

## MEDICIÓN DEL FLUJO DE AGUA EN CONDUCTOS CERRADOS. Medidores para agua potable fría. Parte 3: Métodos y equipo de ensayo

MEASUREMENT OF WATER FLOW IN CLOSED CONDUITS. Meters for cold potable water. Part 3: Test methods and equipment

(EQV ISO 4064-3 - 1993) MEASUREMENT OF WATER FLOW IN CLOSED CONDUITS. Meters for cold potable water. Part 3: Test methods and equipment

**1996-10-22**  
1º Edición

## ÍNDICE

	Página
ÍNDICE	i
PREFACIO	iv
0. INTRODUCCIÓN	1
1. ALCANCE	1
2. CAMPO DE APLICACIÓN	1
3. REFERENCIAS	2
4. REQUISITOS COMUNES A TODOS LOS ENSAYOS	2
4.1 REQUISITOS PRELIMINARES	2
4.2 CALIDAD DEL AGUA	3
4.3 REGLAS GENERALES RELACIONADAS CON LA INSTALACIÓN DE ENSAYO Y SU UBICACIÓN	3
5. ENSAYO PARA LA MEDICIÓN DE ERRORES	4
5.1 PRINCIPIO	4
5.2 DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO DE ENSAYO	5
5.3 SECTOR DE MEDICIÓN	6
5.4 DISPOSITIVO CALIBRADO DE REFERENCIA	11
5.5 LECTURA DEL MEDIDOR	12
5.6 PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN LA VERIFICACIÓN DEL ERROR DE MEDICIÓN	12
5.7 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	14
6. ENSAYOS DE PRESIÓN	14

6.1	PRINCIPIO	14
6.2	PRECAUCIONES QUE SE DEBERAN TOMAR DURANTE EL ENSAYO	15
7.	ENSAYOS DE PERDIDA DE PRESIÓN	15
7.1	PRINCIPIO	15
7.2	EQUIPO PARA EL ENSAYO DE PERDIDA DE PRESIÓN	16
7.3	PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	18
7.4	INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN	24
8.	ENSAYOS DE DESGASTE ACELERADO	24
8.1	ENSAYOS DE FLUJO CONTINUO	24
8.2	ENSAYOS DE FLUJO DISCONTINUO	27
9.	INFORME DE LOS ENSAYOS	30
9.1	REGLAS GENERALES	30
9.2	INFORME DEL ENSAYO DE APROBACIÓN DE MODELO CONTENIDOS REQUERIDOS	31
9.3	REGISTRO DE VERIFICACIÓN INICIAL - CONTENIDO REQUERIDO	34
10.	EJEMPLOS DE PROGRAMAS DE ENSAYO	34
10.1	APROBACIÓN DE MODELO	34
10.2	VERIFICACIÓN INICIAL	39
ANEXO :		
RESUMEN DE LAS DISPOSICIONES Y TOLERANCIAS PERMITIDAS EN LA MEDICIÓN DE LAS MAGNITUDES FÍSICAS ASOCIADAS CON LOS MÉTODOS Y LOS EQUIPOS EMPLEADOS EN LOS ENSAYOS DE LOS MEDIDORES DE AGUA		42

FIGURAS :

Figura 1	Disposición de la sección de medición	19
Figura 2	Ejemplo del tipo de agujero perforado de la forma de presión con cámara de anillo, adecuado para las secciones de ensayo de diámetro pequeño/medio	20
Figura 3	Ejemplo de tipo de ranura de la toma de presión con cámara de anillo, adecuado para las secciones de ensayo de diámetro pequeño/medio.	21
Figura 4	Ejemplo del tipo de agujero de toma de presión con interconexión anular para la determinación de la presión con estática media, adecuado para secciones de ensayo de diámetro medio o grande.	22
Figura 5	Procedimiento de ensayo de la medición de pérdida de presión	23

—oooOooo—

## PREFACIO

La Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales del INDECOPI , ha adoptado como equivalente la Norma Internacional ISO 4064-3-1993 **MEASUREMENT OF WATER FLOW IN CLOSED CONDUITS. Meters for cold potable water. Part 3: Test methods and equipment**, como Norma Metrológica Peruana NMP 005-3 :1996 **MEDICIÓN DEL FLUJO DE AGUA EN CONDUCTOS CERRADOS. Medidores para agua potable fría. Parte 3 : Métodos y equipo de ensayo.**

La presente Norma Metrológica Peruana muestra algunos cambios editoriales referentes a terminología empleada propia del idioma español, así mismo ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

—oooOooo—

# MEDICIÓN DEL FLUJO DE AGUA EN CONDUCTOS CERRADOS. Medidores para agua potable fría. Parte 3: Métodos y equipo de ensayo

## 0. INTRODUCCIÓN

La presente Norma Metrológica Peruana se aplica a los medidores para agua potable fría, tal como se definen en el capítulo 1 de la Parte 1.

La Parte 1 de esta Norma trata de la terminología, las características técnicas y dimensionales, las características metrológicas y la pérdida de presión.

La Parte 2 de esta Norma trata de los requisitos de instalación.

## 1. ALCANCE

Esta parte de la Norma Metrológica Peruana especifica los métodos de ensayo y los medios que deben emplearse para determinar las principales características de los medidores de agua.

## 2. CAMPO DE APLICACIÓN

Los requisitos legales tienen prioridad sobre las especificaciones de esta parte de la Norma. En particular, debe tenerse en cuenta que en los países donde los requisitos legales especifican que los ensayos deben realizarse de acuerdo con las reglas de la Organización Internacional de Metrología Legal, por ejemplo: para la aprobación de modelo y la verificación inicial de los medidores de agua, debe seguirse la Recomendación OIML 49.

### 3. REFERENCIAS

ISO 228/1	Pipe threads where pressure-tight joints are not made on the threads - Part I: Designation, dimensions and tolerances.
ISO 2084	Pipeline flanges for general use - Metric series - Mating dimensions.
ISO 4006	Measurement of fluid flow in closed conduits - Vocabulary and symbols.
ISO 4064/1	Measurement of Water flow in closed conduits - Meters for cold potable water - Part 1: Specification.
ISO 4064/2	Measurement of Water flow in closed conduits - Meters for cold potable water - Part 2: Installation requirements.
OIML	Vocabulary of legal metrology.
OIML/D4	Installation and storage conditions for cold water meters.
OIML/D7	The evaluation of flow standards and facilities used for testing water.

### 4. REQUISITOS COMUNES A TODOS LOS ENSAYOS

#### 4.1 Requisitos preliminares

Antes de comenzar los ensayos, se debe establecer un programa escrito que incluya, por ejemplo: una descripción de los ensayos para determinar el error de medición, la pérdida de presión y la resistencia al desgaste. El programa también puede definir los niveles necesarios de aceptación y estipular, como deben interpretarse los resultados del ensayo.

A manera de ejemplo en el capítulo 10 se presentan dos ejemplos de las formas más comunes de programas de ensayo; es decir, la aprobación de modelo y la verificación inicial.

## **4.2 Calidad del agua**

Los ensayos para los medidores de agua, deben realizarse con agua. El agua debe ser aquella del suministro público de agua potable o debe cumplir los mismos requisitos. Si el agua fuese reciclada, se deben tomar medidas para evitar que el agua residual del medidor resulte peligrosa para los seres humanos.

El agua no debe contener nada que sea capaz de deteriorar el medidor o de afectar adversamente su operación. No debe contener burbujas de aire.

## **4.3 Reglas generales relacionadas con la instalación de ensayo y su ubicación**

### **4.3.1 Libre de influencias parásitas**

Los instrumentos destinados a la realización del ensayo deben estar diseñados, construidos y ser empleados de tal manera que su propio funcionamiento no debe contribuir, significativamente al error en el ensayo. Para este propósito, es necesario tener altos niveles de mantenimiento de los instrumentos y soportes y accesorios adecuados que impidan la vibración del medidor, del instrumento de ensayo y de sus accesorios.

Debe ser posible llevar a cabo las lecturas del ensayo rápida y fácilmente.

### **4.3.2 Ensayo grupal de medidores**

Los medidores se ensayan en forma individual o en grupos. En este último caso, las características individuales deben estar determinadas en forma precisa. Se debe eliminar la interacción entre los medidores y entre los instrumentos de ensayo.

Cuando los medidores se ensayan en serie, la presión a la salida de cada uno debe ser suficiente para evitar la cavitación.



### **4.3.3 Temperatura del agua durante los ensayos**

Los resultados de los ensayos son aceptables sin la corrección de la temperatura salvo que la temperatura del agua del medidor esté entre 0 °C y 30 °C, durante los ensayos.

En ningún punto del instrumento de ensayo, la temperatura debe estar por debajo de 0 °C.

### **4.3.4 Ubicación**

La realización de los ensayos debe llevarse a cabo en un lugar aislado de cualquier otra actividad (por ejemplo: fabricación, reparaciones, etc.) o de influencias perturbadoras (por ejemplo: temperatura del ambiente, vibración).

## **5. ENSAYOS PARA LA MEDICIÓN DE ERRORES**

El método descrito en esta parte de esta Norma para determinar los errores de medición, es el denominado método de "recolección" en el cual la cantidad de agua que pasa a través del medidor de agua, se recolecta en uno o más recipientes colectores y su cantidad se determina volumétricamente o por pesaje. Se pueden emplear otros métodos siempre y cuando se alcancen los niveles de exactitud establecidos en esta parte de la norma.

### **5.1 Principio**

#### **5.1.1 Naturaleza de las verificaciones**

La verificación del error de medición consiste en comparar las indicaciones dadas por el medidor, bajo ensayo contra un dispositivo de referencia calibrado.

## 5.1.2 Definiciones

Para fines de esta parte de esta Norma, se aplican las siguientes definiciones:

5.1.2.1 **errores de medición:** de manera convencional se expresan como errores relativos, calculados como un porcentaje, e igual a:

$$\frac{V_1 - V_c}{V_c} \times 100$$

donde:

$V_c$  es el valor aceptado como verdadero del volumen pasado;

$V_1$  es el volumen indicado por el medidor de agua en el momento de la medición del mismo volumen, ambos expresados en las mismas unidades.

NOTA: La parte 1 de esta norma da los errores máximos permisibles.

5.1.2.2 **caudal de ensayo:** El caudal de ensayo medio calculado de la indicación del dispositivo de referencia calibrado.

## 5.2 Descripción del instrumento de ensayo

El instrumento de ensayo consta de:

- a) Un suministro de agua (tuberías principales, tanque no presurizado, tanque presurizado, bomba, etc.);
- b) Sector de medición;
- c) Un dispositivo de referencia calibrado (tanque calibrado, medidor de referencia, etc.);
- d) Medios para medir el tiempo del ensayo.

Están permitidos los dispositivos para automatizar el ensayo de los medidores de agua.

### **5.3 Sector de medición**

#### **5.3.1 Descripción**

El sector de medición debe incluir:

- a) Una sección de ensayo en la que se coloque(n) el(los) medidor(es);
- b) Medios para establecer el caudal deseado;
- c) Uno o dos dispositivos aisladores;
- d) Medios para determinar el caudal;

y si fuese necesario:

- e) Una o más tomas de aire;
- f) Un dispositivo de no retorno;
- g) Un separador de aire;
- h) Un filtro.

Durante el ensayo, no debe permitirse la fuga de flujo, entrada de flujo, ni drenaje de flujo tanto entre el(los) medidor(es) y el dispositivo de referencia como en el propio dispositivo de referencia.

Las características del sector de medición deben ser tales que en la parte superior del medidor exista una presión positiva de por lo menos 0,05 bar (5 kPa) incluso en un caudal cero.

### **5.3.2 Sección de ensayo**

La sección de ensayo incluye, además del(de los) medidor(es):

- a) Una o más tomas de presión para la medición de la presión, de las cuales una sola toma de presión se encuentra ubicada aguas arriba de, y junto al primer medidor,
- b) De ser necesario, medios para medir la temperatura del agua en la entrada al primer medidor.

Los diferentes dispositivos ubicados en la sección de medición no deben originar cavitación o perturbaciones de flujo capaces de alterar el funcionamiento de los medidores o causar errores de medición.

### **5.3.3 Precauciones que deben tomarse durante los ensayos**

La operación del instrumento de ensayo debe ser tal que la cantidad de agua que ha fluido a través del(de los) medidor(es) es igual que la medida por el dispositivo de referencia.

Debe verificarse que los tubos (por ejemplo: el cuello de cisne del tubo de salida) estén llenados hasta la misma longitud tanto al comienzo como al final del ensayo.

Se debe sacar el aire que existe en el sector de medición de interconexión en el(los) medidor(es).

Se deben tomar todas las precauciones para evitar los efectos de la vibración y de los golpes.

### **5.3.4 Configuraciones especiales para la instalación de determinados tipos de medidores**

#### **5.3.4.1 Principios**

La siguiente advertencia corresponde a las causas más frecuentes de error y las precauciones necesarias para la instalación de los medidores de agua en los bancos de prueba, se basa en las recomendaciones del Documento OIML 79, destinado a ayudar a lograr una instalación de ensayo donde:

- a) Las características del flujo hidrodinámico no ocasionan diferencias perceptibles en el funcionamiento del medidor cuando se comparan con las características del flujo hidrodinámico que están libres de perturbaciones.
- b) El error total del método empleado no excede el valor establecido (ver 5.4.1).

#### **5.3.4.2 Necesidad de longitudes rectas de tubo o de dispositivos enderezadores de flujo**

La exactitud del medidor de agua puede verse afectada por perturbaciones aguas arriba, causadas por ejemplo por la presencia de codos, uniones en T, válvulas o bombas.

Con el propósito de contrarrestar estos efectos, el medidor debe instalarse, para efectos del ensayo, en un tramo de tubería recto. La conexión del sector de medición debe tener el mismo diámetro interno que el agujero de la conexión del medidor. Además, puede ser necesario, poner un dispositivo enderezador de flujo aguas arriba de la longitud recta.

#### **5.3.4.3 Causas comunes de perturbación del flujo**

Un flujo puede estar sujeto a dos tipos de perturbación: la distorsión del perfil de velocidad y la turbulencia, los cuales afectan la exactitud del medidor de agua.

La distorsión del perfil de velocidad es normalmente causada por una obstrucción que bloquea parcialmente la tubería, por ejemplo la presencia de una válvula cerrada parcialmente o una junta con bridas desalineada. Esto puede eliminarse fácilmente.

La turbulencia es originada principalmente por la presencia de dos o más codos en diferentes planos. Este efecto puede controlarse bien sea asegurando una longitud adecuada de tubería recta aguas arriba del medidor de agua o bien instalando un dispositivo enderezador o combinando los dos métodos.

#### **5.3.4.4 Medidores volumétricos de agua**

Los medidores volumétricos de agua (es decir, que tengan cámaras medidoras con paredes móviles), tal como los medidores de pistón oscilante, se considera que no son afectados por las condiciones de instalación aguas arriba; por lo que no se requieren recomendaciones especiales.

#### **5.3.4.5 Medidores de agua del tipo de velocidad**

Algunos medidores de agua del tipo de velocidad son sensibles a las perturbaciones de flujo que pueden causar errores significativos, pero la forma en que las condiciones de instalación afectan su exactitud todavía no ha sido claramente determinada. Simplemente se recomienda evitar, en la medida de lo posible, la presencia de codos, bombas, piezas cónicas y cambios de diámetro en la sección de ensayo inmediatamente aguas arriba, y colocar el medidor de tal modo que tenga la máxima longitud recta posible de tubería tanto aguas arriba como aguas abajo.

### **5.3.5 Errores al inicio y a la finalización del ensayo**

#### **5.3.5.1 Principios**

Se deben tomar precauciones adecuadas para reducir las incertidumbres resultantes de la operación de los componentes de los instrumentos de ensayo utilizados durante el ensayo.

En 5.3.5.2 y 5.3.5.3 se dan los detalles de las precauciones que deben tomarse en dos casos encontrados en el "método de recolección".

### **5.3.5.2 Ensayos con lecturas tomadas con el medidor en reposo**

El flujo se establece abriendo una válvula situada preferiblemente aguas abajo del medidor, y se detiene cerrando la válvula. El medidor se lee cuando se encuentre en estado completamente estacionario.

El tiempo se mide entre el momento del comienzo del movimiento de apertura de la válvula y el comienzo del cierre.

Mientras el flujo está comenzando y durante el período en el que se encuentra a un caudal constante especificado, el error de medición del medidor varía en función de los cambios en el caudal (curva de error de medición).

En el momento en que el flujo comienza a detenerse, la combinación de la inercia de las partes móviles del medidor y el movimiento rotacional del agua dentro del medidor puede causar un error apreciable que ha de ser tomado en cuenta en determinados tipos de medidor y para determinados caudales de ensayo.

En este caso, no ha sido posible determinar una regla empírica simple que determine las condiciones de modo que este error pueda siempre considerarse como despreciable.

Hay varios tipos de medidores que son particularmente sensibles a tal error.

En caso de duda es aconsejable:

- a) Incrementar el volumen y la duración del ensayo;
- b) Comparar los resultados con los obtenidos mediante otros métodos, y en particular con el método descrito en 5.3.5.3, que elimina las causas de la incertidumbre presentadas anteriormente.

### **5.3.5.3 Ensayos con lecturas tomadas en condiciones del flujo estable y derivación del flujo**

La medición se realiza una vez que las condiciones de flujo se han estabilizado.

Un interruptor desvía el flujo hacia un recipiente calibrado al comienzo de la medición y lo desvía en la dirección opuesta al final de la misma. El medidor se lee cuando está en funcionamiento.

La lectura del medidor está sincronizada con el movimiento del interruptor de flujo.

El volumen recolectado en el recipiente es el volumen pasado por el medidor.

La incertidumbre introducida en el volumen medido, puede considerarse despreciable si el tiempo de movimiento del interruptor de flujo en cada dirección es idéntico en un 5% y si es menos que 1/50 del tiempo total del ensayo.

## **5.4 Dispositivo calibrado de referencia**

### **5.4.1 Error total del método empleado**

Para el caso de la aprobación de modelo y de la verificación inicial, el error total del método empleado para la determinación del volumen de agua que pasa a través del medidor de agua no debe exceder 1/10 del error máximo permisible correspondiente.

### **5.4.2 Volumen mínimo (volumen del recipiente calibrado en caso de que se emplee este método)**

El volumen mínimo permitido depende de los requisitos determinados por los efectos de iniciación y de finalización del ensayo y el diseño del dispositivo indicador (división de la escala de verificación) (ver la parte 1 del proyecto).



## 5.5 Lectura del medidor

Se acepta que el error máximo de interpolación para la escala no sobrepase la mitad de una división de escala por observación. Así, en la medición de un volumen de flujo entregado por el medidor de agua (compuesto de dos observaciones del medidor de agua) el error de interpolación total puede alcanzar una sola división de la escala.

A falta de otros requisitos, el error máximo en la lectura del volumen indicado por el medidor no debe exceder el 0,5%

NOTA - Lo establecido anteriormente está de acuerdo con los requisitos de la parte 1 de la norma ; no obstante, debe tenerse en cuenta que la Recomendación 49 de la OIML permite lo siguiente: 1,25% entre  $q_{\min}$  y  $q_t$  y 0,5% entre  $q_t$  y  $q_e$ .

Los efectos de una posible distorsión cíclica en la lectura del medidor (visual o automática), deben ser despreciables.

## 5.6 Principales factores que afectan la verificación del error de medición

Las variaciones en la presión, el caudal y la temperatura en el dispositivo que realiza el ensayo, así como las incertidumbres en la precisión de la medición de estas cantidades físicas, son los factores fundamentales que afectan los resultados del ensayo de error de medición.

### 5.6.1 Presión

La presión debe mantenerse a un valor constante a lo largo de todo el ensayo en el caudal escogido.

Para medidores que tengan caudal  $q_p \leq 10 \text{ m}^3/\text{h}$  para caudales de ensayo con un valor  $\leq 0,10 q_p$ , la constancia de la presión a la entrada del medidor (o a la entrada del primer medidor de una serie que se encuentre sometida a ensayo) se logra si al instrumento de ensayo se le suministra el agua a través de una tubería desde un tanque de carga constante. Esto garantiza un flujo no perturbado.

Se puede emplear cualquier otro método de suministro que no genere pulsaciones de presión que excedan las de un tanque de carga constante.

Para todos los demás ensayos, la presión aguas arriba del medidor no debe variar en más de un 10%

La máxima incertidumbre de la medición de la presión debe ser 5% del valor medido. La presión a la entrada del medidor no debe exceder de la presión permanente del medidor.

### 5.6.2 Caudal

El caudal debe mantenerse constante a lo largo del ensayo en el valor escogido.

La variación relativa en el caudal durante cada ensayo (sin incluir la puesta en marcha o la parada) no debe exceder:

$$\pm 2,5\% \text{ de } q_{\min} \text{ a } q_t \text{ (sin incluir } q_t)$$

$$\pm 5,0\% \text{ de } q_t \text{ (inclusive) hasta } q_s.$$

El valor del caudal que se emplea para trazar la curva de error es el volumen que pasa durante el ensayo, dividido entre el tiempo.

Esta condición de la variación del caudal es aceptable si la variación de la presión relativa (en el flujo al aire libre) o la variación relativa de la pérdida de presión (en circuitos cerrados) no exceda:

$$\pm 5\% \text{ de } q_{\min} \text{ a } q_t \text{ (sin incluir } q_t)$$

$$\pm 10\% \text{ de } q_t \text{ (inclusive) a } q_s.$$

### **5.6.3 Temperatura**

Durante un ensayo, la temperatura del agua no debe variar más de 5 °C.

La incertidumbre máxima en la medición de la temperatura no debe exceder 1 °C.

## **5.7 Interpretación de los resultados**

### **5.7.1 Ensayo simple**

Cuando el programa de ensayo establezca un solo ensayo, el medidor debe pasar este ensayo si el error medido no excede el error máximo permisible al caudal seleccionado.

### **5.7.2 Ensayo doble**

Cuando el programa de ensayo puede repetirse, el programa debe establecer los criterios que han de aplicarse para combinar los errores obtenidos.

El medidor debe pasar este ensayo si el error resultante de esta combinación no excede el error máximo permisible en el caudal seleccionado.

## **6. ENSAYOS DE PRESIÓN**

### **6.1 Principio**

El medidor de agua debe resistir la presión hidráulica de ensayo establecida, durante un tiempo determinado sin que se presente fugas o deterioro.

## 6.2 Precauciones que se deberán tomar durante el ensayo

Tanto el instrumento de realización del ensayo como el propio medidor deben purgarse adecuadamente mediante un dispositivo de purga de aire.

El instrumento de realización del ensayo debe ser a prueba de fugas.

La presurización se debe llevar a cabo en forma gradual sin un aumento brusco de la presión.

## 7. ENSAYOS DE PÉRDIDA DE PRESIÓN

La pérdidas de presión de un medidor de agua, tal como se define en la parte 1 de este proyecto, se obtiene por el método señalado más adelante.

Este método de ensayo de pérdida de la presión es un método de referencia. Se puede emplear otros métodos con la condición de que los valores obtenidos de la pérdida de presión sean iguales a los obtenidos por medio del método de referencia.

### 7.1 Principio

La pérdida de presión del medidor de agua puede determinarse de las mediciones de la presión estática diferencial a través del medidor de agua para un caudal preestablecido.

Aguas arriba y aguas abajo del medidor de agua se instalan conexiones para medición de la presión en las paredes de la tubería. Estos se emplean para la medición de la presión estática diferencial.

Para la medición de la presión estática diferencial se emplea tomas de presión ubicados en las paredes del tubo colocado aguas arriba y aguas abajo del medidor de agua.

Los ensayos de pérdida de presión deben tomar en cuenta cualquier recuperación de presión aguas abajo del medidor ubicando adecuadamente la conexión de presión aguas abajo (véase 7.2.1.2). Los resultados de los ensayos deben tomar en cuenta la recuperación de la presión y también deben compensar cuando sea necesario las longitudes del tubo entre las conexiones de medición de presión (véase 7.3).

## **7.2 Equipo para el ensayo de pérdida de presión**

El equipo necesario para llevar a cabo los ensayos de pérdida de presión comprende una sección de medición de la tubería que contenga el medidor de agua objeto de ensayo y medios necesarios para producir en el medidor el caudal constante estipulado. Los mismos medios de producción del flujo constante como los empleados para los ensayos del error de medición descritos en el capítulo 5, se emplean generalmente en los ensayos de pérdida de presión.

### **7.2.1 Sección de medición**

La sección de medición está constituida por las longitudes de tubo aguas arriba y aguas abajo, con sus extremos y las tomas de presión, más el medidor de agua sometido a ensayo.

#### **7.2.1.1 Diámetro interno de la sección de medición**

Las longitudes de tubo aguas arriba y aguas abajo en contacto con el medidor de agua, deben tener el mismo diámetro interno que la conexión del medidor a fin de evitar discontinuidades hidráulicas. Los diámetros internos del tubo deben ser especificados por el fabricante del medidor.

Una diferencia en el diámetro de la tubería de conexión y la del medidor puede originar una incertidumbre de medición incompatible con la precisión deseada.

### **7.2.1.2 Longitudes rectas de la sección de medición**

De acuerdo con la disposición de la figura 1, se debe contar con longitudes de tubo rectas aguas arriba y aguas abajo del medidor y aguas arriba y agua abajo de las tomas de presión, donde  $D$  es el diámetro interno de la tubería de la sección de medición.

### **7.2.1.3 Diseño de las tomas de presión de la sección de medición**

Las tomas de presión de diseño y dimensión similares deben colocarse a la entrada y a la salida de los tubos de la sección de medición.

Las tomas de presión pueden ser un conjunto de agujeros perforados en la pared del tubo o ranuras anulares en la pared del tubo, siendo en cualquiera de los casos, perpendicular al eje del tubo. Debería haber por lo menos cuatro de tales agujeros de la toma de presión, igualmente espaciados en un plano alrededor de la circunferencia del tubo. En las figuras 2, 3 y 4 se muestran ejemplos de ambos tipos de tomas de presión tal como se describen en 7.2.1.4.

Pueden estar interconectados cuatro o más agujeros de toma de presión mediante conectores en forma de T, que conecten las tomas de presión, formando un anillo que dé una presión estática media verdadera en la sección recta del tubo.

También puede emplearse otros medios tales como un anillo o una cámara hidrostática.

### **7.2.1.4 Detalles de las tomas de presión, el agujero y la ranura**

Los agujeros perforados en la pared del tubo (véase figuras 2 y 4) deben ser perpendiculares al eje de la tubería y su diámetro no debe ser superior a  $0,08 D$  y de preferencia debe ser inferior a 4 mm. El diámetro de los agujeros debe permanecer constante en una distancia no inferior a dos diámetros antes de penetrar dentro del tubo. Los agujeros perforados en la pared del tubo deben estar libre de rebabas en sus bordes en el punto en el cual atraviesan los diámetros interiores de los tubos de entrada y salida. Sus bordes deben estar bien terminados, es decir, no deben encontrarse achatados o deformados.

Las ranuras deben ser perpendiculares al eje del tubo y deben tener las siguientes dimensiones (véase figura 3).

Ancho  $i$  igual o inferior a  $0,08 D$  pero menor de 4 mm;  
Profundidad  $k$  superior a  $2 i$

### **7.2.1.5 Medición de la presión estática diferencial**

Cada grupo de tomas de presión ubicado en el mismo plano debe conectarse por medio de un tubo libre de fugas, a un solo limbo de un dispositivo de medición de presión diferencial, por ejemplo: un manómetro. También se debe sacar el aire de la instalación.

## **7.3 Procedimiento de ensayo**

### **7.3.1 Principio del método (véase figura 5)**

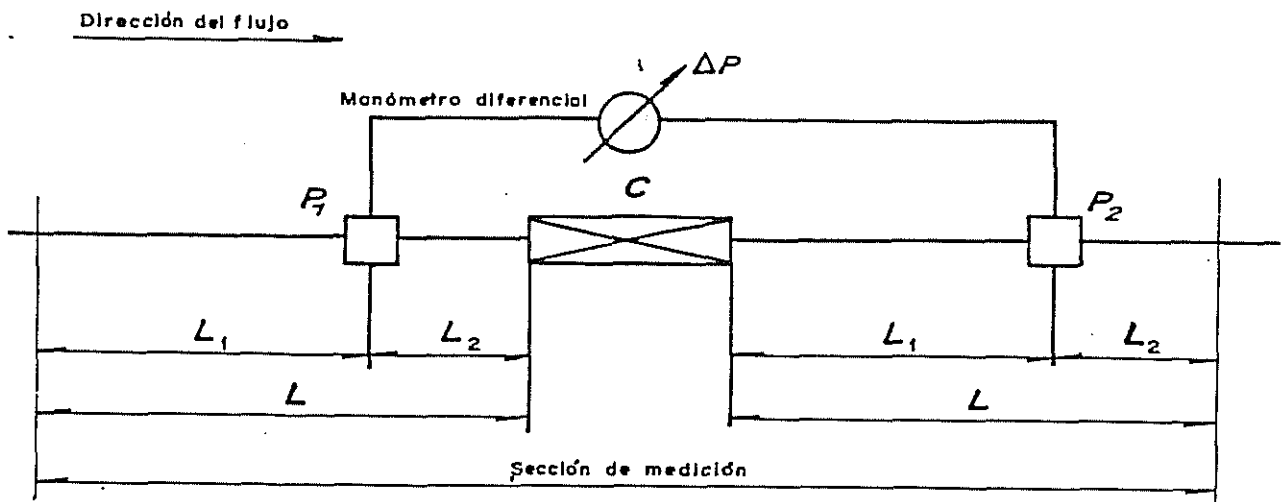
El método consiste en medir la presión estática diferencial ( $P_2$ ) entre las tomas de presión, de la sección de medición incluyendo el medidor, y deducir de aquí la pérdida de presión ( $P_1$ ) de las longitudes de tubo aguas arriba y aguas abajo al mismo caudal, sin el medidor.

### **7.3.2 Determinación de la pérdida de presión atribuible a las longitudes de tubo (medición 1)**

La pérdida de presión de las longitudes de tubo aguas arriba y aguas abajo ( $P_1$ ) puede determinarse antes de la realización del propio ensayo, y puede verificarse periódicamente. Esto se lleva a cabo uniendo las caras de la tubería aguas arriba y aguas abajo en ausencia del medidor (teniendo cuidado de evitar la protusión de la unión en el diámetro interior del tubo o la desalineación de las dos caras), y midiendo la pérdida de presión del tubo de la sección de medición para cada caudal de ensayo.

La ausencia del medidor de flujo acortará la sección de medición. Si no se han colocado secciones telescópicas en el equipo de ensayo, esto puede subsanarse introduciendo, en la

sección de medición aguas arriba y aguas abajo, bien sea un tubo temporal de la misma longitud e igual diámetro interno que las longitudes de tubo o el propio medidor de agua.



NOTA;  $P_1$  y  $P_2$  son los planos de la toma de presión y C es el medidor de agua.

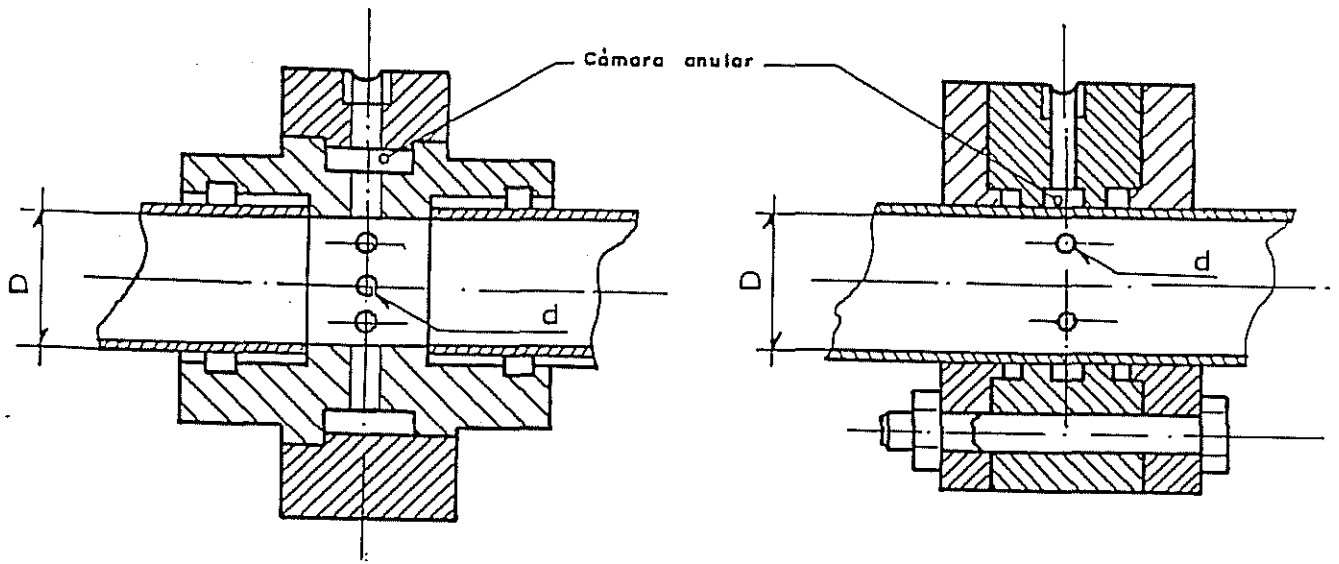
$$L \geq 15 D$$

$$L_1 \geq 10 D$$

$$L_2 \geq 5 D$$

**FIGURA 1 - Disposición de la sección de medición**





**FIGURA 2 - Ejemplo del tipo de agujero perforado de la toma de presión con cámara de anillo, adecuado para las secciones de ensayo de diámetro pequeño/medio.**

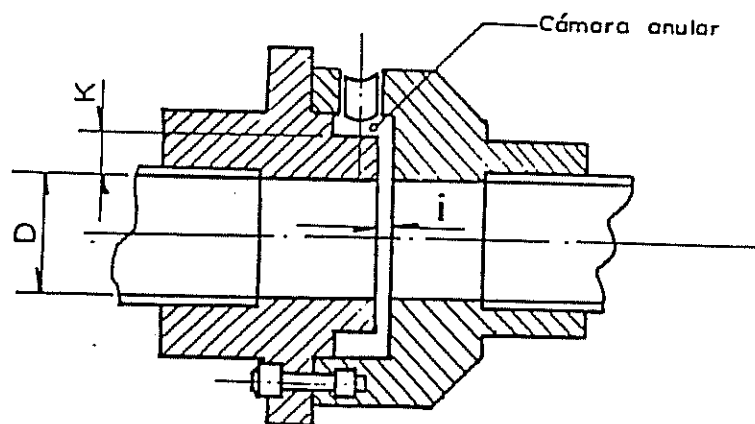
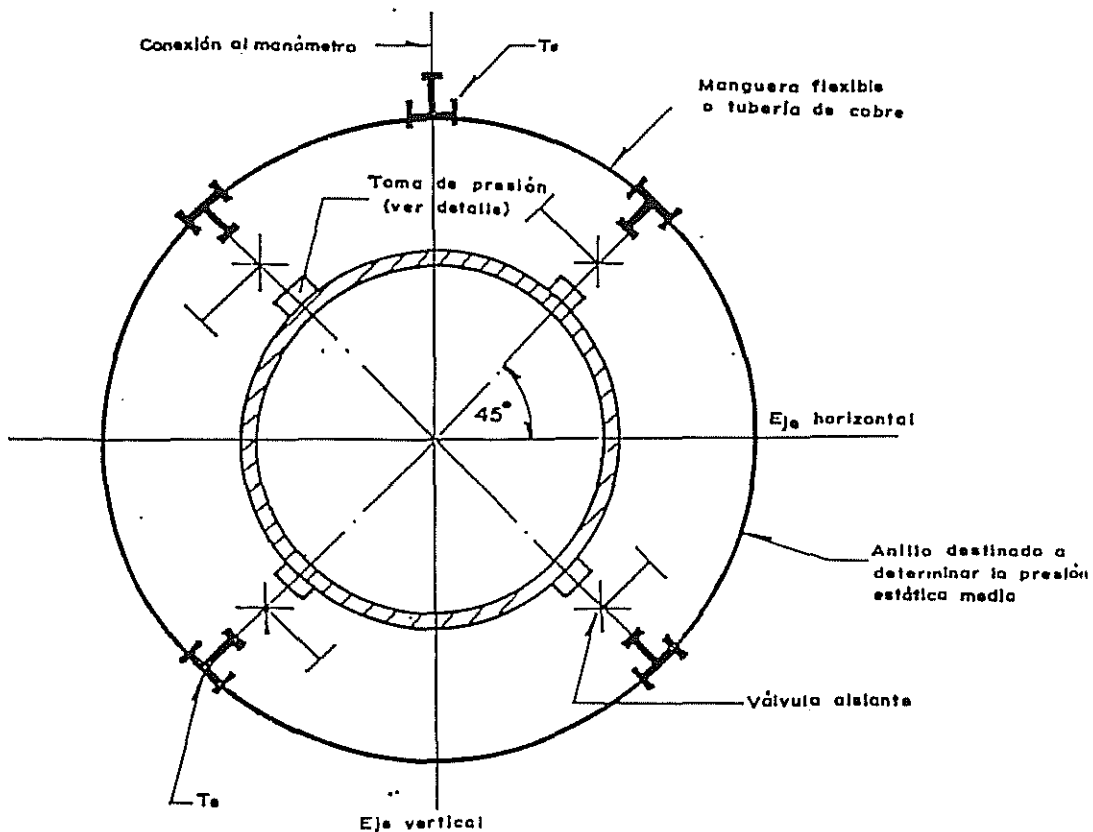
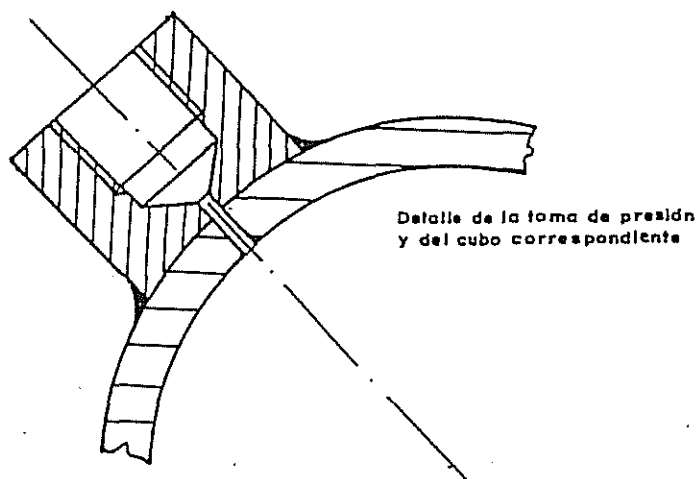


FIGURA 3 - Ejemplo de tipo ranura de la toma de presión con cámara de anillo, adecuado para las secciones de ensayo de diámetro pequeño/medio.



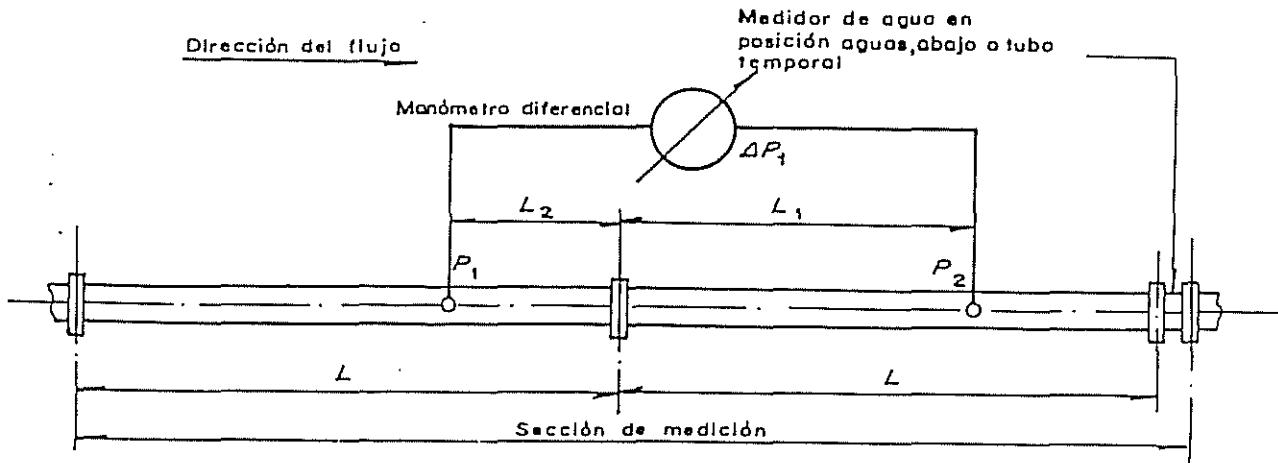
Sección Transversal del tubo y de las tomas de presión



Detalle de la toma de presión y del cubo correspondiente

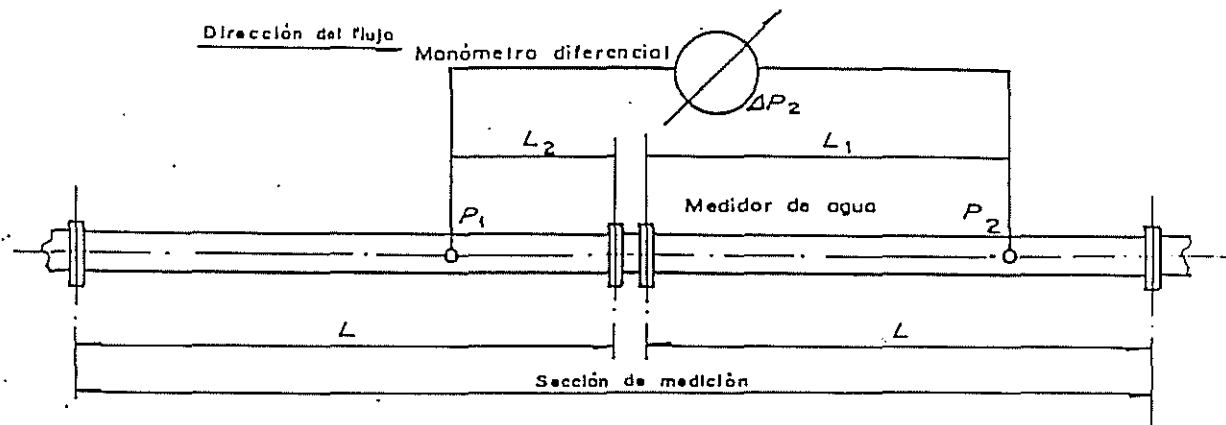
**FIGURA 4 - Ejemplo de tipo de agujero perforado de toma de presión con interconexión anular para la determinación de la presión estática media, adecuado para secciones de ensayo de diámetro medio o grande.**

Medición 1 Ver 7.3.2



$\Delta P_1$  = Pérdida de presión de la longitud de tubo aguas arriba y aguas abajo  
 $\Delta P_1 = (\Delta P L_2 + \Delta P L_1)$

Medición 2 Ver 7.3.3



$\Delta P_2$  = Pérdida de presión la longitud de tubo aguas arriba y aguas abajo +  
 $\Delta P_2 = (\Delta P L_2 + \Delta P_1 + \Delta P \text{ medidor})$   
 $\therefore \Delta P_2 = \Delta P L_1 = (\Delta P L_2 + \Delta P L_1 + \Delta P \text{ medidor}) - (\Delta P L_2 + \Delta P L_1)$   
 $= \Delta P \text{ medidor}$

FIGURA 5 - Procedimiento de ensayo de la medición de pérdida de presión

### 7.3.3 Medición y calculo de ( P ) real del medidor de agua (medición 2)

Con los mismos caudales de ensayo usados para determinar las pérdidas de presión en el tubo, en la misma instalación, con las mismas tomas de presión, y el mismo manómetro pero con el medidor de agua en su posición, se deberá medir la presión diferencial  $P_2$  a lo largo de la sección de medida.

La pérdida real de presión del medidor de agua a un caudal dado se calcula mediante la resta:

$$P = P_2 - P_1$$

El valor al que se ha llegado puede convertirse a un valor de pérdida de presión correspondiente al  $q_{\text{máx}}$  del medidor de agua mediante la fórmula dada en 10.2.2.5.

NOTA: Si los caudales con y sin medidor difieren, estos pueden ajustarse al mismo valor mediante la fórmula de la ley cuadrática.

## 7.4 Incertidumbre de medición

La incertidumbre relativa máxima de los resultados de la medición de pérdida de presión debe ser  $\pm 5\%$

## 8. ENSAYOS DE DESGASTE ACELERADO

### 8.1 Ensayos de flujo continuo

#### 8.1.1 Principio

El ensayo consiste en someter al medidor a caudales constantes.

Para facilidad de los laboratorios, el ensayo puede dividirse en periodos de por lo menos 6 horas.

### **8.1.2 Descripción de la instalación**

La instalación consta de:

- a) Un suministro de agua (una tubería principal, un tanque no presurizado, un tanque presurizado, una bomba, etc.);
- b) Sección de trabajo.

### **8.1.3 Sección de trabajo**

#### **8.1.3.1 Descripción**

Además del medidor o medidores que han de someterse al ensayo, la sección de trabajo comprende:

- a) Un dispositivo regulador de flujo;
- b) Uno o dos dispositivos de aislamiento;
- c) Un dispositivo para la medición de la temperatura del agua a la entrada del medidor;
- d) Medios para verificar el caudal y la duración del ensayo.

Si la sección de trabajo termina expuesta al ambiente exterior, ese extremo debe ubicarse a un nivel más alto que la parte superior del medidor.

Los diferentes dispositivos no deben ocasionar fenómenos de cavitación.

### **8.1.3.2 Precauciones que deben tomarse**

Al medidor y a los tubos de conexión deben extraérseles adecuadamente el aire.

### **8.1.4 Tolerancia del caudal**

Se debe mantener constante el caudal durante el ensayo a un nivel predeterminado.

La variación relativa de los valores de caudal durante cada ensayo no debe exceder el  $\pm 10\%$  (excepto al comienzo y al final del ensayo).

### **8.1.5 Tolerancia del tiempo de ensayo**

La duración establecida para el ensayo es un valor mínimo.

### **8.1.6 Tolerancia de volumen descargado**

El volumen indicado al final del ensayo no debe ser inferior al determinado del producto del caudal teórico del ensayo y la duración teórica.

Para cumplir con esta condición, se debe realizar correcciones lo suficientemente frecuentes al caudal.

## **8.2 Ensayos de flujo discontinuo**

### **8.2.1 Principio**

El ensayo consiste en someter al medidor a un gran número de ciclos de inicio y finalización de corta duración, conservándose la fase de caudal constante de ensayo de cada ciclo al mismo durante todo el ensayo.

Para facilidad de los laboratorios, el ensayo puede dividirse en periodos de por lo menos 6 horas.

### **8.2.2 Descripción de la instalación**

La instalación comprende:

- a) Un suministro de agua (una tubería principal, un tanque no presurizado, un tanque presurizado, una bomba, etc.);
- b) Una sección de trabajo.

### **8.2.3 Sección de trabajo**

#### **8.2.3.1 Descripción**

Los medidores pueden estar dispuestos en serie o en paralelo, o pueden combinarse los dos sistemas.

Además del medidor o medidores, el sistema de tubería consta de:

- a) Un dispositivo regulador de un solo flujo (si es necesario, por cada línea de medidores en serie);
- b) Uno o más dispositivos de aislamiento;



- c) Un dispositivo para medir la temperatura del agua de los medidores aguas arriba;
- d) Dispositivos para la verificación de: el caudal, la duración de ciclos y el número de ciclos.
- e) Uno o más dispositivos de interrupción de flujo (uno por cada línea de medidores en serie).

Si la tubería termina al descubierto, ese extremo debe ubicarse a un nivel más alto que la parte superior del medidor.

Los diferentes dispositivos no deben originar fenómenos de cavitación u otras causas de desgaste parásito del (de los) medidor(es).

#### **8.2.3.2 Precauciones que deberán tomarse**

Al medidor y a los tubos de conexión debe extraérseles adecuadamente el aire. La variación del flujo durante las operaciones repetidas de abertura y cierre debe ser progresiva, de tal manera que se evite el golpe de ariete.

#### **8.2.4 Flujo**

La variación relativa del valor del flujo no debe exceder el  $\pm 10\%$  fuera de los periodos de abertura, cierre y término.

#### **8.2.5 Ciclos**

Un ciclo completo comprende las cuatro fases siguientes:

- a) Un periodo comprendido entre cero y el caudal de ensayo;
- b) Un periodo a un caudal constante de ensayo;

- c) Un periodo comprendido entre el caudal de ensayo y cero;
- d) Un periodo de caudal cero.

El programa de ensayo debe especificar el número de ciclos, la duración de las cuatro fases de un ciclo y el volumen total que ha de descargarse.

#### **8.2.5.1 Tolerancia del tiempo de ensayo**

La tolerancia relacionada con la duración especificada de cada una de las fases no debe exceder el  $\pm 10\%$ .

La tolerancia relacionada con la duración total de ensayo no debe exceder el  $\pm 5\%$ .

#### **8.2.5.2 Tolerancia del número de ciclos**

El número de ciclos no debe ser inferior al establecido, pero no debe exceder este número en más del 1%.

#### **8.2.6 Tolerancia del volumen descargado**

El volumen descargado durante el ensayo debe ser igual a la mitad del producto del flujo de ensayo teórico multiplicado por la duración teórica total del ensayo (periodos de operación más los periodos transitorios y de cierre con una tolerancia de  $\pm 5\%$ ).

Esta precisión puede obtenerse mediante correcciones frecuentes de los flujos instantáneos y los periodos de operación.

## 9. INFORME DE LOS ENSAYOS

### 9.1 Reglas generales

#### 9.1.1 Principio

El trabajo realizado por el laboratorio de ensayo debe resumirse en un informe que, de manera exacta, clara y sin ambigüedades, presente los resultados del ensayo y toda información correspondiente.

Los resultados y condiciones de los ensayos de verificación inicial de un medidor de agua deben conservarse durante el periodo de tiempo legalmente establecido en cada país. Para los ensayos de aprobación de modelo, los registros de los ensayos deberán conservarse durante el periodo de tiempo en que la aprobación sea válida.

El informe de los ensayos de aprobación para un tipo de medidor y el registro correspondiente a los ensayos de verificación inicial deben contener:

- a) Una identificación precisa del laboratorio de ensayo y del medidor ensayado;
- b) Detalles exactos de las condiciones en las que se llevaron a cabo los diferentes ensayos;
- c) Los resultados y conclusiones de los ensayos.

#### 9.1.2 Datos de identificación que se han de incluir en todos los informes y en los registros de ensayo

El informe sobre los ensayos de aprobación de modelo para un tipo particular, y el registro correspondiente a los ensayos de verificación inicial, deben incluir como mínimo:

- a) Identificación del laboratorio de ensayo:
  - nombre y dirección.

- b) Identificación del medidor ensayado:
- el nombre y la dirección del fabricante o la marca de fábrica;
  - la clase metrológica y el flujo medido,  $q_p$ ;
  - el año de fabricación y el número de trabajos individuales del medidor ensayado;
  - el tipo o modelo (solamente en el caso de los ensayos de aprobación para un tipo particular).

## 9.2 Informe del ensayo de aprobación de modelo - contenidos requeridos

El informe del ensayo de aprobación de modelo debe contener como mínimo, además de una referencia a ISO 4064, la información tabulada en 9.2.1 y 9.2.2.

### 9.2.1 Procedimiento y resultados del ensayo - información requerida

Tipo de ensayo	Cláusula	Información que deberá incluirse en el informe del ensayo de aprobación de modelo.
Todos los ensayos		<i>La fecha del ensayo.</i>
Ensayos de errores de medición	5	Para cada caudal de ensayo: - caudal; - presión del agua; - temperatura del agua; - características del dispositivo de referencia calibrado; - lecturas indicadas del medidor y del dispositivo de referencia calibrado.
Ensayos de presión	6	Los valores de cada presión de ensayo aplicada y el tiempo que se mantuvo.
Ensayos de pérdida de presión	7	Para cada caudal de ensayo: - temperatura máxima del agua; - caudal; - presión aguas arriba del medidor; - pérdida de presión.
Ensayos de desgaste acelerado	8	
- Ensayos continuos	8.1	Cronograma de los ensayos realizados:  por lo menos cada 24 horas, o una vez para cada periodo inferior si el ensayo está subdividido así: - presión máxima; - temperatura máxima; - caudal; - lectura del medidor al principio y al final del ensayo.
- Ensayos discontinuos	8.2	Cronograma de los ensayos realizados:  por lo menos cada 24 horas, o una vez para cada periodo inferior si el ensayo está subdividido así: - presión máxima; - temperatura máxima; - caudal; - duración de las cuatro fases del ciclo de los ensayos discontinuos (ver 8.2.5); - número de ciclos; - lectura del medidor al principio y al final del ensayo.

### 9.2.2 Conclusiones de los ensayos - información requerida

Tipo de ensayo	Cláusula	Información que deberá incluirse en el informe del ensayo de aprobación de modelo.
Ensayos de error de medición.	5	Error de medición en cada caudal de ensayo.  Curva del error de medición.
Ensayos de presión	6	Se establece si los resultados son satisfactorios o no.
Ensayos de pérdida de presión	7	Pérdida de presión en el caudal de sobrecarga $q_p$ .
Ensayos de desgaste acelerado	8	Valores de ensayo del error de medición y curvas de error de medición tomadas antes y después de cada ensayo de desgaste acelerado definido por el programa de ensayos. Para cada medidor individual, se deberá trazar las curvas de error de medición tomadas antes y después de cada ensayo de desgaste acelerado en la misma gráfica, de tal manera que se establezca las variaciones en el error de medición con respecto a los errores máximos permisibles. La escala de la ordenada de esta gráfica deberá ser por lo menos 10 mm/%. La escala de la abscisa deberá ser logarítmica.

### 9.2.3 Requisitos administrativos

El informe del ensayo de aprobación de modelo debe incluir:

- a) Una declaración que indique que el informe del ensayo se refiere únicamente a las muestras ensayadas;
- b) La firma del funcionario que acepta la responsabilidad técnica del informe de ensayo;
- c) La fecha de emisión del informe de ensayo.

### 9.2.4 Adiciones a los informes de ensayo

Las adiciones a un informe de ensayo, después de su emisión, deben realizarse sólo mediante un documento adicional en el que se inscriba la leyenda: "Suplemento al informe de ensayo. Serie N° ...", y deben cumplir con los requisitos correspondientes de las subcláusulas precedentes.

### **9.2.5 Publicación de los informes de ensayo**

Cuando son publicados, los informes de ensayo deben ser únicamente reproducidos en su totalidad.

### **9.3 Registro de verificación inicial - contenido requerido**

- a) Fecha;
- b) Número de serie del medidor;
- c) Resultados de los ensayos;
- d) Referencia a una descripción del instrumento de ensayo.

## **10. EJEMPLOS DE PROGRAMAS DE ENSAYO**

Los medidores de agua están sujetos a una variedad de diferentes programas de ensayo. Este capítulo describe, mediante ejemplos, los programas de ensayo que se han incorporado a la Recomendación OIML N° 49 para la aprobación de modelo y la verificación inicial.

Los ejemplos son esencialmente, similares a los de esa Recomendación; pero algunas partes se han elaborado para dar una explicación más detallada de la manera en que han de realizarse los ensayos.

### **10.1 Aprobación de modelo**

#### **10.1.1 Definición**

La aprobación de modelo consiste en verificar que las características de un solo modelo de medidor estén de acuerdo con las normas y reglamentos vigentes.

En consecuencia, esta aprobación requiere que las muestras del modelo satisfagan los requisitos del programa de ensayos.

A continuación se describe un programa de ensayo para la aprobación de modelo.

### 10.1.2 Número de medidores que deben ensayarse

Los ensayos de aprobación de modelo se realizan en un número mínimo de medidores de agua de cada modelo, de acuerdo con lo que se establece en la siguiente tabla, en función del caudal nominal del modelo sometido a ensayo.

Caudal nominal $m^3/h$	Número de medidores
$q_p \leq 100$	3
$100 < q_p \leq 1\ 000$	2
$1\ 000 < q_p$	1

El número de medidores de agua de esta tabla puede considerarse como el mínimo que debe ensayarse; la autoridad responsable de la aprobación de modelo puede solicitar medidores de agua adicionales.

### 10.1.3 Programa de aprobación

#### 10.1.3.1 Ensayos que deberán realizarse

Antes de comenzar con los ensayos, los medidores de agua han de ser inspeccionados para asegurarse de que estén en conformidad con las características técnicas descritas en la Parte 1 de este proyecto, con los reglamentos en vigencia, y también con las especificaciones y dibujos puestos a consideración cuando se solicitó la aprobación.



Los ensayos que deben efectuarse, realizados en el orden indicado, son los siguientes:

- a) ensayos de presión;
- b) determinación de las curvas de error en función del caudal;
- c) ensayos de pérdida de presión;
- d) ensayos de desgaste acelerado.

#### **10.1.3.2 Ensayos de presión**

El requisito para estos ensayos es que cada medidor soporte, sin fugas o filtraciones a través de las paredes, y sin daño alguno, una presión igual a:

- 16 bar, ó 1,6 veces la presión nominal si excede los 10 bar, aplicada durante un período de 15 min, y
- 20 bar, o dos veces la presión nominal, aplicada durante un período de 1 min.

#### **10.1.3.3 Determinación de la curva de error en función del caudal**

Los métodos de ensayo y el equipo empleado para determinar el error del medidor a un caudal determinado, son los descritos en el capítulo 5.

Se recomienda que la curva característica para cada medidor de agua sea trazada en términos del error contra el caudal, de tal manera que se pueda evaluar el comportamiento general del medidor de agua en el intervalo/alcances de caudales.

El efecto de la presión se encuentra en investigación.

Los errores en la indicación de los medidores de agua (en la medición del volumen de agua) se determinan por lo menos, en siete caudales, cinco de los cuales son de la siguiente manera:

- a) Entre  $q_{\min}$  y  $1,1 q_{\min}$ ;
- b) Entre  $q_t$  y  $1,1 q_t$ ;
- c) Entre  $0,45 q_p$  y  $0,5 q_p$ ;
- d) Entre  $0,9 q_p$  y  $1 q_p$ ; y
- e) Entre  $0,9 q_s$  y  $q_s$ .

El caudal de ensayo es el caudal medio calculado a partir de las indicaciones del dispositivo de referencia calibrado.

En el caso de los ensayos de aprobación de modelo, el ensayo se declara satisfactorio si el error que se determina para cada caudal se sitúa dentro o en los límites de la banda de tolerancia.

Si el error determinado queda fuera de la banda de tolerancia, el ensayo puede continuar. Entonces, puede repetirse dos veces. Si la media aritmética de los tres ensayos se sitúa dentro o en los límites de la banda de tolerancia, el ensayo se declara como satisfactorio.

#### **10.1.3.4 Ensayos de pérdida de presión**

Los métodos de ensayo y el equipo empleado para determinar la pérdida de la presión son como se describen en el capítulo 7.

El valor de la pérdida de presión se determina a un valor no inferior al del caudal máximo, de tal modo que el medidor de agua pueda clasificarse de acuerdo con la Parte 1 de este proyecto.

#### **10.1.3.5 Ensayos de desgaste acelerado**

El medidor de agua se somete a un ensayo de resistencia que simule condiciones de servicio.

Adicionalmente a los periodos largos de funcionamiento en caudales especificados, los medidores de agua que tengan  $q_p \leq 10\text{m}^3$  se someten a ensayos intermitentes en los cuales el medidor de agua funciona durante un corto período de tiempo a un caudal dado en el programa de ensayo, seguido por un periodo de descanso.

En la siguiente tabla se presente un ejemplo de un ensayo de desgaste acelerado.

Caudal nominal $q_p$ m <sup>3</sup> /h	Caudal de ensayo	Tipo de ensayo	Número de interrupciones	Duración de las pausas s	Periodo de operación al caudal de ensayo	Duración del inicio y parada s
$q_p \leq 10$	$q_p$	Discontinuo	100 000	15	15 s	0,15( $q_p$ ) <sup>*</sup> con un mín de 1 s.
	2 $q_p$	Continuo			100 h	
$q_p > 10$	$q_p$	Continuo			800 h	
	2 $q_p$	Continuo			200 h	

\* ( $q_p$ ) es el número igual al valor de  $q_p$  expresado en m<sup>3</sup>/h.

Antes del primer ensayo y después de cada ensayo, se determina nuevamente la curva de error tal como se indica en 10.1.3.3.

Después de cada ensayo, se requiere que la desviación en la curva de error no exceda el 3% entre  $q_{\text{mín}}$  y  $q_t$  o 1,5% entre  $q_t$  y  $q_s$ .

Los métodos de ensayo y el equipo son los que se describen en el capítulo 8.

## **10.2 Verificación inicial**

### **10.2.1 Definición**

La verificación inicial consiste en verificar que todos los medidores de agua se sometan al modelo aprobado y a las normas y reglamentos vigentes.

El programa de verificación inicial puede autorizar procedimientos totales o parciales de control estadístico.

A continuación se describe un programa de ensayo de verificación inicial.

### **10.2.2 Programa de verificación inicial**

#### **10.2.2.1 Ensayos que deberán realizarse**

La verificación inicial incluye por lo menos:

- a) En principio, en todos los medidores:
  - ensayos de presión,
  - determinación de los errores de medición;
- b) Normalmente, por muestreo, como lo requiera el inspector:
  - una verificación de que el medidor está en conformidad con el modelo aprobado,
  - medición de la pérdida de presión.

#### **10.2.2.2 Verificación de conformidad con el modelo aprobado**

Se requiere que los medidores tengan las mismas características técnicas (dimensiones de las partes constituyentes, materiales, acabado de la superficie, etc.) que el modelo aprobado.

Esta verificación normalmente se realiza por muestreo.

#### **10.2.2.3 Ensayos de presión**

Se requiere que el medidor soporte, sin que presente fugas o filtración a través de las paredes, y sin daño alguno, una presión equivalente a 16 bar o 1,6 veces la presión nominal [véase la Parte 1 de este proyecto (3.1 y 4.10 f)].

#### **10.2.2.4 Determinación de los errores de medición**

Los métodos de ensayo y el equipo empleado son los que se describen en el capítulo 5.

Los errores de medición de cada medidor de agua se determinan en no menos de tres caudales.

Los caudales se escogen en función de las características de la curva del error de medición del modelo del medidor, de tal manera que pueda establecerse con certeza que no se exceden los errores máximos permisibles.

Los requisitos relacionados con los errores máximos permisibles, la definición del error y el caudal de ensayo son los mismos que en 10.1.3.3.

Los ensayos de verificación inicial no se repiten. El ensayo sólo se declara satisfactorio si, para cada caudal de ensayo, el error determinado no excede el error máximo permisible.

#### 10.2.2.5 Ensayos de pérdida de presión

Los métodos de ensayo y el equipo para la medición de la pérdida de presión son como se describen en el capítulo 7.

El valor de la pérdida de presión se determina a un caudal entre  $q_p$  y  $q_s$ .

Si es necesario, se realiza un cálculo para obtener la pérdida de presión en  $q_s$  basado en la fórmula:

$$\text{Pérdida de presión en } q_s = \frac{(q_s)^2}{(\text{caudal de ensayo})^2} \times \text{pérdida de presión medida}$$

Es necesario que el valor de la pérdida de presión en  $q_s$  esté en conformidad con el grupo de pérdida de presión del modelo aprobado (ver capítulo 6 de la Parte 1 de esta Norma Metrológica Peruana).

La verificación normalmente se realiza por muestreo.

## ANEXO

### Resumen de las disposiciones y tolerancias permitidas en la medición de las magnitudes físicas asociadas con los métodos y los equipos empleados en los ensayos de los medidores de agua

Magnitud	Detalles	Tolerancia establecida	Referencia <sup>1)</sup>
<b>Verificación del error de medición</b>			
Tiempo	Método de la derivación del flujo. Tiempo del interruptor de movimiento de flujo en cada dirección.	Idéntica dentro del 5% en cada dirección y < 2 % de la duración total del ensayo.	5.3.5.3
Volumen	Error máximo en la medición del volumen de agua que pasa a través del medidor sometido a ensayo (como lo mide un dispositivo de referencia calibrado).	≤ 10% del error máximo permisible correspondiente.	5.4.1
Lectura del medidor	Error máximo en la lectura del volumen indicado por el medidor sometido a ensayo.	≤ 0,5%	5.5
Presión	Flujo generado por un medio que no sea un tanque que tenga carga constante:		5.6.1
-	Variación de la presión aguas arriba del medidor	≤ 10%	
-	Precisión de la medición de la presión	≤ 5%	
Caudal	Variación relativa del caudal durante cada ensayo.		
-	$q_{min}$ a $q$ (no incluido)	± 2,5%	5.6.2
-	$q$ a $q_s$	± 5%	5.6.2
	Esto es equivalente, en términos de presión, a una variación de presión aguas arriba del medidor (descarga al aire libre) o a una variación en la pérdida de presión (caudal en circuitos cerrados) de:		
-	$q_{min}$ a $q$ (no incluido)	± 5%	5.6.2
-	$q$ a $q_s$	± 10%	5.6.2

<sup>1)</sup> Las referencias son para los capítulos de esta parte de la norma.

Magnitud	Detalles	Tolerancia establecida	Referencia <sup>1)</sup>
Temperatura	Cambio de temperatura del agua durante un ensayo.	$\leq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$	5.6.3
	Incertidumbre de medición de la temperatura.	$\leq 1\text{ }^{\circ}\text{C}$	5.6.3
<b>Ensayos de pérdida de presión</b>			
Presión	Incertidumbre máxima en los resultados de la medición de pérdida de presión.	$\pm 5\%$	7.4
<b>Ensayos de desgaste acelerado</b>			
- Ensayo de flujo continuo			
Caudal	Variación relativa en el caudal durante cada ensayo.	$\pm 10\%$	8.1.4
Tiempo	Tolerancia en cuanto a la duración establecida del ensayo.	El valor es un mín.	8.1.5
Volumen	Tolerancia en cuanto al volumen descargado durante el ensayo.	El valor es un mín.	8.1.6
- Ensayo de flujo discontinuo			
Caudal	Variación relativa al caudal durante la fase de ensayo de flujo constante.	$\pm 10\%$	8.2.4
Tiempo	Tolerancia en cuanto a la duración establecida de cada fase de ensayo.	$\pm 10\%$	8.2.5.1
	Tolerancia en cuanto a la duración total del ensayo.	$\pm 5\%$	8.2.5.1
Número de ciclos	Número de ciclos de ensayo	+ 1% y - 0%	8.2.5.2
Volumen	Tolerancia en cuanto al volumen descargado durante el ensayo.	$\pm 5\%$	8.2.6

<sup>1)</sup> Las referencias son para los capítulos de esta parte de la norma.