

MEDIDORES DE AGUA PARA AGUA POTABLE FRÍA Y AGUA CALIENTE.

Parte 2: Métodos de ensayo

WATER METERS FOR COLD POTABLE WATER AND HOT WATER

Part 2: Test methods

(EQV. OIML R 49-2:2013 “Water meters for cold potable water and hot water - Part 2: Test methods”)

2018-01-29

3ª Edición

ÍNDICE

	PREFACIO	v
1	OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	1
2	REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3	TÉRMINOS Y DEFINICIONES.....	4
4	CONDICIONES DE REFERENCIA	4
5	SÍMBOLOS, UNIDADES Y ECUACIONES.....	5
6	EXAMEN EXTERNO	5
6.1	Generalidades	5
6.2	Objetivo del instrumento	6
6.3	Preparación.....	6
6.4	Procedimientos de examen	6
7	ENSAYOS DE FUNCIONAMIENTO PARA TODOS LOS MEDIDORES DE AGUA	15
7.1	Generalidades	15
7.2	Condiciones requeridas para todos los ensayos	15
7.3	Ensayo de presión estática (PNMP 005-1:2018, 4.2.10).....	17
7.4	Determinación de errores intrínsecos (de indicación) (PNMP 005-1:2018, 7.2.3).....	19
7.5	Ensayo de temperatura del agua (PNMP 005-1:2018, 4.2.8)	34
7.6	Ensayo de temperatura del agua de sobrecarga (PNMP 005-1:2018, 7.2.5).....	35
7.7	Ensayo de presión del agua (PNMP 005-1:2018, 4.2.8)	37
7.8	Ensayo de flujo inverso (PNMP 005-1:2018, 4.2.7)	38
7.9	Ensayo de pérdida de presión (PNMP 005-1:2018, 6.5)	41
7.10	Ensayos de perturbación del flujo (PNMP 005-1:2018, 6.3.4).....	47
7.11	Ensayos de durabilidad (PNMP 005-1:2018, 7.2.6).....	49
7.12	Ensayo de campo magnético.....	61
7.13	Ensayos a los dispositivos auxiliares de un medidor de agua.....	61
7.14	Ensayos ambientales.....	63
8	ENSAYOS DE FUNCIONAMIENTO RELACIONADOS CON LOS FACTORES DE INFLUENCIA Y LAS PERTURBACIONES	63
8.1	Requisitos generales (PNMP 005-1:2018, A.1)	63
8.2	Calor seco (sin condensación) (PNMP 005-1:2018, A.5)	69
8.3	Frío (PNMP 005-1:2018, A.5).....	71
8.4	Ensayo cíclico de calor húmedo (con condensación) (PNMP 005-1:2018, A.5).....	73
8.5	Variación de la alimentación eléctrica (PNMP 005-1:2018, A.5).....	75
8.6	Vibraciones (aleatorias) (PNMP 005-1:2018, A.5).....	81
8.7	Sacudidas mecánicas (PNMP 005-1:2018, A.5)	83
8.8	Caídas de tensión de la red de CA, interrupciones breves y variaciones de tensión (PNMP 005-1:2018, A.5)	85
8.9	Transitorios eléctricos en las líneas de señales (PNMP 005-1:2018, A.5)	88
8.10	Transitorios eléctricos en la red de CA y CC (PNMP 005-1:2018, A.5).....	89

8.11	Descargas electrostáticas (PNMP 005-1:2018, A.5)	92
8.12	Campos electromagnéticos radiados (PNMP 005-1:2018, A.5).....	95
8.13	Campos electromagnéticos conducidos (PNMP 005-1:2018, A.5)	99
8.14	Sobretensiones en las líneas de señales, datos y control (PNMP 005-1:2018, A.5)	102
8.15	Sobretensiones en las líneas de la red de CA y CC (PNMP 005-1:2018, A.5).....	104
8.16	Campo magnético estático (PNMP 005-1:2018, 7.2.8).....	106
8.17	Ensayo de ausencia de flujo.....	109
9	PROGRAMA DE ENSAYO PARA LA APROBACIÓN DE MODELO.....	110
9.1	Número de muestras requeridas	110
9.2	Ensayo de funcionamiento aplicable a todos los medidores de agua	110
9.3	Ensayos de funcionamiento aplicables a medidores de agua electrónicos, medidores de agua mecánicos equipados con dispositivos electrónicos y sus partes separables	112
9.4	Evaluación de modelo de las partes separables de un medidor de agua	112
9.5	Familias de medidores de agua	114
10	ENSAYOS PARA LA VERIFICACIÓN INICIAL	114
10.1	Verificación inicial de medidores de agua completos y combinados	114
10.2	Verificación inicial de las partes separables de un medidor de agua.....	116
11	PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	118
11.1	Objetivo de los informes.....	118
11.2	Datos de identificación y ensayo que se deben incluir en los registros	118
	ANEXOS	
A	EXAMEN DE MODELO Y ENSAYO DE SISTEMAS DE COMPROBACIÓN DE DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS.....	120
A.1	Generalidades	120
A.2	Objetivo del examen	120
A.3	Procedimientos de examen	121
B	CÁLCULO DEL ERROR RELATIVO (DE INDICACIÓN) DE UN MEDIDOR DE AGUA.....	132
B.1	Información general.....	132
B.2	Cálculo del error (de indicación)	132
B.3	Cálculo del error relativo (de indicación)	133
C	REQUISITOS DE INSTALACIÓN PARA ENSAYOS DE PERTURBACIÓN DEL FLUJO	141
D	EVALUACIÓN DE MODELO DE UNA FAMILIA DE MEDIDORES DE AGUA.....	143
D.1	Familias de medidores de agua	143
D.2	Definición.....	143
D.3	Selección del medidor	144
E	EJEMPLOS DE MÉTODOS Y COMPONENTES UTILIZADOS PARA EL ENSAYO DE MEDIDORES CONCÉNTRICOS DE AGUA.....	146
F	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL AGUA	149
F.1	Densidad del agua destilada libre de aire a 101,325 kPa.....	149
F.2	Factor de corrección de presión	149
F.3	Densidad del agua en el caudalímetro.....	150

G	INCERTIDUMBRES MÁXIMAS DE LA MEDICIÓN DE FACTORES DE INFLUENCIA Y PERTURBACIONES.....	152
G.1	Introducción	152
G.2	Entradas de señal simulada para la calculadora	152
G.3	Ensayos de calor seco, de calor húmedo (cíclico) y de frío.....	153
G.4	Variación de tensión de alimentación	153
G.5	Variación de frecuencia de la red.....	153
G.6	Reducción de corta duración de la alimentación.....	153
G.7	Transitorios eléctricos.....	153
G.8	Descargas electrostáticas	154
G.9	Interferencia electromagnética.....	154
G.10	Vibraciones mecánicas	154
H	TOMAS DE PRESIÓN PARA EL ENSAYO DE PÉRDIDA DE PRESIÓN, DETALLES DE AGUJEROS Y RANURAS.....	155
H.1	Generalidades	155
H.2	Diseño de las tomas de presión de la sección de medición	155
H.3	Tomas de presión, detalles de agujeros y ranuras	155
I	PERTURBADORES DE FLUJO	158
I.1	Generalidades	158
I.2	Generadores de perturbaciones del tipo roscado	158
	BIBLIOGRAFÍA.....	171

---oooOooo---

PREFACIO

A. Reseña histórica

A.1 La Dirección de Metrología de INACAL, se ha basado en la Recomendación Internacional OIML R 49-2:2013 “Water meters for cold potable water and hot water — Part 2: Test methods”, para obtener el Proyecto de Norma Metrológica Peruana PNMP 005-2:2018 “MEDIDORES DE AGUA PARA AGUA POTABLE FRÍA Y AGUA CALIENTE. Parte 2: Métodos de ensayo”.

A.2 El presente Proyecto de Norma Metrológica Peruana ha sido elaborado mediante un “Sistema de Adopción” de elaboración de Normas Metrológicas Peruanas, de acuerdo a lo establecido en el literal “A)” del artículo 9 del “Procedimiento de Elaboración y Aprobación de Normas Metrológicas Peruanas” - 1ra edición, aprobado mediante resolución N° 002-2012/SNM-INDECOPI y publicado el 17 de mayo de 2012.

A.3 El presente Proyecto de Norma Metrológica Peruana presenta cambios editoriales y estructurales de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

---oooOooo---

MEDIDORES DE AGUA PARA AGUA POTABLE FRÍA Y AGUA CALIENTE.

Parte 2: Métodos de ensayo

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El presente Proyecto de Norma Metrológica Peruana es aplicable a los ensayos de evaluación de modelo y de verificación inicial de los medidores de agua potable fría y agua caliente según se define en PNMP 005-1:2018. Se pueden emitir certificados de aprobación de modelo para los medidores de agua cubiertos por el alcance, siempre que esta parte del PNMP 005, PNMP 005-1:2018 y PNMP 005-3:2018 se utilicen de acuerdo a las reglas establecidas en el presente Proyecto de Norma Metrológica Peruana.

El presente Proyecto de Norma Metrológica Peruana proporciona detalles sobre el programa de ensayo, los principios, los equipos y procedimientos que deben utilizarse para los ensayos de evaluación de modelo y de verificación inicial de un modelo de medidor.

Las disposiciones del presente Proyecto de Norma Metrológica Peruana también se aplican a dispositivos auxiliares si lo exigen.

Las disposiciones incluyen los requisitos de ensayo del medidor de agua completo y los requisitos de ensayo del transductor de medición (incluyendo el sensor de flujo o de volumen) y la calculadora (incluyendo el dispositivo indicador) de un medidor de agua como unidades separadas.

Los temas relacionado a las “características técnicas (tamaño, dimensiones, conexión roscada, conexión embreada,...) y a los requisitos de instalación de medidores de agua”; se encuentran especificadas en la ISO 4064-4:2014 y ISO 4064-5:2015, respectivamente.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en forma parcial, se mencionan de manera normativa en el presente documento y son indispensables para su aplicación. Para las referencias con fecha, solo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha, se aplica la última edición del documento citado (incluyendo las eventuales modificaciones).

PNMP 005-1:2018, *Medidores de agua para agua potable fría y agua caliente — Parte 1: Requisitos metrológicos y técnicos*

PNMP 005-3:2018, *Medidores de agua para agua potable fría y agua caliente — Parte 3: Formato del informe de ensayo.*

OIML G 1-100:2008, *Evaluación de datos de medición - Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición*

IEC 60068-2-1, *Ensayos ambientales — Parte 2-1: Ensayos. Ensayo A: Frío.*

IEC 60068-2-2, *Ensayos ambientales — Parte 2-2: Ensayos. Ensayo B: Calor seco.*

IEC 60068-2-30, *Ensayos ambientales — Parte 2-30: Ensayos — Ensayo Db: Ensayo cíclico de calor húmedo (ciclo de 12 h + 12 h).*

IEC 60068-2-31, *Ensayos ambientales — Parte 2-31: Ensayos — Ensayo Ec: Choques debidos a manejo brusco, ensayo destinado principalmente para equipos.*

IEC 60068-2-47, *Ensayos ambientales — Parte 2-47: Ensayos — Montaje de especímenes para ensayos de vibración, de impacto y otros ensayos dinámicos.*

IEC 60068-2-64, *Ensayos ambientales — Parte 2-64: Ensayos — Ensayo Fh: Vibraciones aleatorias de banda ancha y guía.*

IEC 60068-3-4, *Ensayos ambientales — Parte 3-4: Documentación de acompañamiento y guía — Ensayos de calor húmedo.*

IEC 60654-2, *Condiciones de funcionamiento para los equipos de medición y de control de los procesos industriales — Parte 2: Alimentación.*

IEC 61000-2-1, *Compatibilidad electromagnética (CEM) — Parte 2: Entorno — Sección 1: Descripción del entorno – Entorno electromagnético para las perturbaciones conducidas de baja frecuencia y la transmisión de señales en las redes públicas de*

alimentación.

IEC 61000-2-2, *Compatibilidad electromagnética (CEM) — Parte 2-2: Entorno — Niveles de compatibilidad para las perturbaciones conducidas de baja frecuencia y la transmisión de señales en las redes públicas de alimentación de baja tensión.*

IEC 61000-4-1, *Compatibilidad electromagnética (CEM) — Parte 4-1: Técnicas de ensayo y medición — Visión general de la serie IEC 61000-4.*

IEC 61000-4-2, *Compatibilidad electromagnética (CEM) — Parte 4-2: Técnicas de ensayo y medición — Ensayo de inmunidad a las descargas electrostáticas*

IEC 61000-4-3, *Compatibilidad electromagnética (CEM) — Parte 4-3: Técnicas de ensayo y medición — Ensayos de inmunidad a los campos electromagnéticos, radiados y de radiofrecuencia*

IEC 61000-4-4, *Compatibilidad electromagnética (CEM) — Parte 4-4: Técnicas de ensayo y medición — Ensayos de inmunidad a los transitorios eléctricos rápidos en ráfagas*

IEC 61000-4-5, *Compatibilidad electromagnética (CEM) — Parte 4-5: Técnicas de ensayo y medición — Ensayos de inmunidad a las ondas de choque*

IEC 61000-4-6, *Compatibilidad electromagnética (CEM) — Parte 4-6: Técnicas de ensayo y medición — Inmunidad a las perturbaciones conducidas, inducidas por los campos de radiofrecuencia*

IEC 61000-4-11, *Compatibilidad electromagnética (CEM) — Parte 4-11: Técnicas de ensayo y medición — Ensayos de inmunidad a las caídas de tensión, interrupciones breves y variaciones de tensión*

IEC 61000-6-16-1, *Compatibilidad electromagnética (CEM) — Parte 6-1: Normas genéricas — Inmunidad en entornos residenciales, comerciales y de industria ligera*

IEC 61000-6-2, *Compatibilidad electromagnética (CEM) — Parte 6-2: Normas*

genéricas — Inmunidad en entornos industriales

OIML D 11:2004, *Requisitos generales para instrumentos de medición electrónicos*

OIML G 13, *Planificación de laboratorios de metrología y de ensayos*

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones del PNMP 005- 1:2018.

4. CONDICIONES DE REFERENCIA

Todas las magnitudes de influencia aplicables, salvo la magnitud de influencia que se está ensayando, deben mantenerse en los siguientes valores durante los ensayos de evaluación de modelo en un medidor de agua. Sin embargo, en el caso de factores de influencia y perturbaciones para medidores de agua electrónicos, se permite utilizar las condiciones de referencia definidas en la norma IEC aplicable.

Caudal	$0,7 \times (Q_2 + Q_3) \pm 0,03 \times (Q_2 + Q_3)$
Temperatura del agua:	T30, T50 es $20 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$ T70 a T180 es $20 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$ y $50 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$ T30/70 a T30/180 es $50 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$
Presión del agua:	Dentro de las condiciones nominales de funcionamiento (PNMP 005-1:2018, 6.4)
Alcance de temperatura ambiente:	15 °C a 25 °C
Alcance de humedad relativa ambiente:	45 % a 75 %
Alcance de presión atmosférica ambiente:	86 kPa a 106 kPa (0,86 bares a 1,06 bares)

Tensión de alimentación (CA de la red): Tensión nominal, $U_{nom} \pm 5 \%$

Frecuencia de alimentación: Frecuencia nominal, $f_{nom} \pm 2 \%$

Tensión de alimentación (batería): Una tensión V
del alcance $U_{bmin} \leq V \leq U_{bmax}$

Durante cada ensayo, la temperatura y la humedad relativa no deben variar en más de 5 °C o 10 %, respectivamente, dentro del alcance de referencia. Se permite que las condiciones de referencia se desvíen con respecto a los valores de tolerancia definidos durante los ensayos de funcionamiento si se puede proporcionar al organismo responsable de la aprobación de modelo evidencia de que el modelo de medidor en consideración no se ve afectado por la desviación de la condición en cuestión. Sin embargo, se deben medir y documentar los valores reales de la condición que se desvía, como parte de la documentación de los ensayos de funcionamiento.

5. SÍMBOLOS, UNIDADES Y ECUACIONES

Las ecuaciones, símbolos y sus unidades, con respecto al cálculo del error (de indicación) de un medidor de agua, utilizados en el presente Proyecto de Norma Metrológica Peruana, se proporcionan en el Anexo B.

6. EXAMEN EXTERNO

6.1. Generalidades

Durante el examen externo, se deben registrar todos los valores, dimensiones y observaciones pertinentes.

NOTA 1 Para la presentación de los resultados de los exámenes de modelo, ver el capítulo 11.

NOTA 2 Los apartados pertinentes del PNMP 005-1:2018 aparecen entre paréntesis en lo que viene a continuación.

6.2. Objetivo del instrumento

Verificar que un medidor de agua cumpla con los requisitos del PNMP 005-1:2018 con respecto al diseño del dispositivo indicador, el marcado del medidor y la aplicación de dispositivos de protección.

6.3. Preparación

Se deben realizar las medidas lineales que tengan que tomarse a un medidor, utilizando dispositivos de medición calibrados y trazables.

Las dimensiones reales o aparentes de las escalas del dispositivo indicador deben tomarse sin quitar el lente del medidor o desmontar el medidor.

NOTA: Se puede utilizar un microscopio móvil (catetómetro) para medir el ancho, la separación y la altura de las divisiones de escala y la altura de los números.

6.4. Procedimientos de examen

6.4.1. Generalidades

Se deben examinar los siguientes aspectos del diseño en por lo menos un medidor de la muestra.

La misma muestra de medidor puede utilizarse para todos los exámenes externos, o diferentes medidores de las muestras presentadas pueden usarse para algunos de los exámenes.

6.4.2. Marcas e inscripciones (PNMP 005-1:2018, 6.6)

- a) Verificar que se proporcione un lugar para colocar la marca de verificación, el cual sea visible sin desmontar el medidor de agua.

- b) Verificar que el medidor de agua esté marcado clara e indeleblemente con la información presentada en el PNMP 005-1:2018, 6.6.2.
- c) Verificar el cumplimiento de lo referente al: PNMP 005-1:2018, 6.6.1 y 6.6.2 (r) de PNMP 005-3:2018, 4.4.1.

6.4.3. Dispositivo indicador (PNMP 005-1:2018, 6.7)

6.4.3.1. Función (PNMP 005-1:2018, 6.7.1.1)

- a) Verificar que el dispositivo indicador proporcione una lectura fácil, confiable y una indicación visual del volumen de agua que no sea ambigua.
- b) Verificar que el dispositivo indicador incluya medios visuales para el ensayo y calibración.
- c) Si el dispositivo indicador incluye elementos adicionales para el ensayo y calibración mediante otros métodos, por ejemplo, para el ensayo y calibración automáticos, registrar el tipo o tipos de dispositivo.
- d) Si el medidor es un medidor de combinación con dos dispositivos indicadores, se aplica 6.4.3 a ambos dispositivos indicadores.
- e) Verificar el cumplimiento de lo referente al PNMP 005-1:2018, 6.7.1.1 de PNMP 005-3:2018, 4.4.1.

6.4.3.2. Unidad de medida, símbolo y ubicación (PNMP 005-1:2018, 6.7.1.2)

- a) Verificar que el volumen de agua indicado se exprese en metros cúbicos.
- b) Verificar que el símbolo m^3 aparezca en el dial o inmediatamente adyacente al dispositivo visualizador numerado.

- c) Verificar el cumplimiento de lo referente al PNMP 005-1:2018, 6.7.1.2 de PNMP 005-3:2018, 4.4.1.

6.4.3.3. Alcance de indicación (PNMP 005-1:2018, 6.7.1.3)

- a) Verificar que el dispositivo indicador sea capaz de registrar el volumen indicado en metros cúbicos que se da en PNMP 005-1:2018, Tabla 5, correspondiente al caudal permanente Q_3 sin pasar por cero.
- b) Verificar el cumplimiento de lo referente al PNMP 005-1:2018, 6.7.1.3 de PNMP 005-3:2018, 4.4.1.

6.4.3.4. Codificación de colores para dispositivos indicadores (PNMP 005-1:2018, 6.7.1.4)

- a) Verificar que:
- 1) se utilice el color negro para indicar el metro cúbico y sus múltiplos;
 - 2) se utilice el color rojo para indicar los submúltiplos del metro cúbico; y
 - 3) los colores se apliquen a los punteros, agujas, números, ruedas, discos, diales o ventanas;
- o se utilicen otros medios para indicar el metro cúbico, en los cuales no hay ambigüedad al distinguir entre la indicación primaria y las visualizaciones alternativas, por ejemplo, submúltiplos para la verificación y el ensayo.
- b) Verificar el cumplimiento de lo referente al PNMP 005-1:2018, 6.7.1.4 de PNMP 005-3:2018, 4.4.1.

6.4.3.5. Tipos de dispositivo indicador (PNMP 005-1:2018, 6.7.2)

6.4.3.5.1. Tipo 1 — Dispositivo analógico (PNMP 005-1:2018, 6.7.2.1)

- a) Si se ha utilizado un dispositivo indicador del tipo 1, verificar que el volumen se indique mediante:
- el movimiento continuo de uno o más punteros que se desplazan en relación con escalas graduadas;
 - o el movimiento continuo de una o más escalas circulares o tambores, cada uno de los cuales pasa por una aguja.
- b) Verificar que el valor expresado en metros cúbicos para cada división de escala sea de la forma $10n$, donde n es un número entero positivo o negativo o cero, por lo que se establece un sistema de décadas consecutivas.
- c) Verificar que cada escala esté graduada en valores expresados en metros cúbicos o acompañada de un factor de multiplicación ($\times 0,001$; $\times 0,01$; $\times 1$; $\times 10$; $\times 100$; $\times 1\ 000$; etc.).
- d) Verificar que el movimiento rotativo de los punteros o las escalas circulares sea en el sentido de las agujas del reloj.
- e) Verificar que el movimiento lineal de los punteros o las escalas sea de izquierda a derecha.
- f) Verificar que el movimiento de los indicadores de rodillos numerados sea hacia arriba.
- g) Verificar el cumplimiento de lo referente al PNMP 005-1:2018, 6.7.2.1 de PNMP 005-3:2018, 4.4.1.

6.4.3.5.2. Tipo 2 — Dispositivo digital (PNMP 005-1:2018, 6.7.2.2)

- a) Verificar que el volumen se indique mediante una línea de dígitos que aparecen en una o más aberturas.
- b) Verificar que el avance de un dígito se complete cuando el dígito del próximo valor menor está cambiando de 9 a 0.
- c) Verificar que la altura real o aparente de los dígitos sea por lo menos 4 mm
- d) Para dispositivos no electrónicos:
 - 1) Verificar que el movimiento de los indicadores de rodillos numerados (tambores) sea hacia arriba.
 - 2) Si la década de menor valor tiene un movimiento continuo, verificar que la abertura sea lo suficientemente grande que permita la lectura de un dígito sin ambigüedad.

Para dispositivos electrónicos:

- 3) Verificar que, en el caso de visualizaciones no permanentes, el volumen pueda visualizarse en cualquier momento durante por lo menos 10 s.
- 4) Comprobar visualmente todo el dispositivo visualizador en la siguiente secuencia:
 - i) para el tipo de siete segmentos, verificar que se puedan visualizar correctamente todos los elementos (por ejemplo, una prueba de "ochos");
 - ii) para el tipo de siete segmentos, verificar que se puedan borrar todos los elementos (por ejemplo, una prueba de "blancos");

- iii) para visualizaciones gráficas, utilizar una prueba equivalente para verificar que las fallas de visualización no pueden ocasionar la mala interpretación de cualquier dígito;
 - iv) verificar que cada etapa de la secuencia dure por lo menos 1 s.
- e) Llenar lo referente a la sección del PNMP 005-1:2018, 6.7.2.2 de PNMP 005-3:2018, 4.4.1.

6.4.3.5.3. Tipo 3 — Combinación de dispositivos analógicos y digitales (PNMP 005-1:2018, 6.7.2.3)

- a) Si el dispositivo indicador es una combinación de dispositivos de los tipos 1 y 2, verificar que se apliquen los respectivos requisitos de cada uno (ver 6.4.3.5.1 y 6.4.3.5.2).
- b) Llenar lo referente a la sección del PNMP 005-1:2018, 6.7.2.3 de PNMP 005-3:2018, 4.4.1.

6.4.3.6. Dispositivos de verificación — Primer elemento de un dispositivo indicador — Intervalo de verificación (PNMP 005-1:2018, 6.7.3)

6.4.3.6.1. Requisitos generales (PNMP 005-1:2018, 6.7.3.1)

- a) Verificar que el dispositivo indicador tenga los medios que permiten una verificación y calibración visuales que no sean ambiguas.
- b) Observar si el dispositivo visual de verificación tiene un movimiento continuo o discontinuo.
- c) Observar si, además de los medios de verificación con dispositivo visual, el dispositivo indicador incluye sistemas para un ensayo rápido mediante la inclusión de elementos complementarios (por ejemplo, ruedas o discos en estrella), que proporcionan señales a través de sensores conectados externamente). Observar la

relación, declarada por el fabricante, entre la indicación visual de volumen y las señales emitidas por estos dispositivos complementarios.

- d) Llenar lo referente a la sección del PNMP 005-1:2018, 6.7.3.1 de PNMP 005-3:2018, 4.4.1.

6.4.3.6.2. Dispositivo visual de verificación (PNMP 005-1:2018, 6.7.3.2)

6.4.3.6.2.1. Valor del intervalo de escala de verificación (PNMP 005-1:2018, 6.7.3.2.1)

- a) Verificar que el valor del intervalo de escala de verificación, expresado en metros cúbicos, sea de la forma 1×10^n , 2×10^n o 5×10^n , donde n es un número entero positivo o negativo o cero,
- b) Para los dispositivos indicadores analógicos y digitales con movimiento continuo del primer elemento, verificar que el intervalo de escala de verificación se forme de la división en 2, 5 o 10 partes iguales del intervalo entre dos dígitos consecutivos del primer elemento.
- c) Para los dispositivos indicadores analógicos y digitales con movimiento continuo del primer elemento, verificar que la numeración no se aplique a las divisiones entre dígitos consecutivos del primer elemento
- d) Para los dispositivos indicadores digitales con movimiento discontinuo del primer elemento, el intervalo de escala de verificación es el intervalo entre dos dígitos consecutivos o movimientos incrementales del primer elemento.
- e) Llenar lo referente a la sección del PNMP 005-1:2018, 6.7.3.2.1 de PNMP 005-3:2018, 4.4.1.

6.4.3.6.2.2. Forma de la escala de verificación (PNMP 005-1:2018, 6.7.3.2.2)

- a) Si el dispositivo indicador tiene un movimiento continuo del primer elemento, comprobar que la división de escala aparente no sea menos de 1 mm ni más de 5 mm.

- b) Verificar que la escala consista de:
 - líneas de igual grosor que no sobrepasen un cuarto de la división de escala y que solo difieran en longitud;

 - o bandas de contraste de un ancho constante igual a la división de escala.

- c) Verificar que el ancho aparente de la punta del puntero no sea superior a un cuarto de la división de escala.

- d) Verificar que el ancho aparente de la punta del puntero no sea superior a 0,5 mm.

- e) Llenar lo referente a la sección del PNMP 005-1:2018, 6.7.3.2.2 de PNMP 005-3:2018, 4.4.1.

6.4.3.6.2.3. Resolución del dispositivo indicador (PNMP 005-1:2018, 6.7.3.2.3)

- a) Observar el valor del intervalo de escala de verificación, δV m³.

- b) Calcular el volumen real V_a en m³ que pasa durante 1 h 30 min con el caudal mínimo Q_1 , a partir de $V_a = Q_1 \times 1,5$.

- c) Calcular el error de resolución ϵ_r del dispositivo indicador, expresado en porcentaje, a partir de:
 - 1) para un movimiento continuo del primer elemento:

$$\begin{aligned}\varepsilon_r &= \frac{0,5\delta V + 0,5\delta V}{V_a} \times 100 \% \\ &= \frac{\delta V}{V_a} \times 100 \%\end{aligned}$$

- 2) para un movimiento discontinuo del primer elemento:

$$\begin{aligned}\varepsilon_r &= \frac{\delta V + \delta V}{V_a} \times 100 \% \\ &= \frac{2\delta V}{V_a} \times 100 \%\end{aligned}$$

- d) Verificar que, para los medidores de la clase de exactitud 1, el valor del intervalo de escala de verificación sea lo suficientemente pequeño para asegurar que el error de resolución ε_r del dispositivo indicador no sea superior a 0,25 % del volumen real requerido durante 1 h 30 min con el caudal mínimo, Q_1 .

$$\varepsilon_r \leq 0,25 \%$$

- e) Verificar que, para los medidores de la clase de exactitud 2, el valor del intervalo de escala de verificación sea lo suficientemente pequeño para asegurar que el error de resolución ε_r del dispositivo indicador no sea superior a 0,5 % del volumen real requerido durante 1 h 30 min con el caudal mínimo, Q_1 .

$$\varepsilon_r \leq 0,5 \%$$

- f) Llenar lo referente a la sección del PNMP 005-1:2018, 6.7.3.2 de PNMP 005-3:2018, 4.4.1.

Cuando el dispositivo visualizador del primer elemento es continuo, se debe tomar en cuenta un error máximo de cada lectura que no sea más de la mitad del intervalo de escala de verificación.

Cuando el dispositivo visualizador del primer elemento es discontinuo, se debe tomar en cuenta un error máximo de cada lectura que no sea superior a un dígito de la escala de verificación.

6.4.4. Dispositivos de protección (PNMP 005-1:2018, 6.8)

- a) Verificar que el medidor de agua incluya los dispositivos de protección especificados en PNMP 005-1:2018, 6.8.
- b) Llenar lo referente a la sección del PNMP 005-1:2018, 6.8.1 y 6.8.2.3 de PNMP 005-3:2018, 4.4.1.

7. ENSAYOS DE FUNCIONAMIENTO PARA TODOS LOS MEDIDORES DE AGUA

7.1. Generalidades

Durante los ensayos de funcionamiento, se deben registrar todos los valores, dimensiones y observaciones pertinentes.

NOTA 1 Para la presentación de los resultados de los ensayos de evaluación de modelo, ver el capítulo 11.

NOTA 2 Los apartados pertinentes de PNMP 005-1:2018 aparecen entre paréntesis en lo que viene a continuación.

7.2. Condiciones requeridas para todos los ensayos

7.2.1. Calidad del agua

Los ensayos del medidor de agua deben realizarse utilizando agua. El agua debe ser la del suministro público de agua potable o debe cumplir los mismos requisitos.

El agua no debe contener ninguna sustancia que pudiera dañar el medidor o afectar adversamente su operación. No debe contener burbujas de aire.

Si el agua fuese reciclada, se deben tomar medidas para evitar que el agua residual del medidor resulte perjudicial para los seres humanos.

7.2.2. Reglas generales para la instalación de ensayo y ubicación

7.2.2.1. Inexistencia de influencias espurias

Los bancos de ensayo deben ser diseñados, construidos y utilizados de tal manera que su propio funcionamiento no contribuya significativamente al error de ensayo. Para este fin, se requieren altos estándares de mantenimiento de bancos, además de soportes y aditamentos adecuados, para evitar la vibración del medidor, el banco de ensayo y sus accesorios.

El ambiente de los bancos de ensayo debe ser tal que se cumplan las condiciones de referencia del ensayo (ver el capítulo 4).

Durante los ensayos, la presión manométrica en la salida de cada medidor de agua debe ser por lo menos 0,03 MPa (0,3 bares) y suficiente para evitar la cavitación.

Debe ser posible realizar lecturas de ensayo rápidamente y con facilidad.

7.2.2.2. Ensayo en grupo de medidores

Los medidores se ensayan individualmente o en grupos. En este último caso, se deben determinar con precisión las características individuales. La presencia de cualquier medidor en el banco de ensayo no debe contribuir significativamente al error de ensayo de cualquier otro medidor.

7.2.2.3. Ubicación

El ambiente seleccionado para los ensayos de los medidores debe estar de acuerdo con

los principios detallados en OIML G 13 y debe estar libre de influencias perturbadoras (por ejemplo, la temperatura ambiente y vibraciones).

7.3. Ensayo de presión estática (PNMP 005-1:2018, 4.2.10)

7.3.1. Objetivo del ensayo

Verificar que el medidor de agua pueda resistir la presión hidráulica de ensayo establecida durante el tiempo especificado sin que se presenten fugas o daños,

7.3.2. Preparación

- a) Instalar los medidores en el banco de ensayo individualmente o en grupos.
- b) Sacar el aire de la tubería del banco de ensayo y de los medidores de agua.
- c) Asegurarse de que el banco de ensayo esté libre de fugas.
- d) Asegurarse de que la presión de alimentación esté libre de pulsaciones.

7.3.3. Procedimiento de ensayo

7.3.3.1. Medidores en línea

- a) Aumentar la presión hidráulica a 1,6 veces la presión máxima admisible (PMA) del medidor y mantenerla durante 15 min.
- b) Inspeccionar los medidores para determinar daños físicos, fugas externas y fugas hacia el dispositivo indicador.
- c) Aumentar la presión hidráulica a dos veces la PMA y mantener este nivel de presión durante 1 min.

- d) Inspeccionar los medidores para determinar daños físicos, fugas externas y fugas hacia el dispositivo indicador.

- e) Llenar el informe de ensayo del PNMP 005-3:2018, 4.5.1.

Requisitos adicionales:

- 1) Aumentar y disminuir la presión gradualmente sin cambios bruscos de presión.

- 2) Aplicar solo las temperaturas de referencia para este ensayo.

- 3) El caudal debe ser cero durante el ensayo.

7.3.3.2. Medidores concéntricos

El procedimiento de ensayo establecido en 7.3.3.1 también se aplica al ensayo de presión de medidores concéntricos de agua (ver Anexo E); sin embargo, también se deben ensayar los sellos ubicados en la interfaz del medidor concéntrico/colector (ver el ejemplo de la Figura E.1) para asegurarse de que no se produzcan fugas internas no reveladas entre los conductos de entrada y de salida del medidor.

Cuando se realiza el ensayo de presión, se deben ensayar el medidor y el colector juntos. Los requisitos para el ensayo de los medidores concéntricos pueden variar según el diseño, por lo tanto, en las Figuras E.2 y E.3 se muestra un ejemplo de un método de ensayo.

7.3.4. Criterios de aceptación

No debe haber fugas del medidor o fugas hacia el dispositivo indicador, o daños físicos que resulten de cualquiera de los ensayos de presión descritos en 7.3.3.1 y 7.3.3.2.

7.4. Determinación de errores intrínsecos (de indicación) (PNMP 005-1:2018, 7.2.3)

7.4.1. Objetivo del ensayo

Determinar los errores intrínsecos (de indicación) de un medidor de agua y los efectos de la orientación del medidor sobre el error (de indicación).

7.4.2. Preparación

7.4.2.1. Descripción del banco de ensayo

El método especificado aquí para determinar los errores (de indicación) del medidor es el denominado método de “recolección” en el cual la cantidad de agua que pasa por un medidor de agua, se recolecta en uno o más recipientes colectores y su cantidad se determina volumétricamente o por pesaje. Se pueden utilizar otros métodos siempre que se cumplan los requisitos de 7.4.2.2.6.1.

La comprobación de los errores (de indicación) consiste en comparar las indicaciones de volumen dadas por el medidor en las condiciones de referencia contra un dispositivo de referencia calibrado.

Para el propósito de estos ensayos, se debería ensayar por lo menos un medidor sin que sus dispositivos auxiliares temporales (si hubiera alguno) estén conectados, a menos que éstos sean esenciales para el ensayo del medidor.

El banco de ensayo consta, típicamente, de:

- a) un suministro de agua (tanque no presurizado, tanque presurizado, bomba, etc.);
- b) tuberías;
- c) un dispositivo de referencia calibrado (tanque volumétrico calibrado, sistema de pesaje, medidor de referencia, etc.);

- d) medios para medir el tiempo del ensayo;
- e) dispositivos para automatizar los ensayos (si se requiere);
- f) medios para medir la temperatura del agua;
- g) medios para medir la presión del agua;
- h) medios para determinar la densidad si fuese necesario (Ver Anexo F);
- i) medios para determinar la conductividad si fuese necesario;

7.4.2.2. Tuberías

7.4.2.2.1. Descripción

Las tuberías deben incluir:

- a) una sección de ensayo en la que se colocan el o los medidores;
- b) medios para establecer el caudal deseado;
- c) uno o dos dispositivos de aislamiento;
- d) medios para determinar el caudal;

y si fuese necesario:

- e) medios para comprobar que las tuberías están llenas hasta un nivel de referencia antes y después de cada ensayo;

- f) una o más tomas de aire;
- g) un dispositivo de no retorno;
- h) un separador de aire;
- i) un filtro.

Durante el ensayo, no se debe permitir la fuga de flujo, entrada de flujo ni drenaje de flujo tanto entre el o los medidores y el dispositivo de referencia como en el propio dispositivo de referencia.

7.4.2.2.2. Sección de ensayo

La sección de ensayo incluye, además del o los medidores:

- 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 del primer medidor y junto a éste;
- b) medios para medir la temperatura del agua junto a la entrada al primer medidor.

La presencia de cualquier componente de tubería o dispositivo ubicado en la sección de medición o cerca de ésta no debe originar cavitación o perturbaciones de flujo capaces de alterar el funcionamiento de los medidores o causar errores (de indicación).

7.4.2.2.3. Precauciones que se deben tomar durante los ensayos

- a) Comprobar que el funcionamiento del banco de ensayo sea tal que, durante un ensayo, el volumen real de agua que circula por el o los medidores, sea igual al medido por el dispositivo de referencia.

- b) Comprobar que el tubo (por ejemplo, el cuello de cisne del tubo de salida) esté llenado hasta el mismo nivel de referencia tanto al comienzo como al final del ensayo.
- c) Sacar todo el aire que existe en la tubería de interconexión y el o los medidores. El fabricante puede recomendar un procedimiento que asegure que se saque todo el aire del medidor.
- d) Tomar todas las precauciones necesarias para evitar los efectos de las vibraciones y sacudidas.

7.4.2.2.4. Disposiciones especiales para la instalación de medidores

7.4.2.2.4.1. Evitación de mediciones erróneas

El siguiente recordatorio de las causas más frecuentes de mediciones erróneas y las precauciones necesarias para la instalación de los medidores de agua en el banco de ensayo obedece a la necesidad de 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; y
- b) la incertidumbre expandida del método empleado no excede el valor establecido (ver 7.4.2.2.6.1).

7.4.2.2.4.2. Necesidad de tramos rectos de tubo o enderezadores de flujo

La exactitud de los medidores no volumétricos 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:

- a) se debe instalar el medidor de acuerdo con las instrucciones del fabricante;

- b) las tuberías de conexión deben tener un diámetro interno que se ajuste a la conexión pertinente del medidor; y
- c) si es necesario, se debe instalar un enderezador de flujo aguas arriba del tramo recto de tubo.

7.4.2.2.4.3. 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 pueden afectar los errores de indicación de un 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 parcialmente cerrada o una junta de bridas desalineada. Esto puede eliminarse fácilmente mediante la aplicación cuidadosa de los procedimientos de instalación.

La turbulencia puede ser causada por dos o más codos en planos diferentes o por un único codo en combinación con un reductor excéntrico o una válvula parcialmente cerrada. Se puede controlar este efecto asegurando un tramo adecuado de tubo recto aguas arribas del medidor de agua o instalando un dispositivo enderezador de flujo o una combinación de ambos. Sin embargo, cuando sea posible, estos tipos de configuración de tubería deberían evitarse.

7.4.2.2.4.4. Medidores volumétricos de agua

Se considera que algunos tipos de medidor de agua, por ejemplo, medidores volumétricos de agua (es decir, que tengan cámaras medidoras con paredes móviles), tales como los medidores de pistón oscilante o de disco nutador, no son afectados por las condiciones de instalación aguas arriba, por lo que no se requieren condiciones especiales.

7.4.2.2.4.5. Medidores que utilizan la inducción electromagnética

Los medidores que utilizan la inducción electromagnética como principio de medición, pueden verse afectados por la conductividad del agua de ensayo.

La conductividad del agua utilizada para ensayar este tipo de medidor debería encontrarse dentro del alcance de trabajo de conductividad especificado por el fabricante del medidor.

7.4.2.2.4.6. Otros principios de medición

Otros tipos de medidor pueden requerir el acondicionamiento del flujo al medir los errores de indicación y, en tales casos, se deben cumplir los requisitos de instalación recomendados por el fabricante (ver 7.10).

Se deberían informar estos requisitos de instalación en el certificado de aprobación de modelo para un medidor de agua.

Los medidores concéntricos que se demuestra que no son afectados por la configuración del colector (ver 7.4.2.2.4.4), se pueden ensayar y utilizar con cualquier configuración adecuada del colector.

7.4.2.2.5. Errores del inicio y término del ensayo

7.4.2.2.5.1. Generalidades

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

En 7.4.2.2.5.2 y 7.4.2.2.5.3, se dan los detalles de las precauciones que se deben tomar en dos casos encontrados en el “método de recolección”.

7.4.2.2.5.2. Ensayos con lecturas tomadas con el medidor en reposo

Por lo general, a este método se le conoce como método de "inicio y término en posición detenido".

El flujo se establece abriendo una válvula situada aguas abajo del medidor y se detiene cerrando esta válvula. El medidor se lee cuando el registro está detenido.

Se mide el tiempo entre el momento del comienzo del movimiento de apertura de la válvula y el comienzo del movimiento de cierre. Mientras el flujo está comenzando y durante el período en el que se encuentra a un caudal constante especificado, el error (de indicación) del medidor varía en función de los cambios en el caudal (la curva de error).

Mientras el flujo se está deteniendo, la combinación de la inercia de las partes móviles del medidor y el movimiento rotativo del agua dentro del medidor puede causar un error apreciable que debe tomarse 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 establezca las condiciones de modo que este error pueda ser siempre insignificante.

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 especificado en 7.4.2.2.5.3, que elimina las causas de la incertidumbre presentadas anteriormente.

Para algunos tipos de medidores de agua electrónicos con salidas de impulsos, que se utilizan para los ensayos, la respuesta del medidor a los cambios en el caudal puede ser tal que se emitan impulsos válidos después de cerrar la válvula. En este caso, se deben proporcionar medios para contar estos impulsos adicionales.

Cuando las salidas de impulsos se utilizan para el ensayo de los medidores, se debe comprobar que el volumen indicado por el recuento de impulsos corresponde al volumen visualizado en el dispositivo indicador.

7.4.2.2.5.3. Ensayos con lecturas tomadas en condiciones de flujo estable y derivación del flujo

Por lo general, a este método se le conoce como método de "inicio y término en movimiento".

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 ésta.

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 real que ha pasado.

La incertidumbre introducida en el volumen medido puede considerarse insignificante si el tiempo de movimiento del interruptor de flujo en cada dirección es idéntico con un margen de error de 5 % y si es inferior a 1/50 del tiempo total del ensayo.

7.4.2.2.6. Dispositivo de referencia calibrado

7.4.2.2.6.1. Incertidumbre expandida del valor del volumen real medido

Cuando se realiza un ensayo, la incertidumbre expandida en la determinación del volumen real que pasa por un medidor de agua, no debe exceder de un quinto del error máximo permisible aplicable para la evaluación de modelo y de un tercio del error máximo permisible aplicable para la verificación inicial.

NOTA La incertidumbre del volumen real medido no incluye la contribución del medidor de agua.

La estimación de la incertidumbre debe realizarse de acuerdo con la OIML G 1-100 con un factor de cobertura, $k = 2$.

7.4.2.2.6.2. Volumen mínimo del dispositivo de referencia calibrado

El volumen mínimo permitido depende de los requisitos determinados por los efectos del

inicio y término del ensayo (error de temporización) y el diseño del dispositivo indicador (valor del intervalo de escala de verificación).

7.4.2.2.7. Principales factores que afectan la medición de errores de (indicación)

7.4.2.2.7.1. Generalidades

Las variaciones de la presión, el caudal y la temperatura en el banco de ensayo, así como las incertidumbres en la precisión de la medición de estas magnitudes físicas son los principales factores que afectan la medición de los errores (de indicación) de un medidor de agua.

7.4.2.2.7.2. Presión de alimentación

La presión de alimentación debe mantenerse a un valor constante a lo largo de todo el ensayo para el caudal seleccionado.

Cuando se ensayan medidores de agua que tengan caudal $Q_3 \leq 16 \text{ m}^3/\text{h}$, para caudales de ensayo $\leq 0,1 Q_3$, la constancia de la presión en la entrada del medidor (o en la entrada del primer medidor de un grupo que se esté ensayando) se logra si al banco de ensayo se le suministra el agua a través de un tubo desde un tanque de carga constante. Esto asegura un flujo no perturbado.

Se puede utilizar cualquier otro método de suministro que se demuestre que no genera pulsaciones de presión que excedan las de un tanque de carga constante (por ejemplo, un tanque presurizado).

Para todos los demás ensayos, la presión aguas arriba del medidor no debe variar en más de 10 %. La máxima incertidumbre ($k = 2$) de la medición de la presión debe ser 5 % del valor medido.

La estimación de la incertidumbre debe realizarse de acuerdo con la OIML G 1-100 con un factor de cobertura, $k = 2$.

La presión en la entrada del medidor no debe exceder de la presión máxima admisible

(PMA) del medidor.

7.4.2.2.7.3. Caudal

El caudal debe mantenerse a un valor constante a lo largo de todo el ensayo para el caudal seleccionado.

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

$\pm 2,5 \%$ de Q_1 a Q_2 (exclusive);

$\pm 5,0 \%$ de Q_2 (inclusive) a Q_4 .

El valor del caudal es el volumen real 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 excede de:

$\pm 5 \%$ de Q_1 a Q_2 (exclusive);

$\pm 10 \%$ de Q_2 (inclusive) a Q_4 .

7.4.2.2.7.4. Temperatura

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

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

7.4.2.2.7.5. Orientación del o los medidores de agua

- a) Si los medidores están marcados con “H”, montar la tubería de conexión con el eje del flujo en el plano horizontal durante el ensayo (el dispositivo indicador colocado en la parte superior).

- b) Si los medidores están marcados con “V”, montar la tubería de conexión con el eje del flujo en el plano vertical durante el ensayo:
 - 1) por lo menos un medidor de la muestra debe montarse con el eje del flujo vertical, con la dirección del flujo de abajo hacia arriba;

 - 2) por lo menos un medidor de la muestra debe montarse con el eje del flujo vertical, con la dirección del flujo de arriba hacia abajo;

- c) Si los medidores no están marcados con “H” o con “V”:
 - 1) por lo menos un medidor de la muestra debe montarse con el eje del flujo vertical, con la dirección del flujo de abajo hacia arriba;

 - 2) por lo menos un medidor de la muestra debe montarse con el eje del flujo vertical, con la dirección del flujo de arriba hacia abajo;

 - 3) por lo menos un medidor de la muestra debe montarse con el eje del flujo en un ángulo intermedio con la vertical y la horizontal (seleccionado a criterio del organismo responsable de la aprobación de modelo);

 - 4) los demás medidores de la muestra deben montarse con el eje del flujo horizontal.

- d) Cuando los medidores tienen un dispositivo indicador que forma parte del cuerpo de éstos, por lo menos uno de los medidores montados horizontalmente debe estar orientado con el dispositivo indicador ubicado al costado y los demás medidores deben estar orientados con el dispositivo indicador ubicado en la parte superior.

- e) La tolerancia de la posición del eje del flujo para todos los medidores, ya sea horizontal, vertical o en un ángulo intermedio, debe ser $\pm 5^\circ$.

Cuando se presentan al ensayo menos de cuatro medidores, se deben tomar medidores adicionales de la población base o se debe ensayar el mismo medidor en diferentes posiciones.

7.4.3. Medidores de combinación

7.4.3.1. Generalidades

Para un medidor de combinación, el método de ensayo especificado en 7.4.2.2.5.3 en el que se toman las lecturas del medidor de combinación con un caudal establecido, asegura que el dispositivo de conmutación funcione correctamente tanto para caudales crecientes como para caudales decrecientes. El método especificado en 7.4.2.2.5.2 en el que se toman las lecturas del medidor en reposo, no debería utilizarse para este ensayo puesto que no permite la determinación del error (de indicación) después de regular el caudal de ensayo para caudales decrecientes en el caso de los medidores de combinación.

7.4.3.2. Método de ensayo para la determinación de caudales de conmutación (PNMP 005-1:2018, 7.2.3)

- a) A partir de un caudal inferior al caudal de conmutación, Q_{x2} , el caudal se incrementa en etapas sucesivas de 5 % del valor supuesto de Q_{x2} hasta alcanzar el caudal Q_{x2} según se define en PNMP 005-1:2018, 3.3.6. El valor de Q_{x2} se toma como el promedio de los valores del caudal indicado justo antes y justo después de que ocurre la conmutación.
- b) A partir de un caudal superior al caudal de conmutación, Q_{x1} , el caudal disminuye en etapas sucesivas de 5 % del valor supuesto de Q_{x1} hasta alcanzar el caudal Q_{x1} según se define en PNMP 005-1:2018, 3.3.6. El valor de Q_{x1} se toma como el promedio de los valores del caudal indicado justo antes y justo después de que ocurre la conmutación.
- c) Llenar el informe de ensayo del PNMP 005-3:2018, 4.5.2.

7.4.4. Procedimiento de ensayo

a) Determinar los errores intrínsecos (de indicación) de un medidor de agua (en la medición del volumen real) para por lo menos los siguientes caudales, midiendo el error con cada caudal tres veces para 1), 2) y 5) y dos veces para los demás alcances de caudal:

- 1) Q_1 a $1,1Q_1$;
- 2) Q_2 a $1,1Q_2$;
- 3) $0,33 \times (Q_2 + Q_3)$ a $0,37 \times (Q_2 + Q_3)$;
- 4) $0,67 \times (Q_2 + Q_3)$ a $0,74 \times (Q_2 + Q_3)$;
- 5) $0,9Q_3$ a Q_3 ;
- 6) $0,95Q_4$ a Q_4 ;

y para los medidores de combinación:

- 7) $0,85 Q_{x1}$ a $0,95 Q_{x1}$;
- 8) $1,05 Q_{x2}$ a $1,15 Q_{x2}$.

NOTA Se requieren siempre tres puntos para 1), 2) y 5), puesto que es con estos caudales que se calcula la repetibilidad.

b) Ensayar el medidor de agua sin que sus dispositivos complementarios (si hubiera alguno) estén conectados.

- c) Durante un ensayo, mantener todos los demás factores de influencia en las condiciones de referencia.
- d) Medir los errores (de indicación) con otros caudales si la forma de la curva de error indica que se puede sobrepasar el EMP.
- e) Calcular el error relativo (de indicación) para cada caudal de acuerdo con el Anexo B.
- f) Llenar el informe de ensayo PNMP 005-3:2018, 4.5.3.

Cuando la curva de error inicial está próxima al error máximo permisible en un punto distinto a Q_1 , Q_2 o Q_3 , si se demuestra que este error es típico del modelo de medidor, el organismo responsable de la aprobación de modelo puede optar por definir un caudal adicional para la verificación que se debe incluir en el certificado de aprobación de modelo.

Se recomienda graficar la curva de error característica de cada medidor de agua en función del error con respecto al caudal, de manera que se pueda evaluar el desempeño general del medidor en su alcance de caudal.

Se debe ensayar el medidor a la temperatura o temperaturas de referencia indicadas en el capítulo 4. Cuando hay dos temperaturas de referencia, los ensayos deben realizarse a ambas temperaturas. Debe aplicarse el EMP apropiado para la temperatura de ensayo.

7.4.5. Criterios de aceptación

- a) Los errores relativos (de indicación) observados para cada uno de los caudales no deben sobrepasar los errores máximos permisibles indicados en PNMP 005-1:2018, 4.2.2 o 4.2.3. Si el error observado en uno o más medidores es superior al error máximo permisible para un único caudal, y solo si se han tomado dos resultados con ese caudal, se debe repetir el ensayo con ese caudal; el ensayo debe declararse satisfactorio si dos de los tres resultados con ese caudal se encuentran dentro del error máximo permisible y la media aritmética de los resultados para los tres ensayos con ese caudal se encuentra dentro del error máximo permisible.

- b) Si todos los errores relativos (de indicación) de un medidor de agua tienen el mismo signo, por lo menos uno de los errores no debe exceder de la mitad del error máximo permisible. En todos los casos, este requisito debe aplicarse equitativamente con respecto al proveedor de agua y el consumidor (ver también PNMP 005-1:2018, 4.3.3, párrafos 3 y 8).
- c) La desviación estándar para 7.4.4 a) 1), 2) y 5) no debe exceder de un tercio de los errores máximos permisibles indicados en PNMP 005-1:2018, 4.2.2 o 4.2.3.

7.4.6. Ensayo de intercambio en todos los tipos de medidores de cartuchos y medidores con módulos metrológicos intercambiables (PNMP 005-1:2018, 7.2.7)

7.4.6.1. Objetivo del ensayo

Confirmar que los medidores de cartuchos o medidores con módulos metrológicos intercambiables no son afectados por la influencia de las interfaces de conexión generadas en la producción en serie.

7.4.6.2. Preparación

Se seleccionan dos medidores de cartuchos o módulos metrológicos intercambiables y cinco interfaces de conexión de entre el número de medidores presentados para la aprobación.

Antes del ensayo, se debe comprobar el ajuste correcto de un medidor de cartuchos a una interfaz de conexión o un módulo metrológico intercambiable a una interfaz de conexión, respectivamente. Además, se debe comprobar que las marcas requeridas en un medidor de cartuchos o un módulo metrológico intercambiable y una interfaz de conexión coincidan. No se permiten adaptadores.

7.4.6.3. Procedimiento de ensayo

- a) Se deben ensayar dos medidores de cartuchos o módulos metrológicos intercambiables en cinco interfaces de conexión de cada tipo de interfaz compatible, teniendo como resultado diez curvas de exactitud para cada tipo de interfaz

compatible. Los caudales de ensayo deben estar de acuerdo con las especificaciones de 7.4.4.

- b) Durante un ensayo, mantener todos los demás factores de influencia en las condiciones de referencia.
- c) Calcular el error relativo de indicación para cada caudal de acuerdo con el Anexo B.
- d) Llenar el informe de ensayo PNMP 005-3:2018, 4.5.4.

7.4.6.4. Criterios de aceptación

- a) Todas las curvas de exactitud deben encontrarse dentro del EMP en todo momento.
- b) La variación del error en los cinco ensayos debe encontrarse dentro de 0,5 veces el EMP si se utilizan interfaces de conexión estándar, y dentro de 1,0 veces el EMP si se utilizan interfaces de conexión idénticas con dimensiones idénticas a las interfaces estándar pero con formas de cuerpo y patrones de flujo diferentes (interfaces de conexión de medidor de válvula y de medidor de derivación).

7.5. Ensayo de temperatura del agua (PNMP 005-1:2018, 4.2.8)

7.5.1. Objetivo del ensayo

Medir los efectos de la temperatura del agua sobre los errores (de indicación) de un medidor.

7.5.2. Preparación

Aplicar los requisitos de instalación y operación especificados en 7.4.2.

7.5.3. Procedimiento de ensayo

Medir el error (de indicación) de por lo menos un medidor con un caudal Q_2 , manteniendo la temperatura de entrada en $10\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ para las clases de temperatura T30 a T180 y $30\text{ °C}^{+5\text{ °C}}_{0\text{ °C}}$ para las clases de temperatura T30/70 a T30/180. Todos los demás factores de influencia se mantienen en las condiciones de referencia.

Medir el error (de indicación) de por lo menos un medidor con un caudal Q_2 , manteniendo la temperatura de entrada en la temperatura máxima admisible (TMA) (PNMP 005-1:2018, Tabla 1) del medidor con una tolerancia de $^{0\text{ °C}}_{+5\text{ °C}}$, y todos los demás factores de influencia en las condiciones de referencia.

- a) Calcular el error relativo (de indicación) para cada temperatura de entrada del agua de acuerdo con el Anexo B.

- b) Llenar el informe de ensayo PNMP 005-3:2018, 4.5.5.

7.5.4. Criterios de aceptación

El error relativo (de indicación) del medidor no debe exceder el error máximo permisible aplicable.

7.6. Ensayo de temperatura del agua de sobrecarga (PNMP 005-1:2018, 7.2.5)

7.6.1. Objetivo del ensayo

Verificar que el funcionamiento de un medidor no sea afectado después de ser expuesto a una elevada temperatura del agua de sobrecarga, según lo exige PNMP 005-1:2018, 7.2.5.

Este ensayo solo se aplica a los medidores con una TMA $\geq 50\text{ °C}$.

7.6.2. Preparación

Aplicar los requisitos de instalación y operación especificados en 7.4.2.

El ensayo debe realizarse en por lo menos un medidor.

7.6.3. Procedimiento de ensayo

- a) Exponer el medidor a un flujo de agua con el caudal de referencia a una temperatura de $TMA + 10\text{ °C} \pm 2,5\text{ °C}$ durante un período de 1 h después de que el medidor ha alcanzado la estabilidad respecto a la temperatura.
- b) Después de la recuperación, medir el error (de indicación) del medidor con un caudal Q_2 a la temperatura de referencia.
- c) Calcular el error relativo (de indicación) de acuerdo con el Anexo B.
- d) Durante el ensayo, se deben mantener las condiciones de referencia para todas las demás magnitudes de influencia.
- e) Llenar el informe de ensayo PNMP 005-3:2018, 4.5.5.

7.6.4. Criterios de aceptación

- a) La funcionalidad del medidor con respecto a la totalización del volumen no debe verse afectada.
- b) La funcionalidad adicional, indicada por el fabricante, no debe verse afectada.
- c) El error (de indicación) del medidor no debe sobrepasar el EMP aplicable.

7.7. Ensayo de presión del agua (PNMP 005-1:2018, 4.2.8)

7.7.1. Objetivo del ensayo

Medir los efectos de la presión interna del agua sobre los errores (de indicación) de un medidor.

7.7.2. Preparación

Deben aplicarse los requisitos de instalación y operación especificados en 7.4.2.

7.7.3. Procedimiento de ensayo

- a) Medir el error (de indicación) de por lo menos un medidor con un caudal de Q_2 , manteniendo la presión de entrada primero en 0,03 MPa (0,3 bares) ($+5\%$) y luego en la presión máxima admisible (PMA) (-10%).
- b) Durante cada ensayo, todos los demás factores de influencia deben mantenerse en las condiciones de referencia.
- c) Calcular el error relativo (de indicación) para cada presión de entrada del agua de acuerdo con el Anexo B.
- d) Llenar el informe de ensayo PNMP 005-3:2018, 4.5.6.

7.7.4. Criterios de aceptación

El error relativo (de indicación) del medidor no debe sobrepasar el error máximo permisible aplicable.

7.8. Ensayo de flujo inverso (PNMP 005-1:2018, 4.2.7)

7.8.1. Objetivo del ensayo

Verificar que un medidor cumpla con el requisito de PNMP 005-1:2018, 4.2.7, cuando se produce el flujo inverso.

Un medidor diseñado para medir flujo inverso debe registrar el volumen de flujo inverso con exactitud.

Un medidor que permite el flujo inverso pero que no está diseñado para medirlo, debe ser sometido a un flujo inverso. Posteriormente, se deben medir los errores para el flujo directo con el fin de comprobar que no haya una degradación del desempeño metrológico causada por el flujo inverso.

Un medidor que está diseñado para impedir el flujo inverso (por ejemplo, mediante una válvula antirretorno integrada), es sometido a su presión máxima admisible aplicada en la conexión de salida, y posteriormente se miden los errores de medición para el flujo directo con el fin de asegurar que no haya una degradación del desempeño metrológico causada por la presión que actúa sobre el medidor.

7.8.2. Preparación

Deben aplicarse los requisitos de instalación y operación especificados en 7.4.2.

7.8.3. Procedimiento de ensayo

7.8.3.1. Medidores diseñados para medir el flujo inverso

- a) Medir el error (de indicación) de por lo menos un medidor en cada uno de los siguientes alcances de caudal inverso:

- 1) Q_1 a $1,1 Q_1$;
 - 2) Q_2 a $1,1 Q_2$;
 - 3) $0,9 Q_3$ a Q_3 .
- b) Durante cada ensayo, todos los demás factores de influencia deben mantenerse en las condiciones de referencia.
- c) Calcular el error relativo (de indicación) para cada caudal de acuerdo con el Anexo B.
- d) Llenar el informe de ensayo del PNMP 005-3:2018, 4.5.7.2.
- e) Además, los siguientes ensayos deben realizarse aplicando flujo inverso: ensayo de pérdida de presión (7.9), ensayo de perturbaciones del flujo (7.10) y ensayo de durabilidad (7.11).

7.8.3.2. Medidores no diseñados para medir el flujo inverso

- a) Someter el medidor a un flujo inverso de $0,9Q_3$ durante 1 min.
- b) Medir el error (de indicación) de por lo menos un medidor en los siguientes alcances de caudal directo:
- 1) Q_1 a $1,1 Q_1$;
 - 2) Q_2 a $1,1 Q_2$;
 - 3) $0,9 Q_3$ a Q_3 .

- c) Durante cada ensayo, todos los demás factores de influencia deben mantenerse en las condiciones de referencia.
- d) Calcular el error relativo (de indicación) para cada caudal de acuerdo con el Anexo B.
- e) Llenar el informe de ensayo del PNMP 005-3:2018, 4.5.7.3.

7.8.3.3. Medidores que impiden el flujo inverso

- a) Los medidores que impiden el flujo inverso, deben ser sometidos a la presión máxima admisible en la dirección del flujo inverso durante 1 min.
- b) Comprobar que no haya fugas significativas después de la válvula.
- c) Medir el error (de indicación) de por lo menos un medidor en los siguientes alcances de caudal directo:
 - 1) Q_1 a $1,1Q_1$;
 - 2) Q_2 a $1,1Q_2$;
 - 3) $0,9Q_3$ a Q_3 .
- d) Durante cada ensayo, todos los demás factores de influencia deben mantenerse en las condiciones de referencia.
- e) Calcular el error relativo (de indicación) para cada caudal de acuerdo con el Anexo B.
- f) Llenar el informe de ensayo del PNMP 005-3:2018, 4.5.7.4.

7.8.4. Criterios de aceptación

En los ensayos especificados en 7.8.3.1, 7.8.3.2 y 7.8.3.3, el error relativo (de indicación) del medidor no debe exceder el error máximo permisible aplicable.

7.9. Ensayo de pérdida de presión (PNMP 005-1:2018, 6.5)

7.9.1. Objetivo del ensayo

Determinar la pérdida de presión máxima en un medidor de agua con cualquier caudal que se encuentre entre Q_1 y Q_3 . Verificar que la pérdida de presión máxima sea inferior al valor máximo aceptable para la clase de pérdida de presión del medidor (ver PNMP 005-1:2018, Tabla 4). La pérdida de presión se define como la presión que pierde el fluido que pasa por el medidor de agua sometido a ensayo, el cual consta del medidor, los colectores asociados (para medidores concéntricos) y las conexiones, pero no incluye las tuberías que constituyen la sección de ensayo. El ensayo se exige para el flujo directo y, cuando sea apropiado, para el flujo inverso (ver 7.8.3.1).

7.9.2. Equipo para el ensayo de pérdida de presión

El equipo necesario para llevar a cabo los ensayos de pérdida de presión consiste de una sección de medición de la tubería que contiene el medidor de agua objeto de ensayo y los medios necesarios para producir en el medidor el caudal constante estipulado. Los mismos medios de producción del caudal constante que los empleados para la medición de los errores (de indicación), especificados en 7.4.2, se utilizan generalmente en los ensayos de pérdida de presión.

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

Las tomas de presión de diseño y dimensiones similares deben instalarse en las tuberías de entrada y salida de la sección de medición. Las tomas de presión deberían perforarse en ángulo recto con la pared del tubo en el punto apropiado. Las tomas no deberían tener más de 4 mm ni menos de 2 mm de diámetro. Si el diámetro del tubo es inferior o igual a 25 mm, las tomas deberían tener un diámetro lo más cercano posible a 2 mm. El diámetro de los agujeros debe mantenerse constante en una distancia no inferior a dos diámetros

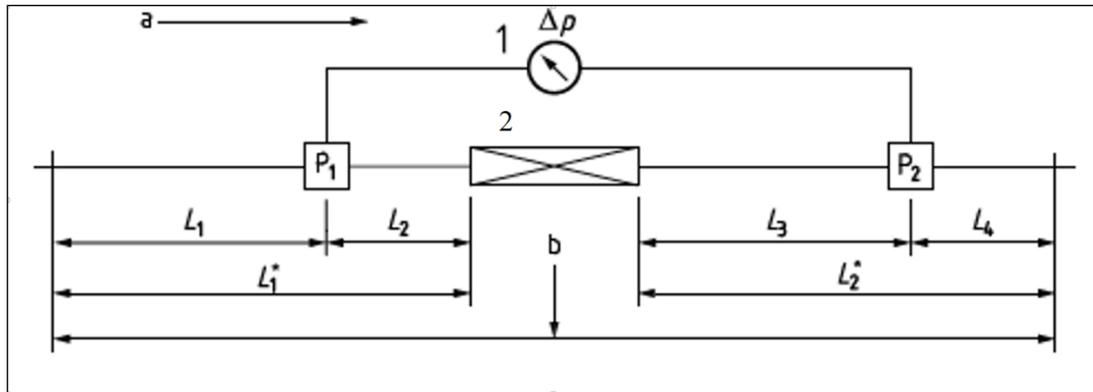
de toma antes de penetrar el tubo. Los agujeros hechos en la pared del tubo deben estar libres de rebabas en los bordes por donde penetran el diámetro interior del tubo de entrada y de salida. Los bordes deben estar afilados sin radio ni bisel

Se puede proporcionar una única toma de presión que sea adecuada para la mayoría de ensayos. Para proporcionar datos más consistentes, se pueden instalar cuatro o más tomas de presión alrededor de la circunferencia del tubo en cada plano de medición. Éstas estarían interconectadas mediante conectores en forma de T para suministrar una presión estática media verdadera en la sección transversal del tubo. Por ejemplo, en ISO 5167-1:2003[11], Figura 1, se muestra el diseño de una disposición de triple T.

En el Anexo H, se proporcionan directivas sobre el diseño de tomas de presión.

Se debe instalar el medidor de acuerdo con las instrucciones del fabricante y las tuberías de conexión aguas arriba y aguas abajo en contacto con el medidor de agua deben tener el mismo diámetro nominal interno que se ajuste a la conexión pertinente del medidor. Una diferencia en el diámetro de las tuberías de conexión y el del medidor puede originar una medición incorrecta.

Los tubos aguas arriba y aguas abajo deberían ser redondos y tener un diámetro interior uniforme para minimizar la pérdida de presión en la tubería. En la Figura 1, se muestran las dimensiones mínimas para la instalación de las tomas. La toma aguas arriba debería situarse a una distancia de por lo menos $10D$, donde D es el diámetro interno del tubo, aguas abajo de la entrada para evitar que la conexión de entrada introduzca errores, y por lo menos $5D$ aguas arriba del medidor para evitar que la entrada del medidor introduzca errores. La toma aguas abajo debería encontrarse por lo menos $10D$ aguas abajo del medidor para permitir que se recupere la presión después de cualquier restricción dentro del medidor, y por lo menos $5D$ aguas arriba del extremo de la sección de ensayo para evitar cualquier efecto de los accesorios aguas abajo.



Leyenda

1	manómetro diferencial	$L_1 \geq 10D$
2	medidor de agua (más colector, para medidores concéntricos)	$L_2 \geq 5D$
P ₁ , P ₂	planos de las tomas de presión	$L_3 \geq 10D$
a	dirección del flujo	$L_4 \geq 5D$
b	sección de medición	donde D es el diámetro interno de las tuberías

Figura 1 — Ensayo de pérdida de presión: disposición de la sección de medición

Estas especificaciones proporcionan las longitudes mínimas y longitudes mayores son aceptables. Cada grupo de tomas de presión ubicado en el mismo plano debe conectarse mediante un tubo libre de fugas a un lado de un dispositivo de medición de presión diferencial, por ejemplo, un manómetro o un transmisor de presión diferencial. Se debe sacar el aire del dispositivo de medición y los tubos de conexión. Se debe medir la pérdida de presión máxima con una incertidumbre expandida máxima de 5 % de la pérdida de presión máxima aceptable para la clase de pérdida de presión del medidor, con un factor de cobertura de $k = 2$.

7.9.3. Procedimiento de ensayo

7.9.3.1. Determinación de la pérdida de presión instalada

El medidor debería instalarse en la sección de medición de la instalación de ensayo. Se

establece el flujo y se saca todo el aire de la sección de ensayo. Se debería asegurar una contrapresión adecuada en la toma de presión aguas abajo con el caudal máximo Q_3 . Como mínimo, se recomienda una presión estática aguas abajo del medidor sometido a ensayo de 100 kPa (1 bar) para evitar la cavitación o la liberación de aire. Se debe sacar todo el aire de la toma de presión y las tuberías de conexión del transmisor. Se debería permitir que el fluido se estabilice a la temperatura requerida. Mientras se monitorea la presión diferencial, el flujo debería oscilar entre Q_1 y Q_3 . Se debería observar el caudal que presenta la mayor pérdida de presión, Q_t , junto con la pérdida de presión medida y la temperatura del fluido. Normalmente, se comprobará que Q_t es igual a Q_3 . En el caso de los medidores de combinación, la pérdida de presión máxima a menudo se produce justo antes de Q_{x2} .

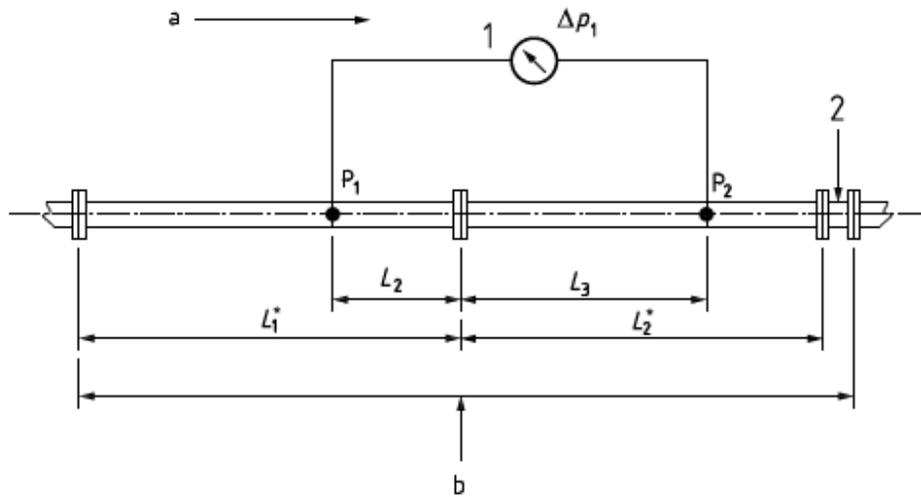
7.9.3.2. Determinación de la pérdida de presión atribuible a la sección de ensayo

Como se pierde un poco de presión debido a la fricción en la tubería de la sección de ensayo entre las tomas de presión, se debería determinar esto y restarlo a la pérdida de presión medida en el medidor. Si el diámetro, rugosidad y longitud de la tubería entre las tomas son conocidos, la pérdida de presión puede calcularse a partir de las fórmulas estándar de pérdida de presión. Sin embargo, puede ser más eficaz medir la pérdida de presión en las tuberías. Se puede volver a disponer la sección de ensayo como se muestra en la Figura 2.

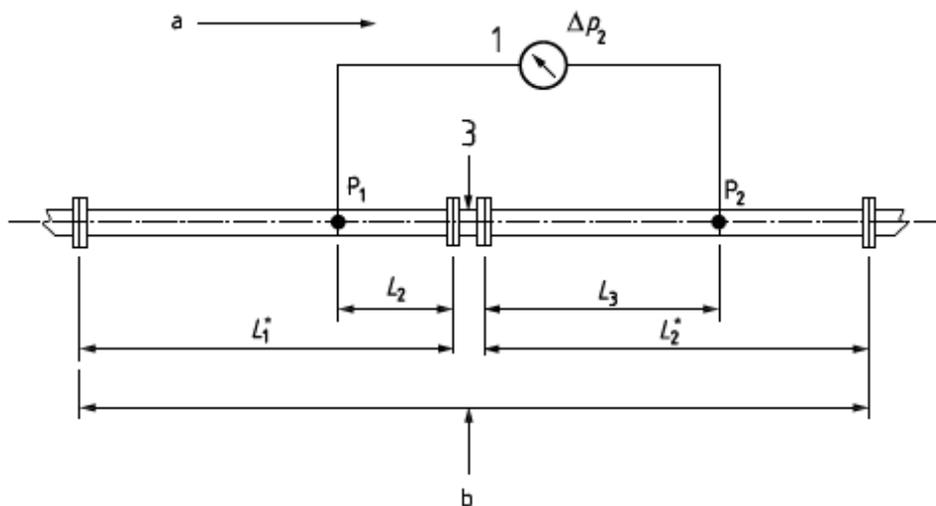
Esto se lleva a cabo uniendo las caras de la tubería aguas arriba y aguas abajo en ausencia del medidor (teniendo cuidado de evitar la protrusión de la unión en el diámetro interior del tubo o la desalineación de las dos caras), y midiendo la pérdida de presión de la sección de medición de la tubería para el caudal especificado.

NOTA La ausencia del medidor de agua acortará la sección de medición. Si no se han colocado secciones telescópicas en el banco de ensayo, esto puede subsanarse introduciendo aguas abajo de la sección de medición un tubo temporal de la misma longitud que el medidor de agua, o el propio medidor de agua.

Medir la pérdida de presión para los tramos de tubería con el caudal determinado previamente Q_t .



a) Pérdida de presión de la tubería



b) Pérdida de presión (de la tubería y el medidor de agua)

Leyenda

- | | | | |
|--------------|--|---------------------------------|---|
| 1 | manómetro diferencial | 3 | medidor de agua |
| 2 | medidor de agua en la posición aguas abajo (o tubo temporal) | P ₁ , P ₂ | planos de las tomas de presión |
| Δp_1 | pérdida de presión de los tramos de tubería aguas arriba y aguas abajo | | $\Delta p_1 = (\Delta p_{L_2} + \Delta p_{L_3})$ |
| Δp_2 | pérdida de presión de los tramos de tubería aguas arriba y aguas abajo y el medidor de agua | | $\Delta p_2 = (\Delta p_{L_2} + \Delta p_{L_3} + \Delta p_{medidor})$ |
| | $\Delta p_2 - \Delta p_1 = (\Delta p_{L_2} + \Delta p_{L_3} + \Delta p_{medidor}) - (\Delta p_{L_2} + \Delta p_{L_3})$ | | |
| a | $\Delta p_2 - \Delta p_1 = \Delta p_{medidor}$
dirección del flujo | b | sección de medición |

Figura 2 — Ensayo de pérdida de presión

7.9.4. Cálculo de la Δp real de un medidor de agua

Calcular la pérdida de presión, Δp_t , del medidor de agua con Q_t haciendo la resta

$$\Delta p_t = (\Delta p_{m+p} - \Delta p_p)$$

donde:

Δp_{m+p} es la pérdida de presión medida para Q_t con el medidor en su posición;

Δp_p es la pérdida de presión medida sin el medidor para Q_t .

Si el caudal medido durante el ensayo o durante la determinación de la pérdida de presión de la tubería no es igual al caudal de ensayo seleccionado, la pérdida de presión medida puede corregirse hasta alcanzar la esperada con Q_t mediante la fórmula de la ley cuadrática como se indica a continuación:

$$\Delta p_{Q_t} = \frac{Q_t^2}{Q_{meas}^2} \Delta p_{Q_{meas}}$$

donde:

Δp_{Q_t} es la pérdida de presión calculada con Q_t ;

$\Delta p_{Q_{meas}}$ es la pérdida de presión medida con un caudal Q_{meas} .

Si se está midiendo la pérdida de presión en un medidor de combinación, esta fórmula solo se aplica si la condición del dispositivo de conmutación es la misma con un caudal de Q_t que con el caudal medido. Notar que la pérdida de presión de la tubería y la pérdida de presión del medidor y la tubería deben corregirse al mismo caudal antes de calcular la pérdida de presión del medidor Δp_t .

Llenar el informe de ensayo del PNMP 005-3:2018, 4.5.8. Tomar nota de la temperatura del agua, Δp_t , y Q_t .

7.9.5. Criterios de aceptabilidad

La pérdida de presión del medidor no debe sobrepasar el valor máximo aceptable para la clase de pérdida de presión del medidor con cualquier caudal entre Q_1 y Q_3 , ambos inclusive.

7.10. Ensayos de perturbación del flujo (PNMP 005-1:2018, 6.3.4)

7.10.1. Objetivo del ensayo

Verificar que un medidor cumpla con los requisitos de PNMP 005-1:2018, 6.3.4 para el flujo directo y, cuando corresponda, para el flujo inverso (ver 7.8.3.1).

NOTA 1 Se miden los efectos de la presencia de tipos comunes especificados del flujo perturbado aguas arriba y aguas abajo del medidor sobre el error (de indicación) de un medidor de agua.

NOTA 2 En los ensayos, se utilizan los perturbadores de flujo del tipo 1 y 2 para crear campos de velocidad rotacional a la izquierda (sinistrorsa) y a la derecha (dextrorsa) (turbulencia), respectivamente. La perturbación del flujo es de un tipo que generalmente se encuentra aguas abajo de dos codos de 90° directamente conectados en ángulos rectos. Un dispositivo perturbador del tipo 3 crea un perfil de velocidad asimétrico que generalmente se encuentra aguas abajo de una unión de tubería sobresaliente, un codo simple o una válvula de compuerta no completamente abierta.

7.10.2. Preparación

Además de los requisitos de instalación y operación especificados en 7.4.2, deben aplicarse las condiciones especificadas en 7.10.3.

7.10.3. Procedimiento de ensayo

- a) Utilizando los perturbadores de flujo del tipo 1, 2 y 3 especificados en el Anexo I, determinar el error (de indicación) del medidor con un caudal entre $0,9 Q_3$ y Q_3 , para cada una de las condiciones de instalación indicadas en el Anexo C.
- b) Durante cada ensayo, todos los demás factores de influencia deben mantenerse en las condiciones de referencia.
- c) Llenar el informe de ensayo PNMP 005-3:2018, 4.5.9.

Los siguientes son requisitos adicionales.

- 1) En el caso de medidores en los que el fabricante ha especificado la instalación de tramos de tubería recta de por lo menos 15 veces DN aguas arriba y 5 veces DN aguas abajo del medidor, donde DN es el diámetro nominal, no se permiten enderezadores de flujo externos.
- 2) Cuando el fabricante ha especificado un tramo mínimo de tubería recta de 5 veces DN aguas abajo del medidor, solo deben realizarse los ensayos 1, 3 y 5 que se muestra en el Anexo C.
- 3) Cuando se deben utilizar las instalaciones del medidor con enderezadores de flujo externos, el fabricante debe especificar el modelo de enderezador, sus características técnicas y su ubicación en la instalación en relación con el medidor de agua.
- 4) Los dispositivos dentro del medidor de agua que tienen funciones de enderezamiento del flujo, no deben ser considerados un “enderezador” en el contexto de estos ensayos.
- 5) Algunos tipos de medidor de agua que se ha demostrado que no son afectados por las perturbaciones del flujo aguas arriba y aguas abajo del medidor, pueden ser eximidos de este ensayo por el organismo responsable de la aprobación de modelo.

- 6) Los tramos rectos aguas arriba y aguas abajo dependen de la clase de sensibilidad del perfil de flujo del medidor y deben estar de acuerdo con PNMP 005-1:2018, Tablas 2 y 3, respectivamente.

7.10.4. Criterios de aceptación

El error relativo (de indicación) del medidor no debe sobrepasar el error máximo permisible aplicable para cualquiera de los ensayos de perturbaciones del flujo.

7.11. Ensayos de durabilidad (PNMP 005-1:2018, 7.2.6)

7.11.1. Generalidades

Durante los ensayos de durabilidad, se deben cumplir las condiciones nominales de funcionamiento. Cuando un medidor de combinación está compuesto de medidores individuales que han sido aprobados previamente, solo se requiere los medidores de combinación discontinuos (ensayo adicional) (Tabla 1). El ensayo se exige para el flujo directo y, cuando sea apropiado, para el flujo inverso (ver 7.8.3.1).

La orientación u orientaciones de los medidores sometidos a ensayo deben establecerse con referencia a la orientación u orientaciones del medidor declaradas por el fabricante.

Los mismos medidores deben ser sometidos a los ensayos discontinuos y continuos.

7.11.2. Ensayo de flujo discontinuo

7.11.2.1. Objetivo del ensayo

Verificar que un medidor de agua sea durable cuando es sometido a condiciones de flujo cíclico.

Este ensayo se aplica solo a medidores con $Q_3 \leq 16 \text{ m}^3/\text{h}$ y medidores de combinación.

El ensayo consiste en someter el medidor al número especificado de ciclos de corta duración de inicio y parada de caudal, manteniendo la fase de caudal constante de ensayo de cada ciclo en el caudal establecido durante todo el ensayo (ver 7.11.2.3.2). Para comodidad de los laboratorios, el ensayo puede dividirse en períodos de por lo menos 6 h.

7.11.2.2. Preparación

7.11.2.2.1. Descripción de la instalación

La instalación consta de:

- a) un suministro de agua (tanque no presurizado, tanque presurizado, bomba, etc.);
- b) tuberías.

7.11.2.2.2. Tuberías

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

Además del medidor o los medidores, el sistema de tuberías consta de lo siguiente:

- a) un dispositivo regulador de flujo (si es necesario, por cada línea de medidores en serie)
- b) uno o más válvulas de aislamiento;
- c) un dispositivo para medir la temperatura del agua aguas arriba de los medidores;
- d) dispositivos para comprobar el caudal, la duración de ciclos y el número de ciclos;

- e) un dispositivo de interrupción de flujo para cada línea de medidores en serie;
- f) dispositivos para medir la presión en la entrada y la salida.

Los diferentes dispositivos no deben originar fenómenos de cavitación u otros tipos de desgaste parásito del medidor o los medidores.

7.11.2.2.3. Precauciones que se deben tomar

Al medidor y a las tuberías de conexión se les debe extraer adecuadamente el aire.

La variación del flujo durante las operaciones repetidas de apertura y cierre debe ser progresiva, de tal manera que se evite el golpe de ariete.

7.11.2.2.4. Ciclo de caudal

Un ciclo completo está compuesto de las cuatro fases siguientes:

- a) un período comprendido entre cero y el caudal de ensayo;
- b) un período a un caudal constante de ensayo;
- c) un período comprendido entre el caudal de ensayo y cero;
- d) un período de caudal cero.

7.11.2.3. Procedimiento de ensayo

7.11.2.3.1. Generalidades

- a) Antes de comenzar el ensayo de durabilidad discontinuo, medir los errores (de indicación) del medidor o los medidores como se especifica en 7.4 y con los mismos caudales que en 7.4.4.
- b) Montar los medidores individualmente o en grupos en el banco de ensayo en las mismas orientaciones que las utilizadas en la determinación de los errores intrínsecos (de indicación) (7.4.2.2.7.5).
- c) Durante los ensayos, mantener los medidores dentro de sus condiciones nominales de funcionamiento y con la presión aguas abajo de los medidores lo suficientemente alta para evitar la cavitación en los medidores.
- d) Ajustar el caudal dentro de las tolerancias especificadas.
- e) Hacer funcionar el medidor o los medidores en las condiciones indicadas en la Tabla 1.
- f) Después del ensayo de durabilidad discontinuo, medir los errores finales (de indicación) de los medidores según se especifica en 7.4 y con los mismos caudales que en 7.4.4.
- g) Calcular el error relativo final (de indicación) para cada caudal de acuerdo con el Anexo B.
- h) Para cada caudal, restar el valor del error intrínseco (de indicación) obtenido en el paso a) al error (de indicación) obtenido en el paso g).
- i) Llenar el informe de ensayo del PNMP 005-3:2018, 4.5.10.1 para medidores con $Q_3 \leq 16 \text{ m}^3/\text{h}$ y PNMP 005-3:2018, 4.5.10.3 para medidores de combinación.

7.11.2.3.2. Tolerancia en el caudal

La variación relativa de los valores de flujo no debe exceder de $\pm 10\%$ fuera de los períodos de apertura, cierre e interrupción. Se pueden utilizar el medidor o los medidores sometidos a ensayo para comprobar el caudal.

7.11.2.3.3. Tolerancia en el tiempo de ensayo

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

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

7.11.2.3.4. Tolerancia en el número de ciclos

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

7.11.2.3.5. Tolerancia en el volumen descargado

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

Esta precisión puede obtenerse mediante correcciones lo suficientemente frecuentes de los flujos instantáneos y períodos de operación.

7.11.2.3.6. Lecturas de ensayo

Durante el ensayo, se deben registrar las siguientes lecturas tomadas del banco de ensayo por lo menos una vez cada 24 horas o una vez cada período más corto si el ensayo está subdividido así:

- a) presión de la línea aguas arriba del medidor o los medidores sometidos a ensayo;
- b) presión de la línea aguas abajo del medidor o los medidores sometidos a ensayo;
- c) temperatura de la línea aguas arriba del medidor o los medidores sometidos a ensayo;
- d) caudal que pasa por el medidor o los medidores sometidos a ensayo;
- e) duración de las cuatro fases del ciclo del ensayo de flujo discontinuo;
- f) número de ciclos;
- g) volúmenes indicados del medidor o los medidores sometidos a ensayo.

Tabla 1 — Ensayos de durabilidad

Clase de temperatura	Caudal permanente Q_3 (m ³ /h)	Caudal de ensayo	Temperatura del agua de ensayo $t_{\text{test}} \text{ } ^\circ\text{C} \pm 5 \text{ } ^\circ\text{C}$	Tipo de ensayo	Número de interrupciones	Tiempo de pausas	Tiempo de ensayo con el caudal de ensayo	Duración de puesta en marcha y parada
T30 y T50	≤ 16	Q_3	20	Discontinuo	100 000	15 s	15 s	0,15 [Q_3] ^a s con un mínimo de 1 s
		Q_4	20	Continuo	—	—	100 h	—
	> 16	Q_3	20	Continuo	—	—	800 h	—
		Q_4	20	Continuo	—	—	200 h	—
Todas las demás clases de temperatura	≤ 16	Q_3	50	Discontinuo	100 000	15 s	15 s	0,15 [Q_3] ^a s con un mínimo de 1 s
		Q_4	0,9 veces TMA	Continuo	—	—	100 h	—
	> 16	Q_3	50	Continuo	—	—	800 h	—
		Q_4	0,9 veces TMA	Continuo	—	—	200 h	—
Medidores de combinación (ensayo adicional) ^b	> 16	$Q \geq 2 Q_{x2}$	20	Discontinuo	50 000	15 s	15 s	3 s a 6 s
Medidores de combinación (cuando un medidor pequeño no ha sido aprobado previamente)	> 16	$0,9 Q_{x1}$	20	Continuo	—	—	200 h	—

^a [Q_3] Es el número igual al valor de Q_3 expresado en m³/h.

^b Cuando un medidor de combinación está compuesto de medidores que han sido aprobados previamente, solo se requiere el ensayo discontinuo de los medidores de combinación (ensayo adicional). La temperatura especificada para los ensayos de los medidores de combinación supone que el medidor es de la clase T30 o T50. Si fuera de otras clases, la temperatura de referencia sería 50 °C.

7.11.2.4. Criterios de aceptación después del ensayo de durabilidad discontinuo

7.11.2.4.1. Para medidores de agua de la clase de exactitud 1

- a) La variación de la curva de error no debe sobrepasar el 2 % para caudales de la zona inferior ($Q_1 \leq Q < Q_2$), y el 1 % para caudales de la zona superior ($Q_2 \leq Q \leq Q_4$). Para el propósito de determinar estos requisitos, deben aplicarse los valores medios de los errores (de indicación) para cada caudal.
- b) Las curvas no deben exceder un límite de error máximo de:
- ± 4 % para caudales de la zona inferior ($Q_1 \leq Q < Q_2$); y
 - $\pm 1,5$ % para caudales de la zona superior ($Q_2 \leq Q \leq Q_4$) para medidores T30; o
 - $\pm 2,5$ % para caudales de la zona superior ($Q_2 \leq Q \leq Q_4$) para medidores distintos a T30.

7.11.2.4.2. Para medidores de agua de la clase de exactitud 2

- a) La variación de la curva de error no debe sobrepasar el 3 % para caudales de la zona inferior ($Q_1 \leq Q < Q_2$), y el 1,5 % para caudales de la zona superior ($Q_2 \leq Q \leq Q_4$). Para el propósito de determinar estos requisitos, deben aplicarse los valores medios de los errores (de indicación) para cada caudal.
- b) Las curvas no deben exceder un límite de error máximo de:
- ± 6 % para caudales de la zona inferior ($Q_1 \leq Q < Q_2$); y
 - $\pm 2,5$ % para caudales de la zona superior ($Q_2 \leq Q \leq Q_4$) para medidores T30; o
 - $\pm 3,5$ % para caudales de la zona superior ($Q_2 \leq Q \leq Q_4$) para medidores distintos a T30.

7.11.3. Ensayo de flujo continuo

7.11.3.1. Objetivo del ensayo

Verificar la durabilidad de un medidor de agua cuando es sometido a condiciones de flujo continuo, permanente o de sobrecarga.

El ensayo consiste en someter el medidor a un caudal constante de Q_3 o Q_4 por un tiempo especificado. Además, cuando el medidor pequeño de un medidor de combinación no ha sido aprobado previamente, el medidor de combinación debe ser sometido a un ensayo de flujo continuo según se indica en la Tabla 1. Para comodidad de los laboratorios, el ensayo puede dividirse en períodos de por lo menos 6 h.

7.11.3.2. Preparación

7.11.3.2.1. Descripción de la instalación

La instalación consta de lo siguiente:

- a) un suministro de agua (tanque no presurizado, tanque presurizado, bomba, etc.);
- b) tuberías.

7.11.3.2.2. Tuberías

Además del medidor o los medidores que han de someterse al ensayo, las tuberías deben comprender lo siguiente:

- a) un dispositivo regulador de flujo;
- b) una o más válvulas de aislamiento;

- c) un dispositivo para la medición de la temperatura del agua en la entrada del medidor;
- d) medios para comprobar el caudal y la duración del ensayo;
- e) dispositivos para medir la presión en la entrada y la salida.

Los diferentes dispositivos no deben originar fenómenos de cavitación u otros tipos de desgaste parásito del medidor o los medidores.

7.11.3.2.3. Precauciones que se deben tomar

Al medidor y a las tuberías de conexión se les debe extraer adecuadamente el aire.

7.11.3.3. Procedimiento de ensayo

7.11.3.3.1. Generalidades

- a) Antes de comenzar el ensayo de durabilidad continuo, medir los errores (de indicación) del medidor o los medidores según se especifica en 7.4 y con los mismos caudales que en 7.4.4.
- b) Montar el medidor o los medidores individualmente o en grupos en el banco de ensayo en las mismas orientaciones que las utilizadas en los ensayos de determinación del error intrínseco (de indicación) (7.4.2.2.7.5).
- c) Hacer funcionar el medidor o los medidores en las condiciones indicadas en la Tabla 1.
- d) Durante los ensayos de durabilidad, el medidor o los medidores deben mantenerse dentro de sus condiciones nominales de funcionamiento y la presión en la entrada de cada medidor debe ser lo suficientemente alta para evitar la cavitación.

- e) Después del ensayo o los ensayos de durabilidad continuos, medir los errores (de indicación) del medidor o los medidores según se especifica en 7.4 y con los mismos caudales.
- f) Calcular el error relativo (de indicación) para cada caudal de acuerdo con el Anexo B.
- g) Para cada caudal, restar el error (de indicación) obtenido en el paso a) de 7.11.2.3.1 al error (de indicación) obtenido en el paso f).
- h) Llenar el informe de ensayo del PNMP 005-3:2018, 4.5.10.2.

7.11.3.3.2. Tolerancia en el caudal

El caudal debe mantenerse constante durante el ensayo a un nivel predeterminado.

La variación relativa de los valores de caudal durante cada ensayo no debe exceder de $\pm 10\%$ (excepto al inicio y en la parada).

7.11.3.3.3. Tolerancia en el tiempo de ensayo

La duración especificada del ensayo es un valor mínimo.

7.11.3.3.4. Tolerancia en el volumen descargado

El volumen indicado al término del ensayo no debe ser inferior al determinado a partir del producto del caudal de ensayo especificado y la duración especificada del ensayo.

Para cumplir con esta condición, deben realizarse correcciones lo suficientemente frecuentes al caudal. Se pueden utilizar el medidor o los medidores sometidos a ensayo para comprobar el caudal.

7.11.3.3.5. Lecturas de ensayo

Durante el ensayo, se deben registrar las siguientes lecturas tomadas del banco de ensayo por lo menos una vez cada 24 horas o una vez cada período más corto si el ensayo está subdividido así:

- a) presión del agua aguas arriba del medidor o los medidores sometidos a ensayo;
- b) presión del agua aguas abajo del medidor o los medidores sometidos a ensayo;
- c) temperatura del agua aguas arriba del medidor o los medidores sometidos a ensayo;
- d) caudal que pasa por el medidor o los medidores sometidos a ensayo;
- e) volumen indicado del medidor o los medidores sometidos a ensayo.

7.11.3.4. Criterios de aceptación después del ensayo de durabilidad continuo

7.11.3.4.1. Para medidores de agua de la clase de exactitud 1

- a) La variación de la curva de error no debe sobrepasar el 2 % para caudales de la zona inferior ($Q_1 \leq Q < Q_2$), y el 1 % para caudales de la zona superior ($Q_2 \leq Q \leq Q_4$). Para el propósito de determinar estos requisitos, deben aplicarse los valores medios de los errores (de indicación) para cada caudal.
- b) Las curvas no deben exceder un límite de error máximo de:
 - ± 4 % para caudales de la zona inferior ($Q_1 \leq Q < Q_2$); y
 - $\pm 1,5$ % para caudales de la zona superior ($Q_2 \leq Q \leq Q_4$) para medidores T30; o
 - $\pm 2,5$ % para caudales de la zona superior ($Q_2 \leq Q \leq Q_4$) para medidores distintos

a T30.

7.11.3.4.2. Para medidores de agua de la clase de exactitud 2

- a) La variación de la curva de error no debe sobrepasar el 3 % para caudales de la zona inferior ($Q_1 \leq Q < Q_2$), y el 1,5 % para caudales de la zona superior ($Q_2 \leq Q \leq Q_4$). Para el propósito de determinar estos requisitos, deben aplicarse los valores medios de los errores (de indicación) para cada caudal.
- b) Las curvas no deben exceder un límite de error máximo de:
- $\pm 6 \%$ para caudales de la zona inferior ($Q_1 \leq Q < Q_2$); y
 - $\pm 2,5 \%$ para caudales de la zona superior ($Q_2 \leq Q \leq Q_4$) para medidores T30; o
 - $\pm 3,5 \%$ para caudales de la zona superior ($Q_2 \leq Q \leq Q_4$) para medidores distintos a T30.

7.12. Ensayo de campo magnético

Se deben ensayar todos los medidores de agua cuando los componentes mecánicos pueden verse influenciados por un campo magnético estático (por ejemplo, equipados con un acoplamiento magnético del impulsor al dispositivo de lectura o con una salida de impulsos accionada por imán), y todos los medidores con componentes electrónicos para demostrar que son capaces de soportar la influencia de un campo magnético estático.

Se debe ensayar esto de acuerdo con las disposiciones de 8.16.

7.13. Ensayos a los dispositivos auxiliares de un medidor de agua

7.13.1. Objetivo del ensayo

Verificar que un medidor cumpla con los requisitos de PNMP 005-1:2018, 4.3.6.

Se requieren los dos siguientes tipos de ensayo:

- a) Cuando dispositivos auxiliares pueden conectarse temporalmente al medidor, por ejemplo, para fines de ensayo o transmisión de datos, se debe medir el error de indicación del medidor con el dispositivo o los dispositivos auxiliares instalados para asegurarse de que los errores de indicación no sobrepasen los EMP.
- b) En el caso de dispositivos auxiliares instalados de forma permanente o temporal, se deben comprobar las indicaciones de volumen del dispositivo o los dispositivos auxiliares para asegurarse de que las lecturas no difieran de las del dispositivo indicador primario.

7.13.2. Preparación

- a) Aplicar los requisitos de instalación y operación especificados en 7.4.2.
- b) Los dispositivos auxiliares temporales deben ser instalados por el fabricante o de acuerdo con sus instrucciones.
- c) Cuando la salida de un dispositivo auxiliar es una señal eléctrica compuesta de un tren de impulsos en el cual un impulso único corresponde a un volumen finito, los impulsos pueden sumarse en un totalizador electrónico que, cuando está conectado, no tiene ninguna influencia significativa sobre la señal eléctrica.

7.13.3. Procedimiento de ensayo

- a) Determinar el error de indicación del medidor con el dispositivo auxiliar temporal instalado, de acuerdo con 7.4.4.
- b) Comparar las lecturas provenientes del dispositivo auxiliar instalado de forma temporal o permanente con las del dispositivo indicador primario
- c) Llenar el informe de ensayo del PNMP 005-3:2018, 4.5.12.

7.13.4. Criterios de aceptación

- a) El error (de indicación) del medidor con el dispositivo auxiliar temporal instalado no debe exceder el error máximo permisible aplicable.

- b) Para los dispositivos auxiliares instalados tanto de forma permanente como temporal, las indicaciones de volumen del dispositivo o los dispositivos auxiliares no deben diferir de las del dispositivo visualizador en más del valor del intervalo de escala de verificación.

7.14. Ensayos ambientales

Dependiendo de la tecnología y construcción del medidor, existen niveles apropiados de ensayo para cumplir con las condiciones ambientales. Los ensayos pertinentes especificados en el capítulo 8 e PNMP 005-1:2018, Anexo A, deben aplicarse según corresponda. En 8.1.8, se especifica que estos ensayos no se aplican a medidores puramente mecánicos.

8. ENSAYOS DE FUNCIONAMIENTO RELACIONADOS CON LOS FACTORES DE INFLUENCIA Y LAS PERTURBACIONES

8.1. Requisitos generales (PNMP 005-1:2018, A.1)

8.1.1. Introducción

Este capítulo define los ensayos de funcionamiento destinados a verificar que los medidores de agua funcionan según lo previsto en un ambiente y condiciones especificados. Cada ensayo indica, cuando sea apropiado, las condiciones de referencia para determinar el error intrínseco.

Estos ensayos de funcionamiento son adicionales a los ensayos especificados en el capítulo 7 y se aplican a medidores completos, a partes separables de un medidor de agua y, si es necesario, a dispositivos auxiliares. Los ensayos se requieren dependiendo de la clase ambiental o electromagnética del medidor según se especifica en 8.1.2 y 8.1.3, y el tipo de construcción o diseño del medidor según se especifica en 8.1.8.

Cuando se está evaluando el efecto de una magnitud de influencia, todas las demás magnitudes de influencia deben mantenerse en las condiciones de referencia (ver capítulo 4).

Los ensayos de evaluación de modelo especificados en este capítulo pueden realizarse paralelamente con los ensayos especificados en el capítulo 7, utilizando muestras del mismo modelo del medidor de agua, o sus partes separables.

8.1.2. Clasificación ambiental

Para cada ensayo de funcionamiento, se indican las condiciones de ensayo típicas; éstas corresponden a las condiciones ambientales climáticas y mecánicas a las cuales los medidores de agua están expuestos: ver PNMP 005-1:2018, A.2.

8.1.3. Clasificación electromagnética

Los medidores de agua con dispositivos electrónicos se dividen en dos clases ambientales electromagnéticas: E1 para instrumentos que funcionan en áreas protegidas; y E2 para instrumentos que funcionan en áreas sin ninguna protección especial Ver PNMP 005-1:2018, A.3.

8.1.4. Condiciones de referencia (PNMP 005-1:2018, 7.1)

Las condiciones de referencia se mencionan en el capítulo 4.

Estas condiciones de referencia solo deberían aplicarse si no se especifican las condiciones de referencia en una norma regional o nacional pertinente diseñada para cumplir condiciones específicas. Si se especifican en dicha norma, entonces deberían aplicarse los criterios contenidos en ésta.

8.1.5. Volúmenes de ensayo para medir el error de indicación de un medidor de agua

Algunas magnitudes de influencia deberían tener un efecto constante sobre el error de indicación de un medidor de agua y no un efecto proporcional relacionado con el volumen

medido.

En otros ensayos, el efecto de la magnitud de influencia aplicado a un medidor de agua está relacionado con el volumen medido. En estos casos, para poder comparar los resultados obtenidos en laboratorios diferentes, el volumen de ensayo para medir el error de indicación del medidor debe corresponder al suministrado en un minuto con el caudal de sobrecarga Q_4 .

Sin embargo, algunos ensayos pueden requerir más de un minuto; en este caso, deben realizarse en el tiempo más corto posible considerando la incertidumbre de medición.

8.1.6. Influencia de la temperatura del agua (PNMP 005-1:2018, A.5)

Los ensayos de calor seco, de frío y de calor húmedo están relacionados con la medición de los efectos de la temperatura ambiente sobre el funcionamiento del medidor. Sin embargo, la presencia del transductor de medición, lleno de agua, también puede influir en la disipación de calor en los componentes electrónicos.

Hay dos opciones para el ensayo.

- a) El medidor tiene agua que pasa por éste al caudal de referencia, y se mide el error (de indicación) del medidor con las partes electrónicas y el transductor de medición sometidos a las condiciones de referencia.
- b) Se utiliza una simulación del transductor de medición para el ensayo de todos los componentes electrónicos. Estos ensayos simulados deben reproducir los efectos causados por la presencia de agua en aquellos dispositivos electrónicos que están conectados normalmente al sensor de flujo, y las condiciones de referencia deben aplicarse durante los ensayos.

Es preferible la opción a).

8.1.7. Requisitos para ensayos ambientales

Los siguientes requisitos están relacionados con los ensayos ambientales, y las normas

IEC pertinentes que deben aplicarse, se mencionan en los apartados correspondientes al presente Proyecto de Norma Metrológica Peruana:

- a) Pre-acondicionamiento del equipo sometido a ensayo (ESE);
- b) cualquier desviación del procedimiento con respecto a la norma IEC pertinente;
- c) mediciones iniciales;
- d) estado del ESE durante el acondicionamiento;
- e) niveles de severidad, valores del factor de influencia y duración de la exposición;
- f) mediciones requeridas y/o la carga durante el acondicionamiento;
- g) recuperación del ESE;
- h) mediciones finales;
- i) criterios de aceptación para el ESE que supera un ensayo.

Cuando no existe una norma IEC para un ensayo específico, se dan los requisitos esenciales para el ensayo en esta parte del presente Proyecto de Norma Metrológica Peruana.

8.1.8. Equipo sometido a ensayo (PNMP 005-1:2018, 7.2.12.3)

8.1.8.1. Generalidades

Para los fines de ensayos, el ESE debe clasificarse en una de las categorías A a E, de acuerdo con la tecnología especificada en 8.1.8.2 a 8.1.8.5, y deben aplicarse los siguientes requisitos:

- Categoría A No se requiere ningún ensayo de funcionamiento (descrito en este apartado).
- Categoría B El ESE está constituido por el medidor completo o un medidor combinado: el ensayo debe realizarse con el agua circulando por el sensor de volumen o flujo, y el medidor funcionando según lo previsto.
- Categoría C El ESE está constituido por el transductor de medición (incluyendo el sensor de flujo o volumen): el ensayo debe realizarse con el agua circulando por el sensor de volumen o flujo, y el medidor funcionando según lo previsto.
- Categoría D El ESE está constituido por la calculadora electrónica (incluyendo el dispositivo indicador) o el dispositivo auxiliar: el ensayo debe realizarse con el agua circulando por el sensor de volumen o flujo, y el medidor funcionando según lo previsto.
- Categoría E El ESE está constituido por la calculadora electrónica (incluyendo el dispositivo indicador) o el dispositivo auxiliar: el ensayo puede realizarse con señales de medición simuladas sin que el agua circule por el sensor de volumen o flujo.

El organismo responsable de la aprobación de modelo puede aplicar una categoría apropiada, de A ha E, para los ensayos de aprobación de medidores con una tecnología que no está incluida en 8.1.8.2 a 8.1.8.5

8.1.8.2. Medidores de desplazamiento positivo y medidores de agua tipo turbina

- a) El medidor no está equipado con dispositivos electrónicos: Categoría A
- b) El transductor de medición y la calculadora electrónica, incluyendo el dispositivo indicador, se encuentran en la misma cubierta: Categoría B
- c) El transductor de medición está separado de la calculadora electrónica, pero no equipado con dispositivos electrónicos: Categoría A
- d) El transductor de medición está separado de la calculadora electrónica y equipado con dispositivos electrónicos: Categoría C

- e) La calculadora electrónica, incluyendo el dispositivo indicador, está separada del transductor de medición y la simulación de las señales de medición no es posible: Categoría D
- f) La calculadora electrónica, incluyendo el dispositivo indicador, está separada del transductor de medición y la simulación de las señales de medición es posible. Categoría E

8.1.8.3. Medidores de agua electromagnéticos

- a) El transductor de medición y la calculadora electrónica, incluyendo el dispositivo indicador, se encuentran en la misma cubierta: Categoría B
- b) El sensor de flujo, compuesto solo de la tubería, la bobina y los dos electrodos del medidor, no tiene dispositivos electrónicos adicionales: Categoría A
- c) El transductor de medición, incluyendo el sensor de flujo, está separado de la calculadora electrónica y se encuentra en una sola cubierta: Categoría C
- d) La calculadora electrónica, incluyendo el dispositivo indicador, está separada del transductor de medición y la simulación de las señales de medición no es posible: Categoría D

8.1.8.4. Medidores de agua ultrasónicos, medidores de agua Coriolis, medidores de agua fluídicos

- a) El transductor de medición y la calculadora electrónica, incluyendo el dispositivo indicador, se encuentran en la misma cubierta: Categoría B
- b) El transductor de medición está separado de la calculadora electrónica y equipado con dispositivos electrónicos: Categoría C
- c) La calculadora electrónica, incluyendo el dispositivo indicador, está separada del transductor de medición y la simulación de las señales de medición no es posible: Categoría D

8.1.8.5. Dispositivos auxiliares

- a) El dispositivo auxiliar forma parte del medidor de agua, del transductor de medición o de la calculadora electrónica: Categorías A ha E

- b) El dispositivo auxiliar está separado del medidor, pero no equipado con dispositivos electrónicos: Categoría A
- c) El dispositivo auxiliar está separado del medidor, y la simulación de las señales de entrada no es posible: Categoría D
- d) El dispositivo auxiliar está separado del medidor, y la simulación de las señales de entrada es posible: Categoría E

8.2. Calor seco (sin condensación) (PNMP 005-1:2018, A.5)

8.2.1. Objetivo del ensayo

Verificar que un medidor de agua cumpla con las disposiciones de PNMP 005-1:2018, 4.2, durante la aplicación de temperaturas ambiente elevadas según se indica en PNMP 005-1:2018, Tabla A.1.

8.2.2. Preparación

Seguir las disposiciones de ensayo especificadas en IEC 60068-2-2.

En IEC 60068-3-1[5] e IEC 60068-1[12], se proporcionan directivas sobre disposiciones de ensayo.

8.2.3. Procedimiento de ensayo (en resumen)

- a) No se requiere pre-acondicionamiento.
- b) Medir el error (de indicación) del ESE con el caudal de referencia y en las siguientes condiciones de ensayo:
 - 1) a la temperatura del aire de referencia de $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, antes de acondicionar el ESE;

- 2) a una temperatura del aire de $55\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, después de que el ESE se ha estabilizado a esta temperatura durante un período de 2 h;
 - 3) a la temperatura del aire de referencia de $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, después de que el ESE se recupere.
- c) Calcular el error relativo (de indicación) para cada condición de ensayo de acuerdo con el Anexo B.
 - d) Durante la aplicación de las condiciones de ensayo, comprobar que el ESE esté funcionando correctamente.
 - e) Llenar el informe de ensayo del PNMP 005-3:2018, 4.6.1.

Los siguientes son requisitos adicionales.

- i) Si el transductor de medición está incluido en el ESE y es necesario tener agua en el sensor de flujo, la temperatura del agua debe mantenerse en la temperatura de referencia.
- ii) Al medir los errores (de indicación), deben cumplirse las condiciones de instalación y operación especificadas en 7.4.2 y deben aplicarse las condiciones de referencia, salvo indicación contraria. Los medidores de ensayo no marcados con “V” deben montarse con el eje del flujo en orientación horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la temperatura de referencia más baja.

8.2.4. Criterios de aceptación

Durante la aplicación de las condiciones de ensayo:

- a) todas las funciones del ESE deben operar según lo diseñado; y

- b) el error relativo (de indicación) del ESE, en las condiciones de ensayo, no debe sobrepasar el error máximo permisible de la zona superior de caudal (ver PNMP 005-1:2018, 4.2).

8.3. Frío (PNMP 005-1:2018, A.5)

8.3.1. Objetivo del ensayo

Verificar que un medidor de agua cumpla con las disposiciones de PNMP 005-1:2018, 4.2, durante la aplicación de temperaturas ambiente bajas según se indica en PNMP 005-1:2018, Tabla A.1.

8.3.2. Preparación

Seguir las disposiciones de ensayo especificadas en IEC 60068-2-1.

En IEC 60068-3-1[5] e IEC 60068-1[12], se proporcionan directivas sobre disposiciones de ensayo.

8.3.3. Procedimiento de ensayo (en resumen)

- a) No pre-acondicionar el ESE.
- b) Medir el error (de indicación) del ESE con el caudal de referencia y a la temperatura del aire de referencia.
- c) Estabilizar la temperatura del aire a $-25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ (clases ambientales O y M) o $+5\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ (clase ambiental B) durante un período de 2 h.
- d) Medir el error (de indicación) del ESE con el caudal de referencia a una temperatura del aire de $-25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ (clases ambientales O y M) o $+5\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ (clase ambiental B).

- e) Después de la recuperación del ESE, medir el error (de indicación) de éste con el caudal de referencia y a la temperatura del aire de referencia.
- f) Calcular el error relativo (de indicación) para cada condición de ensayo de acuerdo con el Anexo B.
- g) Durante la aplicación de las condiciones de ensayo, comprobar que el ESE esté funcionando correctamente.
- h) Llenar el informe de ensayo del PNMP 005-3:2018, 4.6.2.

Los siguientes son requisitos adicionales.

- i) Si es necesario tener agua en el sensor de flujo, la temperatura del agua debe mantenerse en la temperatura de referencia.
- ii) Al medir los errores (de indicación), deben cumplirse las condiciones de instalación y operación especificadas en 7.4.2 y deben aplicarse las condiciones de referencia, salvo indicación contraria. Los medidores de ensayo no marcados con “V” deben montarse con el eje del flujo en orientación horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la temperatura de referencia más baja.

8.3.4. Criterios de aceptación

Durante la aplicación de las condiciones de ensayo estabilizadas:

- a) todas las funciones del ESE deben operar según lo diseñado; y
- b) el error relativo (de indicación) del ESE, en las condiciones de ensayo, no debe sobrepasar el error máximo permisible de la zona superior de caudal (ver PNMP 005-1:2018, 4.2).

8.4. Ensayo cíclico de calor húmedo (con condensación) (PNMP 005-1:2018, A.5)

8.4.1. Objetivo del ensayo

Verificar que un medidor de agua cumpla con las disposiciones de PNMP 005-1:2018, 5.1.1), después de aplicar condiciones de humedad alta combinada con variaciones cíclicas de temperatura según se indica en PNMP 005-1:2018, Tabla A.5.

8.4.2. Preparación

Seguir las disposiciones de ensayo especificadas en IEC 60068-2-30.

En IEC 60068-3-4, se proporcionan directivas sobre disposiciones de ensayo.

8.4.3. Procedimiento de ensayo (en resumen)

Cumplir con los requisitos para el funcionamiento del equipo de ensayo, acondicionamiento y recuperación del ESE, y exposición del ESE a variaciones cíclicas de temperatura en condiciones de calor húmedo especificadas en IEC 60068-2-30 e IEC 60068-3-4.

El programa de ensayo consta de los pasos a) a g).

- a) Pre-acondicionar el ESE.
- b) Exponer el ESE a variaciones cíclicas de temperatura entre la temperatura inferior de $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ y la temperatura superior de $55\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ (clases ambientales O y M) o $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ (clase ambiental B). Mantener la humedad relativa por encima de 95 % durante las variaciones de temperatura y durante las fases a baja temperatura, y en $93\% \pm 3\%$ en las fases de temperatura superior. La condensación debería producirse en el ESE durante el aumento de temperatura.

El ciclo de 24 h consiste en:

- 1) el aumento de temperatura durante 3 h;
 - 2) el mantenimiento de la temperatura en el valor superior hasta 12 h desde el inicio del ciclo;
 - 3) la disminución de la temperatura al valor inferior en un período de 3 a 6 h, siendo la velocidad de caída durante la primera hora y media tal que se alcance el valor inferior en 3 h;
 - 4) el mantenimiento de la temperatura en el valor inferior hasta que termine el ciclo de 24 h.
- c) Dejar que el ESE se recupere.
- d) Después de la recuperación, comprobar que el ESE esté funcionando correctamente.
- e) Medir el error (de indicación) del ESE con el caudal de referencia.
- f) Calcular el error relativo (de indicación) de acuerdo con el Anexo B.
- g) Llenar el informe de ensayo PNMP 005-3:2018, 4.6.3.

Los siguientes son requisitos adicionales.

- i) Se debe desconectar el suministro de energía al ESE durante los pasos a) a c).
- ii) El período de estabilización antes de la exposición cíclica y la recuperación después de ésta deben ser tales que todas las partes del ESE tengan un margen de error de 3 °C de su temperatura final.
- iii) Al medir el error (de indicación), deben cumplirse las condiciones de instalación y operación especificadas en 7.4.2 y deben aplicarse las condiciones de referencia,

salvo indicación contraria. Los medidores de ensayo no marcados con “V” deben montarse con el eje del flujo en orientación horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la temperatura de referencia más baja.

8.4.4. Criterios de aceptación

Después de la aplicación de la perturbación y la recuperación:

- a) todas las funciones del ESE deben operar según lo diseñado; y
- b) la diferencia entre cualquier indicación antes del ensayo y la indicación después del ensayo no debe exceder de la mitad del error máximo permisible de la zona superior de caudal, o el ESE debe detectar y poner en evidencia una falla significativa, de acuerdo con PNMP 005-1:2018, Anexo B.

8.5. Variación de la alimentación eléctrica (PNMP 005-1:2018, A.5)

8.5.1. Generalidades

Aplicar el diagrama de flujo de la Figura 3 para determinar los ensayos que se requieren.

8.5.2. Medidores de agua alimentados por convertidores de CA o CA/CC directos (PNMP 005-1:2018, A.5)

8.5.2.1. Objetivo del ensayo

Verificar que los dispositivos electrónicos que funcionan a un valor nominal de tensión de la red, U_{nom} , a una frecuencia nominal, f_{nom} , cumplan con las disposiciones de PNMP 005-1:2018, 4.2, durante las desviaciones estáticas de la alimentación de la red de CA (monofásica), aplicadas de acuerdo con los requisitos de PNMP 005-1:2018, A.5.

8.5.2.2. Preparación

Seguir las disposiciones de ensayo especificadas en IEC 61000-4-11, IEC 61000-2-1, IEC 61000-2-2, IEC 61000-4-1 e IEC 60654-2.

8.5.2.3. Procedimiento de ensayo (en resumen)

- a) Exponer el ESE a variaciones de tensión de alimentación y posteriormente a variaciones de frecuencia de alimentación, mientras está operando en las condiciones de referencia.
- b) Medir el error (de indicación) del ESE durante la aplicación del límite superior de la tensión de la red, $U_{nom} + 10\%$ (tensión simple).
- c) Medir el error (de indicación) del ESE durante la aplicación del límite superior de la frecuencia de la red, $f_{nom} + 2\%$.
- d) Medir el error (de indicación) del ESE durante la aplicación del límite inferior de la tensión de la red, $U_{nom} - 15\%$ (tensión simple).
- e) Medir el error (de indicación) del ESE durante la aplicación del límite inferior de la frecuencia de la red, $f_{nom} - 2\%$.
- f) Calcular el error relativo (de indicación) para cada condición de ensayo de acuerdo con el Anexo B.
- g) Comprobar que el ESE esté funcionando correctamente durante la aplicación de cada variación de la alimentación.
- h) Llenar el informe de ensayo PNMP 005-3:2018, 4.6.4.2.

Los siguientes son requisitos adicionales.

- i) Durante la medición del error (de indicación), el ESE debe ser sometido al caudal de referencia (PNMP 005-1:2018, 7.1).
- ii) Al medir los errores (de indicación), deben cumplirse las condiciones de instalación y operación especificadas en 7.4.2 y deben aplicarse las condiciones de referencia, salvo indicación contraria. Los medidores de ensayo no marcados con “V” deben montarse con el eje del flujo en orientación horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la temperatura de referencia más baja.

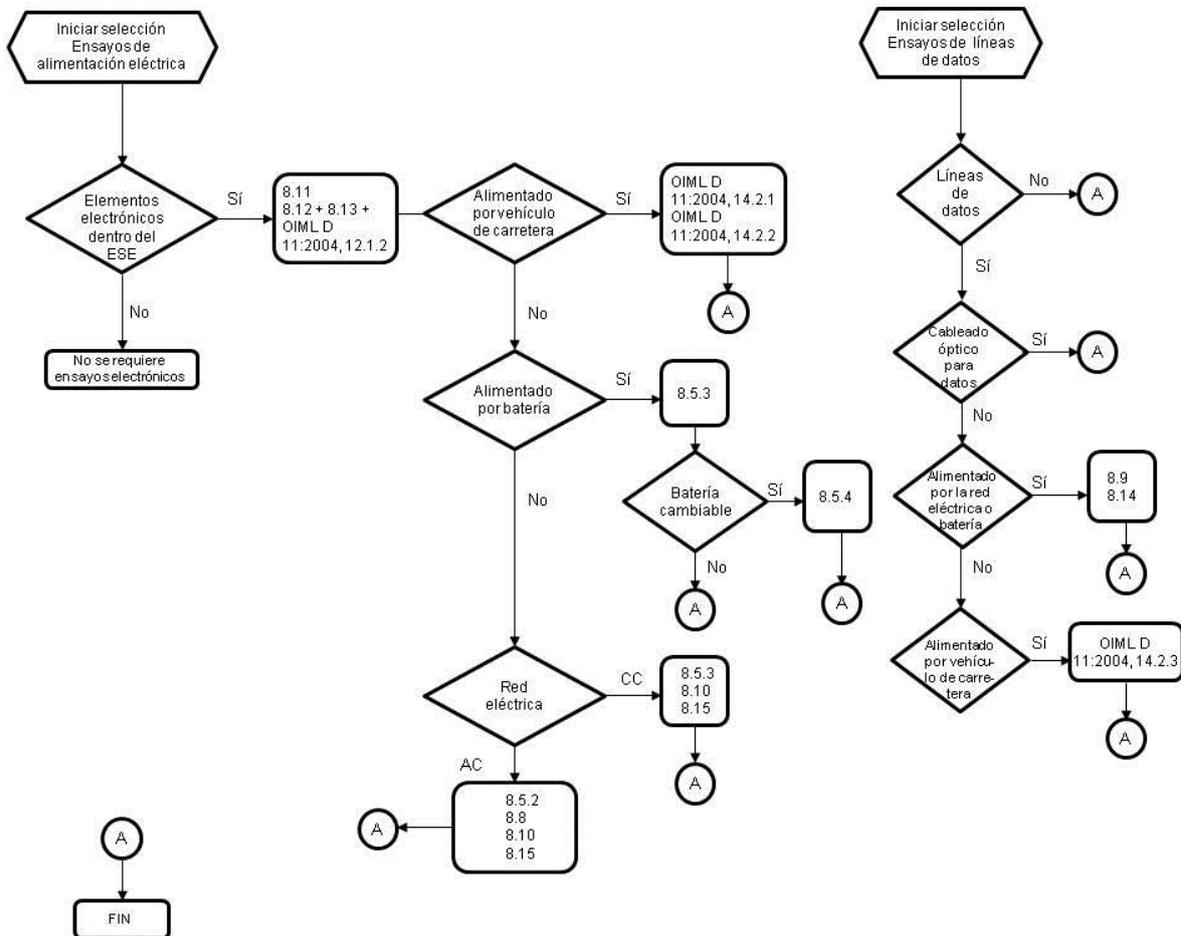


Figura 3 — Diagrama de flujo para determinar los ensayos exigidos en 8.5 y 8.8 a 8.15

8.5.2.4. Criterios de aceptación

Durante la aplicación del factor de influencia:

- a) todas las funciones del ESE deben operar según lo diseñado; y
- b) el error relativo de indicación del ESE, en las condiciones de ensayo, no debe sobrepasar el error máximo permisible de la zona superior de caudal (ver PNMP 005-1:2018, 4.2).

8.5.3. Medidores de agua alimentados por tensión continua externa o por baterías de CC primarias (PNMP 005-1:2018, A.5)

8.5.3.1. Objetivo del ensayo

Verificar que un medidor de agua cumpla con las disposiciones de PNMP 005-1:2018, 4.2 durante las desviaciones estáticas de la tensión de alimentación de CC, aplicadas de acuerdo con los requisitos de PNMP 005-1:2018, A.5.

8.5.3.2. Preparación

Al momento de la publicación, no se podían hacer referencias a normas IEC para métodos de ensayo.

8.5.3.3. Procedimiento de ensayo

- a) Exponer el ESE a variaciones de la tensión de alimentación mientras está funcionando en las condiciones de referencia.
- b) Medir el error (de indicación) del ESE, durante la aplicación de la tensión de trabajo máxima de la batería, según lo especifique el proveedor del medidor de agua para una batería, o la tensión continua a la cual el ESE ha sido fabricado para detectar automáticamente condiciones de alto nivel de una fuente de alimentación de CC externa.

- c) Medir el error (de indicación) del ESE, durante la aplicación de la tensión de trabajo mínima de la batería, según lo especifique el proveedor del medidor de agua para una batería, o la tensión continua a la cual el ESE ha sido fabricado para detectar automáticamente condiciones de bajo nivel de una fuente de alimentación de CC externa.
- d) Calcular el error relativo (de indicación) para cada condición de ensayo de acuerdo con el Anexo B.
- e) Comprobar que el ESE esté funcionando correctamente durante la aplicación de cada variación de la alimentación.
- f) Llenar el informe de ensayo PNMP 005-3:2018, 4.6.4.3.

Los siguientes son requisitos adicionales.

- i) Durante la medición del error (de indicación), el ESE debe ser sometido al caudal de referencia.
- ii) Al medir los errores (de indicación), deben cumplirse las condiciones de instalación y operación especificadas en 7.4.2 y deben aplicarse las condiciones de referencia, salvo indicación contraria. Los medidores de ensayo no marcados con “V” deben montarse con el eje del flujo en orientación horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la temperatura de referencia más baja.

8.5.3.4. Criterios de aceptación

Durante la aplicación de las variaciones de la tensión:

- a) todas las funciones del ESE deben operar según lo diseñado; y
- b) el error relativo (de indicación) del ESE, en las condiciones de ensayo, no debe sobrepasar el error máximo permisible de la zona superior de caudal (ver PNMP 005-1:2018, 4.2).

8.5.4. Interrupción de la alimentación por batería

8.5.4.1. Objetivo del ensayo

Verificar que un medidor de agua cumpla con los requisitos de PNMP 005-1:2018, 5.2.4.3, durante el cambio de la batería de alimentación.

Este ensayo solo se aplica a los medidores que utilizan una alimentación por batería cambiabile.

8.5.4.2. Procedimiento de ensayo

- a) Asegurarse que el medidor esté operativo.
- b) Sacar la batería durante un período de 1 h y luego volver a conectarla.
- c) Interrogar a las funciones del medidor.
- d) Registrar los resultados a la sección PNMP 005-1:2018, 5.2.4 del PNMP 005-3:2018, 4.4.2.2.

8.5.4.3. Criterios de aceptación

Después de la aplicación de las condiciones de ensayo:

- a) todas las funciones del ESE deben operar según lo diseñado; y
- b) el valor de la totalización y los valores almacenados no deben cambiar.

8.6. Vibraciones (aleatorias) (PNMP 005-1:2018, A.5)

8.6.1. Objetivo del ensayo

Verificar que un medidor de agua cumpla con las disposiciones de PNMP 005-1:2018, 5.1.1, después de la aplicación de vibraciones aleatorias (ver PNMP 005-1:2018, Tabla A.1).

Este ensayo es aplicable únicamente a medidores para instalaciones móviles (clase ambiental M).

8.6.2. Preparación

Seguir las disposiciones de ensayo especificadas en IEC 60068-2-64 e IEC 60068-2-47.

8.6.3. Procedimiento de ensayo (en resumen)

- a) Montar el ESE en un dispositivo de sujeción rígido con sus medios de montaje normales, de tal manera que la fuerza de gravedad actúe en la misma dirección que actuaría en uso normal. Sin embargo, si el efecto gravitacional es insignificante y el medidor no está marcado con “H” o “V”, el ESE puede montarse en cualquier posición.
- b) Aplicar vibraciones aleatorias, dentro del alcance de frecuencia de 10 Hz a 150 Hz, al ESE en tres ejes mutuamente perpendiculares por turnos, durante un período de por lo menos 2 min por eje.
- c) Dejar que el ESE se recupere.
- d) Inspeccionar que el ESE funcione correctamente.
- e) Medir el error (de indicación) del ESE con el caudal de referencia.

f) Calcular el error relativo (de indicación) de acuerdo con el Anexo B.

g) Llenar el informe de ensayo PNMP 005-3:2018, 4.6.5.

Los siguientes son requisitos adicionales.

i) Cuando el sensor de flujo está incluido en el ESE, no debe estar lleno de agua durante la aplicación de la perturbación.

ii) Se desconecta el suministro de energía al ESE durante los pasos a), b) y c).

iii) Durante la aplicación de las vibraciones, las siguientes condiciones deben cumplirse:

Nivel de RMS total: 7 m/s^2 ;

Nivel de densidad espectral de aceleración (ASD) 10 Hz a 20 Hz: $1 \text{ m}^2/\text{s}^3$;

Nivel de ASD 20 Hz a 150 Hz: -3 dB/octava

iv) Al medir los errores (de indicación) del ESE, deben cumplirse las condiciones de instalación y operación especificadas en 7.4.2 y deben aplicarse las condiciones de referencia, salvo indicación contraria. Los medidores de ensayo no marcados con “V” deben montarse con el eje del flujo en orientación horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la temperatura de referencia más baja.

8.6.4. Criterios de aceptación

Después de la aplicación de las vibraciones y la recuperación:

a) todas las funciones del ESE deben operar según lo diseñado; y

- b) la diferencia entre cualquier indicación antes del ensayo y la indicación después del ensayo no debe exceder de la mitad del error máximo permisible de la zona superior de caudal, o el ESE debe detectar y poner en evidencia una falla significativa, de acuerdo con PNMP 005-1:2018, Anexo B.

8.7. Sacudidas mecánicas (PNMP 005-1:2018, A.5)

8.7.1. Objetivo del ensayo

Verificar que un medidor de agua cumpla con las disposiciones de PNMP 005-1:2018, 5.1.1, después de la aplicación del ensayo de sacudida mecánica (dejar caer sobre una superficie) según se indica en PNMP 005-1:2018, Tabla A.1.

Este ensayo es aplicable únicamente a medidores para instalaciones móviles (clase ambiental M).

8.7.2. Preparación

Seguir las disposiciones de ensayo especificadas en IEC 60068-2-31 e IEC 60068-2-47.

8.7.3. Procedimiento de ensayo (en resumen)

- a) Se debe colocar el ESE sobre una superficie plana rígida en su posición normal de uso e inclinarlo en un borde inferior hasta que el borde opuesto de éste se encuentre 50 mm por encima de la superficie rígida. Sin embargo, el ángulo formado por la parte inferior del ESE y la superficie de ensayo no debe exceder de 30°.
- b) Dejar que el ESE caiga libremente sobre la superficie de ensayo.
- c) Repetir los pasos a) y b) para cada borde inferior.
- d) Dejar que el ESE se recupere.

- e) Inspeccionar que el ESE funcione correctamente.
- f) Medir el error (de indicación) del ESE con el caudal de referencia.
- g) Calcular el error relativo (de indicación) de acuerdo con el Anexo B.
- h) Llenar el informe de ensayo PNMP 005-3:2018, 4.6.6.

Los siguientes son requisitos adicionales.

- i) Cuando el sensor de flujo forma parte del ESE, no debe estar lleno de agua durante la aplicación de la perturbación.
- ii) Se debe desconectar el suministro de energía al ESE durante los pasos a), b) y c).
- iii) Al medir los errores (de indicación) del ESE, deben cumplirse las condiciones de instalación y operación especificadas en 7.4.2 y deben aplicarse las condiciones de referencia. Los medidores de ensayo no marcados con “V” deben montarse con el eje del flujo en orientación horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la temperatura de referencia más baja,

8.7.4. Criterios de aceptación

Después de la aplicación de la perturbación y la recuperación:

- a) todas las funciones del ESE deben operar según lo diseñado; y
- b) la diferencia entre cualquier indicación antes del ensayo y la indicación después del ensayo no debe exceder de la mitad del error máximo permisible de la zona superior de caudal, o el ESE debe detectar y poner en evidencia una falla significativa, de acuerdo con PNMP 005-1:2018, Anexo B.

8.8. Caídas de tensión de la red de CA, interrupciones breves y variaciones de tensión (PNMP 005-1:2018, A.5)

8.8.1. Objetivo del ensayo

Verificar que un medidor de agua alimentado por la red cumpla con las disposiciones de PNMP 005-1:2018, 5.1.1, durante la aplicación de interrupciones y reducciones de corta duración de la tensión de la red según se indica en PNMP 005-1:2018, Tabla A.1.

8.8.2. Preparación

Seguir las disposiciones de ensayo especificadas en IEC 61000-4-11, IEC 61000-6-1 e IEC 61000-6-2.

8.8.3. Procedimiento de ensayo (en resumen)

- a) Medir el error (de indicación) del ESE antes de aplicar el ensayo de reducción de la alimentación eléctrica.
- b) Medir el error (de indicación) del ESE durante la aplicación de por lo menos 10 interrupciones de la tensión y 10 reducciones de la tensión con un intervalo de por lo menos 10 s.
- c) Calcular el error relativo (de indicación) para cada condición de ensayo de acuerdo con el Anexo B.
- d) Restar el error (de indicación) del medidor medido antes de aplicar las reducciones de la alimentación eléctrica al medido durante la aplicación de las reducciones de la alimentación eléctrica.
- e) Inspeccionar que el ESE funcione correctamente.
- f) Llenar el informe de ensayo PNMP 005-3:2018, 4.6.7.

Los siguientes son requisitos adicionales.

- i) Se utiliza un generador de ensayo adecuado para reducir la amplitud de la tensión de la red de CA por un período definido.
- ii) Se debe verificar el desempeño del generador de ensayo antes de conectar el ESE.
- iii) Las interrupciones y reducciones de tensión se aplican durante todo el período requerido para medir el error (de indicación) del ESE.
- iv) Interrupciones de tensión: la tensión de alimentación se reduce de su valor nominal, U_{nom} , a la tensión cero por el período indicado en la Tabla 2.

Tabla 2 — Interrupciones de tensión

Reducción a	0 %
Duración	250 ciclos (50 Hz) 300 ciclos (60 Hz)

- v) Las interrupciones de tensión se aplican en grupos de 10.
- vi) Reducciones de tensión: la tensión de alimentación se reduce de la tensión nominal al porcentaje establecido de la tensión nominal por el período indicado en la Tabla 3.

Tabla 3 — Reducciones de tensión

Ensayo	Ensayo a	Ensayo b	Ensayo c
Reducción a	0 %	0 %	70 %
Duración	0,5 ciclos	1 ciclo	25 ciclos (50 Hz) 30 ciclos (60 Hz)

- vii) Las reducciones de tensión se aplican en grupos de 10.
- viii) Cada interrupción o reducción de tensión se inicia, termina y repite en los cruces del eje de cero de la tensión de alimentación.
- ix) Las interrupciones y reducciones de la tensión de la red se repiten como mínimo 10 veces con un intervalo de tiempo de por lo menos 10 s entre cada grupo de interrupciones y reducciones. Esta secuencia se repite durante toda la medición del error (de indicación) del ESE.
- x) Durante la medición del error (de indicación), el ESE debe ser sometido al caudal de referencia.
- xi) Al medir los errores (de indicación), deben cumplirse las condiciones de instalación y operación especificadas en 7.4.2 y deben aplicarse las condiciones de referencia, salvo indicación contraria. Los medidores de ensayo no marcados con “V” deben montarse con el eje del flujo en orientación horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la temperatura de referencia más baja.
- xii) Cuando el ESE está diseñado para operar dentro de un alcance de tensión de alimentación, las reducciones e interrupciones de tensión deben iniciarse desde la tensión media del alcance.

8.8.4. Criterios de aceptación

- a) Después de la aplicación de las reducciones de corta duración de la alimentación, todas las funciones del ESE deben operar según lo diseñado.

- b) La diferencia entre el error relativo (de indicación) obtenido durante la aplicación de las reducciones de corta duración de la alimentación y el obtenido con el mismo caudal antes del ensayo, en las condiciones de referencia, no debe exceder de la mitad del error máximo permisible de la zona superior de caudal (ver PNMP 005-1:2018, 4.2), o el ESE debe detectar y poner en evidencia una falla significativa de acuerdo con PNMP 005-1:2018, Anexo B.

8.9. Transitorios eléctricos en las líneas de señales (PNMP 005-1:2018, A.5)

8.9.1. Objetivo del ensayo

Verificar que un medidor de agua que tenga elementos electrónicos y esté equipado con puertos de entrada/salida (E/S) y de comunicación (incluyendo sus cables externos), cumpla con las disposiciones de PNMP 005-1:2018, 5.1.1, en condiciones en las que los transitorios eléctricos se superponen en las señales de entrada o salida y en los puertos de comunicación, según se indica en PNMP 005-1:2018, Tabla A.1.

8.9.2. Preparación

Seguir las disposiciones de ensayo especificadas en IEC 61000-4-4 e IEC 61000-4-1.

8.9.3. Procedimiento de ensayo (en resumen)

- a) Medir el error (de indicación) del ESE antes de aplicar los transitorios eléctricos.
- b) Medir el error (de indicación) del ESE durante la aplicación de los transitorios eléctricos de picos de tensión de la forma de onda exponencial doble.
- c) Calcular el error relativo (de indicación) para cada condición de ensayo de acuerdo con el Anexo B.
- d) Restar el error (de indicación) del medidor medido antes de aplicar los transitorios eléctricos al medido durante la aplicación de los transitorios eléctricos.

- e) Inspeccionar que el ESE funcione correctamente.
- f) Llenar el informe de ensayo PNMP 005-3:2018, 4.6.8.

Los siguientes son requisitos adicionales.

- i) Se debe utilizar un generador de transitorios eléctricos con las características de funcionamiento especificadas en la norma citada.
- ii) Se deben verificar las características del generador antes de conectarlo al ESE.
- iii) Cada pico de tensión debe tener una amplitud (positiva o negativa) de 0,5 kV para los instrumentos de la clase ambiental E1 o 1 kV para los instrumentos de la clase ambiental E2 (ver 8.1.3), en fase aleatoria, con un tiempo de subida de 5 ns y una duración de semiamplitud de 50 ns.
- iv) La longitud del transitorio eléctrico debe ser 15 ms, y la frecuencia de repetición de los transitorios eléctricos debe ser 5 kHz.
- v) El sistema de inyección de la red debe tener filtros bloqueadores para impedir que la energía de transitorios eléctricos se disipe en la red.
- vi) Para el acoplamiento de los transitorios eléctricos a las líneas de entrada/salida y de comunicación, se debe utilizar una abrazadera de acoplamiento capacitivo según se define en la norma.
- vii) La duración del ensayo no debe ser menos de un minuto para cada amplitud y polaridad.
- viii) Durante la medición del error (de indicación), se debe operar el ESE con el caudal de referencia.
- ix) Al medir el error (de indicación), deben cumplirse las condiciones de instalación y operación del ESE especificadas en 7.4.2 y deben aplicarse las condiciones de

referencia, salvo indicación contraria. Los medidores de ensayo no marcados con “V” deben montarse con el eje del flujo en orientación horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la temperatura de referencia más baja.

8.9.4. Criterios de aceptación

- a) Después de la aplicación de la perturbación, todas las funciones del ESE deben operar según lo diseñado.
- b) La diferencia entre el error relativo de indicación obtenido durante la aplicación de los transitorios eléctricos y el obtenido con el mismo caudal antes del ensayo, en las condiciones de referencia, no debe exceder de la mitad del error máximo permisible de la zona superior de caudal (ver PNMP 005-1:2018, 4.2), o el ESE debe detectar y poner en evidencia una falla significativa de acuerdo con PNMP 005-1:2018, Anexo B.

8.10. Transitorios eléctricos en la red de CA y CC (PNMP 005-1:2018, A.5)

8.10.1. Objetivo del ensayo

Verificar que el ESE que tenga elementos electrónicos y sea alimentado por la tensión de la red de CA o CC, cumpla con las disposiciones de PNMP 005-1:2018, 5.1.1, en condiciones en las que los transitorios eléctricos se superponen en la tensión de la red, según se indica en PNMP 005-1:2018, Tabla A.1.

8.10.2. Preparación

Seguir las disposiciones de ensayo especificadas en IEC 61000-4-4 e IEC 61000-4-1.

8.10.3. Procedimiento de ensayo (en resumen)

- a) Medir el error (de indicación) del ESE antes de aplicar los transitorios eléctricos.

- b) Medir el error (de indicación) del ESE durante la aplicación de los transitorios eléctricos de picos de tensión de la forma de onda exponencial doble.
- c) Calcular el error relativo (de indicación) para cada condición de ensayo de acuerdo con el Anexo B.
- d) Restar el error (de indicación) del medidor medido antes de aplicar los transitorios eléctricos al medido durante la aplicación de los transitorios eléctricos.
- e) Inspeccionar que el ESE funcione correctamente.
- f) Llenar el informe de ensayo PNMP 005-3:2018, 4.6.9.

Los siguientes son requisitos adicionales.

- i) Se debe utilizar un generador de transitorios eléctricos con las características de funcionamiento especificadas en la norma citada.
- ii) Se deben verificar las características del generador antes de conectarlo al ESE.
- iii) Cada pico de tensión debe tener una amplitud (positiva o negativa) de 1 kV para los instrumentos de la clase ambiental E1 o 2 kV para los instrumentos de la clase ambiental E2 (ver 8.1.3), en fase aleatoria, con un tiempo de subida de 5 ns y una duración de semiamplitud de 50 ns.
- iv) La longitud del transitorio eléctrico debe ser 15 ms, y la frecuencia de repetición de los transitorios eléctricos debe ser 5 kHz.
- v) Todos los transitorios eléctricos deben aplicarse asíncronamente en modo común (tensión asimétrica) durante la medición del error (de indicación) del ESE.
- vi) La duración del ensayo no debe ser menos de un minuto para cada amplitud y polaridad.

- vii) Durante la medición del error (de indicación), se debe operar el ESE con el caudal de referencia.

- viii) Al medir el error (de indicación), deben cumplirse las condiciones de instalación y operación del ESE especificadas en 7.4.2 y deben aplicarse las condiciones de referencia, salvo indicación contraria. Los medidores de ensayo no marcados con “V” deben montarse con el eje del flujo en orientación horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la temperatura de referencia más baja.

8.10.4. Criterios de aceptación

- a) Después de la aplicación de la perturbación, todas las funciones del ESE deben operar según lo diseñado.

- b) La diferencia entre el error relativo de indicación obtenido durante la aplicación de los transitorios eléctricos y el obtenido con el mismo caudal antes del ensayo, en las condiciones de referencia, no debe exceder de la mitad del error máximo permisible de la zona superior de caudal (ver PNMP 005-1:2018, 4.2), o el ESE debe detectar y poner en evidencia una falla significativa de acuerdo con PNMP 005-1:2018, Anexo B.

8.11. Descargas electrostáticas (PNMP 005-1:2018, A.5)

8.11.1. Objetivo del ensayo

Verificar que un medidor de agua cumpla con las disposiciones de PNMP 005-1:2018, 5.1.1, durante la aplicación de descargas electrostáticas directas e indirectas según se indica en PNMP 005-1:2018, Tabla A.1.

8.11.2. Preparación

Seguir las disposiciones de ensayo especificadas en IEC 61000-4-2.

8.11.3. Procedimiento de ensayo (en resumen)

- a) Medir el error (de indicación) del ESE antes de aplicar las descargas electrostáticas.
- b) Cargar un capacitor de 150 pF mediante una fuente de tensión continua adecuada, luego descargar el capacitor a través del ESE conectando un terminal del chasis de soporte a la puesta a tierra y el otro, mediante un resistor de 330 Ω , a superficies del ESE a las que el operador normalmente tiene acceso.

Deben aplicarse las siguientes condiciones:

- 1) incluir el método de penetración de pintura si es apropiado.
 - 2) para cada descarga por contacto, debe aplicarse una tensión de 6 kV;
 - 3) para cada descarga en el aire, debe aplicarse una tensión de 8 kV;
 - 4) para descargas directas, se debe utilizar el método de descarga en el aire cuando el fabricante ha declarado que un revestimiento es aislante;
 - 5) en cada punto de ensayo, deben aplicarse por lo menos 10 descargas directas con intervalos de por lo menos 10 s entre descargas, durante la misma medición o medición simulada;
 - 6) para descargas indirectas, deben aplicarse un total de 10 descargas en el plano de acoplamiento horizontal y un total de 10 descargas para cada una de las diferentes posiciones del plano de acoplamiento vertical.
- c) Medir el error (de indicación) del ESE durante la aplicación de las descargas electrostáticas.
 - d) Calcular el error relativo (de indicación) para cada condición de ensayo de acuerdo con el Anexo B.

- e) Determinar si se ha excedido la falla significativa restando el error (de indicación) del medidor medido antes de aplicar las descargas electrostáticas al medido después de aplicar las descargas electrostáticas.
- f) Inspeccionar que el ESE funcione correctamente.
- g) Llenar el informe de ensayo PNMP 005-3:2018, 4.6.10.

Los siguientes son requisitos adicionales.

- i) Al medir el error (de indicación), el ESE debe ser sometido al caudal de referencia.
- ii) Al medir el error (de indicación), deben cumplirse las condiciones de instalación y operación especificadas en 7.4.2 y deben aplicarse las condiciones de referencia, salvo indicación contraria. Los medidores de ensayo no marcados con “V” deben montarse con el eje del flujo en orientación horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la temperatura de referencia más baja.
- iii) En casos en los que se espera que el diseño de un medidor específico no sea menos susceptible a las perturbaciones con el caudal cero que si se opera en las condiciones de referencia para el caudal, el organismo responsable de la aprobación de modelo debe sentirse libre de optar por un caudal cero durante el ensayo de descargas electrostáticas.
- iv) En el caso de ESE no equipados con un terminal de puesta a tierra, éstos deben ser completamente descargados entre las descargas.
- v) La descarga por contacto es el método de ensayo preferido. Las descargas en el aire deben utilizarse cuando no puede aplicarse la descarga por contacto.

1) Aplicación directa

En el modo de descarga por contacto, que debe realizarse en superficies conductoras, el electrodo debe estar en contacto con el ESE.

En el modo de descarga en el aire sobre superficies aisladas, se mueve el electrodo hacia el ESE y la descarga se produce por chispa.

2) Aplicación indirecta

Las descargas se aplican en el modo de descarga por contacto a los planos de acoplamiento montados en los alrededores del ESE.

8.11.4. Criterios de aceptación

- a) Después de la aplicación de la perturbación, todas las funciones del ESE deben operar según lo diseñado.
- b) La diferencia entre el error relativo (de indicación) obtenido durante la aplicación de las descargas electrostáticas y el obtenido antes del ensayo con el mismo caudal, en las condiciones de referencia, no debe exceder de la mitad del error máximo permisible de la zona superior de caudal (ver PNMP 005-1:2018, 4.2), o el ESE debe detectar y poner en evidencia una falla significativa de acuerdo con PNMP 005-1:2018, Anexo B.
- c) Para ensayos con el caudal cero, la totalización del medidor de agua no debe variar en más del valor del intervalo de verificación.

8.12. Campos electromagnéticos radiados (PNMP 005-1:2018, A.5)

8.12.1. Objetivo del ensayo

Verificar que un medidor de agua cumpla con las disposiciones de PNMP 005-1:2018, 5.1.1, durante la aplicación de campos electromagnéticos radiados según se indica en PNMP 005-1:2018, Tabla A.1.

8.12.2. Preparación

Seguir las disposiciones de ensayo especificadas en IEC 61000-4-3. Sin embargo, el

procedimiento de ensayo especificado en 8.12.3 es un procedimiento modificado aplicable a instrumentos integradores que totalizan el mensurando.

8.12.3. Procedimiento de ensayo (en resumen)

- a) Medir el error intrínseco (de indicación) del ESE en las condiciones de referencia antes de aplicar el campo electromagnético.
- b) Aplicar el campo electromagnético de acuerdo con los requisitos de i) a iv) indicados más abajo.
- c) Iniciar una nueva medición del error (de indicación) del ESE.
- d) Incrementar la frecuencia portadora hasta alcanzar la siguiente frecuencia portadora (ver la Tabla 4) de acuerdo con los requisitos de iv) indicados más abajo.
- e) Detener la medición del error (de indicación) del ESE.
- f) Calcular el error relativo (de indicación) del ESE de acuerdo con el Anexo B.
- g) Calcular la falla restando el error intrínseco (de indicación) del paso a) al error (de indicación) del paso f). Determinar si la falla es una falla significativa.
- h) Cambiar la polarización de la antena.
- i) Inspeccionar que el ESE funcione correctamente.
- j) Repetir los pasos b) a i).
- k) Llenar el informe de ensayo PNMP 005-3:2018, 4.6.11.

Los siguientes son requisitos adicionales.

- i) El ESE y sus cables externos de por lo menos 1,2 m de longitud deben ser sometidos a campos electromagnéticos radiados a intensidades de campo de 3 V/m para los instrumentos de la clase ambiental E1 o 10 V/m para los instrumentos de la clase ambiental E2 (ver 8.1.3).

De acuerdo con IEC 61000-4-3, el alcance de frecuencia para este ensayo de campos electromagnéticos radiados es 26 MHz a 2 GHz, o 80 MHz a 2 GHz cuando es aplicable el ensayo para frecuencias del alcance inferior de 8.13.

- ii) El ensayo se realiza como varios barridos parciales con una antena vertical y varios barridos parciales con una antena horizontal. Las frecuencias recomendadas de inicio y parada para cada barrido se mencionan en la Tabla 4.
- iii) Cada error intrínseco (de indicación) se determina comenzando en una frecuencia de inicio y terminando cuando se alcanza la siguiente frecuencia más alta de la Tabla 4.
- iv) Durante cada barrido, se debe cambiar la frecuencia en etapas de 1 % de la frecuencia real hasta alcanzar la siguiente frecuencia de la Tabla 4. El tiempo de parada en cada etapa de 1 % debe ser idéntico. Sin embargo, el tiempo de parada debe ser igual para todas las frecuencias portadoras del barrido y debe ser suficiente para que el ESE sea estimulado y responda en cada frecuencia.
- v) Las mediciones del error (de indicación) deben realizarse con todos los barridos mencionados en la Tabla 4.
- vi) Al medir el error (de indicación), el ESE debe ser sometido al caudal de referencia.
- vii) Al medir el error (de indicación), deben cumplirse las condiciones de instalación y operación especificadas en 7.4.2 y deben aplicarse las condiciones de referencia, salvo indicación contraria. Los medidores de ensayo no marcados con “V” deben montarse con el eje del flujo en orientación horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la temperatura de referencia más baja.
- viii) Si se espera que el diseño de un medidor específico no sea menos susceptible a los campos electromagnéticos radiados especificados en 8.12 con el caudal cero que si se opera en las condiciones de referencia para el caudal, el organismo responsable

de la aprobación de modelo debe sentirse libre de optar por un caudal cero durante el ensayo de susceptibilidad electromagnética.

Tabla 4 — Frecuencias portadoras de inicio y parada (Campos electromagnéticos radiados)

MHz	MHz	MHz
26	160	600
40	180	700
60	200	800
80	250	934
100	350	1 000
120	400	1 400
144	435	2 000
150	500	

NOTA: Los puntos de interrupción son aproximados.

8.12.4. Criterios de aceptación

- a) Después de la aplicación de la perturbación, todas las funciones del ESE deben operar según lo diseñado.
- b) La diferencia entre el error relativo (de indicación) medido durante la aplicación de cada banda de frecuencia portadora y el obtenido con el mismo caudal antes del ensayo, en las condiciones de referencia, no debe exceder de la mitad del error máximo permisible de la zona superior de caudal (ver PNMP 005-1:2018, 4.2), o el ESE debe detectar y poner en evidencia una falla significativa de acuerdo con PNMP 005-1:2018, Anexo B.
- c) Durante los ensayos aplicados con el caudal cero, la totalización del medidor de agua no debe variar en más del valor del intervalo de verificación.

8.13. Campos electromagnéticos conducidos (PNMP 005-1:2018, A.5)

8.13.1. Objetivo del ensayo

Verificar el cumplimiento de las disposiciones de PNMP 005-1:2018, 5.1.1, durante la aplicación de campos electromagnéticos conducidos según se indica en PNMP 005-1:2018, Tabla A.1.

8.13.2. Preparación

Seguir las disposiciones de ensayo especificadas en IEC 61000-4-6. Sin embargo, el procedimiento de ensayo especificado en 8.13.3 es un procedimiento modificado aplicable a instrumentos integradores que totalizan el mensurando.

8.13.3. Procedimiento de ensayo (en resumen)

- a) Medir el error intrínseco (de indicación) del ESE en las condiciones de referencia antes de aplicar el campo electromagnético.
- b) Aplicar el campo electromagnético de acuerdo con los requisitos de i) a v) indicados más abajo.
- c) Iniciar una nueva medición del error (de indicación) del ESE.
- d) Incrementar la frecuencia portadora hasta alcanzar la siguiente frecuencia portadora (ver la Tabla 5) de acuerdo con los requisitos de v) indicados más abajo.
- e) Detener la medición del error (de indicación) del ESE.
- f) Calcular el error relativo (de indicación) del ESE de acuerdo con el Anexo B.
- g) Calcular la falla restando el error intrínseco (de indicación) del paso a) al error (de indicación) del paso f). Determinar si la falla es una falla significativa.

- h) Inspeccionar que el ESE funcione correctamente.

- i) Llenare el informe de ensayo PNMP 005-3:2018, 4.6.12.

Los siguientes son requisitos adicionales.

- i) El ESE debe ser sometido a campos electromagnéticos conducidos a una amplitud de RF de 3 V (fuerza electromotriz, f.e.m.) para los instrumentos de la clase ambiental E1 o 10 V (f.e.m.) para los instrumentos de la clase ambiental E2 (ver 8.1.3).

- ii) El alcance de frecuencia para este ensayo de campos electromagnéticos conducidos es 0,15 MHz a 80 MHz de acuerdo con IEC 61000-4-6.

- iii) Las frecuencias recomendadas de inicio y parada para cada barrido se mencionan en la Tabla 5.

- iv) Cada error intrínseco (de indicación) se determina comenzando en una frecuencia de inicio y terminando cuando se alcanza la siguiente frecuencia más alta de la Tabla 5.

- v) Durante cada barrido, se debe cambiar la frecuencia en etapas de 1 % de la frecuencia real hasta alcanzar la siguiente frecuencia de la Tabla 5. El tiempo de parada en cada etapa de 1 % debe ser idéntico. Sin embargo, el tiempo de parada debe ser igual para todas las frecuencias portadoras del barrido y debe ser suficiente para que el ESE sea estimulado y responda en cada frecuencia.

- vi) Las mediciones del error (de indicación) deben realizarse con todos los barridos mencionados en la Tabla 5.

- vii) Al medir el error (de indicación), el ESE debe ser sometido al caudal de referencia.

- viii) Al medir el error (de indicación), deben cumplirse las condiciones de instalación y operación especificadas en 7.4.2 y deben aplicarse las condiciones de referencia, salvo indicación contraria. Los medidores de ensayo no marcados con “V” deben

montarse con el eje del flujo en orientación horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la temperatura de referencia más baja.

- ix) Si se espera que el diseño de un medidor específico no sea menos susceptible a los campos electromagnéticos conducidos especificados en 8.13 con el caudal cero que si se opera en las condiciones de referencia para el caudal, el organismo responsable de la aprobación de modelo debe sentirse libre de optar por un caudal cero durante el ensayo de susceptibilidad electromagnética.

Tabla 5 — Frecuencias portadoras de inicio y parada (Campos electromagnéticos conducidos)

MHz	MHz	MHz	MHz
0,15	1,1	7,5	50
0,30	2,2	14	80
0,57	3,9	30	
NOTA: Los puntos de interrupción son aproximados.			

8.13.4. Criterios de aceptación

- a) Después de la aplicación de la perturbación, todas las funciones del ESE deben operar según lo diseñado.
- b) La diferencia entre el error relativo (de indicación) medido durante la aplicación de cada banda de frecuencia portadora y el obtenido con el mismo caudal antes del ensayo, en las condiciones de referencia, no debe exceder de la mitad del error máximo permisible de la zona superior de caudal (ver PNMP 005-1:2018, 4.2), o el ESE debe detectar y poner en evidencia una falla significativa de acuerdo con PNMP 005-1:2018, Anexo B.
- c) Durante los ensayos aplicados con el caudal cero, la totalización del medidor de agua no debe variar en más del valor del intervalo de verificación.

8.14. Sobretensiones en las líneas de señales, datos y control (PNMP 005-1:2018, A.5)

8.14.1. Objetivo del ensayo

Verificar que un medidor de agua cumpla con las disposiciones de PNMP 005-1:2018, 5.1.1, en condiciones en las que las sobretensiones eléctricas se superponen en las señales de entrada y salida y en los puertos de comunicación según se indica en PNMP 005-1:2018, Tabla A.1.

8.14.2. Preparación

Seguir las disposiciones de ensayo especificadas en IEC 61000-4-5.

8.14.3. Procedimiento de ensayo (en resumen)

- a) Medir el error (de indicación) del ESE antes de aplicar las sobretensiones.
- b) Las sobretensiones deben aplicarse línea a línea y línea o líneas a tierra. Al realizar el ensayo línea a tierra, la tensión de ensayo debe aplicarse sucesivamente entre cada una de las líneas y la tierra si no existe otra especificación.
- c) Medir el error (de indicación) del ESE después de la aplicación de las sobretensiones transitorias.
- d) Calcular el error relativo (de indicación) para cada condición.
- e) Restar el error (de indicación) del medidor medido antes de aplicar las sobretensiones al medido después de la aplicación de las sobretensiones.
- f) Inspeccionar que el ESE funcione correctamente.
- g) Llenar el informe de ensayo PNMP 005-3:2018, 4.6.13.

Los siguientes son requisitos adicionales.

- i) Se debe utilizar un generador de sobretensión con las características de funcionamiento especificadas en la norma citada. El ensayo consiste en la exposición del ESE a sobretensiones, cuyo tiempo de subida, duración de impulso, valores máximos de tensión/corriente de salida en impedancias altas/bajas e intervalo de tiempo mínimo entre dos impulsos sucesivos son definidos en la norma citada.
- ii) Se deben verificar las características del generador antes de conectarlo al ESE.
- iii) Si el ESE es un instrumento integrador (medidor), los impulsos de ensayo deben aplicarse de manera continua durante el tiempo de medición.
- iv) Este ensayo solo es aplicable a la clase ambiental E2, para la cual la sobretensión transitoria en línea a línea es 1 kV y, en línea a tierra, es 2 kV.

NOTA En líneas desequilibradas, el ensayo línea a tierra normalmente se realiza con protección primaria.

- v) Este ensayo es aplicable a líneas de señal largas (líneas de más de 30 m de longitud o aquellas líneas instaladas parcial o completamente fuera de los edificios independientemente de su longitud).
- vi) Deben aplicarse por lo menos tres sobretensiones positivas y tres sobretensiones negativas.
- vii) Durante la medición del error (de indicación), el ESE debe ser sometido al caudal de referencia.
- viii) Al medir el error (de indicación), deben cumplirse las condiciones de instalación y operación especificadas en 7.4.2 y deben aplicarse las condiciones de referencia, salvo indicación contraria. Los medidores de ensayo no marcados con “V” deben montarse con el eje del flujo en orientación horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la temperatura de referencia más baja.

8.14.4. Criterios de aceptación

- a) Después de la aplicación de la perturbación, todas las funciones del ESE deben operar según lo diseñado.

- b) La diferencia entre el error relativo (de indicación) obtenido después de la aplicación de las sobretensiones transitorias y el obtenido antes del ensayo no debe exceder de la mitad del EMP de la "zona superior", o el ESE debe detectar y poner en evidencia una falla significativa de acuerdo con PNMP 005-1:2018, Anexo B.

8.15. Sobretensiones en las líneas de la red de CA y CC (PNMP 005-1:2018, A.5)

8.15.1. Objetivo del ensayo

Verificar que un medidor de agua cumpla con los requisitos de PNMP 005-1:2018, 5.1.1, en condiciones en las que las sobretensiones eléctricas se superponen en la tensión de la red según se indica en PNMP 005-1:2018, Tabla A.1.

8.15.2. Preparación

Seguir las disposiciones de ensayo especificadas en IEC 61000-4-5.

8.15.3. Procedimiento de ensayo (en resumen)

- a) Medir el error (de indicación) del ESE antes de aplicar las sobretensiones transitorias.

- b) Salvo indicación contraria, las sobretensiones deben aplicarse de manera sincronizada con la fase de tensión en el cruce del eje de cero y el valor máximo de la onda de tensión alterna (positiva y negativa).

- c) Las sobretensiones deben aplicarse línea a línea y línea o líneas a tierra. Al realizar el ensayo línea a tierra, la tensión de ensayo debe aplicarse sucesivamente entre cada una de las líneas y la tierra si no existe otra especificación.
- d) Medir el error (de indicación) del ESE después de la aplicación de las sobretensiones transitorias.
- e) Calcular el error relativo (de indicación) para cada condición.
- f) Restar el error (de indicación) del medidor medido antes de aplicar las sobretensiones al medido después de la aplicación de las sobretensiones.
- g) Inspeccionar que el ESE funcione correctamente.
- h) Llenar el informe de ensayo PNMP 005-3:2018, 4.6.14.

Los siguientes son requisitos adicionales.

- i) Se debe utilizar un generador de sobretensión con las características de funcionamiento especificadas en la norma citada. El ensayo consiste en la exposición del ESE a sobretensiones, cuyo tiempo de subida, duración de impulso, valores máximos de tensión/corriente de salida en impedancias altas/bajas e intervalo de tiempo mínimo entre dos impulsos sucesivos son definidos en la norma citada.
- ii) Se deben verificar las características del generador antes de conectarlo el ESE.
- iii) Si el ESE es un instrumento integrador, los impulsos de ensayo deben aplicarse de manera continua durante el tiempo de medición.
- iv) Este ensayo solo es aplicable a la clase ambiental E2, para la cual la sobretensión transitoria en línea a línea es 1 kV y, en línea a tierra, es 2 kV.

- v) Este ensayo es aplicable a líneas de señal largas (líneas de más de 30 m de longitud o aquellas líneas instaladas parcial o completamente fuera de los edificios independientemente de su longitud).
- vi) Para las líneas de alimentación por la red de CA, por lo menos tres sobretensiones positivas y tres sobretensiones negativas deben aplicarse de manera sincronizada con una tensión de alimentación de CA en ángulos de 0°, 90°, 180° y 270°.
- vii) Para las líneas de alimentación de CC, deben aplicarse por lo menos tres sobretensiones positivas y tres sobretensiones negativas.
- viii) Durante la medición del error (de indicación), el ESE debe ser sometido al caudal de referencia.
- ix) Al medir el error (de indicación), deben cumplirse las condiciones de instalación y operación especificadas en 7.4.2 y deben aplicarse las condiciones de referencia, salvo indicación contraria. Los medidores de ensayo no marcados con “V” deben montarse con el eje del flujo en orientación horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la temperatura de referencia más baja.

8.15.4. Criterios de aceptación

- a) Después de la aplicación de la perturbación, todas las funciones del ESE deben operar según lo diseñado.
- b) La diferencia entre el error relativo de indicación obtenido después de la aplicación de las sobretensiones transitorias y el obtenido antes del ensayo no debe exceder de la mitad del EMP de la "zona superior", o el ESE debe detectar y poner en evidencia una falla significativa de acuerdo con PNMP 005-1:2018, Anexo B.

8.16. Campo magnético estático (PNMP 005-1:2018, 7.2.8)

8.16.1. Condiciones de ensayo

Las condiciones de ensayo deben aplicarse como se establece a continuación.

Factor de influencia: influencia de un campo magnético estático

Tipo de imán: imán anular

Diámetro externo: 70 mm ± 2 mm

Diámetro interno: 32 mm ± 2 mm

Espesor: 15 mm

Material: ferrita anisótropa

Método de imantación: axial (1 norte y 1 sur)

Retentividad: 385 mT a 400 mT

Fuerza coercitiva: 100 kA/m a 140 kA/m

Intensidad de campo magnético:

A menos de 1 mm de la superficie: 90 kA/m a 100 kA/m

A 20 mm de la superficie: 20 kA/m

NOTA 1 tesla = 10⁴ gauss.

8.16.2. Objetivo del ensayo

Verificar que un medidor de agua — con componentes electrónicos y/o en el que las partes mecánicas pueden verse influenciadas por el campo magnético estático (7.12) —

cumpla con los requisitos de PNMP 005-1:2018, 7.2.8.

8.16.3. Preparación

El medidor de agua debe ponerse en servicio de acuerdo con las condiciones nominales de funcionamiento.

8.16.4. Procedimiento de ensayo en resumen

- a) Se pone el imán permanente en contacto con el ESE en una posición en la que es probable que la acción de un campo magnético estático produzca errores de indicación que excedan el EMP y alteren el funcionamiento correcto del ESE. La ubicación de esta posición se obtiene por el método de tanteo y reconociendo el tipo y construcción del ESE, y/o por experiencia previa. Se pueden investigar diferentes posiciones del imán.
- b) Una vez que se identifica una posición de ensayo, se inmoviliza el imán en esa posición y se mide el error (de indicación) del ESE con el caudal Q_3 .
- c) Al medir el error (de indicación), deben cumplirse las condiciones de instalación y operación especificadas en 7.4.2 y deben aplicarse las condiciones de referencia, salvo indicación contraria. Los medidores no marcados con “V” solo deben ensayarse con el eje del flujo en orientación horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo deben ensayarse a la temperatura de referencia más baja.
- d) La posición del imán, y su orientación, en relación con el ESE debe medirse y registrarse para cada posición de ensayo.
- e) Llenar el informe de ensayo PNMP 005-3:2018, 4.5.11.

8.16.5. Criterios de aceptación

Durante la aplicación de las condiciones de ensayo:

- a) todas las funciones del ESE deben operar según lo diseñado; y
- b) el error relativo (de indicación) del ESE, en las condiciones de ensayo, no debe sobrepasar el error máximo permisible de la zona superior de caudal (ver PNMP 005-1:2018, 4.2).

8.17. Ensayo de ausencia de flujo

8.17.1. Objetivo del ensayo

Verificar que no haya cambios en la indicación del medidor en ausencia de flujo o agua, de acuerdo con las disposiciones de PNMP 005-1:2018, 4.2.9.

Este ensayo solo se requiere para medidores de agua electrónicos o medidores de agua con sensores electrónicos de flujo o volumen.

8.17.2. Preparación

Aplicar los requisitos de instalación y operación especificados en 7.4.2.

8.17.3. Procedimiento de ensayo

- a) Llenar el medidor con agua, purgando todo el aire.
- b) Asegurarse de que no pase flujo por el transductor de medición.
- c) Observar la aguja del medidor durante 15 min.

- d) Descargar completamente el agua del medidor.
- e) Observar la aguja del medidor durante 15 min.
- f) Durante el ensayo, se deben mantener las condiciones de referencia para todas las magnitudes de influencia distintas al caudal.
- g) Llenare el informe de ensayo PNMP 005-3:2018, 4.6.15.

8.17.4. Criterios de aceptación

La totalización del medidor de agua no debe variar en más del valor del intervalo de escala de verificación durante cada intervalo de ensayo.

9. PROGRAMA DE ENSAYO PARA LA APROBACIÓN DE MODELO

9.1. Número de muestras requeridas

Para cada modelo de medidor, el número de medidores completos o sus partes separables que deben ensayarse durante el examen de modelo, debe ser el indicado en PNMP 005-1:2018, Tabla 6.

Se pueden presentar medidores adicionales para realizar el ensayo de durabilidad y los otros ensayos de funcionamiento paralelamente, si se acuerda con el organismo notificado o el organismo responsable de la aprobación de modelo.

9.2. Ensayo de funcionamiento aplicable a todos los medidores de agua

La Tabla 6 proporciona un programa de ensayos de todos medidores de agua para la evaluación de modelo. Los ensayos deben realizarse en por lo menos el número de muestras indicado en PNMP 005-1:2018, Tabla 6, de acuerdo con la designación del medidor, salvo cuando se indica explícitamente en el apartado pertinente.

Los ensayos 1 al 9 pueden realizarse en cualquier orden. Los ensayos 10 al 13 deben realizarse en el orden establecido. El ensayo 14 debe realizarse antes de los ensayos 10 al 13. Si se proporciona un grupo adicional de medidores igual al número indicado en PNMP 005-1:2018, Tabla 6, según la designación del medidor, entonces los ensayos 10 al 13 pueden realizarse paralelamente a los otros ensayos.

Tabla 6 — Programa de ensayos de funcionamiento para todos los tipos de medidor de agua

Ensayo	Apartado	Número de medidores
Los ensayos pueden realizarse en cualquier orden.		
1 Presión estática	7.3	Todos
2 Error (de indicación)	7.4	Todos
3 Ausencia de flujo ^a	8.17	≥ 1
4 Temperatura del agua	7.5	≥ 1
5 Temperatura del agua de sobrecarga ^b	7.6	≥ 1
6 Presión del agua	7.7	≥ 1
7 Flujo inverso	7.8	≥ 1
8 Pérdida de presión	7.9	≥ 1
9 Perturbación del flujo	7.10	≥ 1
Los ensayos deben realizarse en el orden indicado.		
10 Ensayo de durabilidad de flujo discontinuo con Q_3^c o con $Q \geq 2Q_{x2}^e$	7.11.2	≥ 1 ecoa
11 Ensayo de durabilidad de flujo continuo con Q_3^d	7.11.3	≥ 1 ecoa
12 Ensayo de durabilidad de flujo continuo con Q_4	7.11.3	≥ 1 ecoa
13 Ensayo de durabilidad de flujo continuo con $0,9Q_{x1}^f$	7.11.3	≥ 1 ecoa
El ensayo debe realizarse antes de los ensayos 10 al 13.		
14 Ensayo de campo magnético ^g	8.16	≥ 1
ecoa: en cada orientación aplicable a Este ensayo solo se requiere para medidores de agua electrónicos o medidores de agua con dispositivos electrónicos. b Este ensayo solo se aplica a los medidores con una TMA ≥ 50 °C. c Solo para medidores con $Q_3 \leq 16$ m ³ /h. d Solo para medidores con $Q_3 > 16$ m ³ /h. e Ensayo específico para medidores de combinación. f Para medidores de combinación cuando el medidor pequeño no ha sido aprobado previamente. g Para todos los medidores con componentes electrónicos y los medidores mecánicos equipados con un acoplamiento magnético del impulsor al dispositivo de lectura o cualquier otro mecanismo que puede verse afectado por la aplicación externa de un campo magnético (7.12).		

9.3. Ensayos de funcionamiento aplicables a medidores de agua electrónicos, medidores de agua mecánicos equipados con dispositivos electrónicos y sus partes separables

Además de los ensayos mencionados en la Tabla 6, deben aplicarse los ensayos de funcionamiento mencionados en PNMP 005-1:2018, Tabla A.1, a los medidores de agua electrónicos y los medidores de agua mecánicos equipados con dispositivos electrónicos. Los ensayos mencionados en PNMP 005-1:2018, Tabla A.1, pueden realizarse en cualquier orden.

NOTA El número de medidores que se debe proporcionar, se indica en PNMP 005-1:2018, 7.2.2.

Se debe presentar un medidor a todos los ensayos aplicables mencionados en PNMP 005-1:2018, Tabla A.1, de acuerdo con su clasificación ambiental. No se deben permitir sustituciones de los medidores restantes. El medidor debe superar todos los ensayos que se le apliquen.

Cuando el medidor está equipado con sistemas de comprobación, éste también debe cumplir con los requisitos para sistemas de comprobación especificados en el Anexo A.

9.4. Evaluación de modelo de las partes separables de un medidor de agua

El organismo responsable de la aprobación de modelo debe evaluar la compatibilidad de las partes separables de un medidor de agua y las siguientes reglas deben aplicarse.

- a) El certificado de aprobación de modelo para un transductor de medición aprobado por separado (incluyendo el sensor de flujo o volumen) debe indicar el modelo o modelos de calculadora aprobada (incluyendo el dispositivo indicador) con los cuales puede combinarse.
- b) El certificado de aprobación de modelo para una calculadora aprobada por separado (incluyendo el dispositivo indicador) debe indicar el modelo o modelos de transductor de medición aprobado (incluyendo el sensor de flujo o volumen) con los cuales puede combinarse.

- c) El certificado de aprobación de modelo para un medidor combinado debe indicar qué modelo o modelos de calculadora aprobada (incluyendo el dispositivo indicador) y de transductor de medición aprobado (incluyendo el sensor de flujo o volumen) pueden combinarse.
- d) El fabricante debe declarar los errores máximos permisibles de la calculadora (incluyendo el dispositivo indicador) o el transductor de medición (incluyendo el sensor de flujo o volumen) cuando se presenta para el examen de modelo.
- e) La suma aritmética de los EMP de una calculadora aprobada (incluyendo el dispositivo indicador) y un transductor de medición aprobado (incluyendo el sensor de flujo o volumen) no debe sobrepasar los EMP de un medidor de agua completo (ver PNMP 005-1:2018, 4.2).
- f) Los transductores de medición (incluyendo el sensor de flujo o volumen) de los medidores de agua mecánicos, los medidores de agua mecánicos equipados con dispositivos electrónicos y los medidores de agua electrónicos deben ser sometidos a los ensayos de funcionamiento aplicables mencionados en la Tabla 6 y en PNMP 005-1:2018, Tabla A.1.
- g) Las calculadoras (incluyendo el dispositivo indicador) de los medidores de agua mecánicos, los medidores de agua mecánicos equipados con dispositivos electrónicos y los medidores de agua electrónicos deben ser sometidas a los ensayos de funcionamiento aplicables mencionados en la Tabla 6 y en PNMP 005-1:2018, Tabla A.1.
- h) Cuando sea posible, las condiciones de ensayo aplicadas durante la evaluación de modelo de un medidor de agua completo deben aplicarse a las partes separables de un medidor de agua. Cuando esto no es posible para ciertas condiciones de ensayo, deben aplicarse condiciones simuladas, de una severidad y duración equivalentes.
- i) Los requisitos para ensayos de funcionamiento de los capítulos 6 y 7 deben cumplirse cuando sea pertinente.
- j) Los resultados de los ensayos de evaluación de modelo de las partes separables de un medidor de agua deben declararse en un informe con formato similar al de un medidor de agua completo (ver PNMP 005-3:2018).

9.5. Familias de medidores de agua

Cuando se presenta una familia de medidores de agua para la evaluación de modelo, el organismo responsable de la aprobación de modelo debe aplicar los criterios del Anexo D para decidir si los medidores se ajustan a la definición de "familia" y seleccionar los tamaños de medidor que deben ensayarse.

10. ENSAYOS PARA LA VERIFICACIÓN INICIAL

10.1. Verificación inicial de medidores de agua completos y combinados

10.1.1. Objetivo del ensayo

Verificar que los errores relativos (de indicación) de un medidor de agua completo o combinado se encuentren dentro de los errores máximos permisibles indicados en PNMP 005-1:2018, 4.2.2 o 4.2.3.

Se permite que las condiciones de referencia se desvíen con respecto a los valores de tolerancia definidos durante los ensayos de verificación si se puede proporcionar al organismo responsable de la aprobación de modelo evidencias de que el modelo de medidor en consideración no se ve afectado por la desviación de la condición en cuestión. Sin embargo, se deben medir y documentar los valores reales de la condición que se desvía, como parte de la documentación de los ensayos de verificación.

10.1.2. Preparación

Se debe realizar un ensayo de presión a 1,6 veces la PMA durante 1 min.

Durante el ensayo, no se deben observar fugas.

Se deben medir los errores (de indicación) del medidor de agua utilizando los equipos y principios especificados en 7.2 y 7.4.

10.1.3. Procedimiento de ensayo

- a) Instalar los medidores para el ensayo individualmente o en serie.
- b) Aplicar los procedimientos indicados en 7.4.
- c) Asegurarse de que no haya una interacción significativa entre los medidores instalados en serie.
- d) Asegurarse de que la presión de salida de cualquier medidor no sea inferior a 0,03 MPa (0,3 bares).
- e) Asegurarse de que el alcance de temperatura de trabajo del agua sea como se indica a continuación:

T30, T50: $20\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$;

T70 a T180: $20\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$ y $50\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$;

T30/70 a T30/180: $50\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$.

- f) Asegurarse de que todos los demás factores de influencia se mantengan dentro de las condiciones nominales de funcionamiento del medidor.
- g) A menos que se especifiquen caudales alternativos en el certificado de aprobación de modelo, medir los errores (de indicación) en los siguientes alcances de caudal:

Q_1 a $1,1Q_1$;

Q_2 a $1,1Q_2$;

$0,9Q_3$ a Q_3 ;

para medidores de combinación, $1,05Q_{x2}$ a $1,15Q_{x2}$.

NOTA Ver también 10.1.4 c).

- h) Calcular el error (de indicación) para cada caudal de acuerdo con el Anexo B.
- i) Llenar el informe de ensayo PNMP 005-3:2018, 5.3.1, Ejemplo 1.

10.1.4. Criterios de aceptación

- a) Los errores (de indicación) del medidor de agua no deben sobrepasar los errores máximos permisibles indicados en PNMP 005-1:2018, 4.2.2 o 4.2.3.
- b) Si todos los errores (de indicación) del medidor de agua tienen el mismo signo, por lo menos uno de estos errores no debe exceder de la mitad del error máximo permisible. En todos los casos, este requisito debe aplicarse equitativamente con respecto al proveedor de agua y el consumidor (ver también PNMP 005-1:2018, 4.3.3, párrafos 3 y 8).
- c) Cuando sea necesario cumplir con los requisitos de b), y de acuerdo con PNMP 005-1:2018, 7.3.6, se deben medir errores adicionales con los caudales especificados en PNMP 005-1:2018, 7.2.3, pero distintos a los especificados en 10.1.3 g).

10.2. Verificación inicial de las partes separables de un medidor de agua

10.2.1. Objetivo del ensayo

Verificar que los errores (de indicación) de un transductor de medición (incluyendo el sensor de flujo o volumen) o la calculadora (incluyendo el dispositivo indicador) se encuentren dentro de los errores máximos permisibles indicados en el certificado de aprobación de modelo.

Un transductor de medición (incluyendo el sensor de flujo o volumen) debe ser sometido

a los ensayos de verificación inicial mencionados en 10.1.

Una calculadora (incluyendo el dispositivo indicador) debe ser sometida a los ensayos de verificación inicial mencionados en 10.1.

10.2.2. Preparación

Se deben medir los errores (de indicación) de las partes separables aprobadas de un medidor de agua utilizando los equipos y principios especificados en 7.2, y se deben cumplir los requisitos para ensayos de funcionamiento de 7.4 cuando sea aplicable.

Cuando sea posible, las condiciones de ensayo aplicadas durante la evaluación de modelo de un medidor de agua completo deben aplicarse a las partes separables de un medidor de agua. Cuando esto no es posible para ciertas condiciones de ensayo, deben aplicarse condiciones simuladas, de características, severidad y duración equivalentes.

10.2.3. Procedimiento de ensayo

Se debe seguir el procedimiento de ensayo de 10.1.3, salvo cuando son necesarios ensayos simulados.

Llenar el informe de ensayo PNMP 005-3:2018, 5.3.2, Ejemplo 2 y/o 5.3.3, Ejemplo 3.

10.2.4. Criterios de aceptación

Los errores (de indicación) de las partes separables del medidor de agua no deben sobrepasar los errores máximos permisibles indicados en el certificado de aprobación de modelo.

11. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

11.1. Objetivo de los informes

Registrar y presentar el trabajo realizado por el laboratorio de ensayo, incluyendo los resultados de los ensayos y exámenes y toda la información pertinente, de manera exacta, clara y sin ambigüedades, en el formato proporcionado en el PNMP 005-3:2018.

11.2. Datos de identificación y ensayo que se deben incluir en los registros

11.2.1. Evaluación de modelo

El registro de una evaluación de modelo debe contener lo siguiente:

- a) una identificación precisa del laboratorio de ensayo y del medidor ensayado;
- b) una referencia a los antecedentes de calibración de todos los instrumentos y dispositivos de medición utilizados para los ensayos;
- c) los detalles exactos de las condiciones en las que se llevaron a cabo los diferentes ensayos, incluyendo cualquier condición de ensayo específica recomendada por el fabricante;
- d) los resultados y conclusiones de los ensayos, según se exige en esta parte de PNMP 005 (PNMP 005-2:2018);
- e) las limitaciones en cuanto a la aplicación de transductores de medición y calculadoras aprobados por separado.

11.2.2. Verificación inicial

El registro de los ensayos de verificación inicial de un medidor individual debe incluir como mínimo lo siguiente:

- a) la identificación del laboratorio de ensayo:
 - 1) el nombre y la dirección;

- b) la identificación del medidor ensayado;
 - 2) el nombre y la dirección del fabricante o la marca de fábrica utilizada;
 - 3) la clase de exactitud;
 - 4) la clase de temperatura;
 - 5) la designación del medidor Q_3 ;
 - 6) las relaciones Q_3/Q_1 ;
 - 7) la pérdida de presión máxima (y el caudal correspondiente);
 - 8) el año de fabricación y el número de serie del medidor ensayado;
 - 9) el tipo o modelo;
 - 10) los resultados y conclusiones de los ensayos.

ANEXO A (Normativo)

EXAMEN DE MODELO Y ENSAYO DE SISTEMAS DE COMPROBACIÓN DE DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS

A.1 Generalidades

Estos requisitos solo se aplican a los medidores de agua electrónicos y los dispositivos electrónicos instalados en medidores de agua mecánicos cuando hay sistemas de comprobación.

NOTA Se requieren sistemas de comprobación solamente cuando el volumen suministrado de agua es pre-pagado por el cliente y no puede ser confirmado por el proveedor. *No* se requieren sistemas de comprobación cuando las mediciones son no reiniciables y hay dos socios constantes.

Para cumplir con esta parte de PNMP 005, los medidores de agua equipados con sistemas de comprobación deben superar la inspección de diseño y los ensayos de funcionamiento especificados en PNMP 005-1:2018, 7.2.11.

Una muestra del medidor de agua completo, la calculadora (incluyendo el dispositivo indicador) o el transductor de medición (incluyendo el sensor de flujo o volumen) debe ser sometido a todos los exámenes y ensayos aplicables especificados en este Anexo (ver también 9.3).

Después de cada ensayo o examen, se deben llenar las referencias de sección correspondientes de PNMP 005-1:2018, 5.1.3 y B.1 a B.6 sobre sistemas de comprobación, en 5.1.3 del PNMP 005-3:2018, 4.4.1.

La muestra presentada para el examen debe superar todos los ensayos que se le apliquen.

A.2 Objetivo del examen

- a) Verificar que los sistemas de comprobación de los medidores de agua equipados con éstos cumplan con los requisitos especificados en PNMP 005-1:2018, Anexo B.

- b) Verificar que los medidores de agua con estos sistemas de comprobación impidan o detecten el flujo inverso, según se exige en PNMP 005-1:2018, 5.1.3.
- c) Verificar que los sistemas de comprobación relacionados con el transductor de medición cumplan con los requisitos especificados en PNMP 005-1:2018, B.2.

A.3 Procedimientos de examen

A.3.1 Acciones de los sistemas de comprobación (PNMP 005-1:2018, B.1)

- a) Verificar que la detección de fallas significativas mediante los sistemas de comprobación tenga como resultado las siguientes acciones, según el tipo.
- b) Para sistemas de comprobación del tipo P o I:
 - 1) corrección automática de la falla;
 - 2) solo detención del dispositivo defectuoso cuando el medidor de agua sin ese dispositivo sigue cumpliendo con las regulaciones; o
 - 3) una alarma visible o audible, la cual debe continuar hasta que se elimine la causa. Además, cuando un medidor de agua transmite los datos a equipo periférico, la transmisión debe ir acompañada de un mensaje que indique la presencia de una falla. Este requisito no es pertinente para la aplicación de perturbaciones especificadas en PNMP 005-1:2018, A.5.
- c) Si el instrumento está equipado con dispositivos para calcular la cantidad de agua que ha pasado por el medidor durante la ocurrencia de la falla, verificar que no se pueda confundir el resultado de este cálculo con una indicación válida.
- d) Cuando se utilizan sistemas de comprobación, verificar que, en los siguientes casos, no haya una alarma visible o audible a menos que esta alarma se transfiera a una estación remota:

- 1) dos socios contantes;
 - 2) mediciones no reiniciables;
 - 3) mediciones no pre-pagadas.
- e) Si los valores medidos del medidor no se repiten en una estación remota, verificar que se aseguren la transmisión de la alarma y los valores medidos repetidos.

A.3.2 Sistemas de comprobación del transductor de medición (PNMP 005-1:2018, B.2)

A.3.2.1 Objetivo del ensayo

Asegurarse de que los sistemas de comprobación verifiquen que:

- a) el transductor de medición está presente y funciona correctamente;
- b) los datos se transmiten correctamente del transductor de medición a la calculadora; y
- c) se detecta y/o impide el flujo inverso, cuando se utilizan medios electrónicos para esta función.

A.3.2.2 Procedimientos de ensayo

A.3.2.2.1 Transductor de medición (incluyendo el sensor de flujo o volumen) con señales de salida de impulsos

Cuando las señales generadas por el transductor de medición son en forma de impulsos, cada uno de los cuales representa un volumen elemental, realizar ensayos para determinar que los sistemas de comprobación para la generación, transmisión y conteo de impulsos llevan a cabo las siguientes tareas:

- a) el conteo correcto de impulsos;
- b) la detección del flujo inverso, cuando sea aplicable; y
- c) la comprobación del funcionamiento correcto.

Estas funciones de comprobación del tipo P pueden ensayarse mediante una de las siguientes acciones:

- 1) desconectando el sensor de flujo de la calculadora; o
- 2) interrumpiendo la señal que va del sensor de flujo a la calculadora; o
- 3) interrumpiendo el suministro de energía eléctrica al sensor de flujo.

A.3.2.2.2 Transductor de medición (incluyendo el sensor de flujo o volumen) de medidores electromagnéticos

En el caso de medidores electromagnéticos, en los cuales la amplitud de la señal generada por el sensor de flujo es proporcional al caudal, se puede utilizar el siguiente procedimiento para ensayar los sistemas de comprobación.

- a) Aplicar una señal de entrada simulada, con una forma similar a la de la señal de medición del medidor y que represente un caudal entre Q_1 y Q_4 , a la calculadora y verificar que:
 - 1) el sistema de comprobación sea del tipo P o I;
 - 2) cuando el sistema de comprobación es del tipo I, su función de comprobación se lleve a cabo a intervalos de 5 min o menos;
 - 3) el sistema de comprobación compruebe el sensor de flujo y las funciones de la calculadora;

- 4) el valor digital equivalente de la señal se encuentre dentro de los límites predeterminados declarados por el fabricante y sea compatible con los errores máximos permisibles.
- b) Verificar que la longitud del cable entre el sensor de flujo y la calculadora o el dispositivo auxiliar de un medidor de agua electromagnético no exceda de 100 m o el valor L , expresado en metros, de acuerdo con la siguiente fórmula, el menor de ambos:

$$L = \frac{k\sigma}{fC}$$

donde:

$$k = 2 \times 10^{-5} \text{ m}$$

σ es la conductividad del líquido, en S/m.

f es la frecuencia de campo durante el ciclo de medición, en Hz.

C es la capacitancia efectiva del cable por metro, en F/m.

Si las soluciones del fabricante garantizan resultados equivalentes, estos requisitos pueden ignorarse.

A.3.2.2.3 Otros principios de medición

Cuando se presenta un transductor de medición (incluyendo un sensor de flujo o volumen) que emplea tecnologías no cubiertas en PNMP 005-1:2018, B.2, para la evaluación de modelo, verificar que los sistemas de comprobación proporcionen niveles de seguridad equivalentes.

A.3.3 Sistemas de comprobación de la calculadora (PNMP 005-1:2018, B.3)

A.3.3.1 Objetivo del ensayo

Verificar que los sistemas de comprobación aseguren que la calculadora funcione correctamente y que los cálculos sean válidos.

A.3.3.2 Procedimiento de ensayo

A.3.3.2.1 Funciones de la calculadora

- a) Verificar que los sistemas de comprobación para validar las funciones de la calculadora sean del tipo P o I.
- b) En el caso de sistemas del tipo I, verificar que las comprobaciones de las funciones de la calculadora se realicen por lo menos una vez al día o para cada volumen equivalente a 10 min de flujo con Q_3 .
- c) Verificar que los sistemas de comprobación para validar el funcionamiento de la calculadora garanticen que los valores de todas las instrucciones y datos memorizados de manera permanente sean correctos, utilizando medios tales como:
 - 1) suma de todos los códigos de instrucciones y datos y comparación de la suma con un valor fijo;
 - 2) bits de paridad de líneas y columnas (LRC y VRC);
 - 3) comprobación por redundancia cíclica (CRC 16);
 - 4) doble almacenamiento independiente de datos;
 - 5) almacenamiento de datos en “código de seguridad”, por ejemplo, con protección por suma de comprobación, bits de paridad de líneas y columnas.

- d) Verificar que se realicen correctamente todas las transferencias internas y el almacenamiento de datos relacionados con el resultado de medición, utilizando medios tales como:
- 1) rutinas de lectura-escritura;
 - 2) conversión y reconversión de códigos;
 - 3) uso de “código de seguridad” (suma de comprobación, bit de paridad);
 - 4) doble almacenamiento.

A.3.3.2.2 Cálculos

- a) Verificar que los sistemas de comprobación para validar los cálculos sean del tipo P o I.
- b) En el caso de sistemas del tipo I, verificar que las comprobaciones de los cálculos se realicen por lo menos una vez al día o para cada volumen equivalente a 10 min de flujo con Q_3 .
- c) Verificar que los valores de todos los datos relacionados con la medición, que se almacenen internamente o se transmitan a equipo periférico a través de una interfaz, sean correctos.

Los sistemas de comprobación pueden utilizar medios tales como bit de paridad, suma de comprobación o doble almacenamiento para comprobar la integridad de los datos.

- d) Verificar que el sistema de cálculo cuente con medios para controlar la continuidad del programa de cálculo.

A.3.4 Sistemas de comprobación del dispositivo indicador (PNMP 005-1:2018, B.4)

A.3.4.1 Objetivo del ensayo

- a) Verificar que los sistemas de comprobación del dispositivo indicador detecten que las indicaciones primarias se visualizan y que corresponden a los datos proporcionados por la calculadora.
- b) Verificar que los sistemas de comprobación del dispositivo indicador detecten la presencia del dispositivo indicador si es desmontable.
- c) Verificar que los sistemas de comprobación del dispositivo indicador sean de la forma definida en PNMP 005-1:2018, B.4.2 o B.4.3.

A.3.4.2 Procedimiento de ensayo

- a) Confirmar que el sistema de comprobación del dispositivo indicador primario sea del tipo P;

NOTA 1 Si el dispositivo indicador no es el dispositivo indicador primario, el sistema de comprobación puede ser del tipo I.

NOTA 2 Los medios utilizados para la comprobación incluyen:

- 1) en el caso de dispositivos indicadores que utilizan filamentos incandescentes o diodos emisores de luz (LED), medición de la corriente en los filamentos;
- 2) en el caso de dispositivos indicadores que utilizan tubos fluorescentes, medición de la tensión de rejilla;
- 3) en el caso de dispositivos indicadores que utilizan cristales líquidos multiplexados, comprobación de salida de la tensión de control de las líneas de segmento y de electrodos comunes, para detectar cualquier desconexión o cortocircuito entre circuitos de control.

NOTA 3 No se requieren las comprobaciones mencionadas en PNMP 005-1:2018, 6.7.2.2.

- b) Verificar que el sistema de comprobación del dispositivo indicador incluya la comprobación del tipo P o I de los circuitos electrónicos utilizados para el dispositivo indicador (excepto los circuitos excitadores del propio dispositivo visualizador).
- c) En el caso de sistemas del tipo I, verificar que las comprobaciones del dispositivo indicador se realicen por lo menos una vez al día o para cada volumen equivalente a 10 min de flujo con Q_3 .
- d) Verificar que los valores de todos los datos relacionados con la medición, que se almacenen internamente o se transmitan a equipo periférico a través de una interfaz, sean correctos.

Los sistemas de comprobación pueden utilizar medios tales como bit de paridad, suma de comprobación o doble almacenamiento para comprobar la integridad de los datos.

- e) Verificar que el dispositivo indicador cuente con medios para controlar la continuidad del programa de cálculo.
- f) Verificar que el sistema de comprobación del dispositivo indicador esté funcionando:
 - 1) desconectando todo o parte del dispositivo indicador; o
 - 2) mediante una acción que simule una falla en el dispositivo visualizador, por ejemplo, con un botón de ensayo.

A.3.5 Sistemas de comprobación de los dispositivos auxiliares (PNMP 005-1:2018, B.5)

A.3.5.1 Objetivo del ensayo

- a) Verificar que un dispositivo auxiliar (dispositivo de repetición, dispositivo de impresión, dispositivo de memoria, etc.) con indicaciones primarias incluya un sistema de comprobación del tipo P o I.

- b) Verificar que los sistemas de comprobación de los dispositivos auxiliares comprueben:
 - 1) la presencia del dispositivo auxiliar;

 - 2) que el dispositivo auxiliar está funcionando correctamente;

 - 3) que los datos se transmiten correctamente entre el medidor y el dispositivo auxiliar.

A.3.5.2 Procedimiento de ensayo

- a) Verificar que el dispositivo auxiliar (dispositivo de repetición, dispositivo de impresión, dispositivo de memoria, etc.) con indicaciones primarias incluya un sistema de comprobación del tipo P o I.

- b) Verificar que el sistema de comprobación compruebe que el dispositivo auxiliar está conectado al medidor de agua.

- c) Verificar que el sistema de comprobación compruebe que el dispositivo auxiliar está funcionando y transmitiendo los datos correctamente.

A.3.6 Sistemas de comprobación de los instrumentos de medición asociados (PNMP 005-1:2018, B.6)

A.3.6.1 Objetivo del ensayo

- a) Examinar los sistemas de comprobación de los instrumentos de medición asociados distintos al sensor de flujo.

NOTA Además de la medición primaria del volumen, los medidores de agua pueden tener sistemas integrados para medir y visualizar otros parámetros, por ejemplo, caudal, presión y temperatura del agua.

- b) Verificar la presencia de un sistema de comprobación del tipo P o I cuando funciones de medición adicionales están presentes.
- c) Verificar que el sistema de comprobación asegure que la señal proveniente de cada instrumento asociado se encuentra dentro de un alcance predeterminado de medición.

A.3.6.2 Procedimiento de ensayo

- a) Identificar el número y los tipos de transductores de medición asociados presentes en el medidor.
- b) Para cada tipo de transductor presente, verificar que un sistema de comprobación del tipo P o I esté presente.
- c) Verificar que el valor de la señal proveniente de cada transductor coincida con el parámetro que se está midiendo (caudal, presión y temperatura del agua).
- d) Cuando los caudales deben utilizarse para controlar las tarifas, verificar que, para cada caudal especificado en PNMP 005-1:2018, 7.2.3, la diferencia entre el caudal real y el caudal indicado no sobrepase el EMP apropiado de PNMP 005-1:2018, 4.2.2 o 4.2.3.

- e) Para todos los demás tipos de instrumento de medición asociado, verificar que la diferencia entre el valor real del parámetro medido y el valor indicado por el instrumento de medición en los extremos y en el punto medio de su alcance de medición no sobrepase el error máximo declarado por el fabricante.

ANEXO B (Normativo)

CÁLCULO DEL ERROR RELATIVO (DE INDICACIÓN) DE UN MEDIDOR DE AGUA

B.1 Información general

Este anexo define las fórmulas que deben aplicarse durante los ensayos de evaluación de modelo y verificación, al calcular el error (de indicación) de:

- a) un medidor de agua completo;
- b) una calculadora separable (incluyendo el dispositivo indicador);
- c) un transductor de medición separable (incluyendo el sensor de flujo o volumen).

B.2 Cálculo del error (de indicación)

Cuando se presenta un transductor de medición (incluyendo el sensor de flujo o volumen) o una calculadora (incluyendo el dispositivo indicador) de un medidor de agua para la aprobación de modelo separable, se realizan mediciones del error (de indicación) solo en estas partes separables del medidor.

Para un transductor de medición (incluyendo el sensor de flujo o volumen), se mide la señal de salida (de impulsos, corriente, tensión o codificada) con un instrumento adecuado.

Para la calculadora (incluyendo el dispositivo indicador), las características de las señales de entrada simuladas (de impulsos, corriente, tensión o codificada) deberían reproducir las del transductor de medición (incluyendo el sensor de flujo o volumen).

El error (de indicación) del ESE se calcula de acuerdo con lo que se considera el volumen de referencia añadido durante un ensayo, comparado con el volumen equivalente de la

señal de entrada simulada a la calculadora (incluyendo el dispositivo indicador) o la señal de salida real del transductor de medición (incluyendo el sensor de flujo o volumen), medido durante el mismo período de ensayo.

A menos que sean exonerados, un transductor de medición (incluyendo el sensor de flujo o volumen) y una calculadora compatible (incluyendo el dispositivo indicador) que tienen aprobaciones de modelo por separado, deben ensayarse juntos como un medidor de agua combinado durante la verificación inicial (ver el capítulo 10). Por lo tanto, el cálculo del error (de indicación) es el mismo que para un medidor de agua completo.

B.3 Cálculo del error relativo (de indicación)

B.3.1 Medidor de agua completo

$$E_{m(i)(i=1,2,\dots,n)} = \frac{V_i - V_a}{V_a} \times 100 \% \quad (\text{B.1})$$

donde:

$E_{m(i)(i=1,2,\dots,n)}$ es el error relativo (de indicación), expresado en porcentaje, de un medidor de agua completo con un caudal i ($i = 1, 2 \dots n$).

V_a es el volumen de referencia (o simulado) que pasa, durante el período de ensayo t_d , m^3 .

V_i es el volumen añadido (o restado) al dispositivo indicador, durante el período de ensayo t_d , m^3 .

B.3.2 Medidor de agua combinado

Un medidor de agua combinado debe ser tratado como un medidor de agua completo (B.3.1) para el propósito de calcular el error (de indicación).

B.3.3 Calculadora (incluyendo el dispositivo indicador)

B.3.3.1 Cálculo del error relativo (de indicación) de una calculadora (incluyendo el dispositivo indicador) ensayado con una señal de entrada de impulsos simulada

$$E_{c(i)(i=1,2,\dots,n)} = \frac{V_i - V_a}{V_a} \times 100 \% \quad (\text{B.2})$$

donde:

$E_{c(i)(i=1,2,\dots,n)}$ es el error relativo (de indicación), expresado en porcentaje, de la calculadora (incluyendo el dispositivo indicador) con un caudal i ($i = 1, 2 \dots n$).

V_i es el volumen registrado por el dispositivo indicador, añadido durante el período de ensayo t_d , m^3 .

$V_a = C_p T_p$ es el volumen de agua equivalente al número total de impulsos de volumen inyectados en el dispositivo indicador durante el período de ensayo t_d , m^3

en el cual

C_p es la constante que iguala un volumen nominal de agua con cada impulso, $\text{m}^3/\text{impulso}$.

T_p es el número total de los impulsos de volumen inyectados durante el período de ensayo t_d , impulsos.

B.3.3.2 Cálculo del error relativo (de indicación) de una calculadora (incluyendo el dispositivo indicador) ensayado con una señal de entrada de corriente simulada

$$E_{c(i)(i=1,2,\dots,n)} = \frac{V_i - V_a}{V_a} \times 100 \% \quad (\text{B.3})$$

donde:

$E_{c(i)(i=1,2...n)}$ es el error relativo (de indicación), expresado en porcentaje, de la calculadora (incluyendo el dispositivo indicador) con un caudal i ($i = 1, 2 \dots n$).

V_i es el volumen registrado por el dispositivo indicador, añadido durante el período de ensayo t_d , m^3 .

$V_a = C_I I t_d$ es el volumen de agua equivalente a la corriente de señal promedio inyectada en la calculadora durante el período de ensayo t_d , m^3

en el cual

C_I es la constante que relaciona la señal de corriente con el caudal, $m^3 \cdot h^{-1} \cdot mA^{-1}$.

t_d es la duración del período de ensayo, h.

I_t es la señal de entrada de corriente promedio durante el período de ensayo t_d , mA.

B.3.3.3 Cálculo del error relativo (de indicación) de una calculadora (incluyendo el dispositivo indicador) ensayado con una señal de entrada de tensión simulada

$$E_{c(i)(i=1,2,...n)} = \frac{V_i - V_a}{V_a} \times 100 \% \quad (B.4)$$

donde:

$E_{c(i)(i=1,2...n)}$ es el error relativo (de indicación), expresado en porcentaje, de la calculadora (incluyendo el dispositivo indicador) con un caudal i ($i = 1, 2 \dots n$).

V_i es el volumen registrado por el dispositivo indicador, añadido durante el período de ensayo t_d , m^3 .

$V_a = C_U U_c t_d$ es el volumen de agua equivalente a la tensión de señal promedio inyectada en la calculadora durante el período de ensayo t_d , (m^3)

en el cual

C_U es la constante que relaciona la señal de entrada de tensión con el caudal,

$$m^3 \cdot h^{-1} \cdot V^{-1}.$$

t_d es la duración del período de ensayo, h.

U_c es el valor promedio de la señal de entrada de tensión durante el período de ensayo t_d , V.

B.3.3.4 Cálculo del error relativo (de indicación) de una calculadora (incluyendo el dispositivo indicador) ensayado con una señal de entrada codificada simulada

$$E_{c(i)(i=1,2,\dots,n)} = \frac{V_i - V_a}{V_a} \times 100 \% \quad (B.5)$$

donde:

$E_{c(i)(i=1,2,\dots,n)}$ es el error relativo (de indicación), expresado en porcentaje, de la calculadora (incluyendo el dispositivo indicador) con un caudal i ($i = 1, 2, \dots, n$).

V_a es el volumen de agua equivalente al valor numérico de la señal de entrada codificada, inyectada en el dispositivo indicador durante el período de ensayo t_d , m^3 .

V_i es el volumen registrado por el dispositivo indicador, añadido durante el período de ensayo t_d , m^3 .

B.3.4 Transductor de medición (incluyendo el sensor de flujo o volumen)

B.3.4.1 Cálculo del error relativo (de indicación) de un transductor de medición (incluyendo el sensor de flujo o volumen) con una señal de salida de impulsos

$$E_{t(i)(i=1,2,\dots,n)} = \frac{V_i - V_a}{V_a} \times 100 \% \quad (\text{B.6})$$

donde:

$E_{t(i)(i=1,2,\dots,n)}$ es el error relativo (de indicación), expresado en porcentaje, de un transductor de medición (incluyendo el sensor de flujo o volumen) con un caudal i ($i = 1, 2 \dots n$).

V_a es el volumen de referencia de agua recolectada durante el período de ensayo t_d , m^3 .

$V_i = C_p T_p$ es el volumen de agua equivalente al número total de impulsos de volumen emitidos por el transductor de medición durante el período de ensayo t_d , m^3

en el cual

C_p es la constante que iguala un volumen nominal de agua con cada impulso de salida, $\text{m}^3/\text{impulso}$.

T_p es el número total de impulsos de volumen emitidos durante el período de ensayo t_d , impulsos.

B.3.4.2 Cálculo del error relativo (de indicación) de un transductor de medición

(incluyendo el sensor de flujo o volumen) con una señal de salida de corriente

$$E_{t(i)(i=1,2,\dots,n)} = \frac{V_i - V_a}{V_a} \times 100 \% \quad (\text{B.7})$$

donde:

$E_{t(i)(i=1,2,\dots,n)}$ es el error relativo (de indicación), expresado en porcentaje, de un transductor de medición (incluyendo el sensor de flujo o volumen) con un caudal i ($i = 1, 2 \dots n$).

V_a es el volumen de referencia de agua recolectada durante el período de ensayo t_d , m^3 .

$V_i = C_i I t_d$ es el volumen de agua equivalente a la señal de salida de corriente promedio emitida por el transductor de medición (incluyendo el sensor de flujo o volumen) durante el período de ensayo t_d , m^3

en el cual

C_i es la constante que relaciona la corriente de señal de salida con el caudal,

$$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{mA}^{-1}.$$

t_d es la duración del período de ensayo, h.

I_t es la señal de salida de corriente promedio emitida durante el período de ensayo t_d , mA.

B.3.4.3 Cálculo del error relativo (de indicación) de un transductor de medición (incluyendo el sensor de flujo o volumen) con una señal de salida de tensión

$$E_{t(i)(i=1,2,\dots,n)} = \frac{V_i - V_a}{V_a} \times 100 \% \quad (\text{B.8})$$

donde:

$E_{t(i)(i=1,2,\dots,n)}$ es el error relativo (de indicación), expresado en porcentaje, de un transductor de medición (incluyendo el sensor de flujo o volumen) con un caudal i ($i = 1, 2 \dots n$).

V_a es el volumen de referencia de agua recolectada durante el período de ensayo t_d , m^3 .

$V_i = C_U t_d U_t$ es el volumen de agua equivalente a la tensión de señal promedio emitida por el transductor de medición (incluyendo el sensor de flujo o volumen) y su duración, medido durante el período de ensayo t_d , (m^3)

en el cual

C_U es la constante que relaciona la señal de salida de tensión con el caudal, $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{V}^{-1}$.

t_d es la duración del período de ensayo, h.

U_t es la señal de salida de tensión promedio emitida durante el período de ensayo t_d , V.

B.3.4.4 Cálculo del error relativo (de indicación) de un transductor de medición (incluyendo el sensor de flujo o volumen) con una señal de salida codificada

$$E_{t(i)(i=1,2,\dots,n)} = \frac{V_i - V_a}{V_a} \times 100 \% \quad (\text{B.9})$$

donde:

$E_{t(i)(i=1,2...n)}$ es el error relativo (de indicación), expresado en porcentaje, de un transductor de medición (incluyendo el sensor de flujo o volumen) con un caudal i ($i = 1, 2 \dots n$).

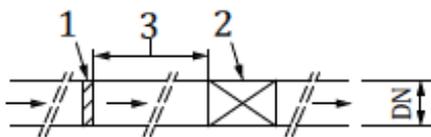
V_a es el volumen de referencia de agua recolectada durante el período de ensayo t_d , m^3 .

V_i es el volumen de agua equivalente al valor numérico de la señal de salida codificada emitida por el transductor de medición (incluyendo el sensor de flujo o volumen) durante el período de ensayo t_d , m^3 .

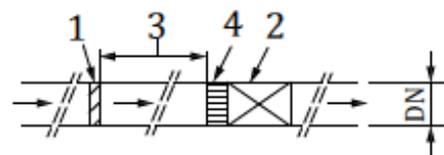
ANEXO C
(Normativo)

**REQUISITOS DE INSTALACIÓN PARA ENSAYOS DE
PERTURBACIÓN DEL FLUJO**

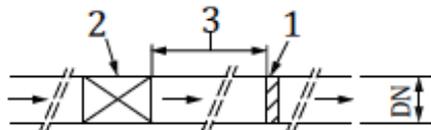
Los requisitos de instalación para los ensayos de perturbación del flujo se muestran en la Figura C.1. El enderezador puede ser un ensamblaje enderezador compuesto de un enderezador y un tramo recto entre éste y el caudalímetro.



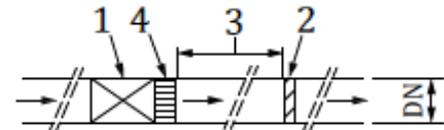
Ensayo 1: sin un enderezador



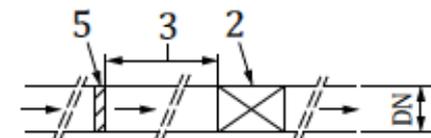
Ensayo 1A: con un enderezador



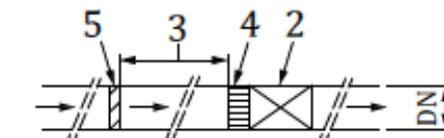
Ensayo 2: sin un enderezador



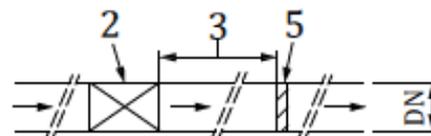
Ensayo 2A: con un enderezador



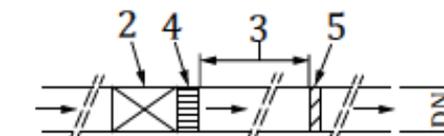
Ensayo 3: sin un enderezador



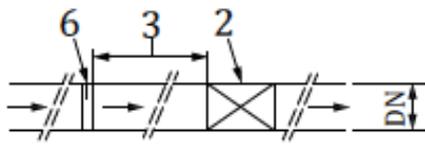
Ensayo 3A: con un enderezador



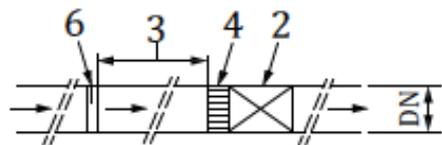
Ensayo 4: sin un enderezador



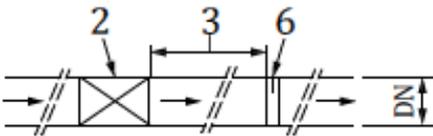
Ensayo 4A: con un enderezador



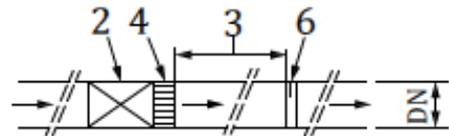
Ensayo 5: sin un enderezador



Ensayo 5A: con un enderezador



Ensayo 6: sin un enderezador



Ensayo 6A: con un enderezador

Leyenda

Esquema de perturbaciones del flujo

- 1 perturbador del tipo 1 — generador de turbulencia sinistrorso
- 2 medidor
- 3 tramo recto
- 4 enderezador
- 5 perturbador del tipo 2 — generador de turbulencia dextrorso
- 6 perturbador del tipo 3 — perturbador de flujo del perfil de velocidad

Figura C.1 — Requisitos de instalación para ensayos de perturbación del flujo

ANEXO D (Normativo)

EVALUACIÓN DE MODELO DE UNA FAMILIA DE MEDIDORES DE AGUA

D.1 Familias de medidores de agua

Este anexo describe los criterios que el organismo responsable de la aprobación de modelo debe aplicar para decidir si un grupo de medidores de agua puede considerarse de la misma familia para fines de aprobación de modelo, cuando se deben ensayar solamente tamaños seleccionados de medidor.

D.2 Definición

Una familia de medidores es un grupo de medidores de agua de tamaños diferentes y/o caudales diferentes, en el cual todos los medidores deben tener las siguientes características:

- el mismo fabricante;
- una similitud geométrica de las partes húmedas;
- el mismo principio de medición;
- las mismas relaciones Q_3/Q_1 ;
- la misma clase de exactitud;
- la misma clase de temperatura;
- el mismo dispositivo electrónico para cada tamaño de medidor;

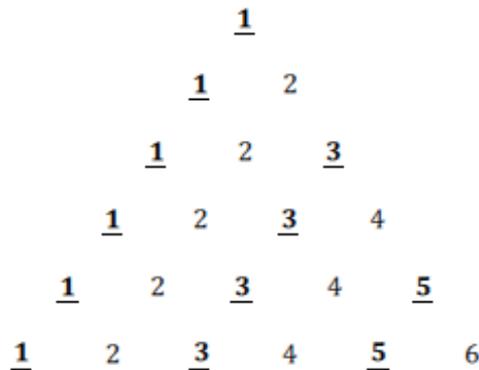
- un patrón similar de diseño y ensamblaje de componentes;
- los mismos materiales para aquellos componentes que son esenciales para el funcionamiento del medidor;
- los mismos requisitos de instalación en relación con el tamaño del medidor, por ejemplo, $10D$ (diámetro de tubo) del tramo recto de tubería aguas arriba del medidor y $5D$ del tramo recto de tubería aguas abajo del medidor.

D.3 Selección del medidor

Cuando se debe considerar los tamaños de una familia de medidores de agua que se deben ensayar, se deben seguir las siguientes reglas:

- a) El organismo responsable de la aprobación de modelo debe declarar las razones para incluir y omitir determinados tamaños de medidor para los ensayos.
- b) Se debe ensayar siempre el medidor más pequeño de cualquier familia de medidores.
- c) Los medidores que tienen los parámetros de funcionamiento más extremos dentro de una familia, deben considerarse para los ensayos, por ejemplo, el alcance de caudal más grande, la velocidad periférica (circunferencial) más alta de las partes móviles, etc.
- d) Si es factible, se debería ensayar siempre el medidor más grande de cualquier familia de medidores. Sin embargo, si no se ensaya el medidor más grande, entonces cualquier medidor con $Q_3 > 2Q_3$ del medidor más grande ensayado no debe ser aprobado como parte de una familia.
- e) Los ensayos de durabilidad solo se aplicarán al tamaño de los medidores en el que se espera el máximo desgaste.
- f) En el caso de medidores que no tienen partes móviles en el transductor de medición, se debe seleccionar el tamaño más pequeño para los ensayos de durabilidad.

- g) Los ensayos en más de una orientación solo se aplicarán al tamaño de medidor para el cual se realiza el ensayo de durabilidad.
- h) Todos los ensayos de funcionamiento referentes a las magnitudes de influencia y las perturbaciones deben realizarse en un tamaño de una familia de medidores.
- i) El ensayo de presión estática (7.3), el ensayo de temperatura del agua (7.5), el ensayo de temperatura del agua de sobrecarga (7.6), el ensayo de presión del agua (7.7), el ensayo de flujo inverso (7.8), el ensayo de pérdida de presión (7.9), el ensayo de perturbación del flujo (7.10), el ensayo de campo magnético (8.16) y el ensayo de ausencia de flujo (8.17) se exigen para el tamaño de medidor más pequeño y un tamaño más. En el caso de familias de medidores en las que todos los tamaños de medidor tienen $DN \geq 300$, solo es necesario ensayar un tamaño de medidor.
- j) Los miembros de la familia subrayados en la Figura D.1 pueden ser considerados como un ejemplo para los ensayos.



NOTA 1 Cada línea representa una familia, siendo el medidor 1 el más pequeño.

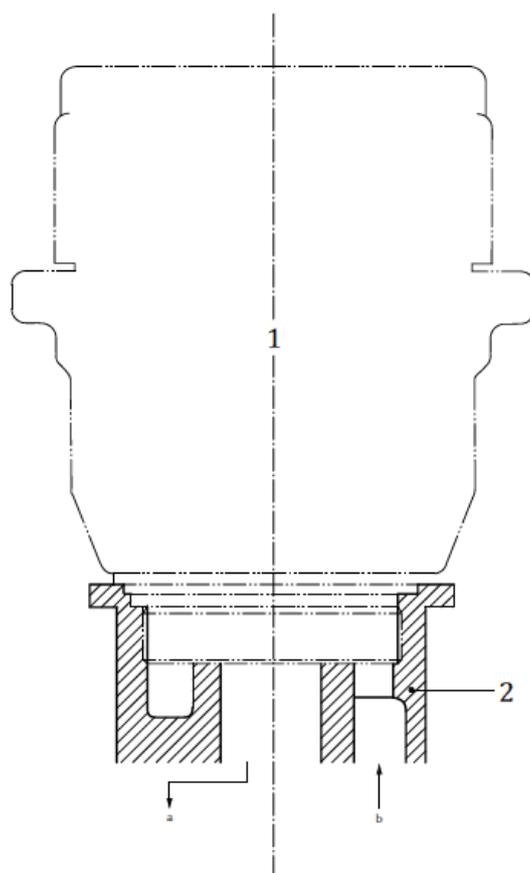
NOTE 2 Las familias pueden ser tan grandes como se desee.

Figura D.1 — Representación de un ejemplo de los miembros de una familia de medidores que se deben ensayar

ANEXO E
(Informativo)

**EJEMPLOS DE MÉTODOS Y COMPONENTES UTILIZADOS
PARA EL ENSAYO DE MEDIDORES CONCÉNTRICOS DE AGUA**

La Figura E.1 muestra un ejemplo de una conexión del colector de un medidor concéntrico de agua.



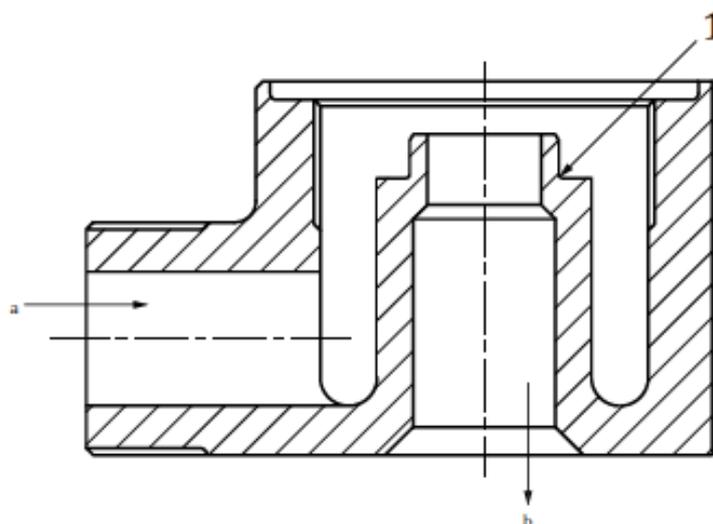
Leyenda

- 1 medidor concéntrico de agua
- 2 colector del medidor concéntrico de agua (vista parcial)
- a Flujo de salida de agua
- b Flujo de entrada de agua

Figura E.1 — Ejemplo de una conexión del colector de un medidor concéntrico de agua

Se puede utilizar un colector especial de ensayo de presión, como el que se muestra en el ejemplo de la Figura E.2, para ensayar el medidor. Para asegurar que los sellos funcionen en el peor de los casos durante el ensayo, las dimensiones de la superficie de sellado del colector de ensayo de presión deberían encontrarse en los límites apropiados de sus tolerancias de fabricación, de acuerdo con las dimensiones del diseño especificadas por el fabricante.

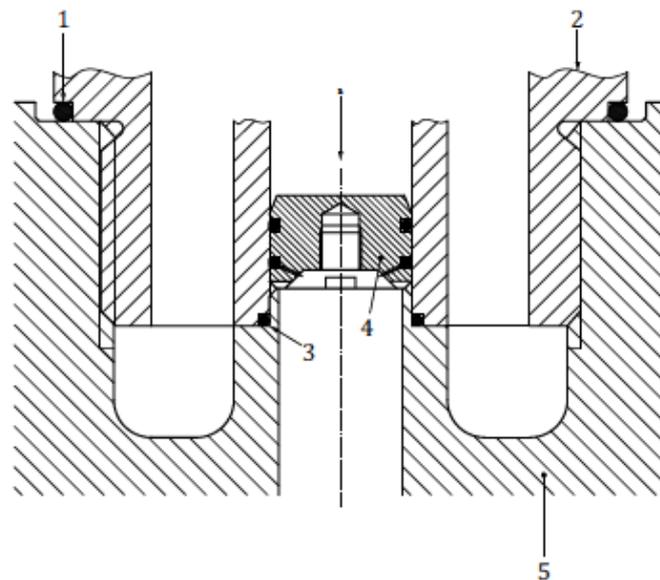
Antes de ser presentado para la aprobación de modelo, se puede requerir que el fabricante del medidor lo selle en un punto por encima de la ubicación del sello interior de la interfaz de medidor/colector, con los medios apropiados para el diseño del medidor. Cuando se instala el medidor concéntrico en el colector de ensayo de presión y se presuriza, es necesario poder ver la fuente de cualquier fuga que fluya de la salida del colector de ensayo de presión y distinguir entre ésta y la que sale de un dispositivo de sellado instalado incorrectamente. La Figura E.3 muestra un ejemplo del diseño de tapón apropiado para muchos diseños de medidor pero se puede utilizar cualquier otro medio adecuado.



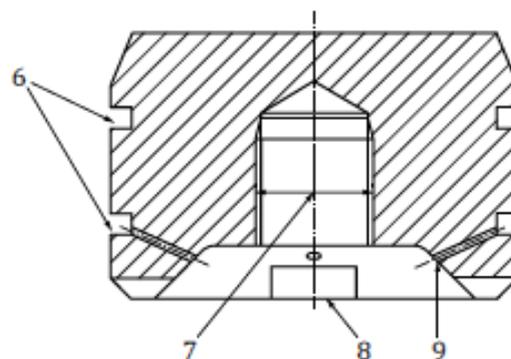
Leyenda

- 1 posición del sello interior
- a Presión
- b Recorrido del agua de fuga que pasa por el sello

Figura E.2 — Ejemplo de un colector para el ensayo de presión de sellos del medidor concéntrico



a) Sección transversal del medidor y el colector que muestra el tapón de ensayo en su posición



b) Detalle del tapón de ensayo

Leyenda

- 1 sello exterior del medidor
- 2 medidor
- 3 sello interior del medidor
- 4 tapón de ensayo [ver el detalle ampliado en b)]
- 5 colector
- 6 ranuras de junta tórica
- 7 roscado interior para perno de retiro
- 8 4-6 cortes, equidistantes
- 9 agujero de fuga "testigo"
- a Presión

Figura E.3 — Ejemplo de un tapón para el ensayo de presión de sellos del medidor concéntrico

ANEXO F
(Informativo)

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL AGUA

La densidad del agua en el medidor de ensayo se calcula a partir de las formulaciones de la Asociación Internacional para las Propiedades del Agua y del Vapor (IAPWS) como se indica a continuación.

F.1 Densidad del agua destilada libre de aire a 101,325 kPa

$$\rho_{dw}(t) = a_0 \left(\frac{1+a_1\theta+a_2\theta^2+a_3\theta^3}{1+a_4\theta+a_5\theta^2} \right) \quad (F.1)$$

donde:

$\rho_{dw}(t)$ es la densidad del agua destilada libre de aire a la temperatura t , en kg/m^3 .
 θ es una temperatura normalizada, $\theta = t/100$.

t es la temperatura, en $^{\circ}\text{C}$, en la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (ITS-90).

a_i son los coeficientes de la ecuación, indicados en la siguiente tabla.

a_i					
$i = 0$	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$	$i = 4$	$i = 5$
999,843 82	1,463 938 6	-0,015 505 0	-0,030 977 7	1,457 209 9	0,064 893 1

F.2 Factor de corrección de presión

$$B = a_0 \left(\frac{1+a_1\theta+a_2\theta^2+a_3\theta^3}{1+a_4\theta} \right) \quad (F.2)$$

donde:

B es la compresibilidad isotérmica del agua a la presión ambiente, in Pa^{-1} .

θ es una temperatura normalizada, $\theta = t / 100$.
 t es la temperatura en ° C (ITS-90).
 a_i son los coeficientes de la ecuación, indicados en la siguiente tabla.

a_i				
$i = 0$	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$	$i = 4$
$5,088\ 21 \times 10^{-10}$	1,263 941 8	0,266 026 9	9,373 483 8	2,020 524 2

F.3 Densidad del agua en el caudalímetro

$$\rho_w(t) = \rho_{dw}(1 + Bp)d_{H_2O} \quad (F.3)$$

donde:

p es la presión manométrica en el caudalímetro (Pa).
 d_{H_2O} es la relación entre la densidad del agua de la instalación de ensayo y la del agua pura, medida en las mismas condiciones (normalmente, la temperatura y presión ambiente).

NOTA 1 Las fórmulas (F.1) a (F.3) se obtienen de las formulaciones IAPWS-95 (Referencia[7]) y son válidas para temperaturas de hasta 80 °C. Cuando las temperaturas son superiores a 80 °C, se deberían utilizar las ecuaciones de estado completas proporcionadas por las formulaciones IAPWS-95 o 98. Las fórmulas completas tienen en cuenta la calibración de medidores de agua caliente y calibraciones con presión. Las ecuaciones para la densidad de agua destilada recomendadas en las Referencias [8]-[10] son adecuadas para su uso en metrología legal, generalmente en la determinación del volumen por pesaje en condiciones atmosféricas. No son recomendables para calibraciones de medidores de agua puesto que solamente se aplican a temperaturas de hasta 40 °C y no tienen fórmulas asociadas de corrección de presión.

NOTA 2 En la Tabla F.1, se proporciona una tabla de densidades calculadas a partir de la formulación IAPWS del agua destilada libre de aire y que se aplican para temperaturas entre 0 °C y 80 °C y una presión de 101,325 kPa.

**Tabla F.1 — Densidad del agua destilada libre de aire
[a partir de la Fórmula (F.1)]**

Temperatura del agua °C	Densidad kg/m ³	Temperatura del agua °C	Densidad kg/m ³	Temperatura del agua °C	Densidad kg/m ³	Temperatura del agua °C	Densidad kg/m ³
0	999,84	20	998,21	40	992,22	60	983,20
1	999,90	21	998,00	41	991,83	61	982,68
2	999,94	22	997,77	42	991,44	62	982,16
3	999,97	23	997,54	43	991,04	63	981,63
4	999,98	24	997,30	44	990,63	64	981,09
5	999,97	25	997,05	45	990,21	65	980,55
6	999,94	26	996,79	46	989,79	66	980,00
7	999,90	27	996,52	47	989,36	67	979,45
8	999,85	28	996,24	48	988,93	68	978,90
9	999,78	29	995,95	49	988,48	69	978,33
10	999,70	30	995,65	50	988,04	70	977,76
11	999,61	31	995,34	51	987,58	71	977,19
12	999,50	32	995,03	52	987,12	72	976,61
13	999,38	33	994,71	53	986,65	73	976,03
14	999,25	34	994,37	54	986,17	74	975,44
15	999,10	35	994,03	55	985,69	75	974,84
16	998,95	36	993,69	56	985,21	76	974,24
17	998,78	37	993,33	57	984,71	77	973,64
18	998,60	38	992,97	58	984,21	78	973,03
19	998,41	39	992,60	59	983,71	79	972,41
20	998,21	40	992,22	60	983,20	80	971,79

Los valores se han tomado de la Referencia [[7]].

ANEXO G (Informativo)

INCERTIDUMBRES MÁXIMAS DE LA MEDICIÓN DE FACTORES DE INFLUENCIA Y PERTURBACIONES

G.1 Introducción

G.2 a G.10 mencionan las incertidumbres máximas que pueden aplicarse a los diferentes ensayos de funcionamiento. Se debería asumir que estas incertidumbres incluyen un factor de cobertura $k = 2$.

Cuando una magnitud de influencia se declara como valor nominal con tolerancias, por ejemplo, 55 ± 2 °C, el valor nominal de la magnitud de influencia (55 °C en el ejemplo) es el valor previsto para el ensayo. Sin embargo, para cumplir con la tolerancia declarada de la magnitud de influencia, la incertidumbre del instrumento de medición que se utiliza para medir esa magnitud, debe restarse al valor absoluto de la tolerancia para obtener los límites de tolerancia reales que deben aplicarse durante un ensayo.

EJEMPLO Si se debe ajustar la temperatura del aire a 55 ± 2 °C y la incertidumbre del instrumento de medición es 0,4 °C, entonces la temperatura real durante el ensayo debe ser $55 \pm 1,6$ °C.

Cuando la magnitud de influencia se da como un alcance, por ejemplo, la temperatura del aire ambiente es de 15 °C a 25 °C, esto implica que la influencia de este efecto no es significativa. Sin embargo, la temperatura del aire debería encontrarse en un valor constante dentro de ese alcance, en este caso, en la temperatura ambiente normal.

G.2 Entradas de señal simulada para la calculadora

Resistencia:	0,2 % de la resistencia aplicada
Corriente:	0,01 % de la corriente aplicada
Tensión	0,01 % de la tensión aplicada
Frecuencia de impulsos:	0,01 % de la frecuencia aplicada

G.3 Ensayos de calor seco, de calor húmedo (cíclico) y de frío

Presión del agua:	5 %
Temperatura del aire ambiente:	0,5 kPa
Temperatura del agua:	0,4 °C
Temperatura del aire ambiente:	0,4 °C
Humedad:	0,6 %
Tiempo (t) (Duración de la aplicación de la magnitud de influencia):	

$0 < t < 2$ h:	1 s
$t > 2$ h:	10 s

G.4 Variación de tensión de alimentación

Tensión (red de CA):	$\leq 0,2$ % de la tensión aplicada
Tensión (red de CA/CC):	$\leq 0,2$ % de la tensión aplicada
Tensión (baterías):	$\leq 0,2$ % de la tensión aplicada
Frecuencia de la red:	$\leq 0,2$ % de la frecuencia aplicada
Distorsión armónica:	$\leq 0,2$ % de la corriente aplicada

G.5 Variación de frecuencia de la red

Tensión de la red:	$\leq 0,2$ % de la tensión aplicada
Frecuencia de la red:	$\leq 0,2$ % de la frecuencia aplicada
Distorsión armónica:	$\leq 0,2$ % de la corriente aplicada

G.6 Reducción de corta duración de la alimentación

Tensión aplicada:	$\leq 0,2$ % de la tensión nominal de la red
Frecuencia de la red:	$\leq 0,2$ % de la frecuencia aplicada
Distorsión armónica:	$\leq 0,2$ % de la corriente aplicada

G.7 Transitorios eléctricos

Tensión de la red:	$\leq 0,2$ % de la tensión aplicada
--------------------	-------------------------------------

Frecuencia de la red: $\leq 0,2$ % de la frecuencia aplicada
Transitorios de tensión: $\leq 0,2$ % de la tensión de pico
Tiempo (t):

15 ms < t < 300 ms: ≤ 1 ms
5 ns < t < 50 ns: ≤ 1 ns

G.8 Descargas electrostáticas

Tensión de la red: $\leq 0,2$ % de la tensión aplicada
Frecuencia de la red: $\leq 0,2$ % de la frecuencia aplicada
Tensión aplicada: $\leq x^a$ % de la tensión de pico
Carga eléctrica: $\leq x^a$ % de la descarga aplicada

^a Estos valores de incertidumbre no estaban disponibles al momento de la publicación.

G.9 Interferencia electromagnética

Tensión: $\leq 0,2$ % de la tensión aplicada
Frecuencia: $\leq 0,2$ % de la frecuencia aplicada
Velocidad de barrido: $\leq 2,5 \times 10^{-4}$ octava/s
Intensidad de campo: $\leq 0,2$ % de la intensidad de campo aplicada
Distorsión armónica: $\leq 0,2$ % de la corriente aplicada

G.10 Vibraciones mecánicas

Frecuencia: $\leq x^a$ Hz
Distorsión armónica: $\leq x^a$ % de [por completar]
Aceleración: $\leq x^a$ m/s²
Desplazamiento lineal: $\leq x^a$ mm
Tiempo (t): $\leq x^a$ s

^a Estos valores de incertidumbre no estaban disponibles al momento de la publicación.

ANEXO H (Informativo)

TOMAS DE PRESIÓN PARA EL ENSAYO DE PÉRDIDA DE PRESIÓN, DETALLES DE AGUJEROS Y RANURAS

H.1 Generalidades

La pérdida de presión de un medidor de agua puede determinarse a partir de mediciones de la presión diferencial en el medidor con el caudal estipulado. Se obtiene utilizando el método especificado en 7.9.

H.2 Diseño de las tomas de presión de la sección de medición

Las tomas de presión de diseño y dimensiones similares deberían instalarse en las tuberías de entrada y salida de la sección de medición.

Las tomas de presión pueden consistir en agujeros hechos en la pared del tubo o pueden ser en forma de ranura anular en la pared del tubo, en cualquiera de los dos casos, perpendiculares al eje del tubo. Debería haber por lo menos cuatro agujeros de toma de presión, equidistantes en un plano alrededor de la circunferencia del tubo.

En las Figuras H.1, H.2 y H.3, se proporcionan diseños recomendados de tomas de presión.

También se pueden utilizar otros medios, tales como una cámara anular o de equilibrio.

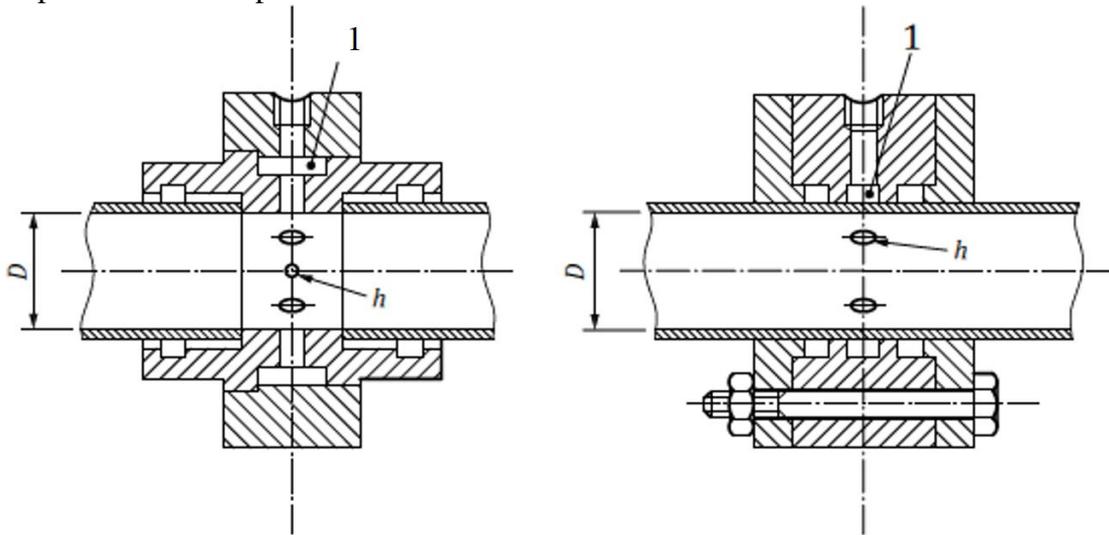
H.3 Tomas de presión, detalles de agujeros y ranuras

Los agujeros hechos en la pared del tubo deberían ser perpendiculares al eje del tubo. Las tomas no deberían tener más de 4 mm ni menos de 2 mm de diámetro. Si el diámetro del tubo es inferior o igual a 25 mm, las tomas deberían tener un diámetro lo más cercano posible a 2 mm. El diámetro de los agujeros debería mantenerse constante en una distancia no inferior a dos veces el diámetro de toma antes de penetrar el tubo. Los agujeros hechos en la pared del tubo deberían estar libres de rebabas en los bordes por donde penetran el diámetro interior del tubo de entrada y de salida. Los bordes deberían estar afilados: no

deberían tener ni radio ni bisel.

Las ranuras deberían ser perpendiculares al eje del tubo y deberían tener las dimensiones indicadas a continuación:

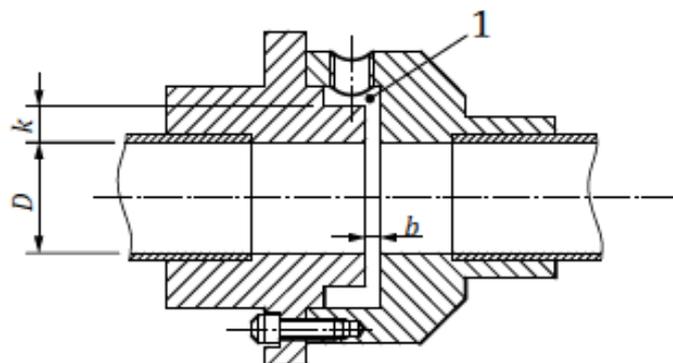
- ancho b igual a $0,08D$ pero no menos de 2 mm ni más de 4 mm;
- profundidad h superior a $2b$.



Leyenda

- 1 cámara anular

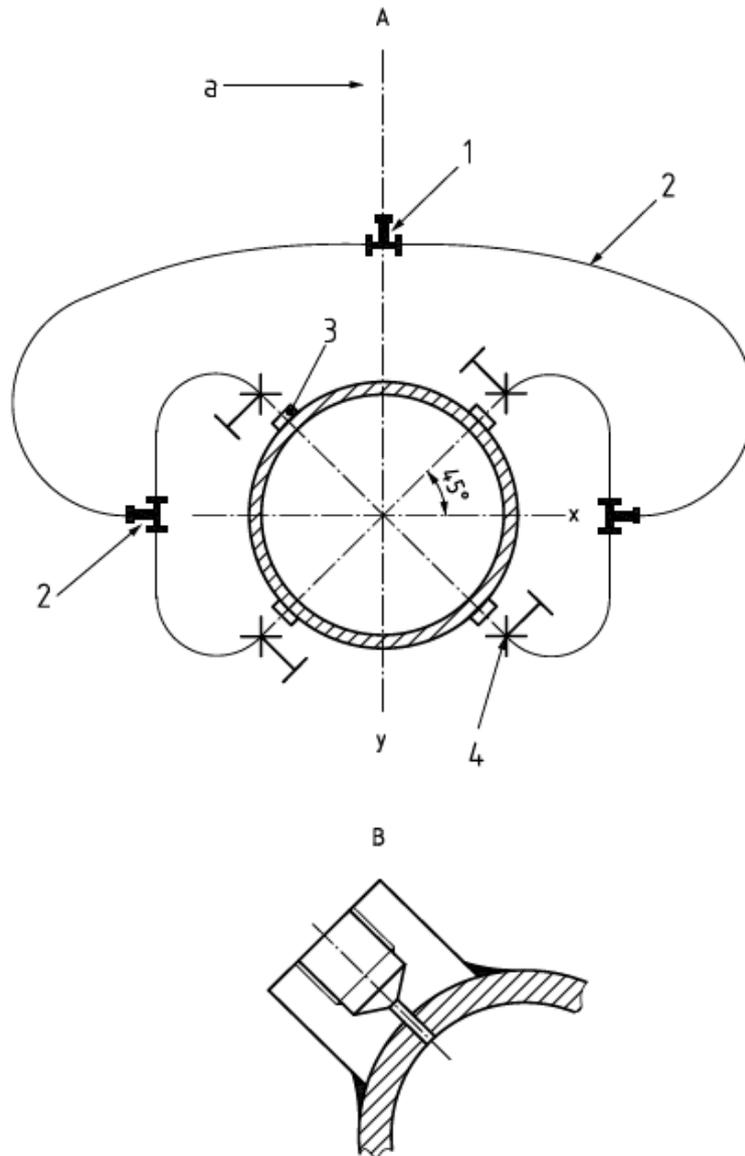
Figura H.1 — Ejemplo de tipo de agujero de una toma de presión con cámara anular, adecuado para secciones de ensayo de diámetro pequeño/medio



Leyenda

- 1 cámara anular

Figura H.2 — Ejemplo de tipo de ranura de una toma de presión con cámara anular, adecuado para secciones de ensayo de diámetro pequeño/medio



Leyenda

- | | | | |
|---|---|---|---|
| A | sección transversal de tubería y tomas de presión | B | detalle de tomas de presión y protuberancia |
| y | eje vertical | x | eje horizontal |
| 1 | unión en T | 2 | manguera flexible o tubo de cobre |
| 3 | toma de presión (ver B) | 4 | llave de aislamiento |
| a | Al manómetro | | |

Figura H.3 — Ejemplo de tipo de agujero de una toma de presión con conexiones entre tomas para suministrar una presión estática media, adecuado para secciones de ensayo de diámetro medio o grande

ANEXO I (Normativo)

PERTURBADORES DE FLUJO

I.1 Generalidades

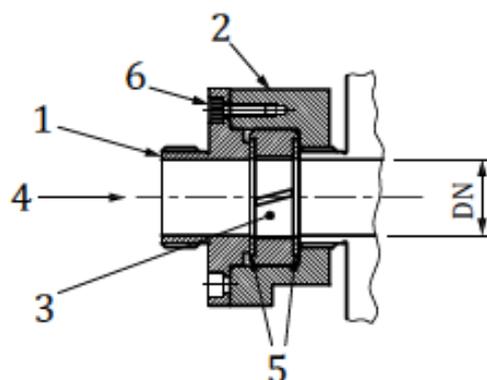
Las Figuras I.1 a I.12 muestran los tipos de perturbador de flujo que deben utilizarse en los ensayos especificados en 7.10.

NOTA Todas las dimensiones que se muestran en los planos están en milímetros, salvo indicación contraria.

Las dimensiones maquinadas deben tener una tolerancia de $\pm 0,25$ mm, salvo indicación contraria.

I.2 Generadores de perturbaciones del tipo roscado

La Figura I.1 muestra una disposición de los generadores de turbulencia para un generador de perturbaciones del tipo roscado.

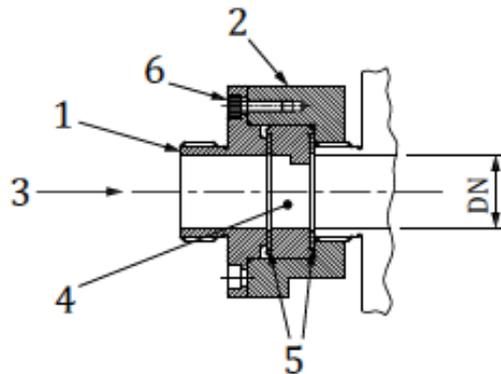


Leyenda

Ítem	Descripción	Cantidad	Material
1	cubierta	1	acero inoxidable
2	cuerpo	1	acero inoxidable
3	generador de turbulencia	1	acero inoxidable
4	flujo	----	----
5	empaquetadura	2	fibra
6	tornillo de cabeza hueca hexagonal	4	acero inoxidable

Figura I.1 — Generador de perturbaciones del tipo roscado — Disposición de los generadores de turbulencia: perturbador del tipo 1 — Generador de turbulencia sinistrorso; perturbador del tipo 2 — Generador de turbulencia dextrorso

La Figura I.2 muestra una disposición de las unidades perturbadoras del perfil de velocidad de un generador de perturbaciones del tipo roscado.

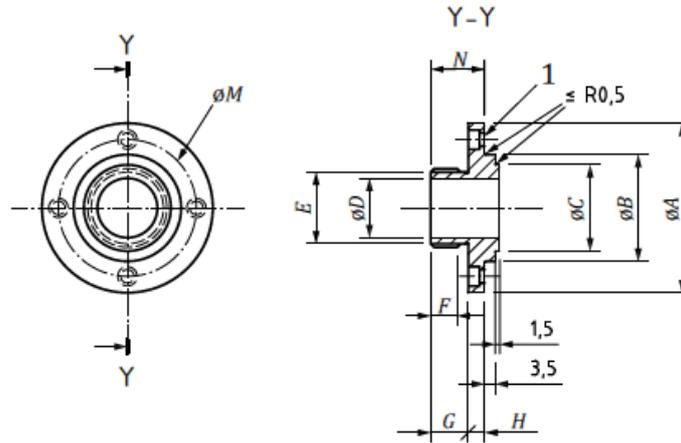


Leyenda

Ítem	Descripción	Cantidad	Material
1	cubierta	1	acero inoxidable
2	cuerpo	1	acero inoxidable
3	flujo	----	----
4	perturbador de flujo	1	acero inoxidable
5	empaquetadura	2	fibra
6	tornillo de cabeza hueca hexagonal	4	acero inoxidable

Figura I.2 — Generador de perturbaciones del tipo roscado — Disposición de las unidades perturbadoras del perfil de velocidad: perturbador del tipo 3 — Perturbador de flujo del perfil de velocidad

La Figura I.3 ilustra la cubierta de un generador de perturbaciones del tipo roscado, con las dimensiones establecidas en la Tabla I.1.



Leyenda

1	4 agujeros ϕJ , diámetro interior $\phi K \times L$	Rugosidad de superficie maquinada $3,2 \mu\text{m}$ por todas partes.
---	---	---

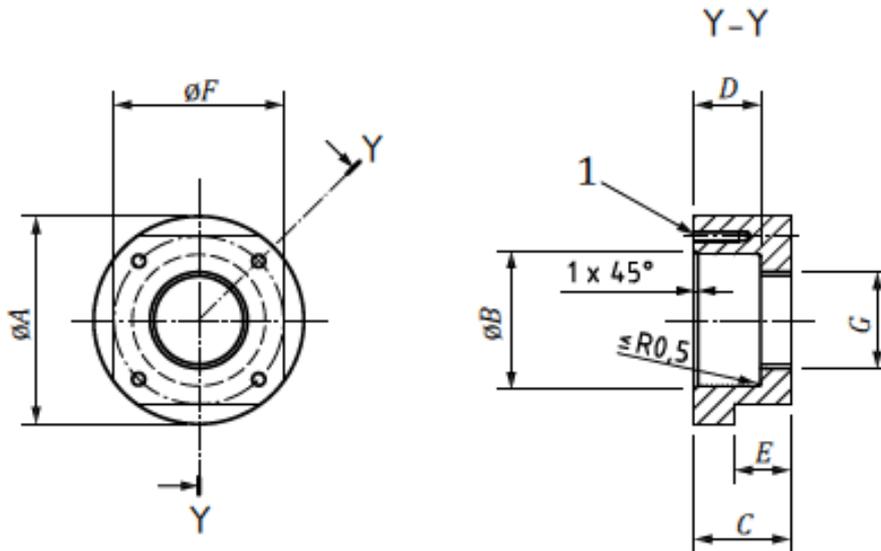
Figura I.3 — Cubierta de un generador de perturbaciones del tipo roscado, con las dimensiones establecidas en la Tabla I.1

Tabla I.1 — Dimensiones de la cubierta (ítem 1) de un generador de perturbaciones del tipo roscado (ver la Figura I.3)

DN	A	B (e9 ^a)	C	D	E ^b	F	G	H	J	K	L	M	N
15	52	29,960 29,908	23	15	G 3/4 " B	10	12,5	5,5	4,5	7,5	4	40	23
20	58	35,950 35,888	29	20	G 1 " B	10	12,5	5,5	4,5	7,5	4	46	23
25	63	41,950 41,888	36	25	G 1 1/4 " B	12	14,5	6,5	5,5	9,0	5	52	26
32	76	51,940 51,866	44	32	G 1 1/2 " B	12	16,5	6,5	5,5	9,0	5	64	28
40	82	59,940 59,866	50	40	G 2 " B	13	18,5	6,5	5,5	9,0	5	70	30
50	102	69,940 69,866	62	50	G 2 1/2 " B	13	20,0	8,0	6,5	10,5	6	84	33

^a Ver ISO 286-2[2].
^b Ver ISO 228-1[1].

La Figura I.4 ilustra el cuerpo de un generador de perturbaciones del tipo roscado, con las dimensiones establecidas en la Tabla I.2.



Leyenda

1	4 agujeros $\phi H \times J$ de profundidad. Rosca interior $K \times L$	Rugosidad de superficie maquinada 3,2 μm por todas partes.
---	---	--

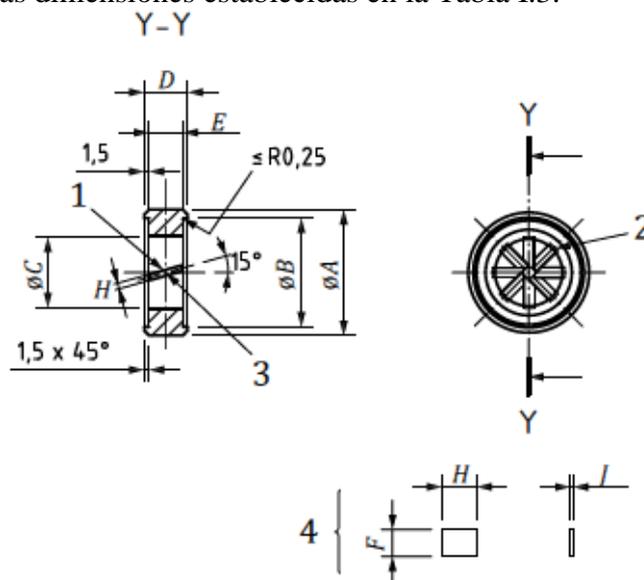
Figura I.4 — Cuerpo de un generador de perturbaciones del tipo roscado, con las dimensiones establecidas en la Tabla I.2.

Tabla I.2 — Dimensiones del cuerpo (ítem 2) de un generador de perturbaciones del tipo roscado (ver la Figura I.4)

DN	A	B (H9 ^a)	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M
15	52	30,052 30,000	23,5	15,5	15	46	G 3/4 " B	3,3	16	M4	12	40
20	58	36,062 36,000	26,0	18,0	15	46	G 1 " B	3,3	16	M4	12	46
25	63	42,062 42,000	30,5	20,5	20	55	G 1 1/4 " B	4,2	18	M5	14	52
32	76	52,074 52,000	35,0	24,0	20	65	G 1 1/2 " B	4,2	18	M5	14	64
40	82	60,074 60,000	41,0	28,0	25	75	G 2 " B	4,2	18	M5	14	70
50	102	70,074 70,000	47,0	33,0	25	90	G 2 1/2 " B	5,0	24	M6	20	84

^a Ver ISO 286-2[2].

La Figura I.5 ilustra el generador de turbulencia de un generador de perturbaciones del tipo roscado, con las dimensiones establecidas en la Tabla I.3.



Leyenda

- 1 8 ranuras equidistantes para colocar las paletas
- 2 colocación de las paletas en las ranuras y soldadura
- 3 profundidad de la ranura en el centro, 0,76
- 4 detalle de paletas

Rugosidad de superficie maquinada $3,2 \mu\text{m}$ por todas partes

Figura I.5 — Generador de turbulencia de un generador de perturbaciones del tipo roscado, con las dimensiones establecidas en la Tabla I.3.

Tabla I.3 — Dimensiones del generador de turbulencia (ítem 3) de un generador de perturbaciones del tipo roscado (ver la Figura I.5)

DN	A (d10 ^a)	B	C	D	E	F	G	H	J
15	29,935 29,851	25	15	10,5	7,5	6,05	7,6	0,57 0,52	0,50
20	35,920 35,820	31	20	13,0	10,0	7,72	10,2	0,57 0,52	0,50
25	41,920 41,820	38	25	15,5	12,5	9,38	12,7	0,82 0,77	0,75
32	51,900 51,780	46	32	19,0	16,0	11,72	16,4	0,82 0,77	0,75
40	59,900 59,780	52	40	23,0	20,0	14,38	20,5	0,82 0,77	0,75
50	69,900 69,780	64	50	28,0	25,0	17,72	25,5	1,57 1,52	1,50

^a Ver ISO 286-2[2].

La Figura I.6 ilustra el perturbador de flujo de un generador de perturbaciones del tipo roscado, con las dimensiones establecidas en la Tabla I.4.

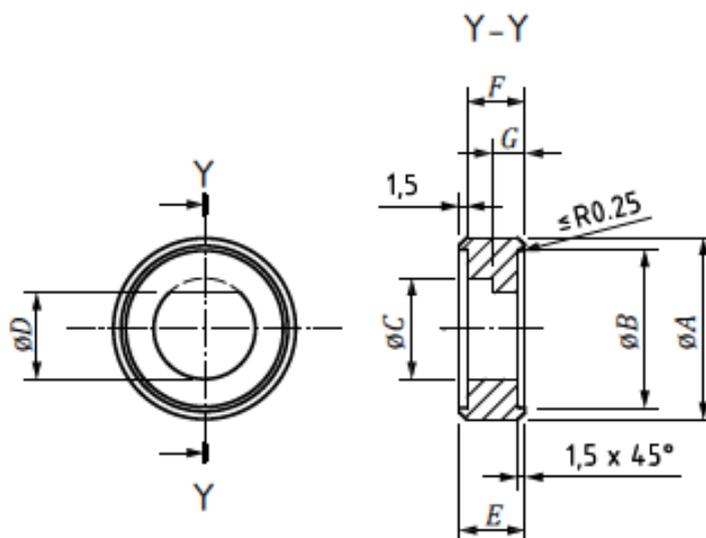


Figura I.6 — Perturbador de flujo de un generador de perturbaciones del tipo roscado, con las dimensiones establecidas en la Tabla I.4.

Tabla I.4 — Dimensiones del perturbador de flujo (ítem 4) de un generador de perturbaciones del tipo roscado (ver la Figura I.6)

DN	A (d10 ^a)	B	C	D	E	F	G
15	29,935 29,851	25	15	13,125	10,5	7,5	7,5
20	35,920 35,820	31	20	17,500	13,0	10,0	5,0
25	41,920 41,820	38	25	21,875	15,5	12,5	6,0
32	51,900 51,780	46	32	28,000	19,0	16,0	6,0
40	59,900 59,780	52	40	35,000	23,0	20,0	6,0
50	69,900 69,780	64	50	43,750	28,0	25,0	6,0

^a Ver ISO 286-2[2].

La Figura I.7 ilustra la empaquetadura de un generador de perturbaciones del tipo roscado, con las dimensiones establecidas en la Tabla I.5.

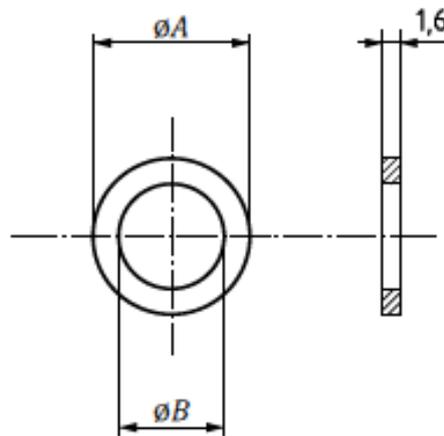
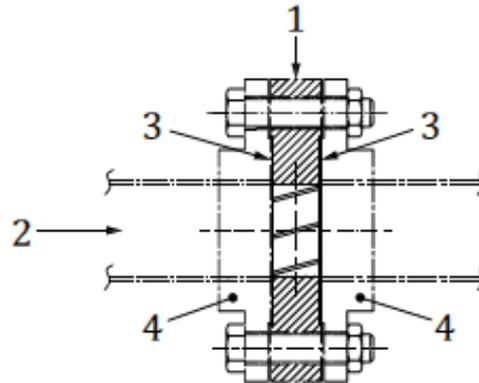


Figura I.7 — Empaquetadura de un generador de perturbaciones del tipo roscado, con las dimensiones establecidas en la Tabla I.5

Tabla I.5 — Dimensiones de la empaquetadura (ítem 5) de un generador de perturbaciones del tipo roscado (ver la Figura I.7)

DN	A	B
15	24,5	15,5
20	30,5	20,5
25	37,5	25,5
32	45,5	32,5
40	51,5	40,5
50	63,5	50,5

La Figura I.8 muestra una disposición de los generadores de turbulencia de un generador de perturbaciones del tipo galleta.

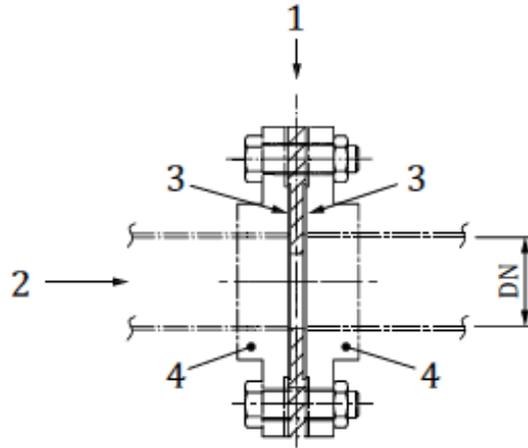


Leyenda

Ítem	Descripción	Cantidad	Material
1	generador de turbulencia	1	acero inoxidable
2	flujo	----	----
3	empaquetadura	2	fibra
4	tramo recto con brida (ISO 7005-2[3] o ISO 7005-3[4])	4	acero inoxidable

Figura I.8 — Generador de perturbaciones del tipo galleta — Disposición de los generadores de turbulencia: perturbador del tipo 1 — Generador de turbulencia sinistrorso; perturbador del tipo 2 — Generador de turbulencia dextrorso

La Figura I.9 muestra una disposición de las unidades perturbadoras del perfil de velocidad de un generador de perturbaciones del tipo galleta.

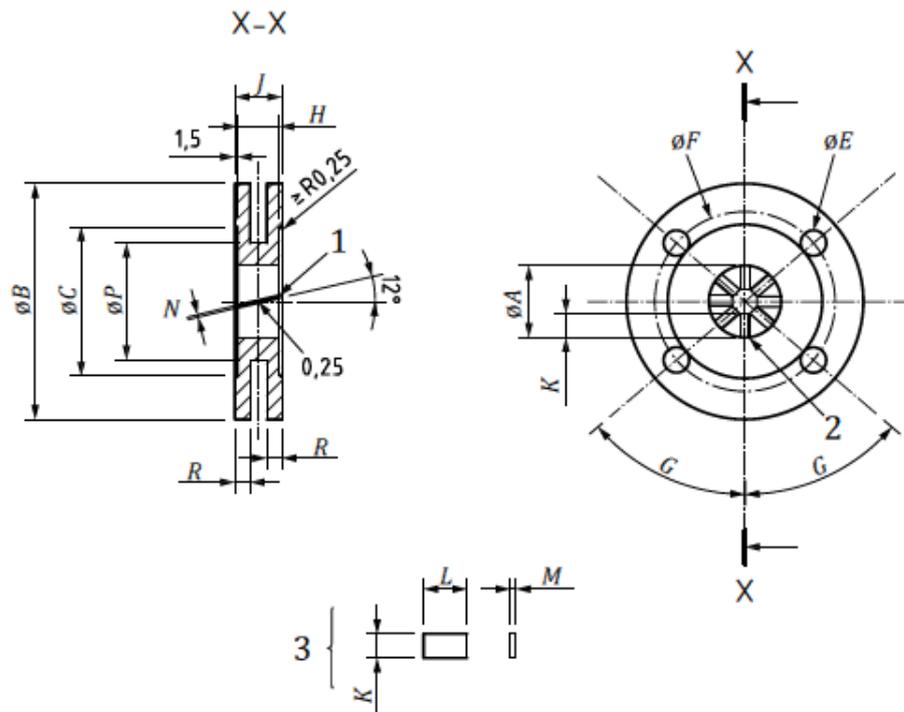


Leyenda

Ítem	Descripción	Cantidad	Material
1	perturbador de flujo	1	acero inoxidable
2	flujo	----	----
3	empaquetadura	2	fibra
4	tramo recto con brida (ISO 7005-2[3] o ISO 7005-3[4])	4	acero inoxidable

Figura I.9 — Generador de perturbaciones del tipo galleta — Disposición de las unidades perturbadoras del perfil de velocidad: perturbador del tipo 3 — Perturbador de flujo del perfil de velocidad

La Figura I.10 ilustra el generador de turbulencia de un generador de perturbaciones del tipo galleta, con las dimensiones establecidas en la Tabla I.6.



Leyenda

- 1 8 ranuras equidistantes para colocar las paletas
- 2 paletas que se debe fijar (soldadura)
- 3 detalle de paletas

Figura I.10 — Generador de turbulencia de un generador de perturbaciones del tipo galleta, con las dimensiones establecidas en la Tabla I.6.

Tabla I.6 — Dimensiones del generador de turbulencia (ítem 1) de un generador de perturbaciones del tipo galleta (ver la Figura I.10)

DN	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	R
50	50	165	104	4	18	125	45°	25	28	16,9	25,5	1,5	1,57 1,52	—	—
65	65	185	124	4	18	145	45°	33	36	21,9	33,4	1,5	1,57 1,52	—	—
80	80	200	139	8	18	160	22 ½°	40	43	26,9	40,6	1,5	1,57 1,52	—	—
100	100	220	159	8	18	180	22 ½°	50	53	33,6	50,8	1,5	1,57 1,52	—	—
125	125	250	189	8	18	210	22 ½°	63	66	41,9	64,1	1,5	1,57 1,52	—	—
150	150	285	214	8	22	240	22 ½°	75	78	50,3	76,1	3,0	3,07 3,02	195	22
200	200	340	269	8	22	295	22 ½°	100	103	66,9	101,6	3,0	3,07 3,02	245	24
250	250	395	324	12	22	350	15°	125	128	83,6	127,2	3,0	3,07 3,02	295	26
300	300	445	374	12	22	400	15°	150	153	100,3	152,7	3,0	3,07 3,02	345	28
400	400	565	482	16	27	515	11 ¼°	200	203	133,6	203,8	3,0	3,07 3,02	445	30
500	500	670	587	20	27	620	9°	250	253	166,9	255,0	3,0	3,07 3,02	545	32
600	600	780	687	20	30	725	9°	300	303	200,3	306,1	3,0	3,07 3,02	645	34
800	800	1015	912	24	33	950	7 ½°	400	403	266,9	408,3	3,0	3,07 3,02	845	36

La Figura I.12 ilustra la empaquetadura de un generador de perturbaciones del tipo galleta, con las dimensiones establecidas en la Tabla I.8.

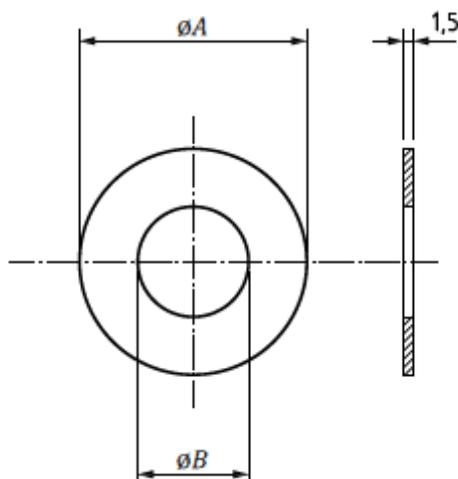


Figura I.12 — Empaquetadura de un generador de perturbaciones del tipo galleta con las dimensiones establecidas en la Tabla I.8

Tabla I.8 — Dimensiones de la empaquetadura (ítem 3) de un generador de perturbaciones del tipo galleta (ver la Figura I.12)

DN	A	B
50	103,5	50,5
65	123,5	65,5
80	138,5	80,5
100	158,5	100,5
125	188,5	125,5
150	213,5	150,5
200	268,5	200,5
250	323,5	250,5
300	373,5	300,5
400	481,5	400,5
500	586,5	500,5
600	686,5	600,5
800	911,5	800,5

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ISO 228-1, *Roscas de tuberías para uniones sin estanqueidad en la rosca — Parte 1: Medidas, tolerancias y designación.*

- [2] ISO 286-2, *Especificación geométrica de productos (GPS) — Sistema de codificación ISO para las tolerancias en dimensiones lineales — Parte 2: Tablas de las clases de tolerancia normalizadas y de las desviaciones límite para agujeros y ejes.*

- [3] ISO 7005-2, *Bridas metálicas — Parte 2: Bridas de hierro fundido.*

- [4] ISO 7005-3, *Bridas metálicas — Parte 3: Bridas de aleaciones de cobre y bridas compuestas.*

- [5] IEC 60068-3-1, *Ensayos ambientales — Parte 3-1: Documentación de acompañamiento y guía — Ensayos de frío y de calor seco.*

- [6] OIML B 3:2003, *Sistema de certificados OIML para instrumentos de medición.*

- [7] Wagner W., & Pruss A. The IAPWS formulation 1995 for the thermodynamic properties of ordinary water substance for general and scientific use [Formulación IAPWS de 1995 para las propiedades termodinámicas de la sustancia agua ordinaria para uso general y científico]. *J. Phys. Chem. Ref. Data.* 2002, **31**, pp. 387-535.

- [8] Wagenbreth H., & Blanke W. Die Dichte des Wassers im Internationalen Einheitensystem und in der Internationalen Praktischen Temperaturskala von 1968 [The density of water in the International System of Units and the International Practical Temperature Scale of 1968] [La densidad del agua en el Sistema Internacional de Unidades y la Escala Internacional Práctica de Temperatura de 1968]. *PTB Mitteilungen* 1971, **81**, pp. 412-415 Bettin H.F., & Spieweck F Die Dichte des Wassers als Funktion der Temperatur nach Einführung der Internationalen Temperaturskala von 1990 [The density of water as a function of temperature after the introduction of the International Temperature Scale of 1990] [La densidad del agua en función de la temperatura después de la introducción de la Escala Internacional de Temperatura de 1990]. *PTB Mitteilungen.* 1990, **100**, pp. 195–196.

- [9] Patterson J.C., & Morris E.C. Measurement of absolute water density, 1 °C to 40 °C [Medición de la densidad absoluta del agua, 1 °C a 40 °C]. *Metrologia*. 1994, **31** pp. 277–288.
- [10] Tanaka M., Girard G., Davis R., Peuto A., Bignell N. Recommended table for the density of water between 0 °C and 40 °C based on recent experimental reports [Tabla recomendada de la densidad del agua entre 0 °C y 40 °C, basada en informes experimentales recientes]. *Metrologia*. 2001, **38**, pp. 301–309.
- [11] ISO 5167-1:2003, *Medición del caudal de fluidos mediante dispositivos de presión diferencial intercalados en conductos en carga de sección transversal circular — Parte 1: Principios y requisitos generales*.
- [12] IEC 60068-1, *Ensayos ambientales — Parte 1: Generalidades y guía*.