

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE PETROLEO**



**SISTEMAS DE MEDICIONES AUTOMATICAS**

**UNIDADES LACT**

**TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL  
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO DE PETROLEO**

**LUIS ENRIQUE CULQUI PADILLA**

**PROMOCION 85 II**

**LIMA - PERU**

**2002**

## **CONTENIDO**

1. Introducción
2. Diseño de una Unidad LACT
  - 2.1. Componentes de una Unidad LACT
3. Sistema de Probadores
4. Diseño de Probadores de Tubos
  - 4.1. Consideraciones Iniciales
  - 4.2. Caída de Presión a Través del Probador
  - 4.3. Volumen
  - 4.4. Velocidad del Desplazador
  - 4.5. Repetibilidad y Exactitud
  - 4.6. Dimensiones del Probador
  - 4.7. Cálculos de Muestreo Para el Diseño
5. Equipamiento
  - 5.1. Materiales y fabricación
  - 5.2. Estabilidad en Temperatura
  - 5.3. Medición de Temperatura
  - 5.4. Medición de Presión
  - 5.5. Dispositivos de Desplazamiento
  - 5.6. Válvulas
  - 5.7. Conexiones
  - 5.8. Detectores
  - 5.9. Generadores de Pulsos del Medidor
6. Probadores de Tubo - Método Waterdraw
  - 6.1. Método Waterdraw
7. Calibración de Medidores
  - 7.1. Objetivo
  - 7.2. Tipos de Probadores
  - 7.3. Calibración de una Unidad Lact
  - 7.4. Factor del medidor
  - 7.5. Preguntas
  - 7.6. Cálculos
8. Gráficos de Control y Métodos Estadísticos
  - 8.1. Gráficos de Control
  - 8.2. Mediciones Estadísticas
  - 8.3. Carta de calibración
  - 8.4. Seguimiento Estadístico del Factor del Medidor (FM)
9. Conclusiones.
10. Recomendaciones
11. Anexos y Gráficos

## **1. Introducción**

Las primeras unidades fueron desarrolladas en EEUU en 1940. Estos primeros sistemas eran caros y complicados, no requerían atención y mantenimiento y crearon bastante escepticismo entre ambas partes, productores y compradores. La aparición de numerosos talleres de soldadura dedicados al ensamblado que podían fabricar unidades a un bajo costo inicial, motivó la aparición de numerosos problemas de servicio, los cuales hicieron que las unidades fueran aceptadas muy lentamente por la industria.

Desde un punto de vista menos formal se puede decir que una unidad LACT es un conjunto de equipos y tuberías montado sobre un patín, diseñado de tal manera que permite medir exactamente la cantidad y calidad de un líquido. Lo más importante es que todos los componentes utilizados para la medición deben ser capaces de ser controlados por una adecuada y correcta operación.

Se puede comparar la operación de una unidad LACT a una CAJA REGISTRADORA. Como la caja registradora, una unidad LACT debe ser capaz de comprobar si es correcto la información sobre el producto suministrado por el vendedor.

Están diseñadas para eliminar los numerosos problemas asociados con grandes baterías de tanques y para suministrar lo necesario para la sola transferencia del crudo desde la planta de tratamiento al oleoducto.

## 2. Diseño de una unidad LACT.

Existen muchos factores que afectan el diseño de una unidad LACT. El caudal, la viscosidad, la temperatura, la presión y el tipo de líquido a ser medido, son algunas de las condiciones que deben ser consideradas cuando se diseña una unidad LACT.

### 2.1 Componentes de una unidad LACT.

Una aplicación especial para la medición de líquidos como el petróleo crudo y productos refinados es una unidad LACT. Este es un sistema que automáticamente transfiere el producto desde una locación a otra y consiste de varios elementos básicos: ( Ver anexos 1A y 1B).

#### 2.1.1 Bomba de Carga ó Transferencia

La bomba de transferencia es necesaria para presurizar el producto a través del sistema de medición. **No debe producir flujo pulsante** y la presión debe ser compatible con el sistema de oleoductos, después de que se verifique una caída de presión normal a través de la unidad. En una correcta selección de la bomba de transferencia se debe considerar: el volumen a ser transferido, la presión deseada a la salida de la unidad, la altura neta de presión de succión disponible (NPSH), la temperatura de bombeo del producto, densidad y viscosidad del mismo y/o otras características del fluido que podrían afectar el diseño.

Las bombas centrífugas se adecuan mejor a aquellas aplicaciones que requieren grandes volúmenes a bajas presiones, generalmente 60 psi y más bajas. Las bombas rotativas de desplazamiento positivo son adecuadas para transferir pequeños volúmenes. Como regla general las presiones de operación que excedan las 130 psi son considerados antieconómicas para la mayoría de las unidades LACT estándares con medidores de desplazamiento positivo, PD. Cuando se necesite bombear crudos con altas viscosidades o se requieran altas presiones de descarga para entregar el producto, generalmente es mejor instalar una bomba adicional en la descarga de la unidad, esto permite que la parte de

medición y monitoreo del sistema operen a bajas presiones y sean menos perjudiciales.

Para la mayoría de las operaciones de las unidades LACT la bomba centrífuga es la más aplicable debido a sus características de flujo no pulsante y menos emisión de vibración.

Existe un concepto erróneo acerca de las bombas centrífugas aplicadas sobre las unidades LACT, interpretándose a las mismas como un mezclador para el fluido. En realidad, la bomba centrífuga a causa de la marcha de los impulsores despiere el fluido y actúa como un separador. El agua y el crudo son separados como en una centrífuga de laboratorio.

Una bomba a pistón puede causar problemas con la medición del fluido al provocar pulsaciones en el flujo, es mejor evitar el uso de este tipo de bombas en las unidades LACT. Si fuera necesario utilizarlas, las mismas deben ubicarse aguas abajo del sistema de medición tan lejos sea posible y en todos los casos deben usar amortiguadores de pulsaciones.

### **2.1.2. Monitor de Agua y Sedimento ( BS&W)**

Históricamente los monitores de agua y sedimento han sido utilizados como indicadores del exceso de agua contenida en el petróleo.

Cuando el agua es detectada por encima de una cantidad fija, por ejemplo 0.25 %, una señal suele ser enviada a un panel de alarma o a un solenoide sobre una válvula de tres vías que desvía el crudo fuera de especificación de regreso al tanque de tratamiento. El crudo es automáticamente direccionado a través de la unidad LACT, si el contenido de agua presente en el crudo retorna a especificación. ( Ver anexo 2 y 3).

### **2.1.3. Válvula de Tres Vías**

La válvula de tres vías es utilizada para retornar el crudo al tanque si se verifica que el corte de agua esta fuera de especificación. Se debe tener la precaución de asegurar una presión constante sobre el sistema cuando la válvula se encuentra en el modo de “ **desvío** ”. Si el sistema esta cargado

con una bomba centrífuga y el mismo funciona en el modo desvío sin una válvula de contrapresión, la bomba puede desviarse de su curva. Algunas válvulas de tres vías son desbalanceadas y requieren una diferencial no mayor de 40 psi a través de ellas; otras válvulas de tres vías están balanceadas pero requieren configuraciones de la tubería que resultan en altas caídas de presión. Al utilizar la válvula correcta para la aplicación, se observa un cambio suave en el rechazo de la venta.( Ver anexo 4).

Los dos componentes antes citados conjuntamente con un set de presostatos de alta y baja presión constituyen lo que se denomina **Unidad de Rechazo**.( Ver anexo 5A y 5B).

#### **2.1.4.Mezclador Estático**

El mezclado uniforme del líquido en línea se lleva a cabo al máximo caudal utilizando un mezclador estático. La velocidad a través del mezclador no debe ser menor de 1.22 m/seg ., pues si esto ocurre no se verificara un adecuado mezclado. Estos elementos producen pequeñas caídas de presión y se utilizan cuando no se logran las condiciones que permitan obtener una verdadera muestra representativa.(Ver anexo 6 )

#### **2.1.5.Muestreador Automático**

El sistema de muestreo es una parte muy importante de la unidad LACT. El medidor determina la **cantidad** y el sistema de muestreo la **calidad**.

Un sistema de muestreo esta compuesto por una sonda para la extracción de la muestra y un recipiente para almacenar el producto. Los muestreadores pueden ser accionados eléctrica o neumáticamente.

Cualquier técnica para coleccionar muestras de una corriente adecuadamente mezclada, en la cuál la cámara coleccionadora esta diseñada de tal manera, que la corriente que ingresa tiene la misma velocidad que la corriente que circula en el oleoducto, cumple perfectamente con su cometido. El más barato y adecuado sistema es un tubo extractor cortado en ángulo de 45° con el extremo abierto de frente al flujo, la sonda debe estar a 1/3 de la línea central de flujo; la muestra es dirigida

hacia un cilindro a intervalos regulares controlados por el flujo o el tiempo.

Así, se encuentran muestreadores que pueden ser actuados por temporizadores ( proporcionales al tiempo ) o bien aquellos que son proporcionales al caudal. La velocidad y también la cantidad de muestra es ajustable en la mayoría de muestreadores.

Un tipo de contenedor es el llamado cilindro de muestra, la presión de línea se mantiene sobre una cara del pistón, mientras que sobre la otra cara se iguala la presión mediante la utilización de un tubo de nitrógeno. Respecto a las conexiones se utilizan acoplamientos rápidos los cuales hacen más fácil la remoción, este tipo de muestreador es el más adecuado para aquellos fluidos que contienen productos livianos que podrían perderse utilizando contenedores del tipo pote.( Ver anexo 7, 8 y 9 )

#### **2.1.6. Densímetros**

Son dispositivos que miden la densidad de un fluido; la exactitud va de 0.0002 a 0.0005 g/cm<sup>3</sup>., la densidad sobre una unidad LACT se toma normalmente sobre un torbellino a través de una caída de presión.

La dirección del flujo en el densímetro es siempre hacia abajo para mantener la vibración del tubo libre de desechos. Puede ser montado en un ramal vertical o formando un ángulo de 45°.

#### **2.1.7. Eliminador de Aire o Desgasificador.**

Un método para eliminar los gases libres del líquido que fluye bajo presión a través de la tubería es el empleo de un eliminador de aire. Este elemento permite la inmediata medición del producto mientras se mantiene la presión en línea, eliminando así la necesidad de retenciones en tanques de almacenaje que pueden resultar costosos.

Mecánicamente puede estar constituido por un recipiente horizontal o vertical, dependiendo del tipo de aplicación y de las limitaciones de espacio. El recipiente es dimensionado para que el fluido tenga suficiente tiempo de retención y permitir que las burbujas de aire se eleven hacia la parte superior. Para

ayudar a eliminar este gas o aire el interior del desgasificador tiene una serie de placas de acero inclinadas para coleccionar y segregar estas burbujas.

Un eliminador de aire adecuadamente diseñado creara una reduccion en la velocidad de la corriente de fluido con lo cual el "gas libre" quedara atrapado en la parte superior de la camara. Al igual que el gas acumulado, el nivel del liquido disminuye, provocando la apertura de la valvula de aguja operada por un flotador, permitiendo la descarga del gas del eliminador. Normalmente las unidades LACT estan equipadas con una valvula de contrapresion la cual asegurara suficiente presion diferencial para descargar el gas del eliminador.( Ver anexo 10)

### **2.1.8. Filtros**

El proposito del filtro es atrapar solidos, desechos u otras particulas que pueden ser nocivos para los mecanismos sensibles de la unidad y afectar la medicion. Los filtros canasta en linea son utilizados en conjunto con los medidores volumetricos y bombas.

Los filtros pueden ser equipados con tapas de apertura rapida o bien la tapa puede ser una brida ciega. Normalmente se colocan manómetros de presion diferencial y/o interruptores a traves del canasto para senalar la presion diferencial, generalmente se colocan en la parte superior de la tapa de un eliminador de aire para permitir el escape del mismo cuando se llena el sistema.

El material del canasto puede ser de acero al carbono o acero inoxidable con agujeros de 1/8" y distancias entre centros de 3/16".( Ver anexo 11 )

### **2.1.9. Medidor**

La medicion del petroleo crudo e hidrocarburos refinados se hacen primariamente con medidores de desplazamiento positivo ( PD ) y turbinas.

El **medidor PD** opera sobre el principio de dividir la corriente de fluido en segmentos individuales y contar el numero de

segmentos que pasan a través de la línea. Los medidores de desplazamiento positivo para unidades LACT varían en dimensiones desde 2" a 16" y en un rango de 600 a 13000 bls/h, con bridas cuya serie va de 150 a 600 psi. Existen medidores de dimensiones más grandes, pero el costo tiende a ser muy elevado, en el caso de aumento de caudal es importante aumentar el número de medidores, Este tipo de medidor es utilizado en fluidos cuya viscosidad es muy alta.

La linealidad de un medidor PD es normalmente  $\pm 0.25\%$  y la repetibilidad  $\pm 0.02\%$ .( Ver anexos 12, 13 y 14 )

La torre normal para un medidor de este tipo en servicio LACT, cuando no se dispone de energía es una torre directa sin ningún impulsor en ángulo recto para compensación. El impulsor en ángulo recto se utiliza para vincular un generador de pulsos de alta frecuencia necesaria para probar. Algunas veces el generador de pulsos es parte de la torre, entonces el impulsor en ángulo recto no es necesario. Sobre la parte superior del generador se monta un contador mecánico con o sin impresor de tarjetas a los efectos de registrar el volumen total a través de un periodo de tiempo. Con el contador hay un visor que muestra la cantidad total y cuyas unidades son: m<sup>3</sup>, bls, lts etc. y un totalizador no restaurable. En ocasiones un generador de pulsos de alta frecuencia ( 1 pulso/m<sup>3</sup> o 1 pulso/bl ) es el ultimo ítem de la torre y se incluye para detectar fallas en el medidor.( Ver anexos 15, 16 y 17 )

Cuando se dispone de energía, la torre se configura de la misma manera que la anterior y los pulsos de alta frecuencia son enviados a un computador de flujo, mientras que el impresor de tarjetas es reemplazado por una impresora.

El **medidor a turbina** mide la velocidad de flujo en la línea, utilizando un rotor que gira a una velocidad angular proporcional al caudal. Los medidores a turbina se disponen en un rango de 1" a 24" y en serie de 150 a 2500 psi. Los rangos de caudal de dichos medidores van de 10 a 50000 bls/h. El rango de temperatura para estos medidores va de  $-45$  a  $120^{\circ}\text{C}$  para las dimensiones más pequeñas y de  $-45$  a  $371^{\circ}\text{C}$  para los de dimensiones más grandes. Estos medidores son usados para fluidos menos viscosos y para los derivados del petróleo donde tiene gran aplicación.

La linealidad de un medidor a turbina es de  $\pm 0.15\%$  y la repetibilidad  $\pm 0.02\%$ .

Para aplicaciones de las unidades LACT, la salida de pulsos de la turbina es enviada a un computador de flujo, donde se registran el volumen total y el caudal. ( Ver anexos 18 y 19 )

### **2.1.10. Válvulas de bloqueo**

Son utilizadas cuando no es necesario verificar que el flujo ha sido detenido. Pueden ser esféricas, tipo tapón, esclusas o tipo mariposa.

Algunas veces sobre las válvulas se utilizan operadores eléctricos o neumáticos, ya sea para la operación remota o porque las mismas son muy difíciles de operar manualmente. Si se usa un operador eléctrico o neumático se debe utilizar la posición de los interruptores para enviar una señal al panel de control que indique la posición de la válvula.

### **2.1.11. Tees de Conexión al Probador**

Todas las configuraciones de unidades LACT incluyen dos tees bridadas de conexión al probador. Estas tees ( uno aguas arriba y uno aguas abajo de la válvula de doble bloqueo y purga ) son utilizados para desviar el flujo a través del probador y se pueden suministrar con coples para transmisores de presión y temperatura.

Las válvulas se colocan normalmente entre la tee de salida y la conexión al probador, las mismas pueden ser de paso total y se debe tener la precaución de no provocar altas caídas de presión cuando el fluido es direccionado a través del probador. Cuando se conecta más de una ramal al probador, se deben utilizar válvulas de doble bloqueo y purga para asegurarse que ningún tipo de fluido se desvía al mismo. Se pueden suministrar conexiones de mangueras con acoplamientos rápidos en el caso de que se tenga un probador del tipo portátil. Generalmente 6" es la medida más grande para conexiones de manguera. Se deben proveer tapas para las conexiones rápidas, para evitar la entrada de agua o polvo cuando la unidad LACT no esta conectado al probador.

### 2.1.12. Probador

Los métodos comunes para probar un medidor, incluyen el probador volumétrico, el medidor maestro y el probador de desplazamiento mecánico.

El **probador volumétrico** es un recipiente de volumen conocido; el flujo que pasa a través del medidor que esta siendo probado, es desviado dentro de este recipiente de modo que pueda ser determinada en forma precisa la cantidad de liquido que pasa a través del medidor.

El método del **probador maestro ( master meter)** utiliza un medidor calibrado en serie con el medidor bajo prueba. Se efectúan lecturas simultaneas de los totalizadores en el comienzo y al final de la prueba, comparándose el volumen indicado en el medidor maestro y el del medidor en prueba.

Los **probadores de desplazamiento mecánico** consisten de una sección calibrada de tubería con un desplazador cilíndrico o esférico dentro del mismo. El flujo pasa a través del medidor en prueba y también del probador. El operador opera un switch que inicia una cuenta de pulsos en un totalizador electrónico, solamente durante el período en que se esta moviendo dentro la sección calibrada. Este tipo de probadores son los más comunes en la actualidad puesto que permiten pruebas bajo condiciones reales de operación. La norma API establece que sobre un bajo corte inesperado de agua (“**water draw**”) la repetibilidad sobre el probador debe tener una desviación máxima de 0.02 a 0.0002 % o dos partes en 10,000. En operación normal la máxima desviación admitida es de 0.05 a 0.0005 % o lo que es lo mismo decir 5 partes en 10,000. Los sistemas de prueba son abarcados en detalle en el capítulo 4 del Manual de Normas para la Medición de Petróleo API. ( Ver anexo 20 y 21 )

Varios factores de corrección se aplican a volúmenes del probador y medidor, en función de producir un factor de corrección para el medidor. Este factor se usa como multiplicador para corregir el volumen a las condiciones base, generalmente a 60° F y presión atmosférica o presión de equilibrio cuando se trata de LPG.

### 2.1.13. Prueba de Medidores.

La prueba de medidores es un procedimiento utilizado para determinar la exactitud de un medidor. Este proceso se aplica normalmente a medidores de desplazamiento positivo y turbinas, puesto que ellos dan lecturas directas del volumen desplazado. En el ensayo o prueba del medidor, el volumen que pasa a través del mismo es comparado con el volumen verdadero del probador ( volumen base) por lo que el factor del medidor puede expresarse:

$$\text{Factor del Medidor ( MF) } = \frac{\text{Volumen verdadero ( Probador)}}{\text{Volumen indicado (Medidor)}}$$

#### a) Principales Factores de Corrección

Existen cuatro (4) principales factores de corrección involucrados en el cálculo de las cantidades liquidas: CTS, CPS, CTL, CPL.

Estos factores se originan por los efectos de la temperatura y la presión sobre:

- El probador de desplazamiento mecánico y medidor
- El liquido en si.

**CTS:** Factor de corrección por efecto de la temperatura sobre el acero. El probador de desplazamiento mecánico cuando esta expuesto a un cambio de temperatura cambiara su volumen de acuerdo al grado de exposición.

**Nota:** Se asume que la temperatura del acero es la misma que la del líquido y esta indicada por los termómetros de entrada y salida del probador. El liquido debe ser circulado a través del mismo hasta que se obtenga una estabilidad de la temperatura antes de iniciar las pruebas.

$$\text{CTS} = 1 + ( T - 15^{\circ} \text{ C} ) * \text{Gamma}$$

Donde:

T : Temperatura de la pared del probador en ° C  
 Gamma : Coeficiente de dilatación del acero al carbono .  
 En 1/ °C ( 0.00003348 ).

**CPS:** Factor de corrección por efecto de la presión sobre el acero. El probador de desplazamiento mecánico cuando está sujeto a una presión interna se deformará elásticamente provocando un cambio de volumen de acuerdo con la magnitud de la presión.

$$CPS = 1 + ( P * D / E * t )$$

Donde :

P : Presión interna en psi

D : Diámetro interno del probador en plg.

E : Modulo de elasticidad del acero ( 2068500.001 ).

t : Espesor de la pared del probador en plg.

**CTL:** Factor de corrección por efecto de la temperatura sobre el líquido. Si un volumen de petróleo líquido está expuesto a un cambio en la temperatura, se dilata tanto como la temperatura se incrementa o se contraerá si la temperatura disminuye. El cambio de volumen es proporcional al coeficiente de dilatación térmica del líquido el cual varía con la densidad y la temperatura.

**Nota :** La temperatura del líquido puede o no ser la misma en el medidor como en el probador, por esta razón se deben observar los termómetros de ambos equipos y determinar el CTL para las dos lecturas.

$$CTL = EXP ( - \alpha * ( T-15 ) - 0.8 * (\alpha)^2 * T-15 )^2 )$$

Donde:

Alfa =  $Ko / (\text{Rho})^2 + Kl / \text{Rho}$  ( Coeficiente de Expansión térmica

Ko: 613.9723 y Kl = 0 ( para petróleo crudo)

Rho: densidad del petróleo en Kg / m3.

**CPL:** Factor de corrección por efecto de la presión sobre el líquido. Si un volumen de líquido está expuesto a un cambio de presión disminuirá cuando la presión se incremente y aumentará cuando la presión disminuya. El cambio de volumen es proporcional al factor de compresibilidad del líquido ( F ) el cual depende de la densidad y la temperatura.

$$CPL = 1 / ( 1 - F * (P_m - P_e) )$$

Donde:

P<sub>m</sub> : Presión medida

P<sub>e</sub> : Presión de equilibrio

F : Factor de compresibilidad del líquido

$$F = \exp \left( -1.62080 + (0.0021592 * T) + (0.87096 / \rho) + (0.0042092 * T) / (\rho)^2 \right)$$

Donde:

T : Temperatura en ° C

ρ : densidad del líquido en gr/cm<sup>3</sup>.

Finalmente el producto de estos cuatro factores es igual al **Factor de Corrección Combinado ( CCF )**.

$$CCF = CTS * CPS * CPL * CTL$$

#### **2.1.14. Válvula de Contrapresión/ Válvula de Control de Caudal**

Estas válvulas están colocadas aguas abajo del medidor y de las conexiones al probador, para mantener una condición de presión sobre el medidor y el sistema probador. Las válvulas de contrapresión son seteadas normalmente a 20 psi encima de la presión de vapor del fluido que se está midiendo.

Las válvulas de control de caudal se utilizan para mantener constante el caudal deseado. Cuando el nivel del tanque que alimenta la bomba de carga, o cuando se pone o saca de servicio el probador, tendrá lugar un cambio en el caudal, si solamente contamos con una válvula de contrapresión. Puesto

que un medidor se prueba al caudal que se debe operar, se debe mantener este parámetro constante para varias condiciones.

#### **2.1.15. Válvulas de Retención.**

Estas válvulas se usan en la descarga de los ramales sobre la unidad LACT para asegurar que ningún fluido ingresa al sistema en sentido contrario.

#### **2.1.16. Válvulas de Seguridad.**

La más utilizada en la unidad LACT es la de alivio térmico. Estas válvulas se dimensionan solamente para aliviar la presión debido a la presión térmica del fluido y se usan cuando existe la posibilidad de daños al equipamiento entre dos puntos cerrados.

#### **2.1.17. Sistema de Drenaje**

Las unidades Lact requieren de un sistema de drenaje que permita que cada componente que posea un drenaje y que esta ubicado después del medidor este controlado.

Después que el líquido es medido no debe haber pérdidas por los drenajes. Esto se lleva a cabo con un sistema de drenaje el tipo abierto. Si se requiere de un sistema del tipo cerrado se debe instalar un visor de vidrio u otro dispositivo para asegurar que ningún líquido se pierda después de la medición.

#### **2.1.18. Venteos.**

Los venteos son utilizados en los puntos más altos de la unidad LACT y también sobre los filtros para liberar el aire que podría quedar atrapado. Estos venteos aunque eliminara algo de aire no están diseñados para ser utilizados como un desgasificador. Si se verifica la presencia de grandes cantidades de aire se deben usar eliminadores de aire.

#### **2.1.19. Instrumentación.**

La instrumentación necesaria para un medidor de liquido varía con la aplicación de la medición. En la mayoría de los casos, es

necesario compensar por los efectos de la temperatura sobre el volumen pasado a través del medidor. Un medidor compensado por temperatura a menudo posee un totalizador bruto que indica el volumen que paso en las condiciones de línea y un totalizador neto o compensado que indica el volumen pasado a condiciones standart ( 15° C ). Con los medidores de desplazamiento positivo antiguamente la compensación de temperatura se hacia mecánicamente. Mientras que en las turbinas debe ser hecha electrónicamente puesto que estas generan pulsos como señal de flujo.

Los transmisores de presión y temperatura y también los manómetros deben poseer buena precisión exactitud. Los transmisores envían una señal de 4 - 20 mA, al panel de control; esta información se utiliza en el cálculo de las cantidades de líquido, por consiguiente se debe proveer un equipamiento extremadamente exacto. Los manómetros deben ser fáciles de leer mantener.

Los transmisores de temperatura y termómetros están ubicados en termovainas que se extiende hasta 1/3 del centro de la tubería. Los transmisores de presión y manómetros dispondrán de una válvula de purga que permitirá que los mismos sean controlados y calibrados sobre la tubería.

### **2.1.20.Panel de Control.**

El panel de control es el nervio central de la unidad LACT y por lo tanto controla sus funciones y operaciones. El mismo puede ser montado o sobre el patín ( panel local) o fuera del mismo ( panel remoto ). Además la caja de equipamiento, se alojara además un computador de flujo que calculara y documentara los volúmenes según el capítulo 12 del Manual de Normas para Mediciones de Petróleo, API; el mencionado panel de control se usa también para identificar las siguientes funciones:

- a) Alto y bajo caudal
- b) Alta y baja presión
- c) Alta presión diferencial de filtros
- d) Alto contenido de BS&W

- e) Falla del medidor
- f) Falla de alineación de la válvula
- g) Aborto de prueba
- h) Posición de alineación de válvula
- i) Selección del medidor.

El panel de control también procesa la siguiente información en lo que se refiere a entradas:

- a) Interruptor de señal de selección de ramal
- b) Interruptor de señal si/no LACT
- c) Interruptor de señal si/no del muestreador automático
- d) Botón de reconocimiento de alarma
- e) Botón de reinicio (“reset”) de alarma
- f) Botón de inicio de prueba
- g) Botón para abortar prueba
- h) Interruptores de detector de esferas.

Además el mencionado panel puede suministrar una señal de paro ( local o remoto)por las siguientes causas:

- a) Largo tiempo de rechazo
- b) Falla de un componente
- c) Falta de presión de línea.

### **3. Sistema de Probadores**

Dentro del sistema de probadores para medidores comúnmente usados por la mayoría de operadores de petróleo tenemos

- a) Probadores Convencionales de Tubo
- b) Probadores de Volumen Pequeño
- c) Probadores de Tanque
- d) Probadores de Medidores Maestros

En nuestras operaciones usamos los probadores convencionales de tubo, de desplazamiento mecánico bidireccionales.

## **4. Diseño de Probadores de Tubo**

### **4.1. Consideraciones Iniciales**

Antes que un probador de tubo sea diseñado o seleccionado, es necesario establecer el tipo de probador requerido para la aplicación y la manera en la cuál será conectado con la cañería del medidor. Del estudio de la aplicación, uso destinado y limitaciones de espacio, se debe establecer lo siguiente:

a) Si el probador va a ser fijo o móvil

1. Si el probador es fijo, en línea, o utilizado como parte de un sistema central.

2. Si el probador es fijo y en línea, si estará en servicio continuo o aislado del flujo medido cuando no es utilizado para probar un medidor

3. Si el probador es fijo que partes, si existe alguna, son convenientes que estén bajo suelo.

b) Los rangos de temperatura y presión que serán tomados en cuenta.

c) Los caudales máximos y mínimos esperados y la estabilidad del caudal.

d) La máxima caída de presión permitida a través del probador

e) Las propiedades físicas de los fluidos a ser manejados

f) El grado de automatización a ser incorporado en la operación de prueba

### **4.2. Caída de la Presión a Través del Probador.**

Cuando se determina la medida de la tubería y las entradas a utilizar en la conexión y en el probador, la pérdida de presión a través del sistema del probador de tubo, será compatible con la pérdida de presión considerada como tolerable a través de los medidores.

### **4.3. Volumen**

En la determinación del volumen de un probador entre detectores, el diseñador deberá considerar lo siguiente:

- a) La repetibilidad total requerida al sistema de prueba
- b) La repetibilidad de los detectores
- c) La acumulación de 10,000 pulsos no alterados o el uso de interpolación de pulsos.
- d) La resolución del generador de pulsos por unidad de volumen
- e) Los caudales máximos y mínimos del sistema.

### **4.4. Velocidad del Desplazador**

La velocidad del desplazador ( esfera ) puede ser determinada por el diámetro interno del probador de tubo y los caudales máximos y mínimos de los medidores a ser probados. Debe establecerse un límite práctico a la velocidad máxima de un desplazador para prevenir daños al desplazador y a los detectores. Los resultados obtenidos demuestran que es mejor utilizar este criterio. Los resultados son manifestados en la repetibilidad, exactitud y reproducibilidad de los factores de medición utilizando el probador en cuestión.

La mayoría de los operadores y diseñadores están de acuerdo en que 10 pies ( 3 metros ) por segundo, es una especificación de diseño típica para los probadores unidireccionales y velocidades arriba de 5 pies (1.5 metros ) por segundo son típicas en probadores bidireccionales. Pueden ser posibles velocidades más elevadas, si el diseño incorpora un medio para reducir golpes de ariete y reducir la velocidad del desplazador antes que complete su pasada. La velocidad mínima del probador también debe ser considerada, especialmente en líquidos que tiene poca o ninguna capacidad lubricante, así como la gasolina que contiene una alta cantidad de aromáticos o de gas líquido del petróleo. Cuando la capacidad lubricante es pobre o inexistente y el desplazador es operado a

velocidades bajas este puede moverse, parar y volverse a mover. Debemos aclarar que por “velocidades”, se refiere a velocidades uniformes entre los detectores.

## **4.5. Repetibilidad y Exactitud**

### **4.5.1. Condiciones Generales**

El requerimiento esencial de un probador es que pruebe la exactitud de los medidores; sin embargo, la exactitud no puede ser establecida directamente porque depende de la repetibilidad de los medidores, de la exactitud de los instrumentos y de la incertidumbre del volumen base del probador. La repetibilidad de cualquier combinación de probador / medidor puede ser determinada llevando a cabo una serie de mediciones repetidas bajo condiciones controladas cuidadosamente y analizando los resultados estadísticamente. La repetibilidad es usualmente adoptada como el criterio primario para la aceptación de un probador. Una repetibilidad pobre es una indicación inmediata de que el probador no está funcionando satisfactoriamente, pero una buena repetibilidad no indica necesariamente buena exactitud, debido a la posibilidad de errores desconocidos y sistemáticos. Los operadores deben estar resguardados contra este tipo de errores.

### **4.5.2. Reemplazo de Detectores**

Se debe tener cuidado cuando las partes desgastadas o dañadas de un detector son reemplazadas, para asegurar que ni la profundidad de activación del detector, ni los componentes del switch eléctrico, alteren el volumen del probador. Esto es esencialmente cierto para probadores unidireccionales porque los cambios en la activación del detector no son compensados por el viaje de la esfera como lo son en los probadores bidireccionales. La recalibración de los medidores unidireccionales deben recalibrarse tan pronto como sea práctico.

La distancia mínima entre los switches de los detectores depende de la capacidad de ubicar repetidamente el desplazador. El error total del desplazador durante una pasada de prueba debe limitarse al 0.02 % del volumen entre los detectores.

### 4.5.3. Resolución del Contador

La resolución de un contador digital es la unidad; esto es, el contador puede indicar solamente un número entero de pulsos. La cuenta de pulsos indicada por lo tanto tiene una incertidumbre de +/- 1 pulso por una pasada entre los detectores. Por ejemplo, para limitar la incertidumbre del pulso a 1 pulso durante una pasada del probador sin utilizar la interpolación de pulsos, por lo menos 10,000 pulsos tienen que ser contabilizados durante una sola pasada. Este grado de incertidumbre es representado matemáticamente como:

$$U = \frac{\pm 1 \text{ pulso}}{N}$$

Donde:

$U$  = Grado de incertidumbre de la cuenta grabada de los pulsos durante una pasada del probador, comúnmente llamada resolución.

$N$  = Número mínimo de pulsos a ser contabilizados durante una pasada del probador

### 4.5.4. Generación de Pulsos

Las consideraciones precedentes sugieren que los volúmenes de los probadores pueden ser reducidos por medio del incremento del valor de la generación de pulsos de los medidores a ser probados. Desde que problemas mecánicos como la falta de rectificación, torsión del eje impulsor y variaciones cíclicas pueden causar una generación irregular de pulsos, debe tenerse cuidado cuando los generadores de pulsos accionados por engranaje son usados en medidores de desplazamiento para obtener valores muy altos de generación de pulsos. También puede ser utilizado un medio electrónico de interpolación de pulsos para aumentar la resolución para ambos probadores de volumen; convencionales o de volumen pequeño.

#### **4.6. Dimensiones de los Probadores**

Las dimensiones seleccionadas para los probadores deben tener en cuenta lo siguiente:

- Que la disminución del diámetro del probador de tubo incrementa la longitud entre los detectores para un volumen dado y reduce la sensibilidad para la resolución del detector. La disminución del diámetro del tubo también incrementa la velocidad del desplazador; este incremento puede convertirse en un factor limitador.

- El aumento del diámetro del probador de tubo tiene el efecto contrario; la velocidad del desplazador es reducida, pero la disminución resultante en la longitud, aumenta la sensibilidad de la resolución del detector y así se puede convertir en un factor limitador.

#### **4.7. Cálculos de Muestreo para el Diseño**

Un enfoque típico del diseño para probadores de tubo se describe a continuación para un medidor de 6" operando a 1200 barriles por hora y generando 2000 pulsos por barril.

##### **4.7.1. Base de los Cálculos**

Para el propósito de este ejemplo, se asumen las siguientes condiciones:

- a) El error aceptable de la resolución del contador,  $U$  ( ver 4.5.3.), es de +/- 1 pulso durante una pasada del probador.
- b) El medidor a ser probado genera 2000 pulsos por barril
- c) La repetibilidad para cada uno de los detectores de la esfera se supone que será de +/- 0.030 pulgada
- d) La velocidad máxima del desplazador es fijada provisionalmente en 10 pies ( 3 metros ) por segundo

##### **4.7.2. Cálculos de Volumen Mínimo.**

Después de establecer el grado de incertidumbre durante una pasada del probador ( 4.5.3.), el volumen mínimo durante una pasada se determina usando la ecuación 1 :

$$V = \frac{+/- 1 \text{ pulso}}{UK} = \frac{N}{K} \quad (1)$$

Donde:

V = Volumen mínimo entre los detectores de un probador

$$= \frac{+/- 1}{UK} = \frac{+/- 1}{(1/10000)(2000)} = 5 \text{ barriles}$$

U = Grado de incertidumbre de la cuenta registrada de pulsos durante una pasada del probador

K = Número mínimo de cuentas por unidad consistente de volumen de cualquier medidor que sea probado

N = Número mínimo de pulsos a ser recogidos durante una pasada del probador

#### 4.7.3. Cálculos de Longitud Mínima

La longitud mínima entre los switch de los detectores, depende de la exactitud con la cuál el switch del detector puede repetidamente determinar la posición del desplazador y la discriminación deseada del sistema de probador durante la calibración. El ítem 4.7.2. indica que la discriminación deseada del sistema de prueba durante la calibración es de 0.02 % ( +/- 0.01 % del promedio ). El ítem C en 4.7.2. afirma que la repetibilidad de la respuesta hacia la esfera para cada uno de los interruptores de los detectores es de  $\pm - 0.030$  pulgada ( $\pm 0.75$  milímetros ). Si L representa la longitud nominal indicada del probador, una pasada podría desplazar un volumen máximo representado por L más 0.060 pulgadas (1.5 milímetros); otra pasada podría desplazar un volumen mínimo representado por L menos 0.060 pulgadas ( 1.5 milímetros ). Cuando el mínimo es sustraído del máximo, la diferencia en la longitud indicada no podrá exceder 0.12 pulgadas ( $\pm 3$  milímetros). El cálculo de la longitud mínima será entonces 0.12 pulgadas dividida por 0.02 % (0.0002), que resulta en 50 pies ( 15 metros ) de longitud mínima. Si la repetibilidad de la respuesta de cada switch del detector es mejor que  $\pm 0.030$  pulgadas, la longitud entre los detectores puede ser disminuida.

#### **4.7.4. Diámetro del Probador**

El ítem “d” en 4.7. establece una velocidad provisional máxima del desplazador, de 10 pies ( 3 metros ) por segundo para fines de este ejemplo. El diámetro de probador aplicable mas pequeño será 6 pulgadas ( 150 milímetros ), sin embargo la longitud necesaria para obtener un volumen de 5 barriles (0.795 metros cúbicos ) deberá exceder a los 50 pies ( 15 metros ) previamente calculados.

#### **4.7.5. Resumen de Cálculos**

Basándose en la suposición establecida de un medidor de 6 Pulgadas ( 150 milímetros ) operando a un régimen de 1200 barriles por hora, los cálculos indicarían que es requerido un probador con una longitud mínima de 50 pies ( 15 metros ) entre los detectores que desplazarían un volumen mínimo de 5 barriles ( 0.795 metros cúbicos ) y tiene un diámetro mínimo de 6 pulgadas ( 150 milímetros ).

## **5.Equipamiento**

### **5.1.Materiales y Fabricación**

Los materiales seleccionados para un probador deben efectuarse según códigos aplicables, de presión y temperatura, resistencia a la corrosión y clasificaciones de área. El tubo, sus adaptaciones, curvas, deberán ser seleccionados por su redondez y suavidad para asegurar un sellado consistente del desplazador durante la pasada a través del probador.

La sección calibrada del probador entre los detectores debe ser diseñados para excluir cualquier dispositivo tal como venteos o drenajes. Para el acceso al interior de las superficies de las secciones calibradas y secciones de pre-corridas deben utilizarse bridas u otros materiales. El mantenimiento debe efectuarse para asegurar y mantener una apropiada alineación y concentricidad de las uniones del tubo. Bridas en el volumen calibrado deben estar alineadas y atornilladas unívocamente o deberán estar diseñadas de tal forma que las bridas se mantengan alineadas. Las empaquetaduras utilizadas en la sección calibrada deben ser diseñadas para sellar las caras metálicas entre bridas, a través de la utilización de un sello tipo anillo ( "O"-ring ). Todas las soldaduras internas y las superficies de los metales deberán ser suaves para evitar el daño al desplazador y fugas entre este y las paredes del probador.

La sección probada debe estar internamente recubierta con un revestimiento que le provea una terminación dura, lisa y resistente, que reducirá la corrosión prolongara la vida del desplazador y del probador. La experiencia ha demostrado que los revestimientos internos son particularmente útiles cuando el probador es usado con líquidos que tienen propiedades lubricantes pobres, como la gasolina o el gas liquido del petróleo; sin embargo, en ciertos casos de usos de tubos no revestidos, se ha logrado tanto resultados satisfactorios como longevidad del desplazador.

### **5.2 Estabilidad de la Temperatura**

La estabilidad de la temperatura es necesaria para lograr resultados aceptables de la prueba.

La estabilización de la temperatura es lograda normalmente por una continua circulación del líquido a través de la sección probada con o sin aislamiento. Cuando los probadores son instalados en el suelo, la aplicación de aislamiento termal contribuye a mejorar la estabilidad en temperatura.

### **5.3. Medición de Temperatura**

Los sensores de medición de temperatura deben ser de rango y exactitud conveniente y deben ser instalados en la entrada y salida del probador. El cuidado que debe tenerse es asegurarse que los sensores de temperatura sean ubicados donde la trayectoria del líquido no sea desviada.

### **5.4. Medición de Presión**

Los dispositivos para la medición de la presión de rango y exactitud son utilizados en ubicaciones apropiadas para medir la presión en el medidor y en el probador. Los dispositivos deben reflejar las presiones dentro del medidor y la sección calibrada del probador.

### **5.5. Dispositivos de Desplazamiento**

Un tipo de dispositivo de desplazamiento comúnmente usado en probadores de tubo es la esfera de elastómero hidrostáticamente llena con líquido bajo presión. El desplazador es expandido / dilatado para proveer un sello sin una fricción excesiva a un diámetro mayor ( normalmente 2 – 4 % ) al diámetro interior del tubo del probador. En general cuanto mas grande sea la esfera, mayor será el porcentaje de inflación requerido. Una expansión insuficiente de la esfera puede conducir a una pérdida a través de la esfera y la pared del probador y consecuentemente a un error en la medición. Una expansión excesiva de la esfera puede no mejorar la capacidad de sellado y generalmente ocasiona un desgaste mas rápido y un movimiento errático. Debe asegurarse que no quede aire dentro de la esfera. El desplazador deberá ser tan impenetrable, como sea posible, para los líquidos en operación. El líquido utilizado para llenar la esfera deberá tener un punto de congelamiento debajo de las temperaturas esperadas.

Comúnmente se usa agua o una mezcla de agua con glicol. Otro tipo de desplazador utilizado es el pistón cilíndrico con sellados convenientes.

## **5.6. Válvulas**

Todas las válvulas usadas en sistema de probadores de tubo que puede proveer o contribuir a desviar el líquido alrededor del probador o del medidor o a producir una filtración entre el probador y el medidor, deben ser del tipo bloqueo y purga o equivalente con provisión para verificar el sellado

El posicionamiento completo de la o las válvulas de inversión de flujo en un probador bidireccional debe ser realizado antes que el desplazador active el primer detector. Este diseño asegura que ningún líquido pueda desviarse del probador durante el viaje del desplazador a través de un volumen calibrado. La distancia antes del primer detector comúnmente llamada pre-corrida, depende del tiempo de operación de la válvula y la velocidad del desplazador. Algunos métodos utilizados para acortar esta pre-corrida, como la operación mas rápida de la válvula o el retraso del lanzamiento del desplazador, requieren de mucho cuidado en el diseño para no introducir un golpe ( “shock” ) hidráulico o una caída adicional indeseable de la presión. Si mas de una válvula de direccionamiento de flujo es usada, todas las válvulas deben ser arregladas por un vínculo u otro medio para prevenir un efecto no deseado causado por una secuencia incorrecta de operaciones.

## **5.7. Conexiones**

Las conexiones deben ser provistas en el probador o en la tubería conectada, permitiendo así la calibración, venteo y drenaje.

## **5.8. Detectores**

Los dispositivos de detección deben indicar la posición del desplazador dentro de una tolerancia cercana. Actualmente son utilizados varios tipos de detectores. El mas común es el interruptor mecánico activado electrónicamente. La repetibilidad con la cuál el detector en un probador puede señalar la posición del desplazador, que es uno de los factores gobernantes en la determinación de la longitud de la sección probada, debe ser tan comprobable y precisa como sea posible.

Las aperturas a través de la pared del tubo para los detectores deben ser mas pequeñas que el área sellante longitudinal del desplazador.

### **5.9. Equipamiento Periférico.**

Un generador de pulsos en el medidor debe ser provisto para la transmisión de datos de flujo y debe proveer pulsos eléctricos con características satisfactorias para el tipo de contador del probador que es utilizado. El dispositivo debe generar un número suficiente de pulsos por unidad de volumen para proveer la discriminación requerida.

### **5.10. Contador de Pulsos.**

Es utilizado generalmente en la prueba de medidores gracias a la facilidad y exactitud con la cuál puede contar pulsos de alta frecuencia y a su habilidad para transmitir esta cuenta a ubicaciones remotas. Los dispositivos de contadores de pulsos están equipados con circuito de encendido y apagado electrónico que es activado por los detectores del probador.

## **6. Calibración de Probadores de tubos – “Método Water Draw”**

La calibración de un probador de tubo involucra la determinación del volumen base desplazado entre los detectores, en un probador bidireccional es la suma de volúmenes desplazados entre los detectores en un viaje de ida y vuelta del desplazador, corregido a condiciones estándar de temperatura y presión.

Los dos métodos para la calibración de los probadores de tubo son el método “waterdraw” y el método del medidor maestro. En el presente trabajo solo explicaremos el primer método (Ver anexos 22,23 y 24).

Un probador de tubo debe ser calibrado antes de ser puesto en servicio para determinar su volumen base en condiciones estándar, usualmente presión atmosférica y 60°F (15°C). Este valor del volumen base debe ser documentado en un certificado de calibración tal como se especifica en el capítulo 12.2 del Manual de Normas, API

### **6.1. Método de “Waterdraw”**

La calibración de probadores de tubo según el método “waterdraw” requiere de medidas de prueba volumétrica estándar de campo certificadas por la Agencia Nacional de Normas, tal como se especifica en el Capítulo 4.7 del Manual de Normas para Medición de Petróleo, según las cuales será determinado el volumen del probador. El estándar de campo mas grande debe ser usado, puede acelerarse la prueba poniendo el probador, los estándares de campo y el agua de prueba en un recinto cerrado a temperatura constante protegido de los rayos solares para permitir que el equipamiento y el agua alcancen un equilibrio en temperatura.

Debido al efecto viscosidad y la tensión de vapor en el tiempo de drenaje de una prueba de medición estándar de campo, el agua es el único medio que puede ser usado para este método. El agua es seleccionada debido a sus propiedades bien definidas y se dispone con facilidad, requiriéndose agua fresca, limpia y desaireada.

El probador debe estar limpio y el desplazador debe ser movido a través del probador la cantidad de veces necesaria para eliminar el aire que pueda haberse quedado atrapado en las partes del probador y para permitir que el metal y líquido alcancen una temperatura estable y común. Debe observarse y registrarse la temperatura y la presión en la descarga del probador durante el comienzo de la calibración.

Luego que los pasos de preparación han sido tomados, comienzan las corridas de calibración. El desplazador es conducido hasta pasar uno de los interruptores justo fuera del volumen calibrado o hasta el final del probador. Las válvulas deben ser revertidas para que el desplazador viaje hacia la sección a ser calibrada mientras se drena el agua efluente. El agua debe ser drenada lentamente y debe ser detenido en el instante que el indicador del interruptor indique **ON**. Esto se hace automáticamente por medio de una válvula solenoide controlada por el switch del detector. Todo el agua efluente adicional se dirige hacia los estándares de campo y se detiene en el instante que el interruptor indicador de **ON** sea observado en el segundo detector. El total de los volúmenes de los estándares de campo indica el volumen desplazado que se observa entre los detectores en esa dirección de viaje bajo condiciones de presión y temperatura que existían al inicio de la calibración. Las condiciones de presión, de drenaje y otro equipamiento debe ser las mismas al final y al comienzo.

Luego se realiza un viaje similar del desplazador en la dirección opuesta, repitiendo el procedimiento. El volumen desplazado y observado en estos dos viajes no necesariamente deben coincidir por que la acción del interruptor del detector puede ser diferente para cada dirección del viaje. El volumen observado en una dirección dada luego de la corrección debe estar dentro del 0.02 % ( +/- 0.01 % del promedio ).

El procedimiento debe ser repetido hasta lograr una repetibilidad satisfactoria. Si el probador, desplazador y los detectores están trabajando de manera correcta, un operador experimentado puede esperar que las dos primeras determinaciones, luego de las correcciones estén ente el 0.02 % ( +/- 0.01 % del promedio ).

El promedio de dos o mas volúmenes corregidos de dos viajes consecutivos es considerado el volumen de viaje de ida y vuelta. El volumen corregido para dos o mas viajes consecutivos en cualquier dirección dada, debe también estar dentro del 0.02 % ( +/- 0.01 % del promedio ). Este estándar no restringe a solo dos corridas consecutivas la determinación del volumen base. Pueden efectuarse mas corridas si las partes que intervienen están de acuerdo. (Ver anexo 22).

Una falla que impide lograr la repetibilidad puede ser causada por pérdidas en las válvulas, aire en el sistema, condición impropia de los desplazadores o una técnica pobre de calibración.

Una vez que se terminaron las corridas, el promedio se convierte en el volumen base del probador. Todo uso posterior del probador para probar un medidor requiere de un viaje completo del desplazador para cada corrida de prueba del medidor.

## **7.0 Calibración de Medidores**

### **7.1.Objetivo**

El objetivo de la calibración de un medidor es establecer su precisión en las cuales se espera operarlo. Consiste en chequear su exactitud contra un volumen de liquido conocido, comparando el volumen indicado en el medidor con el volumen conocido del probador( calibrador ) es posible determinar si el medidor esta sub o sobre registrando.

Antes de calibrar un medidor nuevo o reparado se deberá verificar que el generador de pulsos y el contador de pulsos funcionen apropiadamente. Secuencias de ensayos son provistas normalmente por el fabricante y se deberán revisar antes de cada calibración. Este número de pulsos que genera el medidor por unidad de volumen, es la tasa de conversión entre la señal producida por el generador de pulsos y el volumen real de liquido.

### **7.2. Tipos de Probadores(calibradores )**

Como ya vimos anteriormente existen cuatro tipos básicos de calibradores, Convencionales de tubo, Volumen Pequeño, de Tanque y medidores maestros.

Los calibradores Convencionales de Tubos de desplazamiento mecánico bidireccional son los más usados para establecer la exactitud de los medidores, consiste principalmente en una longitud de tubería llamaba barril que está perfectamente pulida y redonda en su interior. La sección entre los detectores de este barril esta exactamente calibrada y sirve como volumen base del calibrador. El desplazador mecánico, ya sea una esfera o un pistón . dependiendo del diseño del calibrador, forma un ajustado sello dentro del barril del calibrador. Mientras el liquido fluye a través del calibrador, este fuerza al desplazador a través de la sección calibrada del barril. Para completar una corrida de calibración en un calibrador bidireccional, el desplazador debe viajar desde un extremo al otro del barril y regresar.

### **7.3. Calibración de una Unidad de Medición LACT**

- Primeramente en el panel de control se rompen los precintos seleccionamos el medidor a calibrar y se procede a habilitar el calibrador. Tres válvulas son provistas para este propósito, dos a cada lado de la válvula de bloqueo. Las tres válvulas pueden estar ubicadas aguas arriba o abajo del medidor. La válvula de bloqueo deberá estar equipada con un dispositivo detector de pérdidas.
  
- Luego se alinean las válvulas permitiendo el flujo de petróleo a través del calibrador.
  
- Se permite fluir el petróleo dentro del sistema hasta que la temperatura y la presión en el calibrador se estabilicen y permita desplazar el aire y vapor que podrían estar entrampados en el calibrador.
  
- Inmediatamente después de la apertura de las válvulas se debe realizar una revisión de pérdidas. Se debe recordar que ninguna pérdida interna o externa puede ser tolerada en una calibración.
  
- Cumplidos los pasos anteriores, se procede a iniciar las corridas para ello accionamos la válvula de cuatro vías que permite que la dirección del flujo cambie a través del calibrador. Debemos tener en cuenta que el calibrador mide el volumen exactamente solo cuando el desplazador esta moviéndose en la porción calibrada del probador. Los detectores en cada extremo de la porción calibrada indican cuando el desplazador ha pasado por ellos en cada dirección. El calibrador esta vinculado al medidor por medio de un generador de pulsos y un contador de pulsos. La función del generador de pulsos es enviar señales al contador de pulsos durante el tiempo que el desplazador este en la porción calibrada del probador. Cuando el desplazador alcanza el otro extremo de la sección calibrada activa el otro detector deteniendo el contador electrónico, para nuestro caso la tasa de conversión de pulsos por unidad de volumen es de 1,000 pulsos por barril. El contador no comenzara su registro de nuevo hasta que el flujo a través del probador sea invertido y el desplazador comience su viaje de retorno a través de la sección calibrada.

- Durante la calibración se debe obtener información de las condiciones de cada corrida. Así el operador debe registrar en cada corrida el caudal a través del sistema, la temperatura y presión promedio. En cada medidor se encuentran los rangos de flujo y presión sugeridos por el fabricante; en ningún caso el medidor debe ser calibrado u operado fuera de estos rangos; asimismo se efectúan un número suficiente de corridas completas de ida y vuelta de calibración para establecer la repetibilidad del medidor, escogemos cinco corridas completas, se toma nota de la cantidad total de pulsos los cuales no deben exceder en +/- 10 pulsos entre el valor máximo y el valor mínimo. Promediamos los registros seleccionados y se convierte a barriles.

- Durante la prueba se toma una muestra representativa del petróleo medido para determinar su gravedad API a condiciones estándar, esto es importante porque la gravedad afecta la compresibilidad y características de fluencia del fluido bajo presión.

- En el cálculo del factor de medición, la gravedad API de la muestra de la corrida de calibración debe ser determinada a condiciones estándar (15°C y 0 psi), estas condiciones sirven como un común denominador en la comparación de los volúmenes de los fluidos. En línea con lo anterior el volumen del probador (calibrador) es corregido por el efecto de la presión y temperatura sobre el acero: CPS y CTS, asimismo se corregirán por presión y temperatura sobre el líquido: CPL y CTL. Luego que el registro del medidor es convertido desde los pulsos del contador electrónico a barriles, este registro de volumen es corregido por presión y temperatura.

- Después de realizar las correcciones necesarias el volumen del calibrador y el volumen del medidor pueden ser comparados; se divide el volumen del calibrador sobre el registro del medidor para hallar el factor de medición.

#### **7.4. Factor del Medidor**

El factor del medidor viene dado por el cociente entre el volumen corregido del calibrador y el volumen corregido del medidor.

Este factor de medición se utiliza posteriormente para corregir matemáticamente futuras lecturas del medidor a un 100 % de exactitud, hasta el momento de la próxima calibración.. Este es un número levemente inferior o superior a la unidad y es usualmente empleado con 4 lugares decimales.

Si el factor de medición indica un cambio demasiado grande desde la última calibración, podría ser que el medidor necesite una reparación, y no debería ser usado hasta que sea revisado. Normalmente si un medidor falla en la repetitividad requerida o muestra un excesivo cambio en el factor de medición, puede haber algún problema en el medidor. Otro de los inconvenientes es debido a escurrimiento a través de la esfera o a un funcionamiento indebido de los detectores del calibrador.

### **7.5. Preguntas**

Antes que la calibración sea aceptada como válida, el operador deberá responderse al siguiente listado de preguntas:

- Reviso el contador y el generador de pulsos?
- Se mantuvo constante el caudal en cada corrida?
- Permanecieron estables la presión y la temperatura ?
- Permaneció constante la gravedad API?
- Revisó si había aire o vapor entrampado?
- Chequeo la existencia de pérdidas?
- Reviso la válvula de bloqueo?
- Verifico la posición del desplazador al inicio de cada carrera?
- Los volúmenes del medidor y calibrador se corrigieron a condiciones estándar?

### **7.6.Cálculos**

En toda calibración para determinar el Factor del Medidor ( **FM** ), debemos calcular primero los factores de corrección: CTL, CPL, CTS, CPS para corregir los volúmenes del Calibrador y Medidor a condiciones estándar y posteriormente usar ese valor del **FM**, en las futuras entregas hasta la próxima calibración.

## a) Calibrador

$$V_{CC} = V_{BC} * C_{TL} * C_{PL} * C_{Ts} * C_{Ps}$$

$V_{CC}$  = Volumen corregido del Calibrador

$V_{BC}$  = Volumen Base del Calibrador ( Certificado )

$C_{TL}$  = Corrección por temperatura del Líquido

$C_{PL}$  = Corrección por presión sobre el líquido

$C_{Ts}$  = Corrección por Temperatura del Acero

$C_{Ps}$  = Corrección por Presión sobre el Acero

## b) Medidor

-Sin Compensador por Temperatura ( LEACT )

$$V_M = \frac{\text{Pulsos ida - vuelta}}{\text{Cte K Medidor}}$$

$V_M$  = Volumen Medido Sin Corregir

$\text{Pulsos ida-vuelta}$  = Pulsos Promedio Ida - Vuelta Sin Corregir

$\text{Cte K Medidor}$  = Constante del Medidor ( Pulsos / barril )

-Con Compensador de Temperatura ( LEACT )

$$V_M = \frac{\text{Pulsos ida - vuelta}}{\text{Cte K Medidor}}$$

$V_M$  = Volumen Medido

$\text{Pulsos ida-vuelta}$  = Pulsos CTL Promedio Ida - Vuelta

$\text{Cte K Medidor}$  = Constante del Medidor ( Pulsos / barril )

$\text{Pulsos CTL}$  = Pulsos sin corregir \* CTL

Luego el Volumen Corregido del Medidor esta dado por:

$$V_{CM} = \frac{\text{Pulsos I-V}}{\text{Cte K}_M} * C_{TL} * C_{PL} * C_{Ts} * C_{Ps}$$

$V_{CM}$  = Volumen Corregido del Medidor

$\text{Pulsos I-V}$  = Pulsos promedio Ida y Vuelta sin Corregir

$\text{Cte K}_M$  = Constante del Medidor ( Pulsos / Barril )

$C_{TL}$  = Corrección por Temperatura del Líquido

$C_{PL}$  = Corrección por Presión sobre el líquido

$C_{Ts}$  = Corrección por Temperatura del Acero

$C_{Ps}$  = Corrección por Presión sobre el Acero

Debido a la configuración geométrica del Medidor los Factores:

CTs = Corrección por Temperatura del Acero  
CPs = Corrección por Presión sobre el Acero

**NO se tienen en cuenta**

Es decir : CPs = CTs = 1

Luego el **Volumen Corregido del Medidor** :

**-Sin** Compensador de Temperatura ( LEACT )

$$V_{CM} = V_M * C_{TL} * C_{PL}$$

$V_{CM}$  = Volumen Corregido del Medidor  
 $V_M$  = Volumen Medido Sin Corregir  
 $C_{TL}$  = Corrección por Temperatura del Liquido  
 $C_{PL}$  = Corrección por Presión sobre el liquido

**-Con** Compensador de Temperatura ( LEACT )

$$V_{CM} = V_M * C_{PL}$$

$V_{CM}$  = Volumen Corregido del Medidor  
 $V_M$  = Volumen Medido Sin Corregir  
 $C_{PL}$  = Corrección por Presión sobre el liquido

**c)Factor del Medidor**

**-Sin** Compensador por Temperatura ( LEACT )

$$FM = \frac{V_{CC}}{V_{CM}} = \frac{V_{BC} * C_{TL} * C_{Ts} * C_{PL} * C_{Ps}}{V_M * C_{TL} * C_{PL}}$$

$$FM = \frac{V_{CC}}{V_{CM}} = \frac{V_{BC} * C_{TL} * C_{Ts} * C_{PL} * C_{Ps}}{\frac{\text{Pulsos I-V}}{\text{Cte KM}} * C_{TL} * C_{PL}}$$

**-Con** Compensador por Temperatura ( LEACT )

$$FM = \frac{V_{CC}}{V_{CM}} = \frac{V_{BC} * C_{TL} * C_{Ts} * C_{PL} * C_{Ps}}{V_M * C_{PL}}$$

**d)Volumen Entregado**

**-Sin** Compensador de Temperatura ( LEACT )

$$V_E = FM * V_M * C_{TL} * C_{PL}$$

“Condiciones de Entrega son diferentes a Condiciones Estándar”

$V_E$  = Volumen entregado de Liquido

$V_M$  = Volumen Medido a las Condiciones de Entrega

$C_{TL}$  = Corrección por Temperatura de Entrega del Liquido

$C_{PL}$  = Corrección por Presión de Entrega sobre el Liquido

**-Con** Compensador por Temperatura ( LEACT )

$$V_E = FM * V_{MCTL} * C_{PL}$$

“Condiciones de Entrega son diferentes a Condiciones Estándar”

$V_E$  = Volumen entregado de Liquido

$V_{MCTL}$  = Volumen Medido Corregido a Temperatura Estándar

$C_{PL}$  = Corrección por Presión de Entrega sobre el Liquido

## **8.0. Gráficos de Control y Métodos Estadísticos Para el Sistema de Medición de Fluidos.**

A causa de las diferentes dimensiones, servicios, fluidos a medir, caudales y presiones, es difícil establecer un esquema de mantenimiento de medidores para todas las instalaciones. Una aproximación muy práctica para determinar cuando reparar o inspeccionar un medidor se puede hallar en un registro continuo o gráfico de los factores ( o exactitudes ) obtenidos del medidor. Una desviación aguda o una tendencia anormal en el comportamiento del medidor a partir de los valores previamente experimentados es indicativo de una operación inapropiada y significa que deberá investigarse la condición mecánica del medidor. Sin embargo, la pérdida de repetibilidad de factores del medidor razonablemente consistente dentro de la tolerancia puede ser indicativo de defectos mecánicos.

Una ampliación y mejoramiento del gráfico continuo se puede obtener usando métodos estadísticos que provean límites mas validos que una desviación permitida preestablecida. Cualquier desviación permitida preestablecida puede ser demasiado grande o demasiado pequeña. Por esto el desvío estándar,  $\delta$ , de un conjunto de factores puede ser mas útil y significativo al analizar una serie de mediciones. Sin embargo, el desvío estándar se puede desarrollar solo después de hacer una cantidad suficientes de carreras de calibración en un sistema de liquido determinado para garantizar las conclusiones. Estas conclusiones son válidas y útiles y no son arbitrarias.

Las características físicas y químicas de un fluido pueden variar levemente, si como resultado de esta variación el comportamiento del medidor varía significativamente, se deben desarrollar diferentes curvas y desvíos estándar, nada debe ser preestablecido, todo debe basarse en un alto grado de probabilidad.

### **8.1. Gráfico de Control**

Es un método eficiente y conveniente para registrar efectos de cambios, tanto en la precisión como en el error sistemático, las

dos influencias de las cuales depende la exactitud o incertidumbre del probador.

Los problemas involucrados cuando el sistema de medición completo se esta calibrando no debe pasarse por alto, aún pensando que los resultados de la calibración se expresan como “ factor del medidor”. Se debe tener siempre en mente que el fluido es una variable en juego en un sistema de medición. Cualquier cambio significativo en las características de precisión o el error sistemático de parte del sistema será evidenciado si se grafican los factores en el gráfico de control. Sin embargo no dirá donde esta el problema; simplemente dirá si el proceso de calibración esta “en control” o “fuera de control”.

## 8.2. Mediciones Estadísticas

Hay muchas formas de presentar datos para obtener información útil. La información esencial, sin embargo, se puede expresar en las tres medidas estadísticas conocidas como:  $n$ ,  $\bar{X}$  y  $\delta$ . Estas medidas se obtiene de una acumulación o grupo de factores de medición desarrollados para un liquido determinado como sigue:

$n$  = número de determinaciones de factores de medidor sucesivos bajo consideración.

$\bar{X}$  = Promedio aritmético de los  $n$  valores de factor.

$\delta$  = desviación media cuadrática de todos los valores de factor respecto del promedio  $\bar{X}$ . Esta es una medida de la amplitud de distribución de observaciones repetidas de la misma cantidad ( factor del medidor ) bajo condiciones específicas

Los factores desarrollados sobre un período, para cualquier producto o tipo de crudo, para cualquier caudal o rango aceptable de caudales muestran las dos tendencias de concentración y dispersión. La concentración está expresada como el promedio,  $\bar{X}$ , de aquí si  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  son los factores considerados, se tiene:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

La dispersión o tendencia a la desviación expresada como delta puede ser normal ( simétrica ) o asimétrica.

Bajo condiciones apropiadas y con suficientes determinaciones, los factores tanto para medidores de turbina como de desplazamiento positivo se dispersan normalmente, esto es, su media aritmética,  $\bar{X}$ , y su mediana coinciden. Sin embargo, si la curva de comportamiento del medidor tiene cambios de dirección o una pendiente considerable, resultara en una asimetría de las desviaciones, a menos que se tome la precaución de limitar los factores en consideración a un rango estrecho de caudales.

Todos los medidores son mas o menos sensibles a la viscosidad y cambios de caudal. Por eso, es necesario seleccionar un periodo de operación normal del medidor para establecer el valor de  $\bar{X}$ , un periodo representativo de tiempo donde los resultados sean satisfactorios, pero para el cual todos los resultados sean indefectiblemente incluidos. Un valor deseable para "n" no deberá ser menor de 25, preferentemente más. Si esto no es posible se tomará como provisorios los valores de  $\bar{X}$  y delta hasta que se pueda obtener mas y mejores. El cálculo de delta con muy pocas determinaciones es solo un desvío estándar estimado, para el cual se debe usar mas apropiadamente el símbolo "S".

El siguiente ejemplo lista 10 factores desarrollados bajo condiciones normales de operación. El número de factores, n, es insuficiente y se usa solo como ilustración.  $D$  se usa para significar  $(\bar{X} - X_i)$ ; es decir,  $D$  es la diferencia entre el factor promedio  $\bar{X}$  de las 10 corridas y cada factor individual. Si el valor de  $D$  es positivo o negativo no interesa ya que posteriormente se eleva al cuadrado.

Determinación del factor ( n )	Factor	D (x – xi)	D <sup>2</sup> (X-Xi) <sup>2</sup>
Factor			
1	1.0012	0.0000	
2	1.0010	0.0002	
3	1.0015	-0.0003	
4	1.0013	-0.0001	
5	1.0014	-0.0002	
6	1.0011	0.0001	
7	1.0009	0.0003	
8	1.0012	0.0000	
9	1.0010	0.0002	
10	1.0014	-0.0002	
n = 10	1.0012		

De aquí:

$$\Delta = \left( \frac{D^2}{n-1} \right)^{1/2} = 0.0002$$

El valor de delta, o mas apropiadamente “ S “ ( el valor estimado ), obtenido previamente dividiendo la suma de los cuadrados de todas las desviaciones por n-1 es un desvío estándar provisorio. Se basa en la distribución Z de variable estadística. La verdadera distribución normal requiere que la suma de los cuadrados de todas las desviaciones se divida por “n”, pero en este caso “n” es muy grande, los valores de ( “n”-1 ) y “n” se hacen iguales para los fines prácticos.

Con suficientes determinaciones los valores del factor del sistema tienden a ordenarse a sí mismos de modo que la distribución tiende a lo siguiente:

68.3 % de todos los factores están entre  $X \pm 1 \delta$

95.5 % de todos los factores caen entre  $X \pm 2 \delta$

99.7 % de todos los factores caen entre  $X \pm 3 \delta$

También, el 50 % de todos los valores tienden a caer dentro del estrecho margen entre  $X \pm 2/3 \delta$ .

Para los fines prácticos todos los Factores útiles deberán estar entre  $X + 3 \delta$  y  $X - 3 \delta$ . Cuando esto ocurre se dice que el sistema de medición esta en control. Cuando caen fuera de este rango esta fuera de control. (Ver anexo 25).

### **8.3. Carta de calibración**

Es un gráfico de control del sistema de medición que se confecciona cuando todo el equipo es nuevo o ha sido reparado. Para cada carrera de calibración el valor del factor se gráfica marcando o llenando el cuadro adecuado. Esta forma de gráfico es útil porque muestra de una mirada la forma de distribución del factor En la operación se necesita efectuar 25 determinaciones del factor como mínimo y determinar los límites máximos y mínimos del factor ( $X \pm 3 \delta$ ). Durante la confección del gráfico el rango de caudales se debe mantener limitado para evitar distorsiones.

A continuación se muestra una carta de calibración donde se ha llevado el control de los factores de medición de una Unidad LACT la cuál servirá para confeccionar el gráfico de control del factor del medidor.( Ver anexo 26 )

### **8.4. Seguimiento Estadístico del Factor del Medidor ( FM )**

Una vez obtenido el factor del medidor FM debe graficarse inmediatamente para observar y analizar sus tendencias y definir las acciones a tomar. Este seguimiento es la base para definir una de las siguientes alternativas:

- Si el medidor continua operando normalmente sin intervención alguna
- Si es aconsejable investigar los parámetros, posibles causantes de la anomalía observada.
- Aconsejar la reiteración de calibraciones en determinadas condiciones operativas por valores dudosos, estudiar y observar en detalle el comportamiento mecánico, hidráulico y estadístico del medidor y/o sistema.

- Si el factor continua con la misma tendencia ( programación predictiva ), nos permitirá programar futura intervención del medidor.
- Ordenar la inmediata inhabilitación del medidor para su inspección o reparación.( confirmación de probable avería ).

## **9.0. Conclusiones**

1. La unidad LACT es un sistema automático que se utiliza especialmente para la medición de líquidos como petróleo crudo y productos refinados y transferirlos desde una locación a otra.

Los componentes comunes de las unidades LACT son las siguientes:

- Bomba de carga o transferencia.
- Medidor de desplazamiento positivo
- Probador de tubo en U
- Unidad de rechazo – Detector de BS&W
- Contador de pulsos (LEACT)
- Sistema de muestreo
- Válvula de cuatro vías y de bloqueo del probador
- Instrumentos varios: Densímetro, termómetros, manómetros.
- Accesorios: Filtros, desareadores, válvulas de seguridad y retención, drenajes, esfera
- Panel de control.

2. Los factores que afectan el diseño de una unidad LACT son el caudal, la viscosidad, la temperatura, la presión y el tipo de líquido a ser medido.

3. Para la mayoría de las operaciones de las unidades LACT, la bomba centrífuga es más aplicable debido a sus características de flujo no pulsante y menor emisión de vibración. Se adecuan mejor a aquellas aplicaciones que requieren grandes volúmenes a bajas presiones, generalmente 60 psi o mas bajas. Como regla general las presiones de operación que excedan las 130 psi son consideradas antieconómicas para la mayoría de las unidades LACT estándares con medidores de desplazamiento positivo.

4. Los métodos comunes para probar los medidores, incluyen el probador volumétrico, el medidor maestro y el probador de desplazamiento mecánico de tubo en U.

En nuestra operación se usa el probador de desplazamiento mecánico de tubo en U , bidireccional, que consiste de una sección calibrada de tubería con un desplazador esférico dentro del mismo. El flujo pasa a través del medidor bajo prueba y también del probador.

5. El requerimiento esencial de un probador es que debe ser calibrado antes de ser puesto en servicio para determinar su volumen base en condiciones estándar ( usualmente presión atmosférica y 60°F), el volumen base de un probador bidireccional es la suma de los volúmenes desplazados entre los detectores en un viaje de ida y vuelta. El procedimiento de calibración es el método waterdraw. API establece que la repetibilidad en la determinación del volumen debe tener una desviación máxima de 0.02 % ( +/- 0.01 % del promedio). Los sistemas de prueba son abarcados en detalle en el capítulo 4 del Manual de Normas para la Medición de Petróleo.

6. El probador mide el volumen exactamente solo cuando el desplazador esta moviéndose en la sección calibrada. Cada detector al final de la sección calibrada esta conectado al contador electrónico. Durante la calibración el desplazador activara uno de los detectores cuando entra en la porción calibrada y el otro detector cuando la deja en el otro extremo.

Los pulsos son enviados desde el generador de pulsos. Los detectores son responsables de activar al contador de pulsos, por ello este solo estará registrando cuando el desplazador se encuentre en la zona calibrada del probador. Se debe recordar que el contador electrónico esta tomando el lugar del contador mecánico del medidor.

7. La prueba de medidores es un procedimiento utilizado para determinar la exactitud de los medidores. Este proceso se aplica normalmente a medidores de desplazamientos positivos y turbinas, puesto que dan una lectura directa del volumen desplazado.

En el ensayo del medidor el volumen que pasa a través del mismo es comparado con el volumen base del probador nos da el factor del medidor; ambos volúmenes deberán estar corregidos a condiciones estándar de presión temperatura ( 60°F y 0 psi ).

$$\text{Factor del Medidor ( FM) } = \frac{\text{Volumen Base del Probador}}{\text{Volumen Indicado Medidor}}$$

Este factor de medición se utiliza para corregir matemáticamente futuras lecturas del medidor a un 100 % de exactitud.

8. Existen cuatro principales factores de corrección involucrados en el cálculo de los volúmenes y se originan por los efectos de la temperatura y presión sobre el probador ( calibrador) y el líquido en si:

CTS: Factor de corrección por efecto de la temperatura sobre el acero

CPS: Factor de corrección por efecto de la presión sobre el acero

CTL: Factor de corrección por efecto de la temperatura sobre el líquido

CPL: Factor de corrección por efecto de la presión sobre el líquido.

9. Todos los medidores son sensibles a los cambios de caudal y temperatura ( afecta la viscosidad del liquido), por eso es necesario seleccionar un periodo de operación normal del medidor para establecer el valor promedio del factor de **X**, un período representativo de tiempo donde los resultados sean satisfactorios..

10. Para la confección de la carta de calibración de un medidor nuevo o reparado deberá efectuarse como mínimo 25 calibraciones.

Calibrar en cada entrega o hacer la mayor cantidad de calibraciones posibles en el menor tiempo, tratando de cubrir los rangos de condiciones de calibración mas aproximados posibles a los de las futuras mediciones, temperatura ambiente y de operación, presiones, caudales, densidades, etc.). Para las calibraciones posteriores, la frecuencia dependerá de varios factores y deberá ajustarse a las características y acuerdos de cada operación.

11. La estabilidad de la temperatura, presión y caudal es necesaria para lograr resultados aceptables durante las pruebas, esta se logra normalmente por una continua circulación del fluido a través del sistema.

12. Durante la calibración se debe tener información de las condiciones de cada corrida. Dado que el volumen medido de liquido es afectado por cambios en temperatura, presión caudal y gravedad. El conocimiento de la gravedad API del liquido medido es importante, porque la gravedad afecta la compresibilidad y características de fluencia de un liquido bajo presión. En el cálculo del factor de medición, la gravedad API de la muestra de la corrida de calibración debe ser determinada a condiciones estándar, usando tablas de conversión API / ASTM.

## **9.0. Recomendaciones.**

1. Para una correcta selección de la bomba de transferencia se debe considerar: el volumen a ser transferido, la presión deseada a la salida de la unidad, la altura neta de presión de succión disponible, la temperatura de bombeo del producto, densidad, viscosidad del mismo y/o otras características del fluido. Si mas adelante se necesite bombear crudos con altas viscosidades y se requieran altas presiones de descarga, es mejor instalar una bomba adicional en la descarga de la unidad. Esto permite que la parte de medición y monitoreo del sistema operen a presiones mas bajas y menos perjudiciales.

2. Evitar el uso de bombas a pistón ( reciprocantes) en las operaciones con unidad LACT, porque pueden causar problemas con la medición del fluido.

Si fuera necesario utilizarlas, deben instalarse aguas abajo del sistema de medición tan lejos como sea posible y en todos los casos usar amortiguadores de pulsaciones.

3. Los materiales seleccionados para el probador deben seleccionarse de acuerdo a códigos aplicables, clasificaciones de presión y temperatura, resistencia a la corrosión y clasificaciones de áreas. El tubo, sus adaptaciones y curvas deberán ser seleccionados por su redondez y suavidad para asegurar un sellado consistente del desplazador ( esfera) durante la pasada a través del probado.

4. Todas las válvulas utilizadas en el sistema que puedan contribuir a desviar el líquido alrededor del probador o del medidor o a producir una pérdida entre el probador y el medidor deben ser del tipo bloqueo y purga o equivalentes con dispositivo para verificar el sellado.

5. En el sistema de rechazo, cuando el contenido de agua presente en el crudo entra en especificación, menor de 0.25 %, automáticamente se direcciona hacia la unidad LACT. Esto provoca caídas de presión bruscas en el sistema; por lo cual se recomienda instalar una válvula de contrapresión de apertura gradual para evitar golpes de ariete que puedan descalibrar la unidad de medición y originar fugas.

6. La sección calibrada del probador entre los detectores del desplazador debe ser diseñada para excluir cualquier dispositivo tal como venteos y drenajes. Las empaquetaduras utilizadas deben ser diseñadas para sellar las caras metálicas entre bridas. Todas las soldaduras internas y las superficies de los metales deben ser suaves para evitar dañar el desplazador y fugas entre este y las paredes del probador. Asimismo esta sección debe estar internamente recubierta con un revestimiento que le provea una terminación lisa, dura y resistente, que reducirá la corrosión y aumentara la vida útil del desplazador y el probador.

7. Para las primeras 25 calibraciones de un medidor nuevo, se deben calibrar en cada entrega o hacer la mayor cantidad de calibraciones posibles en el menor tiempo. Tratar de cubrir los rangos de condiciones de calibración mas aproximados posibles a los de las futuras mediciones.

Para calibraciones posteriores a las 25 calibraciones se debe calibrar cada 70,000 bls o cada 300,000 bls entregados por cada medidor. Esta frecuencia dependerá de varios factores y deberá ajustarse a las características y acuerdos de cada operación:

- Acuerdo con el comprador
- Tipo de equipo o patrón y exactitud requerida para las mediciones
- Recomendaciones del fabricante. Precisión garantizada
- Condiciones ambientales y tendencia al desgaste o inestabilidad del sistema
- Valores estadísticos históricos, tendencias operacionales, valor absoluto del desvío estándar en cada medición, en comparación con el valor medio de las 25 primeras calibraciones.
- Estadística del error medio probable y el costo del mismo versus el costo de calibración. Ajustar la frecuencia al óptimo económico.

**8.** Se debe confeccionar un programa de inspecciones y mantenimiento de los componentes principales de las unidades LACT. Se propone como base de partida y análisis los siguientes criterios, modalidades y frecuencias de ejecución de actividades típicas para la inspección y mantenimiento de los componentes principales:

**a) Medidor de Desplazamiento Positivo**

Dependerá de los siguientes factores:

- Avería o mal funcionamiento del medidor. Ruidos, vibraciones, rotación no uniforme.
- Si el valor del Factor del medidor ( FM ) esta fuera del rango de  $X \pm 3 \delta$ , en dos calibraciones consecutivas.
- Tendencia continua o uniforme hacia valores inadmisibles, aún antes de alcanzar los mismos ( Programación predictiva de reparación ).
- Si la variación del FM entre dos calibraciones consecutivas es superior a la precisión del medidor ( repetibilidad  $\pm 0.02\%$  ).
- Incremento brusco de la variación del FM sin una causa justificada.

-Deducción por comprobación o eliminación por descarte del posible efecto sobre la variación del FM de otros parámetros del sistema, ejemplo: Temperatura, presión, caudal, viscosidad, tensión de vapor, contenido de sólidos en el crudo.

#### **b) Probadores o Tubo en U**

Se recomiendan las siguientes inspecciones:

- Verificación dimensional y estado de la esfera cada 2 meses o 5 calibraciones.
- Verificación de perdidas en sellos de válvulas de bloqueo en toda calibración..
- Verificación de posibles pérdidas en asiento de válvula de 4 vías cada año.
- Fallas en señal de detectores. Se debe llevar un registro continuo.
- Verificación de espesores de pared del probador debe efectuarse cada año.
- Inspección ocular del interior del tubo, detectar posibles picaduras o fallas de adherencia del recubrimiento, cada 3 años.
- Medir en puntos predeterminados, diámetros internos, espesores y dureza del recubrimiento, búsqueda de deformaciones, rayaduras, despegado( si el tubo es recubierto con epoxi u otras resinas ), incrustaciones salinas o deposiciones de parafinicas, programar cada 3 años.

La reparación del probador dependerá de los siguientes factores:

- Numero de calibraciones por año
- Resultado de revisiones periódicas
- Reparaciones del revestimiento interno por desgaste, fisuras, rayaduras o roturas.
- Reemplazo de detectores.
- Abrasión, erosión o fugas.

#### **c) Desplazadores o Esferas**

Se aconseja revisar la esfera toda vez que se detecte:

- Fluctuaciones atípicas del FM coincidente con la presión de calibración y el caudal.

- Cuando se produzcan repetidas fallas de medición de pulsos en corridas consecutivas.
- Cuando se incremente anormalmente el FM entre dos calibraciones consecutivas en ambos medidores simultáneamente.
- Cuando se hayan efectuado 10 calibraciones con la misma esfera.

La revisión de la esfera consiste en verificar:

- Aspecto superficial exterior. Debe ser liso, sin piquetes, rayaduras ni grietas; desgaste uniforme y conformación esférica.
- Verificación dimensional con aro calibrador en no menos de 3 direcciones ortogonales ( ideal son 6 ), el esfuerzo debe ser constante entre pasadas, no forzar el paso del aro.

La esfera se debe reemplazar cuando algún factor inspeccionado resulte satisfactorio o se evidencie cambios en su consistencia y aspecto superficial ( dureza, elasticidad, rugosidad ).

Podrá aplicarse un criterio de reemplazo sistemático preventivo con una frecuencia de uso fijo, por ejemplo cada 100 calibraciones. Otro criterio sería comparar el precio de la esfera contra el valor de % de error que ocasiona.

#### **d) Detectores de Esfera**

Se debe revisar al menos una vez en la puesta en marcha o luego de cada reparación o reemplazo, que la longitud sobresaliente de la superficie interior del tubo se ajuste a la especificación del fabricante según diámetro y espesor del tubo. Se reemplazarán cuando se observe una alta frecuencia de fallas en la detección del pasaje de esfera y no se pueda corregir por calibración del sensor ( Detector inestable o con mal funcionamiento). Ejemplo: Si falla 1 vez cada 5 corridas o menos.

#### **e) Contador de Pulsos ( LEACT )**

Se recomienda las siguientes inspecciones:

- Verificación de la configuración y datos ingresados, llevar registro de configuración, con fechas, motivos y responsable

de cualquier modificación que se efectúe, en todas las calibraciones

- Verificación del balance aritmético de los contadores e integradores en todas las entregas..
- Verificación de la correcta impresión del reporte de venta en todas las entregas..
- Verificación del valor del CTL calculado por el algoritmo del LEACT en todas las calibraciones y entregas..
- Calibración del termómetro según procedimiento estándar ASTM cada 20 calibraciones.

#### **f) Unidad de Rechazo**

Se recomienda:

- Verificar su calibración en el rango de fijación ( setpoint ) normal convenido, cada 6 meses o 20 calibraciones.
- Verificar la lógica de control y actuación de las válvulas del circuito, la frecuencia sugerida es una vez por año. Ajustar según frecuencia de operación o inseguridad sospechada.
- Si se dispones de comandos de paro de bombas o alarmas, verificar su normal funcionamiento cada 6 meses o 20 calibraciones.

La campaña de mediciones de BS&W, se debe efectuar sobre 10 muestras extraídas a intervalos no menores de 4 hrs., calcular promedios, desvíos estándar, graficar y efectuar los seguimientos y ajustes.

#### **g) Válvula de 4 Vías.**

Se recomienda :

- Verificar el funcionamiento normal, suave, silencioso y con rotación a velocidad constante del rotor de la válvula de 4 vías.
- En toda calibración verificar con manómetro que la presión se mantenga baja en la cámara común. ( seguir procedimiento del fabricante).
- En caso de mal funcionamiento o fugas, o en forma preventiva cada 3 años o 100 calibraciones, inspeccionar sellado de los asientos y repara o reemplazar según convenga. Ajustar frecuencia según circunstancias reales.

## **h) Válvula de Bloqueo**

- Si es de doble asiento verificar que la cámara intermedia no evidencie pérdidas en algunos de los sellos, en todas las calibraciones. Proceder a la inmediata reparación si se detectara pérdidas en los asientos.
- Si es de asiento simple, esclusa o esférica flotante, ver la posibilidad de reemplazo por una de doble asiento o instalar doble válvula y verificar hermeticidad cada 50 calibraciones ( ajustar frecuencia según circunstancia y observaciones experimentales ).

## **i) Válvulas de Contrapresión y Seguridad.**

Se recomienda verificar anualmente:

- El setpoint con relación a la presión normal del sistema receptor de crudo.
- Su operación normal, pérdidas, velocidad de respuesta ante las variaciones del sistema.

Se pueden aplicar los siguientes criterios para fijar la contrapresión en sistemas que descargan a oleoductos de presión variable:

- Estudiar variación de presión del sistema en el tiempo. Determinar la máxima presión que acumule en un tiempo cercano para evacuar la producción.
- Ajustar los caudales de entrega para compatibilizar con los tiempos de mínima presión requerida por el sistema y fijar un valor aproximado en un 2 a 5 % sobre la mayor presión del sistema que acumule el tiempo de evacuación necesario.
- Detener el bombeo cuando el sistema exija una presión mayor que la fijada anteriormente.

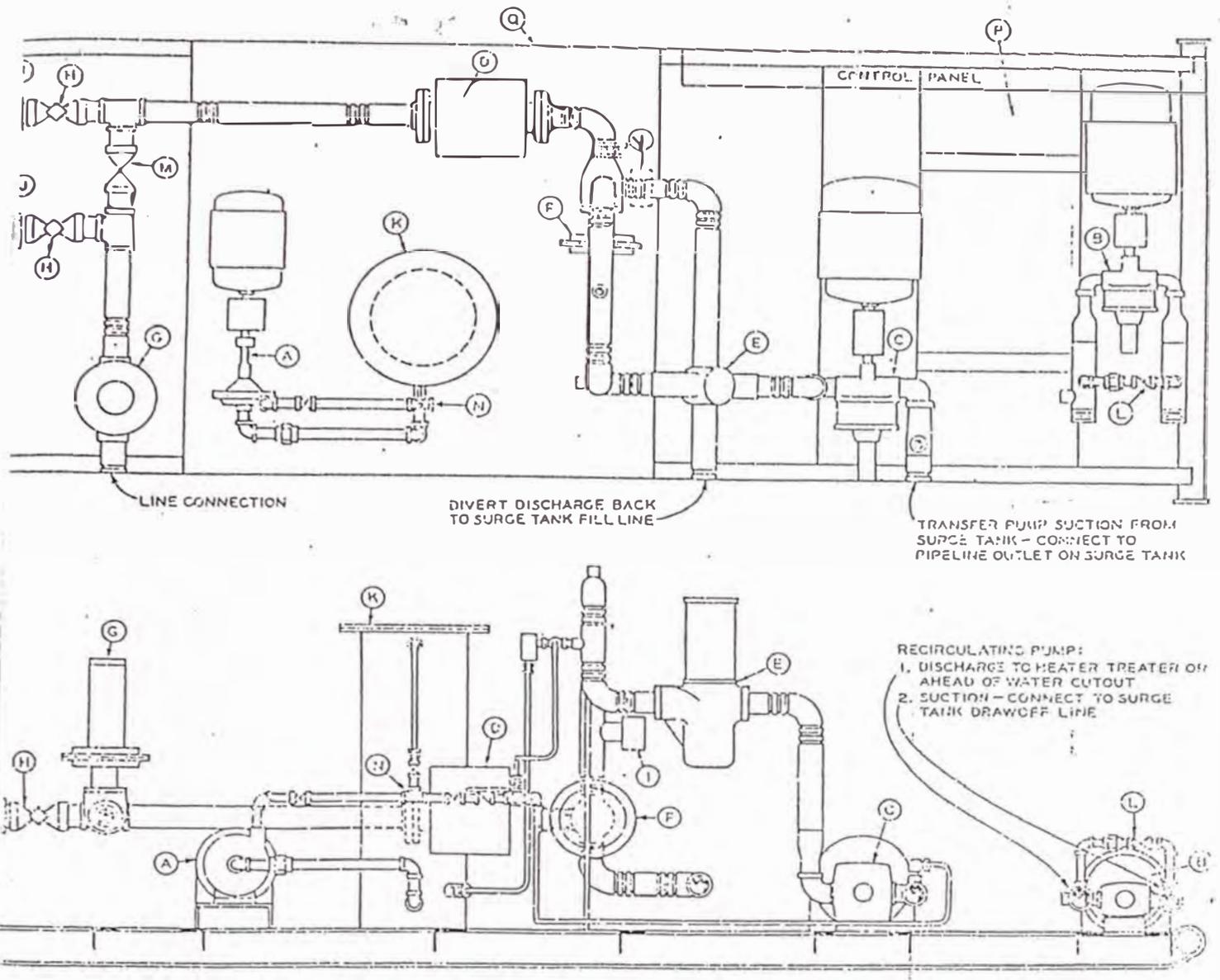
## **j) Sistema de Muestreo**

Según sea su diseño y cantidad de equipos disponibles en la unidad se debe verificar periódicamente que se mantenga la relación proporcional muestra colectada a volumen medido. Se recomienda verificar sus componentes y accesorios una vez por año o cada 100 entregas.

#### **k) Densímetros, Termómetros Manómetros.**

Los instrumentos Patrones de Precisión deben estar certificadas por Entidad competente. Se debe llevar un registro de seguimiento a las calibraciones. Se deben verificar 2 veces al año o cada vez que se golpeen o se tenga sospecha de su mal funcionamiento.

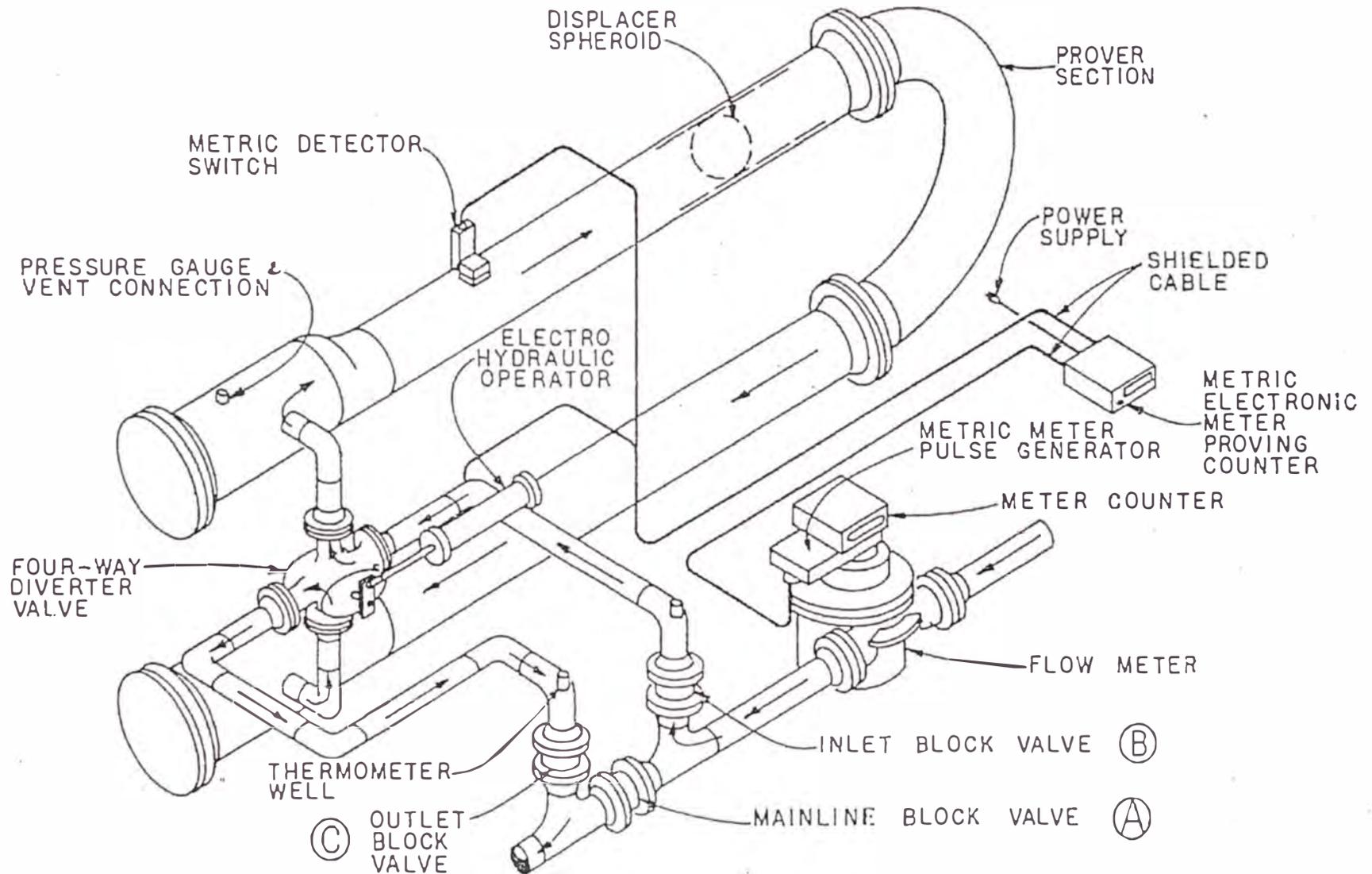
#### **10.0 Anexos- Gráficos.**



- Bomba de Mezclado.
- Bomba de recirculación.
- Bomba de Carga o Transferencia.
- Medidor.
- Filtro con Desgasificador.
- Válvula de tres vías.
- Válvula de Contrapresión.
- Válvula de bloqueo al probador.
- Monitor de agua y sedimentos.
- Acoplamiento rápido.
- Contenedor de Muestras.
- Válvula de Bloqueo.
- Válvula de Bloqueo para desvío al probador.
- Extractor de Muestras.
- Panel de Control
- Skid.

**UNIDAD LACT ANTIGUA DE UN SOLO RAMAL**

# UNIDAD LACT' ESQUEMA DE CONJUNTO



# PROBES

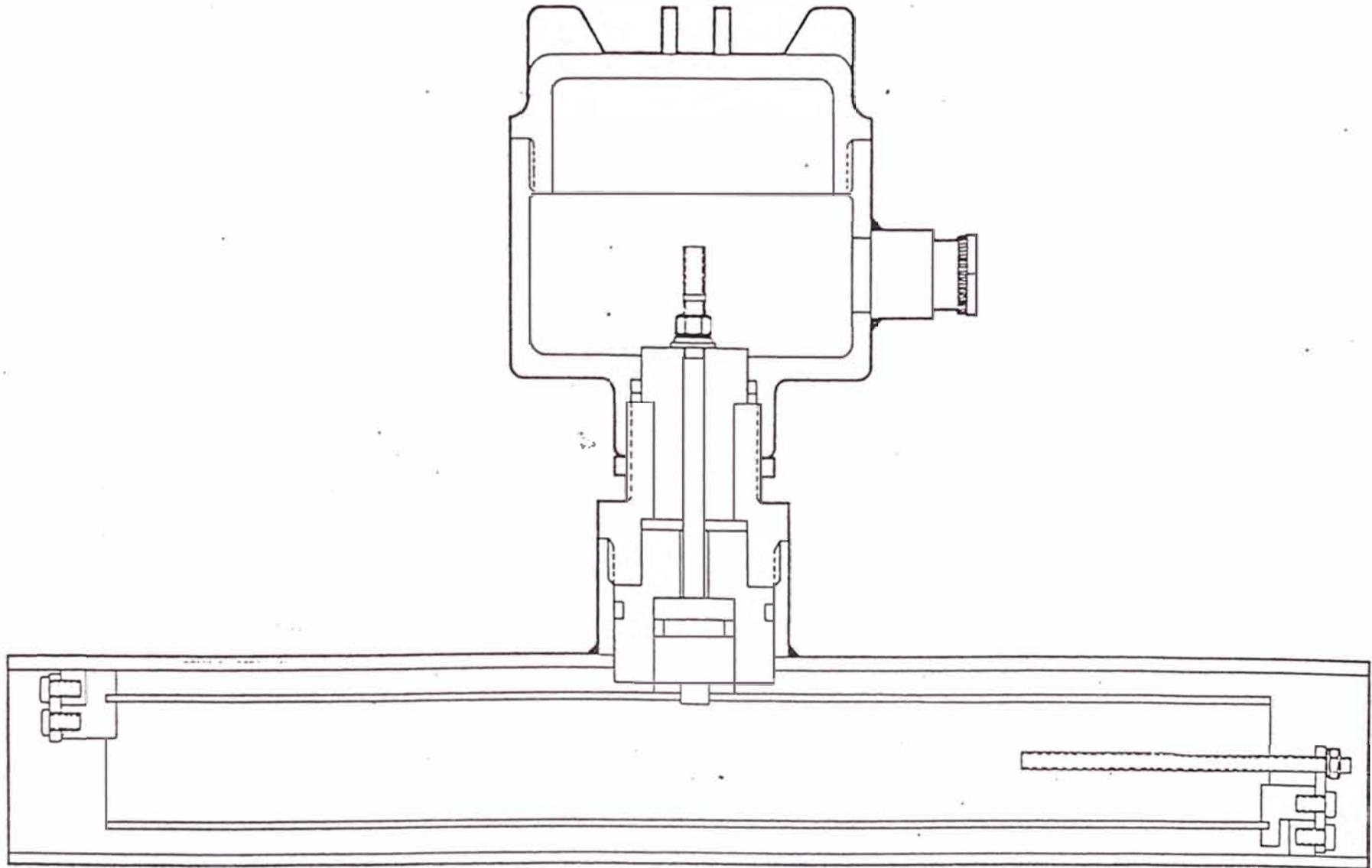


FIGURE 8  
TYPICAL PROBE

SONDA DETECTORA (BS & W)

ANEXO 3

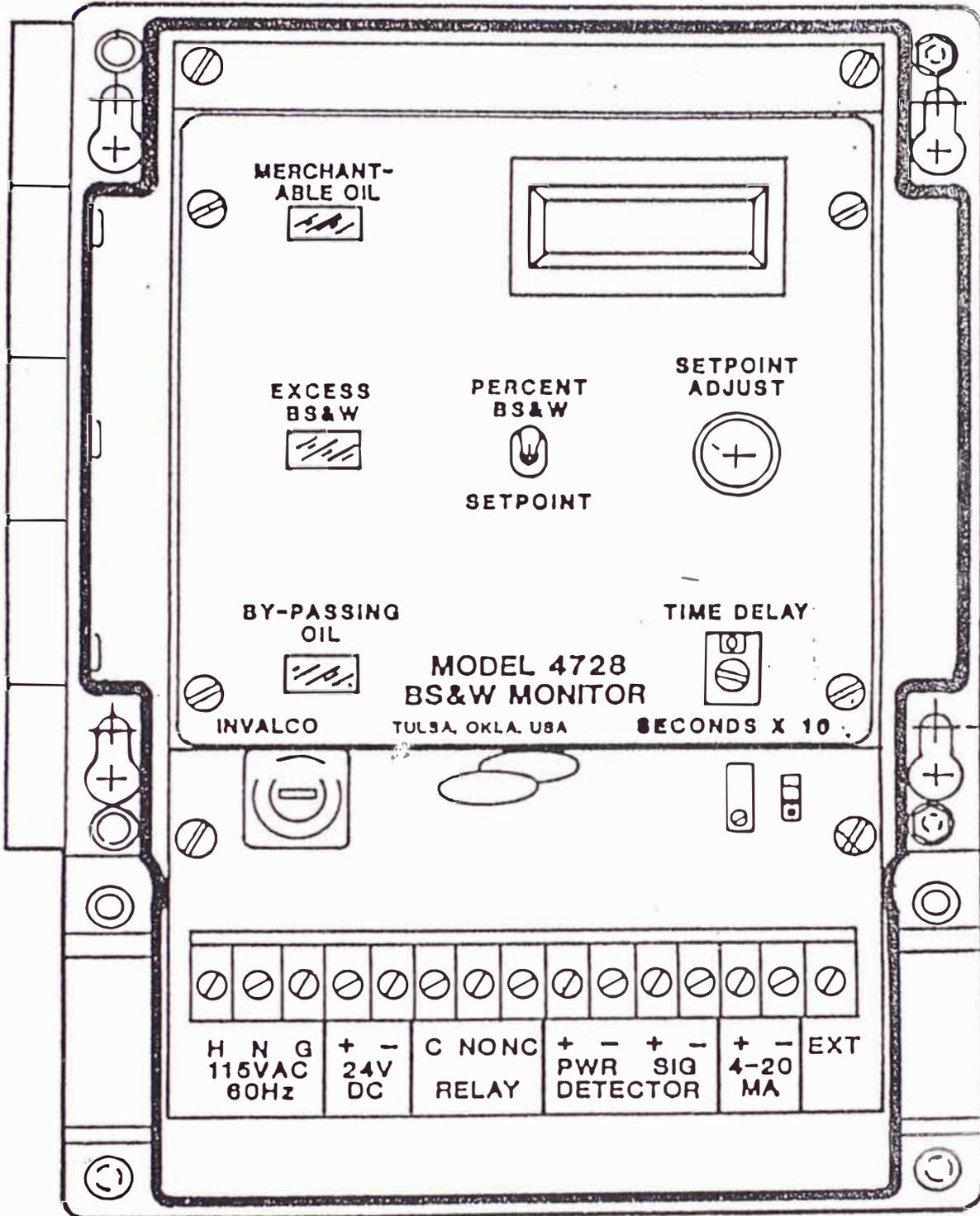
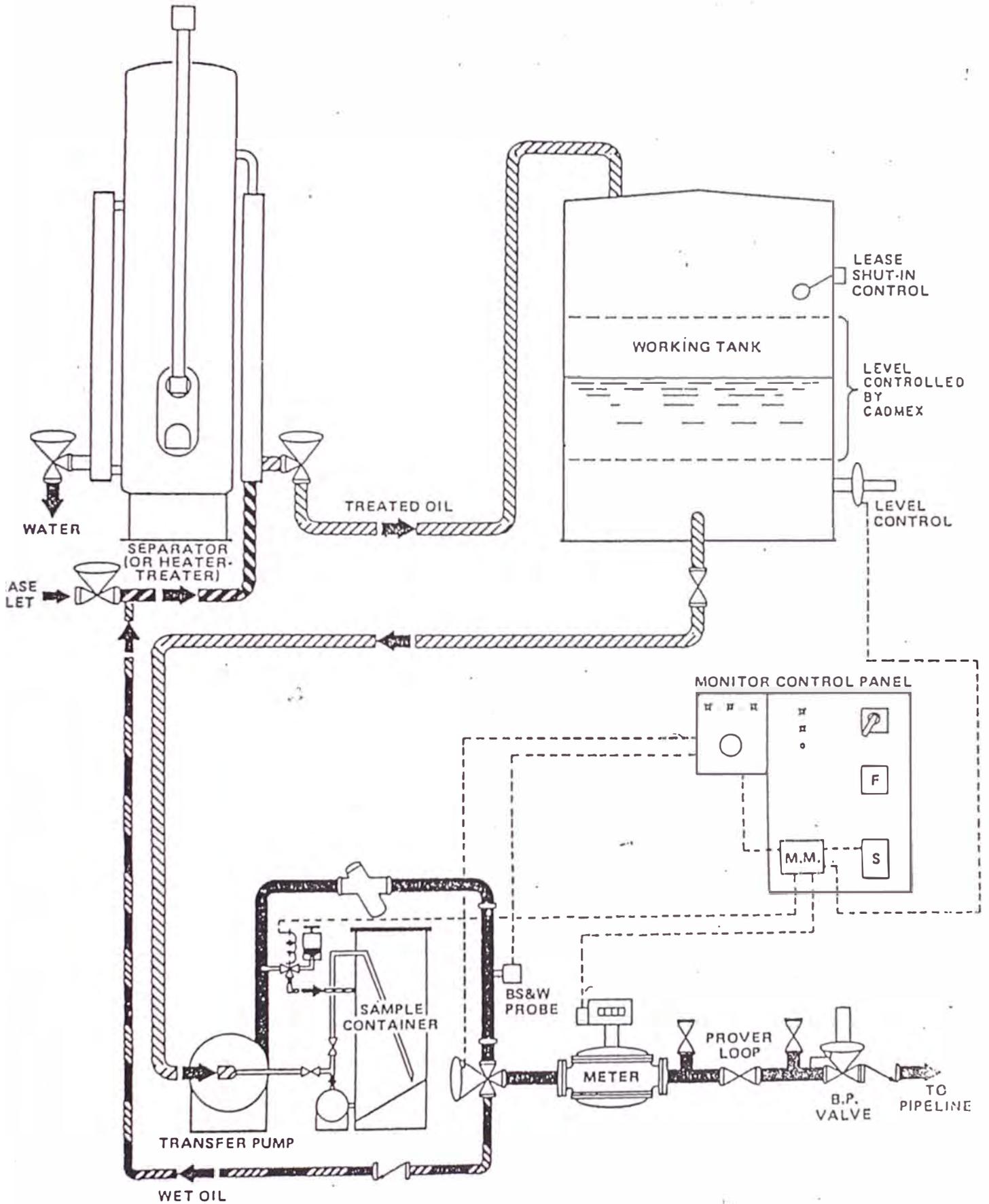


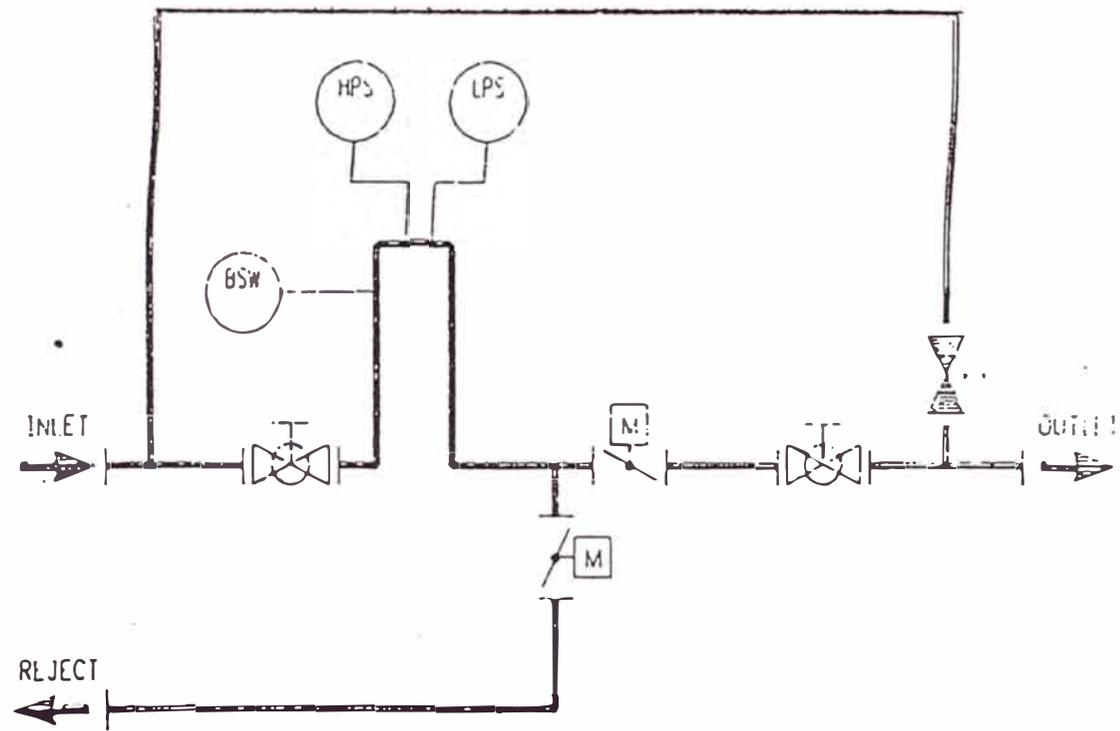
FIGURE 1  
MODEL 4728 BS&W MONITOR

# ANEXO 4



UNIDAD IACT (ESQUEMA)

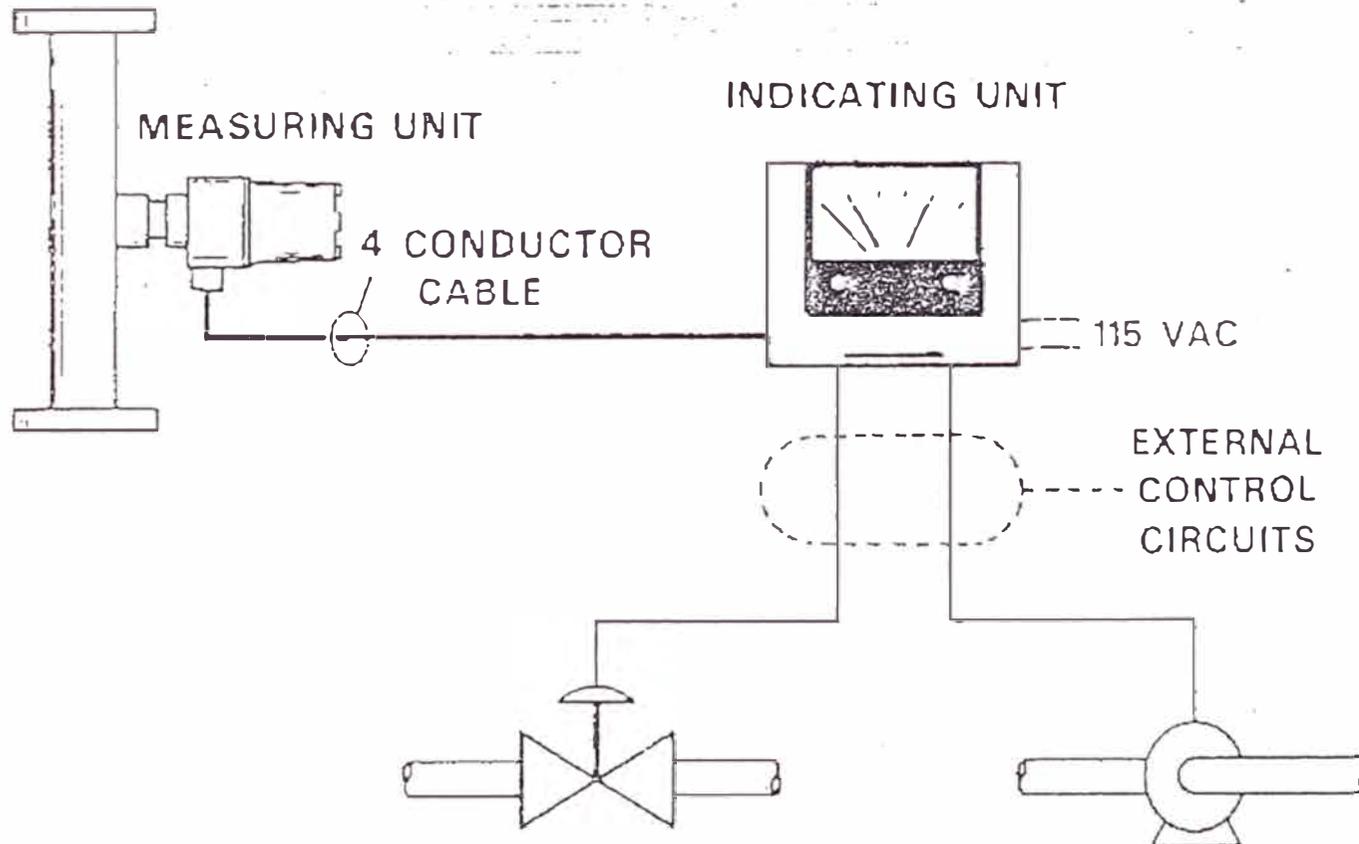
# UNIDAD DE RECHAZO TÍPICA



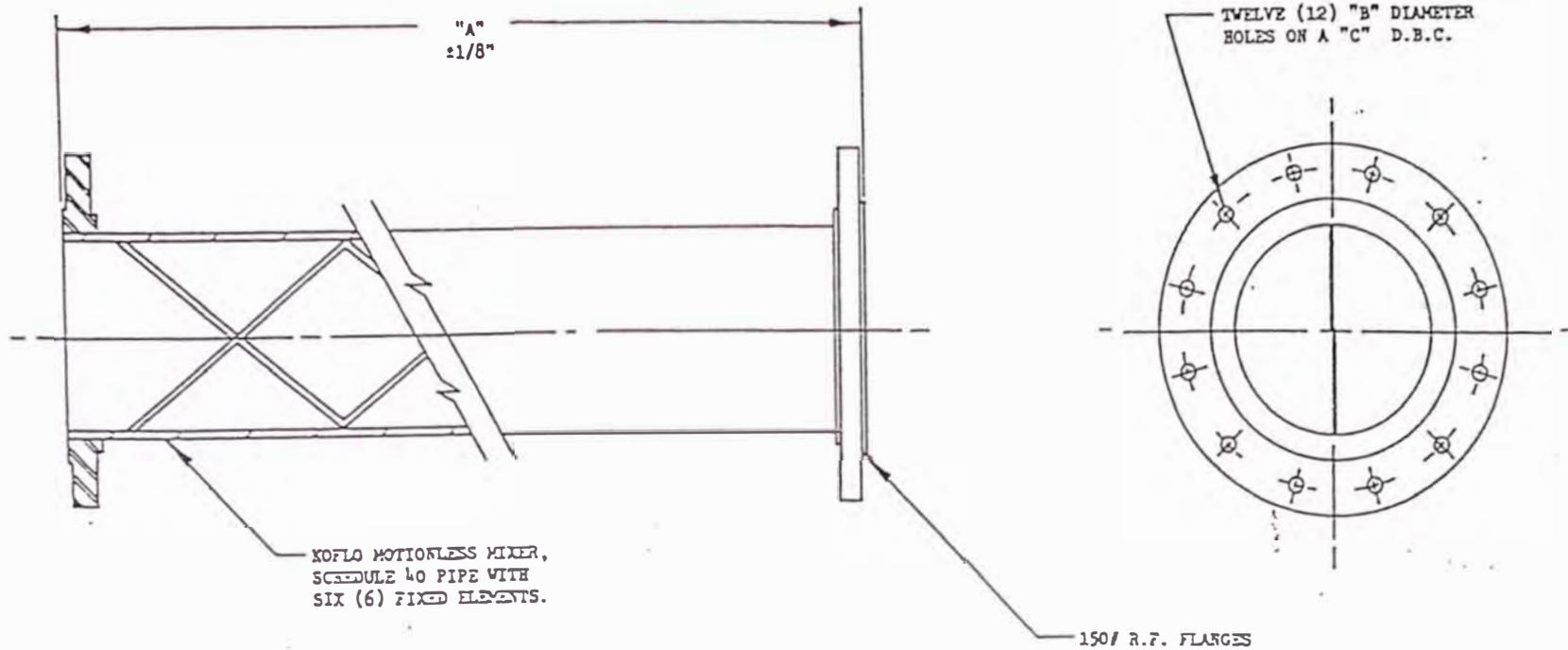
ANEXO 5 A

# UNIDAD DE RECHAZO

## AND ON-OFF CONTROL CONTINUOUS INDICATION



ANEXO 6



NOTE: THIS DRAWING IS PREPARED  
FOR GENERAL INFORMATION  
AND IS NOT TO BE USED FOR  
FINAL CONSTRUCTION.

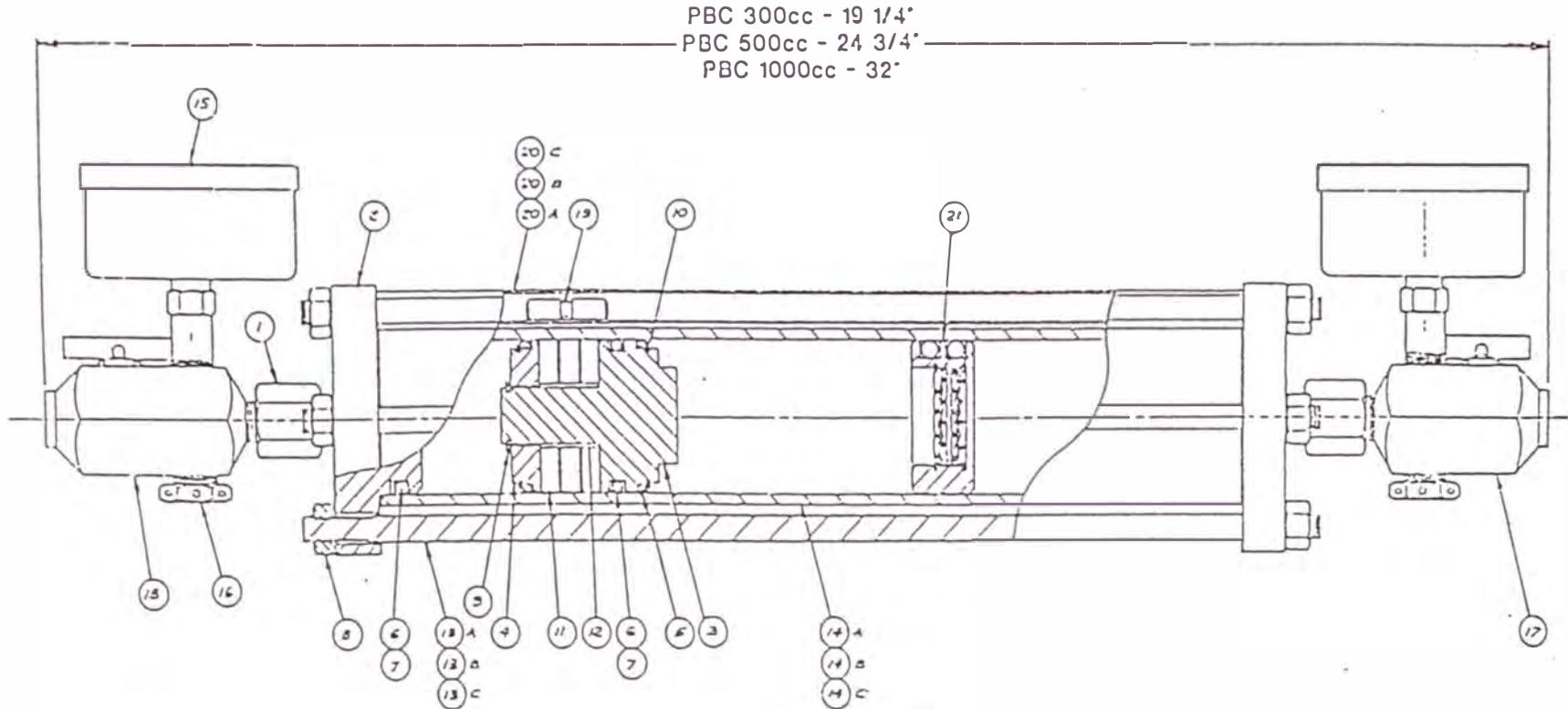
SIZE	"A"	"B"	"C"
10"	82"	1"	14-1/4"
12"	100"	1"	17"
14"	122"	1-1/8"	18-3/4"

		<b>Koflo Corporation</b> 309 CARY POINT DR. CARY, IL 60013	
		SCALE NONE	APPROVED BY
DATE 9/11/85		REVISED	
CUSTOMER		REVISED	
WOOD NO.		REVISED	
TYPICAL FLANGE MOUNTED MIXER		DRAWING NUMBER KD-1011	

MEZCLADOR ESTATICO

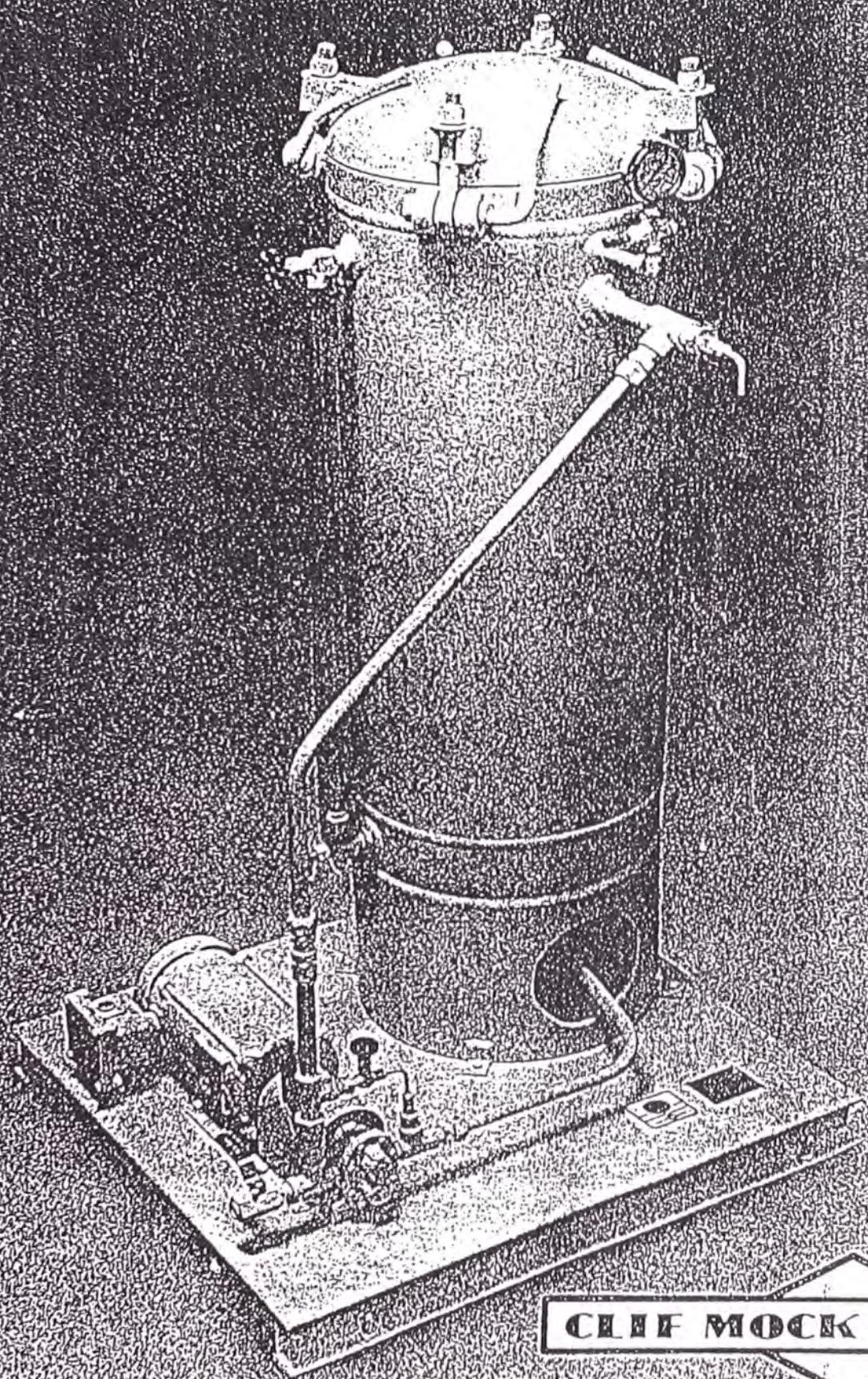
# RECIPIENTE COLECTOR DE MUESTRA PARA LIVIANOS

## ANEXO 7



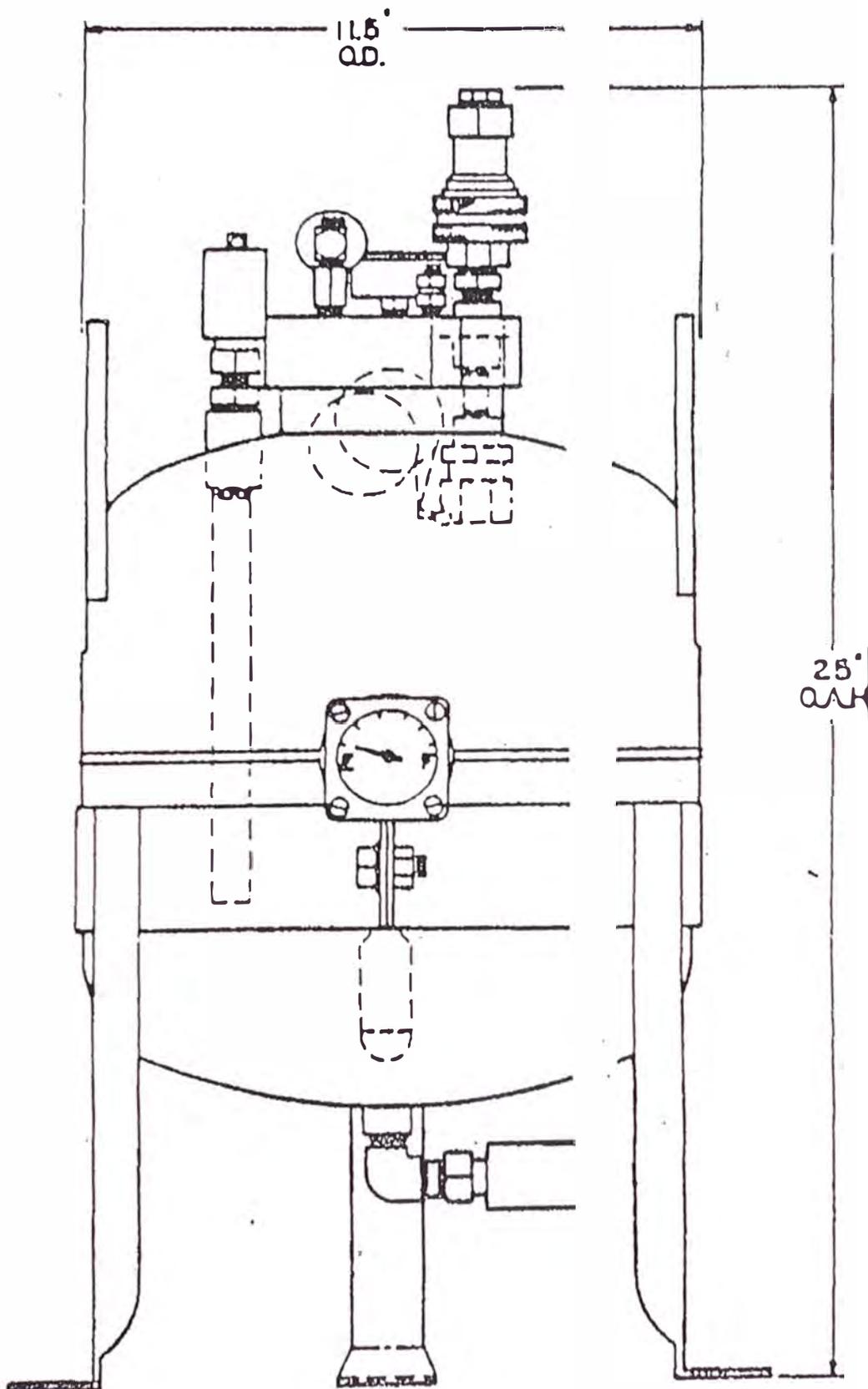
ITEM	QTY.	PART NO.	DESCRIPTION	ITEM	QTY.	PART NO.	DESCRIPTION
1	2	80142307637	PIPE ADAPTER	13A	6	80142381848	TIE ROD PBC 300
				13B	6	80142381877	TIE ROD PBC 500
2	2	80142381847	END CAP	13C	6	80142381731	TIE ROD PBC 1000
3	1	80142381849	PISTON	14A	1	80142381846	CYL.TUBE PBC 300
				14B	1	80142381878	CYL.TUBE PBC 500
4	1	80142381851	SPACER	14C	1	80142381732	CYL.TUBE PBC 1000
5	2	80142381852	CENTERING RING	15	2	80142381891	GAUGE 3000psi
				16	2	80142381854	RUPTURE FTG. 1800psi
6	3	80142381856	O-RING #222 VITON	17	1	80142381896	PBC VALVE-U1
7	3	80142381856	BACKUP RING #222	18	1	80142381896	PBC VALVE-L1
8	12	80142381857	HEX NUT	19	1	80142381753	SIGHT TUBE MAGNET
9	1	80142381858	RETAINING RING	20A	1	80142381752	SIGHT TUBE PBC 300
				20B	1	80142381754	SIGHT TUBE PBC 500
10	2	80142381859	RETAINING RING	20C	1	80142381755	SIGHT TUBE PBC 1000
11	2	80142381861	MAGNET	21	1	80132381702	MIXING DISC ASSY.(OPT)
12	1	80142381866	SPACER				





**CLIF MOCK COMPANY**

A TRUCE COMPANY



RECIPIENTE PORTATIL



*Model AR and DR Air Eliminators*

## RECIPIENTE PARA SISTEMA MUESTREADOR AUTOMÁTICO

Bomba Centrífuga  $\frac{3}{4}$ " x  $\frac{1}{2}$ ", con motor a Prueba de Explosión, de  $\frac{1}{2}$  HP, 3500 RPM.  
Tensión 220 V, 50 Hz.

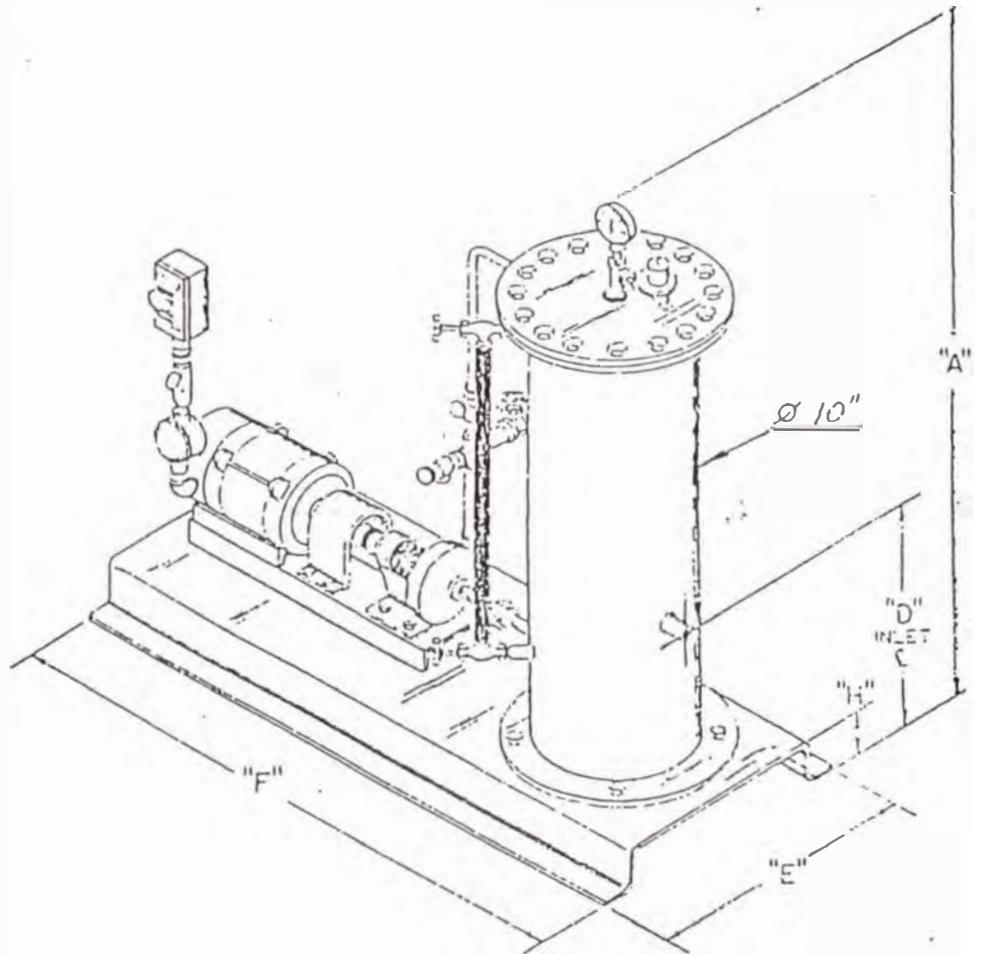
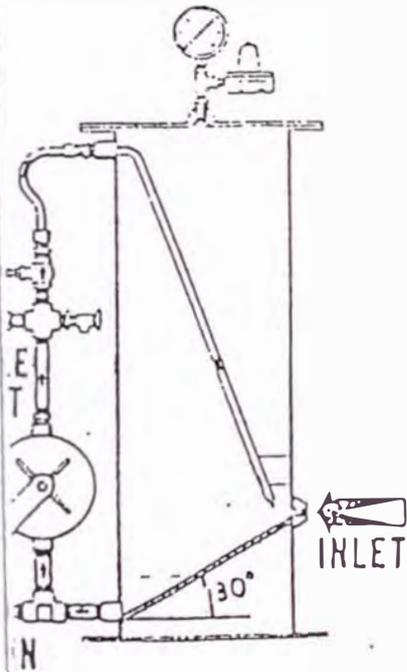
Regulador de Presión  $\frac{1}{4}$ " tipo FISHER N° 289 - A de 3 a 12 PSIG.

Manómetro con conexión a proceso de  $\frac{1}{4}$ " presión 0 - 30 psi.

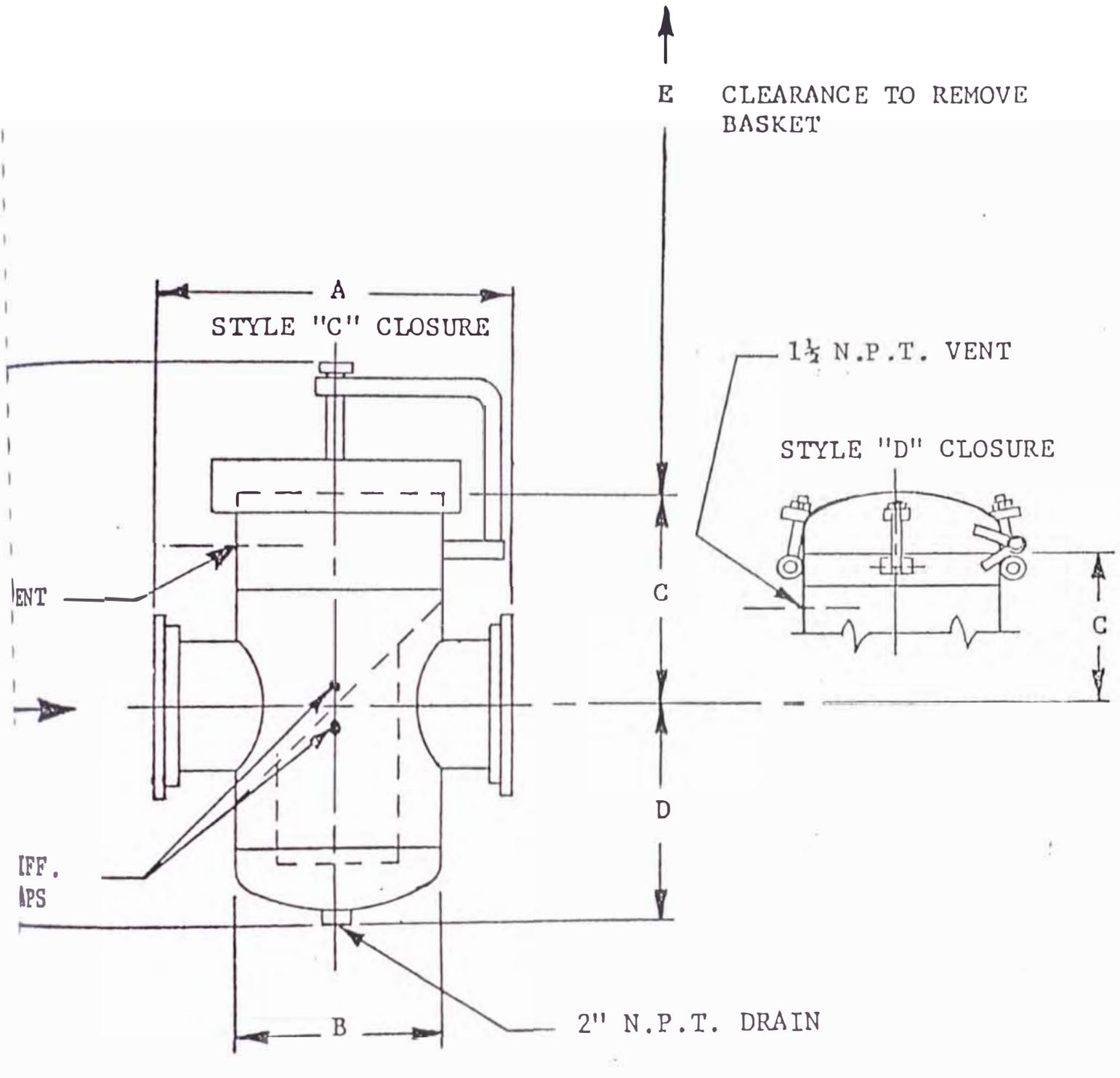
Tubo visor de vidrio longitud 500 mm.  $\frac{3}{4}$ "

DIMENSIONES

A	= 806 mm.
D	= 348 mm.
E	= 508 mm.
F	= 1118 mm.
H	= 75 mm.

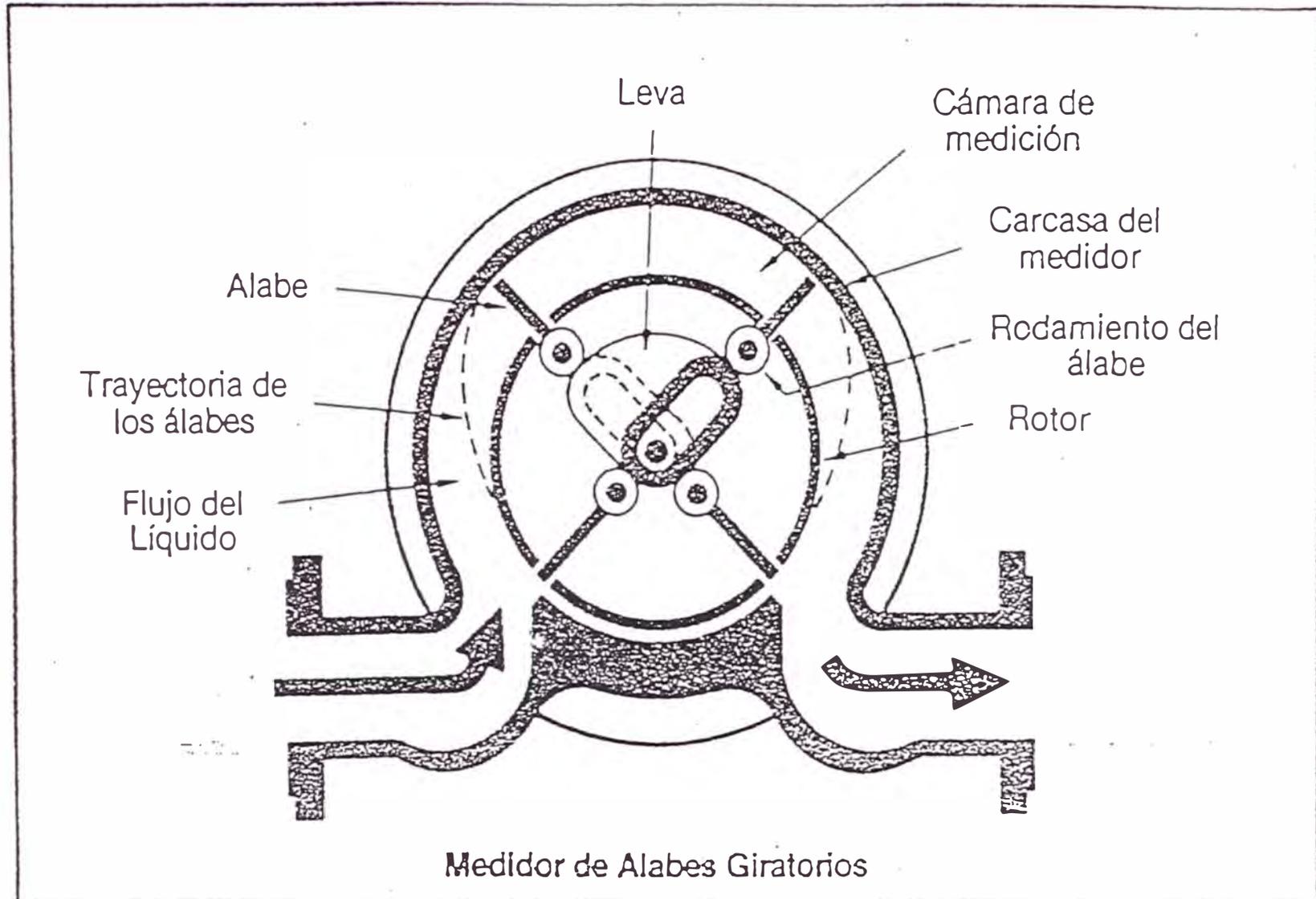


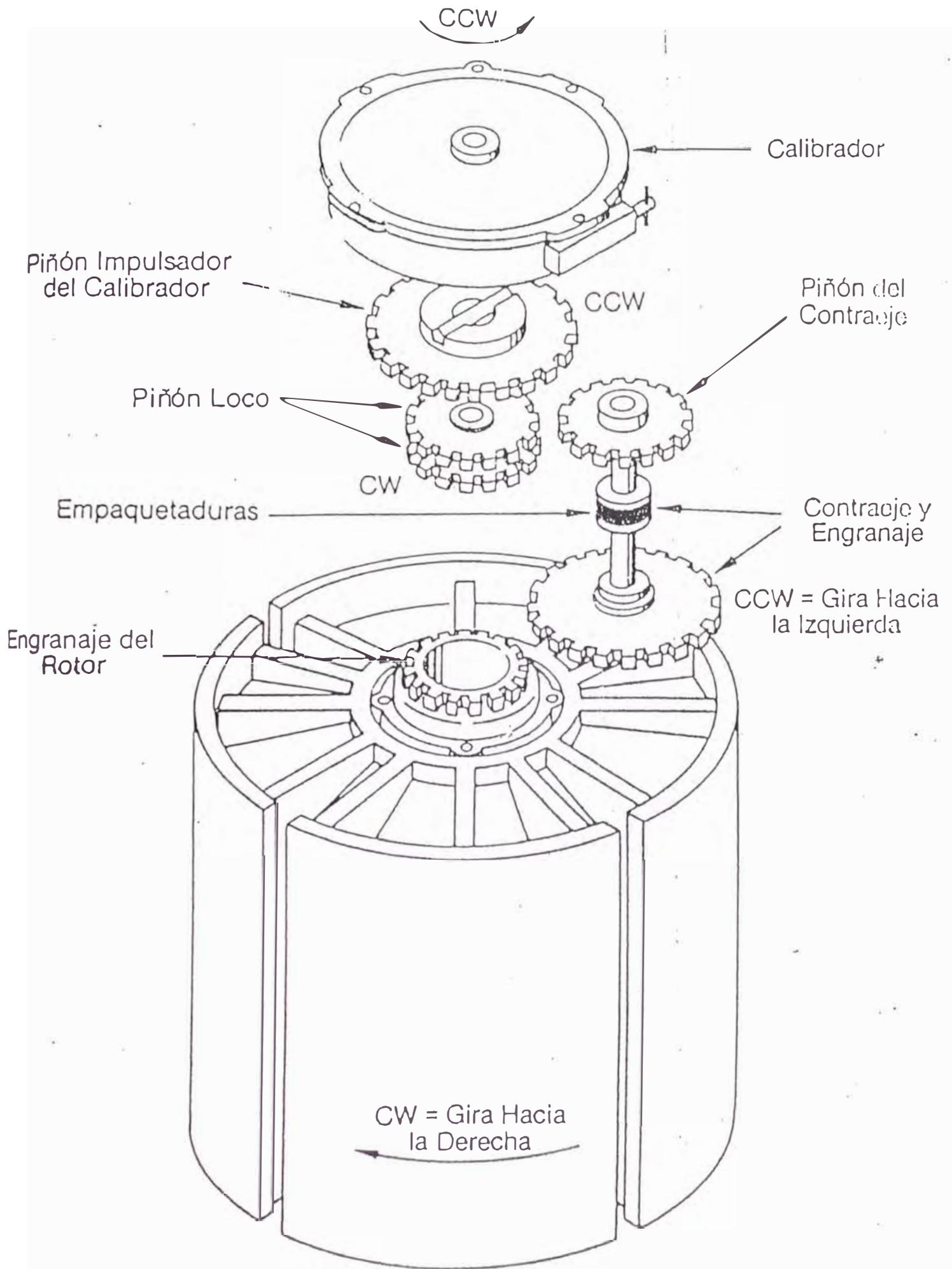
La superficie interior deberá ser arenada a metal blanco y pintada con pintura (3 ma. epoxi de color blanco o amarillo).



P. D. METER STRAINERS  
(ALL DIMENSIONS IN INCHES)

FILTRO CANASTO





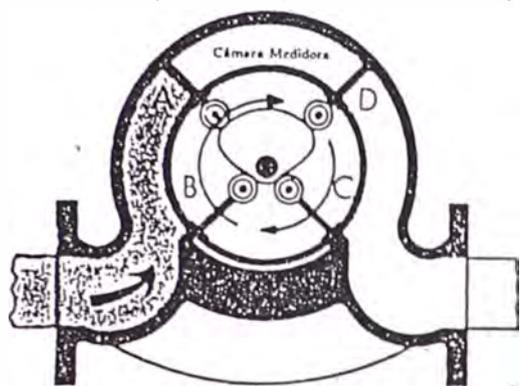
*Figura 2 - Tren de Impulso de Contador Típico*

# PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El Medidor A. O. Smith es del Tipo Rotativo de Desplazamiento Positivo. El alojamiento, el cual ha sido terminado a máquina con precisión, contiene un rotor que gira sobre cojinetes de bolas y mueve consigo unos álabes igualmente espaciados. A medida que el líquido fluye a través del Medidor, el Rotor y los Álabes giran alrededor de una leva fija, haciendo que los Álabes se muevan hacia fuera. Los movimientos sucesivos de los álabes forman una cámara medidora de un volumen preciso entre los álabes, el rotor, el alojamiento y las cubiertas superior

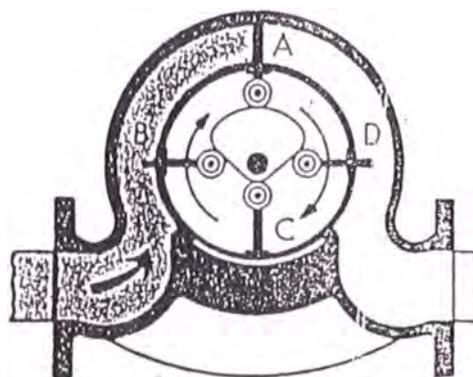
e inferior. Una serie continua de estas cámaras cerradas se forma por cada revolución del rotor. Ni los álabes ni el rotor hacen contacto con las paredes estacionarias de la cámara medidora.

Uno de los distintivos más sobresalientes del principio del Medidor A. O. Smith consiste en que el flujo del líquido no es alterado en ninguna forma mientras es medido. La energía no se pierde al contener la velocidad del líquido; en consecuencia, alta precisión y eficiencia son características comunes de los Medidores A. O. Smith.



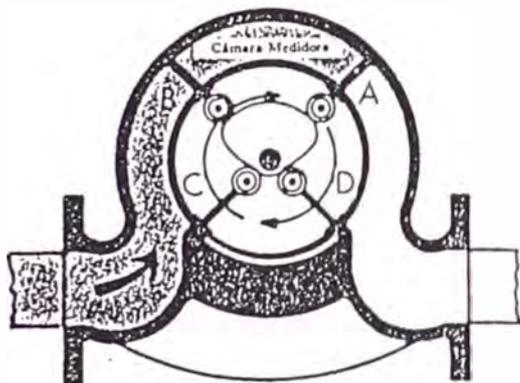
1

El líquido sin medir (área negra) se muestra cuando entra al medidor. El rotor y los álabes giran en el sentido de las agujas del reloj. Los álabes A y D han salido en forma completa, formando la cámara medidora; los álabes B y C están adentro.



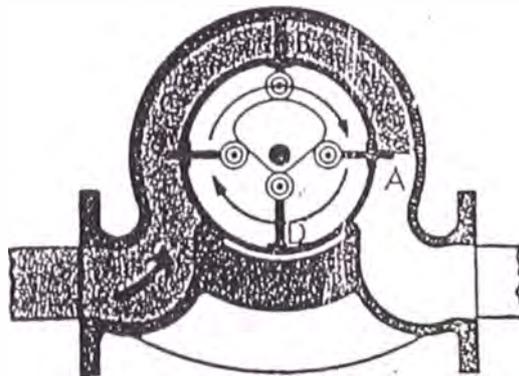
2

El rotor y los álabes han girado un octavo de revolución. El álabes A ha salido en forma completa. El álabes D se mueve hacia dentro; el álabes C ha retrocedido completamente y el álabes B empieza a salir.



3

Un cuarto de revolución ha tenido lugar. El álabes A está todavía extendido y el álabes B se ha movido ahora completamente hacia fuera. Un volumen exacto y conocido de nuevo líquido se encuentra ahora en la cámara medidora.



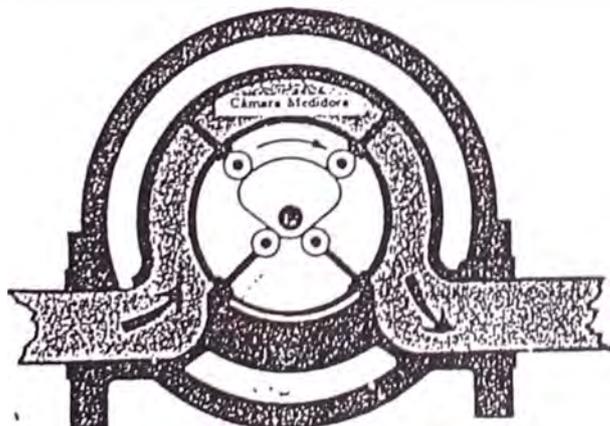
4

Un octavo de revolución más tarde, la cantidad de líquido medida fluye hacia fuera. Una segunda cámara medidora ha comenzado a formarse entre los álabes C y B. El álabes A se mueve hacia dentro.

Las Figs. 1 a 4 ilustran una construcción de Alojamiento Sencillo.

La Fig. 5 ilustra una construcción de Alojamiento Doble.

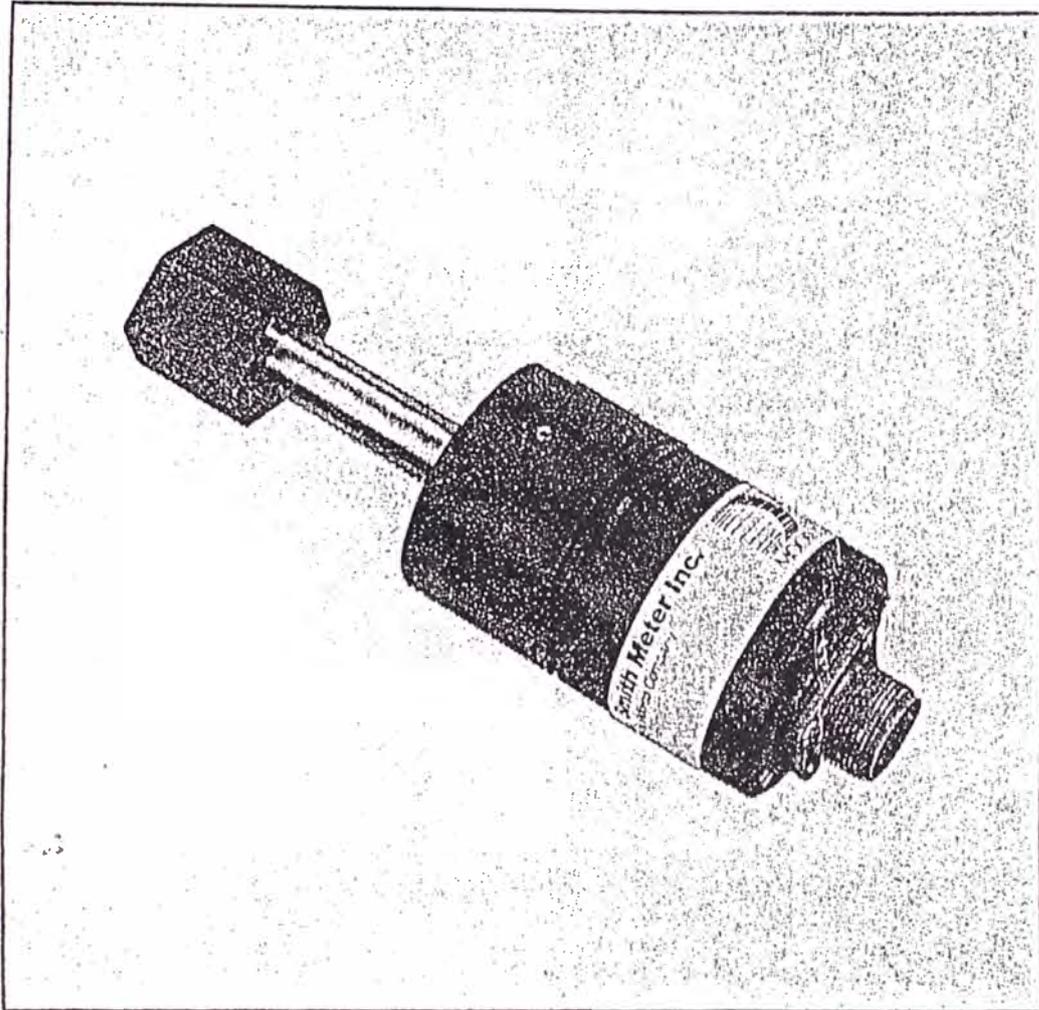
El principio de funcionamiento es el mismo cualquiera que sea el tipo de construcción.



5

Durante media revolución se han formado dos cámaras medidoras y la tercera cámara está formándose. Este ciclo se repite mientras fluya el líquido en el sistema.

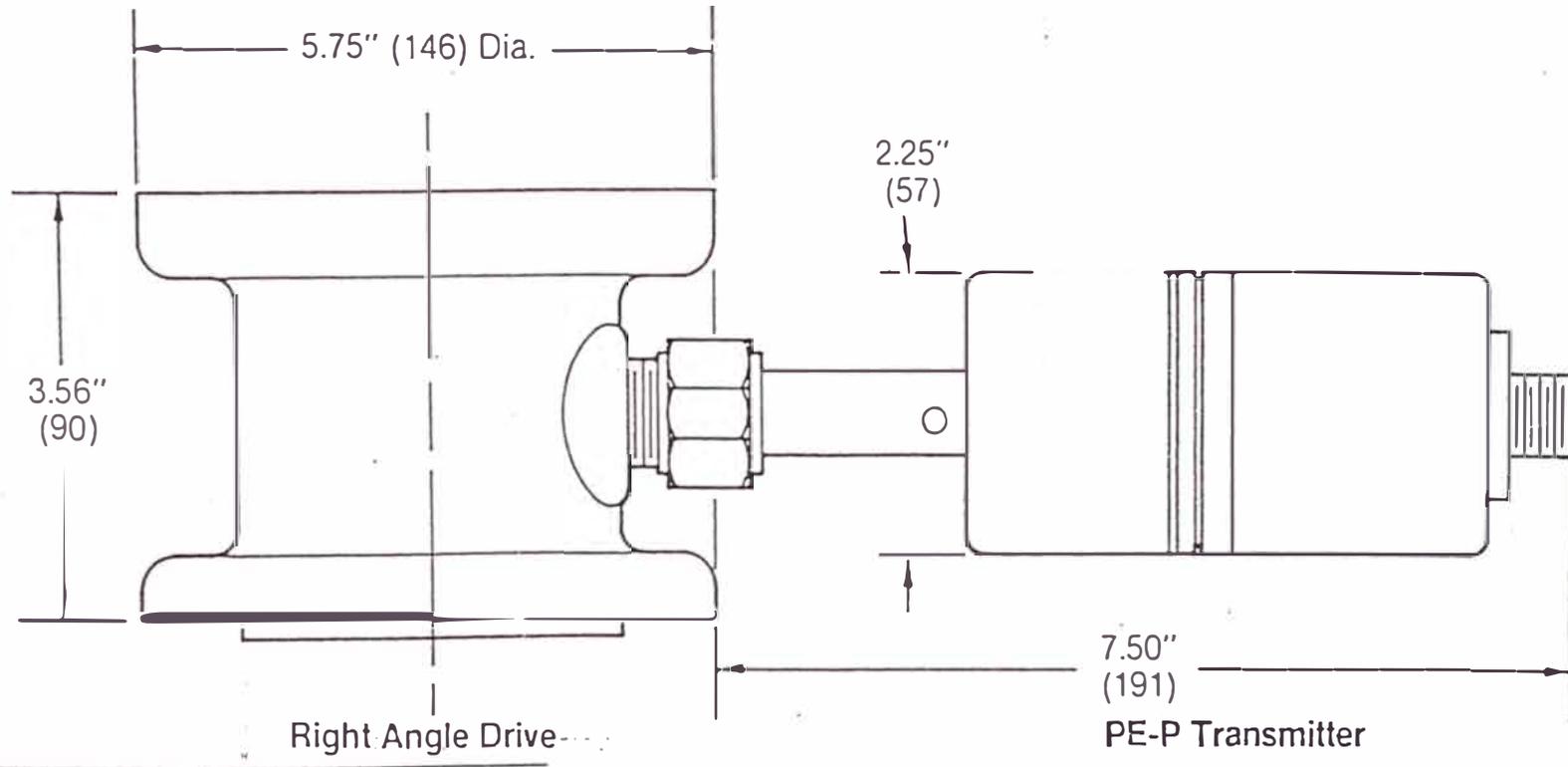
GENERADOR DE PULSOS



***Output Characteristics***

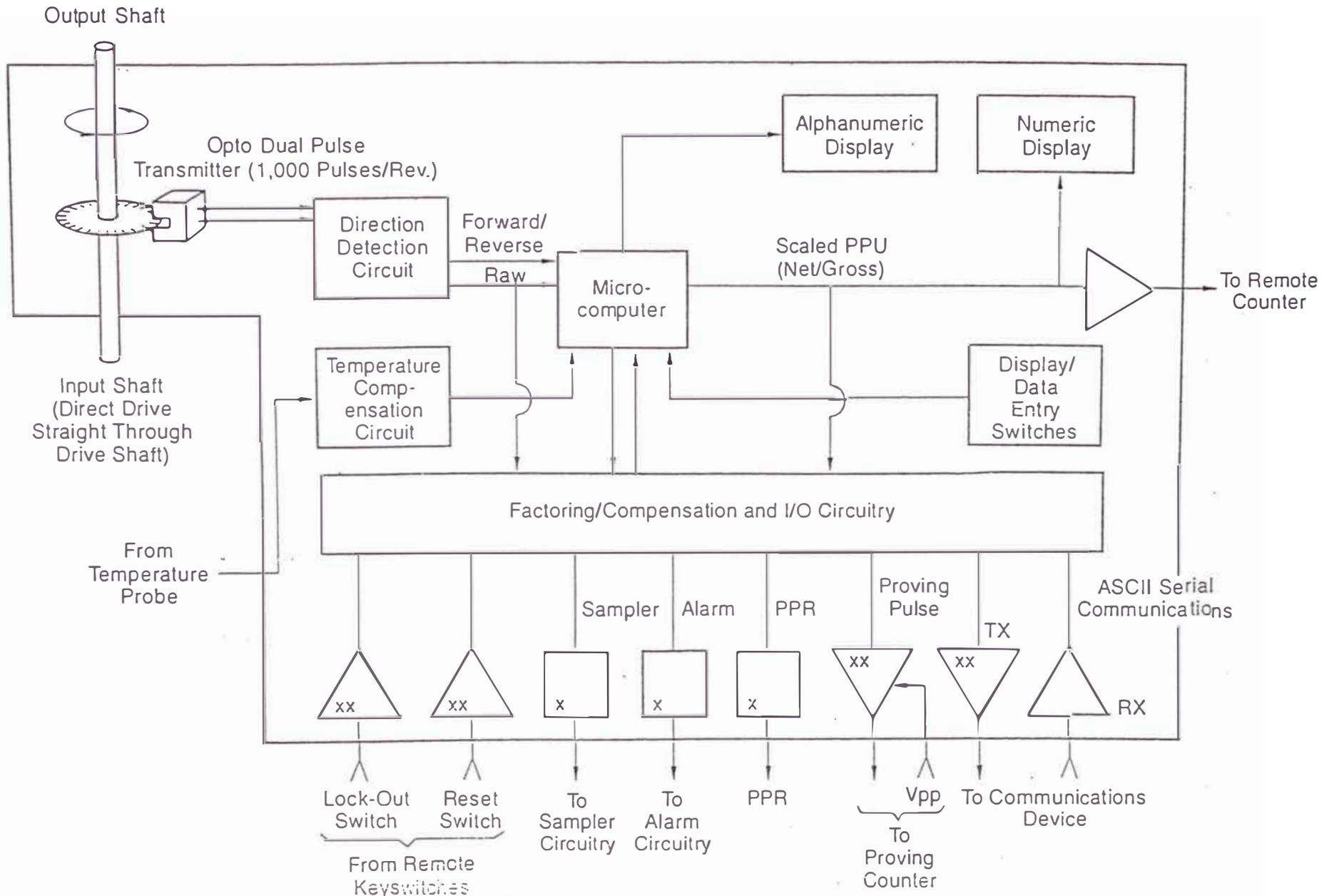
Pulse Output Signal: 1,000 pulses per revolution of the input shaft, 0-12 Vdc square wave, 10 mA sink.

ANEXO 16



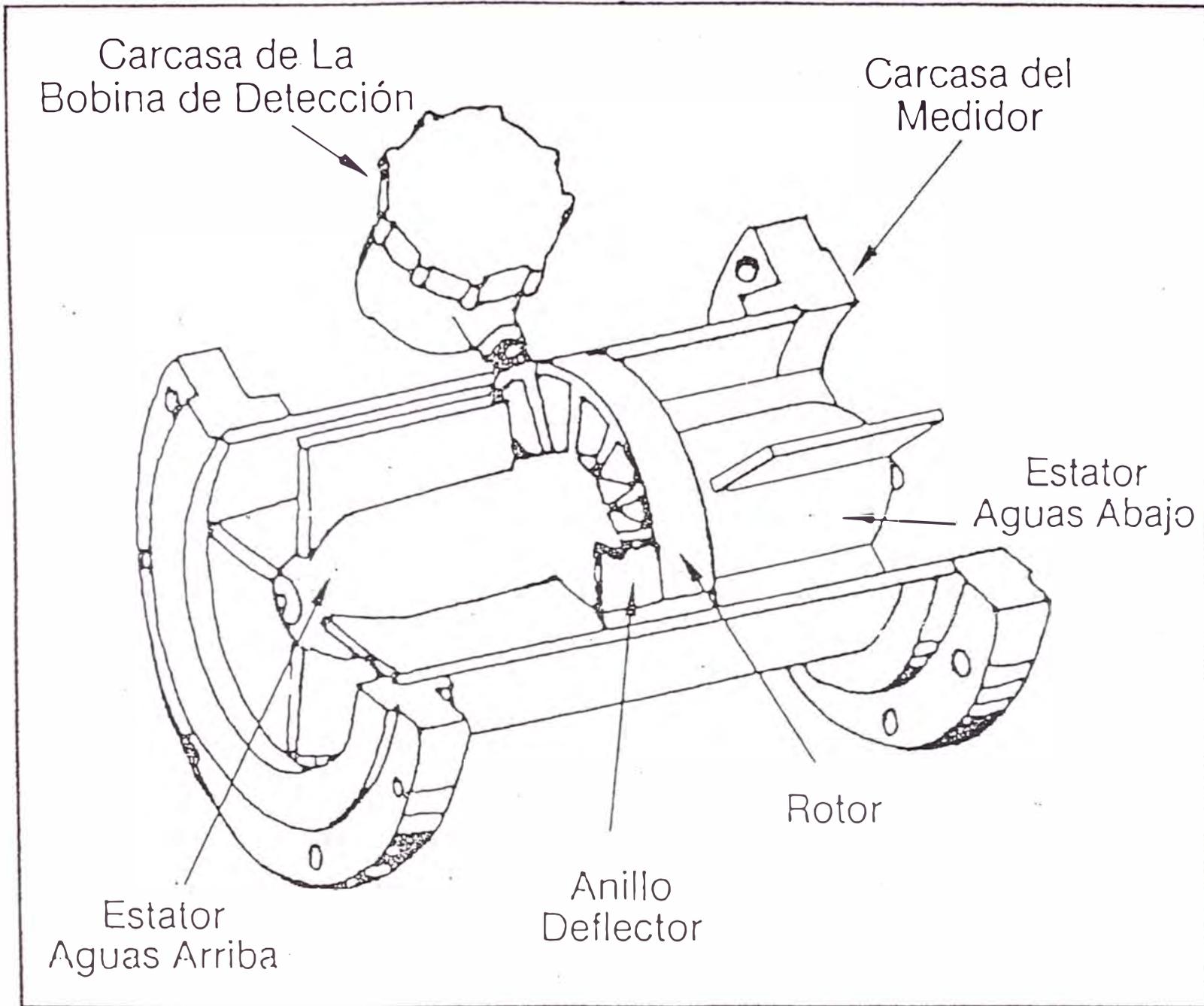
GENERADOR DE PULSOS CON ADAPTADOR EN ANGULO RECTO

# Block Diagram

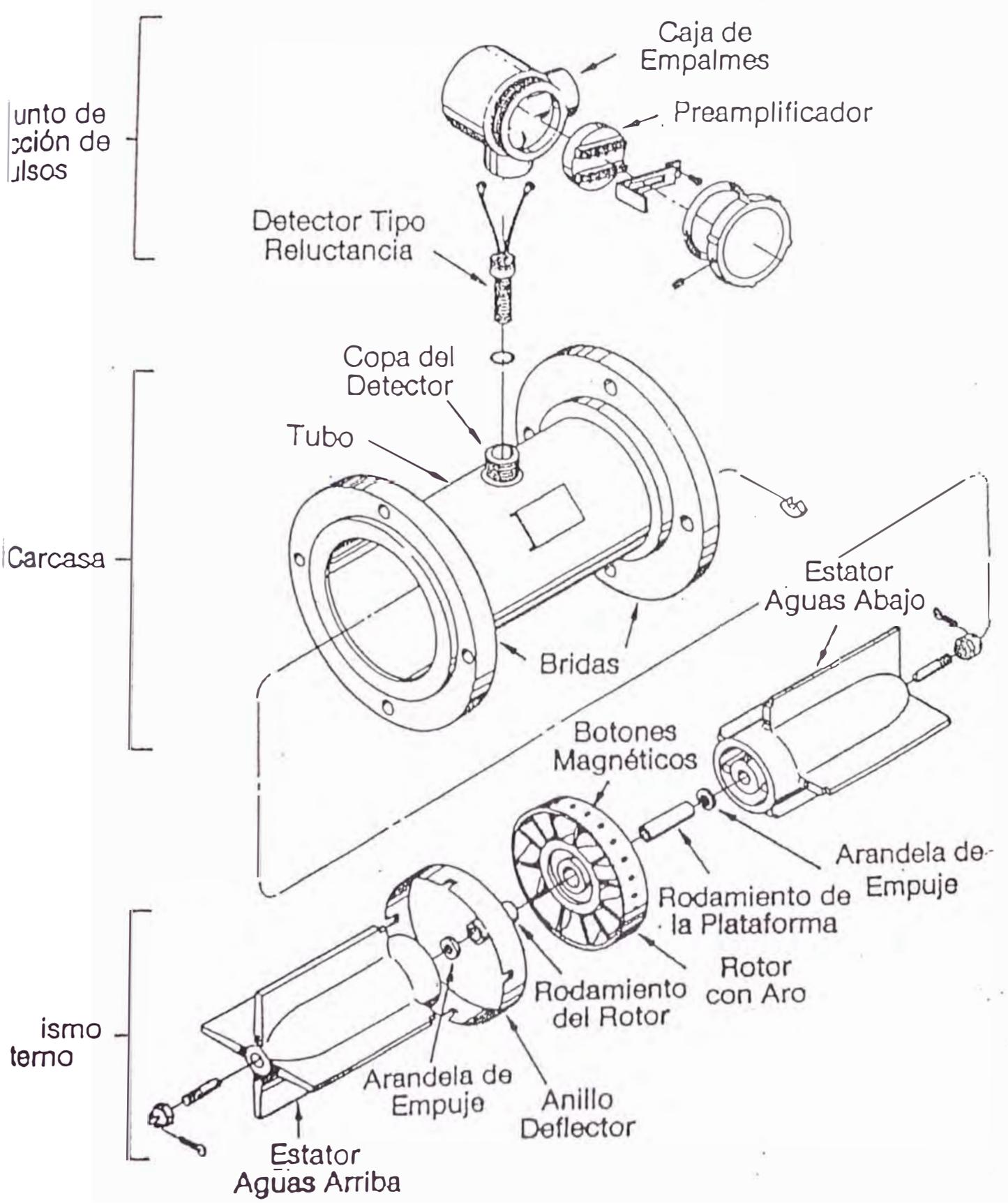


X = Denotes relay contact; output.

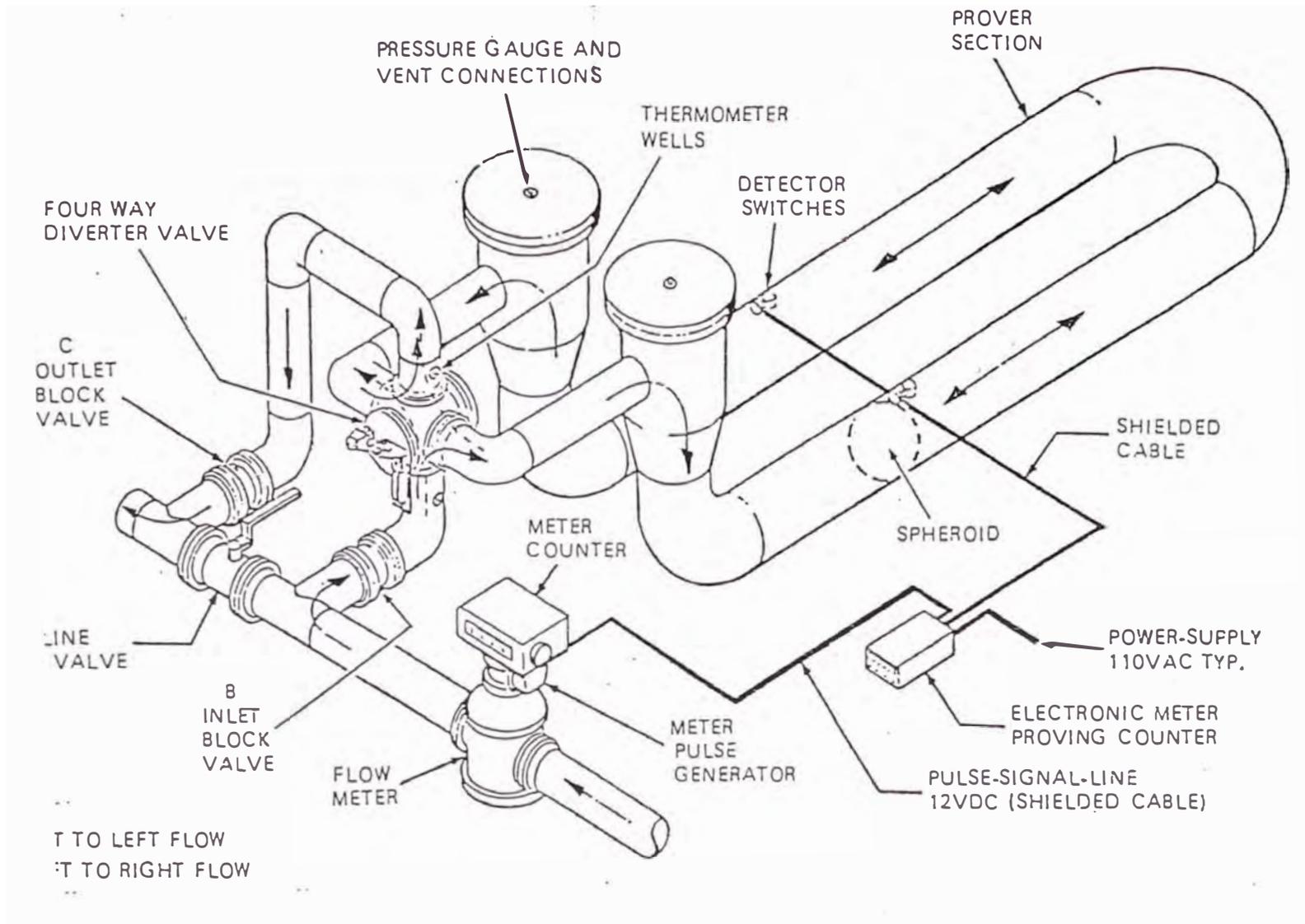
XX = Denotes solid-state, optically-isolated devices.



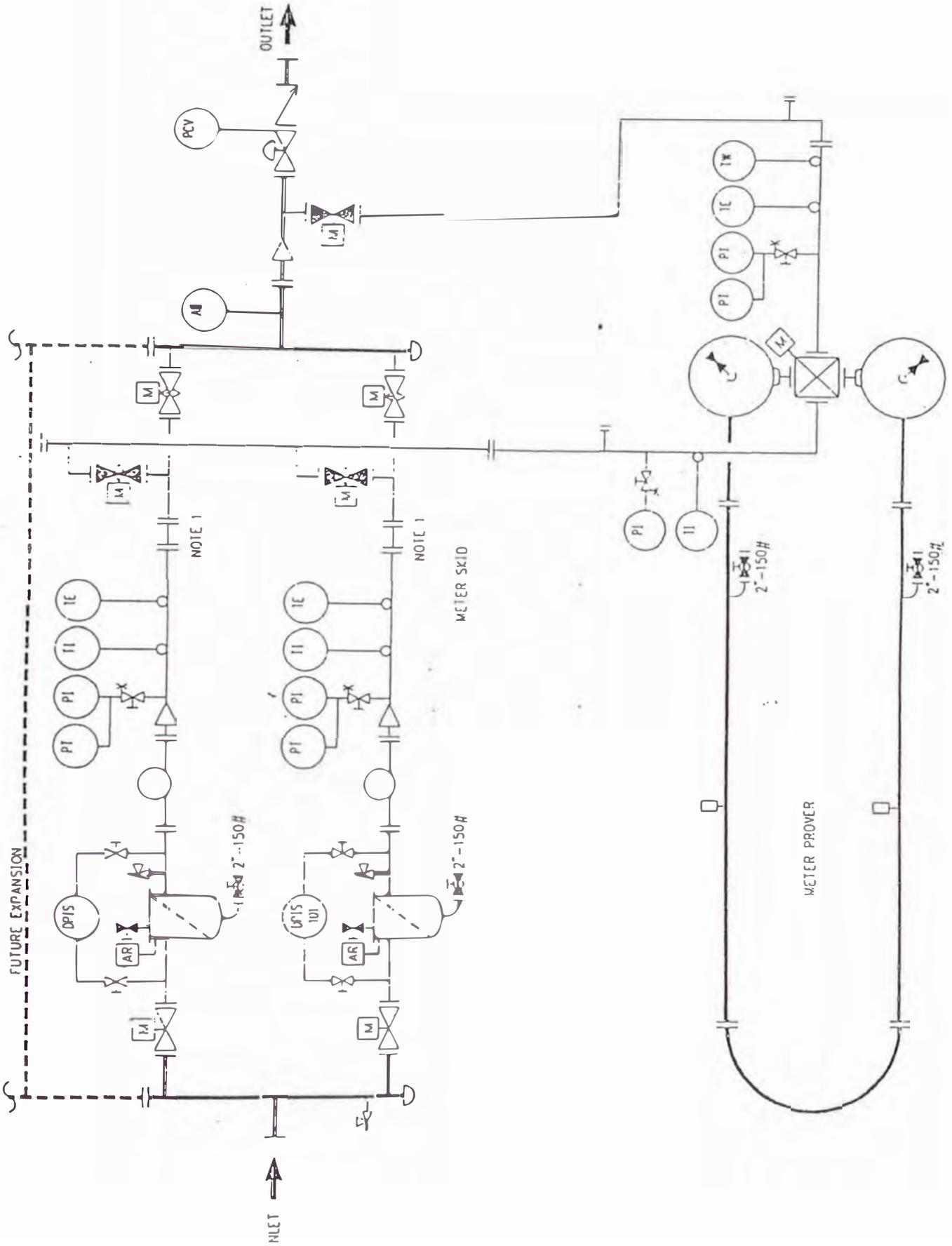
*Figura 1 - Medidor de Turbina Típico*



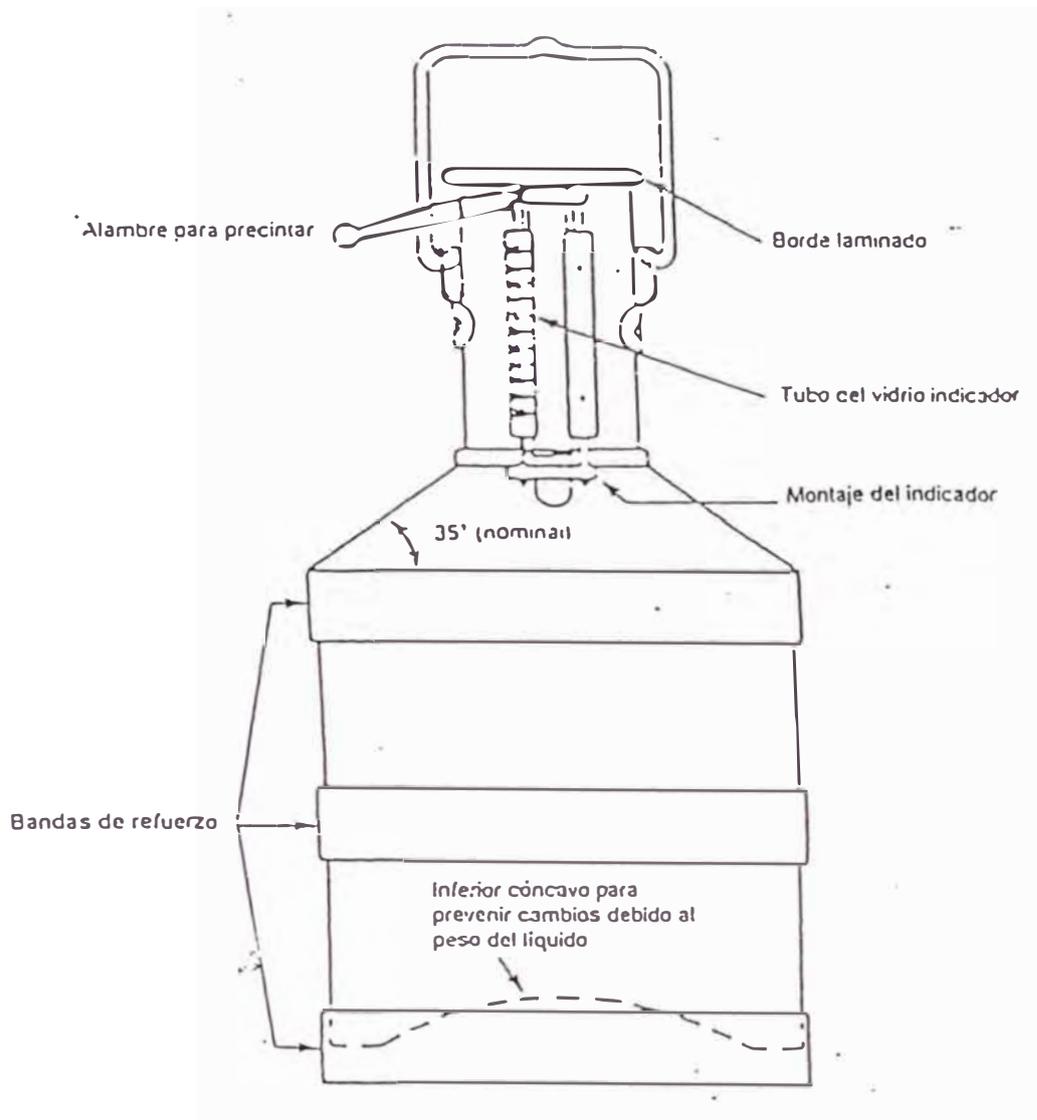
DESPIECE DE TURBINA



**PROBADOR BIDIRECCIONAL**







Medida de Prueba Estándar de Campo

Anexo 24

DEPARTAMENTO DE COMERCIO DE U.S.

AGENCIA NACIONAL DE NORMAS

Gaithersburg, Maryland

TN 999999

Julio 5, 1983

REPORTE DE CALIBRACION

Sometido por: Compañía XXX

Sello No. 9999

Referencia: Orden de envío No. 99999

Item: Recipiente de 25 galones (Tipo Cuello Graduado)

Fabricante: Compañía YY (Fabricante #99999)

Material: Acero inoxidable

Coefficiente cúbico de expansión térmica asumido, 0.0000265 por grado Fahrenheit

El volumen de agua entregado con el recipiente descrito arriba, en una posición estable y una actitud de referencia establecida para nivelar los niveles incorporados, y cuando se ha drenado por 30 segundos luego del cese del flujo principal, es como sigue:

<u>Lectura de escala *</u>	<u>Volumen entregado a 60 F (Gal. U.S.) **</u>	<u>Volumen entregado a 60 F (pulgadas<sup>3</sup>)</u>	<u>Incerteza estimada (pulgadas<sup>3</sup>)</u>
0	24.9937	5773.55	+ 1.2

Una división de escala entre -30 y +30 es, como está establecido para test separados, equivalente a 0.5 pulgadas<sup>3</sup>.

La posición de la escala graduada no fue modificada como parte del procedimiento de calibración.

\*La lectura de escala fue determinada por la intersección del plano horizontal, tangente al inferior del menisco.

\*\*El volumen establecido se basa en la densidad del agua (referencia disponible bajo pedido). Un Gal. U.S. es equivalente a .003785412 m<sup>3</sup> o 231 pulgadas<sup>3</sup>.

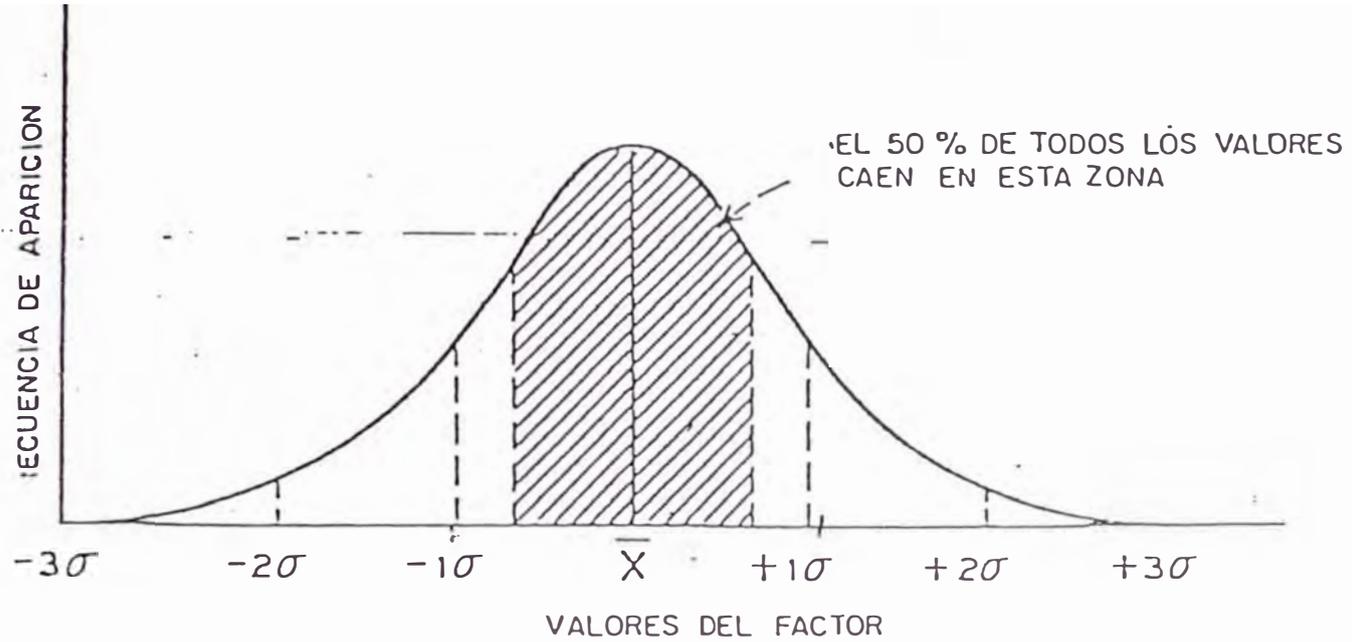
Para el Director,

Firma de Persona Autorizada

---

Reporte de Calibración

DISTRIBUCION NORMAL



DISTRIBUCION ASIMETRICA

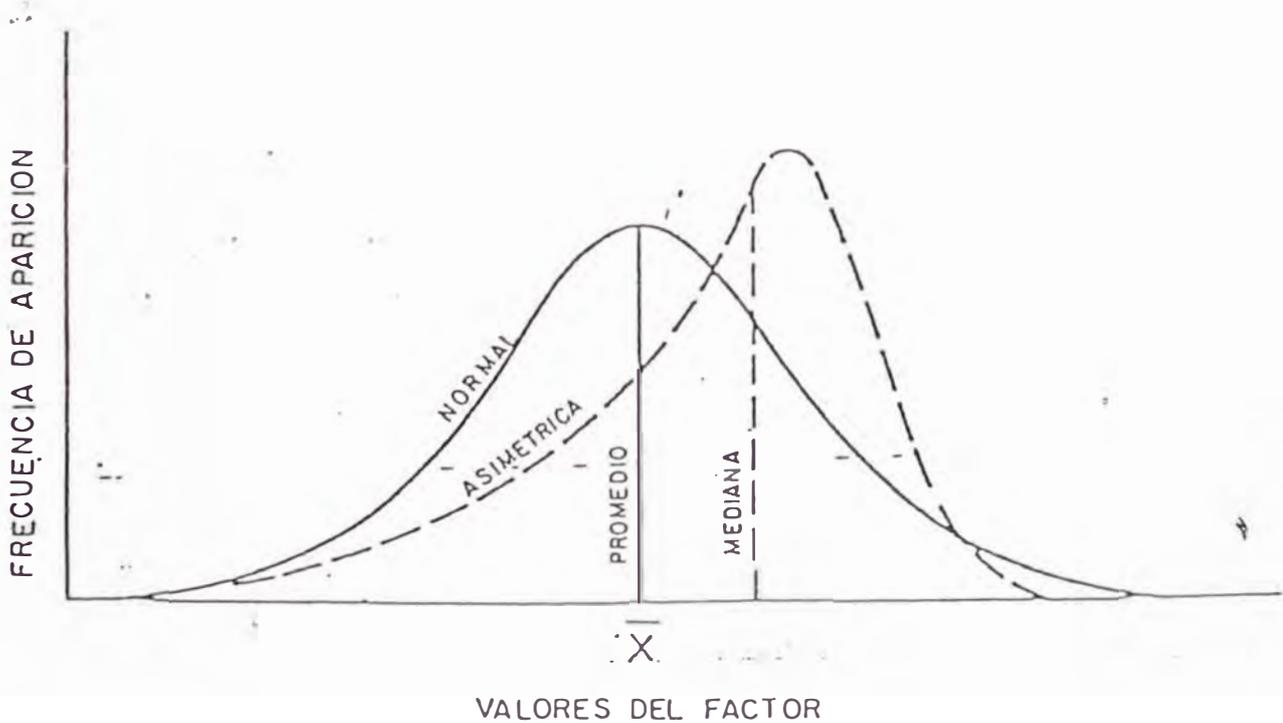


FIG. B1 - CURVAS DE DISTRIBUCION ESTADISTICA

**CONTROL DE FACTORES DE MEDICION DE UNIDAD LACT  
DESVIACION ESTÁNDAR MEDIDOR N°2**

N°	FECHA	CERTIF.	FACTOR	DENSIDAD	API	*F	PSI	Q	D	D^2
1	26.03.92	51	1.04476	0.9008	25.58	139.1	18.5	39	-0.00287	0.0000082369
2	03.04.92	52	1.04520	0.9027	25.25	129.4	14.2	39	-0.00331	0.0000109561
3	08.04.92	53	1.04519	0.9025	25.29	141.7	12.8	37	-0.00330	0.0000108900
4	24.04.92	54	1.05020	0.8925	27.04	141.7	14.2	40	-0.00831	0.0000690561
5	10.06.92	55	1.04921	0.9036	25.10	137.8	15.6	42	-0.00732	0.0000535824
6	23.06.92	56	1.04211	0.8927	27.01	136.3	17.1	39	-0.00022	0.0000004884
7	23.06.92	57	1.04170	0.8927	27.01	136.0	18.5	42	0.00019	0.000000361
8	23.06.92	58	1.04092	0.9132	23.45	134.6	14.2	40	0.00097	0.000009409
9	24.06.92	59	1.04048	0.9016	25.44	132.6	18.5	38	0.00141	0.000019881
10	24.06.92	60	1.04096	0.9077	24.39	132.6	18.5	41	0.00093	0.000008649
11	29.06.92	61	1.04099	0.9052	24.82	137.6	18.5	42	0.00090	0.000008100
12	08.07.92	62	1.03923	0.9033	25.15	114.1	14.2	37	0.00266	0.0000070756
13	10.07.92	63	1.03876	0.8959	26.44	132.7	14.2	39	0.00313	0.0000097969
14	14.07.92	64	1.03976	0.9027	25.25	131.3	14.2	30	0.00213	0.0000045369
15	15.07.92	65	1.03890	0.8959	26.44	132.4	14.2	32	0.00299	0.0000089401
16	17.07.92	66	1.03987	0.9027	25.25	114.1	17.1	29	0.00202	0.0000040804
17	22.07.92	67	1.04135	0.8925	27.04	136.0	18.5	32	0.00054	0.0000002916
18	24.07.92	68	1.04213	0.8925	27.04	136.2	17.1	32	-0.00024	0.000000576
19	29.07.92	69	1.04080	0.9056	24.77	135.5	18.5	35	0.00109	0.000011881
20	12.08.92	70	1.03993	0.9027	25.25	126.3	17.1	38	0.00196	0.0000038416
21	18.08.92	71	1.04135	0.9075	24.42	124.0	17.1	36	0.00054	0.0000002916
22	27.08.92	72	1.04213	0.9075	24.42	124.0	16.4	42	-0.00024	0.000000576
23	28.08.92	73	1.04110	0.9019	25.39	127.2	25.6	33	0.00079	0.0000006241
24	28.08.92	74	1.03978	0.9019	25.39	126.4	25.6	35	0.00211	0.0000044521
25	31.08.92	75	1.04045	0.9102	23.96	138.4	17.1	37	0.00144	0.0000020736
1.04189										0.0000081887 0.00286159

DES.V.ESTANDÁR :	0.00288159	FACTOR PROMEDIO :	1.04189
X + 1 σ	1.04475159	X - 1 σ	1.03902841
X + 2 σ	1.04761318	X - 2 σ	1.03616682
X + 3 σ	1.05047477	X - 3 σ	1.03330523

