), milímetros de agua (mm WC), kilogramos sobre centímetro cuadrado (kg/cm²), libras sobre pulgada cuadrada (psi).

Cuando la presión medida es referenciada a la presión atmosférica, se dice que es una presión manométrica. Cuando la presión medida es referenciada al vacío (cero absoluto), se dice que es una presión absoluta. Si se quiere convertir de presión manométrica a absoluta, lo único que se tiene que hacer es sumarle a la medición de presión manométrica, la presión atmosférica.

Temperatura (Definición). La temperatura se puede definir como la medida de energía cinética de la materia o la medida del calor de la materia. Las unidades de temperatura más comunes son : Grados Celsius (C), y grados Fahrenheit (F). La relación entre grados Celsius y grados Fahrenheit es : $C = (0,55) F - 17,77$ Estas dos unidades de medición de temperatura son las más usadas en instrumentación.

Flujo volumétrico (Definición). Se define como el volumen real de flujo que pasa a través de una sección transversal de una tubería por unidad de tiempo. El flujo puede ser representado por la siguiente expresión,

$$Q = A \times v$$

con la cual se puede calcular el volumen de flujo, y en donde A es el área transversal de la tubería y v es el promedio de velocidad del fluido. Las unidades de flujo volumétrico más comunes son: Galones por minuto (GPM), litros por minuto (LPM), metros cúbicos por hora (M³/hr). La medición de flujo de volumen de líquidos principalmente, se puede hacer en forma directa con medidores de caudal, como por ejemplo los del tipo desplazamiento positivo, o también se puede hacer la medición en forma indirecta, como por ejemplo midiendo la presión diferencial a través de algún tipo de elemento primario como orificios integrales, placas de orificio, etc.

Flujo masico (Definicion). A diferencia del concepto de flujo volumetrico, el flujo masico se define como la cantidad de masa que pasa a travez de una seccion transversal de tuberia por unidad de tiempo. Partiendo de la ecuacion de que define el flujo volumetrico, el flujo masico se puede expresar como,

$$M = Q \times \rho$$

donde Q es el flujo en volumen y ρ es el valor de la densidad del fluido. Las unidades mas comunes usadas para la medicion de flujo masico son : Kilogramos por minuto (Kg/min.), libras por minuto (Lb/min.), Toneladas por hora (Ton/hr.). La medicion de flujo de masa de liquidos principalmente, se realiza con medidores tipo coriolis, y para los gases se hace con medidores termicos.

Densidad (Definicion). La densidad de la materia se define como la cantidad de masa contenida por unidad de volumen. En otras palabra, es un valor que nos da la relacion (proporcion) masa-volumen que existe en la materia a ciertas condiciones dadas.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Las unidades de densidad mas usadas son : Kilogramo por litro (Kg/lt.), libra por pie cubico (Lb/ft³), gramo por centimetro cubico (gr/cm³).

pH (Definicion). Se define como el potencial hidrogeno de las soluciones. En una forma practica, podemos definir al pH como la medida de la concentracion de ion H, que hace que una sustancia sea acida, alcalina (base) o neutra. La expresion que representa el valor de pH esta dada por la siguiente expresion,

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]}$$

en donde, por ejemplo, el agua pura neutra tiene una concentracion de 10 a la menos 7 moles por litro, por lo tanto tenemos que el pH sera de 7. En la escala de la fig. 1.9. se muestra las regiones de acidez y alcalinidad con respecto a los valores de pH.

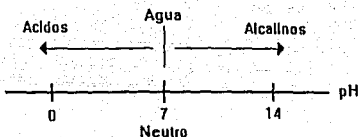
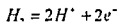


Fig. I.9. Escala de pH.

Oxido-reduccion (Definicion). Oxido-Reduccion (Redox), es la reaccion electroquimica que se lleva a cabo cuando dos o mas sustancia son mezcladas y las cuales reaccionan quimicamente entre si, produciendo un intercambio de electrones, y que a su vez, este flujo de electrones produce un potencial, llamado Potencial de Oxido-Reduccion (ORP). La sustancia que gana electrones es la que se "reduce", y la sustancia que pierde electrones es la que se "oxida ". En todas las reacciones quimicas se crea un Potencial de Oxido-Reduccion. Es importante medir el ORP, ya que este Potencial es proporcional a la concentracion de las sustancias en reaccion. Es imposible medir potenciales absolutos, por lo que en la practica se elije al electrodo de hidrogeno cuya reaccion es la siguiente,



y se le asigna un potencial de 0.0000 volts., llamado Eo. Este valor de potencial de referencia esta dado @ 25 grados C, las actividades del ion son unitarias, y los gases estan a 1 atm., de presion.

Conductividad (Definicion). Se define como la capacidad de un fluido para poder conducir una corriente electrica. Tambien se le define como el reciproco de la resistencia electrica de una sustancia. En el caso de sustancias liquidas, la conductividad puede variar en funcion de los grados de concentracion de solidos en suspension y del tipo de solidos disueltos que haya en liquido, lo cual hace que la medicion de conductividad sea muy usada para la determinacion de concentraciones. Las unidades de conductividad mas usadas son : Micro mhos (μ mho) o micro siemens (μ S). Estas son unidades de conductancia electrica.

Cloro residual (Definicion). El Cloro Residual (RCI), es la suma de HOCl y OCl- formados a partir de la reaccion quimica que sufre el agua pura al mezclarse con cloro gas. Las proporciones de ambos (HOCl y OCl) estan determinadas por el pH del agua. De

acuerdo con la definicion anterior, el Cloro Residual se puede expresar de la siguiente manera.

$$RC = HOCl + OCl^-$$

En la practica, el cloro no es mezclado con agua pura, ya que cuando son mezclados, dicha agua contiene otros materiales los cuales reaccionan con el cloro, y de alli que sea importante medir el cloro residual, porque es un parametro el cual nos muestra la " Demanda de Cloro " en el proceso.

Oxigeno disuelto (Definicion). Se define como el oxigeno mezclado que se encuentra en una sustancia liquida y que no es parte de alguna molecula de agua (o sea, combinado con el hidrogeno), ni con solidos existentes en el agua, sino que esta libre dentro de dicha sustancia. La importancia de la medicion del oxigeno disuelto es que en algunos procesos el contenido de oxigeno es determinante, principalmente en procesos como el de tratamiento de aguas y en la rama alimenticia.

CAPITULO II.

INSTRUMENTACION EN PROCESOS INDUSTRIALES (PRIMERA PARTE)

II.1 Transmisores Electronicos de Presion.

Dentro de los procesos en la industria, la presión es una de las variables de la cual es importante tener un control. Para ello es necesario contar con instrumentos que sea capaces de medirla con gran exactitud. Después de haber pasado por varias etapas de desarrollo, y gracias a la electrónica, los instrumentos de medición de presión (cualquiera que sea el tipo de medición de presión), han alcanzado un nivel de capacidad y confiabilidad muy alto. En la actualidad se cuenta con los llamados TRANSMISORES ELECTRONICOS DE PRESION. Estos instrumentos que sirven para la medición de presión, no solo realizan dicha medición, sino que además tienen la cualidad de generar una señal eléctrica de 4 a 20 mA, proporcional a la presión medida. En los subcapítulos siguientes de este capítulo, veremos algunos de los principios de operación de los transmisores, después nos centraremos en el estudio del Transmisor tipo Celda Diferencial (sensor tipo capacitivo), y por último se analizarán las diferentes características y aplicaciones de los transmisores tipo celda diferencial (capacitivo), para la medición de presiones manométricas, diferenciales y absolutas.

II.1.1 Principios de operación.

Cuando se habla del estudio del principio de operación de un transmisor de presión, dicho estudio se hace básicamente sobre el SENSOR, ya que es la parte fundamental del transmisor, y en la cual nos centraremos a estudiar.

II.1.1.1. Transmisor Electronico de Presion tipo Balance de Fuerzas.

El principio de funcionamiento de este transmisor, consiste en una barra la cual está fija en un punto, y está sometida a dos fuerzas, la cual una de estas fuerzas es la presión externa a medir. Dicha barra, por un lado es sometida a la fuerza de presión la cual es aplicada a través de algún elemento mecánico como un tubo Burdon o una espiral. Esta fuerza hace que la barra se desequilibre y sufra un movimiento y que a su vez este movimiento produzca una excitación en un transductor de desplazamiento, como podría ser un detector de inductancia o un transformador diferencial. Acoplado un circuito oscilador, se logra una realimentación que hace que la barra movida, adquiera de nuevo el balance de fuerzas

a través de una unidad magnética. Con este arreglo se obtiene una señal eléctrica de salida proporcional a la presión y a su vez estabilidad del circuito.

El detector de inductancia consiste en dos piezas de material ferromagnético (ferrita), una de las cuales está sujeta a la barra que se desplaza, y la otra pieza de ferrita está fija firmemente al cuerpo del transmisor, y tiene una bobina ensamblada que está conectada a un circuito oscilador. Al variar el área del entrehierro, varía en forma proporcional la inductancia generada en la bobina detectora y conectada al circuito oscilador, permite la modulación del circuito.

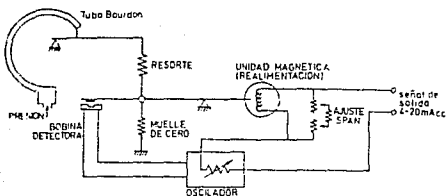


Fig. II.1. Detector de posición de inductancia.

El otro transductor de desplazamiento es el tipo transformador diferencial, el cual consiste en un arreglo de tres o más bobinas arrolladas en un núcleo magnético. La bobina central está conectada a una línea de alimentación estable. Las otras dos bobinas tienen las mismas características de número de espiras y disposición en el núcleo. La barra desplazada por la presión externa, forma parte del circuito magnético y cierra magnéticamente el circuito. Cuando surge la variación de la posición de la barra provocada por la presión, las dos bobinas generan diferentes tensiones inducidas. Debido a que estas dos bobinas están conectadas en forma opuesta, se produce una tensión diferencial, la cual a través de un circuito amplificador, alimenta una unidad magnética que hace que la barra se estabilice y adquiera su posición original.

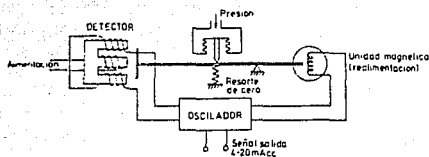


Fig. II.2. Transformador diferencial.

De una manera práctica, podemos decir que este tipo de transmisor, con cualquiera de los transductores de desplazamiento acoplado, tiene complicaciones al hacer el ajuste del span y el cero, ya que debido a su principio de operación tiene una alta sensibilidad a las vibraciones mecánicas, lo cual es muy importante si tomamos en cuenta que estos instrumentos se instalan en campo y en ambientes sometidos a constantes vibraciones mecánicas producidas por tuberías, generadores, etc. La exactitud de estos transmisores oscila entre ± 0.5 y 1% .

II.1.1.2. Transmisor Electrónico de Presión tipo Galgas Extensométricas.

El transmisor de presión tipo galgas extensométricas (strain gage), basa su principio de medición en la relación que existe entre la variación de la resistencia eléctrica de un hilo con respecto de la variación en la deformidad (alargamiento o acortamiento) de dicho hilo debido a la aplicación de una fuerza de tensión o compresión. Las resistencias de los hilos sometidos a la tensión producida por la presión a medir, están conectadas a un puente de Wheatstone, de acuerdo con la fig. II.3.

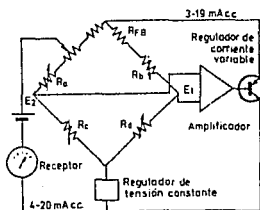


Fig. II.3. Circuito del transductor de presión de silicio.

A cierto valor de tension se fija un valor de resistencia de los hilos y se equilibra el puente de Wheatstone, de tal forma que E_1 y E_2 sea iguales. Cuando existe presion del proceso, R_b y R_c disminuyen su resistencia mientras que R_a y R_d aumentan dando como resultado que se produzca una diferencia de voltaje entre E_1 y E_2 . Esta caida de tension es aplicada a un amplificador diferencial con una ganancia alta el cual controla un regulador de corriente el cual a su vez controla el flujo de corriente de salida de 4 a 20 mA. La exactitud de estos transmisores es del orden de $\pm 0.5\%$

II.1.1.3. Transmisor Electronico de Presion tipo Capacitivo.

Uno de los transmisores mas comunmente encontrado en el mercado es el tipo Capacitivo o celda capacitiva. Debido a su gran versatilidad en la aplicacion para los diferentes procesos industriales, este tipo de transmisor ha desplazado a muchos otros ya que es de facil instalacion, calibracion y practicamente sin partes en movimiento. El sensor de este transmisor consiste basicamente en dos placas unidas y entre dichas placas se encuentra un diafragma, de acuerdo con la fig. II.4.



Fig. II.4. Celda Delta o Diferencial.

A este arreglo se le llama " Celda Delta o Celda Diferencial ". En el sensor se produce una variacion de capacitancia de acuerdo a la deflexion en el diafragma central, producida por la diferencial de presiones que se aplican en ambos lados del diafragma. El desplazamiento volumetrico es casi nulo. La exactitud de estos transmisores es de $\pm 0.25\%$.

II.1.2. Transmisor Electronico de Presion tipo Celda Diferencial.

II.1.2.1. Sensor de Presion tipo Celda Diferencial.

El sensor tipo celda delta o celda diferencial es basado en la medicion de presion por medio de la variacion de una capacitancia generada en el diafragma central del sensor. Dicho

diafragma se encuentra situado entre dos placas convexas hechas de material solido y electricamente aislante. Por los lados exteriores de las placas se encuentran dos diafragmas (uno de cada lado), los cuales va a ser los que tengan contacto con el proceso para sensar la presion. Estos diafragmas se llaman " diafragmas de aislamiento ".

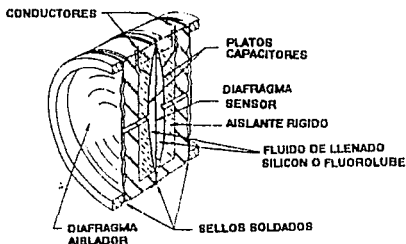


Fig. 11.5. Diagrama del sensor tipo celda diferencial

Los diafragmas aislantes y el diafragma central, se encuentran comunicados por medio de un espacio el cual de encuentra lleno de alguna sustancia capaz de "transportar" la presion desde los diafragmas aislantes hasta en diafragma sensor (la sustancia mas comunmente utilizada es Silicon). Las dos placas, el diafragma sensor, los diafragmas aislantes y el fluido de llenado, se encuentran ensamblados por medio de tres sellos soldados hermeticamente. En las paredes internas de las dos placas se encuentran los llamado platos capacitores, que estan conectados a dos alambres que salen hacia el exterior del cuerpo hermetico. El diafragma sensor, los platos capacitores y el fluido de llenado, forman el capacitor variable que sensa la presion aplicada. El desplazamiento del diafragma sensor es de aproximadamente 0.004 pulgadas (0.10 mm), y es proporcional a la diferencial de presion. La posicion del diafragma sensor es detectada por los platos capacitores en ambos lados de las placas. La capacitancia diferencial entre el diafragma sensor y los platos capacitores es convertida electronicamente por el transmisor en una señal de 4 a 20 mA lineal y en un lazo de control de dos hilos.

11.1.2.2. Electronica del transmisor de Presion Diferencial.

En la fig. 11.6., se muestra el diagrama electrico de bloques de la parte electronica del transmisor de presion. Partiendo de la señal de capacitancia generada por el sensor, la electronica se encarga de " interpretar " dicha señal, procesandola y obteniendo finalmente una señal de transmision de 4 a 20 mA.

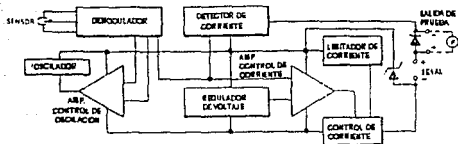


Fig. II.6. Diagrama eléctrico de bloques del transmisor electrónico de presión diferencial.

II.1.2.3. Especificaciones del transmisor de Presión Diferencial.

A continuación está un ejemplo de las especificaciones típicas de un transmisor electrónico de presión (en este caso presión diferencial), en las cuales se puede apreciar las diferentes "opciones" que se pueden tener para adaptarlos a los requerimientos de proceso y de control.

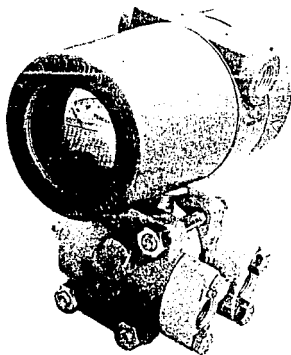


Fig. II.7. Transmisor de presión diferencial.

1) Especificaciones Funcionales.

- Servicios : Líquido, gas y vapor.

Instrumentación en Procesos Inds. (Primera Parte).

- Rangos : 0 @ 5/30 pulgadas de agua.
0 @ 25/150 pulgadas de agua.
0 @ 125/750 pulgadas de agua.
- Señales de salida : 4 a 20 mAcd.
10 a 50 mAcd.
1 a 5 Vcd.
- Suministro eléctrico : 4 a 20 mA de salida, se requiere una alimentación entre 12 a 45 Vcd sin carga.
10 a 50 mA de salida, se requiere una alimentación entre 30 a 85 Vcd sin carga.
1 a 5 Vcd de salida, se requiere una alimentación entre 8 a 12 Vcd sin carga.
- Limitaciones de carga : Ver figura II.8.

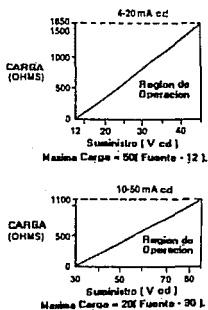


Fig. II.8. Limitaciones de carga.

- Indicación : Indicador opcional con escala de 2 pulgadas (50.8 mm). Exactitud de indicación de +/- 2%.
- Lugares peligrosos : Aprobaciones Factory Mutual, a prueba de explosión Clase I, Divisiones 1 y 2, Grupos B, C y D. A prueba de polvo Clase II, Divisiones 1 y 2, Grupos E, F y G. Adecuado para usarse en Clase III, Divisiones 1 y 2. Uso en interiores y exteriores. NEMA 4X.
- Span y Cero : Ajustables externamente.
- Elevación y supresión del cero : Máxima elevación del cero es de 600% del span calibrado.

Maxima supresion del cero es de 500% del span calibrado.

- Límites de temperatura : -29 @ 93 grados C., operando el amplificador.
-40 @ 104 grados C., operando el elemento sensor con silicon.
0 @ 71 grados C., operando el elemento sensor con inerte.
-51 @ 121 grados C., en almacenamiento.
- Límites de presión estática y sobrepresión : 0 a 2000 PSIG en cualquier lado sin sufrir daño el transmisor.
- Límites de humedad : 0 a 100% de humedad relativa.
- Desplazamiento volumétrico : Menos de 0.01 pulgadas cúbicas (0.16 cm³).
- Amortiguamiento : Constante de tiempo continuamente ajustable entre 0.2 y 1.67 segundos.
- Tiempo de encendido : 2 segundos.

2) Especificaciones de Diseño.

- Exactitud : +/- 0.2% del span calibrado. Incluye efectos combinados de linealidad, histéresis y repetibilidad.
- Linealidad : +/- 0.1% del span calibrado.
- Histéresis : +/- 0.05% del span calibrado.
- Banda muerta : No.
- Estabilidad : +/- 0.2% del límite del rango superior por 6 meses.
- Efectos de temperatura : Efecto total incluyendo errores de span y cero es +/- 1.0% del span por 55 grados C., al máximo span.
Efecto total incluyendo errores de span y cero es +/- 3.5% del span por 55 grados C., al mínimo span.
- Efectos de presión estática : Error de cero de +/- 0.25% del límite superior de rango para 2000 PSIG.
Error de span corregible a +/- 0.25% de la lectura para 1000 PSIG.
- Efectos de vibración : +/- 0.05% del límite superior de rango por "g" a 200 Hz en cualquier eje.
- Efectos de fuente de alimentación : Menor a 0.005% del span de salida por Volt.
- Efectos de carga : No existe efecto alguno sino el cambio en la fuente de alimentación del transmisor.

- Efectos por la posicion de montaje : El ajuste del cero de hasta 1 pulgada de agua, el cual puede ser calibrado desde afuera. Ningun efecto sobre el span. No afecta la posicion horizontal del diafragma.

3) Especificaciones Fisicas.

- Materiales de construccion : Diafragmas aisladores en acero inoxidable 316L, en Hastelloy C, en monel o en tantalum.
Valvulas de dren y venteo en acero inoxidable 316, Hastelloy C o en monel.
Bridas del transmisor y adaptadores en niquel o acero al carbon cadminizado-platinado, en acero inoxidable 316, en Hastelloy C o en monel.
Empaques humedos en Viton o Teflon.
Fluido de llenado en Silicon o fluido inerte.
Tornillos y conector del conduit en acero al carbon cadminizado-platinado.
Caja de la electronica de aluminio con bajo contenido de cobre, y clasificacion NEMA 4X.
Pintura epoxica-poliester.
- Conexiones a proceso de 1/4 de pulgada tipo NPT, o de 1/2 de pulgada con adaptadores de bridas.
- Conexiones electricas tipo conduit de 1/2 pulgada con terminales de tornillo.
- Peso de 5.44 Kg.
- Opcion un juego de accesorios para montarse en tuberia de 2 pulgadas de diametro.

II.1.3. Medicion de Presion Manometrica, Absoluta y Diferencial.

II.1.3.1. Medicion de Presion Manometrica.

El estudio de las aplicaciones de los transmisores electronicos de presion para la medicion de presion manometrica, implica que haya un claro concepto de los diferentes tipos de presiones, por lo que si nos referimos a la fig. II.9, podremos entender las claramente de lo que estamos hablando.

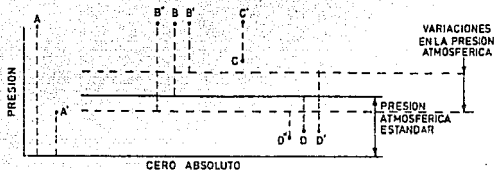


Fig. II.9. Grafica que muestra las clases de presiones.

En base a la figura anterior, podemos decir lo siguiente :

La presión manométrica se define como la presión medida en un punto, con respecto a (o tomando como cero) la presión atmosférica (aprox. 760 mm de Hg).

La presión absoluta se define como la presión medida en un punto, con respecto a (o tomando como cero) el vacío.

La presión diferencial se define como la presión medida en un punto, con respecto a otro.

Dentro de los procesos industriales, la medición de la presión es determinante para el buen funcionamiento de la planta, de ahí que medir la presión en tuberías, tanques, etc., proporcionara eficacia y seguridad. La medición de la presión manométrica usando un transmisor tipo celda capacitiva, es muy sencilla. Tomando en cuenta el principio de funcionamiento de estos transmisores,

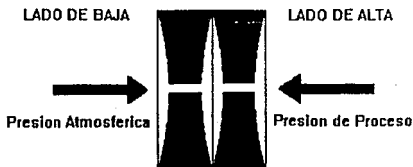


Fig. II.10. Celda capacitiva para medición de presión manométrica.

el cual esta determinado por la comparacion de dos presiones aplicadas en ambos lados del sensor, el transmisor destinado para medir presion manometrica estara ensamblado de tal forma que el lado de alta presion del transmisor, este conectado a la presion de proceso a ser medida, y el lado de baja presion del mismo transmisor este expuesto o " venteadado " a la atmosfera.

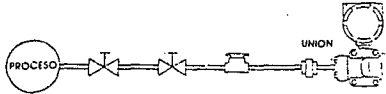


Fig. II.11. Arreglo para medición de presión manométrica.

II.1.3.2. Medición de Presión Absoluta.

Cuando se habla de medición de presión absoluta, se está refiriendo a la medición de presión tomando como referencia el vacío. En el caso de tenerse la necesidad de medir presiones de este tipo, el sensor del transmisor tipo capacitivo, se ensambla de tal forma que el lado de alta presión este conectado a la presión de proceso a ser medida, y el lado de baja presión del mismo transmisor este expuesto a " vacío ". Esto se logra instalando en el lado de baja del sensor una capsula, de acuerdo a la fig. II.12.,

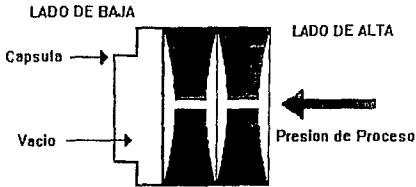


Fig. II.12. Celda capacitiva para medición de presión absoluta.

la cual retiene " vacío " haciendo que el diafragma aislante del lado de baja este en contacto con dicho vacío y así se pueda llevar a cabo la comparación de la presión de proceso con el vacío absoluto.

II.1.3.3. Medicion de Presion Diferencial.

A diferencia de la medicion de presion manometrica y absoluta, la medicion de presion diferencial tiene un gran numero de aplicaciones dentro de los procesos, ya que a travez de esta medicion se pueden conocer no solo caidas de presion, sino de una forma " indirecta " se puede conocer flujo, nivel, etc. El sensor de los transmisores capacitivos para medicion de presion diferencial, es el mismo, solo se debe tomar en cuenta la adecuada instalacion de las presion a la entrada del sensor (lado de alta y lado de baja presion del sensor).

La presion diferencial no es mas que la comparacion de dos presiones diferentes las cuales nos dara como resultado una " ΔP " la cual es la presion diferencial. El sensor capacitivo es en el que se lleva a cabo dicha comparacion de presiones dando como resultado la suma de ambas y una diferencia de presiones llamada " ΔP ".

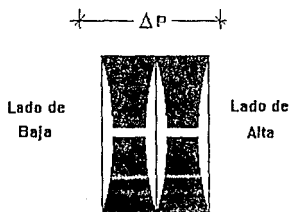


Fig. II.13. Celda capacitiva para medicion de presion diferencial.

Una de las principales aplicaciones de la medicion de presion diferencial, es la de medir caudal o flujo en las linea de tuberías dentro de proceso. La forma de hacer dicha medicion es colocando un elemento primario de medicion sobre la tubería, el cual puede ser una placa de orificio, un orificio integral, etc., los cuales tienen como finalidad unica, crear una caida de presion la cual pueda ser medida por el transmisor.

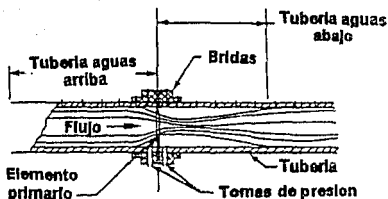


Fig. II.14. Diagrama del elemento primario de medición de flujo.

Teniendo dicha caída de presión, se puede hacer una aproximación del caudal que está pasando a través de la tubería por medio de la siguiente ecuación.

$$Q = K \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$$

Esta expresión parte de la ecuación de Bernoulli. Aquí podemos ver que la relación entre el caudal o flujo que pasa a través de una tubería, es proporcional a la caída de presión (ΔP). Tomando en cuenta esto, y que tanto el factor K como la densidad son constantes, llegamos a la conclusión que midiendo la caída de presión con el transmisor, podremos obtener una señal de salida cuadrática de 4 a 20 mA, que es proporcional al flujo.

Es necesario hacer la observación que en la práctica, si se requiere tener una mayor exactitud en este arreglo para la medición de flujo, se tiene que considerar algunos factores determinantes en la medición y básicamente en el comportamiento de los fluidos. Los parámetros importantes a considerar son mezcla de fluidos no ideales dentro del fluido principal, coeficientes de descarga, condiciones de operación, factores de expansión en el caso de gases, el número de Reynolds, etc. Estos factores son reflejados en la constante K de la ecuación anterior.

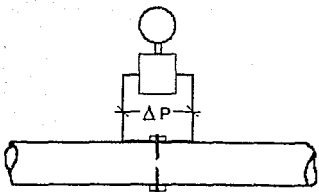


Fig. II.15. Arreglo para medición de flujo.

Otra de las aplicaciones de la medición de presión diferencial, es para conocer el nivel de líquidos en tanques. La medición de nivel se hace midiendo la presión hidrostática que se ejerce por la columna de líquido dentro del tanque. Teniendo el valor de presión hidrostática se puede determinar la altura del líquido dentro del tanque aplicando,

$$h = \frac{P}{\rho}$$

donde si la densidad es constante a lo largo de la columna hidrostática dentro del tanque, podemos decir que el nivel del líquido es proporcional a la presión y por lo tanto con un transmisor de presión se puede obtener directamente una señal de salida de 4 a 20 mA proporcional al nivel.

La utilización de transmisores de presión diferencial para la medición de nivel es muy común en la industria, ya que existen dos tipos de tanques, los atmosféricos y los presurizados. Cuando se tiene un tanque atmosférico el transmisor de presión diferencial se instala de tal forma que el lado de alta presión se conecte al punto más bajo del tanque, y el lado de baja presión se "ventea" a la atmósfera.

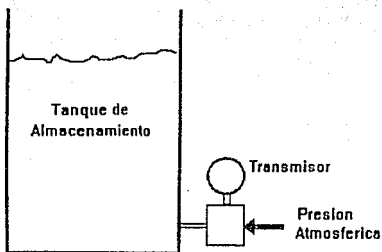


Fig. II.16. Arreglo para medición de nivel en tanques atmosféricos.

En el caso de tanques presurizados, el transmisor se instala de tal forma que el lado de alta presión se conecte al punto más bajo del tanque, y el lado de baja presión se conecta a la parte superior del tanque donde solamente exista la presión de presurización del tanque. Esto se hace para que la diferencial de presiones sea únicamente la de la columna hidrostática.

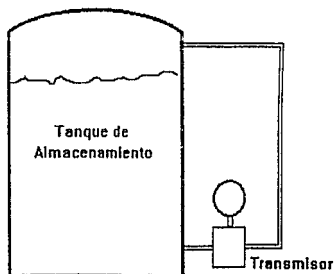


Fig. II.17. Arreglo para medición de nivel en tanques presurizados.

Es importante hacer notar que la instalación de los transmisores de presión diferencial deberá siempre hacerse tomando en cuenta la posición que guardara el transmisor con respecto del tanque, ya que el tubo o "tubing" mediante el cual se va a conectar el tanque con el transmisor, estará lleno del mismo líquido y como consecuencia se producirá una presión hidrostática contraria o favorable, dependiendo de si el transmisor no se encuentra

exactamente en el punto de medicion mas bajo del tanque. Durante la instalacion se deberan hacer los calculos y arreglos correspondientes para eliminar dicha presion. En los transmisores electronicos se hace ajustando el cero de forma electronica.

II.2. Transmisor Electronico de Temperatura.

La temperatura es otra de las variables importantes de medir dentro de un proceso, por eso es que se desarrollaron los transmisores de temperatura, que en forma analoga a lo que es un transmisor de presion, el transmisor de temperatura consta de un sensor y una electronica. En esta parte estudiaremos los tipos de sensores de temperatura y sus caracteristicas para las diferentes aplicaciones en el proceso, y posteriormente las caracteristicas del transmisor de temperatura electronico.

II.2.1. Principio de operacion. (Sensores).

Los sensores de temperatura son la parte fundamental en la medicion de esta variable, ya que depende de ellos (sensores), la buena exactitud que se pueda lograr. Estudiaremos los dos tipos de sensores de temperatura mas conocidos en la industria, que son los tipo Bulbo de Resistencia (RTD) y los Termopares, asi como sus diferentes caracteristicas.

II.2.1.1. Sensor de temperatura tipo Bulbo de Resistencia (RTD).

Los Bulbos de Resistencia basan su funcionamiento en que la resistencia de un material al paso de corriente electrica depende de la temperatura de dicho material.

$$R_t = R_0(1 + \alpha t)$$

En la ecuacion anterior se puede ver que la resistencia electrica depende de la temperatura. Es importante considerar que la resistencia electrica total del material (en este caso un RTD), es la suma de la resistencia por temperatura, mas la resistencia por las impurezas del material, mas la resistencia por deformacion del material. En la practica la variacion de la resistencia electrica causada por las impurezas, es despreciable, de hecho no se toma en cuenta, ya que cada fabricante de estos sensores presenta las curvas caracteristicas de fabricacion de los mismos, por lo que no es necesario tomarlo en consideracion. Los RTD son por lo regular instalados en TERMOPOZOS, los cuales se encargan de evitar los esfuerzos mecanicos de torsion que pudieran dañar a los sensores, por lo que la variacion de la resistencia electrica por deformacion es nula. Existen basicamente tres tipos de RTD,

debido al material de construcción y estos son los RTD de platino, RTD de níquel y los RTD de cobre.

Metal (RTD)	Resistividad [microhms / cm.]	Coefficiente de Temp. [ohm/ohm grado C.]	Rango de Medicion [grados C.]	Resistencia Electrica @ 0 grados C.
Platino	9.83	0.00385	-200 @ 950	25, 100, 130
Níquel	6.38	0.0063 @ 0.0066	-150 @ 300	100
Cobre	1.56	0.00425	-200 @ 120	10

FIG. II.18. Tabla con los valores característicos de los RTD's.

En la tabla de la fig II.18., se tienen algunos valores característicos de los diferentes tipos de RTD de acuerdo a sus materiales de construcción. Cada uno de estos tienen sus curvas características de resistencia contra temperatura.

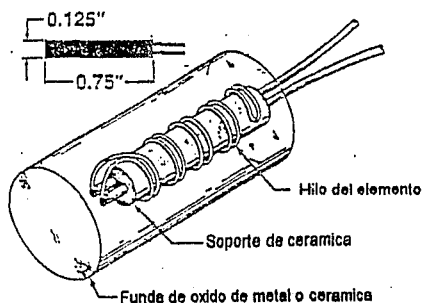


Fig. II.19. Partes principales del sensor de temperatura tipo RTD.

En la fig II.19 se muestra las partes principales de un sensor tipo RTD. Estos sensores están contruidos de forma cilíndrica y consiste de un elemento de metal (ya sea platino, níquel o cobre), con una funda de metal o cerámica. Las longitudes de los sensores varían desde 1 pulgada hasta 24 pulgadas (cuando se instala con termopozo se puede tener hasta 22.5 pulgadas de longitud).

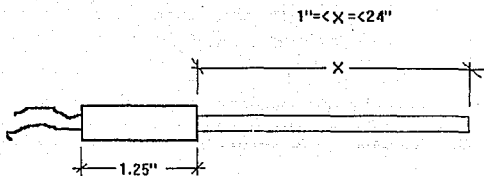


Fig. II.20. Sensor RTD.

En la práctica, los sensores de temperatura tipo bulbo de resistencia son usados cuando se manejan temperaturas bajas con rangos que oscilan entre 0 @ 300 grados centígrados. Esto no quiere decir que no se puedan usar en rangos diferentes de temperatura (más bajos o altos), sino que cuando se tienen en proceso temperaturas altas es más recomendable usar sensores tipo termopar.

II.2.1.2. Sensor de temperatura tipo Termopar.

Al igual que los sensores tipo bulbo de resistencia, los sensores tipo termopar son muy usados en la industria (sino es que son los más usados), teniendo una gran versatilidad para las diferentes aplicaciones. Los termopares basan su funcionamiento en el descubrimiento del investigador Seebeck en 1821, el cual dice dos conductores metálicos diferentes unidos por un extremo, producen una FEM (voltaje) cuando es calentado dicho extremo, con respecto al otro de referencia. En la fig. II.21, se muestra el diagrama de un arreglo de termopar formado por dos metales diferentes unidos en dos puntos, los cuales se llaman el de la izquierda junta de medición y el de la derecha junta de referencia.

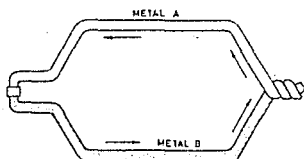


Fig. II.21. Diagrama de la junta en un termopar.

La diferencia de voltaje entre la junta de medición y la junta de referencia es lo que nos da medición de la temperatura.

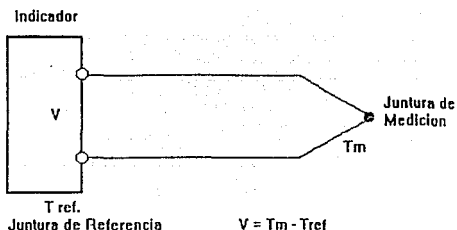


Fig. II.22. Diagrama eléctrico de las juntas de un termopar.

Las diferentes Fems producidas dependen de los tipos de metales unidos. Los termopares son construidos de juntas de Hierro-Constantan (tipo J), Cromel-Alumel (tipo K), Cromel-Constantan (tipo E), Cobre-Constantan (tipo T), de entre los mas usados. Estan contenidos dentro de una funda cilíndrica de acero inoxidable 304, para los tipos J, E y T y con una temperatura máxima de 871 grados C., y para los tipo K la funda es de inconel con una temperatura máxima de 1150 grados C. Las longitudes de los sensores varían desde 1 hasta 48 pulgadas (cuando se instala con termopozo se puede tener hasta 22.5 pulgadas de longitud).

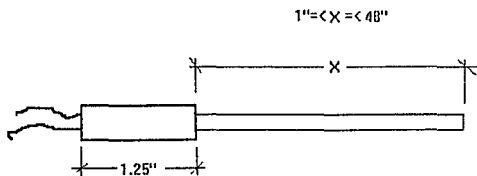


Fig. II.23. Sensor termopar.

La tabla de la fig. II.24., nos proporciona las características principales de los termopares.

Típos de Termopares	Metales Unidos	Rango de Temperatura [grados C]	Limites de error
J	Hierro/Constantan	0 @ 277 277 @ 760	+/- 1.1 grado C
K	Cromel/Alumel	0 @ 277 277 @ 1150	+/- 1.25 grado C
E	Cromel/Constantan	0 @ 316 316 @ 871	+/- 1.1 grado C
T	Cobre/Constantan	-180 @ -59 -59 @ 93 93 @ 371	+/- 0.5 grado C

FIG. II.24. Tabla con los valores característicos de los termopares.

II.2.2. Configuraciones y Montajes de los sensores de Temperatura.

Los sensores de temperatura (RTD y Termopar), pueden ser montados directamente al proceso, ya que están contenidos en fundas metálicas de acero inoxidable, pero en la mayoría de los casos dichos sensores son instalados con accesorios como lo son los Termopozos, Extensiones y Cabeza de Conexiones Eléctricas.

Los TERMOPOZOS son barras metálicas huecas, en las cuales en la parte interna del termopozo, se aloja el sensor y el exterior del termopozo está en contacto directo con el proceso. Las principales funciones del termopozo son : Aislar al sensor de procesos corrosivos, poder quitar el sensor para mantenimiento sin necesidad de parar el proceso, permitir la buena transmisión del calor hasta el sensor y protege a los sensores de vibraciones. Existen básicamente tres tipos de termopozos debido a su forma y son : Los tipo escalonados, los tipo rectos y los tipo cónicos. En la fig. II.25., se muestra los diferentes tipos de termopozos.

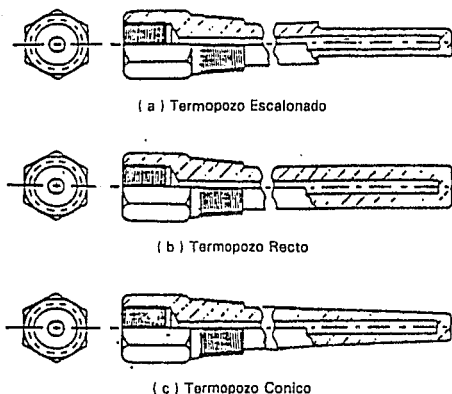


Fig. II.25. Tres diferentes tipos de termopozos debido a su forma.

Los materiales de construcción de los termopozos son muy variados, entre los más comunes son el acero al carbono, acero inoxidable 304, acero inoxidable 316, y hastelloy C. Las longitudes de inserción (U), son desde 1 pulgada hasta 22.5 pulgadas. Otra de las características principales de los termopozos son sus tipos de conexiones a proceso (montaje), las cuales pueden ser tipo roscada, soldada y bridada. En la fig. II.26., se muestra los diferentes montajes a proceso de los termopozos.

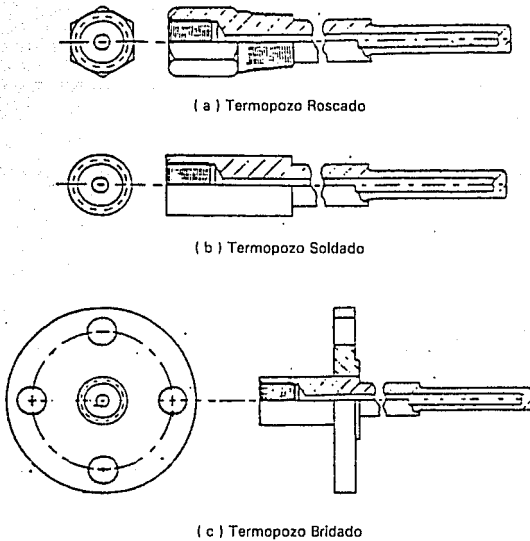


Fig. II.26. Tres diferentes tipos de termopozos debido a su montaje.

Los termopozos tipo roscado consisten en tener una rosca tipo macho que se conecta al proceso. Las conexiones roscadas pueden ser de 1/2 pulgada NPT, 3/4 pulgada NPT y de 1 pulgada NPT de diámetro. Los termopozos tipo soldados consisten en tener cuello que pueda ser introducido y soldado al proceso (un tanque, una tubería, etc). Las conexiones soldadas pueden ser de 3/4 pulgada y de 1 pulgada de diámetro. Los termopozos tipo bridados consisten en tener una brida integrada al termopozo, la cual sea conectada a una contrabrida instalada en el proceso. Dichas bridas son sujetadas por tornillos con tuerca. Las conexiones bridadas pueden ser de 1 pulgada, 1.5 pulgada y 2 pulgadas, con bridas ANSI de 150#, 300#, 600# y 900#.

Las EXTENSIONES son tramos de tubo el cual se instala entre el termopozo y la cabeza de conexiones eléctricas. Estas extensiones tienen como función el alejar las conexiones

electricas del proceso, ya que este puede estar a altas temperaturas. Las extensiones pueden ser de 3 pulgadas o 6 pulgadas de longitud. Por lo general son hechas de acero inoxidable 304.

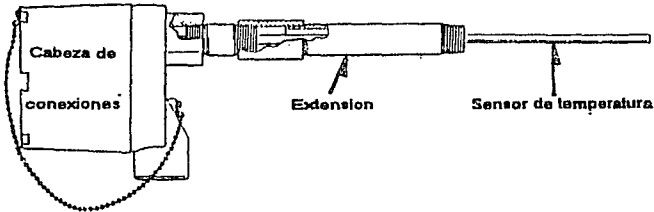


Fig. II.27. Ensamble de sensor de temperatura con extension.

Las CABEZAS DE CONEXIONES ELECTRICAS son cajas a prueba de explosion y con pintura epoxica, las cuales son instaladas en campo junto con los sensores de temperatura. Estas tienen como funcion el proporcionar espacio y seguridad para realizar las conexiones de cableado del sensor de temperatura. Cabe señalar que las cabezas de conexiones son instaladas cuando se tiene que el transmisor de temperatura esta remotamente instalado y se tiene que llevar cables desde el sensor hasta el transmisor.

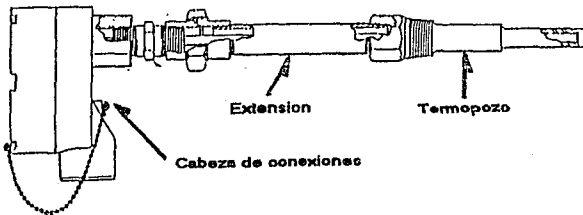


Fig. II.28. Ensamble de sensor de temperatura con cabeza de conexiones.

En las fig. II.29 y II.30., se tienen dos arreglos tipicos de instalacion de sensores de temperatura.

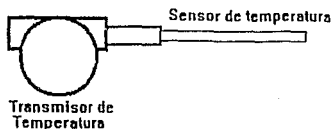


Fig. II.29. Transmisor localmente instalado.

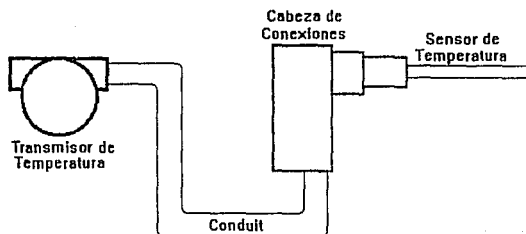
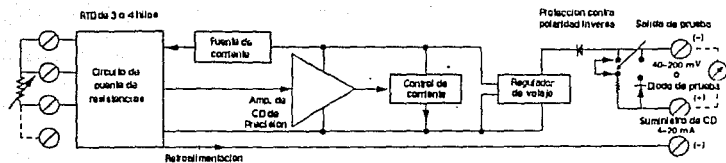


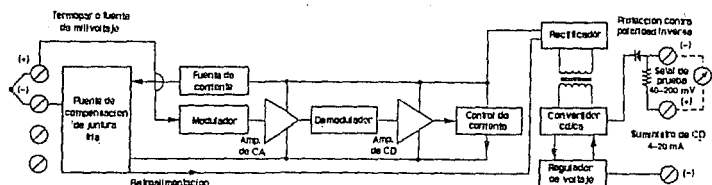
Fig. II.30. Transmisor remotamente instalado.

II.2.3. Transmisor Electronico de Temperatura.

Los transmisores electronicos de temperatura tiene como finalidad el producir una señal de salida de 4 a 20 mA, que sea proporcional a la temperatura medida. El transmisor consta basicamente de circuitos electronicos capaces de interpretar las señales enviadas desde el sensor (RTD, Termopar), y convertirlas en una señal de 4 a 20 mA de salida en un arreglo de dos hilos.



(a) Diagrama Electronico del transmisor para entrada de sensor tipo RTD.



(b) Diagrama Electronico del transmisor para entrada de sensor tipo Termopar.

Fig. II.31. Circuitos electronicos del transmisor de temperatura.

II.2.3.1. Especificaciones del transmisor de Temperatura.

A continuación esta un ejemplo de las especificaciones típicas de un transmisor electrónico de temperatura, en las cuales se puede apreciar las diferentes "opciones" que se pueden tener para adaptarlos a los requerimientos de proceso y de control.

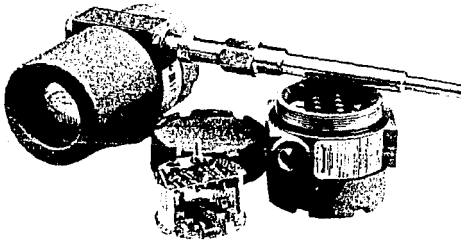


Fig. II.32. Transmisor de temperatura.

1) Especificaciones Funcionales.

- Tipos de entradas : Bulbos de resistencia de Platino, Cobre y Niquel.
Termopares.
Señales de milivoltaje.
- Spans :
 - RTD's : Platino de 25 @ 75 grados C.
70 @ 210 grados C.
200 @ 600 grados C.
 - Cobre de 100 @ 300 grados C.
 - Niquel de 25 @ 200 grados C.
 - Termopares : Tipo J, K, E, T de 100 @ 300 grados C.
Tipo J, K, E de 280 @ 840 grados C.
Tipo K de 470 @ 1410 grados C.
Tipo R, S de 815 @ 1670 grados C.
 - Milivoltaje : 5 @ 15 mV.
15 @ 45 mV.
- Señal de salida : 4 a 20 mA lineal.
- Límites de salida (aproximados) : 3.8 mAcd mínimo y 30 mAcd máximo.
- Suministro eléctrico : Se requiere una alimentación entre 12 a 45 Vcd.
- Limitaciones de carga : Ver figura II.33.

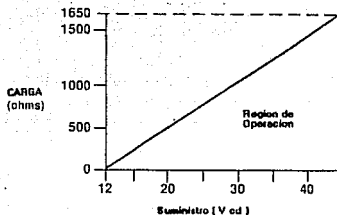


Fig. II.33. Límites de carga.

- Indicación : Indicador opcional con escala de 2.3 pulgadas (50.8 mm). Exactitud de indicación de $\pm 2\%$.
- Lugares peligrosos : Aprobaciones Factory Mutual, a prueba de explosión Clase I, División 1, Grupos B, C y D. A prueba de polvo Clase II, División 1, Grupos E, F y G. Adecuado para usarse en Clase III, División 1. Uso en interiores y exteriores. NEMA 4X.
- Span y Cero : Ajustables externamente.
- Límites de temperatura : -25 @ 85 grados C., operando dentro de especificaciones.
-40 @ 100 grados C., operando sin daño.
-50 @ 120 grados C., en almacenamiento.
- Pérdida de señal : Indicación escala arriba para sensores RTD, y escala abajo opcional. Indicación escala arriba para sensores Termopar o milivoltaje, y escala abajo o no indicación opcional.
- Tiempo de encendido : 2 segundos.

2) Especificaciones de Diseño.

- Exactitud : $\pm 0.2\%$ del span calibrado. Incluye efectos combinados de linealidad, histéresis y repetibilidad. (No incluye error del sensor).
- Estabilidad : $\pm 0.2\%$ del span calibrado por 6 meses.
- Efectos de temperatura ambiente : La muestra del error para cambios de 28 grados C en la temperatura ambiente.
 - Entrada de RTD.
 - Cero: ± 0.17 grado C.
 - Span: $\pm 0.22\%$.

Instrumentacion en Procesos Inds. (Primera Parte).

Elevacion/Supresion: $\pm 0.083\%$ de la temperatura base en grados C.

- Entrada de Termopar (incluye efectos de junta fria).

Cero: ± 1.38 grado C.

Span: $\pm 0.28\%$ del span.

Elevacion/Supresion: $\pm 0.11\%$ de la temperatura base en grados C.

- Entrada de milivoltaje.

Cero: ± 0.038 mV.

Span: $\pm 0.28\%$ del span.

Elevacion/Supresion: $\pm 0.11\%$ de la entrada base en mV.

- Impedancia de entrada (para termopar y milivoltaje) : 1 megaohm o mas grande.
- Efectos de vibracion : $\pm 0.05\%$ del span por "g" a 200 Hz en cualquier eje hasta 3 g's para 33 Hz, 2 g's desde 33 a 70 Hz y 1 g desde 70 a 200 Hz.
- Efectos de fuente de alimentacion : $\pm 0.005\%$ por volt..
- Efectos de carga : No existe efecto alguno sino el cambio en la fuente de alimentacion del transmisor.
- Efectos por la posicion de montaje : Ninguno.

3) Especificaciones Fisicas.

- Materiales de construccion : Caja de la electronica de aluminio con bajo contenido de cobre, y clasificacion NEMA 4X.
Pintura epoxica-poliester.
Empaques de la caja : Buna N.
- Conexiones electricas tipo conduit de 1/2 pulgada con terminales de tornillo.
- Peso de 1.44 Kg.
- Opcion un juego de accesorios para montarse en tuberia de 2 pulgadas de diametro.

CAPITULO III.

INSTRUMENTACION EN PROCESOS INDUSTRIALES (SEGUNDA PARTE).

III.1. Medidores de Flujo.

En los procesos industriales existe otra variable a cuantificar que es de importancia, y es el flujo o caudal de fluidos. La medicion continua de fluidos en tuberias es de suma importancia ya que permite tener un control constante y continuo del proceso. Anteriormente se tenia que hacer las mediciones de flujo por lotes (baches), lo cual hacia que el proceso no fuera continuo, pero gracias al diseño y fabricacion de medidores de flujo continuo, el proceso puede permanecer en constante trabajo. Los medidores de flujo son de variados principios de operacion, como los de desplazamiento positivo (medidores tipo birrotor, piston oscilatorio y engranes ovalados), los medidores tipo turbina, los tipo area variable (rotametros) y los medidores de flujo masico tipo Coriolis. Estos seran los diferentes tipos de medidores de flujo continuo que estudiaremos en este capitulo.

III.1.1. Medidores de Desplazamiento Positivo.

Principios de Operacion :

En la actualidad existen una gran variedad de medidores de desplazamiento positivo, pero en este capitulo solo mencionaremos tres de los mas importantes medidores que existen debido a su versatilidad en las aplicaciones en la industria, y son los medidores tipo birrotor, tipo piston y tipo engranes ovalados. Se llaman de desplazamiento positivo por su principio de operacion. Estos instrumentos miden el caudal haciendo pasar el fluido a medir por las camaras contenidas en el cuerpo del medidor. Dichas camaras o espacios en el cual se almacena el fluido, estan perfectamente cuantificadas. Basicamente el medidor de desplazamiento positivo aloja en sus camaras el fluido a la entrada del medidor y desplaza ese volumen de fluido a la salida del medidor. Al final, como se tiene cuantificada las cantidades almacenadas en las camaras y el numero de veces que se desplazaron esos volúmenes desde la entrada hasta la salida, se puede obtener una medicion total de fluido desplazado. Cabe señalar que estos tipos de medidores son unicamente para servicio de fluidos liquidos.

Especificacion de Tamaloes :

Es importante saber que el tamaño de medidor usado para cierta aplicacion depende de la viscosidad y de la caída de presion. Cuando la viscosidad de un líquido se incrementa, la

caída de presión a través del medidor también se incrementa, y con frecuencia dramáticamente. La movilidad a través del medidor disminuye con el incremento de la viscosidad, permitiendo mayor exactitud en la medición a flujos menores. Como consecuencia, el incremento de viscosidad hace que la máxima capacidad del medidor sea reducida cuando la caída de presión es excesiva. La capacidad mínima especificada también tiene que ser reducida. Generalmente en servicios de alta viscosidad, la caída de presión hace que la capacidad de los medidores disminuya.

Instalación :

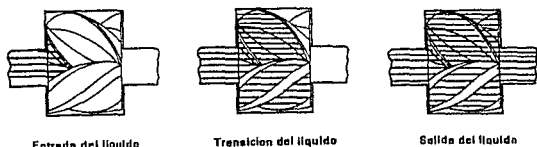
Estos medidores van montados sobre tuberías, generalmente con conexiones bridadas o roscadas. Estos medidores no tienen requerimientos de tubería para ser instalados, en otras palabras, pueden ser instalados en cualquier parte de la tubería. Debido a su principio de operación, en estos medidores la presencia de algún gas dentro del líquido, puede hacer que el instrumento mida dicho gas como si fuera líquido. Este problema puede ser resuelto colocando un eliminador de aire antes del medidor (aguas arriba). También estos medidores pueden ser dañados cuando se está haciendo pasar a través de ellos algún líquido sucio y el cual no se encuentra dentro de las tolerancias de trabajo. Para esto se puede instalar un filtro antes del medidor (aguas arriba), en cual detendrá la suciedad que pueda dañar al medidor. El filtro eliminará este problema, pero en el caso de estar trabajando con un líquido de alta viscosidad, la caída de presión del filtro puede ser considerable.

A continuación se estudiarán los diferentes tipos de medidores de desplazamiento positivo.

III.1.1.1. Medidor de flujo tipo Birrotor.

Este tipo de medidor consiste en dos rotores que se encuentran dentro de una unidad o cámara de medición, y los cuales son las únicas partes en movimiento dentro de dicha unidad. Estos rotores están dinámicamente balanceados. No existe contacto físico entre los rotores, ni tampoco con la cámara de medición. Mantienen una sincronización mediante engranes de tiempo que se encuentran sujetando las flechas de los rotores. De acuerdo al tipo de medidor que es (desplazamiento positivo), los rotores toman el flujo del líquido a la entrada del medidor, lo dividen en segmentos conocidos de líquido, cuenta dichos segmentos y el líquido es regresado a la tubería en la salida del medidor. Los rotores tienen cavidades para acarrear el líquido desde la entrada del medidor hasta la salida. Cada cavidad es un volumen conocido de líquido. Cada una de las cavidades es contada con la rotación de los rotores en el cuerpo del medidor y a través de un mecanismo de engranes es convertido

a unidades de medición. Existen dos tipos de medidores birrotores de acuerdo a la posición de los rotores dentro del medidor. Los tipo Normales o Estándares y el tipo Axial.



(a) Posición axial de los rotores.



(b) Posición normal o estándar de los rotores.

Fig. III.1. Posición de los rotores en un medidor tipo birrotor.

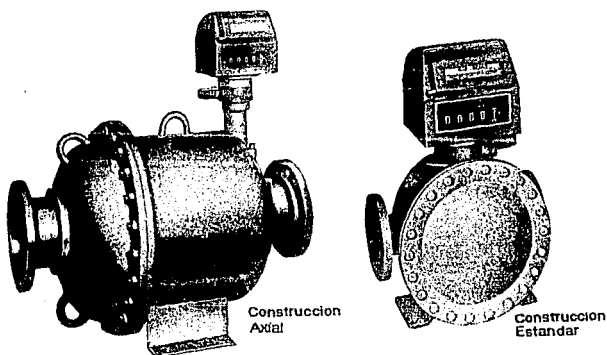


Fig. III.2. Medidores de flujo tipo birrotor.

Las especificaciones típicas de un medidor tipo birrotor son :

1) Materiales de Construcción.

- Cuerpo exterior: Acero.
- Unidad de medición: Hierro forjado.
- Rotores: Aluminio.
- Flechas de los rotores: Nitraloy.
- Rodamientos: Acero inoxidable.
- Empaques: Viton.

2) Tamaños y Capacidades.

Tamaño de Medidor [pulgadas]	Capacidad Máxima [GPM]	Máxima Temperatura de Trabajo [grados C]	Tipo de Conexión.
1.5	100	232	Roscada o bridada.
2	150	232	Roscada o bridada.
3	425	232	Roscada o bridada.
4	700	232	Bridada.
6	1200	232	Bridada.
8	2100	232	Bridada.
10	3300	232	Bridada.
12	4375	232	Bridada.
16	9100	232	Bridada.

Fig. III.3. Tabla que muestra las capacidades máximas de los medidores tipo birrotor.

La máxima presión de trabajo está determinada por el libraje de las bridas de acuerdo a la norma ANSI.

3) Exactitud y caída de presión.

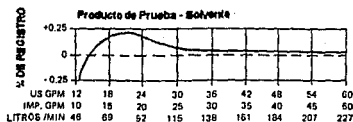


Fig. III.4. Curva típica de exactitud de un medidor tipo birrotor.

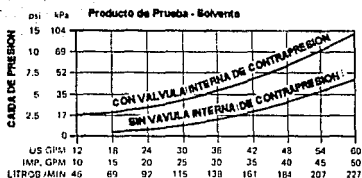


Fig. III.5. Curva típica de caída de presión de un medidor tipo birrotor.

4) Accesorios.

- Contador/Totalizador mecánico local.
- Predeterminador mecánico/electrónico de cargas. (Para bacheo).
- Compensador automático de temperatura.
- Generador de pulsos de alta frecuencia para la transmisión de una señal proporcional al flujo.

5) Aplicaciones.

Estos medidores están diseñados básicamente para el manejo de petróleo y sus derivados. Las aplicaciones dependen de la compatibilidad de los materiales de construcción del medidor con los fluidos a medir. Las aplicaciones más comunes son:

- En refinerías: En la planta de proceso, la carga de combustible en bruto, mezclado de aceites y en el llenado de contenedores.
- En la venta de combustibles: En la carga de autotanques en las terminales de ventas.
- En la distribución de combustibles: En la descarga de autotanques en las gasolineras.
- En la distribución de LPG: En la descarga de autotanques, así como en las tuberías.
- En las tuberías: En la transferencia de productos por tubería como Crudo, Refinados y LPG.
- En abastecimiento de combustible a aviones: En los patios de tanques, o en los autotanques de entrega de combustible.
- Procesos químicos: En la medición de amoníaco, predeterminación de lotes de carga, en soluciones caústicas, etc.

III.1.1.2. Medidor de flujo tipo Piston Oscilatorio.

Este medidor tambien es de los tipo desplazamiento positivo, y consiste en un piston cilindrico el cual tiene un movimiento circular dentro de una camara de medicion compuesta por un cuerpo cilindrico y dos tapas (la superior y la inferior), dentro de las cuales el piston se desplaza en forma suave. La tapa inferior de la camara de medicion tiene dos puertos, uno de entrada de liquido y el otro de descarga. La presion del liquido hace que los espacios entre el piston y la camara sean llenados del fluido, y esa misma presion hace que el piston sea desplazado, acarreado el liquido desde el puerto de entrada hasta el puerto de salida. Los espacios de liquido son conocidos y contando el numero de oscilaciones del piston se puede determinar el total de liquido. El movimiento producido por el piston es transmitido por un arreglo de flechas y engranes y acoplado a un totalizador mecanico. La fig. III.6 muestra las 4 etapas o posiciones del piston en un ciclo de oscilacion.

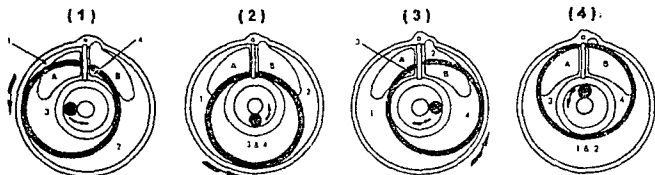


Fig. III.6. Posiciones del piston en el medidor.

Diagrama 1 : Los espacios 1 y 3 estan recibiendo liquido del puerto de entrada (A) y los espacios 2 y 4 estan descargando a travez del puerto de salida (B).

Diagrama 2 : El piston ha avanzado. El espacio 1 en conexion con el puerto de entrada se ha agrandado y el espacio 2 en conexion con el puerto de salida ha disminuido; mientras que los espacios 3 y 4 estando unidos son movidos a la posicion de descarga a travez del puerto de salida.

Diagrama 3 : El espacio 1 aun esta recibiendo liquido del puerto de entrada y el espacio 3 esta empezando a abrirse otra vez al puerto de entrada, mientras que los espacio 2 y 4 estan descargando a travez del puerto de salida.

Diagrama 4 : El liquido esta empezando ha ser recibido dentro del espacio 3 y descargado del espacio 4, mientras los espacios 1 y 2 estando unidos son movidos a la posicion de descarga, así el piston se mueve otra vez hacia la posicion del diagrama 1.

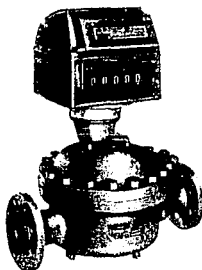


Fig. III.7. Medidor de flujo tipo piston.

Las especificaciones típicas de un medidor tipo piston oscilatorio son:

1) Materiales de Construccion.

- Cuerpo exterior: Hierro forjado, bronce o acero.
- Unidad de medicion: Bronce o Ni-resist.
- Piston: Bronce, aluminio o Ni-resist.
- Empaques: Viton.

2) Tamaños y Capacidades.

Tamaño de Medidor [pulgadas]	Capacidad Maxima [GPM]	Maxima Temperatura de Trabajo [grados C]	Tipo de Conexion	Maxima Presion de Trabajo [PSI]
0.5	15	149	Roscada	400
0.75	25	149	Roscada	400
1	40	149	Roscada	400
1.5	70	149	Bridada	400
2	120	149	Bridada	400

Nota : Las capacidades de temperatura y presion varian dependiendo de los materiales de construccion.

Fig. III.8. Tabla que muestra las capacidades maximas de los medidores tipo piston oscilatorio.

3) Exactitud y caída de presión.

La exactitud en estos medidores es de $\pm 0.5\%$ de flujo, y esto depende de la aplicación (características del fluido). Debido a su diseño, estos medidores son aplicables para la medición de líquidos con viscosidades entre $0.2 @ 10000$ cP, pero se deberá tomar en cuenta que la caída de presión se incrementará a medida que la viscosidad se incremente. Ver gráfica de la fig. III.9.

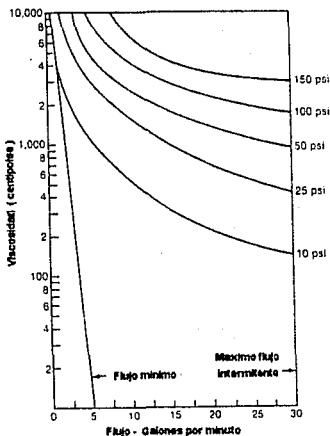


Fig. III.9. Gráfica que muestra la relación de caída de presión y viscosidad.

4) Accesorios.

- Contador/Totalizador mecánico local.
- Predeterminador mecánico/eléctrico de cargas. (Para bacheo).
- Compensador automático de temperatura.
- Generador de pulsos de alta frecuencia para la transmisión de una señal proporcional al flujo.

5) Aplicaciones.

Los medidores de pistón oscilatorio están principalmente diseñados para manejar líquidos limpios, sin sólidos en suspensión. Algunos pueden trabajar con líquidos con sólidos en suspensión pero se hacen sobre diseño. Las aplicaciones típicas de estos medidores son:

- En refinarias: En la planta de proceso, la carga de refinados (gasolina, diesel, petroleo, etc.),
- En las tuberías: En la transferencia de productos por tubería como Refinados y LPG.
- En plantas: En procesos de tratamiento de aguas, en procesos con soluciones causticas, así como alimentacion de agua a las plantas de proceso.
- En redes de agua potable.
- Uso domestico.

III.1.1.3. Medidor de flujo tipo Engranes Ovalados.

Este medidor consta de una unidad de medicion (camara de medicion) y dos engranes o rotores de forma ovalada, los cuales estan acoplados y sujetos a dos flechas. Entre los engranes y la camara de medicion, se forman espacios de volumen conocidos, que mediante el movimiento (rotacion) de los engranes, el liquido es transportado desde la entrada del medidor hasta la salida del mismo, conociendo el volumen total desplazado, contando el numero de revoluciones dadas por los engranes. Ver fig. III.10.

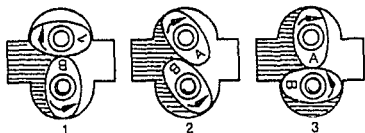


Fig. III.10. Principio de operación del medidor de engranes ovalados.

El movimiento de rotación de las flechas, es transmitido a través de un imán (magneto) impulsor a otro imán el cual esta sujeto a una flecha y un tren de engranes. Los dos imanes están magnéticamente acoplados, por lo que el imán impulsado siempre tenderá a "seguir" al imán impulsor y de este modo transmitir el movimiento hacia algún totalizador mecánico.

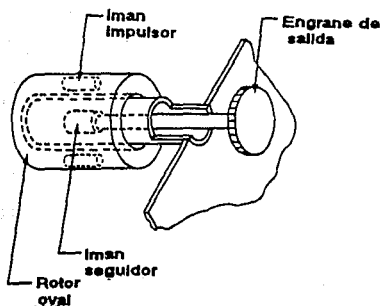


Fig. III.11. Acoplamiento magnético del medidor de engranes ovalados.

Estos medidores son para aplicaciones donde la viscosidad es alta, ya que por su principio de operación, pueden medir con facilidad líquidos viscosos, aun tolerando alguna poca de suciedad en el líquido.

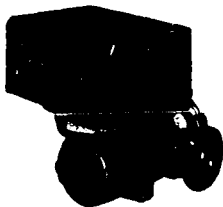


Fig. III.12. Medidor tipo engranes ovalados.

Las especificaciones típicas de un medidor tipo engranes ovalados son:

1) Materiales de Construcción.

- * Cuerpo del medidor: Acero, acero inoxidable 316 o alloy 20.
- * Rotores (engranes ovalados): Acero inoxidable 316 o alloy 20.
- * Flechas: Acero inoxidable 316 o alloy 20.
- * Rodamientos: Carbon endurecido.
- * Empaques: Viton.

2) Tamaños y Capacidades.

Tamaño de Medidor [pulgadas]	Capacidad Maxima [GPM] Nota 1.	Tipo de Conexión	Maxima Temperatura de Trabajo [grados C]
0.5	9	Bridada a 150# o 300#	110
1	44	Bridada a 150# o 300#	110
1.5	88	Bridada a 105# o 300#	110
2	176	Bridada a 150# o 300#	110
3	352	Bridada a 150# o 300#	110
4	1010	Bridada a 150# o 300#	110

Nota 1: Estas capacidades son en base a un fluido con viscosidad de entre 5 @ 300 cP.

Fig. III.13. Tabla que muestra las capacidades maximas de un medidor tipo engranes ovalados.

La capacidad de flujo depende de la viscosidad del liquido a medir, así mismo como la caída de presión a través del medidor. Los rotores del medidor pueden ser construidos para majerar fluidos altamente viscosos, esto se logra haciendo algunas ranuras entre los dientes de los engranes. Esto permite que la capacidad de flujo del medidor aumente y la caída de presión disminuya.

3) Exactitud y caída de presión.

La exactitud en estos medidores también depende de la viscosidad del liquido. Tenemos que para líquidos con viscosidades de entre 0.2 @ 5 cP, la exactitud es de +/- 0.5%, mientras que para líquidos con viscosidades de arriba de 5 cP, la exactitud es de +/- 0.25%. En la fig. III.14., se muestra la relación entre la viscosidad y la caída de presión en un medidor de engranes ovalados.

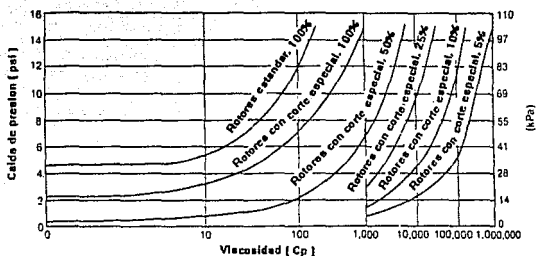


Fig. III.14. Grafica que muestra la relación de la caída de presión y la viscosidad.

4) Accesorios.

- Contador/Totalizador mecánico local.
- Predeterminador mecánico/electrónico de cargas. (Para bacheo).
- Compensador automático de temperatura.
- Generador de pulsos de alta frecuencia para la transmisión de una señal proporcional al flujo.

5) Aplicaciones.

Como se menciona anteriormente, estos medidores están diseñados para trabajar con líquidos de alta viscosidad principalmente. Algunas de las aplicaciones son:

- En refinerías: En la planta de proceso, la carga combustóleo, crudo y algunos refinados.
- En las tuberías: En la transferencia de productos por tubería como combustóleo y refinados.
- En procesos alimenticios: En la medición de aceites y grasas animales y vegetales.

III.1.2. Medidor de flujo tipo Turbina.

El medidor de flujo tipo turbina (de paso completo), es un sensor/transductor de velocidad de flujo, usando un tubo de flujo dentro del cual se encuentra un rotor de paletas, cuyo eje o flecha está suspendido axialmente en dirección del flujo. Cuando el líquido choca contra las paletas del rotor, se produce una diferencial de presión entre el flujo aguas arriba del medidor y al flujo aguas abajo del mismo, haciendo que esta diferencia de presiones

produzca el movimiento de rotación del rotor. La intensidad de rotación del rotor es directamente proporcional a la cantidad de flujo que está pasando a través del mismo.

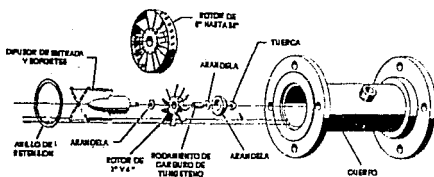


Fig. III.15. Partes del medidor de flujo tipo turbina.

Dicha rotación luego puede ser usada de dos formas :

- 1) Salida Mecánica: Por medio de un acoplador magnético se lleva el movimiento de rotación desde el rotor hasta un eje guía, el cual moverá algún contador mecánico. Este acoplador magnético es para mantener aislado el embalaje mecánico impulsor de la corriente de flujo.
- 2) Salida Eléctrica: Utilizando el principio de reluctancia, en el cual una señal es generada por el pase del rotor de la turbina en proximidad cercana a una bobina de señal. Se instala una bobina generadora (pick-off) cerca del rotor de la turbina, la cual genera una señal oscilatoria, y luego dicha señal es enviada a un circuito amplificador/rectificador y finalmente la señal entregada es en pulsos de corriente directa.

Los medidores tipo turbina son usados para medir líquidos limpios y poco viscosos. La ventaja de este tipo de medidor es que se pueden medir cantidades de flujo muy grandes y debido a su construcción, resulta más económico este medidor en comparación a uno de desplazamiento positivo. Es importante mencionar que a diferencia de los medidores de desplazamiento positivo, los medidores tipo turbina requieren de ciertas condiciones de instalación para su buen funcionamiento. Debido a su principio de operación, se requiere que el líquido sea casi laminar, por lo que en la instalación del medidor se necesita que este sobre una tubería recta de longitud mínima de 20 diámetros aguas arriba y 5 diámetros aguas abajo. Ver fig. III.16.

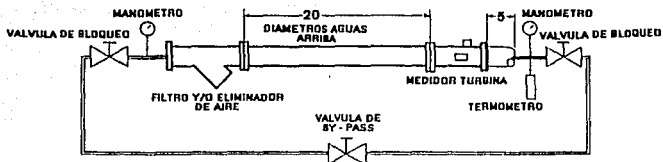


Fig. III.16. Instalacion típica de un medidor de flujo tipo turbina.

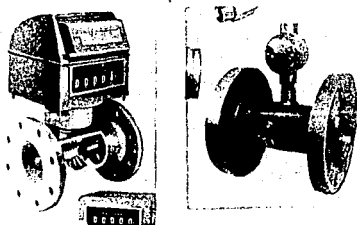


Fig. III.17. Medidores de flujo tipo turbina.

Las especificaciones típicas de un medidor tipo turbina (de paso completo) son:

1) Materiales de Construcción.

- Cuerpo del medidor: Acero o acero inoxidable.
- Rodamientos: Carburo de tungsteno.
- Rotor: Acero inoxidable 302.
- Paletas del rotor: Acero inoxidable 430 o acero inoxidable 302.
- Punta del rotor: Acero inoxidable 303 o aluminio T-6061.
- Soportes del rotor: Acero inoxidable 302.
- Flecha del rotor: Acero inoxidable 303.
- Arandela de impulso: Carburo de tungsteno.

2) Tamaños y Capacidades.

Tamaño de Medidor [pulgadas]	Capacidad (Barriles/hr)	Tipo de Conexión.	Maxima Temperatura de Trabajo [grados C]	Maxima Presion de Trabajo [PSI]
3	1000	Bridada.	82 (salida mec.) 85 (salida elec.)	1440
4	1850	Bridada.	82 (salida mec.) 85 (salida elec.)	1440
6	4200	Bridada.	82 (salida mec.) 85 (salida elec.)	1440
8	8500	Bridada.	82 (salida mec.) 85 (salida elec.)	1440
10	12000	Bridada.	82 (salida mec.) 85 (salida elec.)	1440
12	18000	Bridada.	82 (salida mec.) 85 (salida elec.)	1400
16	28000	Bridada.	82 (salida mec.) 85 (salida elec.)	1440
18	40000	Bridada.	82 (salida mec.) 85 (salida elec.)	1440
20	48000	Bridada.	82 (salida mec.) 85 (salida elec.)	1440
24	60000	Bridada.	82 (salida mec.) 85 (salida elec.)	1440

Fig. III.18. Tabla que muestra las capacidades maximas de un medidor tipo turbina.

3) Exactitud y caída de presión.

La exactitud en un medidor tipo turbina fluctúa entre ± 0.15 @ $\pm 0.5\%$, esto dependiendo de las condiciones de operación del medidor. La caída de presión a través del medidor se puede contemplar en la gráfica de la fig. III.19., donde se está tomando la gasolina como fluido de prueba.

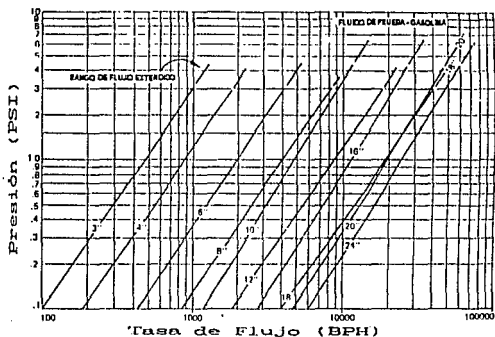


Fig. III.19. Caída de presión en los medidores de flujo tipo turbina.

4) Accesorios.

a) Para medidor con salida mecánica:

- * Contador/Totalizador mecánico local.
- * Predeterminador mecánico/eléctrico de cargas. (Para bacheo).
- * Generador de pulsos de alta frecuencia para la transmisión de una señal proporcional al flujo.

b) Para medidor con salida eléctrica:

- * Instalación de uno o dos bobinas generadoras (pick-off).
- * Contador/Totalizador electrónico remoto.
- * Convertidor de señal con salida de 4 a 20 mA.

5) Aplicaciones.

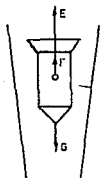
Los medidores tipo turbina son utilizados principalmente en la medición de fluidos limpios de baja viscosidad. Algunas de las aplicaciones son:

- Sistemas automaticos de transferencia de liquidos.
- Lineas de crudo.
- Servicios de refinarias.
- Carga de tanques.
- Llenado de autotanques.
- Carga de combustible a los aviones.
- Lineas de refinados.
- Servicios de agua.

III.1.3. Medidores de flujo tipo Area Variable (Rotametros).

Los medidores de flujo tipo rotametros han tenido un gran uso en el pasado, debido a su simplicidad de construccion y su versatilidad para adecuarse a las diferentes aplicaciones en los procesos, incluso en la medicion de gases y vapores. Debido a los adelantos tecnologicos en la instrumentacion, especificamente en los medidores de flujo, estos han sido desplazados parcialmente de la industria, pero a pesar de ello siguen teniendo demanda en el mercado ya que economicos y son usados como indicadores de flujo, para lo cual son muy eficaces.

Los rotametros consisten basicamente en tres partes principalmente: Un tubo, un flotador y un cuerpo con conexiones superior e inferior. El principio de operacion se basa en la generacion de un balance dinamico dentro del medidor, en el cual un flotador se equilibra de acuerdo a la cantidad de flujo que pasa a travez del medidor. El flotador permanece en equilibrio, cuando la suma de las fuerzas que actuan sobre dicho flotador, es igual a cero,



$$F + E = G$$

Donde: F es la fuerza de empuje del fluido sobre el flotador.
E es la fuerza de arrastre del fluido sobre el flotador.
G es el peso del flotador.

Fig. III.20. Fuerzas en el flotador.

y expresando cada una de estas fuerzas, tenemos,

$$F = v_f \rho_f g$$

$$E = C_d \rho_f A_f \frac{v^2}{g}$$

$$G = v_f \rho_f g$$

donde: v_f , es el volumen del flotador

ρ_f , es la densidad del flotador

ρ_l , es la densidad del fluido

C_d , es el coeficiente de arrastre del fluido sobre el flotador

v , es la velocidad del fluido

A_f , es el area de la seccion del flotador

resolviendo las ecuaciones tenemos:

$$v = \sqrt{\frac{2g v_f (\rho_f - \rho_l)}{C_d \rho_l A_f}}$$

Por otro lado tenemos que,

$$Q_v = v A_w \quad \text{Donde: } A_w \text{ es la seccion interior del tubo}$$

Q_v es el flujo

finalmente tenemos que el flujo se puede expresar de la siguiente manera,

$$Q_v = C A_w \sqrt{\frac{2g v_f (\rho_f - \rho_l)}{\rho_l A_f}}$$

Con esta ultima ecuacion se puede determinar el flujo que pasa a travez del rotámetro.

III.1.3.1. Partes Principales de los Rotámetros.

1) Tubo de Medicion.

El tubo en el rotámetros es la parte donde se aloja el flotador. A los rotámetros se les llama del tipo area variable debido a que el area transversal interna de los tubos varia respecto a la longitud del mismo, haciendo que el area al inicio del tubo no sea la misma que la del final.

La entrada del fluido sera siempre en la parte inferior y la salida en la parte superior. Los tubos tienen cuatro formas basicamente. Ver fig. III.21.

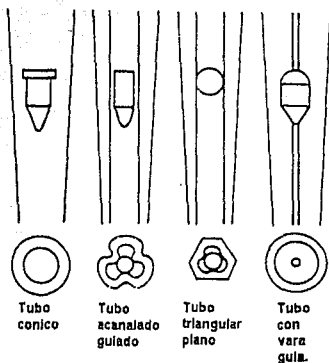


Fig. III.21. Formas de los tubos de medición de los rotámetros.

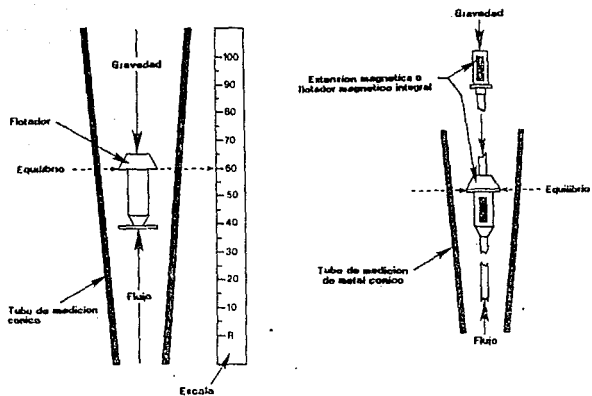
Los materiales con los cuales se construyen los tubos son: Borosilicato (Vidrio), o acero inoxidable. Otros materiales como plástico, hastelloy, alloy 20, o tubos recubiertos de teflon, pueden ser usados.

Los tubos de vidrio o plástico transparente son graduados con escalas de medición de flujo. En el caso de los tubos metálicos, en los cuales no se puede ver el flotador a través del tubo, los flotadores se encargan de "exteriorizar" la medición. (Ver punto 2 de flotador). El tubo de vidrio, por lo regular se encuentra dentro de una caja protectora hecha de aluminio (paredes laterales) y de plástico (paredes anterior y posterior), transparente y resistente a los impactos.

2) Flotador.

El flotador es la parte móvil en el rotámetro y se encuentra en la parte interna del tubo de medición. La lectura se hace comparando la parte más ancha del flotador con la escala colocada en el tubo de medición.

En el caso donde el rotámetro tenga un tubo metálico (no transparente), los flotadores son contruidos con extensión, esto es para poder colocar la escala ya sea en la parte superior del rotámetro o en la parte inferior.



(A) Rotámetro con tubo de vidrio.

(B) Rotámetro con tubo metálico.

Fig. III.22. Tipos de rotámetros (Tubo de vidrio y tubo metálico).

La capacidad de flujo de un rotámetro lo determina la combinación del tubo de medición con el tipo de flotador. Existen cuatro tipos de flotadores de acuerdo a su forma. Ver fig. III.23.

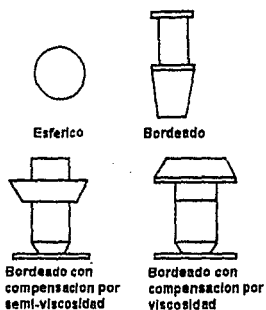


Fig. III.23. Tipos de flotadores para los rotámetros.

Es importante señalar que la viscosidad de un fluido es determinante en la capacidad que pueda tener un medidor tipo rotámetro, de ahí que existen flotadores diseñados para aplicaciones viscosas. Los materiales de construcción son variados ya que la densidad del flotador tiene relación en el cálculo de la capacidad de flujo del rotámetro.

Material del Flotador	Gravedad Especifica
Aluminio	2.80
Hastelloy B	9.24
Monel	8.84
Acero inox. 316	8.04
Teflon	2.20
Durimet	8.02
Hastelloy C	8.94
Niquel	8.91
Tantalum	16.60
Titanio	4.50
Pyrex (Vidrio)	2.54

Fig. III.24. Tabla de materiales de flotadores con sus respectivas gravedades específicas.

3) Cuerpo y conexiones.

El tubo de medición y el flotador van ensamblados junto con dos conexiones (una superior y otra inferior), y el cuerpo de la caja protectora. Las conexiones pueden ser del tipo roscadas o bridadas. Los materiales de construcción de las conexiones son: Polimeros como kynar, CPVC, metales como acero, acero inoxidable 316, hastelloy B, hastelloy C. La compatibilidad de los materiales de construcción de las conexiones con los fluidos determinara la capacidad de resistencia del medidor. Se pueden construir conexiones forradas de teflon para aplicaciones corrosivas.

III.1.3.2. Tamalotes y Capacidades.



Fig. III.25. Medidor de flujo tipo rotámetro con tubo de vidrio.

1) Tubo de vidrio.

Tamaño de Medidor	Cap. Maxima		Conexiones	Maxima Presion de Trabajo (PSIG). Ver nota 1.
	Agua	Aire		
2	5.5 @ 342 cc/min.	366 sccm @ 10.9 slpm	0.25" roscadas 0.5" bridadas	500
6	196 @ 1087 cc/min.	8.6 @ 33.9 slpm.	0.25" roscadas 0.5" bridadas	450
7	643 @ 1485 cc/min.	26.2 @ 48.8 slpm.	0.5" roscadas 0.5" bridadas	350
8	0.55 @ 4.88 GPM.	2.22 @ 20.32 SCFM.	0.5" roscadas 0.5" bridadas	300
9	1.90 @ 9.65 GPM.	7.96 @ 44.18 SCFM.	0.75" roscadas 1" bridadas	175
10	4.54 @ 23.10 GPM.	18.04 @ 105.70 SCFM.	0.75" roscadas 1" bridadas	100
12	9.33 @ 67.60 GPM.	37.81 @ 299.50 SCFM.	1.5" roscadas o bridadas	75
13	19.94 @ 98.60 GPM.	81.55 @ 403.25 SCFM.	1.5" roscadas 2" bridadas	100

Nota 1. La presión máxima de trabajo es a una temperatura de 66 grados C.

Fig. III.26. Tabla que muestra las capacidades máximas de un rotámetro con tubo de vidrio.

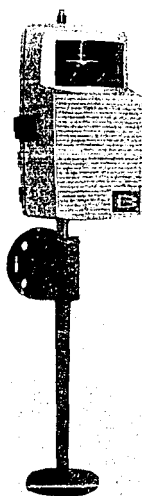


Fig. III.27. Medidor de flujo tipo rotámetro con tubo metálico.

2) Tubo metálico.

Tamaño de Medidor	Cap. Maxima		Conexiones	Maxima Presion de Trabajo (PSIG). Ver nota 1.
	Agua	Aire		
7	0.6 @ 0.86 GPM.	2.5 @ 3.5 SCFM.	0.5" o 1" roscadas, bridadas o soldadas	1500
8	1.0 @ 7.0 GPM.	4.1 @ 28.8 SCFM.	0.5" o 1" roscadas, bridadas o soldadas	1500
10	3.4 @ 36 GPM.	14 @ 148 SCFM.	1" roscadas, bridadas o soldadas	1500
12	16.6 @ 78 GPM.	68.4 @ 321 SCFM.	1.5" roscadas, bridadas o soldadas	1500
13	24.1 @ 207 GPM.	99.3 @ 853 SCFM.	1.5" o 2" roscadas, bridadas o soldadas	1500
15	56.5 @ 310 GPM.	233 @ 1277 SCFM.	3" bridadas	1500
16	70 @ 200 GPM.	292 @ 835 SCFM.	4" bridadas	1500

Nota 1. La presión máxima de trabajo es a una temperatura de 93 grados C. Esta presión máxima es del cuerpo del medidor. El tipo de conexiones determina la presión máxima de trabajo.

Fig. III.28. Tabla que muestra las capacidades máximas de un rotámetro con tubo metálico.

III.1.3.3. Exactitud y viscosidad.

La exactitud de los medidores de flujo tipo rotámetro varía entre el 1% al 2%, esto dependiendo de la aplicación, pero se puede decir que tienen en general una exactitud de 2%. De acuerdo a su principio de operación, los rotámetros son aplicables para la medición de fluidos limpios y no muy viscosos, considerando como máxima viscosidad 30 cP.

III.1.3.4. Accesorios.

Los rotámetros en la actualidad pueden ser ensamblados con accesorios extras, haciendo de los rotámetros aplicables a procesos más modernizados. Algunos de estos accesorios son:

- * Indicador externo de flujo tipo reloj.
- * Transmisor neumático con señal de salida de 3 a 15 PSIG.

- Transmisor electronico con señal de salida de 4 a 20 mA.
- Alarmas de contacto por alto/bajo flujo.
- Escalas de medicion en unidades de flujo.

III.1.3.5. Aplicaciones.

Los rotametros son usados mayormente como indicadores de flujo, en los cuales se puede tener una lectura de flujo instantaneo. Dentro de las aplicaciones mas comunes se encuentran:

- Indicacion/medicion de agua en plantas.
- Laboratorios.
- Medicion de gases como cloro, nitrogeno, oxigeno, aire, etc.
- Usados como purgometros en las plantas donde se instalan transmisores de presion diferencial.

III.1.4. Medidor de flujo Masico tipo Coriolis.

El desarrollo de la tecnologia principalmente de la electronica, ha permitido el perfeccionamiento de los instrumentos de medicion. Un ejemplo es el medidor directo de masa tipo Coriolis. Es un medidor con el cual se puede hacer mediciones de flujo en masa, en una forma exacta y sin restricciones respecto a paros momentaneos de proceso. Realiza una medicion continua de masa de algun fluido. Se le llama tipo Coriolis debido a su principio de operacion.

Este medidor basa su funcionamiento en el principio de la aceleracion de Coriolis. De acuerdo con la segunda ley de Newton, la fuerza es proporcional al producto de la masa por la aceleracion,

$$F = ma$$

donde un cuerpo con una masa determinada es sometido a una fuerza cuando se le aplica una aceleracion. La aceleracion de Coriolis se presenta cuando existe una velocidad relativa de un punto con respecto a otro. Esto puede ser entendido mejor con el siguiente ejemplo.

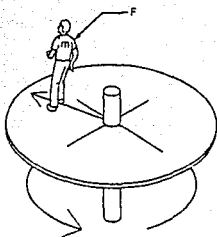


Fig. III.29. Fuerza de Coriolis.

De acuerdo a la fig. III.29., cuando el hombre permanece parado en un punto de la mesa giratoria, la cual gira a una velocidad angular constante, podemos determinar que el hombre no está sometido a ninguna fuerza debido a que,

$$v = r \omega$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Donde: " v " es la velocidad tangencial.

Donde: " a " es la aceleración tangencial.

" r " es el radio de la mesa giratoria.

" v " es la velocidad tangencial.

" ω " es la velocidad angular.

" t " es el tiempo.

la fuerza existe si existe una aceleración tangencial, y la aceleración tangencial se crea a partir de una variación de la velocidad tangencial con respecto al tiempo. En este caso como la velocidad tangencial es constante, dicha variación (aceleración) es cero, por lo que no se desarrolla ninguna fuerza. Ahora, si el hombre empieza a caminar desde el centro de la mesa giratoria hacia la orilla, lo que empieza a variar es la distancia "r" o radio entre el centro y el hombre. Si la distancia varía, la velocidad tangencial varía también, por lo que trae como consecuencia sucesiva una aceleración tangencial y después una fuerza tangencial. Esta fuerza o efecto se le llama " efecto Coriolis "

Los medidores de flujo masico utilizan este principio de la siguiente manera: Crean una fuerza (efecto Coriolis) a partir de pasar un flujo a travez de un tubo en forma de " U " y vibrando a una velocidad constante.

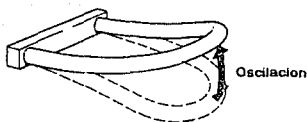


Fig. III.30. Tubo en "U" con un movimiento oscilatorio.

La velocidad de fluido a través del tubo con respecto a la velocidad de vibración del tubo, crea la aceleración de Coriolis, e induce una fuerza tangencial al tubo.

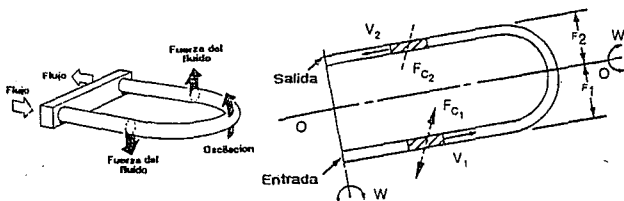


Fig. III.31. Fluido circulando a través del tubo "U" oscilando.

Analizando el sentido del flujo en ambos ramales del tubo "U", podemos notar que la fuerza de Coriolis desarrollada en dichos ramales, es completamente opuesta, por lo que el tubo sera sometido a una torsion respecto al plano.



Fig. III.32. Torsion en el tubo "U".

Dicha torsion sera de la misma magnitud en ambos ramales pero de sentido opuesto. Finalmente la torsion del tubo es directamente proporcional a la cantidad en masa de fluido que este circulando por el mismo.

III.1.4.1. Sensor del medidor de flujo Masico tipo Coriolis.

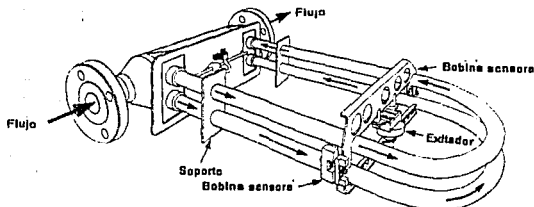


Fig. III.33. Típico sensor de flujo masico tipo Coriolis.

En la actualidad los sensores de flujo masico mas comunes son construidos a base de dos tubos en " U " paralelos los cuales se encuentran dentro de una caja metalica y sujetos por la partes superior de ambos. (Ver fig III.33.). El fluido se hace circular a travez de los dos tubos por medio de un manifold interno contenido a la entrada del sensor. Esto hace que el fluido se reparta entre los tubos en cantidades iguales. El movimiento oscilatorio de los tubos (vibracion), es generada por una bobina impulsora la cual se encuentra sotendida en el centro de una barra metalica, la que a su vez esta sujeta a los dos ramales de los tubos. Dicha bobina proporciona el movimiento oscilatorio a ambos ramales de los tubos. La vibracion generada es similar a la producida por la frecuencia de sintonia de un tenedor, siendo de aproximadamente de 80 Hz y de una amplitud de menos de 1 mm. Es importante mencionar que el sentido del movimientos vibratorios de los tubos, siempre seran opuestos, ya que se encontraran atrallendose y repeliendose constantemente.

Cuando se hace pasar flujo por los tubos que se encuentran en vibracion, se produce el efecto Coriolis, manifestandose en una torsion de los tubos (ver fig. III.32.). Ya que la torsion es proporcional al flujo en masa del fluido, y que los ramales de los tubos se encuentran produciendo torsiones con sentido contrario, se mide dicha torsion midiendo el desplazamiento de un ramal con respecto a otro. Esto se hace colocando dos bobinas (llamadas bobinas sensoras), una en cada ramal. Cada una de estas bobinas producen una señal sinusoidal debido a la oscilacion del tubo.

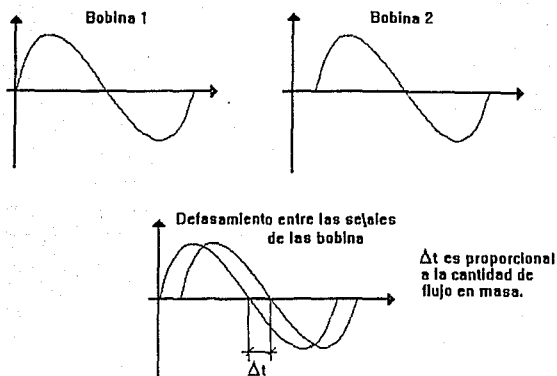


FIG. III.34. Señales generadas por las bobinas sensoras.

Comparando las señales de ambas bobinas, se puede apreciar que existe un "defasamiento" en el tiempo de las señales. A este defasamiento se le llama " Delta T ". Teniendo la medición de ΔT generado, se puede cuantificar la cantidad en masa que esta circulando por los tubos del sensor tipo Coriolis.

III.1.4.2. Electronica del medidor de flujo Masico tipo Coriolis.

La electronica es la parte del medidor que se encarga de las siguientes funciones:

- * Proporciona una señal oscilatoria para la alimentación de la bobina impulsora del sensor, y una alimentación para un sensor tipo RTD instalado en los tubos (para medición de temperatura).
- * Recoje e interpreta las señales de defasamiento de las bobinas sensoras (Δt), así como la señal en temperatura del RTD.
- * Genera y transmite señales de salida de 4 a 20 mA o de frecuencia, proporcionales al flujo (en masa), y a la temperatura.

La electronica esta contenida en una caja metalica, separada del sensor y con la opcion de tener un indicador local.

III.1.4.3. Especificaciones del medidor de flujo Masico tipo Coriolis.



Fig. III.35. Medidor de flujo masico tipo Coriolis.

A continuacion esta un ejemplo de las especificaciones tipicas de un medidor de flujo masico tipo Coriolis, en las cuales se puede apreciar las diferentes "opciones" que se pueden tener para adaptarlos a los requerimientos de proceso y de control.

1) Materiales de Construccion.

Los materiales de construccion mas comunes de los tubos de los sensores son: Acero inoxidable 316L, Hastelloy C. En algunos casos pueden ser contruidos de acero inoxidable 316L forrados de teflon, o tubos de tantalum. La caja de la electronica esta hecha de aluminio forjado recubierta pintura epoxica-poliester.

2) Tamaloz y Capacidades.

Tamaño de Medidor [pulgadas]	Capacidad Máxima [kg/min] Ver nota 1.	Tipo de Conexiones	Rango de Temperatura de Trabajo [grados C]	Presión Máxima de Trabajo [PSI] Ver nota 2.
0.06	0.9	0.25" roscadas o 0.5" bridas	-240 @ 204	2600
0.12	5	0.25" roscadas o 0.5" bridas	-240 @ 204	1700
0.25	20.4	0.37" roscadas o 0.5" bridas	-240 @ 176	1900
0.40	40.9	0.37" roscadas o 0.5" bridas	-240 @ 176	1250
0.65	136.3	0.75" roscadas o 0.5" bridas	-240 @ 176	2250
1.0	454.5	1" bridas	-240 @ 204	2250
1.5	1272.7	1.5" bridas	-240 @ 204	1500
3.0	3181.8	3" bridas	-240 @ 204	740
6.0	11363.6	6" bridas	-240 @ 204	625

Nota 1: Las capacidades máximas de flujo son para sensores con tubos de acero inoxidable 316L.

Nota 2: Es la máxima presión de los tubos. Las conexiones determinan la máxima presión de trabajo en proceso.

Fig. III.36. Tabla que muestra las capacidades máximas de un medidor de flujo masico tipo Coriolis.

3) Exactitud y caída de presión.

La exactitud de estos medidores depende del rango de flujo al cual se este trabajando el medidor, pero en general la exactitud oscila alrededor de $\pm 0.2\%$.

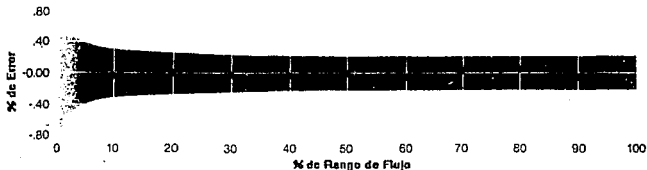


Fig. III.37. Curva típica de exactitud de un medidor de flujo masico tipo Coriolis.

Con respecto a la caída de presión, esta varía dependiendo de la viscosidad del fluido y el rango de flujo en el cual se está trabajando. En la gráfica de la fig III.38., se muestra las curvas de caída de presión producida en los diferentes tamaños de medidores, tomando como base un fluido con viscosidad de 1 cP.

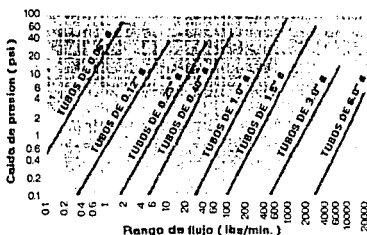


Fig. III.38. Caída de presión de diferentes tamaños de medidores de flujo masico tipo Coriolis.

III.1.4.4. Accesorios.

Gracias a que se pueden obtener varios tipos de señales de la electrónica del medidor, existen varios accesorios para cuantificar el flujo:

- Totalizador/Predeterminador electrónico de flujo.
- Monitor de densidad (con salidas de 4 a 20 mA en flujo y de 4 a 20 mA en temperatura).
- Indicador de flujo instantáneo.

III.1.4.5. Aplicaciones.

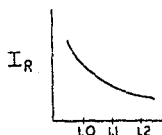
Debido a que es un medidor sin prácticamente partes en movimiento, únicamente dos tubos por los cuales circula el fluido sin ninguna restricción, este tipo de medidor es de gran aplicación en casi todos los tipos de procesos. Algunas restricciones como compatibilidad del material de construcción con el fluido, caída de presiones muy altas, etc, podrían ser determinantes para no utilizar este tipo de medidor, pero definitivamente es un medidor muy versátil y aplicable.

III.2. Medidor de Densidad.

Los medidores de densidad de fluidos liquidos son muy utilizados en procesos donde el cambio continuo de densidad de un producto puede ser determinante para el proceso. El avance tecnologico ha permitido que los instrumentos mejoren el cuanto a su funcionalidad y exactitud de medicion. Uno de los principios mas eficazmente utilizado para la medicion de densidad es el " nuclear " o rayos gamma.

El principio de medicion de densidad de estos medidores consiste en hacer pasar a travez de una tuberia de proceso un haz de rayos gamma desde una fuente emisora y a determinada intensidad. Este haz viajara pasando por el fluido del proceso, haciendo que sufra una atenuacion en la intensidad del rayo. Esta absorcion es una funcion exponencial de la distancia de medicion (diametro interno de la tuberia), y la densidad del fluido. Cuando la distancia de medicion es constante, la atenuacion de la radiacion es una indicacion de la densidad del producto.

$$I = I_R \exp(-\mu p d)$$



Densidad

Donde : I = Intensidad de radiacion en la densidad del producto.

I_R = Intensidad de radiacion en la condicion de referencia.

μ = Coeficiente de absorcion de masa.

p = Densidad del material del proceso.

d = Diametro interno de la tuberia o distancia de medicion.

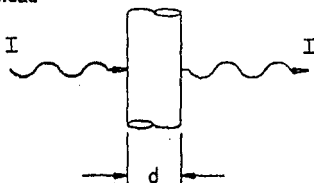


Fig. III.39. Diagrama del principio de funcionamiento del medidor de densidad.

III.2.1. Sensor del medidor de Densidad tipo Rayos Gamma.

El sensor de densidad de rayos gamma, consiste basicamente de una fuente de rayos gamma y un receptor o detector de intensidad de rayos gamma. Las particulas gamma que logran atravesar el proceso, se proyectan sobre un " destellador " que se encuentra en el receptor. Estas particulas gamma, al estrellarse contra el destellador, producen destellos luminoso, los cuales son amplificados por un tubo fotomultiplicador y convertidos en pulsos electricos. Finalmente dichos pulsos son propocionales a la radiacion original que se impacto contra el destellador y es usado para determinar la densidad del producto.

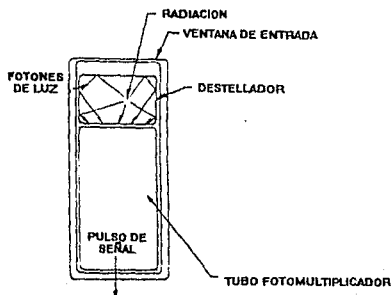


Fig. III.40. Receptor del medidor de densidad

III.2.2. Electronica del medidor de Densidad tipo rayos Gamma.

La electronica en el medidor de densidad se encarga de hacer el calculo de la densidad del producto en base a la cantidad de rayos transmitidos a travez del proceso. El transmisor genera seales de salida de 4 @ 20 mA proporcionales a la densidad, las cuales pueden ser enviadas a algun controlador y/o indicador remoto.

III.2.3. Especificaciones del medidor de Densidad tipo Rayos Gamma.

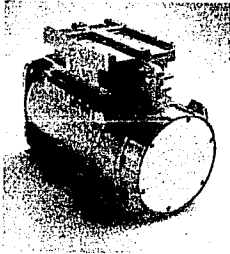


Fig. III.41. Medidor de densidad tipo rayos gamma.

A continuación está un ejemplo de las especificaciones típicas de un medidor de densidad, en las cuales se puede apreciar las diferentes "opciones" que se pueden tener para adaptarlos a los requerimientos de proceso y de control.

1) Especificaciones Funcionales.

- * Rangos de densidad : 0.5 @ 2.5 SGU.
- * Señales de salida : 4 @ 20 mVdc proporcional a la densidad.
- * Suministro eléctrico : 90 @ 240 Vca, 50-60 Hz o 14 Vcd +/-10%
- * Límites de temperatura : -20 @ 65 grados C., operando.
-40 @ 65 grados C., con calentador.
-20 @ 65 grados C., en almacenamiento.
- * Tiempo de encendido : Menos de 5 segundos.
- * Compensación por desgaste de la fuente : Seleccionable para Am241, Cs137 y Co60.
- * Unidades de ingeniería : Seleccionable.
- * Lugares peligrosos : Aprobaciones Factory Mutual, a prueba de explosión Clase I,
Division 1, Grupos B, C y D. Clase II, Division 1, Grupos E, F y G.
Clase III, Division 1.

2) Especificaciones de Diseño.

- * Exactitud : +/- 0.5% del span o 0.0002 SGU.
- * Resolución : 0.05% del span o 0.00002 SGU.
- * Estabilidad : 0.5% o 0.00002 SGU sobre 6 meses.

- Efectos de temperatura : Menor que ± 0.00002 SGU/grado C.

3) Especificaciones Físicas.

- Conexiones electricas tipo conduit de 1/2 pulgada con terminales de tornillo.
- Montaje : Sobre la tubería de proceso. (Ver fig. III.42.)

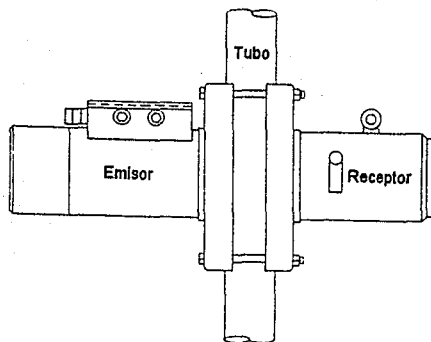


Fig. III.42. Montaje del medidor de densidad.

- Materiales de construcción : Caja del detector/transmisor: Aluminio forjado o acero inoxidable.
Caja de la fuente: Acero al carbon, hierro forjado o acero inoxidable.
Pintura epoxica-poliester.

CAPITULO IV.

INSTRUMENTACION ANALITICA EN PROCESOS INDUSTRIALES

La instrumentacion analitica dentro de la industria es tambien importante, ya que tiene como finalidad mas que cuantificar una variable, "analizan" el contenido de alguna sustancia en especifico dentro de un fluido. Estos instrumentos son muy utilizados dentro de los procesos quimicos, donde se requiere una medicion exacta y continua de los elementos que conforman las diferentes sustancias.

IV.1. Medidores de Potencial Hidrogeno (pH) y Oxido Reduccion (ORP).

La variable analitica llamada pH, no es mas que la medicion del potencial hidrogeno que existe dentro de alguna sustancia. En otras palabras, pH es la medicion de la acidez o alcalinidad de un fluido. La medicion del pH varia desde 0 hasta 14, donde una sustancia con valor 7 de pH, se dice que es neutra, o sea que no es ni acido ni base. El agua se toma como referencia de una sustancia neutra. En las figuras IV.1., se puede visualizar la variacion del pH con respecto de la concentracion ion hidrogeno, ya que a menor concentracion del ion hidrogeno en una sustancia, es mayor el pH.

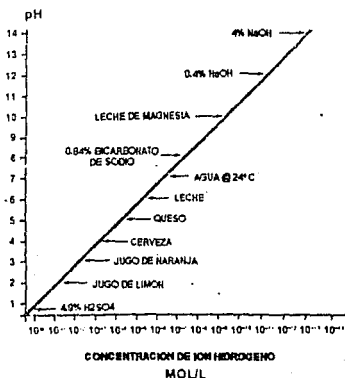


Fig. IV.1. Variacion del pH con respecto de los iones hidrogeno.

Por otro lado, la variable llamada ORP o Potencial Oxido-Reducción, es la medición del potencial eléctrico generado por la reacción química de la mezcla de dos o más sustancias. En función a esta medición se puede determinar capacidad de reacción de dichas sustancias.

IV.1.1 Sensor de pH y ORP.

El método más usado para la medición de pH y ORP es el método del electrodo. En el caso de la medición de pH, el electrodo de medición es de vidrio, mientras que el electrodo de medición de ORP es de platino. Un segundo electrodo es usado para completar el circuito eléctrico y tomarlo como un potencial de referencia contra el cual el potencial del electrodo de medición va a ser comparado. Este segundo electrodo se llama electrodo de referencia. El conjunto del electrodo de medición y el electrodo de referencia hacen el sensor.

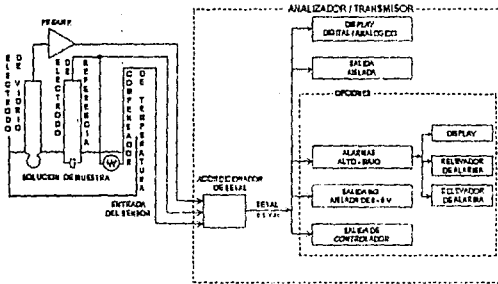


Fig. IV.2. Medición de pH - Método del electrodo.

En el caso de la medición de pH, el electrodo de medición consiste en un tubo de vidrio cerrado por la parte inferior y en la cual se encuentra una pared de vidrio muy delgada que sirve como membrana. Dentro de este tubo hay una solución "tapon" de pH. La membrana de vidrio no permite la transferencia de electrones entre la solución interna del tubo y la solución a medir, pero permite el "traspaso" de iones hidrogeno de tal forma que el potencial pueda ser medido. Los iones hidrogeno pegados en la parte interior de la membrana de vidrio están en equilibrio con los iones hidrogeno de la solución a medir. Como la concentración de iones hidrogeno en la solución a medir cambia, la concentración de los iones hidrogeno dentro del electrodo también cambia, efectuando un cambio en el potencial del electrodo de vidrio. El potencial generado dentro del electrodo es capturado por un hilo de plata y cloruro de plata para ser llevado hacia el transmisor.

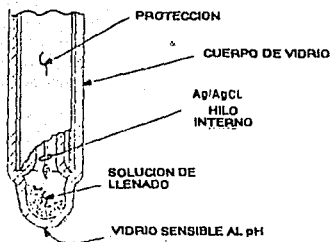


Fig. IV.3. Electrodo de medición.

El electrodo de referencia tiene como propósito mantener un potencial de referencia estable del cambio en la pH de muestra. Además sirve para cerrar el circuito eléctrico de medición. Dentro del electrodo de referencia se encuentra un elemento de cloruro de plata sumergido en una solución de cloruro de potasio. Este elemento interno mantiene un contacto eléctrico con el electrodo de medición (de vidrio) a través de la junta líquida (un tapon multicapilar) del electrodo de referencia. La solución electrolítica saturada (cloruro de potasio), asegura el pequeño potencial desarrollado por el electrodo de referencia permaneciendo estable dentro de un rango amplio de ambientes químicos y temperaturas.

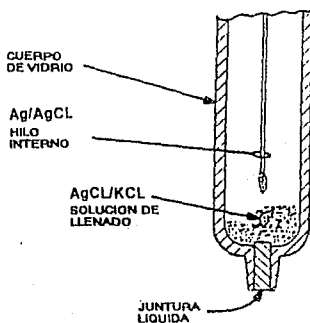


Fig. IV.4. Electrodo de referencia.

Es importante mencionar que el pH varia en funcion de la temperatura, por lo que los sensores de pH incluyen un sensor de temperatura (por lo regular es un sensor tipo RTD), el cual junto con los dos electrodos hacen la medicion de pH y temperatura. Estas seales son enviadas al transmisor de pH, cual efectua una compensacion por temperatura.

El sensor de medicion para ORP esta hecho de un electrodo de metal noble y un electrodo de referencia. En forma analoga a los sensores de pH, el sensor de ORP mide la capacidad de reaccion de las sustancia en una mezcla. En este caso el electrodo de medicion es sensible a los electrones intercambiados en una reaccion quimica, mientras que el electrodo de vidrio para pH, es sensible a los intercambios de ion hidrogeno. Los electrodos para ORP (tanto el de medicion como el de referencia), se encuentran en un solo compartimiento, y se le denomina sensor.

IV.1.2. Electronica del medidor de pH y ORP.

La electronica o transmisor de pH y ORP, consiste en una caja la cual contiene los circuitos electronicos que procesan e interpretan las seales enviadas de los sensores, mostrando a travez de una pantalla los valores de pH o de ORP (segun sea el caso) medidos. Ademas son capaces de generar seales de salida electricas de 4 @ 20 mA proporcionales al pH o ORP medidos, para que sean enviadas a algun tipo de controlador. Es importante mencionar que debido a que los sensores de pH y de ORP generan potenciales de sejal muy pequenos, por lo general se instalan preamplificadores de sejal entre los sensores y los transmisores. Dichos preamplificadores son comunmente instalados integralmente a los sensores.

IV.1.3. Especificaciones del medidor de pH y ORP.

A continuacion esta un ejemplo de las especificaciones tipicas de un medidor electronico de pH y ORP, en las cuales se puede apreciar las diferentes "opciones" que se pueden tener para adaptarlos a los requerimientos de proceso y de control.



Fig. IV.5. Sensor de pH u ORP.

a) Sensor de pH y ORP.

- Materiales de construcción : Cuerpo, cubierta y celda de flujo: Polietilensulfone (PES).
Empaques: Viton.
Electrodo de medición: Vidrio (y platino para el electrodo de ORP).
Juntura líquida: Madera/Kynar o Cerámica/Kynar.
- Conexión a proceso : Submersión: 3/4", MNPT.
Inserción: 2", MNPT.
Flujo a través: 3/4", MNPT.
- Compensación por temperatura: Automática de 0 @ 100 grados C.
- Rango de presión: 100 PSIG @ 100 grados C.
- Cable : Cuatro hilos, 22 GA.
- Peso : 1 Kg.



Fig. IV.6. Transmisor de pH u ORP.

b) Transmisor de pH y ORP.

1) Especificaciones Fisicas.

- Caja de montaje en panel : NEMA 4X.
- Panel frontal : Teclado de membrana.
- Display digital : LCD o tipo LED.
- Clasificacion electrica : FM y CSA. Clase 1, Division 2, Grupos de A a D, solo con relevadores de 28 Vcd.
- Suministro electrico : 115 Vca, +/- 10%, 50/60 Hz +/- 6%.
230 Vca, +/- 10%, 50/60 Hz +/- 6%.
- Corriente de salida : Aislada de 0 @ 20 mA o 4 @ 20 mA dentro de 600 ohms de carga maxima.
- Temperatura ambiente : -10 @ 65 grados C.
- Humedad ambiente : 0 @ 95 %
- Alarmas : Par de alarmas, ajustables en campo Alto/Bajo, Alto/Alto, Bajo/Bajo.
- Contactos de relevadores : Sellados de epoxico, contactos de la forma A, SPST, normalmente abiertos.

	Carga resistiva	Carga Inductiva
28 Vcd.	6.0 Amps.	3.0 Amps.
115 Vca	6.0 Amps.	3.0 Amps.
230 Vca	6.0 Amps.	1.5 Amps.

- Peso : 1.1 Kg.

2) Especificaciones Funcionales.

- Rango de medición : 0 @ 14 pH y de -1500 @ +1500 mV (para ORP).
- Expansión de la escala de salida : Supresión de cero: Hasta 13 unidades de pH.
Span: Cualquier pH desde 1 hasta 14.
Supresión de cero: Hasta +/- 1500 mV. (para ORP)
Span: +/- 1500 mV. (para ORP)
- Exactitud : +/- 0.01 pH y de +/- 1 mV (para ORP).
- Repetibilidad : +/- 0.01 pH y de +/- 1 mV (para ORP).
- Estabilidad : +/- 0.01 pH/mes y de +/- 1 mV/mes (para ORP).
- Compensación por temperatura : PT 100 RTD, automatico o manual de -15 @ 100 grados C. (Para OPR, medición de temperatura de -15 @ 100 grados C).

IV.2. Medidores de Conductividad (Concentraciones).

Una de las variables analíticas a medir muy usada es la conductividad eléctrica dentro de las soluciones acuosas en un proceso. El concepto de conductividad eléctrica dentro de una sustancia varía un poco de la definición de conductividad eléctrica en un elemento sólido. Las sustancias están formadas por iones de diferentes cargas (positivas y negativas), las cuales se encuentran unidas y conforman dicha sustancia. Tomando por ejemplo el Cloruro de Sodio (NaCl).

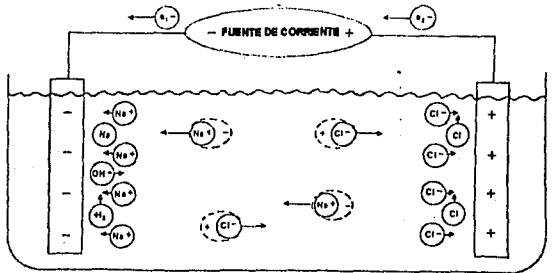


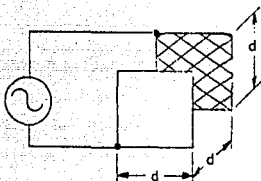
Fig. IV.7. Conductividad en una solución.

Este elemento mezclado en agua (agua destilada), forma iones Na positivos y iones Cl negativos. Poniendo dentro de la mezcla dos elementos o placas con una diferencia de potencial, dichos iones serian atraidos a las placas polarizadas, en este caso los iones positivos del Na serian atraidos hacia la placa negativa y los iones negativos de Cl hacia la placa positiva. Estas partículas o iones actuan como "acarreadores " de corriente, produciendo un flujo de corriente electrolitica, que a diferencia de la corriente electronica, dicha corriente va acompañada de una transportacion de masa. Es finalmente asi como las características físicas de los acarreadores y las características del medio en donde se mueven, los que determinan la resistencia eléctrica de una solución.

Teniendo la medición de conductividad de una sustancia, y sabiendo que dicha conductividad es función de los iones mezclados, se puede tener como resultado, no solo la medición de conductividad sino también se puede obtener un valor de concentraciones de sustancias en una mezcla. Esto es muy importante, ya que dentro de la industria, es de gran utilidad saber las concentraciones.

IV.2.1. Sensor de Conductividad.

Para la medición de la conductividad eléctrica en una solución, son usadas las llamadas "Celdas de Conductividad" las cuales consisten en dos placas de una determinada área, las cuales son sumergidas dentro de la sustancia a medir y son cargadas con una diferencial de potencial. A las placas también se les llama electrodos. Es importante mencionar que la medición de la conductividad eléctrica de una sustancia debe hacerse dentro de un volumen exacto entre las dos placas o electrodos. El volumen dentro del cual se medirá la conductividad debe estar bien definido y ser constante, ya que si no sucede así, no se podría decir con exactitud que los cambios de la conductividad en la solución se deba a los cambios de concentración de dicha solución. En los electrodos del sensor, este volumen de medición es definido como "constante de prueba". La constante de prueba básica de 1.0 es frecuentemente definida como dos electrodos o placas de 1 cm² separados por una distancia de 1 cm.



$d = 1$ centímetro

Fig. IV.8. Constante de celda.

La constante de prueba se define de la siguiente manera,

$$\text{Constante de Prueba} = \frac{\text{Longitud de Separación de los Electrodo}}{\text{Area}}$$

donde la constante = $1/1 = 1.0$

Las unidades de medición de conductividad más frecuentemente usadas son los micromhos (μ mho), que son la millonésima parte de un mho.

Es importante hacer notar que la conductividad de una sustancia varía con la temperatura, por lo que es necesario hacer una compensación por temperatura. Dicha compensación se hace a través de un elemento sensible de temperatura, el cual es sumergido en la muestra. Este elemento sensible de temperatura es ajustado de tal forma que haga la compensación por los cambios de temperatura. El valor del factor del elemento sensible de temperatura, depende de las sustancias químicas manejadas. Salvo casos especiales, podemos decir que los valores de conductividad varían de acuerdo a lo siguiente.

Acidos = 1.0 @ 1.6 % por grado C
 Bases = 1.8 @ 2.2 % por grado C
 Sales = 2.2 @ 3.0 % por grado C
 Agua natural = 2.0 % por grado C

Las concentraciones puede ser determinadas en funcion de la conductividad.

IV.2.2. Electronica del medidor de Conductividad.

La electronica o transmisor en un medidor de conductividad consiste en la circuiteria necesaria para procesar e interpretar las seales enviadas por el sensor de conductividad. El sensor de conductividad es acoplado al transmisor por medio de un puente de Wheatstone alimentado con corriente alterna.

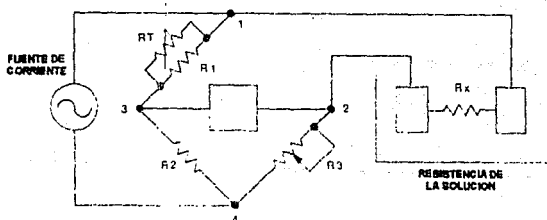


Fig. IV.9. Circuito para medición de conductividad.

En la figura IV.9. la resistencia R_x es la producida por la conductividad de la solución a medir a través de los electrodos del sensor. R_t es el elemento sensitivo a la temperatura y el cual va a hacer la compensación por temperatura. Finalmente el galvanómetro mostrara el valor de diferencia de potencial entre los puntos 2 y 3, donde esta diferencia de potencial generado entre estos puntos, sera proporcional a la conductividad del fluido.

Posteriormente, el transmisor generara seales de salida electricas de 4 @ 20 mA, proporcionales a la conductividad o a la concentración de la solución, y esta señal puede ser utilizada en sistemas de control.

IV.2.3. Especificaciones del medidor de Conductividad.

A continuación está un ejemplo de las especificaciones típicas de un medidor electrónico de Conductividad, en las cuales se puede apreciar las diferentes "opciones" que se pueden tener para adaptarlos a los requerimientos de proceso y de control.



Fig. IV.10. Sensor de conductividad.

a) Sensor de Conductividad.

- Materiales de construcción : Conexiones: Acero inoxidable 316.
Aislador: Vidrio.
Protector: Vidrio.
Electrodo: Platino.
- Temperatura máxima : 105 grados C.
- Presión máxima : 50 PSI.
- Tamaño de conexiones : 1", NPT.
- Longitudes de inserción : Desde 4.5" hasta 6.5".
- Constantes de celda : 0.01, 0.02, 0.04, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.5, 1 y 2/cm.
- Longitud de cable : 4 pies.

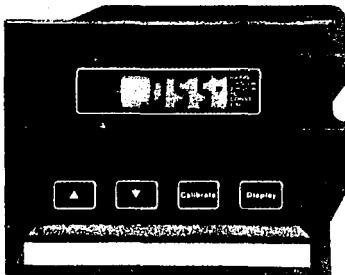


Fig. IV.11. Transmisor de conductividad.

b) Transmisor de Conductividad.

1) Especificaciones Físicas.

- Caja de montaje en panel : NEMA 4X.
- Panel frontal : Teclado de membrana.
- Display digital : LCD.
- Suministro eléctrico : 120 Vca, 50/60 Hz.
240 Vca, 50/60 Hz.
- Corriente de salida : Aislada de 0 @ 20 mA o 4 @ 20 mA dentro de 800 ohms de carga máxima.
- Temperatura ambiente : -10 @ 65 grados C.
- Humedad ambiente : 0 @ 95 %
- Alarmas : Par de alarmas, ajustables en campo Alto/Bajo, Alto/Alto, Bajo/Bajo.
- Contactos de relevadores : De la forma A, SPST, normalmente abiertos, con máxima capacidad de 5 amps., a 240 Vca.
- Peso : 1.4 Kg.

2) Especificaciones Funcionales.

- Rango de medición : 0 @ 500 mS/cm. Dependiendo de la constante de la celda usada.
- Exactitud de conductividad : +/- 2% de la lectura.
- Exactitud de la temperatura : +/- 0.1 grado C.
- Estabilidad : +/- 0.02 % / grado C.

- Compensacion por temperatura : 1000 ohms RTD, automatico de 0 @ 100 grados C para sales neutras.

IV.3. Medidores de Oxigeno Disuelto.

Uno de los mas importantes mediciones para determinar la salud y el estado del agua es su contenido de oxigeno disuelto. La cantidad de oxigeno disuelto en el agua es normalmente expresado en PPM (partes por millon) de peso, el cual esta presente en la atmosfera de la tierra y puede disolverse en el agua. La medicion y el control de dicha variable, es de gran importancia dentro de la industria alimenticia, pulpa y papel, quimica y metalurgica. La importancia reside en tener un control del oxigeno disuelto en el agua, ya que los organismos como las bacterias, necesitan del oxigeno para efectuar el proceso de biodegradacion. Esto es importante cuando en una industria se tienen aguas de desecho.

IV.3.1. Sensor de Oxigeno Disuelto.

El metodo de medicion de oxigeno disuelto mas comunmente usado es el de electrodo de membrana, el cual consiste en una membrana, comunmente de teflon. Esta membrana es permeable a los diferentes gases que se encuentran dentro del fluido, dejando pasar a travez de ella solamente el oxigeno.

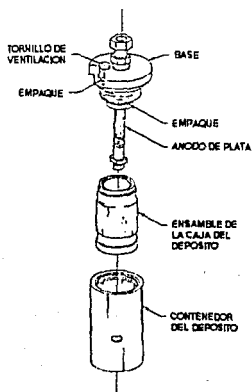
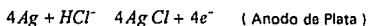
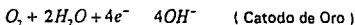


Fig. IV.12. Partes del sensor de oxigeno disuelto.

Dentro de la membrana se encuentran dos electrodos, un catodo de oro y un anodo de plata. Estos electrodos se encuentran sumergidos en una sustancia electrolitica especial compuesta principalmente por potasio. El oxigeno se introduce dentro de la membrana. La cantidad de oxigeno que pasa a travez de la membrana, es proporcional a la presion que ejerce el oxigeno disuelto sobre la membrana, teniendo asi que a mayor contenido de oxigeno disuelto, mayor va ha ser la presion. El oxigeno que entra reacciona quimicamente con los electrodos.



La reaccion da como resultado la reduccion de las moleculas de oxigeno a iones de hidroxido, creando asi un flujo de corriente, la cual es proporcional al contenido de oxigeno disuelto en el fluido. Es importante mencionar que la cantidad de oxigeno disuelto en el agua depende tambien de la temperatura, ademas de que la permeabilidad de la membrana tambien varia con la temperatura. Los sensores de oxigeno disuelto son construidos con un termistor integrado al sensor el cual sirve para hacer las compensaciones por temperatura.

IV.3.2. Electronica del medidor de Oxigeno Disuelto.

El transmisor de oxigeno disuelto tiene como funcion el recibir e interpretar las seales enviadas por el sensor de oxigeno disuelto. Dichas seales son las de los electrodos y la del termistor para compesar por temperatura. El transmisor procesa estas seales, y finalmete la muestra a travez de algun indicador. Tambien tiene la capacidad de generar seales de salida de 4 @ 20 mA proporcionales al oxigeno disuelto, las que pueden ser enviadas a algun tipo de controlador.

IV.3.3. Especificaciones del medidor de Oxigeno Disuelto.

A continuacion esta un ejemplo de las especificaciones tipicas de un medidor electronico de Oxigeno Disuelto, en las cuales se puede apreciar las diferentes "opciones" que se pueden tener para adaptarlos a los requerimientos de proceso y de control.



Fig. IV.13. Sensor de oxígeno disuelto.

a) Sensor de Oxígeno Disuelto.

- Conexiones a proceso : 1.5", conexiones tipo socket.
- Material de las partes mojadas : Caja: PVC.
Membrana: Teflon.
- Compensacion de temperatura : Automatica de 0 @ 50 grados C.
- Presion de la muestra : 0 @ 100 PSIG. (Sumergible hasta 61 mts.)
- Longitud de cable : Estandar de 6,1 mts.
- Maxima longitud de cable : 305 mts.
- Tiempo de duracion para la recarga del electrolito : Aproximadamente 12 meses o mas, dependiendo de la aplicacion.

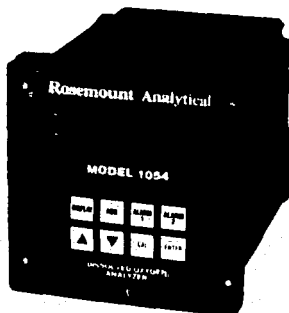


Fig. IV.14. Transmisor de oxígeno disuelto.

b) Transmisor de Oxígeno Disuelto.

1) Especificaciones Físicas.

- Caja de montaje en panel : NEMA 4X.
 - Panel frontal : Teclado de membrana.
 - Display digital : LCD o tipo LED.
 - Clasificación eléctrica : Propósitos generales.
 - Suministro eléctrico : 115 Vca, +/- 10%, 50/60 Hz +/- 6%.
230 Vca, +/- 10%, 50/60 Hz +/- 6%.
 - Corriente de salida : Aislada de 0 @ 20 mA o 4 @ 20 mA dentro de 600 ohms de carga máxima.
 - Temperatura ambiente : -10 @ 50 grados C.
 - Humedad ambiente : 0 @ 95 %
 - Alarmas : Par de alarmas, ajustables en campo Alto/Bajo, Alto/Alto, Bajo/Bajo.
 - Contactos de relevadores : Sellados de epoxico, contactos de la forma C, SPDT, normalmente abiertos.
- | | |
|---------|-----------------|
| | Carga resistiva |
| 115 Vca | 3.0 Amps. |
| 230 Vca | 1.5 Amps. |
- Peso : 1.36 Kg.

2) Especificaciones Funcionales.

- Rango de medición : 0 @ 20 mg/l (ppm) o de 0 @ 100% saturación.
- Exactitud : +/- 1% de máxima escala.
- Repetibilidad : +/- 0.1% del rango.
- Estabilidad : +/- 1% de máxima escala por mes.
- Compensación por temperatura : Automático de 0 @ 44 grados C.

IV.4. Medidores de Cloro Residual.

El cloro es muy usado en la industria dentro de los procesos principalmente de desinfección, en el control de sabor y olor del agua, en procesos de blanqueo (pulpa y papel), así como un agente fuertemente oxidante. La importancia de medir la cantidad de cloro en los procesos, radica en el costo elevado de elaboración del mismo, tomando en cuenta también que el uso excesivo del cloro puede traer consecuencias graves en la salud de la gente.

Como se menciona en el capítulo I, el cloro residual es el total del cloro presente en una mezcla. Esto se expresa de la siguiente manera,

$$RC = OCl^- + HOCl$$

donde el cloro residual es la suma de la cantidad de ácido hipocloroso (HOCl) y el ácido hidrocórico (OCl⁻), formado apartir de la mezcla con agua. Es difícil determinar directamente las proporciones de cada uno de dichos ácidos en una sustancia, pero se sabe que las proporciones son dependientes del pH. Ver fig. IV.15.

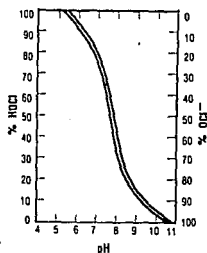


Fig. IV.15. Curva de proporciones de HOCl y OCl⁻ respecto al pH.

Esto es importante ya que en ciertos procesos, como por ejemplo el de desinfección del agua, el ácido hipocloroso (HOCl) ha sido de 80 a 100 veces más efectivo que el ácido hipoclorico (OCl⁻).

IV.4.1. Sensor de Cloro Residual.

El sensor de cloro residual consiste básicamente en un cátodo de oro y un electrodo de cloruro de plata/plata que sirve como ánodo. Una membrana con microporos hecha de algún polímero, separa la cámara y el electrolito del flujo de proceso. A través de esta membrana el cloro entra a la cámara donde se encuentran los electrodos. Un voltaje de +200 mV es aplicado en los electrodos de tal forma que el cátodo queda polarizado. Este voltaje es lo suficientemente fuerte para que los agentes oxidantes (en este caso el HOCl y el OCl⁻), pasen a través de la membrana y reaccionen en el cátodo de oro. Los efectos de oxidación-reducción que se llevan a cabo son,

Cloro + Electrones Cloro (Reduccion en el catodo)

Plata + Cloro *Cloruro de Plata + Electrones* (Oxidacion en el anodo)

que dan como resultado un flujo de corriente entre los electrodos, el cual es proporcional a la cantidad de cloro residual en la mezcla. La concentración de cloro residual puede sufrir cambios de acuerdo a los cambios de temperatura, por lo que un termistor o RTD es integrado al sensor de tal forma que se pueda hacer una compensación por temperatura.

IV.4.2. Electronica del medidor de Cloro Residual.

El transmisor de cloro residual recibe las señales del sensor, siendo una de estas señales la de corriente la cual es proporcional al cloro en la solución, y la señal de temperatura para compensación. Estas señales son procesadas e interpretadas por el transmisor y posteriormente desplegadas en una pantalla. Además el transmisor genera señales de salida de 4 @ 20 mA proporcionales al cloro residual, las cuales pueden ser enviadas a algún controlador o registrador.

IV.4.3. Especificaciones del medidor de Cloro Residual.

A continuación está un ejemplo de las especificaciones típicas de un medidor electrónico de Cloro Residual, en las cuales se puede apreciar las diferentes "opciones" que se pueden tener para adaptarlos a los requerimientos de proceso y de control.



Fig. IV.16. Sensor de cloro residual.

a) Sensor de Cloro Residual.

- Temperatura de operacion : 0 @ 50 grados C.
- Presion de operacion : 0 @ 50 PSIG.
- Materiales de partes mojadas : Caja: PVC.

Partes metalicas: Acero inoxidable.

Juntura liquida: Madera dura.

Empaques: Buna-N.

Membrana: Polimero.

Catodo: Oro.

Anodo: Plata.

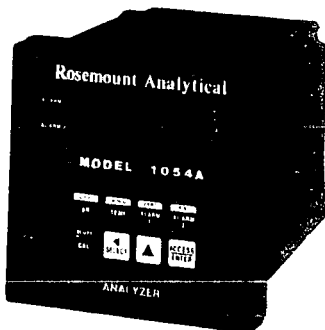


Fig. IV.17. Transmisor de cloro residual.

b) Transmisor de Cloro Residual.

1) Especificaciones Fisicas.

- Caja de montaje en panel : NEMA 4X.
- Panel frontal : Teclado de membrana.
- Display digital : LCD o tipo LED.
- Clasificacion electrica : Propositos generales.
- Suministro electrico : 115 Vca, +/- 10%, 50/60 Hz +/- 6%.
230 Vca, +/- 10%, 50/60 Hz +/- 6%.
- Corriente de salida : Aislada de 0 @ 20 mA o 4 @ 20 mA dentro de 600 ohms de carga maxima.

- Temperatura ambiente : -20 @ 65 grados C.
- Humedad ambiente : 0 @ 95 %
- Alarmas : Par de alarmas, ajustables en campo Alto/Bajo, Alto/Alto, Bajo/Bajo.
- Contactos de relevadores : Sellados de epoxico, contactos de la forma A, SPST, normalmente abiertos.

	Carga resistiva	Carga inductiva
28 Vcd.	6.0 Amps.	3.0 Amps.
115 Vca	6.0 Amps.	3.0 Amps.
230 Vca	6.0 Amps.	1.5 Amps.

- Peso : 1.1 Kg / 1.6 Kg.

2) Especificaciones Funcionales.

- Rango de medicion : 0 @ 20 mg/1 (ppm).
- Expansion de la escala de salida : Supresion de cero: Hasta el 95% de max. escala.
Span: Desde 5% hasta 100% de max. escala.
- Exactitud : +/- 0.5% del rango medido.
- Repetibilidad : +/- 0.25% del rango de salida.
- Estabilidad : +/- 0.25% del rango de salida por mes.
- Compensacion por temperatura : De 0 @ 50 grados C, automatico o manual.

CAPITULO V

PROYECTO DE INSTRUMENTACION EN UNA TERMINAL DE VENTAS

(Proyecto SIMCOT de Petroleos Mexicanos)

Introducción : El proyecto denominado SIMCOT (Sistema de Medicion y Control), tiene como objetivo establecer un control total de las entradas y salidas de productos derivados del petroleo en las diferentes Terminales de Ventas de Petroleos Mexicanos. El control se llevara a cabo de forma local en los lugares de recepcion, almacenaje y distribucion de los productos. La adquisicion de datos se hara en forma global y completa (de toda las terminales en la Republica Mexicana), obteniendo un resultado de los diferentes movimientos (recepcion, almacenaje y distribucion), asi como la " Cuantificacion " de productos manejados por dia. La informacion sera centralizada y enviada a las oficinas centrales de Petroleos Mexicanos ubicadas en Mexico, D.F., a travez de un sistema de comunicacion satelital.

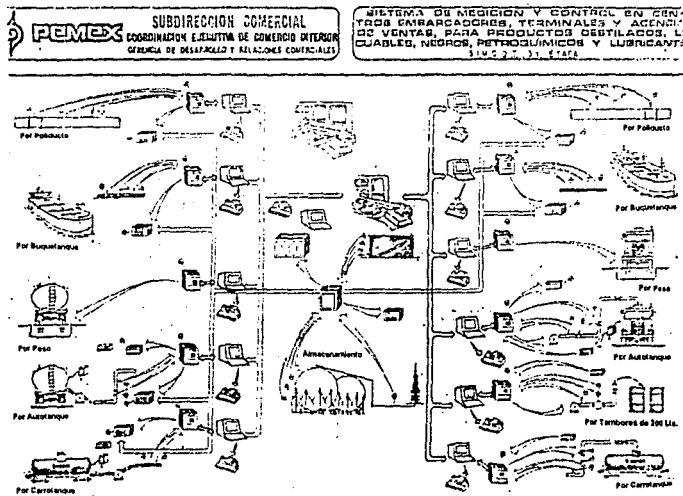


Fig. V.1. Proyecto SIMCOT de Pemex.

Proyecto de Instrumentacion en una Terminal de Ventas.

En el presente trabajo se estudiaran los elementos primarios de medicion y control del proyecto, los cuales son la INSTRUMENTACION DE CAMPO, especificada y utilizada para llevar a cabo la medicion de los diferentes productos derivados del petroleos, manejados en las terminales de ventas.

V.1. Objetivos y Alcances del Proyecto (SIMCOT).

El proyecto tiene por objetivo el establecimiento de un Sistema de Medicion y Control, que permita la " cuantificacion " de las entradas, almacenamiento y salidas de los productos derivados del petroleo, llevando a cabo el manejo de dichos productos a granel y en las plantas de almacenamiento y distribucion de la Coordinación Ejecutiva de Comercio Interior de Petroleos Mexicanos.

V.1.1. Objetivos del Proyecto.

1. Aumentar la exactitud en la medicion de volúmenes de los productos derivados del petroleo, en el proceso de recibo, almacenamiento y distribucion de los mismos.
2. Tener un control mas eficiente para evitar las fugas o perdidas no registradas de los productos.
3. Reducir al maximo la posibilidad de error en los procesos de recibo, almacenamiento y distribucion en las areas operativas, al momento del manejo de los productos.
4. Aumentar la seguridad en las areas operativas durante las maniobras de recibo, almacenamiento y distribucion de los productos.
5. Aumentar la eficiencia cuando se requiera la informacion de las operaciones realizadas, asi como la veracidad y confiabilidad de los datos.
6. Poder realizar reportes diarios de las existencias de productos en almacenamiento.

V.1.2. Funciones Generales del Proyecto.

- a) El sistema sera capaz de hacer mediciones exactas de los volúmenes de productos recibidos, almacenados y distribuidos, al natural y compensados por temperatura @ 24 grados C.
- b) Se identificara y registrara en forma oportuna los medios por los cuales se recibo o se dio salida a los productos.
- c) El sistema se encargara de vigilar que las condiciones de seguridad durante los procesos de operacion (recibo, almacenamiento o distribucion), sean optimas.

- d) Controlará diariamente los estados de almacenamiento (existencias), así como el inventario de productos.
- e) Se tendrá un registro de las operaciones realizadas cada hora, turno y día.
- f) Será capaz de enviar toda la información al Sistema Administrativo.

V.1.3. Alcance del Proyecto.

El Sistema de Medición y Control (SIMCOT), se implementará en los Centros Embarcadores, Terminales Marítimas y Terrestres así como en Agencias de Ventas pertenecientes a la Coordinación Ejecutiva de Comercio Interior, y tendrá como finalidad, supervisar y controlar las entradas, almacenamiento y salidas de los productos destilados, petroquímicos, licuables, negros y lubricantes que se comercializan en dichos centros. Cabe mencionar que este Sistema de Medición y Control (SIMCOT), será complementado con la Unidad de Sistemas Administrativos e Informática, para realizar así la integración tanto técnica como administrativa.

Basicamente, el proyecto SIMCOT comprende las siguientes áreas :

1. Equipo de Medición.
2. Equipo de Control.
3. Equipo de Computo por área operativa y de resúmenes operativos.

Es importante aclarar que el trabajo aquí presentado comprende solo la parte de Instrumentación de Campo del Proyecto, ya que en sí es el tema de interés a desarrollar. No comprende las etapas de control, computo y administración.

V.2. Planeación e Ingeniería (Conceptos y Procedimientos Operativos).

El proyecto SIMCOT comprende la medición y control de los productos derivados del petróleo como los destilados, petroquímicos, licuables, negros y lubricantes. El proyecto abarcará las áreas de recibo o suministro, almacenamiento y salida o distribución, siendo varios los medios de suministro y de distribución.

V.2.1. Suministro de Productos a las Terminales de Ventas.

V.2.1.1. Especificaciones del Proyecto para el área de Suministro.

La llegada de los diferentes productos a las terminales de ventas, es a través de varios medios.

- a) Por Poliductos.
- b) Por Buquetanque.
- c) Por Autotanque.
- d) Por Carrotanque.
- e) Por Peso.

Cada uno de estos medios de suministro requieren de una instrumentación para la apropiada medición de los combustibles. La operación de recibo de producto contempla los siguientes puntos:

Por Poliducto.

- a) Medición de Flujo o Caudal.
- b) Medición de Temperatura.
- c) Medición de Peso Específico.
- d) Medición de masa cuando se reciban petroquímicos y licuables.
- e) Verificación del correcto envío de productos a sus tanques correspondientes.
- f) Indicación de nivel en tanques.
- g) Alarma por alto y muy alto nivel en tanques.
- h) Alarma por cambio de peso específico.
- i) Alarma por instrumento en mal estado.
- j) Transmisión de datos al área de cómputo del área operativa.
- k) Registro de eventos durante el recibo de producto.
- l) Emisión de reportes por hora, turno y diario.
- m) Transmisión de datos desde los equipos de cómputo del área operativa hasta los resúmenes operativos.

Por Buquetanque.

- a) Medición de Flujo o Caudal.
- b) Medición de Temperatura.
- c) Medición de Peso Específico.
- d) Verificación del correcto envío de productos a sus tanques correspondientes.

Proyecto de Instrumentacion en una Terminal de Ventas.

- e) Indicación de nivel en tanques.
- f) Alarma por alto y muy alto nivel en tanques.
- g) Alarma por cambio de peso específico.
- h) Alarma por instrumento en mal estado.
- i) Transmisión de datos al área de cómputo del área operativa.
- j) Registro de eventos durante la descarga del buquetanque.
- k) Emisión de reportes por hora, turno y diario.
- l) Transmisión de datos desde los equipos de cómputo del área operativa hasta los de resúmenes operativos.

Por Autotanque.

- a) Medición de Flujo o Caudal.
- b) Medición de Temperatura.
- c) Comprobación de conexión a tierra.
- d) Teclado local para el envío de la información a la computadora del área operativa. Dicha información será el número económico, capacidad, producto a descargar y clave del lugar de procedencia.
- e) Verificación del correcto envío de productos a sus tanques correspondientes.
- f) Alarma por instrumento en mal estado.
- g) Transmisión de datos al área de cómputo del área operativa.
- h) Registro de eventos durante la descarga de los autotanques.
- i) Emisión de reportes por turno y diario.
- j) Transmisión de datos desde los equipos de cómputo del área operativa hasta los de resúmenes operativos.

Por Carrotanque.

- a) Medición de Flujo o Caudal.
- b) Medición de Temperatura.
- c) Comprobación de conexión a tierra.
- d) Teclado local para el envío de la información a la computadora del área operativa. Dicha información será el número económico, capacidad, producto a descargar y clave del lugar de procedencia.
- e) Verificación del correcto envío de productos a sus tanques correspondientes.
- f) Alarma por instrumento en mal estado.
- g) Transmisión de datos al área de cómputo del área operativa.
- h) Registro de eventos durante la descarga de los carrotanques.

- i) Emisión de reportes por turno y diario.
- j) Transmisión de datos desde los equipos de cómputo del área operativa hasta los de resúmenes operativos.

Por Peso.

- a) Teclado y pantalla en el cuarto de básculas para el envío de los datos a la computadora del área operativa. Los datos serán el número económico del autotank o carrotank, peso de lleno, peso de vacío, tara y peso del producto.
- b) Emisión de reportes por turno y diario.
- c) Transmisión de datos desde los equipos de cómputo del área operativa hasta los de resúmenes operativos.

En los párrafos anteriores se tiene a grandes rasgos los puntos esenciales que debe manejar el proyecto para el suministro de productos. Para la realización del mismo (el proyecto), se crean dos etapas de integración. En la primera etapa de integración se contempla lo siguiente. Ver tabla de la fig. V.2.

Requerimientos Operativos.	Suministro de Productos				
	Por Poliducto.	Por Buque-tanque.	Por Autotanque.	Por Carrotanque.	Por Peso.
Unidad de Control para el recibo de producto.	Si.	Si.	Si, con impresor.	Si, con impresor.	No.
Indicacion Digital de Nivel en tanques de almacenamiento.	Si.	Si.	Si, con alarmas.	Si, con alarmas.	No.
Tablero de Alarmas por alto nivel en tanques.	Si.	Si.	No.	No.	No.
Tablero de control con instrumentacion discreta para efectos operativos.	Si.	Si.	No.	No.	No.
Teclado local para envio de informacion a las unidades de control.	No.	No.	Si.	Si.	No.
Sistema Detector de conexion a tierra.	No.	No.	Si.	Si.	No.
Interruptor de Flujo por cada tuberia del peine de descarga.	No.	No.	Si.	Si.	No.
Medidor de Flujo a la descarga de la bomba.	No.	No.	Si.	Si.	No.
Teclado para la introduccion de datos.	No.	No.	No.	No.	Si.
Impresora para Registro de datos. (Peso del producto y datos de los auto y carro tanques.)	No.	No.	No.	No.	Si.

Fig. V.2. Tabla que muestra los requerimientos operativos del area de entrada de productos.

Para la segunda etapa de integracion se contempla,

- Equipo de Computo del area operativa en caseta de recibo y medicion.
- Impresora de reportes en caseta de recibo y medicion.

Abocandonos a la instrumentacion inmiscuida en esta parte del proyecto, describiremos las operaciones de los equipos de medicion.

Requerimientos de Instrumentación.	Suministro de Productos				
	Por Poliducto.	Por Buque-tanque.	Por Autotan-que.	Por Carrotan-que.	Por Peso.
Unidad de Control Local.	Si.	Si.	Si, con impresor.	Si, con impresor.	No.
Medición de Flujo.	Si.	Si.	Si.	Si.	No.
Medición de Temperatura.	Si.	Si.	Si.	Si.	No.
Medición de Presión.	Si.	Si.	Si.	Si.	No.
Medición de Densidad.	Si.	Si.	No.	No.	No.
Medición de Masa.	Si.	No.	No.	No.	No.

Fig. V.3. Tabla que muestra los requerimientos de instrumentación en el área de entrada de productos.

V.2.1.2. Instrumentación del Proyecto para el área de Suministro.

Haciendo un resumen de la instrumentación necesaria para la medición en el recibo de los productos, tenemos :

- a) Una unidad de control donde llegen las señales de medición de los instrumentos.
- b) Medición de Flujo.
- c) Medición de Temperatura.
- d) Medición de Presión.
- e) Medición de Densidad.
- f) Medición de Masa.

a) Unidad de Control Local.

La Unidad de Control Local es un dispositivo basado en microprocesador, con entradas y salidas, el cual llevara a cabo el control local de los instrumentos así como los elementos de control, como los son las bombas y las válvulas (en el caso de las válvulas, el control será para la predeterminación de lotes de producto). Desarrollara una serie de funciones muy variadas. Debera dar indicaciones de las mediciones de los instrumentos de campo, procesara las señales recibidas, hara balances de materia, maneje impresoras de reportes y envío de señales digitales a los equipos de computo, así como señales analógicas y de control. La señales de entrada que acepte, serán del tipo pulsos, analógicas de 4 @ 20 mA y de contactos.

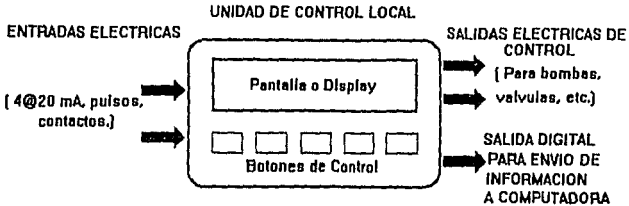


Fig. V.4. Unidad de Control Local.

La Unidad de Control Local tendra una pantalla alfanumerica, en la cual se desplieguen los valores de las variables medidas (temperatura, nivel, flujo, presion, etc), asi como los datos de los auto y carro tanques. Tambien desplegara mensajes alfanumericos para indicacion de fallas, tecleo de datos, etc. Se podra programar a nivel software los factores de medicion para los medidores de flujo.

A grandes rasgos, la Unidad de Control Local sera una interfase entre la instrumentacion de campo y el equipo de computo, que aparte de llevar el control de las variables, podra almacenar toda la informacion en el evento de suministro de producto y enviar dicha informacion a la computadora del area operativa.

A continuacion se hace la comparacion tecnica entre las especificaciones de la unidad de control local editadas por PEMEX, y la unidad de control local de Brooks Instruments, Inc., llamada Petrocount.

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO PARA LA UNIDAD DE CONTROL LOCAL.	PETROCOUNT DE BROOKS INSTRUMENTS, INC.
Despliege digital alfanumerico, 20 caracteres por linea y ocho lineas en total.	Display digital de 8 caracteres numericos para despliege de cantidades. Display digital alfanumerico de 32 caracteres para programacion.
Salidas electricas : Dos señales para el control de dos valvulas solenoides. Dos señales para el control de un motor electrico, y otra para el accionador electrico de la bomba de relevo. Una señal asincrona de comunicacion tipo RS-232 o RS-422, para conectarse al sistema de computo.	Salidas electricas : Digitales para control con 1 Amp. de corriente max, y una frecuencia de 100 Hz. Relevadores de estado solido para CD o CA. En CD pueden manejar de 3 @ 60 Vcd con 1.5 Amp. de corriente max. En CA pueden manejar de 24 @ 280 Vca., 25 @ 70 Hz., con 1.5 Amp. de corriente max. Dos puertos de comunicacion, RS-232 o RS-485.
Entradas electricas : Entrada en pulsos del medidor de flujo. Entrada de 4 @ 20 mA del transmisor de temperatura, o directamente del RTD. Entrada de 4 @ 20 mA del transmisor de presion. Entrada de 4 @ 20 mA del transmisor de densidad. Entrada de señal para activar la unidad de control local, (señal de permisible).	Entradas electricas : Entrada en pulsos de hasta 30 Vcd max., y una frecuencia max. de 10 kHz. Hasta tres entradas de 4 @ 20 mA para el monitoreo de temperatura, presion y densidad. Entrada directa de un RTD. Entrada detectora de permisible de 90 @ 270 Vca, 47 @ 63 Hz.
Clasificacion electrica : A prueba de explosion, Clase I, Division I, Grupos C y D.	Clasificacion electrica : Caja a prueba de explosion, para Clase I, Division I, Grupos C y D.
Alimentacion electrica : 120 VCA @ 60 Hz.	Alimentacion electrica : 95 @ 135 VCA, 47 @ 63 Hz.
Memoria de almacenamiento de datos.	Cuenta con un archivo de almacenamiento de datos, aun cuando se desactive la energia de suministro.

Fig. V.5. Tabla comparativa de la Unidad de Control Local.

b) Medicion de Flujo.

La Medicion de Flujo o Caudal sera hecha por un medidor tipo Turbina instalado sobre la tuberia de suministro de producto. Este medidor se encargara de hacer la totalizacion del fluido, enviando una señal electrica en forma de pulsos a la unidad de control local, para que de esta forma se tenga un registro de la cantidad de fluido transferido.

A continuacion se hace la comparacion tecnica entre las especificaciones del medidor de flujo tipo turbina editadas por PEMEX, y el medidor de flujo tipo turbina de Brooks Instruments, Inc., llamada Parity. (Ver hoja de especificacion anexa).

Especificacion No. 6840-1, hoja 03 de 09.

Identificacion del Instrumento :	MTU - 04
Servicio :	Sensar Flujo.
Numero de Linea :	4", PN - 852 - TIB
Condiciones de Operacion	
Fluido :	Nova.
Flujo maximo :	400 GPM.
Presion maxima :	30 PSIG.
Temperatura maxima :	100 grados F.
Densidad Relativa de Op. :	0.75
Viscosidad :	0.6 CPS.

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO PARA EL MEDIDOR DE FLUJO TIPO TURBINA.	MEDIDOR DE FLUJO TIPO TURBINA DE BROOKS INSTRUMENTS, INC.
Material del cuerpo : Acero al carbon.	Material del cuerpo en acero al carbon.
Regimen del cuerpo : 150 PSI.	Regimen del cuerpo : 150 PSI.
Rango de flujo nominal : 100 - 1000 BPH.	Rango de flujo nominal : 100 - 1000 BPH.
Repetibilidad : +/- 0.02%	Repetibilidad : +/- 0.02%
Linealidad : Por fabricante.	Linealidad : +/- 0.15%
Factor K : Por fabricante.	Factor K : De acuerdo al rango de flujo calibrado.
Velocidad maxima : Por fabricante.	Velocidad maxima : De acuerdo al flujo maximo.
Voltaje de salida : Por fabricante.	Voltaje de salida : 0 - 5 Vcd pulso TTL.
Tipo de conexiones : Brida 150# R.F.	Tipo de conexiones : Brida 150# R.F.
Tamaño : 3"	Tamaño : 3"
Material del rotor : Acero inoxidable.	Material del rotor : Acero inoxidable.
Material de la flecha : Acero inoxidable.	Material de la flecha : Acero inoxidable.
Tipo de cojinete : Carburo de tungsteno.	Tipo de cojinete : Carburo de tungsteno.
Preamplificador : Si.	Preamplificador : Si.
Montaje : En el medidor.	Montaje : En el medidor.
Suministro electrico : 24 Vcd.	Suministro electrico : 24 Vcd.
Rango de escala : 0 - 10000 Hz.	Rango de escala : 4 - 10000 Hz.
Fabricante : Brooks.	Fabricante : Brooks Instruments, Inc.

Fig. V.6. Tabla comparativa del Medidor de Flujo tipo Turbina.

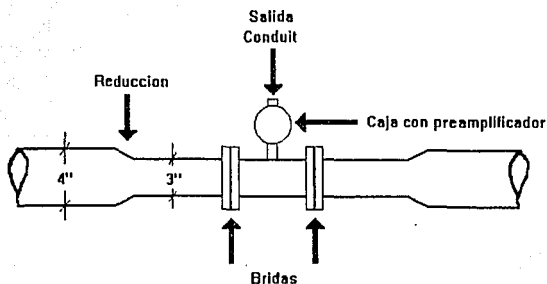


Fig. V.7. Instalacion del medidor de flujo tipo turbina.

c) Medicion de Temperatura.

La Medicion de Temperatura sera hecha por un transmisor de temperatura y un sensor de temperatura tipo bulbo de resistencia (RTD), instalado en la tubería de recibo de producto. Dicha medicion de temperatura es efectuada, ya que si se requiere aumentar la exactitud en la lectura de flujo, es necesario hacer una " Compensacion por temperatura ", debido a que el volumen del fluido varia de acuerdo a la temperatura. La unidad de control local es la encargada de hacer dicha compensacion, haciendo el calculo exacto de volumen, teniendo las señales de flujo enviado por el medidor de flujo tipo turbina, y la señal de temperatura enviado por el transmisor de temperatura.

A continuacion se hace la comparacion tecnica entre las especificaciones del transmisor y sensor de temperatura editadas por PEMEX, y el transmisor y sensor de temperatura de Rosemount, Inc. (Ver hojas de especificaciones anexas).

Especificacion No. 6840-1, hojas 05, 06, 07 de 09.

TRANSMISOR DE TEMPERATURA	
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO PARA EL TRANSMISOR DE TEMPERATURA	TRANSMISOR DE TEMPERATURA DE ROSEMOUNT, INC.
Descripción : Indicador/Transmisor.	Descripción : Indicador/Transmisor.
Caja : Por fabricante.	Caja : Cilíndrica.
Color de la caja : Por fabricante.	Color de la caja : Azul.
Montaje : Local.	Montaje : Local.
Tipo : Eléctrico.	Tipo : Electrónico.
Suministro eléctrico : 24 Vcd.	Suministro eléctrico : 24 Vcd.
Salida : 4 @ 20 mA de CD.	Salida : 4 @ 20 mA de CD.
Tipo de sensor : Bulbo de resistencia. (RTD)	Tipo de sensor : Bulbo de resistencia. (RTD)
Rango de temperatura : 0 @ 150 grados F	Rango de temperatura : 0 @ 150 grados F.
Identificación : ITT - 01	Identificación : ITT - 01

SENSOR DE TEMPERATURA	
Descripción : Elemento sensor y termopozo.	Descripción : Elemento sensor y termopozo.
Dimensión del sensor : Acoplable al termopozo.	Dimensión del sensor : Acoplable al termopozo.
Material : Platino.	Material : Platino.
Curva característica : Por fabricante.	Curva característica : Típica del PT-100
Material del revestimiento : Acero inoxidable 316.	Material del revestimiento : Acero inoxidable 316.
Conexión al termopozo : Roscada de 1/2", NPT.	Conexión al termopozo : Roscada de 1/2", NPT.
Configuración : Dos alambres.	Configuración : Dos alambres.
Material del termopozo : Acero inoxidable 316.	Material del termopozo : Acero inoxidable 316.
Construcción : Punta reducida.	Construcción : Recto.
Conexión al proceso : Roscada de 1/2", NPT.	Conexión al proceso : Roscada de 1/2", NPT.
Longitud de inserción : 2.5"	Longitud de inserción : 2.5"

Fig V.8. Tabla comparativa del Transmisor y Sensor de Temperatura.

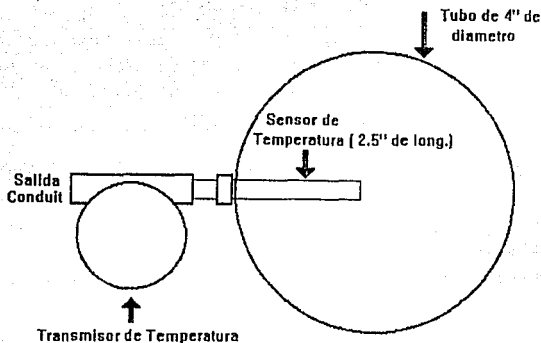


Fig. V.9. Instalación del transmisor y sensor de temperatura.

d) Medición de Presión.

La medición de presión será efectuada por un transmisor de presión instalado en la tubería de recibo de producto. Dicha medición es importante ya que la presión de llegada de producto puede ser muy fluctuante, y siendo que el producto se lleva a tanques de almacenamiento, las instalaciones y los mismos tanques pueden sufrir algún daño por excesiva presión.

A continuación se hace la comparación técnica entre las especificaciones del transmisor de presión editadas por PEMEX, y el transmisor de presión de Rosemount, Inc. (Ver hojas de especificaciones anexas). **Especificación No. 6393-8, hojas 01 y 02 de 02.**

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO PARA EL TRANSMISOR DE PRESION	TRANSMISOR DE PRESION DE ROSEMOUNT, INC.
Descripcion : Transmisor/Indicador.	Descripcion : Transmisor/Indicador.
Caja : Circular	Caja : Cilindrica.
Color de la caja : Por fabricante.	Color de la caja : Azul.
Montaje : Yugo.	Montaje : Yugo para tuberia de 2" de diametro.
Rango de la escala : 0 @ 340 PSIG.	Rango de la escala : 0 @ 340 PSIG.
Clasificacion electrica : NEMA 7, Clase 1, Div. 1, Grupos C y D.	Clasificacion electrica : NEMA 4X, Aprobaciones FM para caja a prueba de explosion, Clase 1, Div. 1 y 2, Grupos B, C y D.
Tipo : Electronico.	Tipo : Electronico.
Tipo de sensor : Diafragma.	Tipo de sensor : Diafragma.
Material del diafragma : Acero inoxidable 316.	Material del diafragma : Acero inoxidable 316L.
Rango de medicion : 0 @ 340 PSIG.	Rango de medicion : 0 @ 340 PSIG.
Conexion a proceso : 1/4" NPT.	Conexion a proceso : 1/4", NPT.
Indicador local : Si, integrado.	Indicador local : Si, integrado.
Exactitud : +/- 0.25% del rango.	Exactitud : +/- 0.25% del span calibrado.
Span y cero : Ajustables externamente.	Span y cero : Ajustables externamente.
Temperatura de operacion : 77 grados F.	Temperatura de operacion : 77 grados F.

Fig. V.10. Tabla comparativa del Transmisor de Presion.

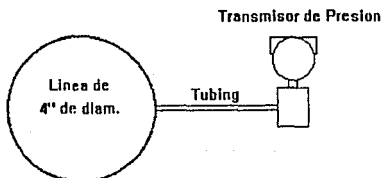


Fig. V.11. Instalacion del transmisor de presion.

e) Medicion de Densidad y Masa.

El medidor de densidad instalado directamente sobre la tubería se encargara de sensar y medir los cambios de densidad del producto, esto se hace ya que en el caso de los poliductos, se podra determinar y controlar la llegada de los diferentes productos por la misma tubería, de acuerdo a su densidad. La medicion del flujo en masa puede realizarse de dos formas : (1) Teniendo las mediciones de flujo volumetrico y de densidad, estas dos señales se alimentan a un computador de flujo el cual se encargara de hacer el calculo del flujo en masa de acuerdo al

Proyecto de Instrumentacion en una Terminal de Ventas.

flujo volumetrico y a la densidad o. (2) directamente instalando un medidor de flujo masico tipo Coriolis.

A continuacion se hace la comparacion tecnica entre las especificaciones del medidor de densidad editadas por PEMEX, y el medidor de densidad de Kay-Ray / Sensall, Inc. (Ver hojas de especificaciones anexas). **Especificacion No. V-3245304-6383-5.**

MEDIDOR DE DENSIDAD	
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO PARA EL MEDIDOR DE DENSIDAD	MEDIDOR DE DENSIDAD DE KAY-RAY/SENSALL, INC.
Servicio : Sensar los productos diesel, gasolinas nova y magna sin, diafano y contaminados.	Servicio : Sensar los productos diesel, gasolinas nova y magna sin, diafano y contaminados.
Exactitud : +/- 0.0005 gr/cm3.	Exactitud : Maxima de +/- 0.00001 gr/cm3.
Rango de densidad : 0 @ 1.5 gr/cm3.	Rango de densidad : 0.5 @ 2.5 SGU.
Repetibilidad : 0.0001 gr/cm3.	Repetibilidad : 0.0015 gr/cm3.
Compensacion : Por temperatura y presion.	Compensacion : No necesaria.
Efecto sobre el sensor : +/- 0.003 gr/cm3/100 PSI.	Efecto sobre el sensor : Ninguno.
Conexion a proceso : 1", 300# R.F.	Conexion a proceso : Sensor abrazado a la tuberia.
Principio de operacion : Vibracion en linea.	Principio de operacion : Atenuacion de rayos gamma.
Resistencia : Platino integrada de 100 ohms.	Resistencia : No requerida.
Material : Partes en contacto, caja y bridas de acero inoxidable 316.	Material : Acero inoxidable.
Señal de salida : Frecuencia.	Señal de salida : 4 @ 20 mA o digital.
Suministro electrico : De 16 @ 28 Vcd.	Suministro electrico : 24 Vcd +/- 10%

Fig. V.12. Tabla comparativa del Medidor de Densidad.

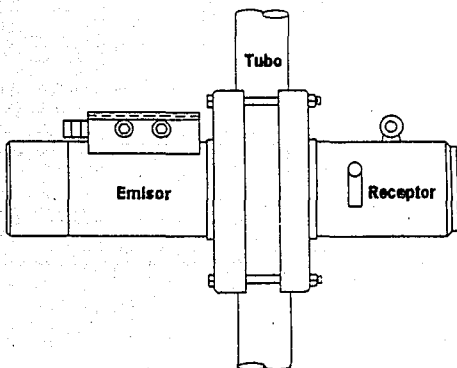


Fig. V.13. Instalacion del medidor de densidad.

V.2.2. Almacenamiento de Productos en las Terminales de Ventas.

V.2.2.1. Especificaciones del Proyecto para el area de Almacenamiento.

La medicion de nivel sera hecha en tanques atmosfericos verticales y horizontales, tanques presurizados y en tanques criogenicos. La operacion de almacenamiento de producto contempla los siguientes puntos :

- a) Medicion de Nivel de producto.
- b) Medicion de Temperatura.
- c) Medicion de peso especifico cuando se almacenen petroquimicos o licuables.
- d) Alarmas por alto, muy alto, bajo y muy bajo nivel en tanques.
- e) Alarma por instrumento en mal estado.
- f) Transmision de datos al equipo de computo del area operativa.
- g) Registro de eventos ocurridos durante el recibo y salida de productos.
- h) Emision de reportes por turno y diarios.
- i) Transmision de datos desde los equipos de computo del area operativa hasta los de resúmenes operativos.

Resumiendo las variables a medir en el área de almacenamiento, son :

- 1) Medición de Nivel.
- 2) Medición de Temperatura.
- 3) Medición de peso específico en el caso de petroquímicos y licuables.

Es importante hacer mención que el área de Almacenamiento de productos estará en comunicación continua con las áreas de Suministro y de Distribución de producto. Esto es a través de las señalizaciones de nivel, temperatura, peso específico y alarmas de nivel, medidas en los tanques y enviadas a las áreas de Suministro y Distribución.

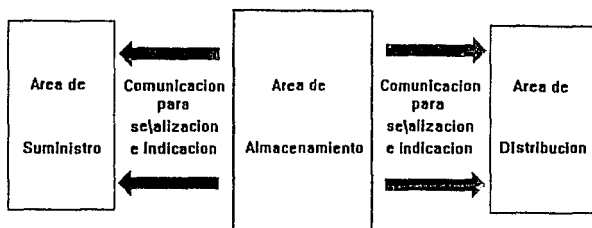


Fig. V.14. Comunicación entre el área de almacenamiento con las áreas de suministro y distribución.

V.2.2.2. Instrumentación del Proyecto para el área de Almacenamiento.

Las variables a medir en los tanques de almacenamiento (Nivel, Temperatura y Peso Específico), pueden ser medidas en forma independiente cada una o instalando un sistema el cual pueda medir estas y tres variables al mismo tiempo. Para medición de nivel en tanques, algunos de los métodos son el de Cinta, Flotador de Regleta, Flotador de Cinta, Transmisor de Presión, Tipo Servomotor, Tipo Capacitancia, Tipo Ultrasonico, Tipo Radar, Tipo Nuclear. En la actualidad existen sistemas completos de medición en tanques. Uno de esos sistemas es el llamado HTG (Hidrostatic Tank Gauging). Este sistema hace la integración de la medición de estas tres variables, midiendo dichas variables, centralizando las mediciones a una unidad electrónica, que a su vez esta unidad electrónica se encarga de interpretar las señales de medición y de transmitir toda la información de las variables medidas por medio de señales analógicas y digitales a puntos remotos.

Este sistema de medición es en la actualidad de los más completos, exactos y sencillos para la medición en tanques, por lo que a continuación se estudiará en una forma más amplia para la aplicación al proyecto.

A) Teoría del sistema HTG (Hidrostatic Tank Gauging)

El Sistema HTG consiste básicamente en la medición de dos presiones hidrostáticas, una de presión de presurización y una de temperatura.

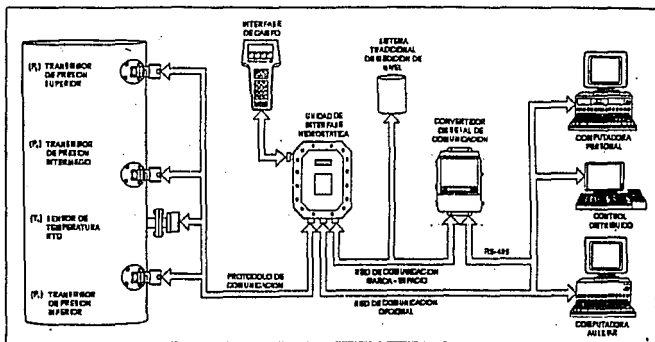
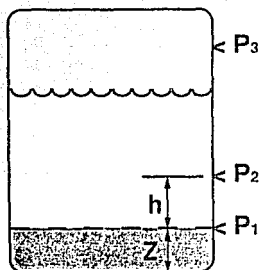


Fig. V.15. Sistema HTG para medición en tanques.

En la figura V.15., se puede apreciar un sistema completo HTG. A continuación estudiaremos los principios fundamentales de medición del HTG.



$$\text{Masa (m)} = (P_1 - P_3) * A \quad \text{Volumen} = \frac{m}{d}$$

$$\text{Densidad (d)} = \frac{P_1 - P_2}{h} \quad \text{Nivel} = \frac{(P_1 - P_3)}{d} + Z$$

Fig. V.16. Fundamentos del sistema HTG.

De acuerdo con la fig V.16., se hacen las mediciones de presión hidrostática P_1 y P_2 , con dos transmisores de presión instalados en la pared del tanque y a una distancia "h" preestablecida. Otra de las presiones medidas es la de presurización del tanque (P_3), la cual se hace con un transmisor de presión diferencial. La distancia "Z" que existe entre el punto P_1 y el fondo del tanque, es la parte del tanque donde se deposita toda la "basura" acarreada por el líquido, pero para fines de medición del nivel, se considera una distancia constante preestablecida.

Teniendo claro esto, podemos deducir lo siguiente :

$$\text{Masa (m)} = (P_1 - P_3) A \quad \text{-----(1)}$$

La masa total del fluido en el tanques es igual a la diferencia de presiones P_1 y P_3 , multiplicada por el área "A" del tanque. Las presiones P_1 y P_3 son variables medidas por los transmisores de presión instalados en el tanque, y el área "A" del tanque es un dato, por lo tanto podemos determinar la cantidad de masa en el tanque.

$$Densidad(d) = \frac{P_1 - P_2}{h} \text{ -----(2)}$$

La densidad del fluido en el tanque es igual a la diferencia de presiones P1 y P2, dividida entre la altura "h" que es la distancia entre los transmisores de presion. Las presiones P1 y P2 son variables medidas por los transmisores de presion instalados en el tanque, y la distancia "h" es un dato, por lo tanto podemos determinar la densidad del fluido en el tanque.

Es importante señalar que mientras el nivel del fluido este por encima del punto P2, es posible estar monitoreando (midiendo) los cambios de densidad del fluido dentro del tanque, ya que una vez que el nivel baja del punto P2, esta variable (densidad) no puede ser monitoreada, por lo que para fines de medicion de nivel y volumen pasa a ser un dato (constante). En la practica para evitar que el nivel baje del punto P2, los transmisores P1 y P2 son instalados a una distancia de entre 2.4 @ 3 metros entre ellos y tomando en consideracion que los tanques normalmente tienen altura de hasta 10 metros o mas, se puede decir que el nivel del fluido muy dificilmente podra estar por debajo del punto P2, garantizando asi la medicion de densidad.

$$Volumen = \frac{m}{d} \text{ -----(3)}$$

El volumen del fluido en el tanque es igual a el cociente de la masa entre la densidad del fluido dentro del tanque. La masa esta previamente calculada con la ecuacion (1), y la densidad tambien esta previamente calculada en la ecuacion (2), o puede ser un dato, por lo tanto podemos determinar el volumen del fluido dentro del tanque.

$$Nivel = \frac{(P_1 - P_3)}{d} + Z \text{ -----(4)}$$

El nivel del fluido en el tanque es igual a la diferencia de presiones P1 y P3, dividida entre la densidad, mas la distancia "Z". Las presiones P1 y P3 son variables medidas por los transmisores de presion instalados en el tanque, la densidad esta previamente calculada con la ecuacion (2), o puede ser un dato, y la distancia "Z" es un dato, por lo tanto podemos determinar el nivel del fluido dentro del tanque.

La temperatura del fluido en el tanque es medida a travez de un sensor de temperatura tipo Bulbo de Resistencia (RTD), instalado entre los transmisores de presion P1 y P2.

En la fig. V.15., se puede observar la configuracion de instalacion de los transmisores de presion y el elemento sensor de temperatura RTD. Estos cuatro elementos de medicion estan directamente conectados a un HIU (Hidrostatic Interface Unit). Esta Unidad de Interfase es un diseo de tarjetas electronicas las cuales se encargan de alimentar a los transmisores de presion y el elemento de temperatura, asi como de recibir las seales de medicion de los mismos. La Unidad de Interfase procesa las seales recibidas haciendo los calculos de las ecuaciones 1, 2, 3 y 4, y obtiene los resultados de las variables de masa, densidad, volumen, nivel y temperatura. Debido a que su construccion esta basada en un microprocesador digital con elementos de memoria, es posible introducir a la memoria los datos de las constantes fijas como el area del tanque (A), la distancia entre los transmisores de presion (h), la densidad (d) cuando el nivel este por debajo del punto P2 y la distancia del fondo del tanque (Z), asi como otros parametros importantes para la mejora de la exactitud del sistema. Finalmente dicha Unidad de Interfase despliega las lecturas de las variables en un indicador y tiene salidas de comunicacion digital.

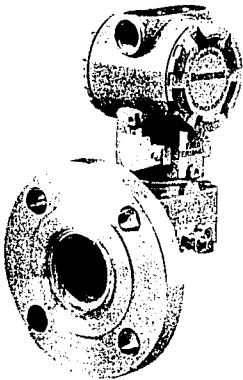


Fig. V.17. Transmisor para el sistema de medición HTG.

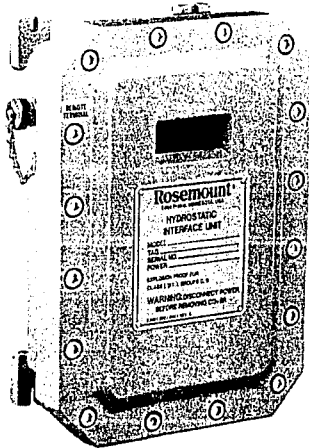


Fig. V.18. Interfase HIU del sistema HTG.

De acuerdo con las especificaciones del proyecto, el sistema de medición de nivel, temperatura y peso específico en tanques, deberá enviar dichas señales de medición a las áreas de Suministro y Distribución para tener así un control de entradas y salidas de productos, así como un inventario. El sistema de medición HTG puede hacer dichas funciones de acuerdo con las especificaciones editadas por PEMEX. (Ver hojas de especificaciones anexas). A continuación están las especificaciones del sistema HTG de Rosemount, Inc. **Especificación No. 6945-01, hojas de 01 al 09.**

B) Especificaciones del sistema HTG (Hidrostatic Tank Gauging).

Transmisor de Presion (Fig. V.17).

Especificaciones Funcionales :

- * Rangos de presión : 0 @ 9 PSI
- 0 @ 30 PSI

0 @ 150 PSI

- Límites de temperatura : -40 @ 110 grados C (de proceso).
-40 @ 85 grados C (de ambiente).
-46 @ 110 grados C (en almacenamiento).
- Límites de humedad : 0 @ 100% de humedad relativa.
- Límites de sobrepresion : 275 PSIG @ 37.8 grados C (con bridas de 150# ANSI).
720 PSIG @ 37.8 grados C (con bridas de 300# ANSI).
- Señal de salida : Comunicacion digital de 2 hilos.
- Suministro electrico : 10.5 @ 55 Vcd suministrado por la unidad de interfase.
- Lugares peligrosos : Aprobaciones Factory Mutual, a prueba de explosion Clase I, Division I, Grupos B, C y D. A prueba de polvo Clase II, Division I, Grupos E, F y G. Adecuado para usarse en Clase III, Division I. Uso en interiores y exteriores. NEMA 4X.
- Tiempo de encendido : Menos de 2 segundos.

Especificaciones de Diseño :

- Exactitud digital : +/- 0.06 % del limite superior del rango.
- Exactitud analogica : +/- 0.075 % del limite superior del rango.

Especificaciones Fisicas :

- Conexion electrica : Conduit de 1/2", NPT.
- Conexion a proceso : Bridada de 2 o 3 pulgadas de diametro, 150 o 300 libras ANSI.
Bridas en acero al carbon o en acero inoxidable.
- Materiales de construccion : Diafragmas de aislamiento en acero inoxidable 316,
Hastelloy C-276 o monel.
Valvulas de dren y ventes en acero inoxidable 316 o
Hastelloy C-276.
Empaques humedos en Teflon.
Caja de la electronica de aluminio con bajo contenido de
cobre y clasificacion NEMA 4X.
Tornillos en acero inoxidable 316 austenitico.
Fluido de llenado en Silicon o fluido inerte.
Pintura epoxica-poliester.
Empaques de la caja en Buna-N.
- Peso de 2 Kg.

Unidad de Interfase HIU (Fig. V.18.)

Especificaciones Funcionales :

- Suministro electrico : 110 Vca, 50/60 Hz.
220 Vca, 50/60 Hz.
48 Vcd.
- Lugares peligrosos : Aprobaciones Factory Mutual, a prueba de explosion Clase I, Division I y II, Grupos C y D. Clase II, Division I y II, Grupos E, F y G. Clase III, Division I y II. Uso en interiores y exteriores. NEMA 4X.
- Rango de temperatura ambiente : -40 @ 80 grados C.
- Rango de humedad ambiente : 0 @ 95 % de humedad relativa.

Especificaciones de Diseño :

- Display de cristal liquido de 7 digitos.
- Entrada de temperatura : Bulbo de resistencia de 100 ohms de platino o de cobre.
- Rango de temperatura : -90 @ 327 grados C (sensor de platino 100 ohms).
-67 @ 340 grados C (sensor de cobre 100 ohms).
- Entradas de transmisor de presion : 4 @ 20 mA del transmisor P3.
Comunicacion digital del transmisor P2.
Comunicacion digital del transmisor P1.
- Salidas de transmision comunicacion de datos a cuarto de control : Bus de transmision de datos usando Marca-Espacio, o un Modbus RS-485 de comunicacion de datos.

Especificaciones Fisicas :

- Peso : 17.3 Kg.
- Distancia maxima entre la Unidad de Interfase HIU y el equipo montado en el tanque : 152.4 mts.
- Cableado : Comunicacion Marca-Espacio, 2 pares de calibre 18 AWG.
Comunicacion Modbus RS-485, 1 o 2 pares de calibre 18 AWG.
- Gabinete de alarma : Alarma de 24 Vcd o 70 @ 250 Vca con salida.

V.2.3. Distribución de Productos de las Terminales de Ventas.

V.2.3.1. Especificaciones del Proyecto para el área de Distribución.

La salida de los diferentes productos a las terminales de ventas, es a través de varios medios.

- a) Por Poliductos.
- b) Por Buquetanque.
- c) Por Autotanque.
- d) Por Carrotanque.
- e) Por llenaderas de tambores de 200 litros.
- f) Por Peso.

Cada uno de estos medios de distribución requieren de una instrumentación para la apropiada medición de los combustibles. La operación de distribución de producto contempla los siguientes puntos:

Por Poliducto.

- a) Medición de Flujo o Caudal.
- b) Medición de Temperatura.
- c) Medición de Peso Específico.
- d) Medición de masa cuando se envíen petroquímicos y licuables.
- e) Indicación de nivel en tanques.
- f) Alarma por bajo y muy bajo nivel en tanques.
- g) Alarma por cambio de peso específico.
- h) Alarma por instrumento en mal estado.
- i) Transmisión de datos al área de cómputo del área operativa.
- j) Registro de eventos durante el envío de producto.
- k) Emisión de reportes por hora, turno y diario.
- l) Transmisión de datos desde los equipos de cómputo del área operativa hasta los de resúmenes operativos.

Por Buquetanque.

- a) Medición de Flujo o Caudal.
- b) Medición de Temperatura.
- c) Medición de Peso Específico cuando se envíen productos licuables o se envíen dos o más productos por una línea.
- d) Indicación de nivel en tanques.

Proyecto de Instrumentación en una Terminal de Ventas.

- e) Alarma por bajo y muy bajo nivel en tanques.
- f) Alarma por cambio de peso específico.
- g) Alarma por instrumento en mal estado.
- h) Transmisión de datos al área de cómputo del área operativa.
- i) Registro de eventos durante el envío del producto al buquetanque.
- j) Emisión de reportes por hora, turno y diario.
- k) Transmisión de datos desde los equipos de cómputo del área operativa hasta los de resúmenes operativos.

Por Autotanque.

- a) Asignación de punto de carga, producto, volumen y número económico del autotanque a través de la consola supervisora.
- b) Transmisión de los datos del autotanque, volumen y posición al controlador de campo y a la computadora del área operativa.
- c) Comprobación de conexión a tierra.
- d) Lectura de tarjeta de identificación del autotanque en la posición de carga asignada.
- e) Verificación de los datos leídos con los programados.
- f) Medición de Flujo o Caudal.
- g) Medición de Temperatura.
- h) Cierre automático de la válvula al obtenerse el volumen predeterminado.
- i) Alarma por instrumento en mal estado.
- j) Registro de eventos y anomalías durante la carga de los autotanques.
- k) Emisión de reportes por turno y diario.
- l) Transmisión de datos desde los equipos de cómputo del área operativa hasta los de resúmenes operativos.

Por Carrozanque.

- a) Asignación de punto de carga, producto, volumen y número económico del carrozanque a través de la consola supervisora.
- b) Transmisión de los datos del carrozanque, volumen y posición al controlador de campo y a la computadora del área operativa.
- c) Comprobación de conexión a tierra.
- d) Medición de Flujo o Caudal.
- e) Medición de Temperatura.
- f) Verificación del correcto despacho del producto correspondiente.
- g) Alarma por instrumento en mal estado.

- h) Registro de eventos durante la carga de los carrotanques.
- i) Emisión de reportes por turno y diario.
- j) Transmisión de datos desde los equipos de cómputo del área operativa hasta los de resúmenes operativos.

Por llenaderas de tambores de 200 Lts.

- a) Unidad de teclado para la introducción de datos de clientes o autoconsumo, volumen y producto.
- b) Medición de Flujo o Caudal.
- c) Medición de Temperatura.
- d) Verificación del correcto despacho del producto correspondiente.
- e) Alarma por instrumento en mal estado.
- f) Registro de eventos durante la operación de carga.
- g) Transmisión de datos al computador del área operativa.
- h) Emisión de reportes por turno y diario.
- i) Transmisión de datos desde los equipos de cómputo del área operativa hasta los de resúmenes operativos.

Por Peso.

- a) Teclado y pantalla en el cuarto de básculas para el envío de los datos a la computadora del área operativa. Los datos serán el número económico del autotanque o carrotanque, peso de lleno, peso de vacío, tara y peso del producto.
- b) Emisión de reportes por turno y diario.
- c) Alarma por instrumento en mal estado.
- e) Transmisión de datos desde los equipos de cómputo del área operativa hasta los de resúmenes operativos.

En los párrafos anteriores se tiene a grandes rasgos los puntos esenciales que debe manejar el proyecto el área de distribución de productos. Para la realización del mismo (el proyecto), se crean dos etapas de integración. En la primera etapa de integración se contempla lo siguiente. Ver tabla de la fig. V.19.

Proyecto de Instrumentacion en una Terminal de Ventas.

Requerimientos Operativos	Distribucion de Productos					
	Por Poliducto	Por Buquetanque	Por Autotanque	Por Carro-tanque	Por tamborres de 200 L	Por Peso
Unidad de Control para envio del producto.	Si	Si	Si, por posicion	Si, por posicion	Si	Si
Indicacion Digital de Nivel en tanques de almacenamiento.	Si	Si	No	No	No	No
Tablero de Control con instrumentacion discreta para efectos operativos.	Si	Si	No	No	No	No
Tren de medicion consistente en: Filtro y eliminador de aire, medidor de flujo, valvula controladora de flujo de cierre de dos pasos.	No	No	Si	Si	Si, con medicion de temperatura.	No
Elemento primario de medicion de temperatura.	No	No	Si	Si	No	No
Unidad Detectora de conexion a tierra.	No	No	Si	Si	No	No
Unidad de Adquisicion de datos (Lectora de tarjetas).	No	No	Si	No	No	No
Totalizador de campo.	No	No	No	Si	No	No
Interruptor de Flujo en cabezal de la garza.	No	No	No	Si	No	No
Unidad de Control Supervisoria.	No	No	Si	Si	Si	No
Impresora de Reportes.	No	No	Si	Si	Si	Si

Fig. V.19 . Tabla que muestra los requerimientos operativos del area de salida de productos.

Para la segunda etapa de integracion se contempla,

- Equipo de Computo de Medicion de esta area operativa.
- Impresora de reportes.

Abocandonos a la instrumentacion Inmiscuida en esta parte del proyecto, haremos un resumen de los equipos de medicion.

Requerimientos de Instrumentacion	Por Poliducto	Por Buquetanque	Por Auto-tanque	Por Carro-tanque	Por tamborres de 200 L	Por Peso
Unidad de Control Local.	Si	Si	Si, por posicion	Si, por posicion	Si	Si
Medicion de Flujo.	Si	Si	Si	Si	Si	No
Medicion de Temperatura.	Si	Si	Si	Si	Si	No
Medicion de Presion.	Si	Si	Si	Si	Si	No
Medicion de Densidad.	Si	Si	No	No	No	No
Medicion de Masa.	Si	No	No	No	No	No

Fig. V.20. Tabla que muestra los requerimientos de instrumentacion en el area de salida de productos.

V.2.3.2. Instrumentacion del Proyecto para el area de Distribucion.

Haciendo un resumen de la instrumentacion necesaria para la medicion en el despacho de los productos, tenemos :

- a) Una unidad de control donde llegen las seales de medicion de los instrumentos.
- b) Medicion de Flujo.
- c) Medicion de Temperatura.
- d) Medicion de Presion.
- e) Medicion de Densidad.
- f) Medicion de Masa.

Las diferentes mediciones efectuadas en el area de Distribucion de productos, son identicas a las mediciones en el area de Suministro de productos, por lo que la instrumentacion utilizada es la misma. Asi mismo, nos podemos referir al punto V.2.1.2. de este capitulo, para el analisis de las especificaciones de la instrumentacion requerida para el area de Distribucion de productos.

V.3. Estudio Economico de la Instrumentacion del Proyecto (SIMCOT).

En esta parte del proyecto de instrumentacion de una terminal de ventas de PEMEX, haremos un analisis de costos de los equipos de instrumentacion necesitada para la realizacion del mismo. Es importante aclarar que los costos puden variar dependiendo de los

tamaños de los instrumentos, las marcas, las tecnologías empleadas para su fabricación, etc. El presente trabajo tiene como finalidad el dar una idea general pero lo mas apegada a la realidad, de los costos de estos equipos de medición.

V.3.1. Cuantificación de la instrumentación para la Terminal de Ventas.

Para poder obtener un costo global de la instrumentación en una terminal de ventas, tenemos que hacer una descripción de las instalaciones existentes en la terminal de ventas. La terminal cuenta con tres áreas principales en campo : Área de Suministro, Almacenamiento y Distribución. Las instalaciones en estas tres áreas tienen equipos de medición y control. De acuerdo con el esquema de la fig. V.1., podemos hacer el siguiente resumen de las entradas y salidas de productos.

Operación	Por Poliducto	Por Buquetanque	Por Autotanque	Por Carrotanque	Por Tambores de 200 Its	Por Peso
Suministro de Producto	Si	Si	Si	Si	No	Si
Distribución de Producto	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Fig. V.21. Tabla que muestra las operaciones de suministro y distribución de producto.

Una terminal de ventas tiene una o varias líneas para el suministro y distribución de los productos. Esto depende del medio por el cual este suministrando o despachando los productos. En la tabla de la fig. V.22., se hace una evaluación del número de líneas de entrada y de salida para cada uno de los medios de suministro y distribución.

Medio de operación	Suministro de Productos (Número de líneas o tuberías)	Distribución de Productos (Número de líneas o tuberías)
Por Poliducto	1	1
Por Buquetanque	1	1
Por Autotanque	8	16
Por Carrotanque	5	5
Por tambores de 200 Its.	No existe	2
Por Peso	No hay líneas (Nota 1)	No hay línea (Nota 1)

Nota 1: Debido al metodo de medición utilizado (por peso), no se requiere instrumentación de campo.

Fig. V. 22. Tabla que muestra el número de líneas de entrada y salida de productos.

Es necesario contar el número de líneas para poder contabilizar las cantidades de instrumentos necesarios para la terminal de ventas.

Por otro lado, el número de tanques de almacenamiento en una terminal de ventas modelo, es de 13 tanques. Esto nos proporciona el número de equipos de medición en tanques requeridos.

Instrumentos	Poli- ducto	Buque- tanque	Auto- tanque	Carro- tanque	Tambo- res de 200 lts	Peso	Total de instru- mentos
Unidad de Control Local.	2 pzas.	2 pzas.	24 pzas.	10 pzas.	2 pzas.	2 pzas.	42 pzas.
Medidor de Flujo tipo Turbina.	2 pzas. de 10" de diam.	2 pzas. de 10" de diam.	24 pzas. de 3" de diam.	10 pzas. de 3" de diam.	2 pzas. de 3" de diam.	No requeridos.	4 pzas. de 10" y 36 pzas. de 3"
Transmisor y Sensor de Temperatura	2 pzas.	2 pzas.	24 pzas.	10 pzas.	2 pzas.	No requeridos.	40 pzas.
Transmisor de Presion.	2 pzas.	2 pzas.	24 pzas.	10 pzas.	2 pzas.	No requeridos.	40 pzas.
Medidor de Densidad.	2 pzas.	2 pzas.	No requeridos.	No requeridos.	No requeridos.	No requeridos.	4 pzas.
Medidor de Masa.	2 pzas. de 6" de diam.	No requeridos.	No requeridos.	No requeridos.	No requeridos.	No requeridos.	2 pzas.
Sistema de Medicion en Tanques.	----- -	----- -	----- -	----- -	----- -	----- -	13 pzas.

Nota : Cabe aclarar que las cantidades de instrumentos pueden variar dependiendo de la capacidad y tamaño de la terminal de ventas.

Fig. V.23. Resumen de instrumentación para la terminal de ventas.

V.3.2. Analisis de costos de la instrumentación para la Terminal de Ventas.

Los costos de los instrumentos pueden variar dependiendo de los tamaños, capacidades, marcas, etc. A continuación se presenta un análisis de los costos estimados de los instrumentos involucrados en la medición dentro de una terminal de ventas de PEMEX.

Proyecto de Instrumentacion en una Terminal de Ventas.

Parti- da	Canti- dad	Equipo de Instrumentacion.	Precio Unitario (M. N.)	Precio Total (M. N.)
01	42 pzas.	Unidad de Control Local.	N\$ 2,300	N\$ 96,000
02	4 pzas.	Medidor de Flujo tipo Turbina de 10" de diametro.	N\$ 50,500	N\$ 202,000
03	36 pzas.	Medidor de Flujo tipo Turbina de 3" de diametro.	N\$ 10,700	N\$ 385,200
04	40 pzas.	Transmisor y Sensor de Temperatura tipo RTD, con Termopozo y longitud de insercion de 2.5".	N\$ 2,800.00	N\$ 112,000
05	40 pzas.	Transmisor de Presion tipo Celda Diferencial.	N\$ 4,060.00	N\$ 162,400
06	4 pzas.	Medidor de Densidad tipo Rayos Gamma.	N\$ 44,800	N\$ 179,200
07	2 pzas.	Medidor de Flujo Masico tipo Coriolis de 6" de diametro.	N\$ 119,480	N\$ 238,960
08	13 pzas.	Sistema de Medicion en Tanques HTG.	N\$ 45,700	N\$ 594,100

Nota : Los costos de los equipos son aproximados a la presente fecha.

Fig. V.I. 24. Tabla con costos de la instrumentacion para la Terminal de Ventas.

El costo total para la instrumentacion de la terminal de ventas con las especificaciones anteriores es de N\$ 1' 969,860.00 M.N. Esto no incluye los costos de instalacion.

Con lo anteriormente mostrado, podemos darnos una idea de los costos de los instrumentos, que finalmente es el objetivo de este punto del presente trabajo.

CONCLUSIONES

A lo largo del presente trabajo, hemos estudiado la instrumentación en procesos industriales, desde el punto de vista práctico. Los instrumentos dentro de un proceso, cualquiera que sea el proceso, son de vital importancia, ya que por medio de ellos, podemos tener un conocimiento preciso de lo que está sucediendo dentro del proceso, y esto nos permite llevar a cabo un control adecuado. En otras palabras, los instrumentos son los elementos primarios dentro de un sistema de control.

Por otro lado, los avances tecnológicos en la electrónica principalmente, han venido a revolucionar perfeccionando las características y especificaciones de los instrumentos. La versatilidad que presentan los instrumentos en la actualidad para las aplicaciones a los diferentes requerimientos de los procesos en la industria, ha sido determinante. Ahora se pueden contar con instrumentos para las mediciones que se requieran. Existen una gran variedad de instrumentos y algo que es muy importante, la flexibilidad para adaptarlos a los diferentes procesos, debido a la enorme variedad de opciones en cuanto a las características técnicas que pueden ofrecer al usuario (desde características físicas, hasta las funcionales), permitiendo que el campo de acción de los instrumentos sea más grande, y consecuentemente el control de un proceso, sea casi total.

Uno de los aspectos importantes que hay que resaltar es que a través de los instrumentos actuales, se puede tener continuidad en los procesos. Algunos procesos requieren de mediciones como parte integral del mismo. De esta manera los instrumentos, de acuerdo a sus características funcionales, permiten las mediciones en forma continua sin interrupción del proceso. Esto representa una gran ventaja, ya que el tiempo de proceso se ve reflejado en la eficiencia y en la economía de la compañía.

El análisis del proyecto de la Terminal de Ventas de PEMEX contenido en el capítulo V, solo contempla la instrumentación involucrada en dicho proyecto.

Después de haber estudiado este proyecto, nos podemos dar cuenta que la instrumentación es solo una parte del proyecto, pero que reviste de una gran importancia. Petróleos Mexicanos con la implementación de instrumentación moderna, y tecnología moderna en general, busca tener un control rápido y preciso en cuanto a la adquisición de la información generada en cada una de sus terminales de ventas.

Conclusiones.

Partiendo de este hecho, podemos decir que la versatilidad, flexibilidad, precision y rapidez de los instrumentos electronicos modernos, hacen del sistema de adquisicion de datos mas eficaz y confiable, lo cual se vera reflejado en la economia de la empresa, ya que a travez de la medicion confiable, se evitaran al maximo las fugas de capitales por malos manejos en los arribos y despachos de combustibles.

Finalmente podemos concluir que los instrumentos se han convertido en la actualidad en una herramienta eficaz para el buen manejo de las plantas de proceso, no importando el tipo de proceso, ya que la gama de instrumentos de campo es muy grande, haciendo que las mediciones puedan realizarse con la rapidez y precision, y que anteriormente no se podian hacer sino solamente a travez de una practica de medicion en laboratorio.

BIBLIOGRAFIA

- SPITZER, DAVID W.: " INDUSTRIAL FLOW MEASUREMENT ", 1984 by Instrument Society of America. 67 Alexander Drive, P.O. Box 12277 Research Triangle Park, NC 27709.
- CREUS SOLE, ANTONIO : " INSTRUMENTACION INDUSTRIAL ", Ed. Marcombo, S.A., Barcelona, España. 1992 Ediciones Alfaomega, S.A. de C.V. Apartado Postal 7-1032, 06700 Mexico, D.F.
- LIPTAK, BELA G., VENCZEL, KRISZTA : " INSTRUMENT ENGINEERS HANDBOOK ", Chilton Book Company, Radnor, Pennsylvania. Revised Edition.
- HORDESKI, MICHAEL F.: " DESING OF MICROPROCESSOR SENSOR & CONTROL SYSTEMS ", 1985 by Reston Publishing Company, Inc. A Prentice - Hall Company. Reston, Virginia 22090.

Bibliografía.

HOLZBOCK, WERNER G.:

" INSTRUMENTOS PARA MEDICION Y CONTROL ", Ed. Compañía Editorial Continental, S.A. Segunda Edición, 1974, Mexico, D.F.

SOISSON, HAROLD E.:

" INSTRUMENTACION INDUSTRIAL ", Editorial Limusa, Mexico - 1980.

DALLY, JAMES W., RILEY, WILLIAM F.,
McCONNELL, KENNETH G.:

" INSTRUMENTATION FOR ENGINEERING MEASUREMENTS ", 1984 by John Wiley & Sons, Inc.

COLLETT, C.V., HOPE, A.D.:

" MEDICIONES EN INGENIERIA ", Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona - 1976.

ANEXO

PETROLEOS MEXICANOS SUBDIRECCION DE PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS		INSTRUMENTOS DE TEMPERATURA (TEMPERATURE INSTRUMENTS)		INSTRUMENT NO. 6240 INSTRUMENT NO. 6240-1
PROYECTO NO. V-100-52-PT PLANTA. ALMACEN DE AGUA Y BOMBEO LOCALIZACION. RAYON		REV. <input type="checkbox"/>	FECHA JUNIO/51	NO. DE OBTEN. 29 VERIFICACION (DATE) DIFERENCIAL (DIFF.) MODELO (MODEL) NOTA 1
NOM. AL SECCION DE PROYECTO				
NO. 1	FECHA 11/11/51	POS. 100	AMPLA 100	DESCRIPCION TRANSMISOR DE TEMPERATURA

ESPECIFICACIONES DE INSTRUMENTOS MI-02 MARCO DE 1951	GENERAL			
	1	DESCRIPCION (DESCRIPTION)	REGISTRACION (RECORDING)	<input type="checkbox"/> MANEJO <input checked="" type="checkbox"/> ENFOQUE (FOCUS)
	2	CABLE (CABLE)	RECHUBARRA (RECHUBARRA)	<input type="checkbox"/> OTRO (OTHER) ALMOCRE PROVISIONAL
	3	COLORES DE LA CARA (FACE COLOURS)	COLORES DE LA ESPALDA (BACK COLOURS)	<input type="checkbox"/> OTRO (OTHER) ALMOCRE PROVISIONAL
	4	MONTAJE (MOUNTING)	TABLERO (PLATE)	<input type="checkbox"/> MONTAJE (MOUNTING) <input type="checkbox"/> LOCAL <input checked="" type="checkbox"/>
	5	TIPO DE CUBIERTA (COVER TYPE)	PROP. BOM (PROP. BOM)	<input type="checkbox"/> PRUBA BOM (WEATHER PROOF) <input type="checkbox"/>
	6	OPCION REGISTRACION (OPTIONAL RECORDING)	INDICACION (INDICATION)	<input type="checkbox"/> PASAJES (PASSAGES) <input type="checkbox"/> CLASE (CLASS)
	7	GRABADO (RECORD)	CIRCULAR (CIRCULAR)	<input type="checkbox"/> BOLID (STRIP) <input type="checkbox"/> OTRO (OTHER)
	8	RANCHO DE LA CARA (FACE RANGE)	TOR (TOR)	
	9	VEL. CARITA (CARIT SPEED)	REVISION DE CUBIERTA (COVER REVISION)	
	10	VEL. DE LA PLUMA O PUNTERA (PEN OR POINT SPEED)	REP. PUNTA TOTAL (TOTAL POINT REVISION)	
	11	VELOCIDAD DE IMPRESION (PRINTING SPEED)	REVISION POR PUNTO (REVISION PER POINT)	
	12	IMP. CENTRAL (CENTRAL DRIVE)	IMPRESION (PRINTING)	<input type="checkbox"/> ELECTRICA (ELECTRIC) <input type="checkbox"/> MECANICA (MECHANICAL)
	13	SUMINISTRO (SUPPLY)	ELECTRICO (ELECTRIC)	<input type="checkbox"/> VOLTAJE (VOLTAGE) <input type="checkbox"/> HERTE (HERTE)
	TRANSFORMACIONES			
14	IMPRESION (PRINTING)	REVISION (REVISION)	<input type="checkbox"/> ELECTRICO (ELECTRIC) <input checked="" type="checkbox"/> OTRO (OTHER)	
15	SUMINISTRO (SUPPLY)	24 VED		
16	MILIC. (MILIC.)	0-100	<input type="checkbox"/> OTRO (OTHER) 4-20 IN AMP CD	
17	REVISIONES EN LA CARA (REVISIONS ON FACE)			
COSTEO				
18	IMPRESION (PRINTING)	REVISION (REVISION)	<input type="checkbox"/> ELECTRICO (ELECTRIC) <input type="checkbox"/> OTRO (OTHER)	
19	PROP. % (PROP. %)	REVISION (REVISION)	<input type="checkbox"/> AMPLIACION (AMPLIACION) <input type="checkbox"/> OTRO (OTHER)	
20	REVISION (REVISION)			
21	REVISION (REVISION)			
22	REVISION (REVISION)			
23	REVISION (REVISION)			
24	REVISION (REVISION)			
25	REVISION (REVISION)			
26	REVISION (REVISION)			
27	REVISION (REVISION)			
EFICIENCIA DE MEDICIONES				
28	REVISION (REVISION)			
29	REVISION (REVISION)			
30	REVISION (REVISION)			
31	REVISION (REVISION)			
32	REVISION (REVISION)			
33	REVISION (REVISION)			
34	REVISION (REVISION)			

NOTA 1.- TT 40-BE-2-A11-711-52 -
 E-127, H. C. P.

PETROLEOS MEXICANOS SUBDIRECCION DE PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS		INSTRUMENTOS DE TEMPERATURA (TEMPERATURE INSTRUMENTS)		REQUISICION No. 6840	
		PROYECTO V-257 6201		REQUISICION No. 6840	
PLANTA EXPANSION DE ALTA 2 OTRAS.		LOCALACION NAVARRA SLP			
NORMA LITACION DE PROYECTO		REF. 0	FECHA 11/15/71	HOJA 06 DE 07	
REV	NO.	FECHA	POR	APROBADO	DESCRIPCION
0	11/15/71	11/15/71	JAC/MLC	JAC/MLC	7 ADQUISICION DE TEMPERATURA.

ACCESORIOS (ACCESSORIES)	
35 FILTRO REGULADOR (FILTER REGULATOR) _____	36 PILA SECA (DRY CELL) _____
36 MANOMETRO DE SUPLENIDO DE AIRE (AIR SUPPLY GAUGE) _____	37 GRAFICAS Y TINTA (CHARTS & INK) _____

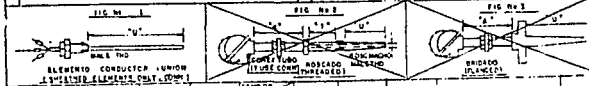
DET. NO.	IDENT. NO.	RANGO	TIPO TERMOPAR O VALOR DE PUNTO (TYPE THERM OR RESIST. VALUE)	RANGO ESCALA O GRAFICA SCALE OR CHART (RANGES)	NO. DE PUNTOS (NO. OF POINTS)	AMORREDO CON SALIDA (INER. W/ O OUTPUT)	SERVICIO (SERVICE)	NOTA (NOTE)
0	TT-01	0-150 °F	RTD	0-150 °F	—	—	SENSE Y TERMINAL R. SENSIL	
	TT-02		RTD		—	—	DE TEMPERATURA	
	TT-03		RTD		—	—		
	TT-04		RTD		—	—		
	TT-05		RTD		—	—		
	TT-06		RTD		—	—		
	TT-07		RTD		—	—		
	TT-08		RTD		—	—		
	TT-09		RTD		—	—		
	TT-10		RTD		—	—		
	TT-11		RTD		—	—		

NOTAS (NOTES):
 1. TT-40-AE-2-41-T11-S2 - R 150°, 0 °F

ESPECIAL DE INSTRUMENTOS, M1-02 NOV 60S DE 158

PETROLEOS MEXICANOS		BULBOS DE RESISTENCIA (RESISTANCE BULBS.)		REQUISICION No 6840
SUBDIRECCION DE PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS		PROYECTO No V-946 6201	ESPECIFICACION No.	
NORMALIZACION DE PROYECTO		PLANTA ANEXOS EN ALTO. 2 DISTRIC.	6840-1	
REV.		LOCALIZACION MATEOS, MEX.	HORA 07 DE 09	
FECHA		FECHA	ELEMENTOS DE METAL	
NO.		DESCRIPCION	MATERIAL	
FECHA		DESCRIPCION	MATERIAL	
NO.		DESCRIPCION	MATERIAL	
FECHA		DESCRIPCION	MATERIAL	

GENERAL		ELEMENTO CONDUCTOR FORRADO (SHEATHED ELEMENT)	
1 DESCRIPCION (DESCRIPTION)	SOLIC ELEMENTO CONDUCTOR (ELEMENT ONLY)	9 MATERIAL DE REVESTIMIENTO (SHEATH MATERIAL)	ACERO MDR 304 (304 S S)
2 DIMENSION DEL ELEMENTO (ELEMENT DIMENSION)	ELEMENTO CONDUCTOR Y TERMOPOZO (ELEMENT AND WELL ASSEMBLY)	10 DIMENSION (DIM)	1/2" NPT
3 TAPA (COVER) <input type="checkbox"/> ADICION (ADDITION) <input type="checkbox"/> TIPO CASCABUCHA (CHUCK TYPE) <input type="checkbox"/>		11 MONTAJE (MOUNTING) <input type="checkbox"/> UNION (UNION) <input type="checkbox"/> SPECIAL (SPECIAL) <input type="checkbox"/>	
4 MATERIAL (MATERIAL) <input type="checkbox"/> CONDUCTOR (CONDUCTOR) <input type="checkbox"/>		12 TUBO O POZO PROTECCION (PROTECTING WELL OR TUBE)	
5 BOBINAS DE RESISTENCIA (RESISTANCE COILS)		13 MATERIAL (MATERIAL) <input type="checkbox"/> ACERO INOX 304 (304 S S) <input type="checkbox"/>	
6 CURVA CARACTERISTICA (CHARACTERISTIC CURVES)		14 CONSTRUCCION (CONSTRUCTION)	



REV	NO	IDENT NO (TAG No)	FIG NO	RANGE O TEMP RANGE	TEMP MAX (MAX)	DIMEN "W"	DIMEN "T"	DIMEN "L"	SERVICIO (SERVICE)	NOT INDIC
0	68403	ITT-01		0-150°F		2 1/2"			SEMPRE TEMPERATURA ALTA	
		ITT-02								
		ITT-03								
		ITT-04								
		ITT-05								
		ITT-06								
		ITT-07								
		ITT-08								
		ITT-09								
		ITT-10								
		ITT-11								

ESPECIFICACIONES DE INSTRUMENTOS, M.O. DE USO Y DE SER.		PRESSURE INSTRUMENTS		6383
PETROLEOS MEXICANOS		PROJECT NO. <u>122-5-04</u>		DIFFERENTIAL
SUBSECCION DE PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS		PLANT. <u>TRINIDAD, P.D. MEXICO</u>		6383 B
NORMALIZACION DE PROYECTO		REV.	FECHA	NO. DE OJOS DE
NO.	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA
DESCRIPCION (DESCRIPTION)		GENERAL		PUNTO DE AJUSTE (SETPOINT)
1	INDICADOR (INDICATOR)	<input type="checkbox"/> INDICADOR (INDICATOR)	<input type="checkbox"/> CERO (ZERO)	23
2	CAJA (CASE)	<input type="checkbox"/> CONTROLADOR (CONTROLLER)	<input type="checkbox"/> TRANSMISOR (TRANSMITTER)	24
3	COLOR DE LA CAJA (CASE COLOR)	<input type="checkbox"/> RECTANGULAR (RECTANGULAR)	<input checked="" type="checkbox"/> CIRCULAR (CIRCULAR)	25
4	MONTAJE (MOUNTING)	<input type="checkbox"/> OTRO (OTHER)	<input type="checkbox"/> OTRO (OTHER)	26
5	NUM. PUNOS REGISTRADOS (NUM. POSITIONS REGISTERED)	<input type="checkbox"/> ALBAJ (ALBAJ)	<input type="checkbox"/> SUPERFICIE (SURFACE)	27
6	TIP. DE BAFIA (CHART TYPE)	<input type="checkbox"/> ALBAJ (ALBAJ)	<input type="checkbox"/> SUPERFICIE (SURFACE)	28
7	RANGO DE LA BAFIA (CHART RANGE)	<input type="checkbox"/> ALBAJ (ALBAJ)	<input type="checkbox"/> SUPERFICIE (SURFACE)	29
8	RANGO DE LA ESCALA (SCALE RANGE)	<input type="checkbox"/> ALBAJ (ALBAJ)	<input type="checkbox"/> SUPERFICIE (SURFACE)	30
9	MOV. BAFIA (CHART DRIVE)	<input type="checkbox"/> ALBAJ (ALBAJ)	<input type="checkbox"/> SUPERFICIE (SURFACE)	31
10	VEL. BAFIA (CHART SPEED)	<input type="checkbox"/> ALBAJ (ALBAJ)	<input type="checkbox"/> SUPERFICIE (SURFACE)	32
11	VOLTS	<input type="checkbox"/> ALBAJ (ALBAJ)	<input type="checkbox"/> SUPERFICIE (SURFACE)	33
12	OTRO (OTHER)	<input type="checkbox"/> ALBAJ (ALBAJ)	<input type="checkbox"/> SUPERFICIE (SURFACE)	34
TRANSMISOR (TRANSMITTER)		CONTROL		ACCESORIOS (ACCESSORIES)
13	TIP. (TYPE)	<input type="checkbox"/> ALBAJ (ALBAJ)	<input type="checkbox"/> SUPERFICIE (SURFACE)	35
14	SUMINISTRO (SUPPLY)	<input type="checkbox"/> ALBAJ (ALBAJ)	<input type="checkbox"/> SUPERFICIE (SURFACE)	36
15	SALIDA (OUTPUT)	<input type="checkbox"/> ALBAJ (ALBAJ)	<input type="checkbox"/> SUPERFICIE (SURFACE)	37
16	RECEPTORES EN LA SALIDA (RECEIVERS ON OUTPUT)	<input type="checkbox"/> ALBAJ (ALBAJ)	<input type="checkbox"/> SUPERFICIE (SURFACE)	38
17	TIP. (TYPE)	<input type="checkbox"/> ALBAJ (ALBAJ)	<input type="checkbox"/> SUPERFICIE (SURFACE)	39
18	SUMINISTRO (SUPPLY)	<input type="checkbox"/> ALBAJ (ALBAJ)	<input type="checkbox"/> SUPERFICIE (SURFACE)	40
19	MED. (MOUNTING)	<input type="checkbox"/> ALBAJ (ALBAJ)	<input type="checkbox"/> SUPERFICIE (SURFACE)	41
20	SALIDA (OUTPUT)	<input type="checkbox"/> ALBAJ (ALBAJ)	<input type="checkbox"/> SUPERFICIE (SURFACE)	42
21	INCREMENTO EN LA MEDICION (INCREASE IN MEASUREMENT)	<input type="checkbox"/> ALBAJ (ALBAJ)	<input type="checkbox"/> SUPERFICIE (SURFACE)	43
22	NO. DE POSICIONES (NUM. POSITIONS)	<input type="checkbox"/> ALBAJ (ALBAJ)	<input type="checkbox"/> SUPERFICIE (SURFACE)	44
INTER. AUT. (AUTO-MANUAL SWITCH)		NOTAS (NOTES)		
INTER. AUT. (AUTO-MANUAL SWITCH)		EXACTITUD +/- 0.25% IN RANGO Y AJUSTE EXTERNO DE CERO Y SPAN		

PETROLEOS MEXICANOS			CANTIDAD DE MATERIALES		CANTIDAD DE OBRAS		
SUBDIRECCION DE PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS			PROYECTO No. <u>1-884-51-02</u>		6383		
NORMALIZACION DE PROYECTO			PLANTA <u>TOMTA 120 DE 1200</u>		6383-8		
REV.			REV.		FECHA		
NO.			FECHA		MODELO (MODEL)		
REV.			FECHA		MODELO (MODEL)		
NO.	FECHA	REV.	APROBADO	RESTRICCIÓN	SERVICIOS (SERVICES)		NOTAS (NOTES)
ITP-101	0-370	160 PSI	77%		UNICA Y TRANSMITE SEÑAL (ALTO BATA) PARQUEON DE ALIAR DE MESC Y BAZOJILLA		*
ITP-102	0-370	160 PSI	77%		UNICA Y TRANSMITE SEÑAL (ALTO BATA) PARQUEON DE ALIAR DE MESC Y BAZOJILLA		*
NOTAS (NOTES): * UBICACION VER PLANO Q-590							

ESPECIFICACIONES: U-TE-2304-6365-5

MEDIDOR SENSOR DE DENSIDAD

-CLAVE: ITD-100

-SERVICIO: SENSA LOS PRODUCTOS DIESEL, GASOLINAS NOVA Y MAGNA SIN, DIAFANO Y CONTAMINADOS.

-EXACTITUD: MAS/MENOS 0.0005 GR/CM³.

-RANGO DE DENSIDAD: DE 0 A 1.5 GR/CM³.

-REPETIBILIDAD: 0.0001 GR/CM³.

-COMPENSACION: POR PRESION Y TEMPERATURA.

-EFECTO SOBRE EL SENSOR: MAS/MENOS 0.003 GR/CM³/100 PSI.

-CONEXION A PROCESO: 1" DE DIAMETRO 300# R.F.

-PRINCIPIO DE OPERACION: VIBRACION EN LINEA.

-RESISTENCIA: PLATINO INTEGRADA DE 100 OHMS.

-MATERIALES: PARTES EN CONTACTO, CAJA Y BRIDAS DE ACEPO INOXIDABLE 316.

-SEÑAL DE SALIDA: DE FRECUENCIA.

-SUMINISTRO ELECTRICO: DE 15 A 25 VDD.

L.F.R. 5/3

SURDIRECCION DE PROYECTO		PROYECTO		ESPECIFICACION NO.	
CONSTRUCCION DE OBRAS		1-710-60-01		6745	
		PLANTA, ALMTO. Y DISTRIBUCION DE T.		6740-01	
		LOCALIZACION, ATALAS CAH.			
SOLICITACION DE PROYECTO			REV.		FECHA
NO.	FECHA	CON.	TIPO DE SOLICITACION	HOJA 01 DE 07	
0	15/02/92	RLA	RTLE	APROBADO PARA COMPRA	
FABRICANTE (INTL)		MODELO		MODELI	
1.- IDENTIFICACION	VER HOJA 8 DE 9				
2.- CANTIDAD	VER HOJA 4 DE 9				
3.- CAJA	STD. FABRICANTE				
4.- COLOR DE LA CAJA	STD. FABRICANTE				
5.-					
TRANSMISOR					
6.- TIPO	ELECTRICO				
7.- EXACTITUD (NIVEL)	± 1 MM (0.04") o SUPERIOR				
8.- RANGO NIVEL / TEMP.					
9.- TIPO DE AJUSTACION DE ONDA	TAN PUNTOS DE AJUSTE PROGRAMABLES.				
10.- VELOCIDAD DEL DESPLAZADOR	VARIABLE 40 MM/S (1.56"/S) MAX.				
11.- SUMINISTRO ELECTRICO	120 V, 60 HZ.				
12.- PROTOCOLO TRANSMISION	STD. PROVEEDOR.				
13.- CABLES DE TRANSM. (VER HOJA 2)	2 (DOS) HILOS P/ TRANSMISION DE DATOS.				
14.- SEGURIDAD (INDICADOR 2 DE NIVEL)	A PRUEBA DE EXPLOSION				
15.- DISPLAY LOCAL	DE CRISTAL LIQUIDO DE CUADRO, 5 DIGITOS, PUNTO FLOTANTE.				
16.- TIPO DE DISPLAY	LCD, 2 LINEAS CADA UNA DE 16 CARACTERES, MATRIZ ALFANUMERICO.				
17.- TIPO DE CONEXIONES	BORDADAS 4" 150 # R.F. ANSI.				
18.- DESPLAZADOR	DE 3.5" (90 MM).				
19.- ELEMENTO SENSOR	PALPADOR				
20.-					
MATERIALES					
21.- SERVO COMPARTIMIENTO y CUB.	ALUMINIO FUNDIDO				
22.- COMPARTIMIENTO DE TOMADOR	ALUMINIO INOXIDABLE AISI-316				

MI-02 10/07/93 DE 13/02

FERREROLLOS MEXICANOS		en 2 niveles de almacenamiento:		6945
SUBDIRECCION DE PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS		PROYECTO: V-TID-60-03	ESPECIFICACION NO.	
		PLANTA: ALTO Y DISTRIBUCION DEST.	6945-01	
		LOCALIZACION: AYALAS, CHIH.		
NORMALIZACION DE PROYECTO		REV.	FECHA	HOJA 02 DE 09
NO.	FECHA	FECHA	ESTATUS	FABRICANTE (O/TA)
0	FEB/93	RALE	RPLE	APROBADO PARA COMPRA
REV.				MODELO

23.- TAMBOR DE MEDICION + FLECHA + TAPA DE SEPARACION HALNET.	ACERO INOXIDABLE AISI 316
24.- CABLE DE MEDICION	ACERO INOXIDABLE AISI 316
25.- SOPORTES DEL TAMBOR.	CARBON PLENOS DE TEFION.
26.- ACOPLAMIENTO MAGNETICO.	CEMICA PERDYBUR.
27.- O - RINGS	TEFION
28.- DESPLAZADOR.	ACERO INOXIDABLE 316
29.- CONEXION ELECTRICA.	3/4" NPT.
30.- RESINA.	25 VA.
31.- MODO CANTO DE RECEPCION.	> 150 dB.
32.- TRANSMISION A PPT (TERMINAL PORTATIL).	SEÑAL, CONEXION VIA WIRELESS (PILA LA CONEXION PROGRAMACION Y SERVICIO).
33.- CALIBRACION EN CAMPO Y CHEQUEO.	CON LA TERMINAL PORTATIL
34.- CORRECCION AUTOMATICA.	POR DEFORMACION DEL TANQUE, MOMENTO DEL TELHO, DESVIACION DEL TANQUE, PISO DEL CABLE Y TAMAÑO DEL DESPLAZADOR.
35.- PLACA CON IDENTIFICACION Y SERVICIO.	EN ACERO INOX, ADHESIVA EN FORMA PERMANENTE.
36.- TRANSMISION.	SEÑAL, ASCII CODIFICADA O GFSK DE MANERA MODULADA.
37.- VELOCIDAD TRANSMISION	1200/2400 BANDS PROGRAMABLES
38.- PROTECCION.	LONGITUDINAL, CUBREDO DE SUCOS DE CARACTER, PARADO.

SUBDIRECCION DE PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS	PLANTA ALMTO. Y DISTRIBUCION DE CEST.		6945.01
	LOCALIZACION. AVANOS, C.M.H.		
NORMATIZACION DE PROYECTO			REV.
REV.	FECHA	ESTADO	FECHA
0	11/93	VALIDE	11/93
APROBADO PARA COMPRA			MODELO
			MODELO

NOTAS:

- 1.- GRAVEDAD ESPECIFICA: NOVA: 0.7L; MAGNA SINI: 0.7L; DIESEL: 0.83
DIFANO: 0.8; CONTAMINADOS: 0.77-0.83
- 2.- CON RETARDO DE TIEMPO EN LA MEDICION DE NIVEL PARA EVITAR AFECTACIONES POR TURBULENCIAS.
- 3.- EL MEDIDOR DEBE SER INTRINSICAMENTE SEGURO Y FACILMENTE INTERCAMBIABLE EN DIFERENTES TIPODES DE ALMUNTO.
- 4.- CALIBRACION TANTO PARA MEDICION COMO PARA IDENTIFICACION SE PODRA REALIZAR EN SITIO A TRAVES DEL TERZO DE LA ESCALA SUBMUESTRA.
- 5.- EL ELEMENTO DE MEDICION DE NIVEL DEBERA TENER LA MINIMA CANTIDAD DE PARTES MOVILES MECANICAS Y CON LA CAPACIDAD PARA AUTODIAGNOSTICARSE.

MI-DE-1-87-DE-1	SUBODIRECCION DE PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS			PROYECTO No. <u>V-112-80-02</u>	ESPECIFICACION No.
				PLANTA. <u>ALTA, Y DISTRIBUCION DE DEST.</u>	<u>6945-01</u>
NORMALIZACION DE PROYECTO				REV.	FECHA
NO.	FECHA	FOR.	ESTADO	REVISION	FECHA
<u>0</u>	<u>FEB/83</u>	<u>EALE</u>	<u>RPLR</u>	<u>APROBADO PARA COMPRA</u>	
TRANSMISOR					
1.-	SUMINISTRO ELECTRICO	ATRAVES DEL TRANSMISOR DE NIVEL.			
2.-	MONTAJE	SOBRE EL SENSOR.			
3.-	CONEXION ELECTRICA.	3/8" NPT.			
4.-	CABLE DE TRANSMISION	UN PAR TORDIDO (PAR TORDIDO)			
5.-	CUBIERTA	A PZA. DE EXPLOSION.			
6.-					
	SENSOR	TIPO RFD MULTIPLE			
7.-	CIRCUITO DE MEDICION.	INTRINSICAMENTE SEGURO.			
8.-	EXACTITUD.	± 0.25 °C (0.45 °F).			
9.-	CONEXION A PROTOCO.	2" Ø R.F. 150 # CUERPO AEREO AL CARBON			
10.-	TEMPERADO	NO REQUIERE.			
11.-	NUM. PUNTO A SENSAR.	CERO.			
12.-	RANGO DE TEMPERATURA.	-20°C A +90°C (-4°F A +194°F)			
13.-	MATERIAL DEL ELEMENTO.	PLATINO			
14.-	MATERIAL DEL TUBO PROTECTOR	NYLON II			

MI-02-197 DE

SUBDIRECCION DE PROYECTO				PLANTA: <u>A19 B</u>	NOVA OS DE 09
Y. CONSTRUCCION DE OBRAS				LOCALIZACION: <u>ATILLOS, CHIH.</u>	PARAGUENTE (M ²):
NORMALIZACION DE PROYECTO				REV.	FECHA
NO.	FECHA	POE	EXEQUY	DELEGADO	MODELO
0	FEB/99	KALE	RPLE	APROBADO PARA COMPRA	MODELO

CLAVE	DT I	PRESION BR. (PSIG)	TEMP. OP. (°F)	ALTURA TANQUE (M)	FLUIDO ALMTD.	SERVICIO
TN/TT-101	PR-101 1/2	ATMOSF.	100	10.99	CONTAM.	NIVEL/TEMP. EN TV.1
TN/TT-102	PR-101 1/2			12.19	NOVA	TV-2
TN/TT-103						TV-3
TN/TT-104						TV-4
TN/TT-105					MAGNA SIN	TV-5
TN/TT-106						TV-6
TN/TT-107	PR-101 1/2				DIESEL	TV-7
TN/TT-108						TV-8
TN/TT-109						TV-9
TN/TT-110					DIAPANO	TV-10
TN/TT-111						TV-11
TN/TT-112						TV-12
TN/TT-16	PR-101 1/2				MAGNA SIN	TV-16

SUBDIRECCION DE PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS	PROYECTO No. <u>1-70-60-01</u>	ESPECIFICACION No. <u>6945-01</u>
	PLANTA: <u>ALMTB. Y DISTRIBUCION DE DIST.</u>	
	LOCALIZACION: <u>AYALAS, CAH.</u>	
NO REALIZACION DE PROYECTO	REV. _____	FECHA _____
FECHA	PER	EXPRESE
0	FEB/73	ELE RPLE
REV.	APROBADO PARA COMPRA	

INTERFASE (CASADO EN MULTIPLEXADOR)	
1.- IDENTIFICACION.	IF-200
2.- CANTIDAD.	UNA.
3.- SERVICIO	INTERCOMUNICACION ENTRE INSTRUM.
4.- CAPACIDAD REQUERIDA.	(14 NODOS NIVEL-TEMPORAL, INDICADOR DIGITAL.
ACTUAL	
FUTURA.	44 NODOS MAX
5.- CAJA.	PROPOSITOS GENERALES.
6.- MONTAJE	EN RACK
7.- EXACTITUD.	MEJOR QVQ $\pm 2 \text{ mm}$ ($\pm 0.07''$).
8.- SENSITIVIDAD.	$\pm 0.1 \text{ MM}$ ($0.004''$).
9.- REPETIBILIDAD.	0.1 MM ($0.004''$).
10.- SUMINISTRO ELECTRICO.	120V, 60 Hz.
TRANSMISION	
11.- AISLAMIENTO.	2500 VCA (AISLAMIENTO POR MEDIO DE TRANSFORMADORES)
12.- LINEA DE CAMPO	2 CONDUCTORES (1 PAR TRENADO) POR GRUPO DE 10 TO
13.- MODULACION	MARCO BI-FASE COMPATIBLE CON (ML-STD-1553B).
CENTRAL (COMUNICACION)	
14.- PROTOCOLO	DE RED ES SEMIDUPLEX, CARACTERES ASCII PARIDAD IMPAR Y LRC.
15.- TRANSMISION.	RS-232C NO AISLADO, TRANSMISION ASINCRONA, LA CIU SE COMPORTA COMO UNA DTE, SEÑALES COMO RTS, CTS, BSR Y DTR ESTAN EN SOPORTE.
16.- VELOCIDAD DE TRANSMISION.	1200 BAUDS $\pm 2\%$ (30 Bd EN MODA TERMINAL).

MT-DE-IND-ANEX-DE-1

SUBDIRECCION DE PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS		PROYECTO PLANTA ALTO Y DISTRIBUCION DE DEST. LOCALIZACION AVILLOS CHIH.		6/48-01
NORMALIZACION DE PROYECTO		REV.	FECHA	NO. DE DE 09
NO.	FECHA	POR	ESTADO	FECHAS DE VIGENCIA
0	FEB/93	RALE RPLE	APROBADO PARA COMPRAS	
				MODELO MODELL

17.- CONFIGURACION	Por PROVEEDOR
CAYPO (COMUNICACION)	
18.- PROTOCOLO:	Por PROVEEDOR
19.- CARACTERES:	ASCII CON PARIDAD 1YPAR. CHECKEO DE LA INTEGRIDAD DE LA INFORMACION POR BIT DE PARIDAD Y REVISION DE REDUNDANCIA
20.- TRANSMISION:	YARCA BI-FASE COMPRESOR CON O SIMILAR. RETARDO LADO COMPLETO DE 50msec MINIMO.
21.- TEMPERATURA DE OPERACION:	0 - 90°C
22.- HUMEDAD:	0 - 95% REL (SIN CONDENSAR)
23.- PLACA DE IDENTIFICACION:	EN ALUMINIO, GRABADA EN FORMA PERMANENTE.

216

SUBDIRECCION DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION DE OBRAS	PLANTA, ALTA Y DISTRIBUCION DE FIBRA		LOCALIZACION: AVALOS, CHIL.		6740-01
	NORMALIZACION DE PROYECTO		REV.	FECHA	NOVA 08 DE 09
REV.	NO.	FECHA	PER.	TIPO DE LOCALIZACION	PARTE DEL NIVEL
	0	FEB/09	RALA	RPR	APROBADO PARA COMPRA
					MODELO INIBELT

1.- IDENTIFICACION	IUN-200
2.- CANTIDAD	1 (UNO)
3.- SERVICIO	NIVEL DE DESTILADOS, ENTANQUE DE ALTO.
4.- MONTAJE	TABLERO
5.- TIPO	DIGITAL
6.- SUMINISTRO ELECTRICO.	SUMINISTRADA POR LA RED DE COMUNICACION DE DATOS DE CAMPO 21-24 VCD, 2 CABLES EN RESISTOR INTERNO, QUE PERMITE COMPENSAR POR PERDIDA EN LAO DE AUM.
7.- ENTREGAS Y SOLIDAS DE DATOS A TRAVES DE	RED DE COMUNICACION DE DATOS, 2 CABLES, LINEA CALAMIERO y LAO DE CAIDA MULTIPLE.
8.- PROTOCOLO DE DATOS	EN SECUENCIA y SINCRONIZACION CON EL TRANSMISOR DE NIVEL/TORR.
9.- DIRECCIONAMIENTO DE NODO	PREDETERMINADO POR EL CABLEADO.
10.- TIPO DE DESPLAZADO.	POR PROVEEDOR.
11.- CAPACIDAD	20 NODOS DE CAMPO
12.- TIPO DE SELECCION P/LA T.O'S.	POR PROVEEDOR.
13.- CONFIGURACION	LA CAPACIDAD DE COMUNICACION A TRAVES DE LA INTERFAJE, PERMITE LA MODIFICACION O RECONFIGURACION DINAMICA DE TODOS LOS DATOS DE LA CONF.
14.- TEMPERATURA DE OPERACION	AMBIENTE
15.- TERMINALES DE CAMPO.	2 CABLES, 20 AWG.
16.- CARCASA.	NEMA 7.

