



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN
INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Metodología para evaluar la conformidad de medidores
domiciliarios de agua potable con base en la prueba de
desgaste acelerado**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

ING. DE SISTEMAS - GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA

P R E S E N T A :

HEIDY VIVIANA CASTELLANO BAHENA



TUTOR:

M.I. MARCO ANTONIO TOLEDO GUTIÉRREZ

2006

JURADO ASIGNADO:

Presidente: M.C. HIDALGO TOLEDO ARTURO

Secretario: M.I. MAGAÑA ZAMORA JOSÉ DOLORES

Vocal: M.I. TOLEDO GUTIÉRREZ MARCO ANTONIO

1 er. Suplente: DR. SÁNCHEZ GUERRERO GABRIEL DE LAS NIEVES

2 do Suplente: M.I. FUENTES ZENÓN ARTURO

Lugar o lugares donde se realizó la tesis:

CAMPUS MORELOS, MÉXICO

TUTOR DE TESIS:

M.I. MARCO ANTONIO TOLEDO GUTIÉRREZ

FIRMA

ÍNDICE

	Página
Introducción	IV
CAPÍTULO I	
ALGUNOS PROBLEMAS DEL AGUA Y ACCIONES A REALIZAR EN MICROMEDICIÓN	
1.1 Disponibilidad del agua	2
1.2 Usos del agua	2
1.2.1 Usos del agua-problemas	4
1.2.2 Datos de algunos problemas que afecta al uso del agua en ciudades	5
1.3 Cobertura de agua potable	6
1.3.1 Funcionamiento de micromedidores en campo	6
1.3.2 Tarifas de agua potable	8
1.4 Acciones a desarrollar para atender el problema de la medición de agua a nivel domiciliario	10
1.4.1 Metodología para evaluar la conformidad de medidores domiciliarios de agua potable con base en la prueba de desgaste acelerado	11
CAPÍTULO II	
MARCO LEGAL	
2.2 Leyes	13
2.1.1 Ley de Aguas Nacionales	13
2.1.2 LAN y su Reglamento medición de flujo de agua	14
2.1.3 Ley Federal sobre Metrología y Normalización	16
2.1.4 Reglamento de la LFMN	18
2.2 Normativa	19
2.2.1 NOM-012-SCFI-1994	19
2.2.2 NOM-008-SCFI-1993	20
2.2.3 NMX-CH-1/2-1993-SCFI	20
2.2.4 NMX-CH-1/3-1993-SCFI	20
2.2.5 NMX-CH-1/4-1993-SCFI	21
2.3 Principales participantes	21
2.3.1 Entidad Mexicana de Acreditación	22
2.3.2 Organismo de Certificación	22
2.3.3 Laboratorio Acreditado del IMTA	24

CAPÍTULO III METODOLOGÍA PARA LLEVAR A CABO LA PRUEBA DE DESGASTE ACELERADO A MEDIDORES DOMICILIARIOS DE AGUA POTABLE

3.1	Conceptos relacionados con la evaluación de los medidores con base en la NOM-012-SCFI-1994 y en la NMX-CH-1/3 SCFI	26
3.1.1	Medidores a evaluar	26
3.1.2	Definiciones	26
3.1.3	Características metrológicas	28
3.1.4	Tamaño de la muestra de medidores a evaluar	29
3.2	Error de medición	29
3.2.1	En que consiste la prueba de error de medición	29
3.2.2	Procedimiento para llevar a cabo la prueba de error de medición	32
3.3	Metodología para evaluar medidores domiciliarios de agua potable con base en la prueba de desgaste acelerado	34
3.3.1	Condiciones de la prueba	35
3.3.2	Pasos generales para realizar la prueba de desgaste acelerado	35
3.3.3	Variables de la prueba de desgaste acelerado	37

CAPÍTULO IV RESULTADOS DE LAS PRUEBAS A MEDIDORES VOLUMÉTRICOS

4.1	Prueba de error de medición inicial (PEM0) en condiciones normales	40
4.2	Prueba de desgaste acelerado en condiciones normales, primera etapa (50 h)	41
4.3	Prueba de desgaste acelerado en condiciones normales segunda etapa (100 h)	43
4.4	Prueba de desgaste acelerado en condiciones normales, tercera etapa (150 h)	45
4.5	Prueba de desgaste acelerado en condiciones normales cuarta etapa (200 h)	47
4.6	Resultados generales de la prueba de desgaste acelerado en condiciones normales	49
4.7	Prueba de error de medición inicial (PEM0) sólidos en suspensión	50
4.8	Prueba de desgaste acelerado sólidos en suspensión, primera etapa (50 h)	51
4.9	Resultados generales de la prueba de desgaste acelerado sólidos en suspensión	51

CAPÍTULO V

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS A MEDIDORES VELOCIDAD

5.1	Prueba de error de medición inicial (PEM0) en condiciones normales	53
5.2	Prueba de desgaste acelerado en condiciones normales, primera etapa (50 h)	54
5.3	Prueba de desgaste acelerado en condiciones normales segunda etapa (100 h)	56
5.4	Prueba de desgaste acelerado en condiciones normales, tercera etapa (150 h)	58
5.5	Prueba de desgaste acelerado en condiciones normales cuarta etapa (200 h)	60
5.6	Resultados generales de la prueba de desgaste acelerado en condiciones normales	62
5.7	Prueba de error de medición inicial (PEM0) sólidos en suspensión	63
5.8	Prueba de desgaste acelerado sólidos en suspensión, primera etapa (50 h)	64
5.9	Prueba de desgaste acelerado sólidos en suspensión, segunda etapa (100 h)	66
5.10	Prueba de desgaste acelerado sólidos en suspensión, tercera etapa (150 h)	68
5.11	Prueba de desgaste acelerado sólidos en suspensión, cuarta etapa (200 h)	70
5.12	Resultados generales de la prueba de desgaste acelerado sólidos en suspensión	72

CONCLUSIONES	73
--------------	----

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXO I

Principios de operación y funcionamiento del sistema de medición volumétrico y velocidad	81
--	----

INTRODUCCIÓN

Durante siglos, el agua se consideró un recurso natural renovable e inagotable. No obstante, con el paso del tiempo las zonas de alta densidad poblacional requieren de más agua para cubrir las necesidades de sus habitantes. Las actividades agrícolas e industriales han crecido de manera significativa y la disponibilidad del agua y sus problemas son temas que preocupan al mundo entero.

Al respecto, en México, en los últimos años se ha avanzado en materia de fortalecimiento financiero, institucional e infraestructura; se cuenta con información sobre la situación del recurso y con un nuevo marco normativo, entre otros: Sin embargo, existen tareas pendientes; por ejemplo, 11 millones de mexicanos carecen de agua entubada, 23 millones no tienen drenaje y cada segundo se arroja al medio ambiente 150 m³ de agua residual sin darle tratamiento alguno. Aunado a esto, la demanda agregada impone cada año el aumento de cerca de dos millones en la población nacional. Para superar gradualmente el rezago y satisfacer la demanda por crecimiento demográfico, se tendría que invertir 22 mil millones de pesos, más del doble de lo que ahora se está erogando. Sin embargo, para alcanzar los niveles deseables de desarrollo es necesario adecuar las estructuras regulatorias y las políticas públicas.

Ante este marco de problemas, se pueden identificar diversas alternativas de solución, una de ellas es la medición del flujo del agua a nivel domiciliario o micromedición.

La micromedición del flujo del agua es soporte básico para asegurar que los consumos sean racionales y para mantener un equilibrio adecuado entre la producción y la demanda del agua. Respecto a esto y con base en un estudio realizado por el Instituto Mexicano de Tecnología de Agua (IMTA) en 1990 a una muestra de 350 medidores en Guaymas, Son. se observó que el 43% funcionaba en el rango inferior, el 55.8% estaba dentro del normal y el 1.2% en el superior; también se encontró que el 23.4% medía en exceso, el 71.4% lo hacía por debajo y en sólo el 5.2% se realizó una buena medición. Otro ejemplo de los problemas que ocurre en este tema se trata en el estudio desarrollado en el 2005 sobre el desempeño de la calidad del servicio de organismos operadores de agua potable en el país (IMTA, 2005) se destaca que en una muestra de 41 ciudades del país en el periodo 2000 2004 que el porcentaje de micromedidores que funcionan respecto a la cantidad de tomas domiciliarias instaladas en el año 2004 fue alrededor de entre el 42 y el 58 % indicador que sustenta la necesidad de emprender acciones para mejorar esta situación.

Al respecto, en el país se dispone de la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCFI-1994 “Medición de flujo de agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos-Medidores para agua potable fría-Especificaciones”, la cual es referencia para certificar este tipo de medidores de agua. De las pruebas que se realizan en el laboratorio acreditado del IMTA por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA), y que los medidores deben cumplir como requisito para que los fabricantes tramiten con La Asociación Nacional de Normalización (ANCE) la certificación del modelo correspondiente.

En la NOM-012-SCFI-1994, si bien se indica que se debe aplicar la prueba de desgaste a los medidores con sistema cerrado para agua potable fría, no se dispone de una especificación del como llevarla a cabo, lo cual limita a los laboratorios de pruebas acreditar su capacidad técnica para realizarlo.

Con la finalidad de resolver este problema, en este trabajo se ha desarrollado una metodología para evaluar la conformidad de medidores domiciliarios de agua potable considerando la prueba de desgaste acelerado y se presentan los métodos de prueba realizados a los tipos de medidores velocidad y volumétricos, con base en los cuales se instrumentará una propuesta a la Secretaría de Economía para incluir este método de prueba a la NOM-012-SCFI-1994, que de aplicarse, permitirá a los usuarios a adquirir medidores de agua con mejor calidad; es decir se promoverá que los medidores que se adquieran tendrán un mejor desempeño en campo.

El trabajo consta de cinco capítulos a continuación se describe en resumen en que consiste cada uno.

En el capítulo uno se presentan datos sobre la disponibilidad del agua en México, algunos problemas de los usos del agua, la necesidad de acciones en el tema de micromedición y participantes que deben involucrarse en su realización.

En el capítulo dos se describe el marco legal, que para fines de este trabajo está constituido por leyes, participantes y normas. La componente legal la integran la Ley de Aguas Nacionales, la Ley sobre Metrología y Normalización y sus Reglamentos. Con respecto a las normas, existen: la NOM-012-SCFI-1994 "Medición de flujo de agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos-Medidores para agua potable fría-Especificaciones"; la NOM-008-SCFI-1993: Sistema General de Unidades de Medida, NMX-CH-1/2-1993-SCFI: Medición de flujo para agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos-Medidores de agua potable fría-Requisitos de instalación; la NMX-CH-1/3-1993-SCFI: Medición de flujo para agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos-Medidores de agua potable fría-Equipo y métodos de prueba; y la NMX-CH-1/4-1993-SCFI: Medición de flujo de agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos-Medidores para agua potable fría-Pruebas de influencia de campo magnético.

Encuanto a las instalaciones de prueba, el único laboratorio acreditado en el país es del IMTA en donde se llevo a cabo las pruebas con base en la NOM-012-SCFI-1994.

En el capítulo tres se presentan las consideraciones antes de hacer las pruebas según la NOM-012-SCFI-1994 y la NMX CH-1/3-1993-SCFI, el tipo, designación, diámetro y clase metrológica de los medidores evaluados, asimismo, se presenta la secuencia de pasos para realizar las pruebas de desgaste acelerado en condiciones normales y con sólidos en suspensión, así como la prueba de error de medición a los medidores volumétricos y de velocidad.

En los capítulos cuatro y cinco se presentan los resultados de las pruebas de desgaste acelerado del sistema de medición volumétrico y velocidad en condiciones normales y sólidos en suspensión. Estas pruebas se desarrollaron en cuatro etapas: 50, 100, 150 y 200 horas.

CAPÍTULO I

ALGUNOS PROBLEMAS DEL AGUA Y ACCIONES A REALIZAR EN MICROMEDICIÓN

Durante siglos, el agua se consideró un recurso natural renovable e inagotable. No obstante, con el paso del tiempo las zonas de alta densidad poblacional requieren de más agua para cubrir las necesidades de sus habitantes. La población y las actividades agrícolas e industriales han crecido de manera significativa, la disponibilidad del agua y sus problemas son temas que preocupan al mundo entero. En este capítulo se describen varios aspectos de los problemas del agua en el país como son: la disponibilidad del agua, usos del agua, cobertura de agua potable y sus tarifas, funcionamiento de micromedidores en campo, y se establecen algunas acciones para atender el problema de la medición de agua a nivel domiciliario



1.1 Disponibilidad del agua

Debido a la importancia del agua como un recurso que puede ser limitante para el desarrollo económico y social de los países, en los últimos años se ha intensificado el estudio de la cuantificación de la disponibilidad del líquido.

En el país, considerando la precipitación anual es de 772 mm se clasifica en la categoría de países con alta disponibilidad de agua. Sin embargo se tiene una alta tasa de evapotranspiración que disminuye en forma significativa el volumen de agua disponible. La estimación de la evapotranspiración promedio en México, que es de aproximadamente 1,100 km³ (70% de la precipitación total), resulta menor que la de África (80%) pero mayor que las de Europa (64%), Asia (56%) o Australia (64%). De acuerdo con este balance, el volumen de agua disponible en México es de casi 472 km³. Esta cantidad no sólo comprende el líquido disponible para uso humano, sino también el necesario para el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos (ríos y lagos). (*Semarnat, 2005*).

La disponibilidad del agua comúnmente se evalúa a través su volumen por habitante. Si se considera la cifra del censo de población del año 2000 (97.48 millones de habitantes), la disponibilidad natural de agua para ese año fue de 4,841 m³ anuales por habitante, volumen que corresponde a una categoría de disponibilidad baja, muy cerca de los 5,000 m³/hab/año del límite de disponibilidad media. Se estima que para 2010, de acuerdo con las proyecciones que realiza el Consejo Nacional de la Población (Conapo), sobre la población del país, la disponibilidad de agua por habitante se reducirá a 4,180 m³ y para 2020 se limitará a cerca de 3,750 m³/hab/año. En un contexto mundial, la disponibilidad de agua por habitante en México en la actualidad es considerablemente menor que la que tienen países como Canadá (91,567 m³/hab/año), Estados Unidos (8,906 m³/hab/año), Brasil (32,256 m³/hab/año) y en general toda América del Sur, y es ligeramente superior al promedio de los países europeos. (*Semarnat, 2005*)

En el territorio nacional existen 654 cuerpos de agua subterránea o acuíferos y alrededor de 97 están sometidos a sobreexplotación; éstos, suministran aproximadamente 50% del agua subterránea destinada para todos los usos. (*Semarnat, 2005*)

1.2 Usos del agua

El consumo del agua se distribuye según el tipo de actividad para el cual se emplea. La agricultura de irrigación es la que demanda mayor cantidad, a ella le sigue el consumo doméstico y en último término la industria.

En la tabla 1.1 y figura 1.1 se indican los volúmenes que se tienen registrados para los diferentes usos en el República mexicana. (*Administración de los usos del agua en México, 2000*)

Tabla 1.1 Volúmenes de agua concesionados para los diferentes usos.
(Cifras acumuladas a diciembre de 2002).

Uso	Origen (km ³ anuales)		Volumen total (km ³ anuales)	Porcentaje de extracción
	Superficial	Subterráneo		
Agropecuario ^{a*}	38.3	17.8	56.1	77
Abastecimiento público (incluye industria conectada a la red)	3.3	6.3	9.6	13
Industria autoabastecida ^c (incluye termoeléctricas)	5.3	1.6	6.9	10
Total Nacional	46.9	25.7	72.6	100

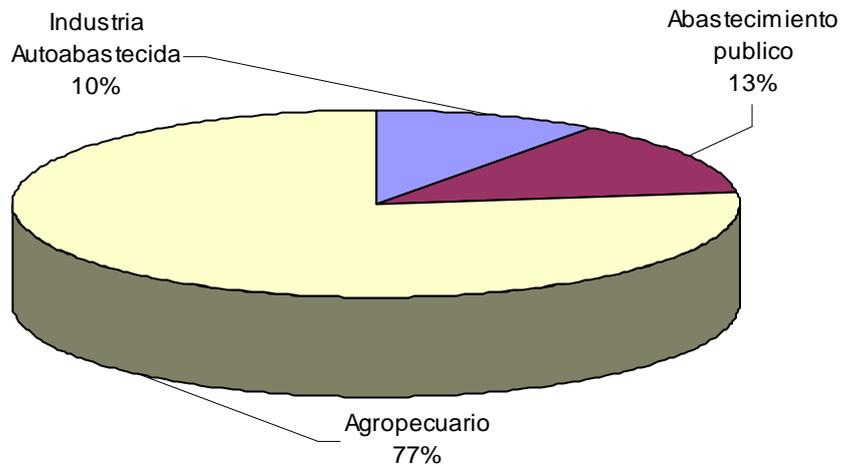
Fuente: Gerencia del registro público de derechos de agua CNA.

Nota: *En el uso agropecuario se incluyen volúmenes de agua que se encuentran en proceso de Regularización.

^a Incluye los usos agrícola, pecuario, acuacultura, múltiples y otros.

^b Incluye los usos público urbano y domestico

^c Incluye los usos industria abastecida, agroindustria, servicios, comercio y termoeléctrica.



Fuente: Gerencia del Registro Público de Derechos de Agua. CNA.

Figura 1.1 Distribución de los usos del agua.

1.2.1 Usos del agua-problemas

Algunos aspectos de la problemática que afectan a los usos del agua son los siguientes: (*Administración de los usos del agua en México, 2000*)

Uso agrícola

El sector agrícola es el mayor consumidor de agua en el país, los productos de las actividades agrícolas como el fósforo y el nitrógeno provenientes de los fertilizantes promueven la eutroficación con daños severos en la vida acuática, afecta los ecosistemas acuáticos naturales, y además, disminuye el volumen de agua de los ríos debido a la extracción para uso agrícola así como su capacidad de dilución y purificación. Como una solución a esta problemática se requiere intensificar la modernización y rehabilitación de la infraestructura agrícola, y consolidar la infraestructura de riego y temporal tecnificado. (*Compendio básico del agua en México, 2002*).

Uso doméstico

Actualmente hay niveles elevados de rezago en la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado, en muchas de las ciudades del país la red hidráulica ha envejecido y como consecuencia se generan fugas de agua, además en algunas poblaciones los habitantes todavía esperan contar con agua potable en sus casas, aunado a esto las tarifas por la prestación del servicio son bajas y no incluyen el costo de saneamiento del agua. Finalmente, hay una escasa cultura de pago por la prestación de los servicios.

Uso industrial

Los contaminantes industriales, como los desechos de las fábricas de productos químicos, suelen arrojarse directamente a las vías fluviales. El agua arrastra también sales y aceites de las calles de las ciudades. En los vertederos industriales y municipales se produce la lixiviación de metales pesados y cloros orgánicos. (*Publicación del population information program ,1998*).

En resumen, la problemática de escasez, mala distribución y uso, competencia, deterioro, desconocimiento y acceso inequitativo del agua, genera la base de conflictos sociales entre distintos usuarios y sectores económicos al interior de una misma localidad, entre las actividades del campo y la ciudad, así como entre regiones del mismo estado, entre entidades federativas y con el vecino país del norte, además la presencia de fenómenos tales como sequías frecuentes y prolongadas o lluvias extraordinarias con una periodicidad de 10 años que provocan inundaciones como en la península de Baja California, a ciclones con una incidencia de 2 a 4 años y frentes fríos que ocasionan precipitaciones y desbordamiento de cauces de ríos como en Sonora, e inundaciones severas como ocurren cada 4 años en el centro-sur de Sinaloa. Todos estos fenómenos afectan el desarrollo de la actividad agrícola, el abastecimiento de agua a la población y la eficiencia en la operación de los organismos operadores del servicio de agua potable. (*Panorámica del agua vínculo y límite de actividades, 2003*).

1.2.2 Datos de algunos problemas que afectan al uso del agua en ciudades

En el mundo, 1.4 miles de millones de personas viven sin agua potable para consumo doméstico y 7 millones de personas al año mueren por enfermedades relacionadas con el agua; en México el 16.5% de las poblaciones viven sin agua potable para consumo doméstico. (*Problemática del agua México en el mundo, 2005*).

De acuerdo con el artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la responsabilidad de prestar los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento recae en los municipios. Para realizar estas funciones se han creado organismos operadores tanto municipales como estatales. (*Uso eficiente del agua, 1994*).

Se estima que en el país existen alrededor de 1,200 organismos operadores, de los cuales 389 se consideran como los más importantes por atender a ciudades con más de 20,000 habitantes.

En la parte norte del país existe escasez de agua en las zonas de mayor desarrollo económico y dinámica demográfica, lo que conduce a que en la medida en la que el consumo aumenta, la disponibilidad de agua per cápita tienda a disminuir para la siguiente generación.

Los principales problemas son los siguientes:

- Pérdidas del agua que se estiman en más del 40% en fugas.
- Insuficiente macro y micromedición.
- Sistemas tarifarios con excesiva diferenciación de tipos de usuario y con tarifas bajas.
- Insuficiente mantenimiento de la infraestructura.

Sirva de ejemplo los casos de la ciudad de Chihuahua y Sonora donde aunque la infraestructura de micro medición del consumo de agua se encuentra desarrollada al 69%, sólo el 66% de ésta se encuentra sometida a algún tipo de cobranza. Esto se explica puesto que un porcentaje de medidores instalados no funcionan, y/o porque existen deficiencias administrativas en los sistemas de cobranza (falta de infraestructura para el registro de consumos y de cobranza).

Respecto al tema de medición del flujo de agua, la calidad del agua y sus instalaciones inadecuadas son algunos de los factores que influyen para que el funcionamiento de los medidores no sea el correcto.

1.3 Cobertura de agua potable

En México del periodo de 1990 al 2003 la cobertura nacional del servicio de agua ha tenido un crecimiento constante. La población creció en 16.9 millones de personas y los habitantes con servicio se incrementaron en 24.8 millones. (CNA, 2003). Ver tabla 1.2

Tabla 1.2 Evolución de la cobertura nacional del agua.

Año	Población Total (millones)	Habitantes (millones)			Porcentaje de
		Con servicio	Sin servicio	Beneficiados	Cobertura
1990*	83,5	64,9	18,6	1,8	77,7
1991	85,1	67,2	17,9	2,3	79
1992	86,7	69,7	17	2,5	80,4
1993	88,4	71,9	16,5	2,2	81,3
1994	90	74	16	2,1	82,2
1995*	91,2	76,7	14,5	2,7	84,1
1996	92,7	78,8	13,9	2,1	85
1997	94,2	80,7	13,5	1,9	85,7
1998	95,8	82,8	13	2,1	86,4
1999	97,3	85	12,3	2,2	87,4
2000	96,6	85,5	11,1	1,7	88,5
2001	98	82,7	10,8	1,7	89
2002	99,3	88,6	10,7	1,4	89,2
2003	100,4	89,8	10,6	1,2	89,4

Fuente: CNA/SGHUV Unidad de agua potable y saneamiento.

*Dato censal proporcionado por el INEGI

1.3.1 Funcionamiento de micromedidores en campo

Las técnicas de uso eficiente en las ciudades se pueden clasificar en cinco grupos: medición, detección y reparación de fugas, sistemas tarifarios, reglamentación y comunicación y educación. (*Uso eficiente del agua 1994*). La micromedición tiene por objeto cuantificar periódicamente el consumo de agua de cada usuario con fines de facturación, de asegurar que los consumos sean racionales y para mantener un equilibrio adecuado entre la producción y la demanda de agua. (*Uso eficiente del agua, 1994*).

En un estudio realizado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) en 1990 en Guaymas, Son. De un total de 17,420 tomas conectadas ala red, solo el 17.8 % de usuarios tienen micromedidor funcionando. Para el 82.2 % de los usuarios el servicio es estimado de estos 54.6 % tienen micromedidor descompuesto y 45.4 % no tienen micromedidor. Al verificar una muestra de 350 medidores, se estableció que el 43% funcionaba en el rango inferior, el 55.8% estaba dentro del normal y el 1.2% en el superior; también se encontró que el 23.4% medía en exceso, el 71.4% lo hacía por debajo y sólo el 5.2% hacía una buena medición (CNA, 2004).

Con base en un estudio desarrollado en el 2005 sobre el desempeño de la calidad del servicio de organismos operadores de agua potable en el país (IMTA, 2005) se destaca que en una muestra de 41 ciudades del país en el periodo 2000-2004 que el porcentaje de micromedidores que funcionan respecto a la cantidad de tomas domiciliarias instaladas en el año 2004 fue alrededor de entre el 42 y el 58 % indicador que sustenta la necesidad de emprender acciones para mejorarlo. Ver tablas 1.3, 1.4 e ilustración 1.2

Tabla 1.3 Ciudades con información de medidores domiciliarios.

No	Ciudad/Estado	No	Ciudad/Estado
1	Santiago de Querétaro /Querétaro	23	Acapulco de Juárez/Guerrero
2	San Juan del río /Querétaro de Arteaga	24	Lázaro Cárdenas/ Michoacán de Ocampo
3	Tepegi de Ocampo /Hidalgo	25	Tuxtla Gutiérrez/Chiapas
4	Valladolid /Yucatán	26	Ciudad López Mateos/ México
5	Mérida /Yucatán	27	León de los Aldama/ Guanajuato
6	Toluca de Ierdo/ México	28	Celaya /Guanajuato
7	Atlatomulco de Fabela /México	29	Salamanca /Guanajuato
8	Uruapan/ Michoacán de Ocampo	30	Irapuato Guanajuato
9	Patzcuaro/Michoacán de Ocampo	31	Guanajuato /Guanajuato
10	Heroica puebla de Zaragoza/Puebla	32	Minatitlan/ Veracruz
11	Tlaxcala de xicontencatl/Tlaxcala	33	Mexicali/ Baja California
12	Tehuacan /Puebla	34	Ensenada/ Baja California
13	Itzucar de Matamoros/Puebla	35	Tijuana/ Baja California
14	Xalapa Enríquez/Veracruz Llaves	36	Tecate/ Baja California
15	Martines de la torre / Veracruz Llaves	37	Tapachula /Chiapas
16	Córdoba/ Veracruz	38	Culiacán/ Sinaloa
17	Veracruz/ Veracruz de Llaves	39	Guasave/ Sinaloa
18	Torreón/ Coahuila de Zaragoza	40	Hermosillo/ Sonora
19	Coahuila de Zaragoza	41	Tultitlan /México
20	Gómez Palacios /Durango		
21	Victoria de Durango/Durango		
22	Chetumal /Quintana roo		

Tabla 1.4 Evolución de micromedidores funcionando periodo 2000-2004.

Año	No. de tomas domiciliarias registradas	No. de micromedidores funcionando	% de micromedidores funcionando
2000	8,380,867	3,518,120	41.978
2001	8,529,718	3,826,517	44.861
2002	8,547,885	4,210,688	49.26
2003	8,655,099	4,760,304	55
2004	8,747,974	5,052,830	57.76

Fuente: Proyecto: Desempeño de la calidad del servicio de organismos operadores de agua potable en el país (IMTA, 2005).

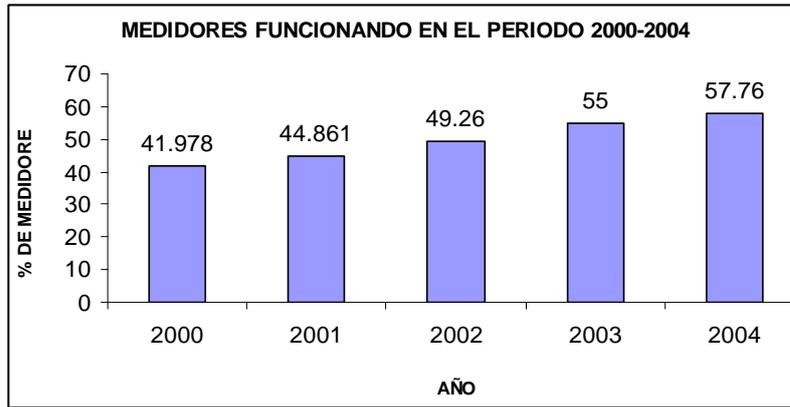


Ilustración 1.2 Porcentaje de medidores domiciliarios funcionando de 41 ciudades del país

1.3.2 Tarifas de agua potable

Las tarifas de agua potable son fijadas de diferente manera en cada municipio, dependiendo de lo que establece la legislación de cada entidad federativa. En algunas entidades federativas las tarifas son aprobadas por el congreso local de la entidad, mientras que en otras las aprueba el Órgano de Gobierno o Consejo Directivo del organismo operador de agua potable del municipio o localidad o de la Comisión Estatal de Aguas. En general las tarifas son distintas para los usuarios domésticos que para los comercios e industrias y generalmente son progresivas; es decir, a mayor consumo de agua el precio por metro cúbico es mayor. A continuación se indica, para las principales ciudades del país, las tarifas por metro cúbico para uso doméstico con un consumo de 25 m³/mes, que se puede considerar como típico en México (CNA, 2004). Tabla 1.5

Tabla 1.5 Tarifas para uso doméstico en las principales ciudades del país, 2003.
(Tarifas para un consumo de 25 m³/mes)

Municipio o localidad	Tarifa para uso domestico	Primer bloque tarifario		Organismos que aprueban las tarifas
		Rango (m ³ /mes)	Cuota base (\$)	
La Paz	8,55	0 a 17	46,37	Junta de gobierno
León	8,31	0 a 5	43,75	Consejo directivo
Tijuana	7,52	0 a 5	32,48	Congreso local
Aguascalientes	6,36	0 a 5	71,73	Consejo directivo
Monterrey	5,55	0 a 0	22,5	Consejo Administrativo
Cancún (Benito Juárez)	5,4	0 a 10	35,4	Consejo directivo
Puebla	5,04	0 a 15	40,35	Congreso local
Tlaxcala	4,58	0 a 15	52,71	Ayuntamiento
Chihuahua	4,37	0 a 10	54,53	Consejo directivo
Querétaro	4,36	0 a 1	11,59	Consejo directivo
Durango	4,09	0 a 10	28,39	Congreso local
Mérida	3,6	0 a 10	19	Junta de gobierno
Hermosillo	3,59	0 a 10	25,27	Consejo Administrativo
Cuernavaca	3,38	0 a 60	84,6	Junta de gobierno
Guadalajara	3,24	0 a 17	31,44	Congreso local
Toluca	2,98	0 a 12,5	23,17	Consejo directivo
Chilpancingo	2,95	0 a 10	23	Consejo Administrativo
San Luís Potosí	2,79	0 a 5	8,16	Junta de gobierno
Mexicali	2,68	0 a 5	22,83	Congreso local
Xalapa	2,67	0 a 10	18,78	Órgano de gobierno
Distrito federal	2,45	0 a 5	6,37	Asamblea legislativa
Colima	1,83	0 a 15	21	Consejo de administración
Morelia	1,18	0 a 15	17,4	Congreso local
Campeche	1,04	Cuota fija	26	Junta de gobierno
Villahermosa	0,78	Cuota fija	15	Congreso local

Fuente: Estructuras tarifarias de los organismos operadores

Notas: Las tarifas incluyen el servicio de drenaje y corresponden al cobro para el estrato social de menores ingresos exceptuando a las ciudades de Monterrey en la cual se consideró para el cálculo la categoría urbana 2 y a Campeche en la cual se tomó el de barrios. Para el cálculo de la tarifa en las ciudades de León, Puebla y Cancún, se utilizaron los precios a enero de 2003, ya que éstos varían cada mes por estar indexados al índice de precios al consumidor

1.4 Acciones a desarrollar para atender el problema de la medición de agua a nivel domiciliario

Considerando lo expuesto, se identifica la necesidad de desarrollar acciones en diversos temas.

Algunas de las acciones a desarrollar, considerando el proceso general que incluye desde la identificación de problemas en campo hasta la instalación y mantenimiento de micromedidores, son:

- 1 Identificación de problemas en campo y necesidades de normalización de micromedidores
 - a) Estudios en campo
 - b) Análisis de datos y presentación de propuestas de modificación de métodos de prueba a la normativa actual.

- 2 Normalización
 - a) Revisión y validación de métodos de pruebas
 - b) Desarrollo de nuevos métodos de pruebas

- 3 Infraestructura de apoyo para la calibración de micromedidores en los organismos operadores.
 - a) Capacitación
 - b) Acreditar laboratorios de prueba

- 4 Infraestructura de apoyo para la certificación de micromedidores
 - a) Capacitación
 - b) Acreditar laboratorios de prueba
 - c) Desarrollar evaluadores que apoyan a la Entidad Mexicana de Acreditación

- 5 Gestión de la adquisición, instalación en campo
 - a) Capacitar a los organismos operadores en aspectos legales (LFMN, LAN, NOM-012-SCFI-1994, otros)
 - b) Capacitar a los organismos operadores en los procedimientos de acreditación
 - c) Capacitar a los organismos operadores en aspectos operativos: selección, instalación y mantenimiento
 - d) Certificación de personal en medición en campo: Directivos y operadores

Los participantes involucrados son:

- La Comisión Nacional del Agua
- El IMTA
- Organismos operadores
- Proveedores de medidores
- Organismos de certificación y laboratorios acreditados
- Ciudadanos
- Institutos de investigación y centros de enseñanza superior

1.4.1 Metodología para evaluar la conformidad de medidores domiciliarios de agua potable con base en la prueba de desgaste acelerado

En este trabajo se describe la metodología desarrollada para evaluar la conformidad de medidores domiciliarios de agua potable con base en la prueba de desgaste acelerado la cual se sustentó en pruebas desarrolladas en el laboratorio acreditado del IMTA a una muestra de tres medidores de velocidad y tres volumétricos.

Con los resultados de este trabajo se propondrá como llevar a cabo estas pruebas. En la norma actual, NOM-012-SCFI-1994 “Medición de flujo de agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos-Medidores para agua potable fría Especificaciones”, si bien esta prueba está especificada no se cuenta con la metodología para acreditarla, Esta prueba que de aplicarse, permitirá a los usuarios a adquirir medidores de agua con mejor calidad, es decir que tendrán un mejor desempeño en campo.

En el siguiente capítulo se describen las leyes, normas y participantes establecidos para acreditar y evaluar a los medidores de agua potable fría.

CAPÍTULO II

MARCO LEGAL

En este capítulo se describe el marco legal, que para fines de este trabajo está constituido por leyes, normas y participantes.

a) Leyes

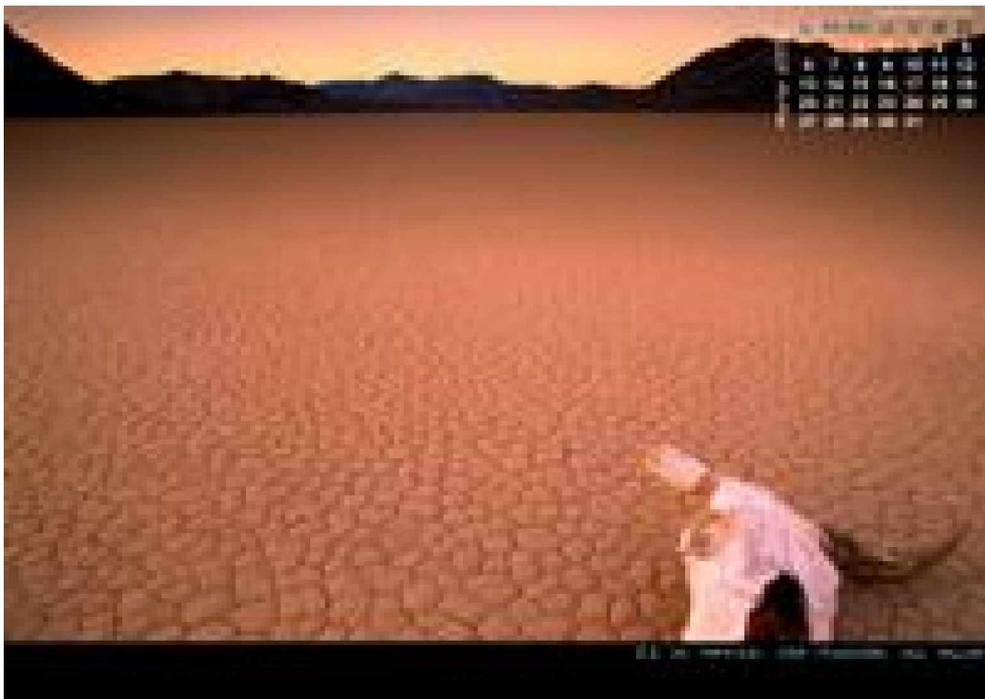
- Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.
- Ley Federal Sobre Metrología y Normalización y su Reglamento.

b) Normas

- NOM-012-SCFI-1994 “Medición de flujo de agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos-Medidores para agua potable fría-Especificaciones”.
- NMX-CH-1/3-1993-SCFI: Medición de flujo para agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos-Medidores de agua potable fría-Equipo y métodos de prueba.

c) Principales participantes

- Entidad Mexicana de Acreditación.
- Organismo de certificación.
- Laboratorio acreditado del IMTA.



2.1 Leyes

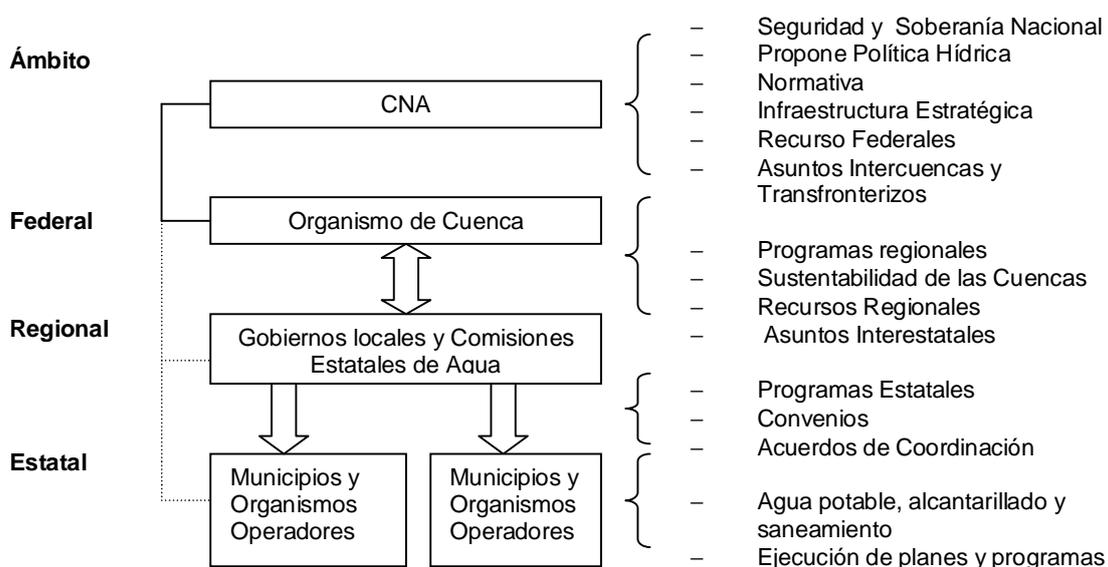
2.1.1 Ley de Aguas Nacionales

La Ley de Aguas Nacionales (LAN), promulgada en diciembre de 1992, y reformada el 24 de abril del 2004, tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr un desarrollo sustentable.

En la reforma de la LAN se establece una forma de organización de que corresponda al poder ejecutivo federal, ejercer la autoridad y administración de las aguas nacionales directamente o a través de la Comisión Nacional del Agua (CNA). El objeto de la CNA es ejercer las atribuciones de autoridad en materia hídrica y ser el órgano superior técnico, normativo y consultivo de a federación en materia de gestión integrada del recurso, incluyendo la administración, regulación, control y protección del dominio publico hídrico.

La CNA se organizara en dos niveles: ejercerá sus funciones en todo el territorio nacional y a nivel regional a través de los organismos de cuenca que tiene naturaleza de autoridad y están adscritos directamente de la CNA.

Los Organismos de Cuenca son unidades técnicas administrativas y jurídicas especializadas con recursos y presupuestos específicos determinados por la CNA y dotados de autonomía para la toma de sus decisiones. Esto de conformidad con los lineamientos que dicte la CNA de acuerdo a las disposiciones legales y reglamentarias. Dichos organismos deben funcionar con los Concejos de Cuenca, para conseguir la gestión integrada de los recursos hídricos en las cuencas y regiones hidrológicas. Ver ilustración 2.1



Fuente: Tláloc AMH Asociación Mexicana de Hidráulica A.C., abril 2004

Ilustración 2.1 Esquema de cuencas considerando lo indicado en la LAN.

El decreto otorga facultades a la Procuraduría Federal protección del Ambiente, Incluye al IMTA y establece normas que regulan la participación de los órdenes de gobierno, de los usuarios y de la sociedad.

El secretario del Medio Ambiente y Recursos Naturales, es competente para expedir las normas oficiales mexicanas en materia de agua: para suscribir instrumentos internacionales en coordinación con la secretaria de Relaciones Exteriores e instrumentar lineamientos. (*Reforma de la Ley de Aguas Nacionales, 2004*).

2.1.2 LAN y su Reglamento- Medición del flujo de agua

En el tema de medición del flujo de agua, la LAN y su Reglamento establecen lo siguiente:

- Son de interés publico: La instalación de los dispositivos necesarios para la medición de la cantidad y calidad de las aguas nacionales y en general para la medición del ciclo hidrológico (*Artículo 7 fracción III*).
- La eficientización y modernización de los servicios de agua domésticos y públicos urbanos, para contribuir al mejoramiento de la salud y bienestar social, para mejorar la calidad y oportunidad en el servicio prestado, así como para contribuir a alcanzar la gestión integrada de los recursos hídricos (*Artículo 7 fracción III*).
- Los concesionarios tendrán las siguientes obligaciones :Instalar dentro de los cuarenta y cinco días siguientes a la recepción del título respectivo por parte del interesado, los medidores de agua respectivos o los demás dispositivos o procedimientos de medición directa o indirecta que señalen las disposiciones legales y reglamentarias aplicables, así como las Normas Oficiales Mexicanas (*Artículo 29 fracción II*).
- Conservar y mantener en buen estado de operación los medidores u otros dispositivos de medición del volumen de agua explotada, usada o aprovechada (*Artículo 29 fracción III*).
- Permitir al personal de "la Autoridad del Agua" o, en su caso, de "la Procuraduría", según competa y conforme a esta Ley y sus reglamentos, la inspección de las obras hidráulicas para explotar, usar o aprovechar las aguas nacionales, incluyendo la perforación y alumbramiento de aguas del subsuelo; los bienes nacionales a su cargo; la perforación y alumbramiento de aguas nacionales del subsuelo; y permitir la lectura y verificación del funcionamiento y precisión de los medidores, y las demás actividades que se requieran para comprobar el cumplimiento de lo dispuesto en esta Ley y sus disposiciones reglamentarias, normas y títulos de concesión, de asignación o permiso de descarga (*Artículo 29 fracción VII*).

- Permitir a "la Autoridad del Agua" con cargo al concesionario, asignatario o permisionario y con el carácter de crédito fiscal para su cobro, la instalación de dispositivos para la medición del agua explotada, usada o aprovechada, en el caso de que por sí mismos no la realicen, sin menoscabo de la aplicación de las sanciones previstas en esta Ley y sus respectivos reglamentos (*Artículo 29 fracción XII*).
- Dar aviso inmediato por escrito a "la Autoridad del Agua" en caso de que los dispositivos de medición dejen de funcionar, debiendo el concesionario o asignatario reparar o en su caso reemplazar dichos dispositivos dentro del plazo de 30 días naturales (*Artículo 29 fracción XII*).
- Se suspenderá la concesión, asignación o permiso provisional para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas y bienes nacionales a cargo del Ejecutivo Federal, independientemente de la aplicación de las sanciones que procedan (*Artículo 29 Bis 2*).
- Para efectos de la fracción V, del artículo 29 de la "Ley", los concesionarios y asignatarios por la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, superficiales o del subsuelo deberán tener los medidores de volumen de agua respectivos o los demás dispositivos y procedimientos de medición directa o indirecta que señalen las disposiciones legales y reglamentarias aplicables, así como las normas oficiales mexicanas (*Artículo 52*).
- Para efectos del artículo 44 de la "Ley", en los títulos de asignación respectivos, "La Comisión" y los municipios, entidades federativas, entidades paraestatales o paramunicipales que presten los servicios públicos de agua potable y alcantarillado, establecerán (*Artículo 83*).
- La programación para el aprovechamiento de las fuentes de suministro de agua y la forma de su ejecución (*Artículo 83 fracción I*).
- Los sitios y formas de medición tanto del suministro como de la descarga de aguas residuales (*Artículo 83 fracción II*).
- El uso racional y eficiente del agua, así como el respeto a las reservas y a los derechos de terceros aguas abajo inscritos en "El Registro" (*Artículo 83 fracción III*).
- El cumplimiento de las normas y condiciones de calidad en el suministro de agua y en la descarga de agua residual a cuerpos receptores (*Artículo 83 fracción IV*).
- "La Comisión", para efectos de un uso eficiente del agua y realizar su reuso, así como para determinar los casos de desperdicio ostensible del agua, expedirá las normas oficiales mexicanas, así como las condiciones particulares de descarga en los términos de la "Ley" y de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (*Artículo 53*).

2.1.3 Ley Federal sobre Metrología y Normalización

La Organización Internacional de Normalización, define las normas como: acuerdos documentados que contienen especificaciones técnicas y otros criterios precisos para su uso consecuente como reglas, directrices o definiciones, con el objetivo de asegurar que los materiales, productos, procesos y servicios sean apropiados a su fin.

Las normas de productos son especificaciones y criterios aplicables a características de los productos. *Las normas de elaboración* son criterios relativos a la manera en que éstos deben ser fabricados.

Las normas de elaboración pueden aún subdividirse en *normas de los sistemas de gestión y en normas de funcionalidad*. Los primeros establecen criterios para los procedimientos de gestión, por ejemplo para la documentación y los procedimientos de evaluación y supervisión. En contraste, las normas basadas en los resultados o en la funcionalidad establecen requisitos verificables. (*Los conceptos de normas certificación y acreditación, 2005*).

En México, en julio de 1992 se creó y entró en vigencia la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN), modificada y adecuada en mayo de 1997, en el cual se establece el proceso para elaborar y aplicar las normas oficiales mexicanas (NOM) de cumplimiento obligatorio y las normas mexicanas (NMX).

Las NOM son definidas como la regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias competentes, conforme a las finalidades establecidas en el artículo 40, que establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación.

- Las NOM tendrán como finalidad establecer: Las características y/o especificaciones que deban reunir los productos y procesos cuando éstos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana, animal, vegetal, el medio ambiente general y laboral, o para la preservación de recursos naturales (*Artículo 40 fracción I*).
- Las características y/o especificaciones de los productos utilizados como materias primas o partes o materiales para la fabricación o ensamble de productos finales sujetos al cumplimiento de normas oficiales mexicanas, siempre que para cumplir las especificaciones de éstos sean indispensables las de dichas materias primas, partes o materiales (*Artículo 40 fracción II*).

- Las características y/o especificaciones que deban reunir los servicios cuando éstos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana, animal, vegetal o el medio ambiente general y laboral o cuando se trate de la prestación de servicios de forma generalizada para el consumidor (*Artículo 40 fracción III*).
- Las características y/o especificaciones relacionadas con los instrumentos para medir, los patrones de medida y sus métodos de medición, verificación, calibración y trazabilidad (*Artículo 40 fracción IV*).
- Las especificaciones y/o procedimientos de envase y embalaje de los productos que puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud de las mismas o el medio ambiente (*Artículo 40 fracción V*).
- Las condiciones de salud, seguridad e higiene que deberán observarse en los centros de trabajo y otros centros públicos de reunión (*Artículo 40 fracción VII*).
- Las características y/o especificaciones, criterios y procedimientos que permitan proteger y promover el mejoramiento del medio ambiente y los ecosistemas, así como la preservación de los recursos naturales (*Artículo 40 fracción X*).
- Las características y/o especificaciones, criterios y procedimientos que permitan proteger y promover la salud de las personas, animales o vegetales (*Artículo 40 fracción XI*).
- Las características y/o especificaciones que deben reunir los equipos, materiales, dispositivos e instalaciones industriales, comerciales, de servicios y domésticas para fines sanitarios, acuícolas, agrícolas, pecuarios, ecológicos, de comunicaciones, de seguridad o de calidad y particularmente cuando sean peligrosos (*Artículo 40 fracción XIII*).
- Las normas oficiales mexicanas deberán contener: Los métodos de prueba aplicables en relación con la norma y en su caso, los de muestreo (*Artículo 41 fracción IV*).
- Los datos y demás información que deban contener los productos o, en su defecto, sus envases o empaques, así como el tamaño y características de las diversas indicaciones (*Artículo 41 fracción V*).
- Los productores, fabricantes y los prestadores de servicios sujetos a normas oficiales mexicanas deberán mantener sistemas de control de calidad compatibles con las normas aplicables. También estarán obligados a verificar sistemáticamente las especificaciones del producto o servicio y su proceso, utilizando equipo suficiente y adecuado de laboratorio y el método de prueba apropiado, así como llevar un control estadístico de la producción en forma tal, que objetivamente se aprecie el cumplimiento de dichas especificaciones (*Artículo 5*).

Las NMX son elaboradas por un organismo nacional de normalización, o la Secretaría, en los términos de esta Ley, que prevé para un uso común y repetido reglas, especificaciones, atributos, métodos de prueba, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado

- Las NMX son de aplicación voluntaria, salvo en los casos en los que los particulares manifiesten que sus productos, procesos o servicios son conformes con las mismas y sin perjuicio de que las dependencias requieran en una norma oficial mexicana su observancia para fines determinados. Su campo de aplicación puede ser nacional, regional o local (*Artículo 51-A*).
- La evaluación de la conformidad será realizada por las dependencias competentes o por los organismos de certificación, los laboratorios de prueba o de calibración y por las unidades de verificación acreditados y, en su caso, aprobados en los términos del artículo 70 (*Artículo 68*).

La LFMN indica que las instancias que deben apoyar a la evaluación de la conformidad de productos son:

- a) Organismos de certificación: las personas morales que tengan por objeto realizar funciones de certificación de un producto que es definido como el procedimiento por el cual se asegura que un producto, proceso, sistema o servicio se ajusta a las normas, lineamientos o recomendaciones de organismos dedicados a la normalización, nacionales o internacionales.
- b) Laboratorios de pruebas: son las instalaciones que operan en una localidad específicamente determinada y dispone del equipo necesario y personal calificado.
- c) Unidades de verificación: para efectuar las mediciones, análisis y pruebas, calibraciones o determinaciones de las características o funcionamiento de materiales, productos o equipos.

2.1.4 Reglamento de la LFMN

- Las NOM y NMX, en su caso, establecerán las clases de exactitud, los errores máximos e incertidumbres tolerados y las características generales de los instrumentos de medición, en función del tipo del bien o servicio del que se trate en las transacciones comerciales, industriales o de servicios (*Artículo 15*).
- La Secretaría expedirá la aprobación del modelo o prototipo de instrumentos para medir, así como patrones antes de su comercialización, con base en los informes de calibración y pruebas emitidos por el Centro Nacional de Metrología o por los laboratorios de calibración o de pruebas acreditados, las cuales se llevarán a cabo bajo procedimientos establecidos en las normas oficiales

mexicanas y conforme a las disposiciones relativas de la Ley y del presente Reglamento (*Artículo 7*).

- Si como resultado de una verificación los instrumentos para medir o patrones utilizados directamente en transacciones comerciales o en la estimación para el pago de servicios no pueden ser ajustados dentro de los errores máximos tolerados mediante los dispositivos de ajuste del instrumento establecidos por el fabricante, la unidad de verificación de instrumentos para medir acreditada y aprobada lo notificará a la autoridad competente quien, en su caso, podrá inmovilizarlos para impedir su utilización y dejará al interesado constancia oficial por escrito de ese hecho. Las unidades de verificación de instrumentos para medir deberán informar periódicamente a la autoridad competente las verificaciones realizadas y las conclusiones de los resultados obtenidos, debiendo además indicar la identificación y ubicación de los instrumentos o patrones que fueron verificados. La Secretaría determinará la forma, plazo y términos en que será realizado dicho informe (*Artículo 11*).
- Los laboratorios de calibración pertenecientes al Sistema Nacional de Calibración, sólo podrán emitir dictámenes respecto de las mediciones, calibraciones y métodos de prueba establecidos en las normas oficiales mexicanas que efectúen en las magnitudes, intervalos e incertidumbres para las cuales fueron acreditados. Este hecho deberá hacerse del conocimiento de los usuarios de manera fehaciente (*Artículo 21*).
- El dictamen del laboratorio de calibración acreditado a que se refiere el artículo 27 de la Ley, que podrá tener la forma de un certificado de calibración, deberá ajustarse a las normas y a los lineamientos internacionales de la materia (*Artículo 22*).
- La Secretaría notificará a quien corresponda, conforme a lo dispuesto en los acuerdos y tratados internacionales de los que los Estados Unidos Mexicanos sean parte, las normas oficiales mexicanas, incluidas las que se expidan en caso de emergencia, normas mexicanas y proyectos que hayan sido publicados por ella y por las dependencias competentes en el Diario Oficial de la Federación (*Artículo 27*).

2.2 Normativa

2.2.1 NOM-012-SCFI-1994

Actualmente en México existe la norma oficial mexicana NOM-012-SCFI-1994 "Medición de flujo de agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos-Medidores para agua potable fría-Especificaciones", aplica a medidores para agua de varias clases metrológicas que pueden funcionar a gastos permanentes entre 0,6 m³/h y 4000 m³/h, soportando una presión máxima de trabajo igual o mayor a 1 Mega pascal (MPa) a temperatura máxima de 303 K (30°C).

Esta norma se aplica a medidores para agua definidos como instrumentos de medición con integración propia, que continuamente determinan el volumen de agua que pasa a través de ellos, empleando un proceso mecánico directo o un proceso de transmisión magnética o de otro tipo que incluye el uso de cámaras volumétricas de paredes móviles (medidores volumétricos) o la acción de la velocidad del agua sobre la rotación de una parte en movimiento (medidores de velocidad).

Mediante esta norma se lleva a cabo la determinación de la exactitud (error de medición), gasto máximo de operación, presión de sobre carga, por citar algunas, para determinar el comportamiento hidráulico de los medidores antes mencionados (*LAN, 2004*).

Esta norma se apoya en normas complementarias las cuales son:

- NOM-008-SCFI-1993: Sistema General de Unidades de Medida.
- NMX-CH-1/2-1993-SCFI: Medición de flujo para agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos-Medidores de agua potable fría-Requisitos de instalación.
- NMX-CH-1/3-1993-SCFI: Medición de flujo para agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos-Medidores de agua potable fría-Equipo y métodos de prueba.
- NMX-CH-1/4-1993-SCFI: Medición de flujo de agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos-Medidores para agua potable fría-Pruebas de influencia de campo magnético

2.2.2 NOM-008-SCFI-1993

Esta Norma establece las definiciones, símbolos y reglas de escritura de las unidades del Sistema Internacional de Unidades (SI) y otras unidades fuera de este Sistema que acepte la CGPM, que en conjunto, constituyen el Sistema General de Unidades de Medida, utilizado en los diferentes campos de la ciencia, la tecnología, la industria, la educación y el comercio.

2.2.3 NMX-CH-1/2-1993-SCFI

Esta norma establece criterios de selección de medidores para agua, nuevos o reparados, conexiones asociadas, instalación, requisitos especiales y puesta en operación para asegurar una medición exacta, constante y confiable.

2.2.4 NMX –CH-1/3-1993-SCFI

Esta norma establece los métodos de prueba y los medios empleados para determinar las características principales de los medidores de agua. Su contenido se resumen en tres puntos principales (*LFMN, 2005*).

- Elaborar un programa de pruebas, que consiste en la describir las pruebas para determinar:
 - a) El error de medición
 - b) Perdida de presión
 - c) Desgaste acelerado
 - d) Definir los niveles de aceptabilidad
 - e) Interpretación de resultados; entre otras.

- Calidad del agua: Agua potable: basado en la NOM-127-SSA1-1994, "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización".

- Reglas generales relacionados con las instalaciones de prueba y su localización
 - i. Libre de influencias perturbadoras (evitar las vibraciones del medidor y realizar la lectura fácil y rápida)
 - ii. Prevenir la cavitación (medidores en serie)
 - iii. Temperatura entre 0 y 30° C
 - iv. El lugar debe estar aislado de cualquier otra actividad o influencia perturbadora

2.2.5 NMX-CH-1/4-1993-SCFI

Esta norma establece el procedimiento para determinar la influencia del campo magnético en medidores de flujo de transmisión magnética. Se aplica a medidores para agua de varias clases metrológicas que pueden funcionar a gastos permanentes entre 0,6m³/h y 4 000m³/h, soportando una presión de trabajo máxima admisible igual o mayor a 1Mpa y una temperatura máxima admisible de 30°C.

2.3 Principales participantes

En este apartado se describen las instancias que apoyan a la evaluación de la conformidad de productos en materia de agua, los cuales son:

- a) Entidad Mexicana de Acreditación.
- b) Organismo de certificación.
- c) Laboratorio acreditado del IMTA.

2.3.1 Entidad Mexicana de Acreditación

La acreditación es el acto por el cual una entidad reconoce la competencia técnica y confiabilidad de los organismos de certificación, de los laboratorios de prueba, de los laboratorios de calibración y de las unidades de verificación para la evaluación de la conformidad.

Su finalidad es garantizar que los organismos de certificación estén capacitados para efectuar los programas, éstos son evaluados y acreditados por organismos autorizados, pudiendo estos ser una institución gubernamental o paraestatal que evalúa el cumplimiento de las directrices establecidas. (*Conceptos de Normas, Certificación y Acreditación, 2005*).

La Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) fue creada el 15 de enero de 1999 y es la primera entidad de gestión privada en el país, que tiene como objetivo acreditar a los organismos de la evaluación de la conformidad (laboratorios de prueba, laboratorios de calibración, organismos de certificación). (*EMA, 2004*).

2.3.2 Organismo de certificación

La certificación es un procedimiento mediante el cual un tercero otorga una garantía escrita de que un producto, elaboración o servicio está en conformidad con ciertas normas.

La organización que hace la certificación se llama *organismo de certificación* o certificador. Dicho organismo puede realizar la inspección o contratar a un inspector u organismo de inspección. La certificación, es decir el otorgamiento de una garantía escrita o de un «certificado», se basa en un informe de inspección que puede o no contener información de fuentes secundarias. (*Conceptos de Normas Certificación y Acreditación 2005*).

Los certificados NOM podrán obtenerse de la Dirección General de Normas o de los organismos de certificación para productos. En las materias o sectores en que exista organismo de certificación para producto, la certificación se realizará exclusivamente a través de éste. (Artículo 2). (*NYCE, 2000*).

La Asociación Nacional de Normalización y Certificación del Sector Eléctrico, A.C. (ANCE) es un organismo de certificación acreditado por la EMA, para evaluar la conformidad de medidores de flujo de agua con base en la NOM-012-SCFI-1994. y se encuentra vigente a partir del 29 de febrero de 2000. A Continuación se describe el proceso para certificar medidores de flujo de agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos-Medidores para agua potable fría . (*ANCE, 2005*). Ver ilustración 2.2

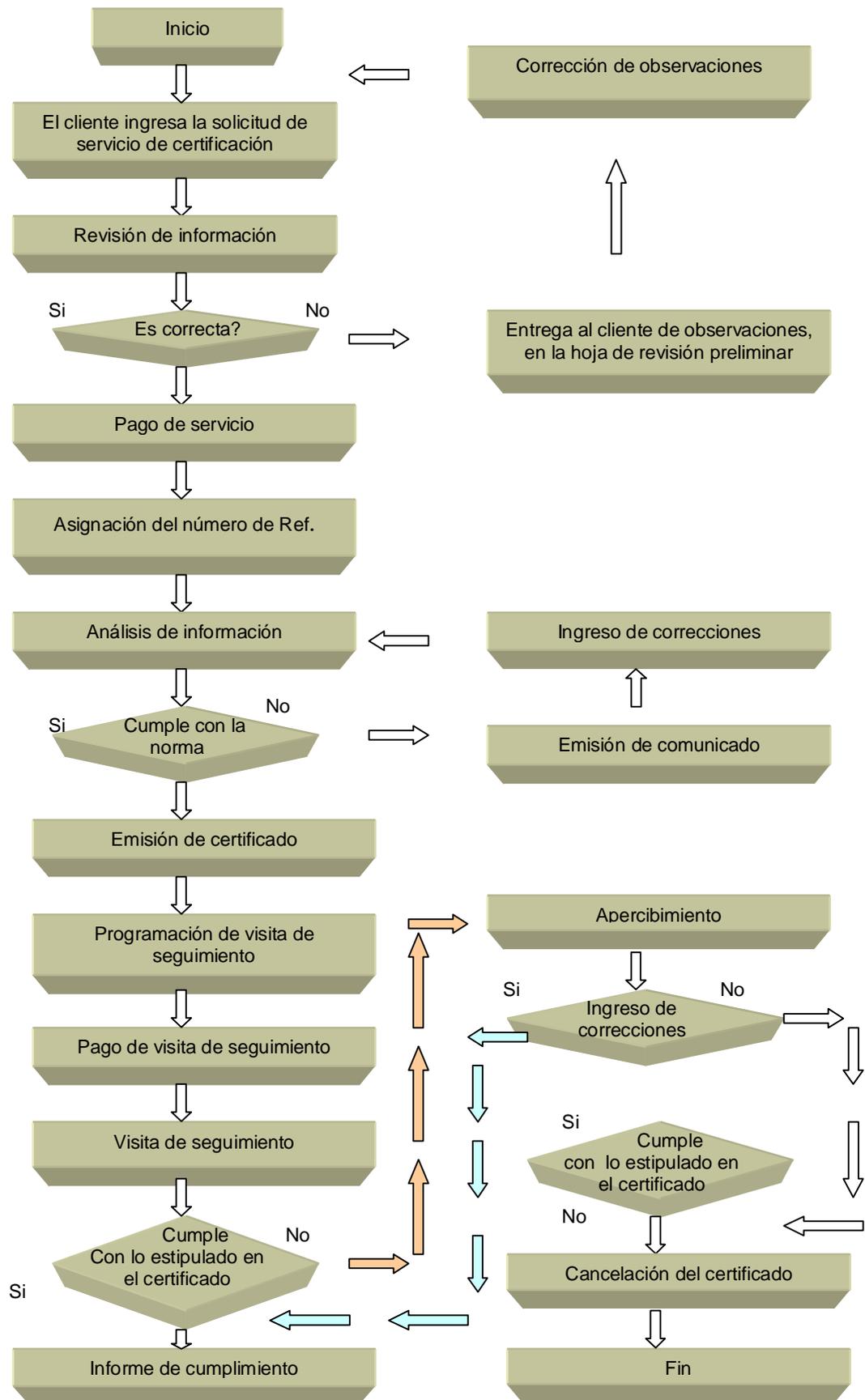


Ilustración 2.2 Proceso para evaluar la conformidad de productos.

2.3.3 Laboratorio acreditado del IMTA

A partir de 1997 el IMTA cuenta con el único laboratorio acreditado para llevar a cabo la prueba con base en la NOM-012-SCFI-1994 “Medición de flujo de agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos-Medidores para agua potable fría-Especificaciones”.

El ANCE para otorgar un certificado de cierta familia de medidores de flujo de agua con base en la NOM-012-SCFI-1994 requiere que el fabricante le entregue un informe de resultados de pruebas el cual es emitido el laboratorio acreditado del IMTA.

En las Políticas y Procedimientos para la Evaluación de la Conformidad vigente a partir del 29 de abril del 2000 se establece que:

Los modelos del producto se consideran de la misma familia siempre y cuando cumplan con las siguientes condiciones:

- Misma marca.
- Mismos materiales usados en su construcción.
- Mismo principio de operación y funcionamiento.
- Mismo dispositivo indicador.
- Misma clase de exactitud.
- Mismo tipo (volumétrico o velocidad).

Los documentos que deben presentar al ANCE los solicitantes de certificados de modelos de producto para cada familia, son;

- Instructivos y manuales de operación y/o servicios.
- Folletos o fotografías de los productos.
- Solicitud de aprobación de modelo o prototipo.
- Diagramas eléctricos en su caso.
- Documentos descriptivos del producto.
- Dibujos de arreglos generales y detalles de interés metrológico.

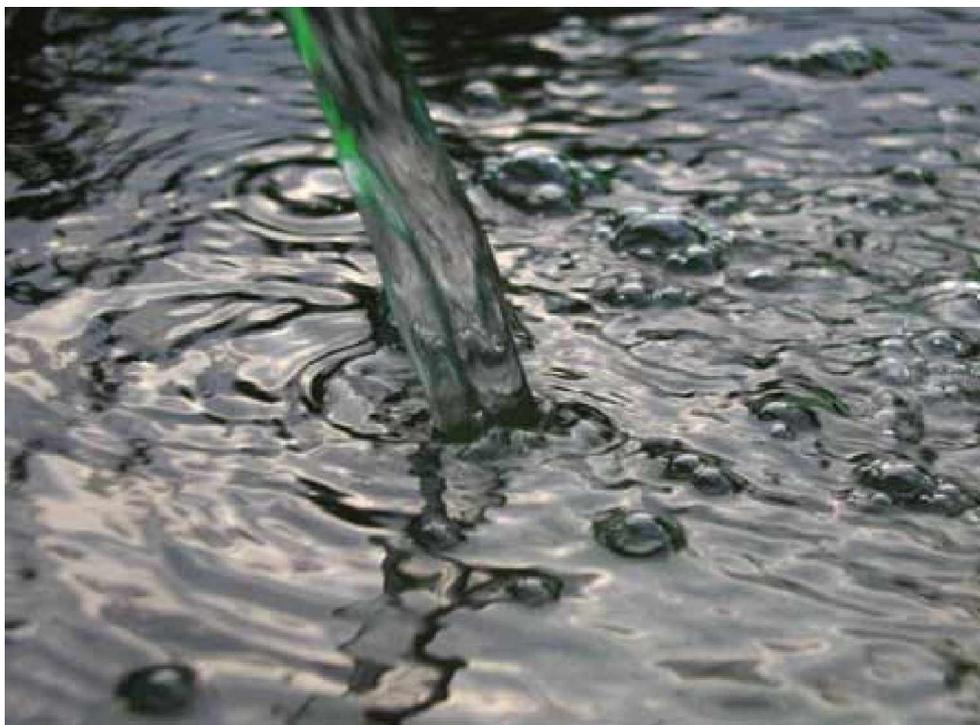
Asimismo, se deberá proporcionar la siguiente información:

- Características del instrumento.
- Especificaciones de los componentes del sistema de medición.
- Descripción funcional del instrumento.
- Descripción técnica del método de operación.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA PARA LLEVAR A CABO LA PRUEBA DE DESGASTE ACELERADO A MEDIDORES DOMICILIARIOS DE AGUA POTABLE

En este capítulo se describen las características de los medidores de flujo evaluados, algunas definiciones consideradas importantes, la determinación del error de medición, como se determina el tamaño de la muestra de medidores a evaluar, la prueba de desgaste acelerado y la metodología para llevarla a cabo. Las variables a considerar en el desarrollo de las pruebas y en que consiste las pruebas en condiciones normales y sólidos en suspensión.



3.1 Conceptos relacionados con la evaluación de medidores con base en la NOM-012-SCFI-1994 y la NMX-CH-1/3 SCFI

A continuación se definen algunos conceptos que tienen relación con la evaluación de los medidores de flujo de agua de este trabajo.

3.1.1 Medidores a evaluar

La NOM-012-SCFI-1994 se aplica a medidores de flujo de agua que son definidos como instrumentos de medición con integración propia, que continuamente determinan el volumen de agua que pasa a través de ellos, empleando un proceso mecánico directo o un proceso de transmisión magnética o de otro tipo.

Para el desarrollo de este trabajo se utilizaron dos muestras de medidores de tamaño tres de tipo volumétrico y velocidad disponibles en el mercado y nuevos; tres medidores para la prueba en condiciones normales y los otros tres para la prueba con sólidos en suspensión, su designación es $N= 1.5$, diámetro de $\frac{3}{4}$ " y clase metrológica B; la razón es que son los tipos frecuentemente instalados por los Organismos operadores de agua potable y saneamiento del país. Ver anexo 1. Principios de operación y funcionamientos del sistema de medición volumétrico y velocidad. Ver ilustración 3.1 y 3.2



Ilustración 3.1 Medidor volumétrico.



Ilustración 3.2 Medidor tipo velocidad.

3.1.2 Definiciones

a) *Diámetro nominal (DN)*: Es la designación numérica común a todos los componentes de un sistema de tubería. Está relacionado a las dimensiones de construcción del medidor y se determina de acuerdo a la designación del medidor.

b) *Designación del medidor N (m³/h)*: Designación dada por un valor numérico expresado en metros cúbicos por hora precedido por la letra mayúscula N. Esta información se encuentra en la carátula del medidor.

c) *Gasto q (m^3/h):* Es el volumen de agua que pasa a través del medidor por unidad de tiempo. Las medidas del gasto pueden ser en m^3/h , l/s , l/h , etc. Los tipos de gastos mencionados en este trabajo son:

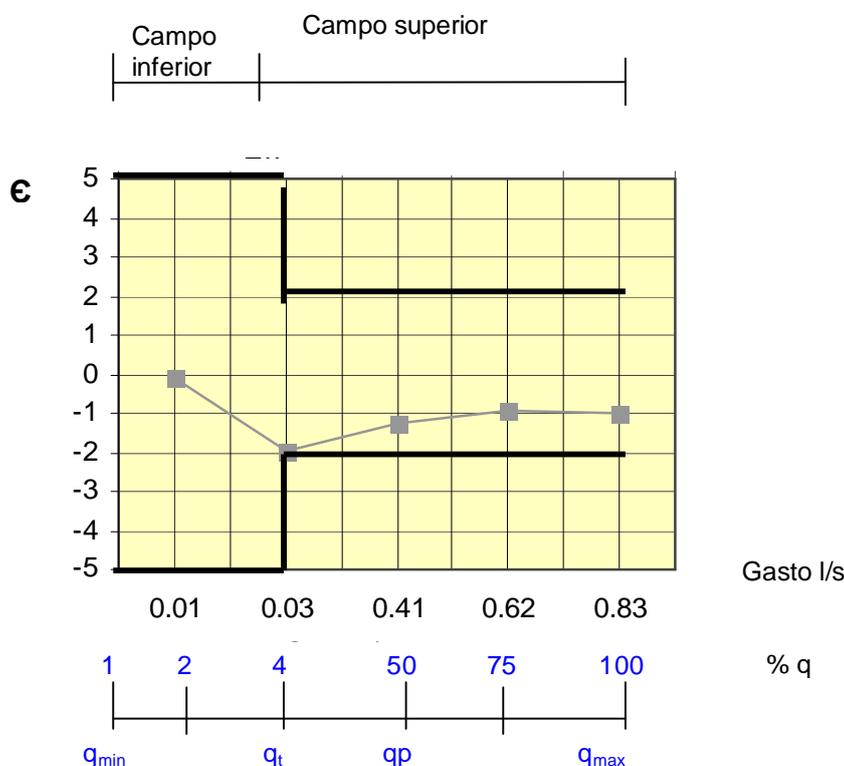
-*Gasto mínimo (q_{min}):* Es el gasto más bajo el cual se requiere que el medidor muestre indicaciones, dentro de las tolerancias de error máximo permisible

-*Gasto permanente (q_p):* Gasto al cual se requiere que el medidor opere de manera satisfactoria bajo condiciones de flujo estable e intermitente. Se determina con la relación al valor numérico de la designación del medidor.

-*Gasto de sobrecarga (q_s):* Gasto en el cual se requiere que el medidor opere de manera satisfactoria por un corto periodo sin deteriorarse; su valor es igual al doble el gasto permanece (q_p).

Gasto de transición (q_t): Valor de gasto, que se encuentra entre el gasto de sobrecarga q_s y el gasto mínimo q_{min} donde se divide el campo de medida y cambia de valor el error máximo permisible. El gasto debe mantenerse constante a través de la prueba a un nivel predeterminado. Ver ilustración 3.3

d) *Alcance de medición:* es el intervalo limitado por el gasto de sobrecarga (q_s) y el gasto mínimo q_{min} en el cual las indicaciones del medidor no deben presentar errores que excedan los máximos permisibles. Este intervalo se divide en dos zonas, una llamada campo superior y la otra campo inferior, separadas por el gasto de transición q_t .



Nota:
E=Error de medición

Ilustración 3.3 Gráfica del error de medición.

3.1.3 Características metrológicas

En la NOM-012-SCFI-1994 se describen las siguientes características metrológicas:

El error máximo permisible en el campo inferior está comprendido entre el gasto mínimo q_{\min} incluido y el gasto de transición q_t excluido debe ser $\pm 5\%$

El error máximo permisible en el campo superior, comprendido entre gasto de transición q_t incluido y gasto de sobrecarga q_s incluido debe ser $\pm 2\%$ ver ilustración 3.3

Los medidores se clasifican en tres clases metrológicas (A, B y C), de acuerdo a los valores de gasto mínimo q_{\min} y gasto de transición q_t y la designación N del medidor. Ver tabla 3.1

Tabla 3.1 Clase metrológica.

Clase	q_{\min} (m ³ /h)		q_p (m ³ /h)	
	N < 15	N ≥ 15	N < 15	N ≥ 15
A	0.04	0.08	0.10	0.30
B	0.02	0.03	0.08	0.20
C	0.01	0.006	0.015	0.015

A continuación se explica como se establece el gasto de transición q_t , y el gasto máximo q_{\max} de los medidores utilizados en este trabajo.

La clase metrológica de los medidores volumétricos y de velocidad es B y la designación es N 1.5.

El gasto permanente $q_p = \text{designación (N)}$; $q_p = 1.5 \text{ m}^3 / \text{h}$.

Considerado lo indicado en la tabla 4.1 y la clase metrológica de los medidores, se determina el gasto de transición q_t , el porcentaje del q_t y el gasto máximo q_{\max} . Ver tabla 3.2 e ilustración 3.3.

Tabla 3.2 Determinación de los gastos.

Concepto	Cálculo
q_t	$q_t = 0.08 \times 1500 \text{ l/h} = 120 \text{ l/h}$
q_{\max}	$q_{\max} = 2 \times 1500 \text{ l/h} = 3000 \text{ l/h}$
$\% q_t$	$\% q_t = 120 \text{ l/h} / 3000 \text{ l/h} = 4\%$

3.1.4 Tamaño de la muestra de medidores a evaluar

En la NMX-CH-1/3-1993-SCFI en el apartado 9.1.2 se indica que el tamaño de la muestra se determina en función del gasto permanente. Para el caso de los medidores que se utilizaron en este trabajo, el gasto permanente q_p es $q_p < 100$ por lo que el número de medidores a evaluar es de tres. Ver tabla 3.3.

Tabla 3.3 Muestra de medidores para realizar las pruebas.

Gasto permanente q_p (m^3/h)	Tamaño de la muestra de medidores a evaluar
$q_p < 100$	3
$100 < q_p < 1000$	2
$1000 < q_p$	1

3.2 Error de medición

3.2.1 En que consiste la prueba de error de medición

El error de medición E , se obtiene al comparar las lecturas obtenidas de un medidor en evaluación con la de un dispositivo de referencia calibrado. La determinación de porcentaje de error que arrojan los medidores después de la evaluación se obtiene con la fórmula siguiente.

$$E_m = \frac{(L_f - L_i) - V_p}{V_p} \times 100$$

Donde

E_m : error de medición

L_f : lectura final del medidor

L_i : lectura inicial del medidor

V_p : volumen patrón (captado en el tanque correspondiente).

Los porcentajes de error de medición son presentados en una gráfica como la indicada en la ilustración 3.3

Para interpretar el resultado de la prueba de error de medición se considera lo siguiente:

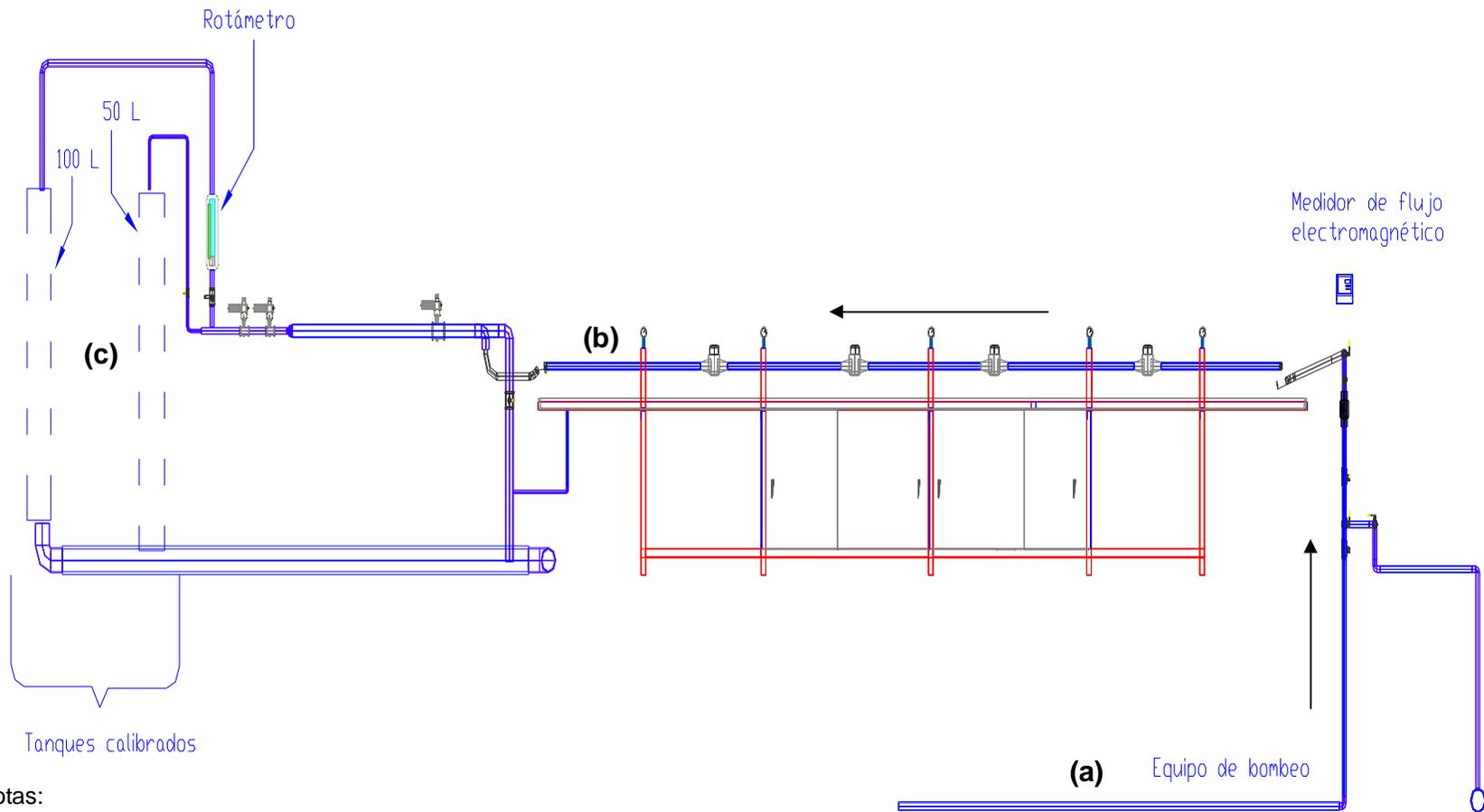
- Si el error de medición no se encuentra dentro del campo superior y es positivo podemos afirmar que el medidor sobre-registra.
- Si el error de medición no se encuentra dentro del campo superior y es negativo podemos afirmar que el medidor sub-registra.

El resultado que genere se calcula como porcentaje y se compara con los rangos permitidos de la curva para los gastos máximos q_{max} y gastos mínimos q_{min} .

En la NMX-CH-1/3-1993-SCFI se establece el método para realizar la prueba de error de medición. Los componentes fundamentales de las instalaciones para llevar a cabo la prueba para determinar el error de medición son:

- a) Fuente de suministro de agua
- b) Tubería
- c) Tanque calibrado medidor de referencia
- d) cronómetro

Ver ilustración 3.4



Notas:

- Sin acotaciones
- Sin escala

Ilustración 3.4 Esquema de componentes fundamentales de un banco de prueba para realizar la prueba de error de medición.

3.2.2 Procedimiento para llevar a cabo la prueba de error de medición

Durante la prueba, el agua que pasa por el medidor del flujo de agua es captada en los tanques con capacidad de almacenamiento de 100 o 50 litros. Cada paso del agua por el medidor, su captación en los tanques y lectura, se le conoce como corrida. La NMX-CH-1/3-1993-SCFI indica que se deben realizar dos corridas mínimo por cada gasto, y los gastos de prueba deberán ser mínimo cinco y máximo siete. Los gastos de prueba corresponden a diferentes porcentajes del gasto máximo q_{max} y gasto mínimo q_{min} . Dos de los gastos deben estar en el campo inferior y los restantes en el campo superior. Ver tabla 3.4 e ilustraciones 3.3 y 3.5

Tabla 3.4 Gastos considerados para este trabajo.

q_n	Porcentaje respecto al q_{max}	Comentarios.
q_1	2	Campo inferior.
q_2	4	Campo inferior. Gasto de transición q_t .
q_3	50	Campo superior.
q_4	75	Campo superior.
q_5	100	Campo superior. Gasto máximo q_{max} .

A continuación a manera de ejemplo, se explica como se determina el gasto del 75% respecto al gasto máximo q_{max} de los medidores volumétricos y velocidad evaluados.

Con una designación $N = 1.5 \text{ m}^3/\text{h}$ y donde $N = q_p \text{ l/h}$,

entonces $q_p = 1500 \text{ l/h}$ y el gasto máximo es $q_{max} = 2N$,

por lo tanto $q_{max} = 3000 \text{ l/h}$.

En la tabla 3.5 se muestra el cálculo del tiempo de prueba y el gasto en l/s correspondiente al 75% de q_{max} .

En la tabla 3.6 se presenta el formato para registrar los datos de la prueba de error de medición ϵ .

Tabla 3.5 Cálculo del tiempo de prueba correspondiente al gasto del 75% de Q_{max} .

Cálculo
$t = (100 \text{ l/h} \times 3600 \text{ seg}) / (0.75 \times 3000 \text{ l/h}) = 160 \text{ seg}$
$\% \text{ l/s} = (100 \text{ l/h}) / 160 \text{ seg} = 0.625 \text{ l/s}$

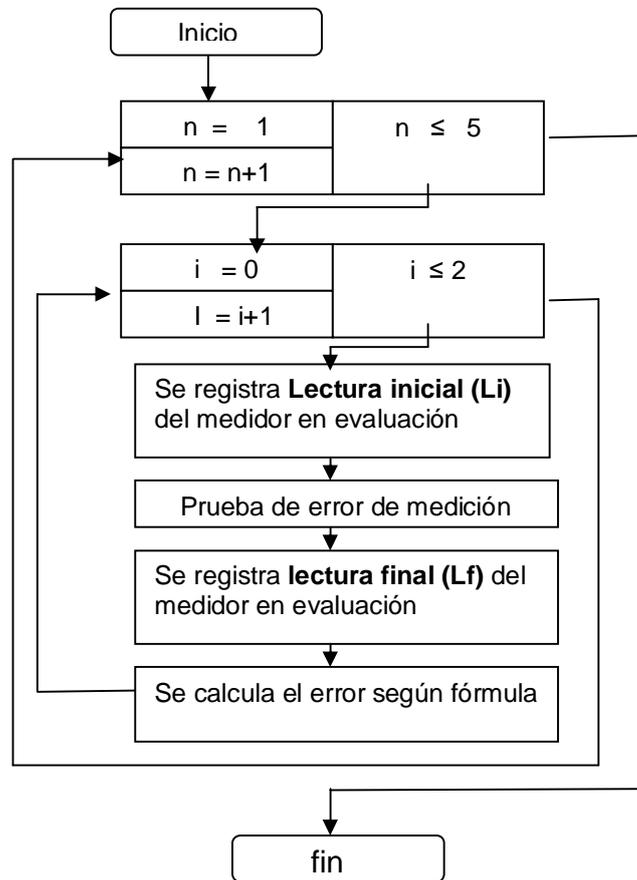


Ilustración 3.5 Diagrama de flujo de la descripción de actividades de la prueba de error de medición.

Tabla 3.6 Formato para registrar datos de la prueba de error de medición.

No	____etapa de la prueba: PEM _n								
	Medidor 1			Medidor 2			Medidor 3		
	q (l/s)	ε	ε _p	q (l/s)	ε	ε _p	q (l/s)	ε	ε _p
1									
2									
3									
4									
5									

Donde:

- q l/s = Gasto en litros por segundo.
- ε = Error
- ε_p = Error promedio

3.3 Metodología para evaluar medidores domiciliarios de agua potable con base en la prueba de desgaste acelerado

En el apartado 9.1.3.5 de la NMX-CH-1/3-1993-SCFI se establece que la prueba de desgaste acelerado consiste en someter al medidor de flujo de agua a una prueba de resistencia simulando las condiciones de servicio. Así mismo, indica que se debe llevar a cabo en la condición de gasto máximo q_{max} y en un periodo de 100 horas. Al respecto, en la práctica es conocido que los medidores a lo más operan a la mitad de su gasto máximo q_{max} que es igual al gasto permanente q_p por lo que se decidió realizar la prueba a este último gasto $q_p = 1/2 q_{max}$.

Como ya se indicó para los medidores utilizados en este trabajo:

$$q_{max} = 3 \text{ m}^3/\text{h} (3,000 \text{ l/h}); \quad q_p = 1.5 \text{ m}^3/\text{h} (1,500 \text{ l/h}).$$

Las pruebas de desgaste acelerado se realizaron en las instalaciones del laboratorio acreditado del IMTA.

3.3.1 Condiciones de la prueba

Se reconoce que en la práctica los medidores de flujo de agua son operados a más de 100 horas; la razón por la que se optó llevar a cabo este estudio hasta 200 horas, en periodos de 50, esto con la finalidad de obtener información que permita discernir sobre su comportamiento con mas detalle. El propósito de realizar la prueba de desgaste acelerado con sólidos en suspensión (situación frecuente en algunos Organismos operadores de agua en México) es determinar en que grado le afecta a los sistemas de medición esta condición. Cuando la prueba se realiza sin sólidos en suspensión se denomina pruebas normales. Ver tabla 3.7

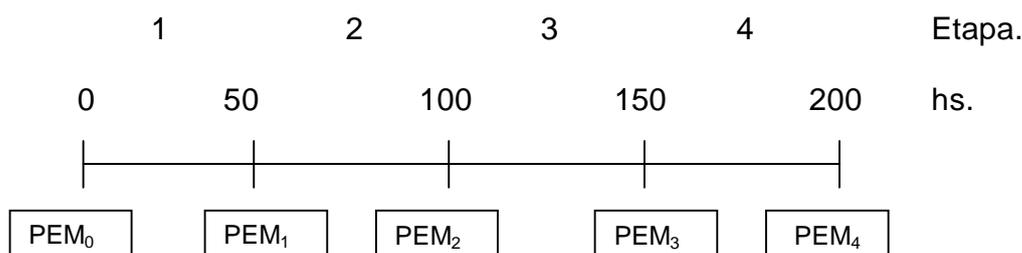
Tabla 3.7 Condiciones fundamentales para realizar la prueba de desgaste acelerado en este trabajo.

Prueba	Características	Medidores
Normal	$q_p = 1/2 q_{max}$ $q_p = 1.5 \text{ m}^3/\text{h}$ (1,500 l/h) $t = 200 \text{ hrs}$ (4 periodos de 50)	Volumétricos Velocidad N =1.5 ¾ pulgada Clase metrológica B
Sólidos en suspensión	$q_p = 1/2 q_{max}$ $q_p = 1.5 \text{ m}^3/\text{h}$ (1,500 l/h) $t = 200 \text{ hrs}$ (4 periodos de 50)	N =1.5 ¾ pulgada Clase metrológica B

3.3.2 Pasos generales para realizar la prueba de desgaste acelerado

Los pasos generales para llevar la prueba de desgaste acelerado, son:

- a) Realizar la prueba de error de medición inicial PEM_0 a los medidores de flujo de agua, requisito que los medidores a evaluar deben cumplir satisfactoriamente. Ver ilustración 3.7
- b) Realizar la prueba de error de medición PEM_1 a los medidores transcurridas 50 horas de operación. Ver ilustración 3.8
- c) Comparar los resultados de la prueba de error de medición PME_1 con los resultados de la PEM_0 . Ver ilustración 3.9



Nota: PEM = Prueba de error de medición

Ilustración 3.7 Las pruebas de error de medición en la prueba de desgaste acelerado

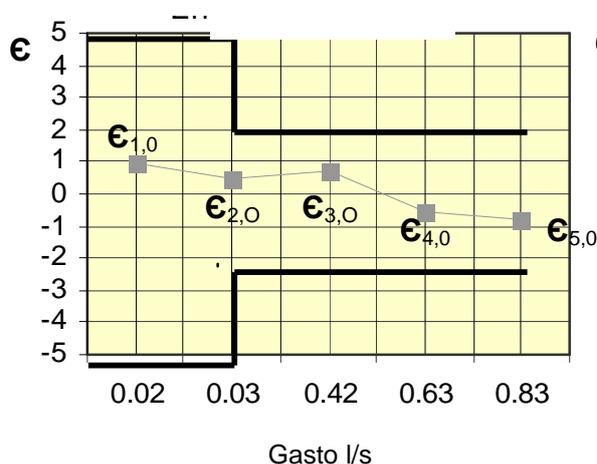


Ilustración 3.8 Error de medición inicial

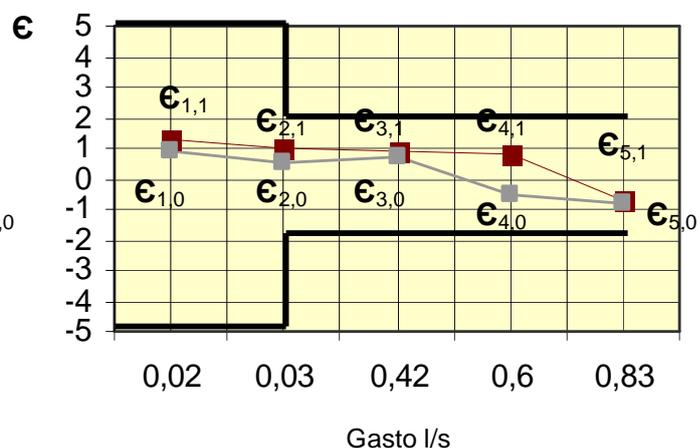


Ilustración 3.9 Error de medición inicial vs final

Para fines de este trabajo considerando lo establecido en la NMX- NMX-CH-1/3-1993-SCFI en el párrafo 9.1.3.5 después de comparar los resultados de las pruebas de error de medición PME₁ con los PME₀, si el error $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \epsilon_4, \epsilon_5$. excede a 3% entre q_{max} y q_t o 1.5% entre q_t y q_{max} , se dice que el medidor no cumple con la prueba de desgaste acelerado.

- d) Comparar los resultados de la prueba de error de medición de PME₂, PME₃, PME₄. con los resultados de lo PEM₀. y aplicar lo correspondiente indicado en el inciso c anterior.

La gráfica donde se registran las lecturas iniciales y finales así como el tiempo, temperatura y gasto de prueba se describe en la tabla 3.8

3.3.3 Variables de la prueba de desgaste acelerado

Las variables a controlar en la prueba de desgaste acelerado, son:

- a) Calidad del agua
- b) Proporción de la mezcla para la prueba de sólidos en suspensión
- c) Temperatura
- d) Gasto constante y tiempo de prueba
- e) Presión constante
- f) Fugas

a) Calidad del agua

Las pruebas a los medidores de flujo de agua deben realizarse con agua que cumpla con lo indicado en la NOM-127-SSAI-1994 “Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de la calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización”.

b) Proporción de la mezcla para la prueba de sólidos en suspensión

En campo las extracciones de agua son acompañadas con una cantidad considerable de arena la cual es enviada a los diferentes usuarios de agua potable.

En la NOM-127-SSAI-1994, se establecen los límites permisibles de sólidos disueltos totales que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que la distribuya en todo el territorio nacional: no debe ser mayor a 1,000 mg/l.

Por experiencia, la cantidad de sólidos en suspensión existente en algunos casos es mayor a los 1,000 mg/l; para este trabajo se aplicó la cantidad de 3,000 mg/l, situación que puede presentarse en campo.

c) Temperatura del agua.

La temperatura del agua durante la prueba debe mantenerse entre 0 y 30°C.

Durante la prueba en condiciones normales se observó que la temperatura del agua se incrementó en un lapso de tres horas; fue necesario vaciar el agua y sustituirla. Durante la prueba con sólidos en suspensión no fue posible sustituirla por los sólidos disueltos en el tanque, se instaló un dispositivo enfriador en la tubería que permite mantener la temperatura del agua por un lapso de 7 a 8 horas en las condiciones óptimas de la prueba.

d) Gasto de prueba y tiempo de prueba

Como ya se indicó, se realizó la prueba a un gasto permanente con un total de 200 horas, divididas en cuatro etapas de 50 horas cada una.

f) *Fugas*

Durante la prueba se aseguró que no se presentaran fugas ni en los medidores de flujo de agua ni en el sistema de pruebas.

Tabla 3.8 Formato para el registro de datos de la prueba de desgaste acelerado

___ Etapa de la prueba (___h)

Condiciones normales

Sólidos en suspensión

Medidor	Li m ³	L f m ³	Li – Lf m ³	Tiempo h	% qp		Temperatura °C	
					i	f	i	f
1								
2								
3								
Total				50				

Donde:

Li = Lectura inicial

Lf = Lectura final

q = Gasto

CAPÍTULO IV

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS A MEDIDORES VOLUMÉTRICOS

En este capítulo se presentan los resultados de las pruebas de desgaste acelerado del sistema de medición volumétrico en condiciones normales y sólidos en suspensión. Estas pruebas se desarrollaron en cuatro etapas: 50, 100, 150 y 200 horas.



4.1 Prueba de error de medición inicial (PEM₀) en condiciones normales.

Los resultados de la prueba de error de medición inicial se indican en la tabla 4.1. Ver ilustraciones 4.1, 4.2 y 4.3.

Tabla 4.1 Resultados de la prueba de error de medición para los medidores volumétricos condiciones normales.

No	Etapa inicial de la prueba :PEM ₀ (Antes de aplicarle la prueba de desgaste acelerado)								
	Medidor 1			Medidor 2			Medidor 3		
	q (Vs)	ε	ε _p	q (Vs)	ε	ε _p	q (Vs)	ε	ε _p
1	0.83	-0,3	-0,99	0.83	-0,3	-0,5	0.83	-1,28	-0,99
		-1,69			-0,7			-0,7	
2	0.62	-0,9	-0,91	0.62	0,1	-0,41	0.62	-0,9	-0,91
		-0,92			-0,92			-0,92	
3	0.41	-1,23	-1,23	0.41	-0,25	-0,25	0.41	-1,23	-1,23
		-1,23			-0,25			-1,23	
4	0.03	-2,22	-1,99	0.03	-0,22	-0,99	0.03	-0,22	-0,99
		-1,77			-1,77			-1,77	
5	0.01	-0,1	-0,1	0.01	-0,1	-0,1	0.01	-0,1	-0,1
		-0,1			-0,1			-0,1	

Notas:

- Los tres medidores funcionan correctamente de acuerdo al error máximo del campo superior e inferior.
- ε = Error de medición; ε_p =Error de medición promedio.

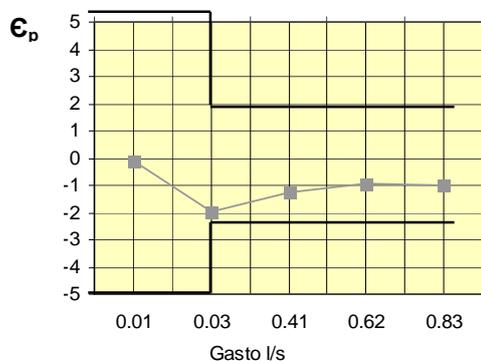


Ilustración 4.1 PEM₀ Medidor 1.

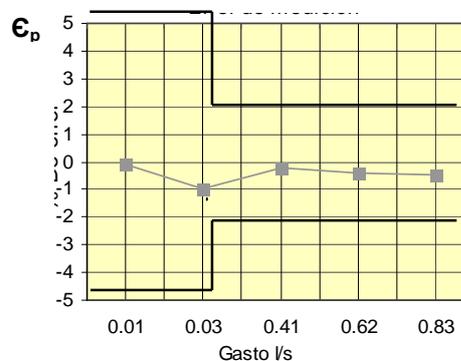


Ilustración 4.2 PEM₀ Medidor 2.

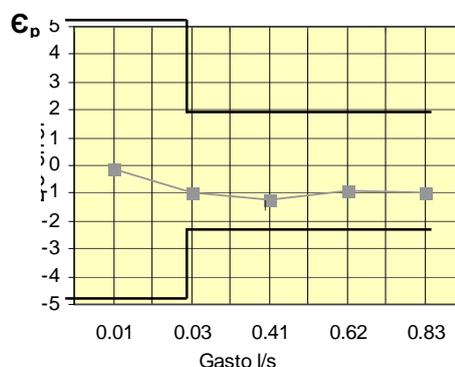


Ilustración 4.3 PEM₀ Medidor 3.

4.2 Prueba de desgaste acelerado en condiciones normales, primera etapa (50 h).

4.2.1 Datos asociados al desarrollo de la prueba de desgaste acelerado en la primera etapa (50 h).

Estos datos están indicados en la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Datos del desarrollo de la prueba de desgaste acelerado: medidores volumétricos.

Primera etapa de la prueba (50 horas)								
<input checked="" type="checkbox"/> Condiciones normales <input type="checkbox"/> Sólidos en suspensión								
Medidor	Li m ³	L f m ³	Li – Lf m ³	Tiempo h	% q _p		Temperatura °C	
					i	f	i	f
1	8175	18720	10545	8 56' 45''	48.81	49.9	24	30
2	8307	18855	10548					
3	8183	18755	10572					
1	18720	29795	11075	8 26' 17"	49.72	49.8	23	30
2	18855	29932	11077					
3	18755	29823	11068					
1	29795	42055	12260	8 50' 03"	49.57	49.6	24	30
2	29932	41992	12060					
3	29823	42083	12260					
1	42055	52675	10620	8 56' 45"	49.81	49.8	24	29
2	41992	52890	10898					
3	42083	52793	10710					
1	52675	68210	15535	9 13' 26"	50.32	50.4	24	30
2	52890	68028	15138					
3	52793	67787	14994					
1	68210	79317	11107	8 45' 23"	50.52	50.6	24	29
2	68028	79740	11712					
3	67787	79558	11771					
Total				50				

Nota:

Li = Lectura inicial ; Lf= Lectura final ; q_p = gasto permanente

4.2.2 Prueba de error de medición primera etapa (PEM₁) en condiciones normales.

Los resultados de la prueba de error de medición a los medidores volumétricos en condiciones normales se presentan en la tabla 4.3. Ver ilustraciones 4.4, 4.5 y 4.6.

Tabla 4.3 Resultados de la prueba de error de medición para los medidores volumétricos condiciones normales.

No	Etapa 1ª: PEM ₁ (50 hs)								
	Medidor 1			Medidor 2			Medidor 3		
	q (Vs)	ε	ε _p	q (Vs)	ε	ε _p	q (Vs)	ε	ε _p
1	0.83	-2,63	-1,63	0.83	-1,64	-1,63	0.83	-1,64	-1,63
		-0,62			-1,61			-1,91	
2	0.62	-1,79	-1,91	0.62	-0,79	-0,92	0.62	-1,79	-1,91
		-2,03			-1,04			-2,03	
3	0.41	-1,81	-1,65	0.41	-0,82	-0,66	0.41	-1,81	-1,65
		-1,49			-0,5			-1,49	
4	0.03	-2,12	-3,03	0.03	-0,12	-1,03	0.03	-2,12	-2,03
		-3,94			-1,99			-1,94	
5	0.01	-6,95	-6,49*	0.01	-3,62	-3,15	0.01	-3,62	-3,15

*Nota: Estos puntos del campo inferior están fuera de los límites permitidos; (submiden) este medidor no cumple con la prueba de desgaste acelerado en el campo inferior

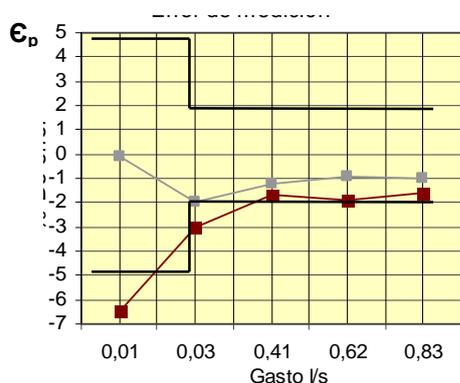


Ilustración 4.4 PEM₁ Medidor 1.

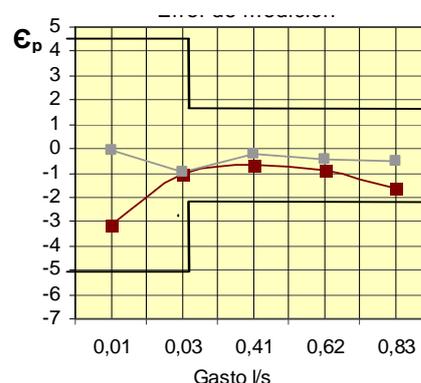


Ilustración 4.5 PEM₁ Medidor 2.

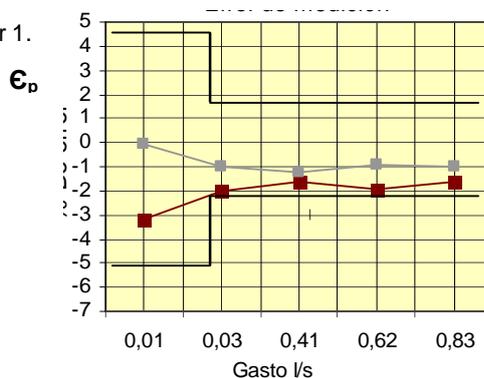


Ilustración 4.6 PEM₁ Medidor 3.

— PEM₀
— PEM₁

4.3 Prueba de desgaste acelerado en condiciones normales, segunda etapa (100 h).

4.3.1 Datos asociados al desarrollo de la prueba de desgaste acelerado en la segunda etapa (100 h).

Estos datos están indicados en la tabla 5.4.

Tabla 5.4 Datos del desarrollo de la prueba de desgaste acelerado: medidores volumétricos.

Segunda etapa de la prueba (100 horas)								
<input checked="" type="checkbox"/> Condiciones normales			<input type="checkbox"/> Sólidos en suspensión					
Medidor	Li m ³	L f m ³	Li - Lf m ³	Tiempo h	% q _p		Temperatura °C	
					i	f	i	f
1	79.770	90.311	10541	6 03' 49''	49.66	49.8	24	29
2	80.200	90.808	10608					
3	80.014	90.608	10694					
1	90.311	109.273	18962	11 23' 17''	49.03	50.1	23	29
2	90.808	109.900	19092					
3	90.608	109.656	19048					
1	109.273	124.194	15646	11 20' 03''	49.07	49.2	24	30
2	109.900	124.919	15019					
3	109.656	124.539	14883					
1	124.194	139.558	15364	11 11' 40''	49.07	49.1	24	30
2	124.919	140.493	15574					
3	124.539	140.119	15580					
1	139.558	152.552	12994	9 51' 06''	50.23	50.3	24	29
2	140.493	153.481	12988					
3	140.119	153.134	13015					
Total				50				

4.3.2 Prueba de error de medición segunda etapa (PEM₂) en condiciones normales.

Los resultados de la prueba de error de medición a los medidores volumétricos en condiciones normales se presentan en la tabla 4.5. Ver ilustraciones 4.7, 4.8 y 4.9.

Tabla 4.5 Resultados de la prueba de error de medición para los medidores volumétricos condiciones normales.

No	Etapa 2ª: PEM ₂ (100 hs)								
	Medidor 1			Medidor 2			Medidor 3		
	q (Vs)	ε	εp	q (Vs)	ε	εp	q (Vs)	ε	εp
1	0.83	-2,27	-1,98	0.83	-2,27	-1,98	0.83	-2,27	-2,48*
		-1,69			-2,68				
2	0.62	-1,9	-1,9	0.62	-1,9	-1,9	0.62	-1,9	-1,9
		-1,91			-1,91				
3	0.41	-2,22	-2,22	0.41	-2,22	-2,22*	0.41	-2,22	-2,22*
		-2,22			-2,22				
4	0.03	-4,02	-4,04	0.03	-2,02	-2,04	0.03	-2,02	-2,04
		-4,06			-2,06				
5	0.02	-6,76	-6,74*	0.02	-3,43	-3,41	0.02	-3,43	-3,41
		-6,73			-3,4				

*Nota: Este punto del campo inferior están fuera de los límites permitidos; los medidores 2 y 3 no cumplen con la prueba de desgaste acelerado el campo superior.

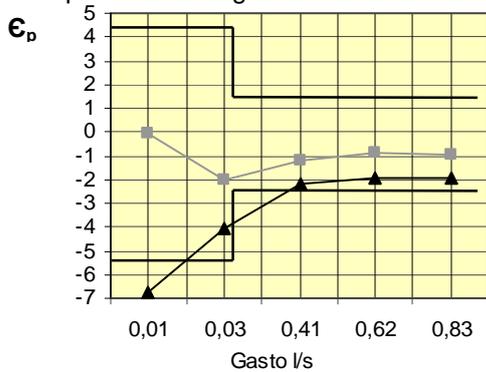


Ilustración 4.7 PEM₂ Medidor 1.

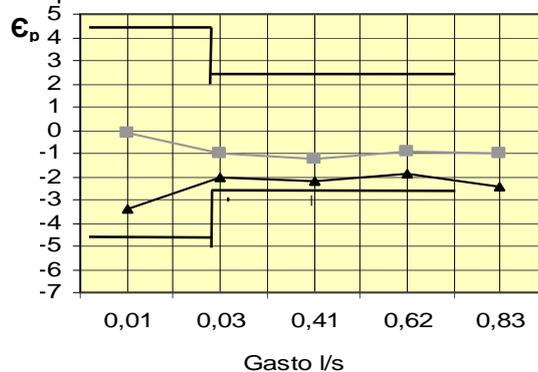


Ilustración 4.8 PEM₂ Medidor 2.

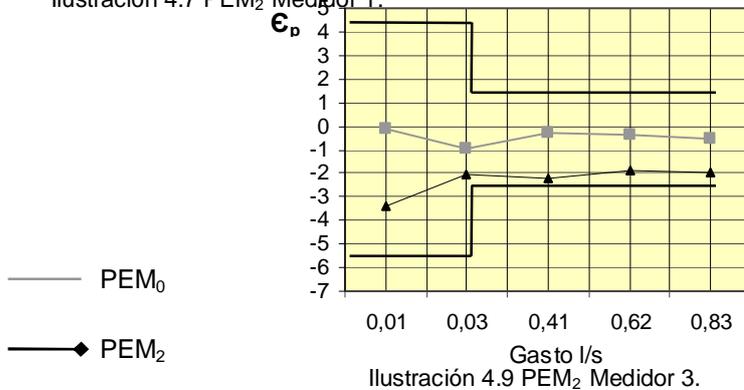


Ilustración 4.9 PEM₂ Medidor 3.

4.4 Prueba de desgaste acelerado en condiciones normales, tercera etapa (150 h).

4.4.1 Datos asociados al desarrollo de la prueba de desgaste acelerado en la tercera etapa (150 h).

Estos datos están indicados en la tabla 4.6

Tabla 4.6 Datos del desarrollo de la prueba de desgaste acelerado: medidores volumétricos.

Tercera etapa de la prueba (150 horas)								
<input checked="" type="checkbox"/> Condiciones normales			<input type="checkbox"/> Sólidos en suspensión					
Medidor	Li	L f	Li – Lf	Tiempo	% q _p		Temperatura °C	
	m ³	m ³	m ³		h	i	f	i
1	154.258	160.740	6482	4 03' 18"	52.49	53.2	24	30
2	155.201	161.731	6530					
3	154.844	161.349	6505					
1	160.740	177.563	16823	11 00' 01"	50.76	50.8	24	30
2	161.731	178.680	16949					
3	161.349	178.224	16875					
1	177.563	191.396	13833	8 52' 80"	51.15	51.6	24	29
2	178.680	192.623	13943					
3	178.224	192.096	13872					
1	191.396	209.025	17629	11 43' 35"	50.12	50.7	23	29
2	192.623	210.358	17735					
3	192.096	209.841	17745					
1	209.025	226.131	17106	11 18' 35"	50,76	50,8	24	30
2	210.358	227.650	17292					
3	209.841	226.957	17116					
1	226.131	229.870	3739	3 45' 40"	50,12	50,5	24	29
2	227.650	231.419	3769					
3	226.957	230.709	3752					
Total				50				

4.4.2 Prueba de error de medición tercera etapa (PEM₃) en condiciones normales.

Los resultados de la prueba de error de medición a los medidores volumétricos en condiciones normales se presentan en la tabla 4.7.

Tabla 4.7 Resultados de la prueba de error de medición para los medidores volumétricos condiciones normales.

No	Etapa 3: PEM ₃ (150 hs)								
	Medidor 1			Medidor 2			Medidor 3		
	q (Vs)	ε	εp	q (Vs)	ε	εp	q (Vs)	ε	εp
1	0.83	-1,55	-2,07*	0.83	-2,54	-2,56*	0.83	-2,54	-2,56*
		-2,58			-2,58				
2	0.62	-2,22	-2,2*	0.62	-2,22	-2,2*	0.62	-2,22	-2,2*
		-2,17			-2,17				
3	0.41	-2,8	-2,31*	0.41	-2,8	-2,31*	0.41	-2,8	-2,8*
		-1,81			-1,81				
4	0.03	-4,23	-4,18	0.03	-2,23	-2,19	0.03	-4,23	-4,18
		-4,13			-2,14			-4,13	
5	0.02	-100	-100*	0.02	-4,01	-4,31	0.02	-10,63	-10,9*
		-100			-4,61			-11,18	

*Nota : Estos puntos están fuera de los límites permitidos; los medidores 1 y 3 no cumplen con la prueba de desgaste acelerado en el campo inferior y los 3 medidores no cumplen en el campo superior.

4.5 Prueba de desgaste acelerado en condiciones normales, cuarta etapa (200 h).

4.5.1 Datos asociados al desarrollo de la prueba de desgaste acelerado en la tercera etapa (200 h).

Estos datos están indicados en la tabla 4.8.

Tabla 4.8 Datos del desarrollo de la prueba de desgaste acelerado: medidores volumétricos.

Cuarta etapa de la prueba (200 horas)								
<input checked="" type="checkbox"/> Condiciones normales			<input type="checkbox"/> Sólidos en suspensión.					
Medidor	Li m ³	Lf m ³	Lf-Li m ³	Tiempo h	% q _p		temperatura °C	
					i	f	i	f
1	231709	237.133	5424	3 29' 02"	52.47	53.4	24	29
2	233300	238.796	5496					
3	232577	238.045	5469					
1	237.133	256.233	19100	11 56' 23"	51.8	52.2	24	30
2	238.796	258.047	19251					
3	238.045	257.233	19188					
1	256.233	272.718	16485	10 53' 36"	50.88	51.2	24	30
2	258.047	274.549	16502					
3	257.233	273.796	16563					
1	272.718	286.748	14030	8 48' 31"	50.9	51.4	23	29
2	274.549	288.762	14213					
3	273.796	287.878	14082					
1	286.748	301.043	14295	9 08' 51"	51.5	51.8	24	30
2	288.762	303.133	14371					
3	287.878	302.230	14352					
1	301.043	310.629	9586	6 13' 29"	51.83	52.5	24	29
2	303.133	312.765	9632					
3	302.230	311.757	9527					
Total				50				

4.5.2 Prueba de error de medición cuarta etapa (PEM₄) en condiciones normales.

Los resultados de la prueba de error de medición a los medidores volumétricos en condiciones normales se presentan en la tabla 4.9.

Tabla 4.9 Resultados de la prueba de error de medición para los medidores volumétricos condiciones normales.

No	Etapa 4ª :PEM ₄ (200 hs)								
	Medidor 1			Medidor 2			Medidor 3		
	q (Vs)	ϵ	ϵp	q (Vs)	ϵ	ϵp	q (Vs)	ϵ	ϵp
1	0.80	-2,34	-2,57*	0.80	-2,34	-2,57*	0.80	-2,34	-2,57*
		-2,8			-2,8				
2	0.61	-2,46	-2,49*	0.61	-2,45	-2,49*	0.61	-2,46	-2,49*
		-2,51			-2,51				
3	0.40	-2,22	-2,62*	0.40	-2,22	-2,62*	0.40	-2,22	-2,12*
		-3,02			-3,02				
4	0.03	-4,14	-4,24	0.03	-4,14	-4,24	0.03	-6,14	-6,23*
		-4,33			-4,33				
5	0.02	-100	-100*	0.02	-4,01	-4,31	0.02	-13,94	-12,56*
		-100			-4,61			-11,18	

Nota: *Estos puntos están fuera de los límites permitidos (submiden) ; los medidores 1 y 3 no cumplen con la prueba de desgaste acelerado en el campo inferior y los tres medidores no cumplen en el campo superior.

4.6 Resultados generales de la prueba de desgaste acelerado en condiciones normales.

Ninguno de los tres medidores evaluados cumple con la prueba de desgaste acelerado. Ver tabla 4.10

Tabla 4.10 Comportamiento de los medidores en sus cuatro etapas.

Etapa/ horas	Medidor 1				Medidor 2				Medidor 3			
	Campo inferior		Campo superior		Campo inferior		Campo superior		Campo inferior		Campo superior	
	PC	PFC	PC	PFC	PC	PFC	PC	PFC	PC	PFC	PC	PFC
Inicial	2	0	3	0	2	0	3	0	2	0	3	0
1/ 50	1	1	3	0	2	0	3	0	2	0	3	0
2/ 100	1	1	3	0	2	0	2	1	2	0	1	2
3/150	1	1	0	3	2	0	0	3	1	1	0	3
4/200	1	1	0	3	2	0	0	3	0	2	0	3
	Este medidor no cumple con la prueba de desgaste acelerado a partir de las primeras 50 horas.				Este medidor no cumple con la prueba de desgaste acelerado a partir de las 150 horas.				Este medidor no cumple con la prueba de desgaste acelerado a partir de las 100 horas.			

Notas:

PC= Puntos en control ; PFC= Puntos fuera de control

4.7 Prueba de error de medición inicial (PEM₀) en sólidos en suspensión.

Los resultados de la prueba de error de medición inicial se indican en la tabla 4.10. Ver ilustraciones 4.10, 4.11 y 4.12.

Tabla 4.10 Resultados de la prueba de error de medición para los medidores volumétricos condiciones normales.

No	Etapa de la prueba inicial :PEM ₀ (Antes de aplicarle la prueba de desgaste acelerado)								
	Medidor 1			Medidor 2			Medidor 3		
	q (l/s)	ε	ε _p	q (l/s)	ε	ε _p	q (l/s)	ε	ε _p
1	0.85	-0,59	-0,58	0.85	-0,88	-0,74	0.85	-0,69	-0,63
		-0,57			-0,59			-0,57	
2	0.63	-1,05	-1,01	0.63	-0,76	-0,61	0.63	-0,25	-0,21
		-0,97			-0,45			-0,17	
3	0.41	-0,5	-0,52	0.41	-0,37	-0,36	0.41	-0,1	-0,12
		-0,55			-0,35			-0,15	
4	0.03	-0,6	-0,65	0.03	-0,28	-0,18	0.03	-0,2	-0,35
		-0,7			-0,08			-0,5	
5	0.02	-1,64	-1,15	0.02	-0,27	-0,42	0.02	-1,64	-1,64
		-0,66			-0,57			-1,64	

Nota: Los medidores tuvieron un comportamiento dentro del rango de aceptación.

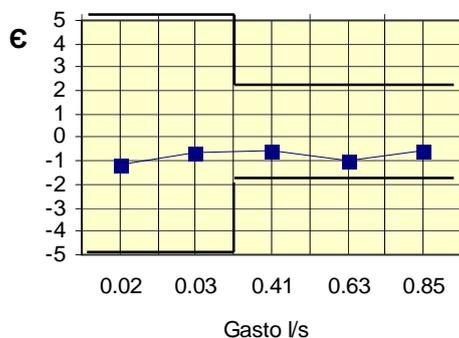


Ilustración 4.10 PEM₁ Medidor 1

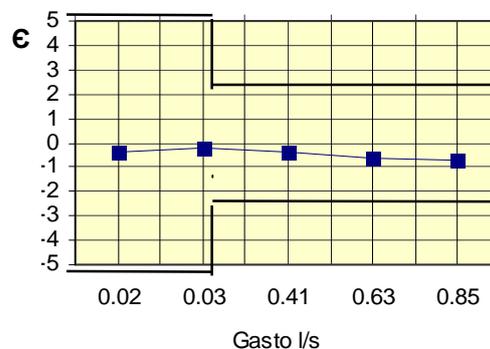


Ilustración 4.11 PEM₁ Medidor 2

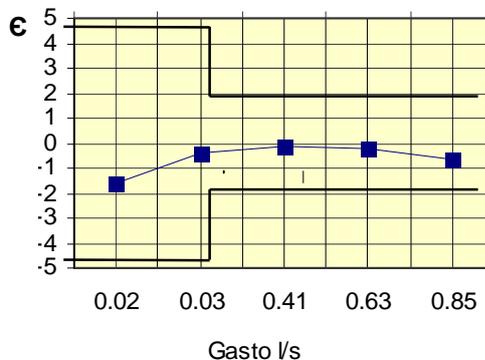


Ilustración 4.12 PEM₁ Medidor 3

4.8 Prueba de desgaste acelerado sólidos en suspensión, primera etapa (50 h).

4.8.1 Datos asociados al desarrollo de la prueba de desgaste acelerado en la primera etapa (50 h).

Estos datos están indicados en la tabla 4.11

Tabla 4.11 Datos del desarrollo de la prueba de desgaste acelerado flujo continuo: medidores volumétricos.

Primera etapa de la prueba (50 horas)								
<input type="checkbox"/> Condiciones normales			<input checked="" type="checkbox"/> Sólidos en suspensión					
Medidor	Li m ³	Lf m ³	Lf-Li m ³	Tiempo h	% q _p		temperatura °C	
					i	f	i	f
1	6175	6445,8	270,8	4"45"	52	0	23	23
2	6164,8	6456,8	292					
3	6158,8	6440	281,2					

Nota: A los 4 minutos con 45 segundos los medidores dejaron de funcionar.

4.9 Resultados con sólidos en suspensión.

Después de 4 minutos con 45 segundos al hacer funcionar medidores con 600 gr. de sólidos en suspensión en 200 lt de agua dejaron de funcionar; no registraron el flujo del agua.

CAPÍTULO V

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS A MEDIDORES VELOCIDAD

En este capítulo se presentan los resultados de las pruebas de desgaste acelerado del sistema de medición velocidad en condiciones normales y sólidos en suspensión. Estas pruebas se desarrollaron en cuatro etapas: 50, 100, 150 y 200 horas.



5.1 Prueba de error de medición inicial (PEM₀) en condiciones normales.

Los resultados de la prueba de error de medición inicial se indican en la tabla 5.1. Ver ilustraciones 5.1, 5.2 y 5.3.

Tabla 5.1 Resultados de la prueba de error de medición para los medidores velocidad condiciones normales.

No	Etapa de la prueba inicial: PEM ₀ (Antes de aplicarle la prueba de desgaste acelerado)								
	Medidor 1			Medidor 2			Medidor 3		
	q (Vs)	ε	ε _p	q (Vs)	ε	ε _p	q (Vs)	ε	ε _p
1	0.83	-1,29	-1,4	0.83	-0,54	-0,82	0.83	-0,64	-0,47
		-1,51			-1,1			-0,29	
2	0.60	-0,94	-1,04	0.60	-0,84	-0,55	0.60	-0,84	-0,65
		-1,14			-0,25			-0,45	
3	0.42	-1,06	-1,04	0.42	0,77	0,72	0.42	-0,67	-0,6
		-1,02			0,67			-0,52	
4	0.03	-0,74	-0,69	0.03	0,56	0,51	0.03	-0,54	-0,59
		-0,64			0,46			-0,64	
5	0.02	-1,37	-1,25	0.02	0,97	0,92	0.02	0,3	0,25
		-1,13			0,87			0,2	

Notas:

- Los tres medidores funcionan correctamente de acuerdo al error máximo del campo superior e inferior.
- ε = Error de medición; ε_p = Error de medición promedio.

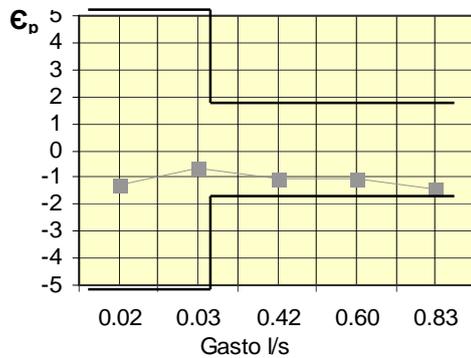


Ilustración 5.1 PEM₀ Medidor 1.

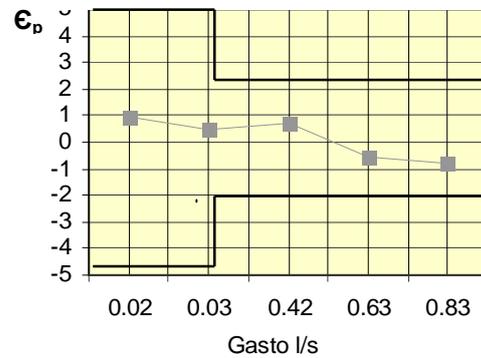


Ilustración 5.2 PEM₀ Medidor 2.

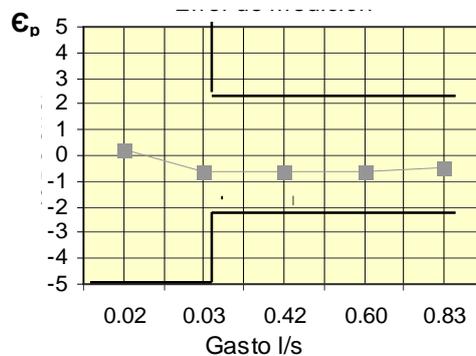


Ilustración 5.3 PEM₀ Medidor 3.

5.2 Prueba de desgaste acelerado en condiciones normales, primera etapa (50 h).

5.2.1 Datos asociados al desarrollo de la prueba de desgaste acelerado en la primera etapa (50 h).

Estos datos están indicados en la tabla 5.2

Tabla 5.2 Datos del desarrollo de la prueba de desgaste acelerado: medidores velocidad.

Primera etapa de la prueba (50 horas)								
<input checked="" type="checkbox"/> Condiciones normales <input type="checkbox"/> Sólidos en suspensión								
Medidor	Li m ³	Lf m ³	Li – Lf m ³	Tiempo h	% q _p		Temperatura °C	
					i	f	i	f
1	8523,45	21656,3	13132,85	7 09' 19''	51.38	51.5	23	29
2	6839,95	20227,55	13387,6					
3	5880,35	19130,95	13250,6					
1	21656,3	38033,8	16377,5	8 49' 40''	50.37	50.8	23	29
2	20227,55	36916,4	16688,85					
3	19130,95	35439,85	16308,9					
1	38033,8	54079,63	16045,83	8 40' 50''	50.05	50.2	24	29
2	36916,4	53127,7	16211,3					
3	35439,85	51515,6	16075,75					
1	54079,63	70344,65	16265,02	8 48' 06''	51.57	51.6	23	29
2	53127,7	69590,8	16463,1					
3	51515,6	67835,15	16319,55					
1	70344,65	86887,4	16542,75	8 54' 00''	50.32	50.5	24	29
2	69590,8	86159,5	16568,7					
3	67835,15	84323,4	16488,25					
1	86887,4	109109,3	22221,9	11 45' 23''	50.52	50.6	24	29
2	86159,5	108448,4	22288,9					
3	84323,4	107294,5	22971,1					
Total				50				

Nota:

Li = Lectura inicial ; Lf= Lectura final ; q_p = gasto permanente

5.2.2 Prueba de error de medición primera etapa (PEM₁) en condiciones normales.

Los resultados de la prueba de error de medición a los medidores velocidad en condiciones normales se presentan en la tabla 5.3. Ver ilustraciones 5.4, 5.5 y 5.6.

Tabla 6.3 Resultados de la prueba de error de medición para los medidores velocidad condiciones normales.

No	Primera etapa de la prueba: PEM ₁								
	Medidor 1			Medidor 2			Medidor 3		
	q (l/s)	ε	εp	q (l/s)	ε	εp	q (l/s)	ε	εp
1	0.84	-79	-0,99	0.83	-0,79	-0,71	0.84	0	-0,16
		-0,47			-0,63			-0,32	
2	0.61	0,45	-0,91	0.62	0,45	0,82	0.61	0,05	0,05
		-0,93			1,19			0,05	
3	0.4	-0,35	-1,23	0.41	0,72	0,87	0.4	0,2	0,21
		-0,42			1,02			0,22	
4	0.03	-0,58	-1,99	0.03	0,96	1,01	0.03	-0,58	-0,42
		-0,66			1,06			-0,26	
5	0.01	-0,4	-0,1	0.01	1,97	1,33	0.01	0,43	0,68
		-0,4			0,7			0,93	

Nota: Los tres medidores funcionan correctamente de acuerdo al error máximo del campo superior e inferior.

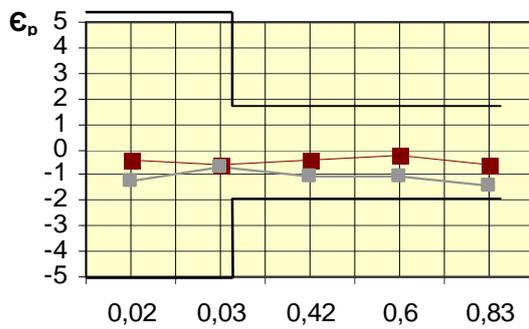


Ilustración 5.4 PEM₁ Medidor 1.

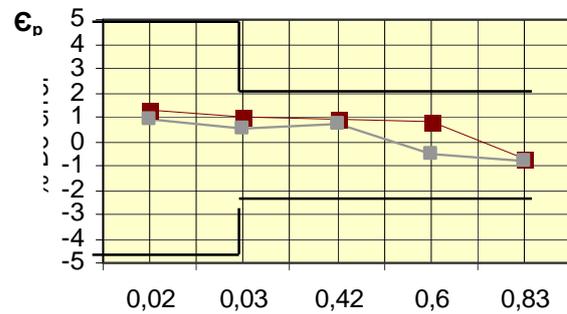


Ilustración 5.5 PEM₂ Medidor 2.

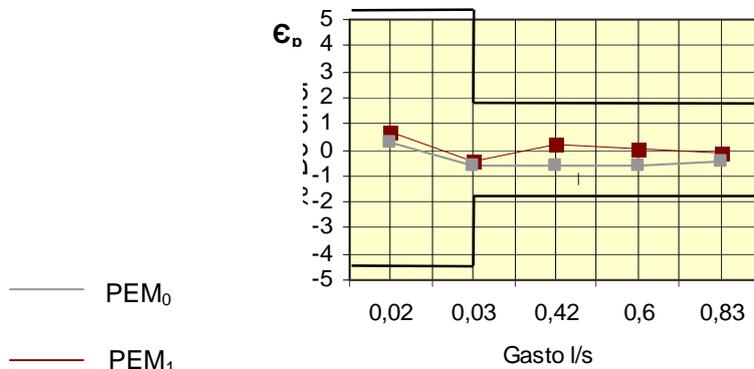


Ilustración 5.6 PEM₃ Medidor 3.

5.3 Prueba de desgaste acelerado en condiciones normales, segunda etapa (100 h).

5.3.1 Datos asociados al desarrollo de la prueba de desgaste acelerado en la segunda etapa (100 h).

Estos datos están indicados en la tabla 5.4.

Tabla 5.4 Datos del desarrollo de la prueba de desgaste acelerado flujo continuo: medidores velocidad.

Segunda etapa de la prueba (100 horas)								
<input checked="" type="checkbox"/> Condiciones normales <input type="checkbox"/> Sólidos en suspensión								
Medidor	Li m ³	Lf m ³	Lf-Li m ³	Tiempo h	% q _p		temperatura °C	
					i	f	i	i
1	32333,8	38033,8	5700	3 30' 42''	50.45	50.6	24	29
2	31116,4	36916,4	5800					
3	29679,85	35439,85	5760					
1	38033,8	127495,8	89462	8 49' 25''	51.5	51.8	23	29
2	36916,4	127159,55	90243,15					
3	35439,85	124915,6	89475,75					
1	127.495,80	144135,65	16639,85	8 55' 00"	50.5	51.6	24	30
2	127.159,55	143930,05	16770,5					
3	124.915,60	141541,95	16626,35					
1	144.135,65	160573,75	16438,1	8 52' 14"	50.07	50.2	24	30
2	143.930,05	166637,05	22707					
3	141.541,95	157858,5	16316,55					
1	160.573,75	176789	16215,25	8 45' 00"	50.07	50.1	24	30
2	166.637,05	177128,85	10491,8					
3	157.858,50	174167,1	16308,6					
1	176.789,00	192504,75	15715,75	8 31' 29"	50.23	50.3	23	30
2	177.128,85	193083,4	15954,55					
3	174.167,10	189946,9	15779,8					
1	192.504,75	198183,9	5679,15	3 07' 00''	50.35	50.8	24	30
2	193.083,40	198909,2	5825,8					
3	189.946,90	195665,25	5718,35					
Total				50				

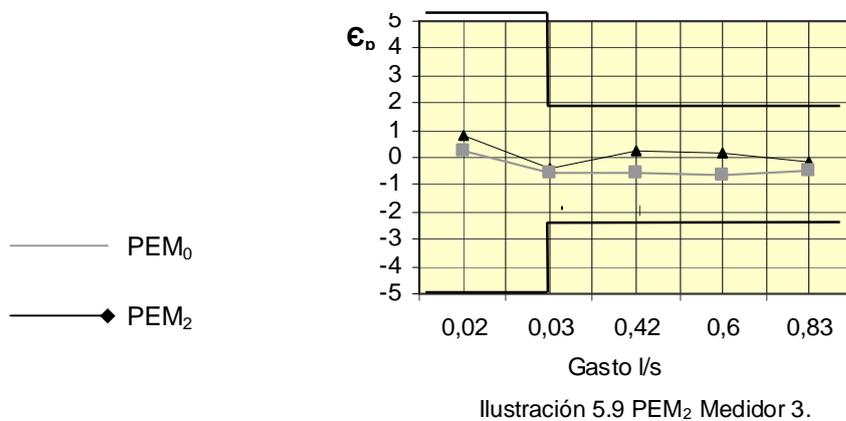
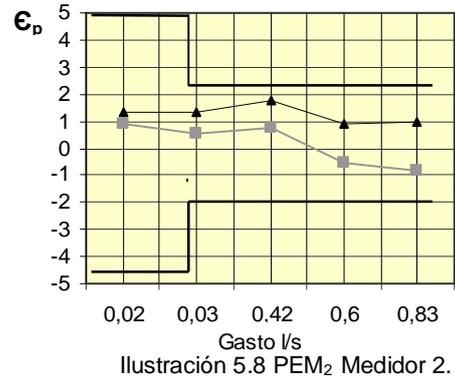
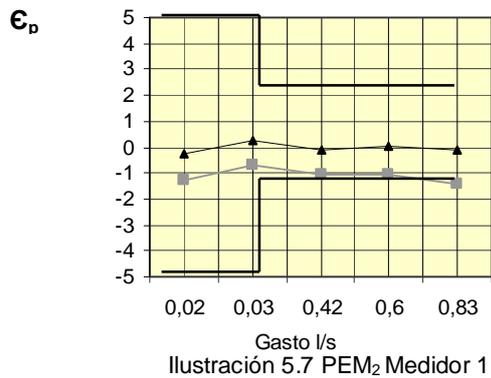
5.3.2 Prueba de error de medición segunda etapa (PEM₂) en condiciones normales.

Los resultados de la prueba de error de medición a los medidores velocidad en condiciones normales se presentan en la tabla 5.5. Ver ilustraciones 5.7, 5.8 y 5.9.

Tabla 5.5 Resultados de la prueba de error de medición para los medidores velocidad condiciones normales.

No	Etapa 2ª : PEM ₂ (100 hs)								
	Medidor 1			Medidor 2			Medidor 3		
	q (l/s)	ε	ε _p	q (l/s)	ε	ε _p	q (l/s)	ε	ε _p
1	0.82	0,91	-0,09	0.82	0,47	0,95	0.82	-0,22	-0,14
		-1,08			1,43			-0,05	
2	0.72	-0,37	0,01	0.72	0,72	0,88	0.72	0,17	0,14
		0,4			1,04			0,1	
3	0.42	-0,12	-0,12	0.42	1,86	1,79	0.42	0,17	0,25
		-0,17			1,71			0,32	
4	0.03	-0,26	0,28	0.03	1,34	1,33	0.03	-0,36	-0,42
		0,82			1,32			-0,48	
5	0.02	-0,23	-0,23	0.02	1,59	1,35	0.02	0,56	0,83
		-0,23			1,1			1,1	

Nota: Los tres medidores funcionan correctamente de acuerdo al error máximo del campo superior e inferior



5.4 Prueba de desgaste acelerado en condiciones normales, tercera etapa (150 h).

5.4.1 Datos asociados al desarrollo de la prueba de desgaste acelerado en la tercera etapa (150 h).

Estos datos están indicados en la tabla 5.6

Tabla 5.6 Datos del desarrollo de la prueba de desgaste acelerado: medidores velocidad.

Tercera etapa de la prueba (150 horas)								
<input type="checkbox"/> x Condiciones normales <input type="checkbox"/> Sólidos en suspensión								
Medidor	Li m³	Lf m³	Lf- Li m³	Tiempo h	% q _p		temperatura °C	
					i	f	i	f
1	199.919,65	205740,1	5820,45	3 08' 58"	50.5	51.6	23	30
2	200.674,70	206607,55	5932,85					
3	197.417,34	203279,7	5862,36					
1	205.740,10	222036,9	16296,8	8 49' 00"	50.76	50.8	24	30
2	206.607,55	223194,1	16586,55					
3	203.279,70	219693,2	16413,5					
1	222.036,90	239300,9	17264	9 10' 03"	51.15	51.6	24	29
2	223.194,10	240782,3	17588,2					
3	219.693,20	237024,2	17331					
1	239.300,90	256639,05	17338,15	9 19' 18"	50.12	50.7	23	29
2	240.782,30	258213,45	17431,15					
3	237.024,20	254275,3	17251,1					
1	256.639,05	273561,45	16922,4	9 13' 21"	50.72	50.8	24	30
2	258.213,45	275412,95	17199,5					
3	254.275,30	271302,05	17026,75					
1	273.561,45	294352,9	20791,45	11 19' 51"	51.12	51.2	24	26
2	275.412,95	296532,8	21119,85					
3	271.302,05	292212,55	20910,5					
Total				50				

5.4.2 Prueba de error de medición tercera etapa (PEM₃) en condiciones normales.

Los resultados de la prueba de error de medición a los medidores velocidad en condiciones normales se presentan en la tabla 5.7. Ver ilustraciones 5.10, 5.11 y 5.12

Tabla 5.7 Resultados de la prueba de error de medición para los medidores velocidad condiciones normales.

No	Etapa 3ª :PEM ₃ (150 hs)								
	Medidor 1			Medidor 2			Medidor 3		
	q (l/s)	ε	εp	q (l/s)	ε	εp	q (l/s)	ε	εp
1	0.83	-0,34	-0,07	0.83	0,39	0,96	0.83	0,1	-0,05
		0,2			1,53			-0,2	
2	0.62	0,12	0,04	0.62	0,96	0,93	0.62	-0,2	0,09
		-0,05			0,9			0,4	
3	0.43	-0,12	-0,09	0.43	1,72	1,73	0.43	0,37	0,31
		-0,05			1,74			0,3	
4	0.03	-0,28	0,32	0.03	0,72	1,02	0.03	1,32	1,42
		0,92			1,32			1,52	
5	0.02	-0,1	-0,08	0.02	1,06	1,42	0.02	0,4	0,92
		-0,07			1,77			1,43	

Nota: Los tres medidores funcionan correctamente de acuerdo al error máximo del campo superior e inferior.

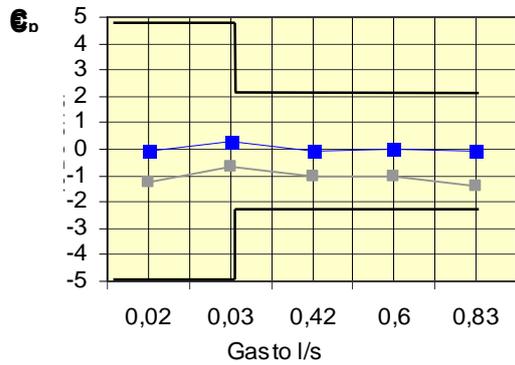


Ilustración 5.10 PEM₃ Medidor 1.

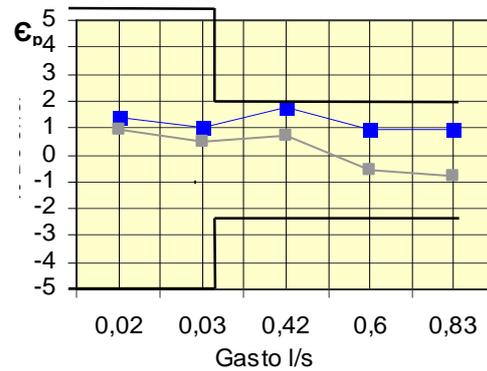


Ilustración 5.11 PEM₃ Medidor 2.

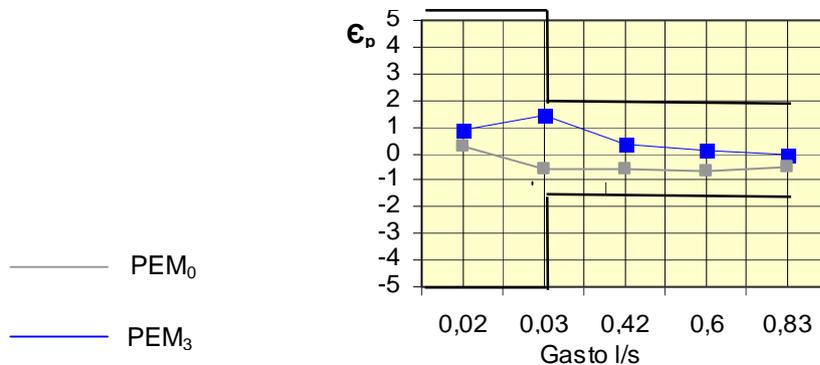


Ilustración 5.12 PEM₃ Medidor 3.

5.5 Prueba de desgaste acelerado en condiciones normales, cuarta etapa (200 h).

5.5.1 Datos asociados al desarrollo de la prueba de desgaste acelerado en la tercera etapa (200 h).

Estos datos están indicados en la tabla 5.8.

Tabla 5.8 Datos del desarrollo de la prueba de desgaste acelerado: medidores velocidad.

Cuarta etapa de la prueba (200 horas)								
<input type="checkbox"/> x Condiciones normales <input type="checkbox"/> Sólidos en suspensión								
Medidor	Li m ³	L f m ³	Li - Lf m ³	Tiempo h	% q _p		Temperatura °C	
					i	f	i	f
1	296701,55	300425,1	3723,55	2 17' 14"	51.45	51.8	24	30
2	298418	302697,95	4279,95					
3	294045,65	298322,9	4277,25					
1	300.425,10	320095,05	19669,95	10 41' 00"	51.16	52.2	24	30
2	302.697,95	322615,95	19918					
3	298.322,90	318215,1	19892,2					
1	320.095,05	339954,45	19859,4	8 53' 57''	50.83	51.2	24	30
2	322.615,95	342729,5	20113,55					
3	318.215,10	338254,8	20039,7					
1	339.954,45	356922,6	16968,15	9 12' 48"	50.19	50.4	23	29
2	342.729,50	359903,55	17174,05					
3	338.254,80	355383,4	17128,6					
1	356.922,60	373384,9	16462,3	8 55' 36''	51.5	51.7	24	30
2	359.903,55	376632,9	16729,35					
3	355.383,40	372012,4	16629					
1	373.384,90	390390,9	17006	9 12' 56''	51.83	52.1	24	29
2	376.632,90	393897,65	17264,75					
3	372.012,40	389188,05	17175,65					
1	390.390,90	392756,15	2365,25	1 16' 46''	51.34	51.9	24	27
2	393.897,65	396282,55	2384,9					
3	389.188,05	391565,95	2377,9					
Total				50				

5.5.2 Prueba de error de medición cuarta etapa (PEM₄) en condiciones normales.

Los resultados de la prueba de error de medición a los medidores velocidad en condiciones normales se presentan en la tabla 5.9. Ver ilustraciones 5.13, 5.14 y 5.15.

Tabla 5.9 Resultados de la prueba de error de medición para los medidores velocidad condiciones normales.

No	Etapa 4ª : PEM ₄ (200 hs)								
	Medidor 1			Medidor 2			Medidor 3		
	q (l/s)	ε	ε _p	q (l/s)	ε	ε _p	q (l/s)	ε	ε _p
1	0.84	-0,3	-0,05	0.84	1,81	1,87	0.84	0,15	0,02
		0,2			1,93			-0,1	
2	0.64	-0,07	0,05	0.64	0,81	0,93	0.64	0,12	0,1
		0,17			1,05			0,07	
3	0.43	-0,05	-0,06	0.43	1,82	1,83	0.43	0,3	0,31
		-0,07			1,84			1,36	
4	0.03	0,86	0,45	0.03	1,32	1,17	0.03	1,57	1,47
		0,04			1,02			1,48	
5	0.02	-0,16	-0,07	0.02	1,06	1,42	0.02	0,53	1
		0,03			1,77			0,2	

Nota: Los tres medidores funcionan correctamente de acuerdo al error máximo del campo superior e inferior

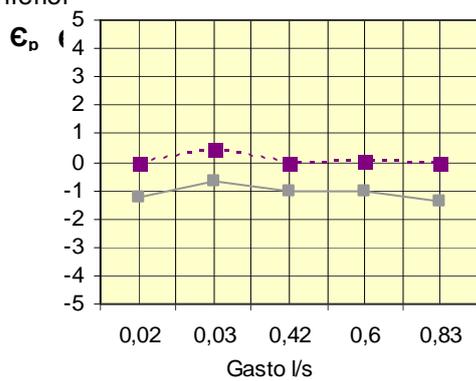


Ilustración 5.13 PEM₄ Medidor 1.

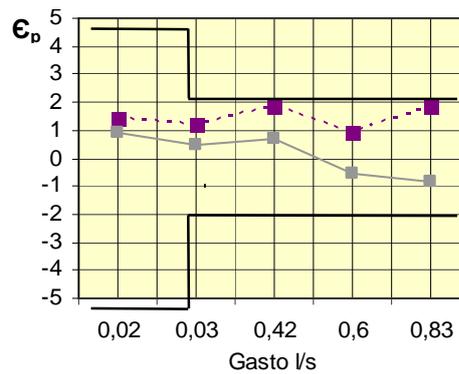


Ilustración 5.14 PEM₄ Medidor 2.

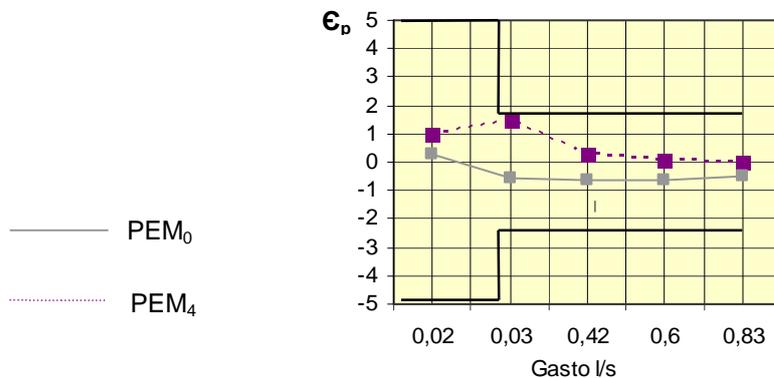


Ilustración 5.15 PEM₄ Medidor 3.

5.6 Resultados generales de la prueba de desgaste acelerado en condiciones normales.

Los tres medidores evaluados cumplen con la prueba de desgaste acelerado. Ver tabla 5.10. A medida que se acumulara las horas de la prueba de desgaste acelerado, estos medidores tienden a una sobre medición en el campo superior y una submedición en el campo inferior.

Tabla 5.10 Comportamiento de los medidores en sus cuatro etapas.

Etapa/ horas	Medidor 1				Medidor 2				Medidor 3			
	Campo inferior		Campo superior		Campo inferior		Campo superior		Campo inferior		Campo superior	
	PC	PFC	PC	PFC	PC	PFC	PC	PFC	PC	PFC	PC	PFC
Inicial	2	0	3	0'	2	0	3	0	2	0	3	0
1/ 50	2	0	3	0	2	0	3	0	2	0	3	0
2/ 100	2	0	3	0	2	0	3	0	2	0	3	0
3/150	2	0	3	0	2	0	3	0	2	0	3	0
4/200	2	0	3	0	2	0	3	0	2	0	3	0
	Este medidor cumple con la prueba de desgaste acelerado.				Este medidor cumple con la prueba de desgaste acelerado				Este medidor cumple con la prueba de desgaste acelerado			

5.7 Prueba de error de medición inicial (PEM₀) sólidos en suspensión.

Los resultados de la prueba de error de medición inicial se indican en la tabla 5.11 ver ilustraciones 5.16, 5.17 y 5.18

Tabla 5.11 Resultados de la prueba de error de medición para los medidores velocidad sólidos en suspensión.

No	Etapa de la prueba inicial :PEM ₀ (Antes de aplicarle la prueba de desgaste acelerado)								
	Medidor 1			Medidor 2			Medidor 3		
	q (l/s)	ε	εp	q (l/s)	ε	εp	q (l/s)	ε	εp
1	0.84	0,56	0,55	0.84	-1,24	-1,19	0.84	0,51	-0,09
		0,54			-1,13			-0,69	
2	0.61	0,8	1,03	0.61	-0,75	-0,78	0.61	-0,45	0,09
		1,27			-0,82			0,62	
3	0.39	0,37	0,25	0.39	-0,89	-0,83	0.39	1,21	0,64
		0,12			-0,77			0,07	
4	0.03	-0,4	-0,25	0.03	-0,89	-0,45	0.03	-0,59	-0,4
		-0,1			0			-0,2	
5	0.02	-0,53	-0,41	0.02	0,79	1,08	0.02	0,63	0,66
		-0,3			1,36			0,69	

Nota: Los tres medidores funcionan correctamente de acuerdo al error máximo del campo superior e inferior

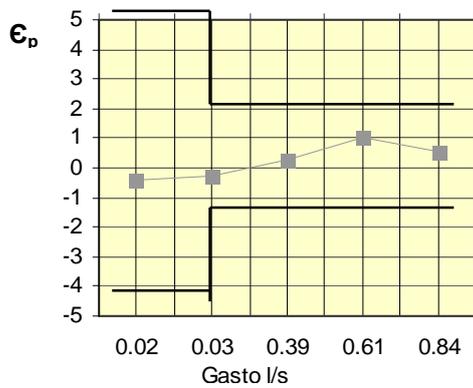


Ilustración 5.16 PEM₀ Medidor 1.

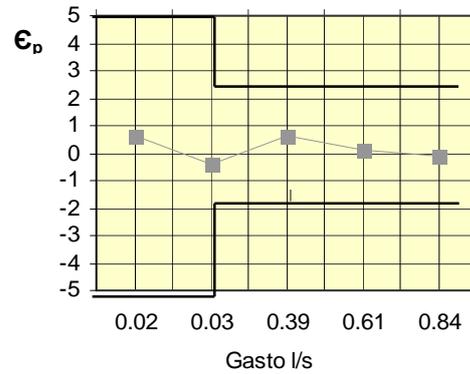


Ilustración 5.17 PEM₀ Medidor 2.

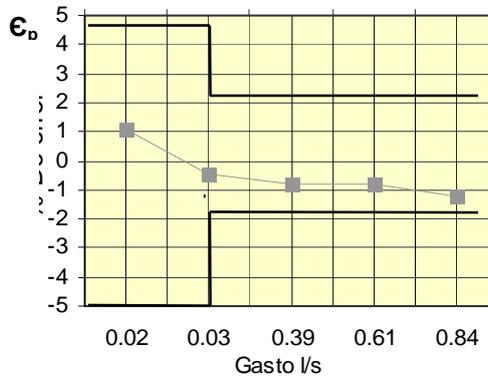


Ilustración 5.18 PEM₀ Medidor 3.

5.8 Prueba de desgaste acelerado sólidos en suspensión, primera etapa (50 h).

5.8.1 Datos asociados al desarrollo de la prueba de desgaste acelerado en la primera etapa (50 h). Estos datos están indicados en la tabla 5.12.

Tabla 5.12 Datos de la prueba de desgaste acelerado medidores velocidad.

Primera etapa de la prueba (50 horas)								
<input type="checkbox"/> Condiciones normales <input checked="" type="checkbox"/> Sólidos en suspensión								
Medidor	Li m ³	L f m ³	Li – Lf m ³	Tiempo h	% q _p		Temperatura °C	
					i	f	i	f
1	4144,95	11008,7	6863,75	4 24' 00''	50	50	22	30
2	4118,65	10842,95	6724,3		50	50		
3	4929,75	11940,55	7010,8		50	50		
1	11008,7	15582,7	4574	3 53' 18''	50	50	23	30
2	10842,95	15456	4613,05		50	50		
3	11940,55	16535,6	4595,05		50	50		
1	15582,7	21677,7	6095	4 40' 15''	50	50	24	30
2	15456	21578,35	6122,35		60	60		
3	16535,6	22607,3	6071,7		50	50		
1	21677,7	27225,45	5547,75	3 54' 90''	51	51	24	30
2	21578,35	27031,45	5453,1		51	51		
3	22607,3	28191,75	5584,45		51	51		
1	27225,45	32142,85	4917,4	3 34' 66''	51	51	24	30
2	27031,45	31916,15	4884,7		51	51		
3	28191,75	33133,05	4941,3		50	50		
1	32142,85	38723,55	6580,7	4 50' 00''	50	50	24	30
2	31916,15	38386,05	6469,9		50	50		
3	33133,05	39630,8	6497,75		50	50		
1	38723,55	45081,25	6357,7	4 46' 23''	50	50	24	30
2	38386,05	44610,25	6224,2		50	50		
3	39630,8	45964,4	6333,6		50	50		
1	45081,25	51994,85	6913,6	5 00' 39''	49	49	24	30
2	44610,25	51442,7	6832,45		49	49		
3	45964,4	52912,65	6948,25		49	49		
1	51994,85	60479,6	8484,75	6 07' 60''	49	49	24	30
2	51442,7	59749,75	8307,05		49	49		
3	52912,65	61443,75	8531,1		49	49		
1	60479,6	69369,34	8889,74	6 15' 25''	49	49	24	30
2	59749,75	68457,9	8708,15		49	49		
3	61443,75	70366,05	8922,3		49	49		
1	69369,34	74059,45	4690,11	3 30' 15''	49	49	24	30
2	68457,9	73110,8	4652,9		49	49		
3	70366,05	75148,45	4782,4		49	49		

5.8.2 Prueba de error de medición primera etapa (PEM₁) sólidos en suspensión.

Los resultados de la prueba de error de medición a los medidores velocidad sólidos en suspensión se presentan en la tabla 5.13.

Tabla 5.13 Resultados de la prueba de error de medición para los medidores velocidad sólidos en suspensión.

No	Primera Etapa de la prueba :PEM ₁								
	Medidor 1			Medidor 2			Medidor 3		
	q (Vs)	ϵ	ϵp	q (Vs)	ϵ	ϵp	q (Vs)	ϵ	ϵp
1	0.86	2,68	2,66	0.86	1,07	0,9	0.86	1,32	1,15
		2,64			0,73			0,98	
2	0.63	1,88	1,78	0.63	1,24	1,21	0.63	0,1	0,64
		1,68			1,19			1,19	
3	0.43	0,25	0,26	0.43	1,65	1,61	0.43	1,7	1,73
		0,27			1,56			1,76	
4	0.03	-32,61	-32,6*	0.03	-5,02	-5,49*	0.03	-0,82	-0,9
		-32,59			-5,96			-0,89	
5	0.02	-100	-100*	0.02	-14,22	-13,89*	0.02	-7,4	-7,32*
		-100			-13,56			-7,25	

*Nota: Estos puntos están fuera de los límites permitidos; los tres medidores no cumplen con la prueba de desgaste acelerado en el campo inferior

5.9 Prueba de desgastes acelerados solidos en suspensión, segunda etapa (100 h).

5.9.1 Datos asociados al desarrollo de la prueba de desgaste acelerado en la segunda etapa (100 h).

Estos datos están indicados en la tabla 5.14

Tabla 5.14 Datos de la prueba de desgaste acelerado flujo continuo: medidores velocidad.

Primera etapa de la prueba (50 horas)								
<input type="checkbox"/> Condiciones normales <input checked="" type="checkbox"/> Sólidos en suspensión								
Medidor	Li m ³	L f m ³	Li - Lf m ³	Tiempo h	% q _p		Temperatura °C	
					i	f	l	f
1	75940,25	84829,99	8889,7	6 20' 10''	48	48	23	30
2	75078,7	83786,85	8708,2		50	49		
3	77123,25	86045,55	8922,3		49	49		
1	84829,99	98013,65	13184	9 35' 00''	49	49	24	30
2	83786,85	97219,5	13433		49	49		
3	86045,55	99474,15	13429		49	48		
1	98013,65	112371,8	14358	10 40' 20''	49	49	22	30
2	97219,5	111478,4	14259		49	49		
3	99474,15	114052,2	14578		49	49		
1	112371,8	126701,7	14330	10 25' 29''	46	46	24	30
2	111478,4	125615,35	14137		45	46		
3	114052,2	128468,1	14416		47	46		
1	126701,7	139403,2	12702	9 13' 10''	47	46	24	29
2	125615,35	138143	12528		46	46		
3	128468,1	141284,9	12817		47	46		
1	139403,2	145118,35	5715,1	9 13' 10''	48	47	24	28
2	138143	143762	5619		46	46		
3	141284,9	147024,65	5739,8		48	47		
Total				50				

5.9.2 Prueba de error de medición segunda etapa (PEM₂) solidos en suspensión.

Los resultados de la prueba de error de medición a los medidores velocidad sólidos en suspensión condiciones normales se presentan en la tabla 5.15.

Tabla 5.15 Resultados de la prueba de error de medición para los medidores velocidad solidos en suspensión.

No	Etapa 2ª : PEM ₂ (100 hs)								
	Medidor 1			Medidor 2			Medidor 3		
	q (Vs)	ε	εp	q (Vs)	ε	εp	q (Us)	ε	εp
1	0.85	2,45	2,7*	0.85	1,62	1,57	0.85	1,28	1,2
		2,95			1,52			1,13	
2	0.63	1,81	1,85	0.63	1,37	1,33	0.63	1,47	1,2
		1,89			1,29			0,94	
3	0.43	0,75	0,59	0.43	2	1,96	0.43	1,95	1,76
		0,42			1,92			1,57	
4	0.03	-25,45	-27,12*	0.03	-3,61	-3,19	0.03	-1,4	-1,21
		-28,79			-2,77			-1,02	
5	0.02	-100	-100*	0.02	-6,85	-6,3*	0.02	-5,19	-5,06*
		-100			-5,76			-4,93	

*Nota: Estos puntos están fuera de los límites permitidos; los tres medidores no cumplen con la prueba de desgaste acelerado en el campo inferior y el medidor 1 no cumplen en el campo superior

5.10 Prueba de desgastes acelerados solidos en suspensión, tercera etapa (150 h).

5.10.1 Datos asociados al desarrollo de la prueba de desgaste acelerado en la tercera etapa (150 h).

Estos datos están indicados en la tabla 5.16

Tabla 5.16 Datos de la prueba de desgaste acelerado : medidores velocidad.

Tercera etapa de la prueba (150 horas)								
			<input type="checkbox"/> Condiciones normales	<input checked="" type="checkbox"/> Sólidos en suspensión				
Medidor	Li m³	Lf m³	Lf-Li m³	Tiempo h	% q _p		temperatura °C	
					i	f	i	f
1	146294,75	150424,1	4129,35	2 39' 07''	50	50	24	26
2	145049,2	149217,65	4168,45		50	50		
3	148298,25	152508,15	4209,9		50	51		
1	150424,1	164542,1	14118	9 02' 10''	51	50	23	30
2	149217,65	163573,05	14355,4		51	51		
3	152508,15	166846,48	14338,3		51	51		
1	164542,1	179913,9	15371,8	10 01' 20''	50	49	24	30
2	163573,05	179150,5	15577,5		51	49		
3	166846,48	182391,8	15545,3		52	50		
1	179913,9	192989,5	13075,6	9 42' 44''	50	49	24	30
2	179150,5	192295,75	13145,3		51	49		
3	182391,8	195544,2	13152,4		50	50		
1	192989,5	201588,2	8598,7	8 49' 15''	50	49	24	30
2	192295,75	201027,8	8732,05		50	49		
3	195544,2	204304,75	8760,55		51	50		
1	201588,2	213430,7	11842,5	8 42' 20''	49	46	24	30
2	201027,8	212933,4	11905,6		49	49		
3	204304,75	216261,4	11956,7		50	50		
1	213430,7	216940,05	3509,35	2 10' 50''	50	50	24	27
2	212933,4	216940,65	4007,25		49	50		
3	216261,4	219770,3	3508,9		50	50		
Total				50				

5.10.2 Prueba de error de medición tercera etapa (PEM₃) sólidos en suspensión.

Los resultados de la prueba de error de medición a los medidores velocidad sólidos en suspensión se presentan en la tabla 5.17.

Tabla 5.17 Desarrollo de la prueba de error de medición para los medidores velocidad sólidos en suspensión

No	Etapa 3ª :PEM ₃ (150 hs)								
	Medidor 1			Medidor 2			Medidor 3		
	q (Vs)	ε	εp	q (Vs)	ε	εp	q (Vs)	ε	εp
1	0,87	2,78	2,73*	0,87	1,9	1,76	0,87	1,07	1,22
		2,68			1,61			1,37	
2	0,63	1,81	1,86	0,63	1,56	1,51	0,63	1,66	1,78
		1,91			1,46			0,82	
3	0,43	1,27	1,28	0,43	1,91	1,97	0,43	1,96	1,78
		1,29			2,03			1,59	
4	0,03	-17,45	-17,61*	0,03	-3,17	-3,58	0,03	-1,78	-1,89
		-17,76			-3,99			-2	
5	0,02	-100	-100*	0,02	-4,17	-4,63	0,02	-3,33	-3,31
		-100			-5,1			-3,29	

*Nota: Estos puntos están fuera de los límites permitidos; el medidor 1 no cumplen con la prueba de desgaste acelerado en el campo inferior.

5.11 Prueba de desgastes acelerados solidos en suspensión, cuarta etapa (200 h).

5.11.1 Datos asociados al desarrollo de la prueba de desgaste acelerado en la cuarta etapa (200 h).

Estos datos están indicados en la tabla 5.18

Tabla 5.18 Datos de la prueba de desgaste acelerado flujo continuo: medidores velocidad.

Cuarta etapa de la prueba (200 horas)								
<input type="checkbox"/> Condiciones normales			<input checked="" type="checkbox"/> Sólidos en suspensión					
Medidor	Li m³	Lf m³	Lf-Li m³	Tiempo h	% q _p		temperatura °C	
					i	f	i	f
1	218242,45	223448,95	5206,5	3 17' 28''	51	51	24	26
2	217863,8	223048,6	5184,8		51	50		
3	221184,85	226286,6	5101,75		51	51		
1	223448,95	236241,7	12792,75	7 22' 59''	50	49	27	30
2	223048,6	235908,45	12859,85		49	48		
3	226286,6	239235,8	12949,2		50	50		
1	236241,7	245967,65	9725,95	6 06' 15''	51	50	24	30
2	235908,45	245567,65	9659,2		49	48		
3	239235,8	248818,15	9582,35		50	50		
1	245967,65	258846,7	12879,05	8 30' 26	48	48	24	30
2	245567,65	258243,35	12675,7		49	49		
3	248818,15	261567,2	12749,05		49	49		
1	258846,7	271170,6	12323,9	8 58' 00''	49	49	24	30
2	258243,35	270455,55	12212,2		49	49		
3	261567,2	273811,48	12244,28		49	49		
1	271170,6	2831790	2560619	8 50' 03''	49	49	24	30
2	270455,55	282379,7	11924,15		49	49		
3	273811,48	285621,75	11810,27		49	49		
1	2831790	294088,25	-2537702	7 45' 20''	50	50	24	29
2	282379,7	293080,65	10700,95		50	50		
3	285621,75	296318,55	10696,8		50	50		
Total				50				

5.11.2 Prueba de error de medición cuarta etapa (PEM₄) sólidos en suspensión.

Los resultados de la prueba de error de medición a los medidores velocidad sólidos en suspensión se presentan en la tabla 5.19.

Tabla 5.19 Resultados de la prueba de error de medición para los medidores velocidad sólidos en suspensión.

No	Etapa 4ª :PEM ₄ (200 hs)								
	Medidor 1			Medidor 2			Medidor 3		
	q (Vs)	€	€p	q (Vs)	€	€p	q (Vs)	€	€p
1	0.88	2,98	2,85*	0.88	1,8	1,79	0.88	1,32	1,33
		2,72			1,78			1,33	
2	0.65	3,2	2,94*	0.65	2,03	1,96	0.65	1,52	1,58
		2,68			1,89			1,64	
3	0.41	3,21	2,62*	0.41	1,85	2,02*	0.41	1,65	1,82
		2,03			2,18			1,98	
4	0.03	-7,88	-8,1*	0.03	-4,29	-4,31	0.03	-2,99	-3,01
		-8,32			-4,33			-3,03	
5	0.02	-100	-100*	0.02	-3,62	-2,96	0.02	-2,13	-2,55
		-100			-2,3			-2,97	

*Nota: Estos puntos están fuera de los límites permitidos; el medidor 1 no cumplen con la prueba de desgaste acelerado en el campo inferior.

5.12 Resultados generales de la prueba de desgaste acelerado en sólidos en suspensión.

Ninguno de los tres medidores evaluados cumple con la prueba de desgaste acelerado. Ver tabla 5.20 Los medidores el la prueba de desgaste acelerado con sólidos en suspensión en las primeras 50 horas sufren una submedicion, a partir de las 100 horas el comportamiento es una sobre medición con respecto a las primeras 50 horas. Se deduce entonces que los sólidos en suspensión afectan de manera significativa a los medidores de velocidad.

Tabla 5.20 Comportamiento de los medidores en sus cuatro etapas.

Etapa/ horas	Medidor 1				Medidor 2				Medidor 3			
	Campo inferior		Campo superior		Campo inferior		Campo superior		Campo inferior		Campo superior	
	PC	PFC	PC	PFC	PC	PFC	PC	PFC	PC	PFC	PC	PFC
Inicial	2	0	3	0	2	0	3	0	2	0	3	0
1/ 50	0	2	3	0	0	2	3	0	1	1	3	0
2/ 100	0	2	2	1	1	1	3	0	1	1	3	0
3/150	0	2	2	1	2	0	3	0	2	0	3	0
4/200	0	2	0	3	2	0	2	1	2	0	2	0
	Este medidor no cumple con la prueba de desgaste acelerado a partir de las primeras 50 horas				Este medidor no cumple con la prueba de desgaste acelerado a partir de las primeras 50 horas				Este medidor no cumple con la prueba de desgaste acelerado a partir de las primeras 50 horas			

CONCLUSIONES

En el territorio nacional existen 654 cuerpos de agua subterránea o acuíferos y alrededor de 97 están sometidos a sobreexplotación; éstos suministran aproximadamente 50% del agua destinada para todos los usos del agua.

El sector agrícola es el mayor consumidor de agua en el país, afecta los ecosistemas acuáticos naturales, ya que los productos de las actividades agrícolas dañan la vida acuática por lo tanto se requiere intensificar la modernización y rehabilitación de la infraestructura agrícola, y consolidar la infraestructura de riego y temporal tecnificado.

En el consumo doméstico hay niveles elevados de rezago como la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado y en muchas de las ciudades del país la red hidráulica ha envejecido y como consecuencia se generan fugas de agua, además en algunas poblaciones los habitantes todavía esperan contar con agua potable en sus casas. Aunado a esto las tarifas por la prestación del servicio son bajas y no incluyen el costo de saneamiento del agua.

Los contaminantes industriales, como los desechos de las fábricas suelen arrojarse directamente a las vías fluviales; el agua arrastra también sales y aceites de las calles de las ciudades.

Una de las soluciones que puede contribuir a resolver parte de estos problemas es la medición del flujo del agua, la cual incide en la reducción del consumo y hace más justo el cobro. La finalidad de los medidores domiciliarios es cuantificar periódicamente el consumo de agua de cada usuario con fines de facturación, de asegurar que los consumos sean racionales y para mantener un equilibrio adecuado entre la producción y la demanda de agua.

A continuación en la siguiente tabla se citan las leyes que tienen relación con la medición del agua.

Tabla 6.1 Leyes y conceptos relacionados con la medición del agua.

Leyes	Descripción	Conceptos importantes relacionados con la medición
Ley de Aguas Nacionales	Tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr un desarrollo sustentable.	En materia de medición establece la obligación de los usuarios de contar, en todos los casos con aparatos medidores para conocer el volumen de sus aprovechamientos, lo que impulsara el conocimiento real y efectivo de la disponibilidad del agua así como la utilización racional del recurso.
Ley Federal sobre Metrología y Normalización	Establece el proceso para elaborar y aplicar las normas oficiales mexicanas (NOM) de cumplimiento obligatorio y las normas mexicanas (NMX).	<p>NOM-012-SCFI-1994 "Medición de flujo de agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos-Medidores para agua potable fría-Especificaciones".Esta norma se aplica a medidores para agua definidos como instrumentos de medición con integración propia, que continuamente determinan el volumen de agua que pasa a través de ellos.</p> <p>Esta norma se apoya en normas complementarias como es la NMX-CH-1/3-1993-SCFI: Medición de flujo para agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos-Medidores de agua potable fría-Equipo y métodos de prueba. Esta norma fue utilizada para la realización de esta tesis.</p>

Las pruebas de desgaste acelerado en condiciones normales y sólidos en suspensión fueron desarrolladas en el laboratorio acreditado del IMTA y se utilizaron dos muestras de medidores de tamaño tres, de tipo volumétrico y velocidad disponibles en el mercado y nuevos, tres medidores para la prueba en condiciones normales y los otros tres para la prueba con sólidos en suspensión su designación es N= 1.5, diámetro de $\frac{3}{4}$ ", clase metrológica B; la razón es que son los tipos frecuentemente instalados por los Organismos operadores de agua potable y saneamiento del país. Ver ilustración 6.1 y 6.2.



Ilustración 6.1 Medidor volumétrico.

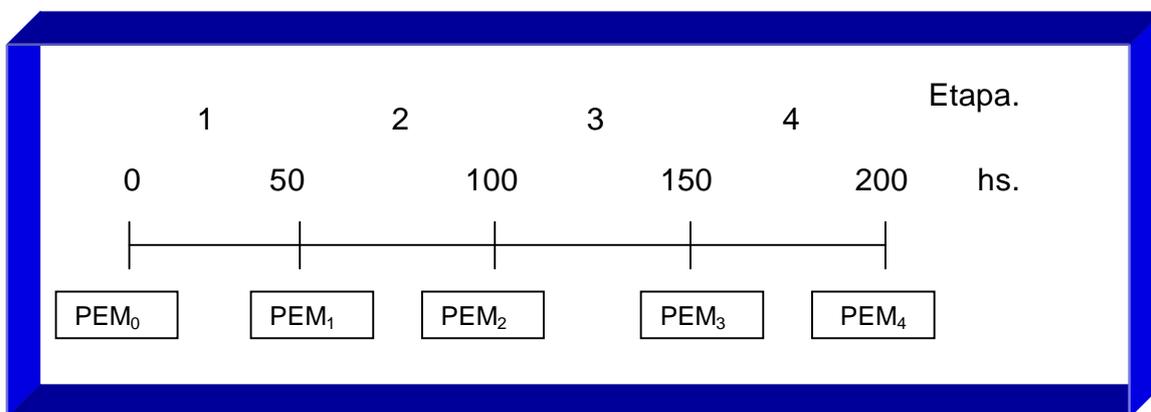


Ilustración 6.2 Medidor tipo velocidad.

La metodología para desarrollar las pruebas fue la siguiente:

- a) Realizar la prueba de error de medición inicial PEM0 a los medidores de flujo de agua, requisito que los medidores a evaluar deben cumplir satisfactoriamente. Ver ilustración 6.3
- b) Realizar la prueba de error de medición PEM1 a los medidores transcurridas 50 horas de operación. Ver ilustración 6.4

c) Comparar los resultados de la prueba de error de medición PME1 con los resultados de la PEM0 Ver ilustración 6.5



Nota: PEM = Prueba de error de medición

Ilustración 6.3 Las pruebas de error de medición en la prueba de desgaste acelerado

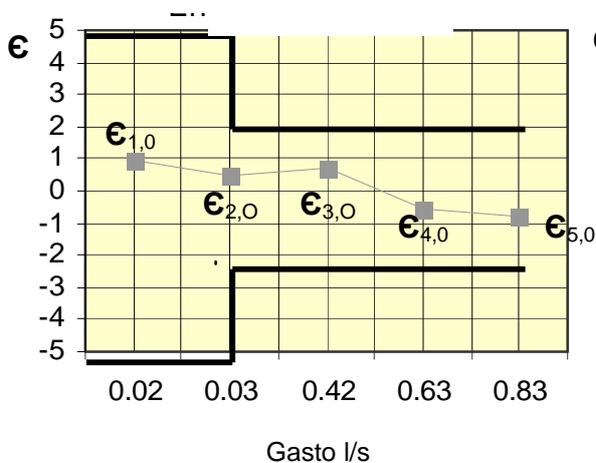


Ilustración 6.4 Error de medición inicial.

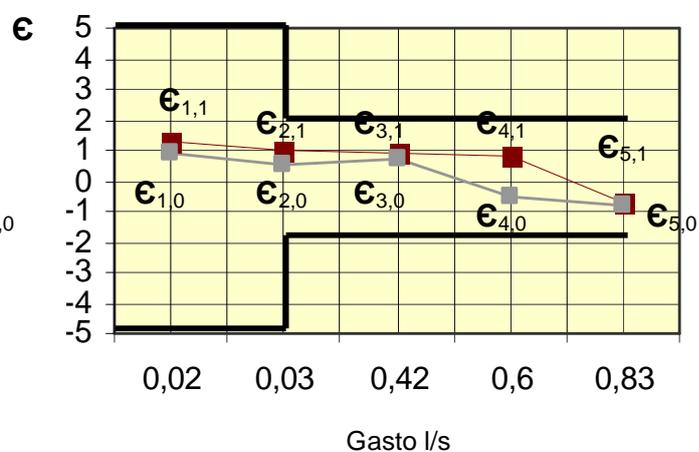


Ilustración 6.5 Error de medición inicial vs final.

Para fines de este trabajo, considerando lo establecido en la NMX-CH-1/3-1993-SCFI en el párrafo 9.1.3.5 después de comparar los resultados de las pruebas de error de medición PME1 con los PME0, si el error $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \epsilon_4, \epsilon_5$ excede a 3% entre q_{max} y q_t o 1.5% entre q_t y q_{max} , se dice que el medidor no cumple con la prueba de desgaste acelerado.

- d) Comparar los resultados de la prueba de error de medición de PME_2 , PME_3 y PME_4 , con los resultados de lo PEM_0 y aplicar lo correspondiente indicado en el inciso c anterior.

Los resultados de las pruebas de desgaste acelerado en condiciones normales y con sólidos en suspensión es el siguiente:

- a) Resultados de las pruebas a medidores volumétricos condiciones normales

Tabla 6.2 Comportamiento de los medidores en sus cuatro etapas.

Etapa/ horas	Medidor 1				Medidor 2				Medidor 3			
	Campo inferior		Campo superior		Campo inferior		Campo superior		Campo inferior		Campo superior	
	PC	PFC	PC	PFC	PC	PFC	PC	PFC	PC	PFC	PC	PFC
Inicial	2	0	3	0	2	0	3	0	2	0	3	0
1/ 50	1	1	3	0	2	0	3	0	2	0	3	0
2/ 100	1	1	3	0	2	0	2	1	2	0	1	2
3/150	1	1	0	3	2	0	0	3	1	1	0	3
4/200	1	1	0	3	2	0	0	3	0	2	0	3
	Este medidor no cumple con la prueba de desgaste acelerado a partir de las primeras 50 horas.				Este medidor no cumple con la prueba de desgaste acelerado a partir de las 150 horas.				Este medidor no cumple con la prueba de desgaste acelerado a partir de las 100 horas.			

Ninguno de los tres medidores evaluados cumple con la prueba de desgaste acelerado

b) Resultados de las pruebas a medidores volumétricos sólidos en suspensión.

Después de 4 minutos con 45 segundos al hacer funcionar medidores con 600 gr. de sólidos en suspensión en 200 lt de agua dejaron de funcionar; no registraron el flujo del agua.

c) Resultados de las pruebas a medidores velocidad condiciones normales

Tabla 6.3 Comportamiento de los medidores en sus cuatro etapas.

Etapa/ horas	Medidor 1				Medidor 2				Medidor 3			
	Campo inferior		Campo superior		Campo inferior		Campo superior		Campo inferior		Campo superior	
	PC	PFC	PC	PFC	PC	PFC	PC	PFC	PC	PFC	PC	PFC
Inicial	2	0	3	0'	2	0	3	0	2	0	3	0
1/ 50	2	0	3	0	2	0	3	0	2	0	3	0
2/ 100	2	0	3	0	2	0	3	0	2	0	3	0
3/150	2	0	3	0	2	0	3	0	2	0	3	0
4/200	2	0	3	0	2	0	3	0	2	0	3	0
	Este medidor cumple con la prueba de desgaste acelerado.				Este medidor cumple con la prueba de desgaste acelerado				Este medidor cumple con la prueba de desgaste acelerado			

Los tres medidores evaluados cumplen con la prueba de desgaste acelerado. A medida que se acumularon las horas de la prueba de desgaste acelerado, estos medidores tienden a una sobre medición en el campo superior y una submedición en el campo inferior

d) Resultados de las pruebas a medidores velocidad sólidos en suspensión

Tabla 6.4 Comportamiento de los medidores en sus cuatro etapas.

Etapa/ horas	Medidor 1				Medidor 2				Medidor 3			
	Campo inferior		Campo superior		Campo inferior		Campo superior		Campo inferior		Campo superior	
	PC	PFC	PC	PFC	PC	PFC	PC	PFC	PC	PFC	PC	PFC
Inicial	2	0	3	0	2	0	3	0	2	0	3	0
1/ 50	0	2	3	0	0	2	3	0	1	1	3	0
2/ 100	0	2	2	1	1	1	3	0	1	1	3	0
3/150	0	2	2	1	2	0	3	0	2	0	3	0
4/200	0	2	0	3	2	0	2	1	2	0	2	0
	Este medidor no cumple con la prueba de desgaste acelerado a partir de las primeras 50 horas				Este medidor no cumple con la prueba de desgaste acelerado a partir de las primeras 50 horas				Este medidor no cumple con la prueba de desgaste acelerado a partir de las primeras 50 horas			

Ninguno de los tres medidores evaluados cumple con la prueba de desgaste acelerado. Los medidores en la prueba de desgaste acelerado con sólidos en suspensión en las primeras 50 horas sufren una submedición, a partir de las 100 horas el comportamiento es una sobre medición con respecto a las primeras 50 horas. Se deduce entonces que los sólidos en suspensión afectan de manera significativa a los medidores de velocidad

Esta metodología debe ser referencia sustentable para desarrollar procedimientos para evaluar la prueba de desgaste acelerado a medidores de agua potable fría, lo que permitirá al laboratorio que corresponda acreditar esta prueba ante la EMA.

En este trabajo se describe paso a paso el como realizar la evaluación de la prueba de desgaste acelerado.

Se recomienda que esta prueba se lleve a cabo lo antes posible, ya que se observó que los medidores volumétricos en las pruebas de desgaste acelerado en condiciones normales y sólidos en suspensión se salieron del rango marcado en la NMX-CH-001/3-1993-SCFI más rápido que los medidores de velocidad.

Los efectos que produce la prueba de desgaste acelerado, dejan al medidor con respecto a su operación en condiciones de riesgo y baja eficiencia sobre todo cuando existe gran cantidad de sólidos disueltos en el agua.

Anexo 1

Sistema de medición volumétrico y velocidad

1.1 Principios de operación y funcionamiento del sistema de medición volumétrico.

El principio de la medida volumétrica se basa en el empleo de un recipiente cuyo volumen se conoce y sirve como patrón para medir la cantidad de agua que pasa, llenando y desocupando sucesivamente el recipiente. Ilustración A.1 medidor volumétrico. Estos medidores emplean un proceso mecánico directo con participación de estas cámaras volumétricas con una parte móvil el cual puede ser de dos tipos: disco nutativo y pistón oscilante



Ilustración A.1 Medidor volumétrico.

Micro medidor volumétrico con disco nutativo.

Esta formado por dos conos invertidos y un sector esférico, impulsado por el peso del agua que entra en la cámara por un orificio y sale por otro, ambos separados por un tabique radial. En cada nutación corresponde a un volumen de agua igual al de la cámara y el extremo libre del eje perpendicular de una rotación, o sea que una nutación corresponde a un volumen de agua igual al de la cámara. Ver ilustración A.2 Medidor volumétrico disco nutativo.

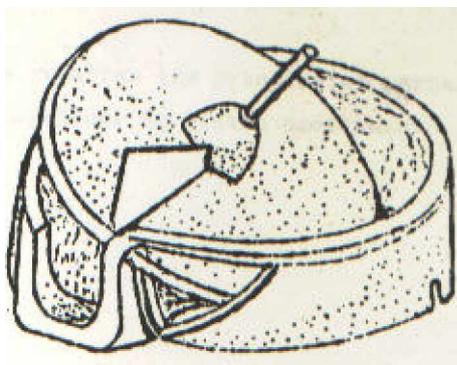


Ilustración A.2 Medidor volumétrico disco nutativo

Micro medidor volumétrico pistón oscilante.

Esta constituido básicamente por una cámara y un pistón, la cámara de medida es un cilindro cerrado en sus dos bases por dos planos, con dos aberturas: una en el fondo para entrada del agua y otra en la tapa para la salida. En su interior, otro cilindro de diámetro menor, el pistón, provisto interiormente de una lámina transversal perforada localizada a la mitad de su altura, se mueve como una biela deslizándose a lo largo de un tabique radial que le sirve de guía para su carrera. En cada oscilación del pistón se barre el volumen de la cámara y la barra cilíndrica que le sirve de eje, gira a manera de manivela y produce un movimiento circular que es transmitido al sistema de registro. Ilustración A.3



Ilustración A.3 Medidor volumétrico pistón oscilante

Ventajas y desventajas

El micromedidor volumétrico tiene las siguientes ventajas y desventajas

Ventajas: Alta sensibilidad, mayor precisión en el registro

Desventaja: No trabaja con agua que contenga materiales extraños en suspensión tales como: Arenas, partículas vegetales, Sales de calcio, etc.

Tiene además el inconveniente de que si no se encuentra debidamente instalado produce vibraciones en la línea de salida con las consecuentes molestias para el consumidor.

1.2 Principios de operación y funcionamiento del sistemas tipo velocidad

Dispositivo conectado a un conducto cerrado que consiste de un elemento móvil que deriva su velocidad de movimiento directamente de la velocidad del flujo de agua. El movimiento del elemento móvil es transmitido mecánicamente o por otros medios al dispositivo indicador que totaliza el volumen de agua que ha pasado por el medidor Ilustración A.4



Ilustración A.4 Medidor tipo velocidad

Medidor de chorro único

Medidor de velocidad que consiste de un rotor de turbina que gira alrededor de su eje, perpendicularmente al flujo de agua en el interior del medidor, en el que el chorro incide en un solo punto de la periferia del rotor. Ilustración A.5



Ilustración A.5 Medidor de chorro único

Medidor de chorro múltiple

Medidor de velocidad que consiste de un rotor de turbina que gira alrededor de su eje perpendicularmente al flujo de agua en el interior del medidor, en el que el chorro se divide e incide en varios puntos de la periferia del rotor. Ilustración A.6



Ilustración A.6 Medidor de chorro múltiple

Ventajas y desventajas

Para este tipo de medidores se ampliara su descripción por tratarse de los más empleados en instalaciones domiciliarias.

Ventajas

- Alta sensibilidad
- Turbina razante
- Cámara de inyección integrada

Desventajas

- Fácil acceso a manipular el mecanismo de lectura
- Filtración de arena o basura por la ventanilla de engranes
- mica no anti-impactos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Semarnat, "Dirección General de Estadística e Información Ambiental Semarnat" www.semarnat.gob.mx.
- 2 "Administración de los usos del agua en México", Ing. Sergio Moreno Mejía, 2000
- 3 "Compendio básico del agua en México 2002". México, 2002.
- 4 "Publicación del Population Information Program", (Volumen XXVI, Número 1 septiembre de 1998).
- 5 "Panorámica del agua vínculo y límite de actividades", 2003 www.inegi.gob.mx.
- 6 "Problemática del agua México en el mundo", 2005 www.centrogeo.org.mx
- 7 "Uso eficiente del agua", Héctor Garduño, Felipe Arreguín Cortés, 1994
- 8 CNA, "Estadísticas del agua en México, edición 2004", Comisión Nacional del Agua-México, 2004
- 9 Decenio Internacional para la Acción: "El Agua Fuente de Vida" 2005-2015 Organización Mundial de la salud. http://www.who.int/water_sanitation_health/2005advocguide/es/index2.html
- 10 CNA, "Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento", Publicaciones: 1999 al 2003 www.cna.gob.mx
- 11 TLALOC, "Reforma a la Ley de Aguas Nacionales", Asociación Mexicana de Hidráulica A.C., abril 2004.
- 12 "Ley de Aguas Nacionales", Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión Secretaría de Servicios Parlamentarios, Dirección General de Bibliotecas (Última reforma publicada DOF 29-04-2004). <http://www.cddhcu.gob.mx/leyinfo/pdf/16.pdf>
- 13 "Ley Federal Sobre Metrología y Normalización" Secretaría de economía, 2005. Normatividad empresarial. <http://www.economia.gob.mx/?P=993>

- 14 “Los conceptos de normas, certificación y acreditación”. 2005,
http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/008/y5136s/y5136s07.htm
- 15 “Entidad Mexicana de Acreditación, A.C”, 2004.
<http://www.ema.org.mx/index1024.htm>
- 16 “Asociación de Normalización y Certificación”,
<http://www.ance.org.mx/ie/certprod/index.asp>
- 17 “Instituto Mexicano de Tecnología del Agua”.
http://www.gob.mx/wb2/egobierno/egob_IMTA
- 18 NYCE, “Políticas y Procedimientos para la Evaluación de la Conformidad”.
Normalización y Certificación Electrónica A.C., abril 2000.
- 19 “Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCFI-1994” Medición de flujo de agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos-medidores para agua potable fría-especificaciones. Secretaría de comercio y fomento industrial. Diario oficial.
- 20 “Norma Mexicana NMX-CH-1/2-1993-SCFI” Medición de flujo de agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos-medidores para agua potable fría-parte 2: Requisitos de instalación. Secretaría de comercio y fomento industrial. Diario oficial.
- 21 “Norma Mexicana NMX-CH-001/3-1993-SCFI,” Medición de flujo de agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos-medidores para agua potable fría-parte 3: equipo y métodos de prueba. Secretaría de comercio y fomento industrial. Diario oficial.