

**UNIVERSIDAD TÉCNICA  
FEDERICO SANTA MARÍA  
VALPARAÍSO-CHILE**

**DEPARTAMENTO DE MECÁNICA**

***“ESTUDIO DE LA CREACIÓN DE UNA EMPRESA  
DESTINADA A LA CALIBRACIÓN DE MEDIDORES  
DOMÉSTICOS DE AGUA”***

***YULIANO ALEXIS REYES MUÑOZ***

***Memoria para optar al Título de:  
INGENIERO CIVIL MECÁNICO***

***Profesor Guía:  
Jaime Espinoza Silva***

***Agosto de 2004***





Esta memoria está dedicada a mis Padres, los cuales me han entregado valores, confianza y apoyo incondicional en todo momento. También este trabajo está dedicado a mi Hermano, con el que he compartido muchos momentos felices a lo largo de mi vida, el cual me ha sabido valorar.

Nunca se debe olvidar que la Familia es lo mas importante que Dios nos ha entregado, es por eso que hay que saber valorarla, y disfrutar al máximo todos los momentos felices junto a ella.



Agradezco a Dios y la Virgen por entregarme lo mas grande que tengo, mi Familia, y por iluminarme en muchos pasajes de mi vida.

Quisiera dar un abrazo a todos mis amigos y personas muy cercanas a mí, que durante todo este tiempo me han brindado afecto, apoyo y comprensión.

Gracias a mi profesor guía, Don Jaime Espinoza, por confiar en mi persona y por su gran disposición en todo momento.

Además quiero agradecer a Don Gerd Reinke y Don Fernando Labbé, por haberme orientado en los inicios de esta carrera, y a Don Fernando Rojas junto con Don Guillermo González por sus consejos en esta etapa de mi vida.

No puedo dejar de agradecer a todo el personal del Laboratorio de Termofluidos, por todo el aporte, paciencia y alegría durante la realización de esta memoria.

Por último deseo agradecer a todo el Departamento de Mecánica, con el cual he compartido todos estos años, y al que nunca olvidaré, y siempre ocupará un lugar importante dentro de mí.



## ***RESUMEN***

En esta memoria se analizará la viabilidad de crear una empresa en la contrastación de medidores de flujo domiciliarios, ya sea en terreno como en laboratorio, ya que hoy en día, existe una gran necesidad para que este tipo de tareas las realice una entidad imparcial.

En una primera etapa se hará una breve descripción a los medidores de agua potable, como también se explicaran algunos conceptos básicos en lo que respecta a este tipo de medición, para luego analizar el mercado de los medidores domiciliarios en la zona, y ver la percepción de los clientes frente a este tema.

A continuación se abordaran los requerimientos de contrastación que hoy existe en nuestro país, tanto en terreno como en laboratorio, en donde se explicará cada uno de ellos.

Una vez explicados los requerimientos de contrastación, se verá la incorporación de un Banco Portátil al Laboratorio de Termofluidos, y además se darán a conocer los procedimientos y condiciones de uso, de acuerdo a lo estipulado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios.

Dentro de este trabajo se encuentra el diseño y construcción de un Banco Estático, para la contrastación de medidores de agua potable, el cual fue incorporado a nuestro Laboratorio de Termofluidos, junto con los procedimientos y ensayos correspondientes.

También a esta memoria se suman ensayos realizados tanto en terreno, como en laboratorio, utilizando los equipos correspondientes que fueron incorporados a esta Casa de Estudios.

Finalmente se dan a conocer las conclusiones de este trabajo, en donde se podrá ver el aporte realizado frente a este tema.



## ***SUMMARY***

An analysis of the viability of the creation and existence of a company focused on the calibration and comparison of domestic flow meters to a calibrated and controlled meter, whether it is on field or in the laboratory, is described in this thesis. In the actual market there exists a great demand for this job to be done by an impartial enterprise. The market demand for domestic flow meters in the region and the perception of potential clients towards this concept is also viewed. It is possible to appreciate the structural and viable support now part of this institution because of this thesis.

As an introduction to this matter there will be a brief description of potable water meters as well as a few basic concepts that are involved in this type of measurement. The requirements for this type of contrasting in our country, whether on field or in the lab, will be explained in detail. The steps taken to incorporate a Portable Test Bench to the Thermo fluid Laboratory and procedures and conditions for which such a bench could be used, in accordance to the requirements specified by the Superintendent of Sanitary Services, will also be explained. The design and construction of a Static Test Bench for the comparison of potable water meters is also found here along with the procedures and tests done on this particular bench.

It is possible to read about actual tests done on field and in the laboratory using the adequate equipment that belong to and are unique to each bench (portable or static). Both benches are now a part of the Thermo fluid Laboratory at our University. Conclusions about these results, experience and research are stated within this work.



## **INDICE**

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>10</b>
<b>3. GENERALIDADES .....</b>	<b>11</b>
<b>4. DESCRIPCIÓN DE LOS MEDIDORES DE AGUA.....</b>	<b>12</b>
4.1 Clasificación Micromedidores .....	12
4.2 Diferencias entre Volumétricos y Velocimétricos .....	19
4.3 Características de los Medidores.....	19
4.3.1 Características dimensionales y de capacidad.....	20
4.3.2 Características hidráulicas.....	22
4.3.3 Características de medición.....	22
4.4 Curvas características.....	23
4.4.1 Curva de Error.....	23
4.4.2 Curva de Pérdida de Carga.....	24
4.5 Clases metrológicas.....	26
4.6 Selección del tamaño de un medidor domiciliario .....	28
<b>5. MERCADO DE LOS MEDIDORES DOMICILIARIOS .....</b>	<b>29</b>
<b>6. PERCEPCIÓN DE LOS CLIENTES .....</b>	<b>36</b>
6.1 Percepción a nivel nacional.....	36
6.2 Percepción de los clientes de ESVAL.....	39
<b>7. REQUERIMIENTOS DE CONTRASTACIÓN.....</b>	<b>42</b>
<b>8. BANCO DE PRUEBA PORTÁTIL .....</b>	<b>43</b>
8.1 Especificaciones del Banco Portátil .....	43
8.2 Fotografías del Banco Portátil.....	45
8.3 Esquemas de alternativas de utilización del Banco Portátil.....	47
<b>9. PROCEDIMIENTO DE AUTOCONTROL .....</b>	<b>49</b>
9.1 Tamaño de la muestra .....	49
9.2 Tipos de pruebas en terreno .....	50



9.2.1 Verificación metrológica de un medidor de agua potable en servicio en la vivienda del usuario. ....	51
9.2.1.1 Procedimiento .....	52
9.2.2 Verificación volumétrica de un medidor de agua potable en servicio en la vivienda del usuario. ....	56
9.2.3 Verificación del consumo registrado por medidores domiciliarios de agua potable en la vivienda del usuario. ....	60
<b>10. BANCO DE PRUEBA ESTÁTICO.....</b>	<b>62</b>
10.1 Banco Estático de contrastación por peso.....	62
10.2 Banco Estático de contrastación por volumen .....	64
<b>11. CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO ESTÁTICO .....</b>	<b>66</b>
<b>12. PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DEL BANCO.....</b>	<b>79</b>
12.1 Utilizando el estanque graduado como patrón .....	79
12.2 Utilizando el medidor portátil como patrón .....	81
<b>13. ENSAYOS SEGÚN NCh 1730 Of.2002 .....</b>	<b>83</b>
<b>14. ENSAYOS REALIZADOS .....</b>	<b>86</b>
14.1 Ensayos realizados en Banco Estático .....	86
14.1.1 Obtención de la curva característica .....	86
14.1.2 Influencia de la inclinación de un medidor .....	90
14.2 Ensayos realizados en Banco Portátil .....	96
<b>15. VIABILIDAD EN LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS</b>	
<b>EN LA CONTRASTACIÓN DE MEDIDORES.....</b>	<b>102</b>
15.1 Prestación de servicios en terreno .....	102
15.2 Prestación de servicios en laboratorio (Banco Estático).....	103
15.3 Proceso de Acreditación.....	104
<b>16. CONCLUSIONES.....</b>	<b>107</b>
<b>17. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>112</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>114</b>



**Anexo N°1:** “Reglamento de Instalaciones Domiciliarias Agua Potable y Alcantarillado”(RIDAA, Artículo 52°).

**Anexo N°2:** Especificaciones técnicas de los medidores de agua potable.

**Anexo N°3:** Reclamos recibidos por las empresas sanitarias según motivos, años 1999, 2000,2001,2002.

**Anexo N°4:** Reclamos recibidos por ESVAL según motivos, años 1999,2000,2001,2002.

**Anexo N°5:** Antecedentes enviados a SISS y ESVAL.

**Anexo N°6:** Formato del Procedimiento del Banco Portátil.

**Anexo N°7:** Hojas de Cálculos para realizar el procedimiento de Autocontrol de Verificación Metrológica.

**Anexo N°8:** Diseño Banco Estático



## *1. INTRODUCCIÓN*

Los medidores domiciliarios son instrumentos destinados a medir y registrar el volumen de agua demandado en cada hogar.

Para que esta medición sea eficaz, es necesario que el medidor al momento de ser instalado cumpla con la normativa correspondiente, y que este se encuentre permanentemente en condiciones de registrar el consumo en forma eficiente, es decir que la precisión del instrumento se mantenga en el tiempo. Para ello es necesario un diagnóstico permanente, el cual es exigido por la Superintendencia de Servicios Sanitarios.

Este no es un tema menor, ya que ambas partes, tanto las empresas sanitarias como los consumidores, están interesados en que la medición sea lo más transparente posible. Es por ello que ha sido necesario perfeccionar los sistemas de medición, tanto en calidad como en precisión.

En la actualidad no existe una entidad imparcial a lo largo del país, formalmente reconocida, para dirimir problemas relacionados con la medición del consumo de agua potable en terreno. A esto se debe sumar que en la Quinta Región no existe nadie que pueda certificar un medidor de flujo, en un Banco Estático, en donde se realizan todos los ensayos exigidos por la Norma Chilena.

La Superintendencia de Servicios Sanitarios, es el organismo normativo y regulador del sector de servicios sanitarios, está interesado en que aparezcan organismos imparciales, para que de esta forma se lleve a cabo un control sobre las sanitarias de forma objetiva y transparente. No se debe olvidar que uno de los objetivos de la Superintendencia, a nivel de los clientes, corresponde a controlar que los precios y calidad de servicio corresponden a los comprometidos por la empresa sanitaria.



## **2. OBJETIVOS**

- Análisis del mercado de medidores domiciliarios de agua potable, y los requerimientos de contrastación.
- Diseñar, construir e implementar un Banco de Calibración Estático en el Laboratorio de Termofluidos, que pueda realizar los ensayos de la forma que estipula la Norma Chilena.
- Incorporar al Laboratorio de Termofluidos, un Banco de Pruebas Portátil, para la medición en terreno.
- Elaborar un programa de capacitación, que incluya los procedimientos y cálculos correspondientes, para la contrastación de medidores de agua domiciliarios, tanto en terreno, con Banco Portátil, como en Laboratorio, con un Banco Estático.
- Evaluar económicamente el proyecto de incorporar al Laboratorio de Termofluidos, la prestación de servicios de contrastación de medidores domiciliarios.
- Conocer las características y funcionamiento de los medidores de flujo.
- Analizar la curva de error de los medidores, según la normativa vigente.
- Dar a conocer a las entidades correspondiente, que el Departamento de Mecánica, cuenta con los instrumentos necesarios para la contrastación de medidores de flujo, y que a su vez el personal está capacitado para realizar dichas mediciones.
- Estimar la eficiencia de los medidores y conocer los factores que podrían alterar su buen funcionamiento.



### **3. GENERALIDADES**

El concepto de medición del agua potable, como medio para cobrar equitativamente el servicio, prevenir el desperdicio de agua y que las empresas obtengan ingresos en proporción al agua distribuida, es actualmente aceptado en forma universal y constituye la base para estructurar las tarifas de agua potable.

Las ineficiencias de las empresas sanitarias, principalmente se debe a las pérdidas de agua potable, una de las grandes causas, es el error en la medición, en donde los bajos caudales no son detectados por los medidores, es por esto que muchas Empresas Sanitarias, en los últimos años han comenzado una renovación del parque de medidores, cambiando los de transmisión mecánica por los de transmisión magnética, ya que estos últimos son mas sensibles en caudales mas bajos.

Las pérdidas económicas, por concepto de agua que es suministrada por las plantas, y que este volumen no es registrado en su totalidad, y por lo tanto no es facturado, alcanza cifras considerables a nivel nacional. Durante el año 2001 la pérdida fue de 65.637,5 millones de pesos, a esto se debe tener en cuenta que esta cifra había ido aumentando hasta esa fecha.



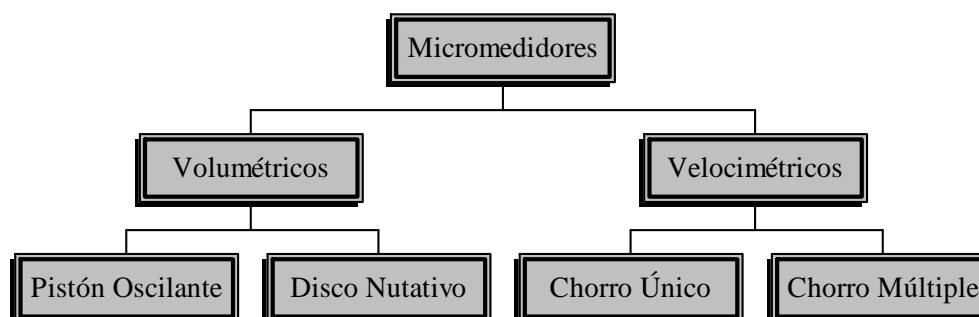
## **4. DESCRIPCIÓN DE LOS MEDIDORES DE AGUA POTABLE**

El medidor domiciliario es un aparato destinado a medir y registrar el consumo de agua efectuado en una instalación domiciliaria. Estos medidores trabajan en un régimen de presiones estáticas y dinámicas, que va entre 4 a 12 [bar], y deben permitir el paso del agua a todos los caudales que requieran los habitantes del domicilio, sin que el medidor se vea afectado. Es por esto que estos aparatos deben pasar un estricto control de calidad, antes de ser instalados.

A continuación se describe algunos medidores existentes, pero no se detallaran en profundidad, ya que no es el objetivo de esta memoria.

### **4.1 Clasificación Micromedidores**

Existen varios tipos de medidores de agua, la diferencia es por los principios que han adoptado los fabricantes para su diseño y partes. En la clasificación de medidores, se distinguen, en forma general, los siguientes:



#### **a) Medidores Volumétricos**

El principio de estos medidores se basa en el empleo de una cámara, cuyo volumen es conocido y sirve como patrón para medir la cantidad de agua que se quiere aforar, llenándolo y desocupándolo sucesivamente. Estos medidores tienen



una mayor sensibilidad que los Velocimétricos, pero no están siendo utilizados porque su capacidad de registro depende mucho de la calidad del agua, ya que son fáciles de trabarse.

Dentro de los sistemas de medida volumétrica encontramos :

- i. *Pistón Oscilante*: Este medidor posee una cámara, en la cual está un cilindro, que describe movimientos semi-rotarios, en donde cada oscilación indica el volumen de la cámara (figura 1).

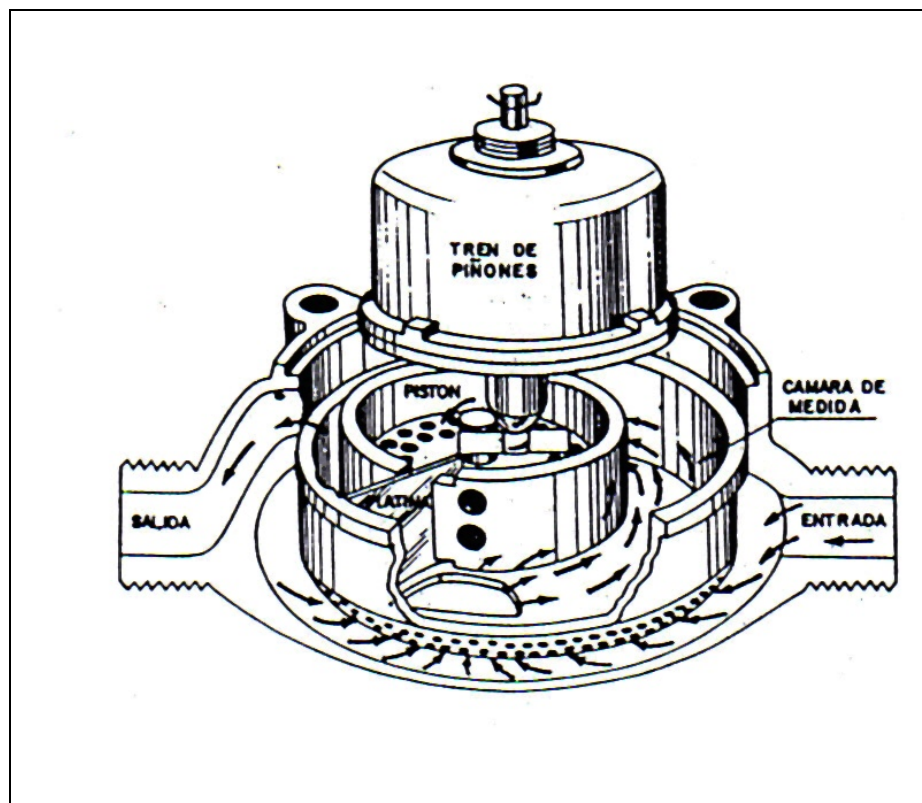


Figura 1. *Medidor de Pistón Oscilante*



ii. *Disco nutativo*: El movimiento nutativo es el que adquiere un disco circular cuando un eje perpendicular a su plano, en el centro y solidario con él, se mueve en forma tal que el punto correspondiente a este centro permanece fijo, mientras el otro gira describiendo un círculo. En el mecanismo de Disco Nutativo el dispositivo de medida está constituido por una cámara y un disco plano o cónico. Este último adquiere un movimiento nutativo dentro de la cámara, impulsado por el peso del agua que entra en la cámara por un orificio y sale por otro. En cada nutación se barre totalmente el volumen de la cámara y el extremo libre del eje perpendicular da una rotación, es decir cada rotación corresponde a un volumen de agua igual al de la cámara (figura 2).

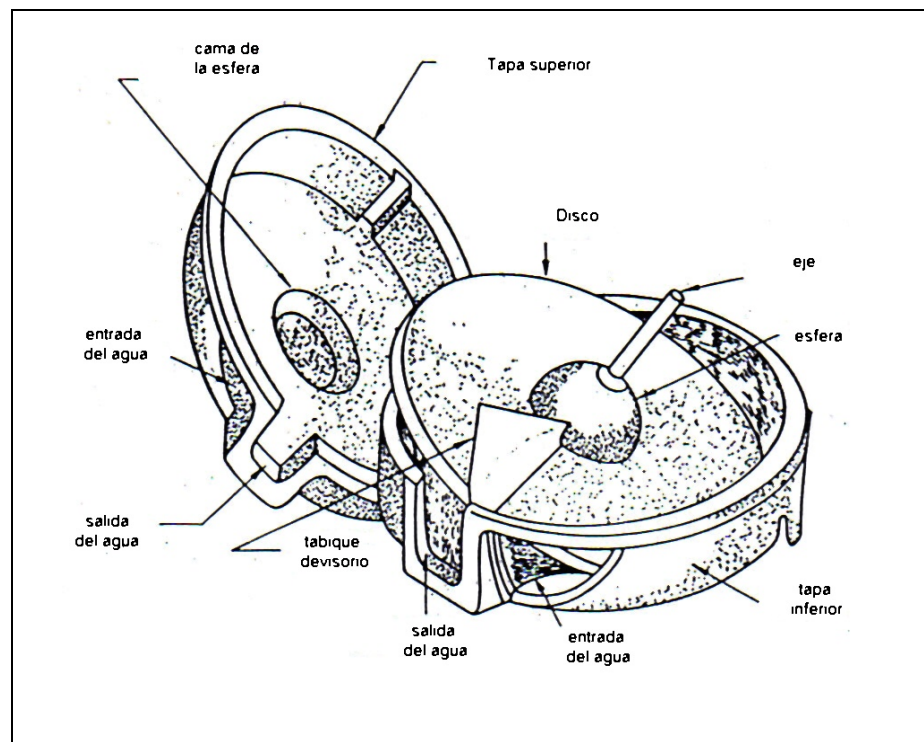


Figura 2. Medidor de Disco Nutativo



b) Medidores Velocimétricos

En este tipo de medidores el principio de funcionamiento del dispositivo de medida se basa en deducir o inferir el volumen de agua que los atraviesa, del número de revoluciones que da un rotor o turbina accionado por el flujo de agua. Estos a su vez pueden ser de chorro único o de chorro múltiple.

- i. *Chorro único:* Una masa de agua impacta con una cierta velocidad sobre una rueda de paletas (turbina) y el giro de ésta es proporcional al caudal circulante (figura 3). Como el factor de proporcionalidad no se mantiene constante en todo el rango de caudales, sobretodo en los más bajos, la curva de error, en estos caudales es mas pronunciada.

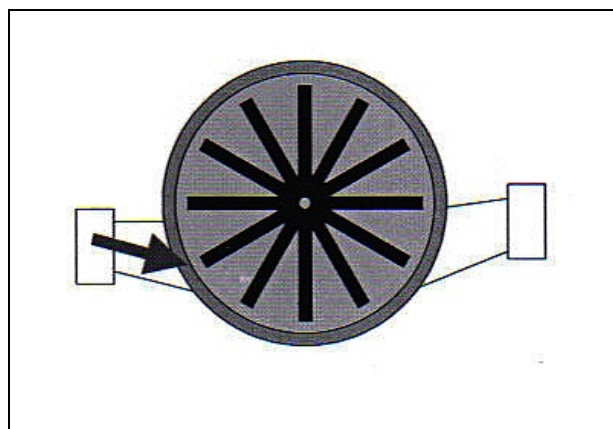


Figura 3. Principio de Chorro único



- ii. *Chorro Múltiple*: Al igual que el de chorro único, su elemento básico es una turbina que va dentro de una cámara, la cual tiene en toda su periferia dos filas de perforaciones dirigidas tangencialmente al rotor. En este tipo de medidores el agua entra por los orificios inferiores, describen una hélice alrededor del rotor y pasan por los orificios superiores hacia la salida (figura 4). La gran ventaja de estos medidores de chorro múltiple, sobre los de chorro único, es que el agua actúa en forma equilibrada sobre el rotor, lo permite conservar las características originales por mas tiempo, en cambio en los de chorro único se produce un desgaste asimétrico (ovalamiento) del eje de la turbina.

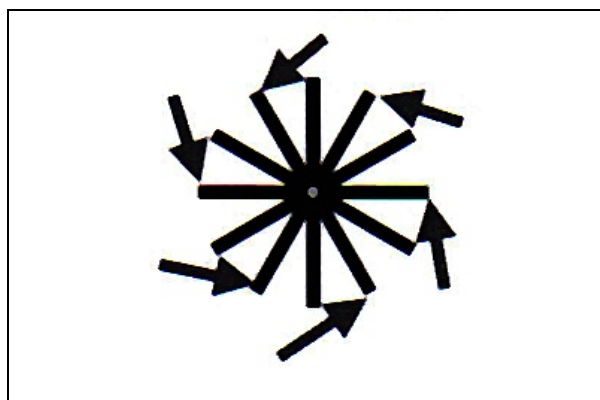


Figura 4. *Principio de Chorro múltiple*



Hoy se están ocupando los medidores de chorro múltiple. En el siguiente esquema se puede apreciar este tipo de medidor (figura 5).

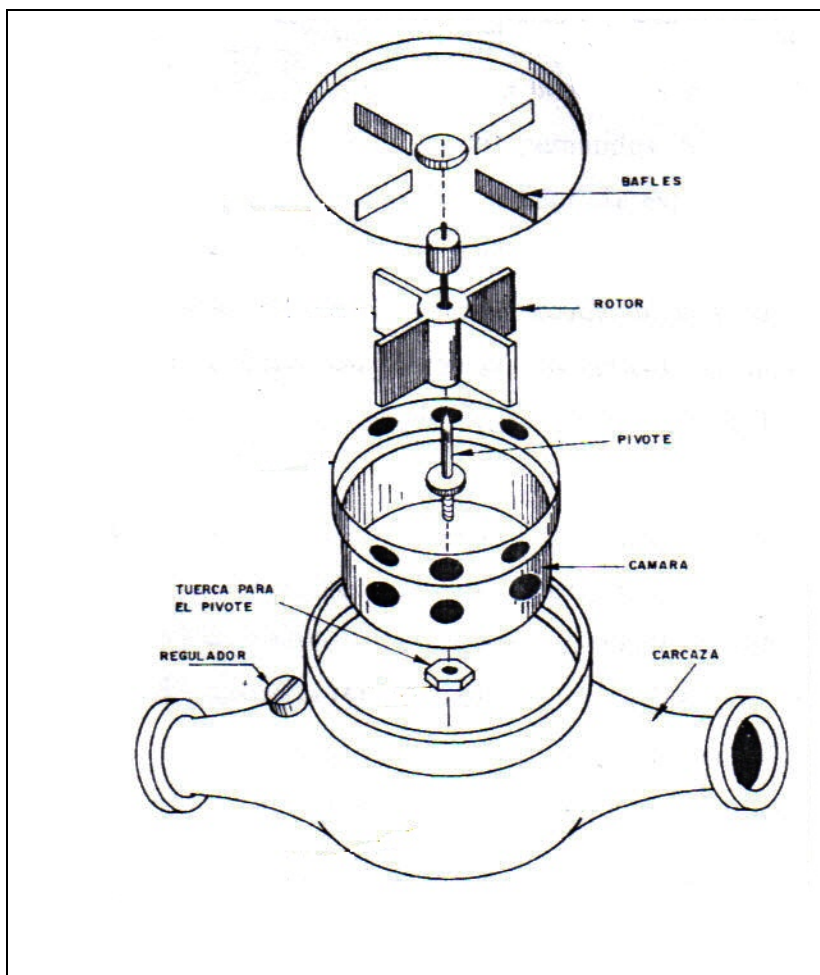


Figura 5. Medidor chorro múltiple



La disposición de la caja de inyección, de los medidores de chorro múltiple, se representa en la figura 6.

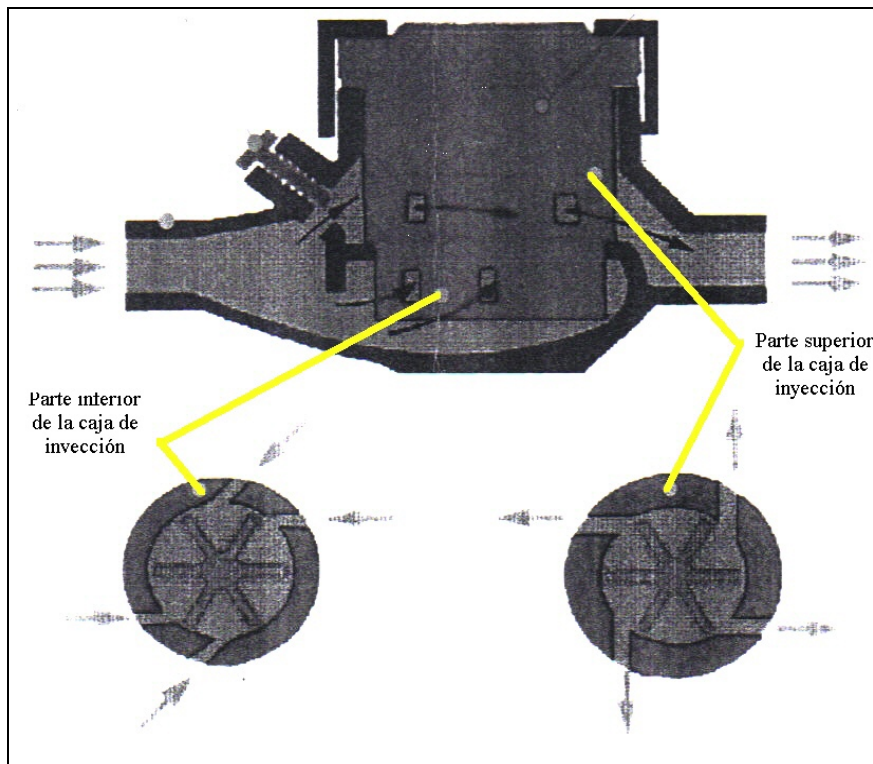


Figura 6. *Disposición caja de inyección*



## **4.2 Diferencias entre Volumétricos y Velocimétricos**

Como ya se mencionó, los medidores volumétricos son mas precisos que los de velocidad, pero estos últimos tienen la ventaja que no se detienen cuando quedan residuos en las paredes del dispositivo, a diferencia de los volumétricos, es por eso que los medidores volumétricos se deben utilizar en zonas donde el agua es muy pura y libre de partículas en suspensión.

En cuanto a la sensibilidad de los medidores, esta se refleja en el momento en que comienza a registrar el medidor. El volumétrico es mas sensible que el de velocidad, ya que comienza a registrar volumen de agua a caudales mas bajos que el de velocidad. Esto se debe a que en los medidores volumétricos, el agua fluye únicamente si se desaloja de la cámara, en cambio en los de velocidad puede hacerlo sin que se desplace ese elemento, esto indica que una cantidad de agua, por pequeña que sea, si logra pasar por un medidor volumétrico, tiene que haberse registrado. En cambio en los Velocimétricos, solamente darán indicación aquellas cantidades que pueden vencer la resistencia del rotor.

## **4.3 Características de los Medidores**

Para la selección de los medidores influyen varios aspectos, como las características del agua, en donde el grado turbidez indica que tipo de medidor es el recomendado. Otro factor es el consumo máximo diario y el gasto máximo probable. Las características de los medidores se pueden ordenar en tres grupos:

- Dimensionales y de capacidad
- Hidráulicas
- Características de medición



### 4.3.1 Características dimensionales y de capacidad

Estas características definen el tamaño del medidor.

- i. *Dimensiones:* Aquí quien da una idea referencial de las dimensiones del medidor es el **Diámetro Nominal**, que corresponde aproximadamente al diámetro de paso de agua del medidor. En la tabla 1, se indican las dimensiones establecidas para los medidores tipo velocimétricos, chorro múltiple, y en la tabla 2, para chorro único (esto es de acuerdo a la Norma NCh 1730.Of2002)

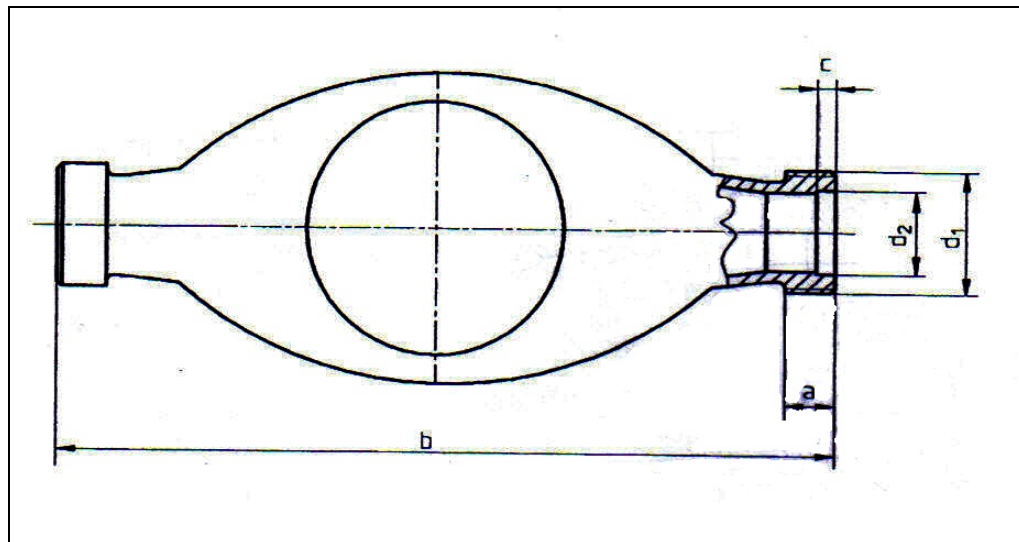


Figura 7. Dimensiones cuerpo del medidor (Vista superior)

DN		Caudal nominal, m <sup>3</sup> /h	Designación del medidor N	Dimensiones en milímetros					Rosca del medidor d <sub>1</sub>
				Largo total b		a (mín.)	d <sub>2</sub> (mín.)	c (mín.)	
mm	pulg.		Preferencial	Alternativo					
13	1/2	1,5	N 1,5	170 ± 2	165 ± 2	11	18	3	R 3/4
19	3/4	2,5	N 2,5	190 ± 2	No hay	13	25	3	R 1
25	1	3,5	N 3,5	220 ± 2	260 ± 2	13	31	3	R 1 1/4
38	1 1/2	10	N 10	300 ± 2	No hay	15	46	3	R 2

Tabla 1. Dimensiones del cuerpo del medidor de chorro múltiple



DN		Caudal nominal, m <sup>3</sup> /h	Designación del medidor N	Dimensiones en milímetros					Rosca del medidor d <sub>1</sub>
				Largo total b		a	d <sub>2</sub>	c	
mm	pulg.			Preferencial	Alternativo	(mín.)	(mín.)	(mín.)	
13	1/2	1,5	N 1,5	165 ± 2	115 ± 1	11	18	3	R 3/4
19	3/4	2,5	N 2,5	190 ± 2	130 ± 1	13	25	3	R 1
25	1	3,5	N 3,5	260 ± 2	No hay	13	31	3	R 1 1/4
38	1 1/2	10	N 10	300 ± 2	No hay	15	46	3	R 2

Tabla 2. Dimensiones del cuerpo del medidor de chorro único

- ii. *Capacidad:* Indica la magnitud de los caudales que puede aforar el medidor.
- Caudal mínimo ( $Q_{\min}$ ): es el caudal a partir el medidor debe registrar el consumo, dentro del rango de error establecido de  $\pm 5\%$ .
  - Caudal de transición ( $Q_t$ ): este define el límite entre el campo inferior y superior de medición, donde los errores máximos permitidos son del  $\pm 5\%$  para el primero, y de  $\pm 2\%$  para el segundo.
  - Caudal nominal ( $Q_n$ ): es el caudal en donde el medidor debe funcionar en forma permanente y satisfactoria.
  - Caudal máximo ( $Q_{\max}$ ): Este caudal corresponde a lo menos al doble del caudal nominal. El medidor debe ser capaz de funcionar en perfectas condiciones, y dentro del error permitido, pero no se debe olvidar que este caudal solo es considerado para cortos períodos de tiempo.



### 4.3.2 Características hidráulicas

Estas características establecen la relación entre el caudal que pasa a través del medidor, y la pérdida de carga. La Norma Chilena, de acuerdo al diámetro nominal, establece lo siguiente:

DN		Designación del medidor	$Q_n$ [m <sup>3</sup> /h]	$Q_{m\acute{a}x.}$ [m <sup>3</sup> /h]	Pérdida de carga máxima para $Q_n$ [mca]	Pérdida de carga máxima para $Q_{m\acute{a}x}$ [mca]
mm	pulg.	N				
13	1/2	N 1,5	1,5	3	2,5	10
19	3/4	N 2,5	2,5	5	2,5	10
25	1	N3,5	3,5	7	2,5	10
38	1 1/2	N 10	10	20	2,5	10

Tabla 3. Características de funcionamiento

### 4.3.3 Características de medición

La sensibilidad y la precisión determinan la calidad de medición del medidor.

- Sensibilidad: es el punto a partir donde el caudal vence la inercia de los mecanismo, y el medidor comienza a registrar.
- Precisión: es la relación porcentual entre el volumen de agua registrado, y el volumen que pasa por el medidor



## 4.4 Curvas características

La precisión de los medidores no se mantiene constante a diferentes caudales, por lo tanto el error de registro varía con el caudal, la representación gráfica da forma a la “curva de error”.

El agua al pasar por un medidor sufre una pérdida de carga, que es característica de cada medidor, y es función del caudal, esto se representa en la “curva de pérdida de carga”.

### 4.4.1 Curva de Error

Al hacer pasar un flujo de agua por un medidor, y luego se va aumentando el caudal, se observan los distintos errores, para diferentes caudales, que dan origen a esta curva (figura 8), en la cual se observan los siguientes puntos:

- $Q_{\min}$ : caudal a partir donde se vencen las resistencias de los mecanismos del medidor, y este comienza a registrar dentro del error permitido por la Norma Chilena, el que es de un 5% dentro del campo inferior de medición.
- $Q_t$ : este corresponde al caudal de transición, es a partir de aquí que el medidor de registrar un error no mayor a  $\pm 2\%$ .

El error porcentual de un medidor está dado por:

$$Error[\%] = \frac{V_{\text{registrado}} - V_{\text{real}}}{V_{\text{real}}} \cdot 100$$

donde  $V_{\text{registrado}}$ , corresponde al volumen registrado por el medidor, y  $V_{\text{real}}$ , es el volumen de agua que efectivamente atravesó dicho medidor.

Se observa de la figura 8, que la curva no comienza con caudal cero, la explicación es que para caudales muy pequeños, inferiores a  $Q_{\min}$ , el flujo no es capaz de vencer la resistencia del mecanismo, por lo tanto no registra, y eso quiere decir que el error es de un 100%.



Se puede observar de la curva de error, que existen diferentes campos de medición:

- Campo de medición: es el intervalo comprendido entre el caudal mínimo y el caudal máximo.
- Campo inferior de medición: intervalo entre el caudal mínimo y de transición, en donde el error permitido no debe ser mayor a un  $\pm 5\%$ .
- Campo superior de medición: intervalo entre el caudal de transición y caudal máximo, en donde el error no debe superar el  $\pm 2\%$ .

Esta curva cumple un rol importante al momento de verificar las especificaciones del fabricante, esto se puede hacer en un Banco Estático de contrastación de medidores.

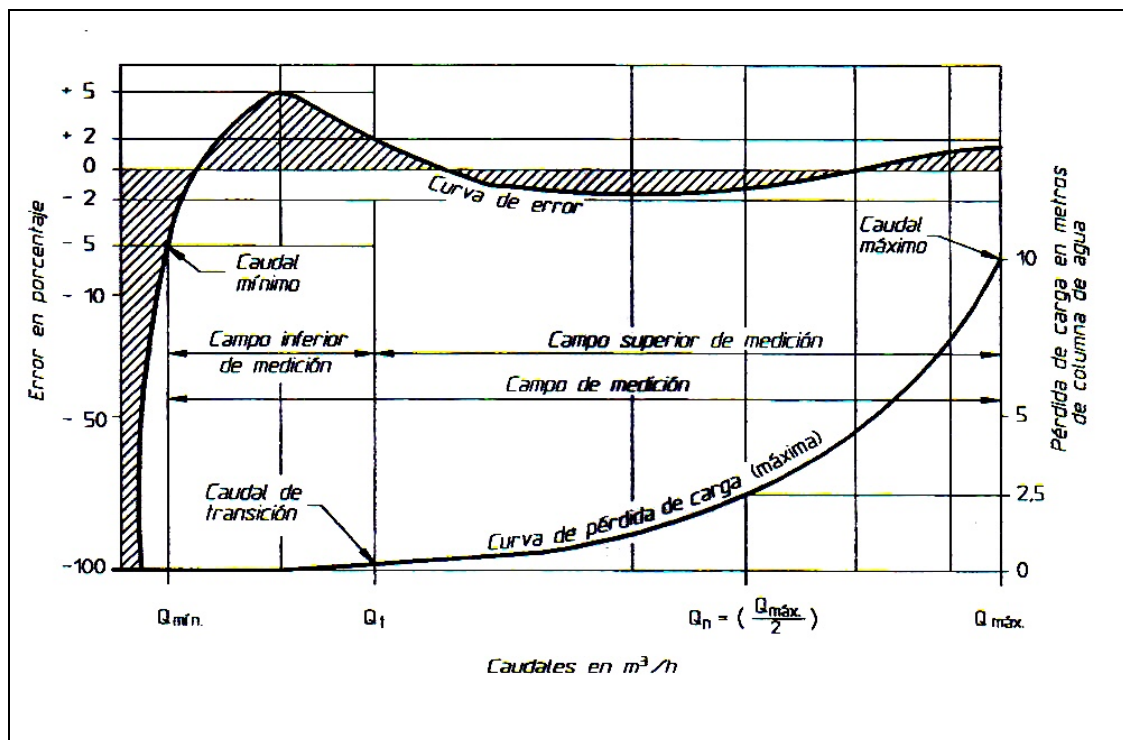


Figura 8. Curvas características

#### 4.4.2 Curva de Pérdida de Carga

El flujo al circular en el medidor, debe vencer la resistencia de los mecanismos que hay en interior para que este pueda registrar. Estas resistencias producen una pérdida



de carga, la que es función del caudal. Esta pérdida puede representarse por una curva de fórmula:

$$J = K \cdot Q^2$$

donde:

J = pérdida de carga en metros

K = coeficiente constante

Q = caudal en m<sup>3</sup>/h

La pérdida de carga se puede conocer, al medir la presión a la entrada del medidor, y midiendo luego la presión a la salida de este. Lo más conveniente es que se produzca la menor pérdida de carga posible, ya que así, el usuario podrá tener una mayor presión de servicio.



## 4.5 Clases metrológicas

La clase metrológica define el grado de precisión del medidor. La Norma Chilena NCh 1730 Of2002, divide en cuatro clases metrológicas a los medidores de acuerdo al caudal mínimo, y caudal de transición en función del caudal nominal (Tabla 4).

Clase	$Q_{\min}$ y $Q_t$ en función de $Q_n$
Clase A	
$Q_{\min}$	$0,04 Q_n$
$Q_t$	$0,10 Q_n$
Clase B	
$Q_{\min}$	$0,02 Q_n$
$Q_t$	$0,08 Q_n$
Clase C	
$Q_{\min}$	$0,01 Q_n$
$Q_t$	$0,015 Q_n$
Clase D	
$Q_{\min}$	$0,0075 Q_n$
$Q_t$	$0,0115 Q_n$

Tabla 4. Clases metrológicas

De acuerdo a esto, dos medidores de igual caudal nominal pueden tener distinta precisión, especialmente a caudales bajos. La clase A es la con menor precisión, de hecho ya no se instalan este tipo de medidores, la Norma NCh 1730 Of.2002 estipula que los medidores deben ser clase B o superior, donde la clase D es la con mayor precisión. Se debe tener presente que lo que diferencia una clase metrológica de otra,



es el caudal a partir del cual el medidor comienza a registrar dentro del rango de error permitido, también a esto se debe sumar el caudal de transición, en donde ambos caudales son función del nominal. En el siguiente esquema (figura 9), se puede apreciar claramente la diferencia entre dos clases metrológicas.

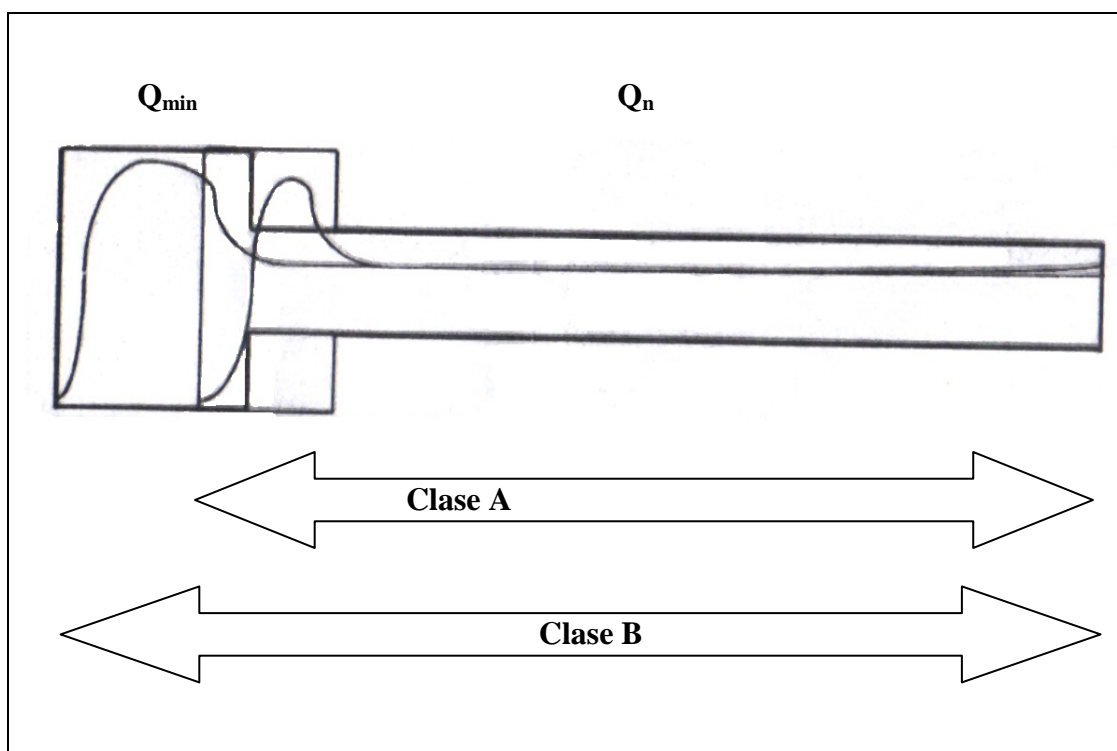


Figura 9. Comparación entre dos clases metrológicas

Se observa que la clase B es más precisa, ya que comienza a registrar dentro del rango permitido a caudales más bajos, además el caudal de transición en la clase B se encuentra a un caudal menor que para el medidor de clase A, lo que es importante, ya que como se dijo anteriormente, este caudal define la división del campo de medición entre inferior y superior, siendo los errores máximos tolerados de  $\pm 5\%$  para el primero y  $\pm 2\%$  para el segundo, es decir a un caudal mayor el de clase A puede registrar un error mayor que el de clase B.

El siguiente ejemplo muestra una idea de lo explicado anteriormente:



Dos medidores de diámetro nominal 19 mm, tienen un caudal nominal de 2,5 m<sup>3</sup>/h, pero uno es de clase A y el otro clase B, por lo tanto sus caudales mínimos ( $Q_{\min}$ ) y de transición ( $Q_t$ ) son los siguientes (tabla 5):

Clase	$Q_{\min}$ [m <sup>3</sup> /h]	$Q_t$ [m <sup>3</sup> /h]	$Q_n$ [m <sup>3</sup> /h]	$Q_{\max}$ [m <sup>3</sup> /h]
A	0,1	0,25	2,5	5
B	0,05	0,2	2,5	5

Tabla 5. Ejemplo

#### 4.6 Selección del tamaño de un medidor domiciliario

La selección del diámetro de un medidor de agua potable, debe ser adecuada, ya que si el medidor instalado está subdimensionado, producirá en la vivienda una restricción del consumo, debido a la excesiva pérdida de carga producida por el paso de un volumen mayor a la capacidad del medidor. Esto a su vez produce un deterioro rápido del medidor. Ahora si el medidor instalado es de una capacidad mayor a la necesaria, generalmente estará trabajando en el campo inferior de medición, lo que se traduce en un registro con menor precisión.

Para obtener el diámetro adecuado existe un procedimiento descrito en el “Reglamento de instalaciones domiciliarias de agua potable y alcantarillado” (RIDAA), en su Artículo 52° (ver anexo 1), los factores a considerar en este procedimiento son:

- Consumo máximo diario [m<sup>3</sup>/día]
- Gasto máximo probable [l/min]

No tiene sentido, para esta memoria, entrar en mayor profundidad sobre este procedimiento.



## **5. MERCADO DE LOS MEDIDORES DOMICILIARIOS**

ESVAL en la zona tiene instalado medidores de las siguientes marcas:

- Medidores Lautaro, fabricados por Invensys Metering Systems Chile.
- Medidores Maipo – TM, fabricados por Schlumberger Chile.

ESVAL, al igual que muchas sanitarias en el país ha comenzado la renovación del parque de medidores, como se dijo en un principio, cambiando los de transmisión mecánica por los de transmisión magnética, siendo estos últimos de avanzada tecnología y alta precisión. Estos medidores están certificados por DICTUC (Empresa filial de la Universidad Católica de Chile), tal como lo exige la normativa, ya que este organismo está acreditado por el INN. A esto se debe agregar que los medidores son de chorro múltiple, clase metrológica B, y los diámetros nominales, de acuerdo a las características de los domicilios, son de 13 mm, 19 mm, 25 mm, 38 mm. Las especificaciones técnicas de estos medidores se señalan en anexo 2. Es importante señalar que los medidores de 13 mm y 19 mm tienen roscas diferenciadas, es decir los diámetros de entrada y salida del medidor son distintos, esto es una forma de protección para que los usuarios no puedan colocar el medidor en sentido contrario al del flujo, ya que si esto fuera posible, los medidores registran en forma inversa, es decir descuentan volumen en el medidor.

Los medidores deben cumplir las especificaciones de la Norma NCh 1730, en donde se señalan características de funcionamiento, dimensiones y materiales a utilizar. Para certificar los medidores estos pasan por diferentes ensayos, los que serán detallados en capítulos posteriores, además son sometidos a análisis químico para ver los materiales utilizados en su fabricación, los cuales no deben alterar la potabilidad del agua. Las empresas proveedoras de medidores de agua, envían sus prototipos a DICTUC, siendo este el único organismo acreditado para hacer este tipo de ensayos.



De acuerdo a información entregada por ESVAL, el parque de medidores en la Zona hasta el año 2003, es el siguiente:

Localidad	Diámetro	Cantidad
Algarrobo	13	4973
	19	252
	25	32
	38	12
	50	8
	75	0
	100	0

Localidad	Diámetro	Cantidad
Placilla de Peñuelas	13	1768
	19	400
	25	52
	38	11
	50	3
	75	1
	100	0

Localidad	Diámetro	Cantidad
Algarrobo Norte	13	381
	19	2
	25	0
	38	0
	50	0

Localidad	Diámetro	Cantidad
Pob. Mirasol	13	429
	19	4
	25	2
	38	0
	50	0

Localidad	Diámetro	Cantidad
Almendral	10	4
	13	626
	19	58
	25	21
	38	3
	50	2

Localidad	Diámetro	Cantidad
Puchuncaví	13	676
	19	18
	25	7
	38	2
	50	0
	75	0
	100	0

Localidad	Diámetro	Cantidad
Artificio	13	1996
	19	130
	25	13
	38	3
	75	1

Localidad	Diámetro	Cantidad
Punta de Tralca	13	1107
	19	7
	25	4
	50	0

Localidad	Diámetro	Cantidad
Brisas de Mirasol	13	431
	19	3
	25	2
	38	2

Localidad	Diámetro	Cantidad
Punta Puyai	13	1
	19	49
	25	1
	38	1



Localidad	Diámetro	Cantidad
Cabildo	13	2880
	19	167
	25	21
	38	3
	50	1
	75	0

Localidad	Diámetro	Cantidad
Quillota	10	233
	13	16018
	19	1251
	25	128
	38	36
	50	13
	75	1
	100	1

Localidad	Diámetro	Cantidad
Cachagua	13	606
	19	68
	25	8
	38	2
	50	1
	75	0

Localidad	Diámetro	Cantidad
Quilpué	10	40
	13	28060
	19	3033
	25	177
	32	3
	38	73
	50	23
	75	5
	100	0

Localidad	Diámetro	Cantidad
Calle Larga	10	1
	13	1728
	19	145
	25	41
	38	9
	75	0

Localidad	Diámetro	Cantidad
Quintero	10	1
	13	5180
	19	172
	25	32
	38	12
	50	5

Localidad	Diámetro	Cantidad
Cartagena	13	5465
	19	91
	25	33
	38	11
	50	7
	100	1

Localidad	Diámetro	Cantidad
Real Curimon	13	1393
	19	115
	25	40
	38	8
	50	1
	75	1

Localidad	Diámetro	Cantidad
Casablanca	13	3620
	19	103
	25	34
	38	6
	50	1
	75	2
	100	2

Localidad	Diámetro	Cantidad
Reñaca	13	827
	19	1295
	25	281
	38	66
	50	36
	75	8



Localidad	Diámetro	Cantidad
Chepical	13	265
	19	5
	25	4

Localidad	Diámetro	Cantidad
Rinconada	13	1542
	19	103
	25	21
	38	2
	50	1

Localidad	Diámetro	Cantidad
Concón	10	11
	13	5344
	19	1011
	25	362
	38	58
	50	13
	75	4
	100	4
	150	0
	200	1

Localidad	Diámetro	Cantidad
San Antonio	10	6
	13	21607
	19	435
	25	146
	32	1
	38	44
	50	17
	75	7
	100	7

Localidad	Diámetro	Cantidad
Curauma	13	402
	19	258
	25	363
	38	3
	50	3
	75	0

Localidad	Diámetro	Cantidad
San Esteban	13	3625
	19	306
	25	30
	38	11
	50	2
	75	1

Localidad	Diámetro	Cantidad
El Quisco	13	8628
	19	108
	25	31
	38	13
	50	6
	75	0
	100	1

Localidad	Diámetro	Cantidad
San Felipe	10	41
	13	13165
	19	1958
	25	185
	38	39
	50	15
	75	7
	100	1
	150	1

Localidad	Diámetro	Cantidad
El Tabo	13	2386
	19	64
	25	28
	38	8
	50	7
	100	1

Localidad	Diámetro	Cantidad
San Isidro	13	65
	19	58
	25	7
	50	0
	100	1



Localidad	Diámetro	Cantidad
Hijuelas	13	1308
	19	56
	25	17
	38	4
	50	1

Localidad	Diámetro	Cantidad
Isla Negra	13	1003
	19	22
	25	7
	38	3
	50	2

Localidad	Diámetro	Cantidad
La Calera	10	92
	13	8776
	19	372
	25	86
	38	15
	50	8
	75	1
	100	4

Localidad	Diámetro	Cantidad
La Cruz	10	62
	13	2238
	19	169
	25	37
	38	3
	50	0

Localidad	Diámetro	Cantidad
La Laguna	13	630
	19	35
	25	1
	38	1

Localidad	Diámetro	Cantidad
San Sebastián	13	2832
	19	34
	25	8
	38	1
	50	1

Localidad	Diámetro	Cantidad
Santa María	13	1240
	19	102
	25	20
	38	7
	50	1

Localidad	Diámetro	Cantidad
Valparaíso	10	1713
	13	50821
	19	2237
	25	648
	32	1
	38	227
	50	116
	75	27
	100	10

Localidad	Diámetro	Cantidad
Villa Alemana	10	25
	13	23823
	19	1582
	25	117
	38	28
	50	8
	75	1
	100	1

Localidad	Diámetro	Cantidad
Viña del Mar	10	441
	13	52908
	19	6321
	25	1425
	32	11
	38	292
	50	162
	75	41
	100	12
	150	7



Localidad	Diámetro	Cantidad
La Ligua	13	4228
	19	408
	25	72
	38	4
	50	1

Localidad	Diámetro	Cantidad
Las Cruces	13	3303
	19	65
	25	31
	38	8
	50	2

Localidad	Diámetro	Cantidad
Limache	10	50
	13	8311
	19	585
	25	81
	38	12
	50	7
	75	2

Localidad	Diámetro	Cantidad
Llay Llay	10	1
	13	4092
	19	98
	25	28
	38	8
	50	2

Localidad	Diámetro	Cantidad
Los Andes	13	13257
	19	1742
	25	222
	38	43
	50	18
	75	7
	100	2
	150	1

Localidad	Diámetro	Cantidad
Nogales	13	2165
	19	37
	25	12
	38	5

Localidad	Diámetro	Cantidad
Zapallar	13	862
	19	22
	25	10
	38	1
	75	1

Localidad	Diámetro	Cantidad
#N/A	13	1
	19	240
	25	82
	38	7
	50	2

Localidad	Diámetro	Cantidad
San Pedro	13	834
	19	9
	25	68
	38	1

Localidad	Diámetro	Cantidad
Chincolco	13	563
	19	7
	25	8
	38	1

Localidad	Diámetro	Cantidad
Putaendo	10	5
	13	2800
	19	97
	25	23
	38	3
	50	3
	100	1

Localidad	Diámetro	Cantidad
Catemu	13	1628
	19	35
	25	6
	38	4



Localidad	Diámetro	Cantidad
Papudo	13	1517
	19	128
	25	23
	32	1
	38	2
	50	1

Localidad	Diámetro	Cantidad
Placilla de Ligua	13	953
	19	11
	25	4
	38	1

En total suman **440.427** instrumentos de medición de agua potable, pero no se debe olvidar que la *micromedición* incluye medidores solamente hasta diámetro 38 [mm], que es realmente a lo que está enfocada esta memoria. Dentro de estos instrumentos de medición están los medidores y remarcadores; básicamente son lo mismo, la diferencia es que el remarcador es el destinatario a establecer el registro de consumo de un inmueble específico de un edificio o condominio.

De acuerdo a información, publicada por la Superintendencia de Servicio Sanitarios (SISS), que es el organismo normativo y fiscalizador de la empresas concesionarias que prestan servicios de agua potable y alcantarillado, el ranking de operatividad de Medidores durante al año 2002, a nivel nacional, es el siguiente (tabla 6):

Ranking Operatividad de Medidores - 2002			
Lugar	Empresa	Nº medidores	Operativos
		Nº	%
1	EMSSA S.A.	19,788	99,88%
2	A Los Dominicos S.A.	2.830	99,82%
<b>3</b>	<b>ESVAL S.A</b>	<b>433.282</b>	<b>99,75%</b>
4	A Cordillera S.A	91,688	99,54%
5	COOPAGUA Ltda	2.554	99,45%
6	A. Manquenue S.A	3.613	99,42%
7	EMSSAT S.A	65.881	99,18%
8	A, Décima S.A	32.483	99,11%
9	A. Andinas S.A	1.217.509	99,08%
10	ESSAN S.A	113.438	98,85%
11	ESSAT S.A.	105.905	98,72%
12	ESSAL S.A.	138.675	98,55%
13	ESSAR S.A.	154.863	98,53%
14	ESSEL S.A	154.832	98,32%
15	ESSBIO S.A.	370.909	98,14%
16	A. N. SUR S.A	165.301	97,83%
17	ESSCO S.A.	144.370	97,40%
18	Servicomunal S.A.	17.080	96,90%
19	SMAPA MAIPU.	156.188	96,46%
20	ESMAG S.A	40.287	95,80%
	<b>TOTAL</b>	<b>3.336.675</b>	<b>98,52%</b>

Tabla 6. *Ranking operatividad de medidores*



## 6. PERCEPCIÓN DE LOS CLIENTES

### 6.1 Percepción a nivel nacional

La SISS mantiene un registro con la cantidad de reclamos recibidos por las empresas sanitarias según motivo. Para ver con mayor detalle ver anexo 3. A continuación se presentan los registros a nivel nacional de los años 2001 y 2002 (gráfico 1 y 2, respectivamente).

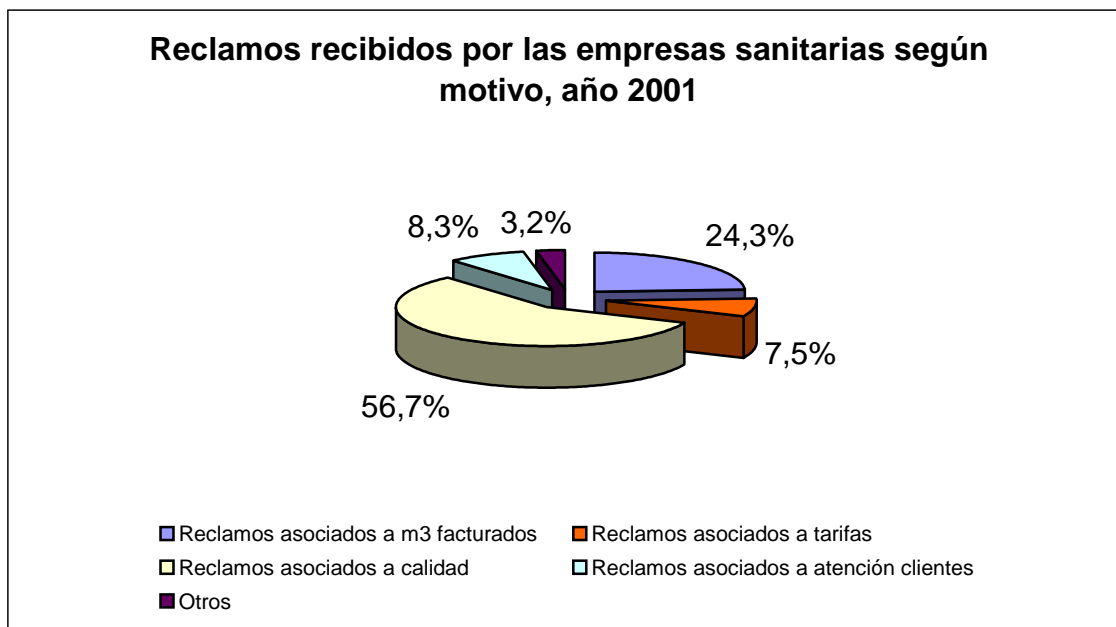


Gráfico 1. *Reclamos recibidos por las empresas sanitarias 2001*

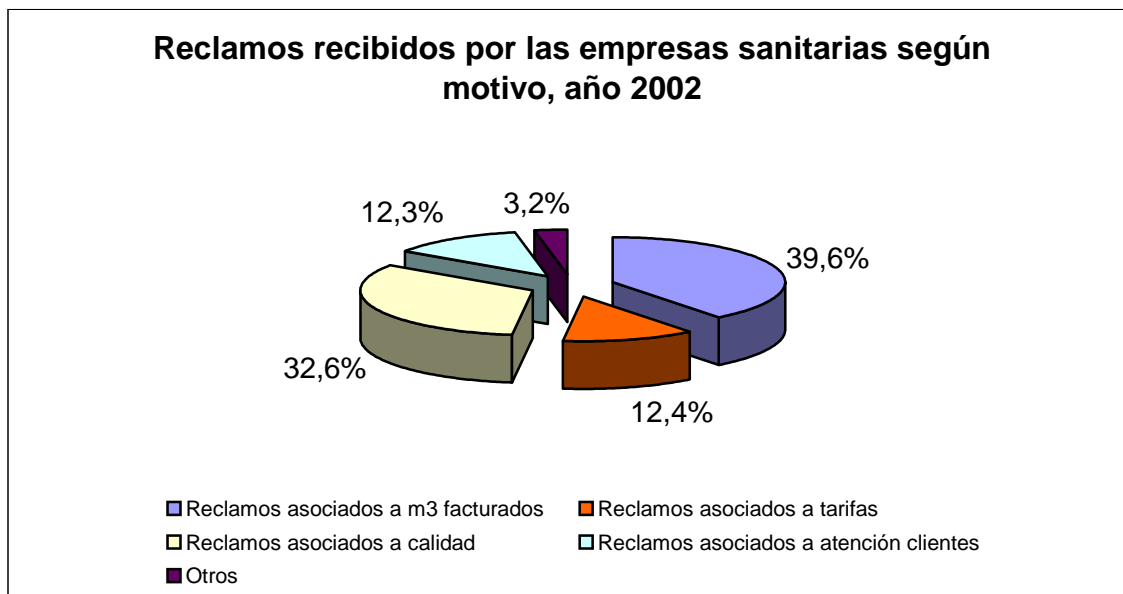


Gráfico 2. Reclamos recibidos por las empresas sanitarias 2002

Para esta memoria es importante mencionar los reclamos asociados a m<sup>3</sup> facturados, ya que estos se refieren a las siguientes causas:

- Medidor defectuoso
- Consumos excesivos
- Sobreconsumo
- Lectura incorrecta
- Falta lectura

Dentro de reclamos asociados a m<sup>3</sup> facturados, a nivel nacional, estos ocupan los siguientes porcentajes, año 2001 y 2002 (gráfico 3 y 4, respectivamente)

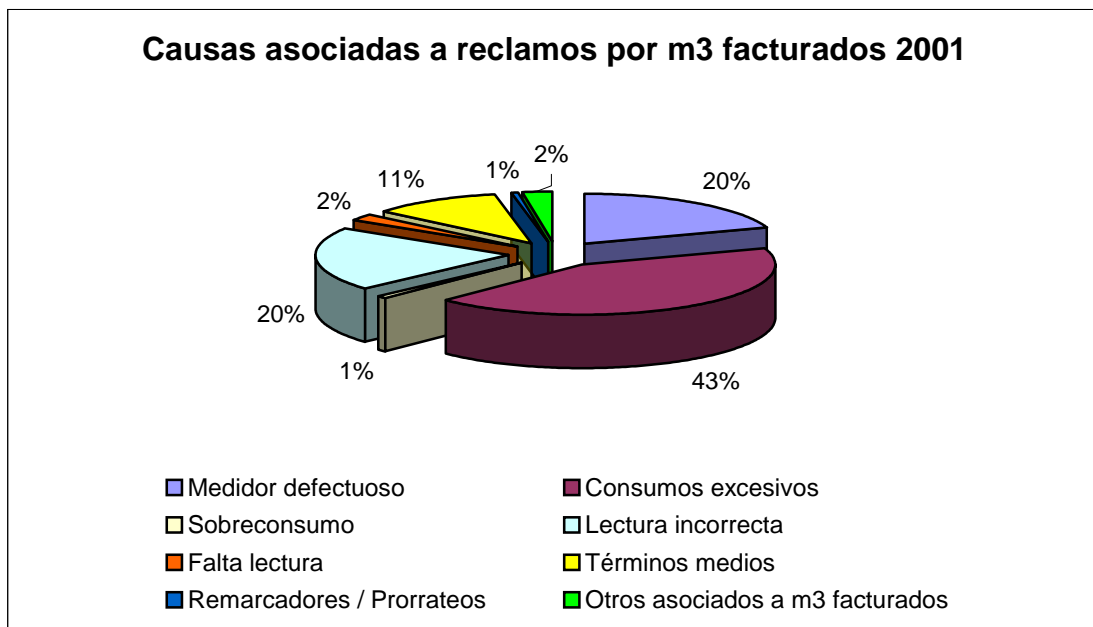


Gráfico 3. Causa asociados a reclamos por m<sup>3</sup> facturados, año 2001

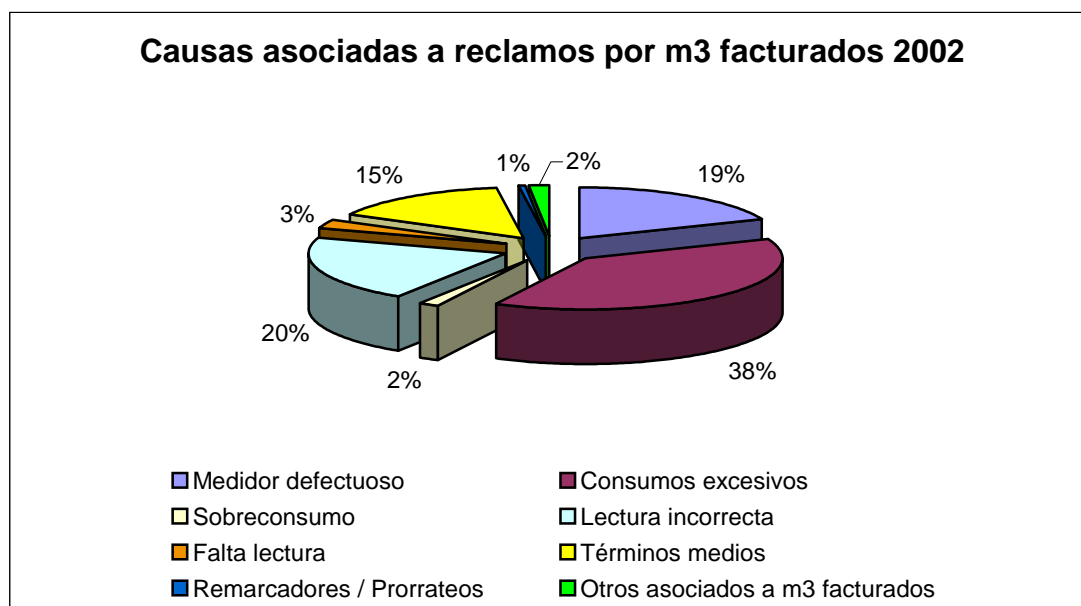


Gráfico 4. Causa asociados a reclamos por m<sup>3</sup> facturados, año 2002



Como se ve, el tema de la medición de agua potable es un tema que muchas personas cuestionan, por las causas ya mencionadas, es por eso que muchas veces se requiere de una entidad imparcial para dirimir este tipo de problemas.

## 6.2 Percepción de los clientes de ESVAL

De acuerdo a un estudio realizado por la SISS en conjunto con el Departamento de Sociología, de la Universidad de Chile, informe publicado en Noviembre del 2002, se señalan varios aspectos en donde los clientes evalúan a la empresa sanitaria. Dichos aspectos son de importancia tanto para la sanitaria, como para la SISS, para entregar a los clientes un servicio de calidad en condiciones de eficiencia.

Uno de los puntos consultados fue sobre el cobro de la cuenta, donde destacaron los siguientes aspectos junto con los resultados:

- Confianza en el medidor y confianza en la persona que lee el medidor (gráfico 5)

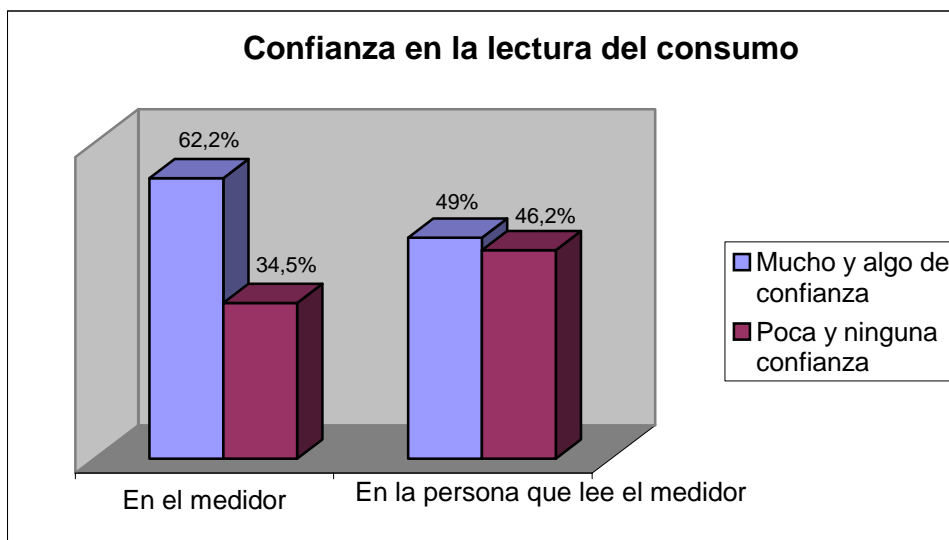


Gráfico 5. Estudio Departamento de Sociología, Universidad de Chile



➤ Razones para no confiar en el medidor

<b>El medidor</b>	<b>%</b>
Gira sin control	33.9
No está calibrado (arbitrario, marca cualquier cosa)	8.3
Aparato antiguo, debe modernizarse	14.0
Equipo defectuoso, fallado	5.8
No es confiable	33.1
Otras	5.0

Nota: base 121 personas

➤ Razones para no confiar en la persona que lee el medidor

<b>La persona</b>	<b>%</b>
Si la casa está cerrada, miden al ojo, anotan cualquier cosa	18.1
No miran bien, son descuidados, miran de lejos, miran muy rápido	34.5
No tienen vestimenta que los identifique	13.8
No hacen bien su trabajo	3.4
No son confiable	23.3
Otras	6.9

Nota: base 116 personas

Al ver los resultados de este estudio, un porcentaje importante de la población cuestiona la medición del consumo del agua potable, y uno de los factores que influyen en esta opinión son los medidores. Además el 19.8%, señaló que para tener un servicio de cobro excelente se debería mejorar los medidores, esto corrobora la información anterior.

Durante el año 2002, ESVAL recibió 35.730 (información entregada por SISS, anexo 4), reclamos asociados a distintas causas las cuales se dividen de la siguiente forma (gráfico 6)

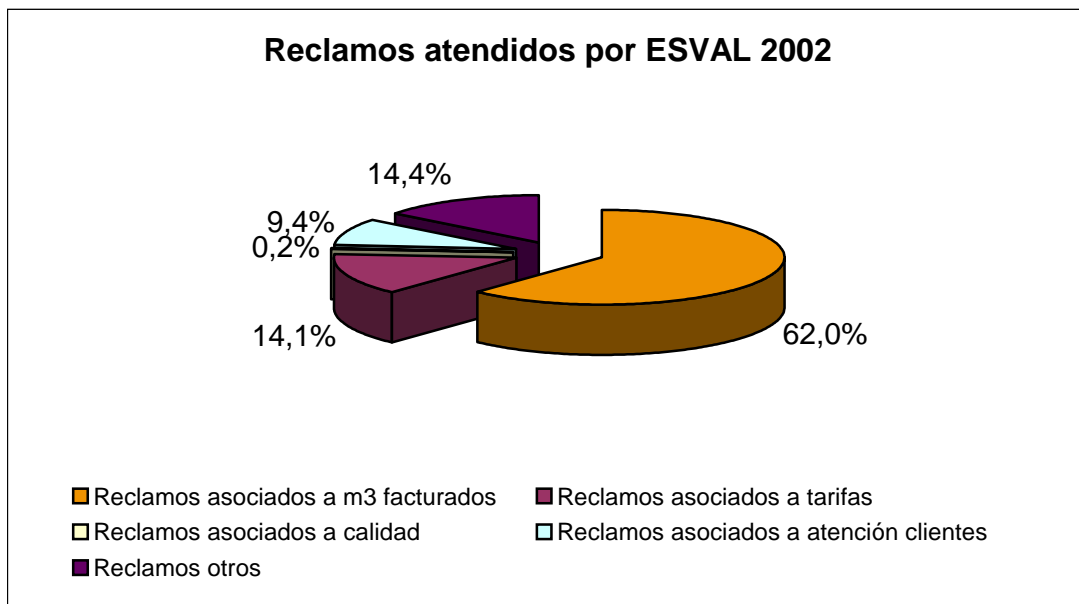


Gráfico 6. *Reclamos atendidos por ESVAL 2002*

Se observa del gráfico anterior que los mayores reclamos se producen por los metros cúbicos facturados, cuyas causas se distribuyen de la siguiente forma (gráfico 7)

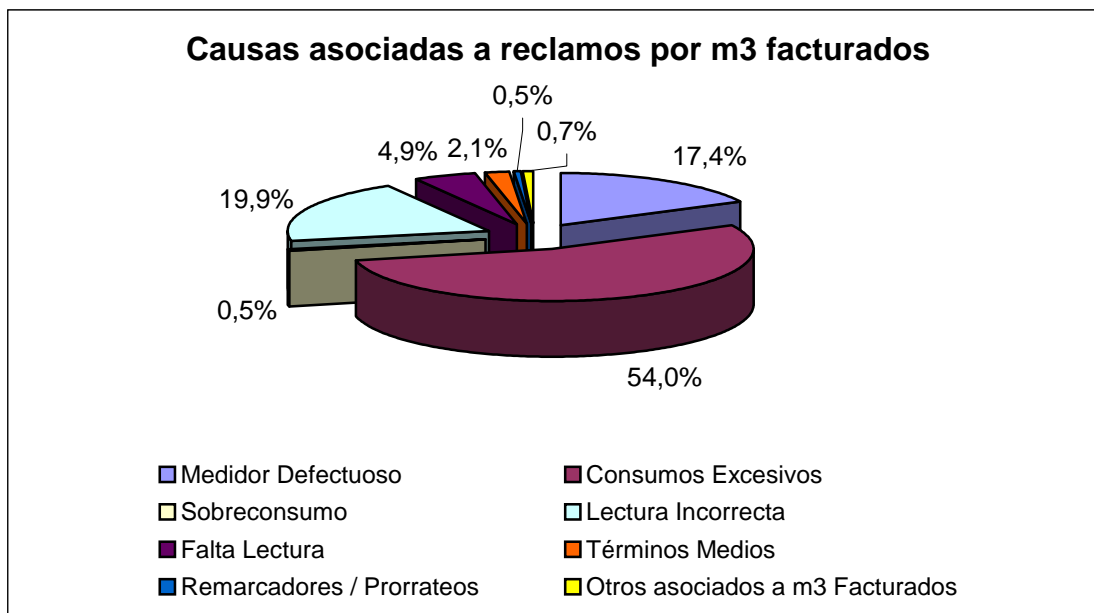


Gráfico 7. *Causa asociados a reclamos por m<sup>3</sup> facturados, año 2002*



## ***7. REQUERIMIENTOS DE CONTRASTACIÓN***

De acuerdo a los antecedentes ya vistos en el punto 6, los requerimientos de contrastación toman gran importancia, ya que por medio de los “procedimientos de contrastación” se puede saber con certeza si el medidor cumple con lo estipulado por la SISS. Existe dos tipos de Bancos que pueden realizar esta tarea, un Banco Portátil, y otro Estático, en donde el primero sirve para medir en terreno y el segundo para medir en Laboratorio.

Existen cuatros causas en la que se requiere contrastación:

- a) Solicitud de verificación del medidor por parte del cliente
- b) Certificación de medidores domiciliarios por parte de las empresas proveedoras de medidores de agua potable
- c) Procedimiento de Autocontrol
- d) Fiscalización del Autocontrol

Es importante señalar que todo cliente tiene el derecho de solicitar la verificación de su medidor de agua potable, el costo de esta verificación lo asume el cliente siempre y cuando el error del medidor sea inferior al 5%, en caso de este sea mayor, el costo lo asume la empresa sanitaria. Para realizar esta prueba existen procedimientos los que se detallan mas adelante. Como se dijo en un principio no hay ninguna entidad en el país debidamente reconocida que pueda realizar este tipo pruebas en terreno, generalmente estas pruebas las hace la misma empresa sanitaria, es decir, son juez y parte.



## **8. BANCO DE PRUEBA PORTÁTIL**

Este tipo de banco, sirve para verificar los medidores domiciliarios en terreno. En el país no existe ningún organismo acreditado por el INN para realizar este tipo ensayos en terreno. Son utilizados cuando un cliente no esta conforme con el registro del medidor, y este solicita a la empresa verificar la exacta medición del medidor en uso, y también son usados en los procedimientos de Autocontrol que solicita la SISS.

*El Laboratorio de Termofluidos del Departamento de Mecánica, de esta Casa de Estudios, cuenta con un Banco Portátil y dispone del personal adecuado para realizar estas pruebas, conociendo a cabalidad el procedimiento dispuesto por la SISS.*

### **8.1 Especificaciones del Banco Portátil**

- Medidor patrón

Medidor patrón volumétrico Clase C

Marca SENSUS

Modelo SR11

Indica simultáneamente caudal instantáneo en litros por segundo, con una resolución de 0,01 l/seg y volumen en litros, con una resolución de 0,1 litros.

- Manómetro
- Flexibles alta presión
- Filtro
- Llave corte rápido ¼ vuelta
- Llave reguladora de caudal
- Maleta fácil de transportar (aproximadamente 18,6 Kg)
- Batería para 5 años
- Llave francesa
- Llave de punta 32-38 mm
- Caja de accesorios, la cual cuenta con conexiones necesarias para probar medidores domiciliarios de ½", ¾", 1" y 1½". (tabla 7)



Cantidad	Designación
2	Curvas ¾" HE - HE
1	Bushing ½" HI - ¾" HE
1	Bushing ¾" HE - HI
2	Bushing ¾" HI - 1" HE
1	Bushing ¾" HE - 1" HI
1	Bushing ¾" HE - 7/8" HI
1	Bushing ¾" HE - 1 1/8" HI
1	Bushing ¾" HE - 1 ¼" HI
1	Bushing ¾" HE - 2" HI

Tabla 7. Accesorios del Banco Portátil

Este banco posee su respectivo Certificado de Calibración, con fecha 14/08/03, emitido por "Calibraciones Industriales" (Barros Arana 73, Iquique), dicho laboratorio de calibración, cuenta con la acreditación del INN.

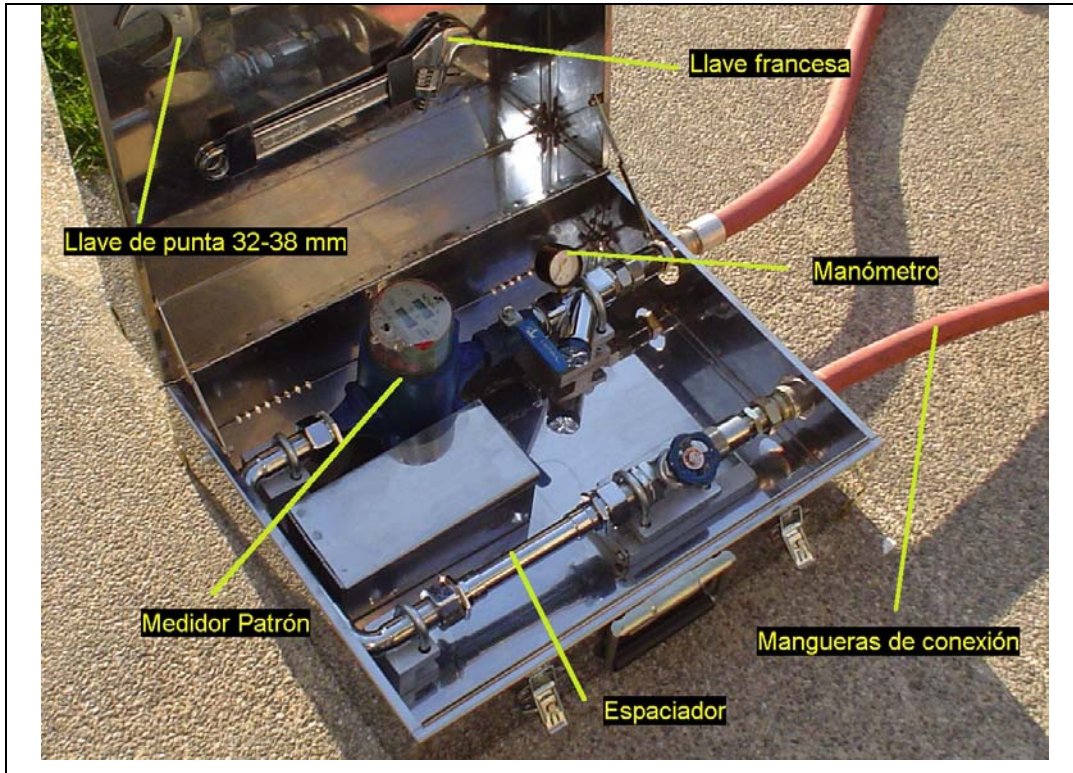
El medidor patrón cumple con los porcentaje de error y de incertidumbre señalado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, los cuales se encuentran entre  $\pm 2\%$  de error, y  $\pm 1,33\%$  de incertidumbre con un nivel de confianza del 95% (tabla 8).

Caudal [L/h]	Volumen [L]	Error [%]	Incertidumbre +%
5000	100	0,40	0,13
3000	100	0,54	0,10
1750	100	0,61	0,10
1250	100	0,75	0,11
750	100	0,70	0,13
250	50	0,76	0,10
37.5	10	-1,15	0,67

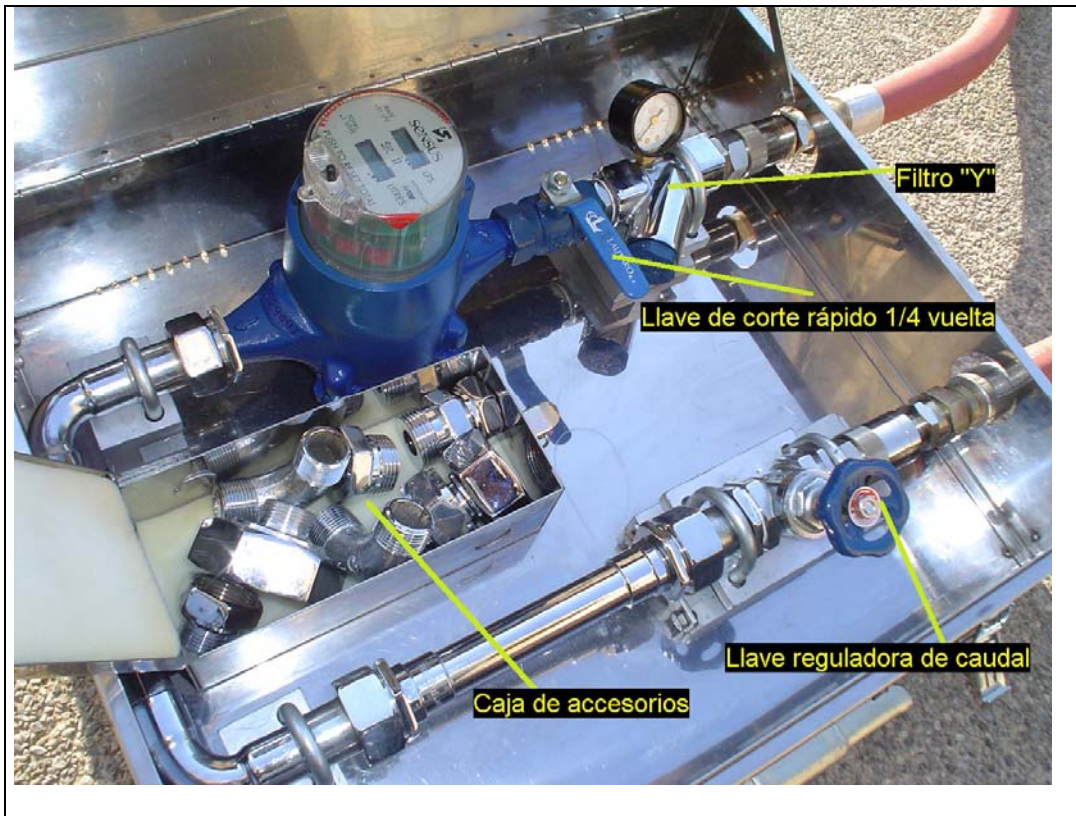
Tabla 8. Resultados Calibración del medidor patrón, USM.



## 8.2 Fotografías del Banco Portátil



*Banco de Prueba Portátil (Laboratorio Termofluidos, USM)*



*Banco de Prueba Portátil (Laboratorio Termofluidos, USM)*



### 8.3 Esquemas de alternativas de utilización del Banco Portátil

El Banco Portátil se puede instalar de las siguientes formas (figura 10 y 11), sin sacar el medidor domiciliario de su posición original.

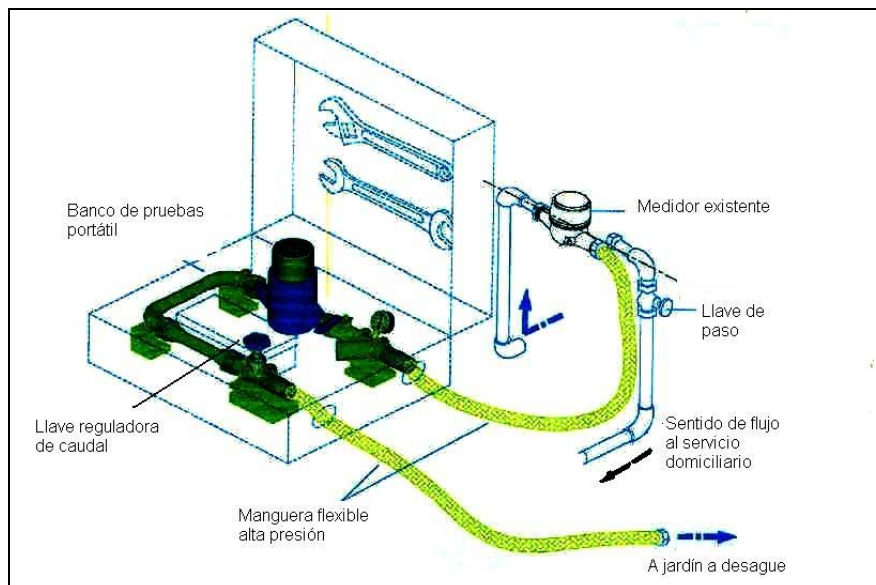


Figura 10. Alternativa de instalación Banco Portátil

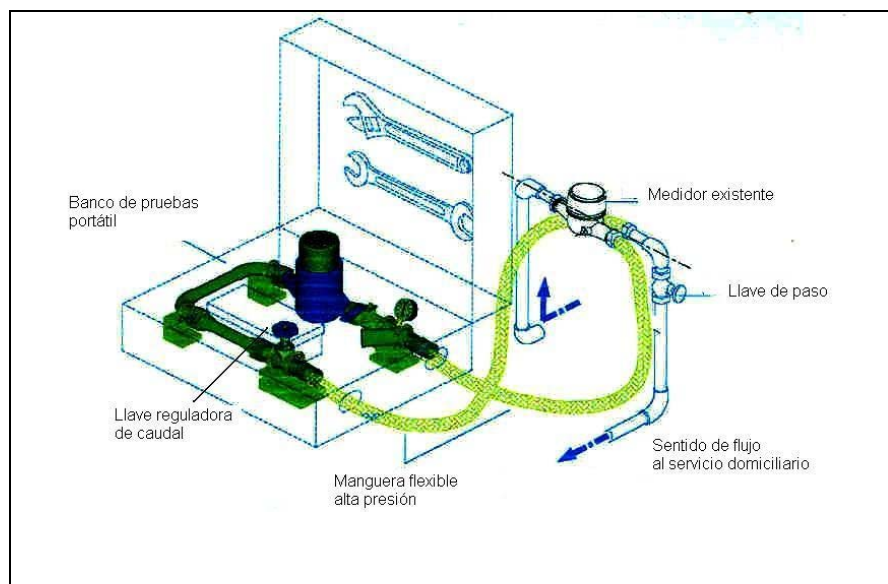


Figura 11. Alternativa de instalación Banco Portátil



Los procedimientos de instalación se detallaran mas adelante, los cuales son de acuerdo a lo indicado por la SISS:

Otra alternativa es desmontar el medidor de la red e instalarlo en el Banco, para esto es necesario remover el espaciador (figura 12).

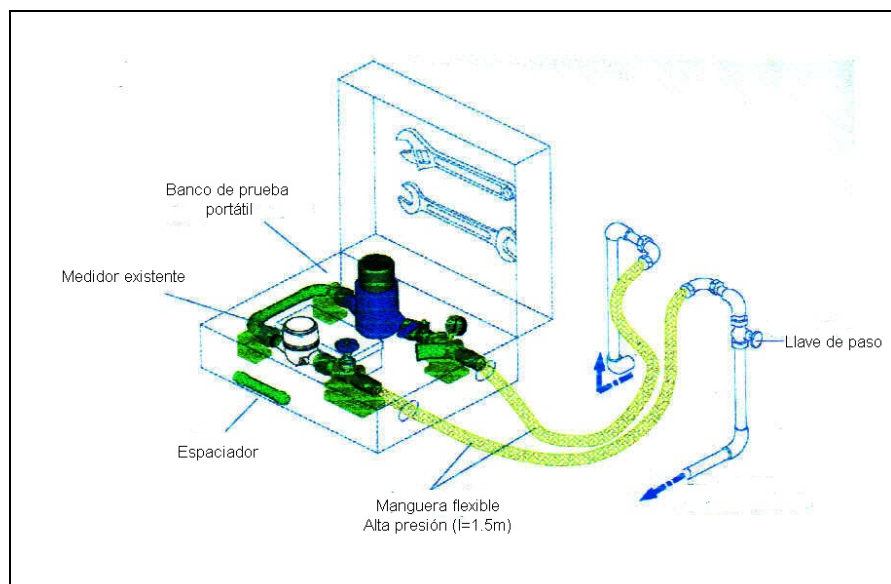


Figura 12. *Alternativa de instalación Banco Portátil*

Se debe tener presente que esta última alternativa no corresponde a lo dispuesto por la SISS, pero se da a conocer para mostrar la versatilidad de este Banco.



## **9. PROCEDIMIENTO DE AUTOCONTROL**

Este procedimiento sirve para conocer el nivel de calidad que tiene la empresa sanitaria, y consiste en evaluar, una muestra aleatoria, de medidores instalados en los domicilios.

Las sanitarias tienen libertad para elegir entre realizar el Autocontrol con sus propios medios, o contratar personal externo para dicha tarea. El siguiente Procedimiento de Autocontrol, esta descrito de acuerdo a lo estipulado por la SISS el 06 de Abril del 2004.

### **9.1 Tamaño de la muestra**

El tamaño de la muestra se indica en la tabla 9, la cual se basa en la Norma NCh 2237 Of. 1999.

<b>Número de medidores de la localidad</b>	<b>Número de medidores a controlar</b>
0 – 50	0
51 – 1.200	20
1.201 – 10.000	32
10.001 – 35.000	50
35.001 – 150.000	80

Tabla 9. *Tamaño de la muestra según n° medidores*

Si la localidad posee un número mayor a 150.000 medidores, se deberá dividir en segmentos mas pequeños.

Para la selección de los medidores, esta es de forma aleatoria, de acuerdo a lo que establece la Norma NCh 43 Of. 61, y se construye una lista oficial de los medidores a ser considerados en el autocontrol. A esto se debe sumar una segunda lista de reserva, la que deberá contener por lo menos el 50% del número de medidores de la lista oficial. Esta lista de reserva se construye en caso que las pruebas no se puedan hacer



en algún domicilio, ya sea por que en el domicilio no hay personas, o simplemente los moradores no permiten que se haga el autocontrol.

## **9.2 Tipos de pruebas en terreno**

- Verificación metrológica de un medidor de agua potable en servicio en la vivienda del usuario.
- Verificación volumétrica de un medidor de agua potable, diámetro nominal 13 y 19 mm en servicio en la vivienda del usuario.
- Verificación del consumo registrado por medidores domiciliarios de agua potable en la vivienda del usuario.

De estas tres pruebas, la última se utiliza en donde el parque de medidores presenta un deterioro importante, ya sea por antecedentes o por que la localidad no cumplió las condiciones de calidad exigidas por la SISS en el año anterior. Las dos primeras se utilizan en las localidades que no caen dentro de lo mencionado anteriormente, eligiendo una de las dos.

Las pruebas en terreno deben ser realizadas de acuerdo a los procedimientos entregados por la SISS, y el personal puede ser de la sanitaria o contratistas externos. El cliente tiene el derecho para autorizar la prueba o negar esta. Se debe considerar que se descontará un volumen de agua por las pruebas hechas, ya sea prueba metrológica o volumétrica, de acuerdo al diámetro del medidor.

Al final del procedimiento, de cualquier prueba mencionada, si esta presenta un error mayor al 5%, quiere decir que el medidor no cumple con lo indicado por la SISS, y este resultado se debe informar al cliente.



### 9.2.1 Verificación metrológica de un medidor de agua potable en servicio en la vivienda del usuario.

Esta prueba se realiza sin retirar el medidor de su posición y está enfocado a medidores de 13, 19, 25, y 38 mm. El equipo necesario para esta prueba, consiste en un Banco de Pruebas Portátil, donde el medidor patrón debe ser de una Clase metrológica mayor a la que posee el medidor domiciliario, en donde se realizará esta prueba (los medidores domiciliarios son de Clase B), a su vez el Banco Portátil debe contar con su respectivo certificado de calibración, el cual debe ser de un laboratorio acreditado por el INN, y no debe tener una fecha de emisión superior a 6 meses.

El porcentaje de error del medidor patrón debe estar entre  $\pm 2\%$  y el porcentaje de incertidumbre debe ser menor o igual a  $\pm 1,33\%$  con un nivel de confianza de 95%.

Esta prueba trabaja con caudales y volúmenes establecidos, de acuerdo al diámetro nominal del medidor, y se considera que el medidor se encuentra fuera de lo establecido cuando el promedio de los errores, que se obtuvieron con los caudales predeterminados, es mayor al 5%.

Los caudales y volúmenes de prueba para cada diámetro (tabla 10), son escogidos de acuerdo a estudios estadísticos que se hacen, en donde se considera los gastos promedios de un hogar, considerando el medidor instalado en el domicilio.

$Q_n$ [m <sup>3</sup> /hr]	Diámetro [mm]	Prueba		
		Caudal [L/hr]	Volumen mínimo [Litros]	Volumen mínimo [m <sup>3</sup> ]
1,5	13	250	40	0,04
		750 *	80	0,08
2,5	19	750	80	0,08
		1250 *	120	0,12
3,5	25	1750	180	0,18
10	38	3000	300	0,30

Tabla 10. Caudales y volúmenes de prueba

*\*Si no se obtiene el caudal de prueba establecido, se deberá hacer la prueba con el caudal máximo obtenido en terreno, registrando esto en el informe correspondiente.*



*El personal del Laboratorio de Termofluidos, junto con el equipo correspondiente, cumple con todas las exigencias de la SISS, descritas en el “Procedimiento de Autocontrol de la medición del agua potable año 2004” (publicado 06 Abril 2004). Se hizo llegar los antecedentes correspondientes a ESVAL y SISS, dando a conocer que nuestra Casa de Estudios está en condiciones de realizar esta verificación metrológica (Anexo 5). Por su parte la SISS mostró interés en que el Laboratorio se este preparado para realizar este tipo de pruebas, ya que la Superintendencia necesita de una entidad que pueda realizar las pruebas en forma paralela a la Sanitaria, con el objeto de fiscalizar el programa de Autocontrol.*

### 9.2.1.1 Procedimiento

- 1) Verificar que el medidor sea del tipo velocímetro, y que este no esté intervenido por terceros, en caso contrario no se podrá realizar la prueba.
- 2) Cortar el suministro de agua potable, cerrando la llave de paso, ubicada antes del medidor.
- 3) Conectar el banco portátil (en forma horizontal) a la salida del medidor existente, desconectando la tuerca ubicada inmediatamente después de éste (figura 13).

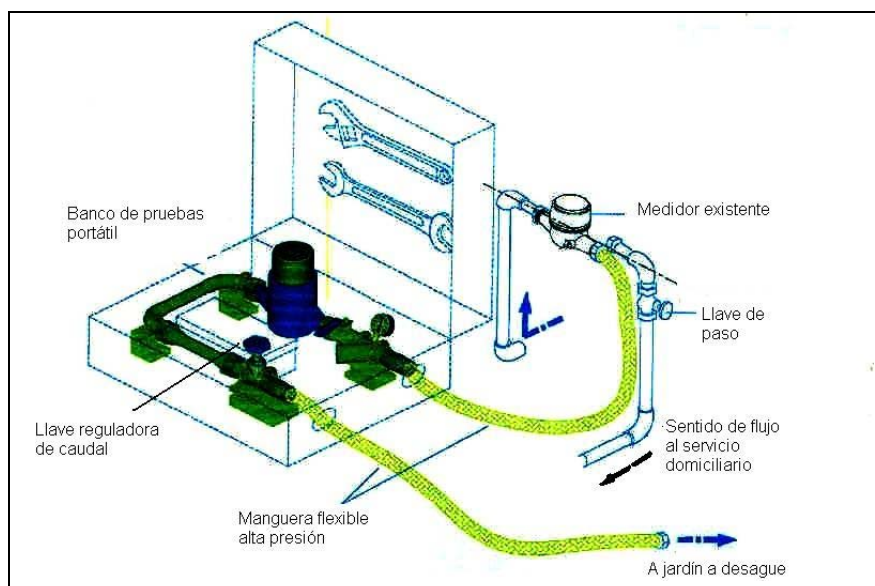


Figura 13. Instalación Banco Portátil de acuerdo a SISS



- 4) Abrir llave de paso, la que fue cerrada en el punto 2.
- 5) Fijar el menor caudal de prueba en el medidor patrón (llave reguladora de caudal), señalado en la tabla 10, según diámetro del medidor a verificar.
- 6) Escurrir agua, para eliminar el aire del sistema, a lo menos durante un minuto, con el caudal correspondiente a la primera medición.
- 7) Cortar el flujo de agua mediante la llave de corte rápido, del banco de prueba portátil.
- 8) Retornar lectura de volumen del medidor patrón a cero, y se toma lectura del medidor domiciliario en el dial de menor graduación al litro (ej:  $32,1820 \text{ m}^3$ ), este valor será volumen 1.
- 9) Calcular volumen 2:

$$\text{Volumen 2} = \text{Volumen 1} + \text{volumen mínimo de prueba}$$

Volumen mínimo de prueba es según el diámetro del medidor, señalado en la tabla 10

- 10) Verificar que no existan filtraciones en el sistema.
- 11) Abrir llave de corte rápido del banco portátil, para iniciar la medición.
- 12) Una vez que el **medidor domiciliario** registre el volumen 2, se debe cortar el flujo de agua, mediante la llave de corte rápido.
- 13) Ver cuanto realmente marcó el medidor domiciliario, llamado Volumen 3, ya que no marcará exactamente el volumen 2, producto de que para el operario será difícil de detener el paso del agua justo cuando marque el volumen 2.
- 14) Ver lectura de volumen del medidor patrón (VMP)
- 15) Cálculos para determinar el error del medidor
  - a) Volumen medido por medidor domiciliario (VMD)

$$\text{VMD} = \text{Volumen 3} - \text{Volumen 1}$$

- b) Corrección de la lectura del medidor patrón ( $\text{VMP}_{\text{corregido}}$ )

$$\text{VMP}_{\text{corregido}} = \text{VMP} \cdot (1 - \text{Error}_{\text{medidor patrón}})$$

El error del medidor patrón se obtiene de la tabla 8, de acuerdo al caudal de prueba, fijado en el punto 5.



c) Determinación de la banda en la que se encuentra el volumen real del medidor patrón con un 95% de confianza

$$\text{Limite superior} = \text{VMP}_{\text{corregido}} + (\text{incertidumbre}_{\text{medidor patrón}}) \bullet \text{VMP}_{\text{corregido}}$$

La incertidumbre del medidor patrón se obtiene de la tabla 8, de acuerdo al caudal de prueba, fijado en el punto 5.

$$\text{Limite inferior} = \text{VMP}_{\text{corregido}} - (\text{incertidumbre}_{\text{medidor patrón}}) \bullet \text{VMP}_{\text{corregido}}$$

La incertidumbre del medidor patrón se obtiene de la tabla 8, de acuerdo al caudal de prueba, fijado en el punto 5.

d) Cálculo del error relativo del medidor domiciliario, de los cuales existen dos casos:

**Caso 1:** cuando el medidor domiciliario presenta un volumen mayor que el medidor patrón (comparación entre el punto 14 y 15.a).

$$\text{Error}_{\text{medidor domiciliario}} [\%] = \frac{\text{VMD} - \text{Limite inferior}}{\text{Limite inferior}} \bullet 100$$

**Caso 2:** cuando el medidor domiciliario presenta un volumen menor que el medidor patrón (comparación entre el punto 14 y 15.a).

$$\text{Error}_{\text{medidor domiciliario}} [\%] = \frac{\text{VMD} - \text{Limite superior}}{\text{Limite superior}} \bullet 100$$

16) Hacer una segunda prueba, que consiste en repetir desde el punto 5 al 15, con el **mismo caudal**, obteniendo un segundo Error del medidor domiciliario.

17) Comparar  $\text{Error}_{\text{medidor domiciliario}}$  de la primera y segunda prueba, si existe diferencia **superior**  $\pm 0,5\%$  para medidores magnéticos, ó  $\pm 1\%$  para medidores mecánicos, se realiza una tercera prueba. Si el resultado de la tercera prueba tiene una diferencia menor o igual a  $\pm 0,5\%$  en medidores magnéticos o  $\pm 1\%$  en medidores mecánicos con cualquiera de las dos pruebas anteriores, se consideran como válidas aquellas que presentan



menor diferencia de error, a estos escogidos serán llamados  $\text{Error}_{\text{medidor domiciliario prueba1}}$  y  $\text{Error}_{\text{medidor domiciliario prueba2}}$ . En el caso que todas las pruebas presentan diferencia de error **superior**  $\pm 0,5\%$  para medidores magnéticos, ó  $\pm 1\%$  para medidores mecánicos, se recomienda reemplazo.

18) Fijar el mayor caudal de prueba en el medidor patrón (llave reguladora de caudal), señalado en la tabla 10, según diámetro del medidor a verificar. Si no existe otro caudal de prueba ir al punto 23.

19) Repetir el procedimiento desde el punto 6 al 17.

20) Determinación del porcentaje de error del medidor con el caudal menor

$$\text{Error caudal menor [\%]} = \frac{\text{Error}_{\text{medidor domiciliario prueba1}} + \text{Error}_{\text{medidor domiciliario prueba2}}}{2}$$

21) Determinación del porcentaje de error del medidor con el caudal mayor

$$\text{Error caudal mayor [\%]} = \frac{\text{Error}_{\text{medidor domiciliario prueba1}} + \text{Error}_{\text{medidor domiciliario prueba2}}}{2}$$

22) Determinación del error final

$$\text{Error final [\%]} = \frac{\text{Error caudal menor [\%]} + \text{Error caudal mayor [\%]}}{2}$$

23) Este punto es solo cuando exista un solo caudal de prueba.

$$\text{Error final [\%]} = \frac{\text{Error}_{\text{medidor domiciliario prueba1}} + \text{Error}_{\text{medidor domiciliario prueba2}}}{2}$$

Si el error final es mayor a 5%, indica que el medidor necesita ser cambiado, ya que está operando fuera de las condiciones estipuladas por la SISS.

*El procedimiento descrito, fue entregado al personal del Laboratorio de Termofluidos, el cual fue capacitado, para que este procedimiento se cumpla en un 100%. Este procedimiento se encuentra plastificado y en un formato igual al que se encuentra en Anexo 6.*



Para que el procedimiento en los cálculos sea mas rápido y fácil de aplicar, se confeccionó una hoja de cálculos, la que está diseñada para que el operario tome nota de los valores medidos, lo que facilita enormemente los cálculos, además sirve como guía y registro de los datos medidos (Anexo 7).

### 9.2.2 Verificación volumétrica de un medidor de agua potable en servicio en la vivienda del usuario.

Esta prueba, al igual que la anterior, se realiza en el domicilio sin sacar el medidor de agua potable, y es una alternativa que puede reemplazar la anterior, pero se debe tener presente que esta verificación volumétrica, esta dirigida solo a medidores velocímetros y de diámetros nominal 13 y 19 mm.

Para realizar esta prueba se necesita de un estanque volumétrico, el que debe ser llevado a terreno, la SISS recomienda la utilización del siguiente estanque (figura 14).

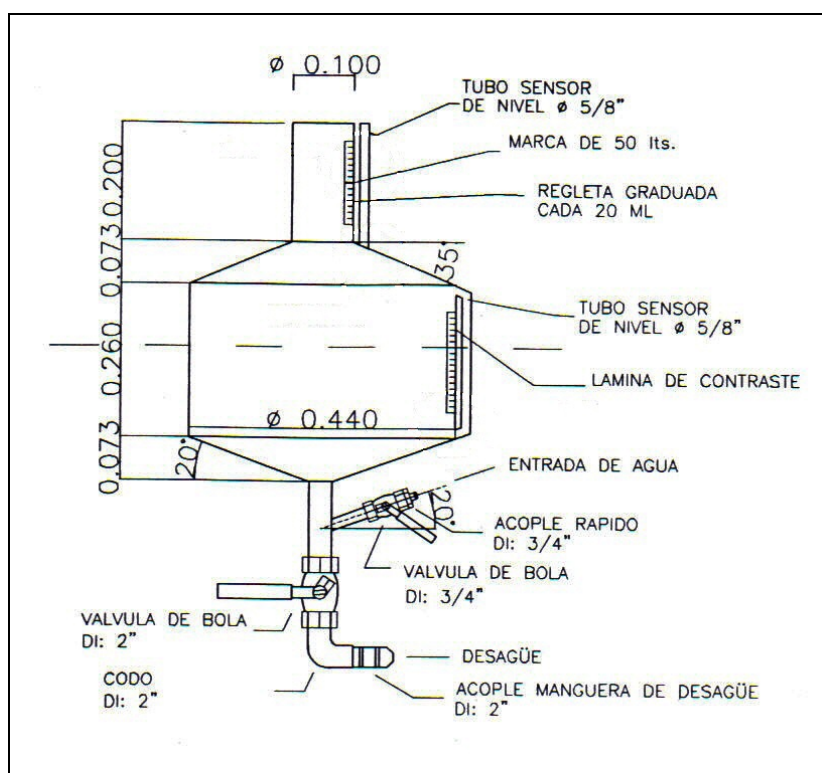


Figura 14. Estanque volumétrico, recomendado por la SISS



Los requisitos que debe cumplir este estanque, y que no se pueden apreciar en la figura son los siguientes:

- Poseer el respectivo certificado de calibración, otorgado por un laboratorio que cuente con la acreditación del INN.
- Volumen mínimo de 50 litros.
- Material recomendado acero serie 300 de 1,5 mm de espesor mínimo.
- El estanque debe tener una estructura de soporte, la cual de nivelar el estanque en terreno (figura 15)

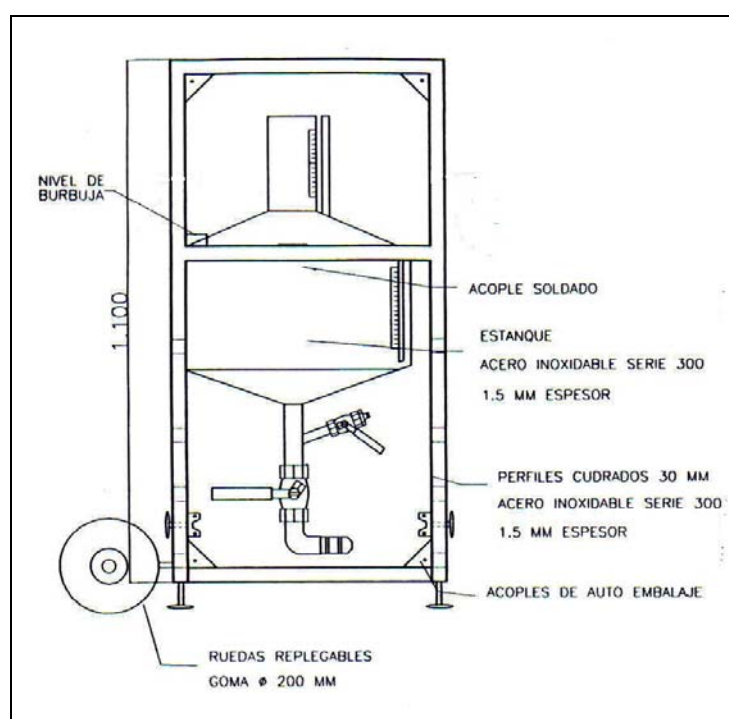


Figura 15. Estructura del estanque volumétrico

Es posible de utilizar otro estanque alternativo, pero deberá contar con la aprobación de la SISS. Además del estanque se debe contar con una serie de accesorios, que se podrá ver en la figura 16, en donde destacan flexibles, rotámetro, manómetro, válvulas, etc.

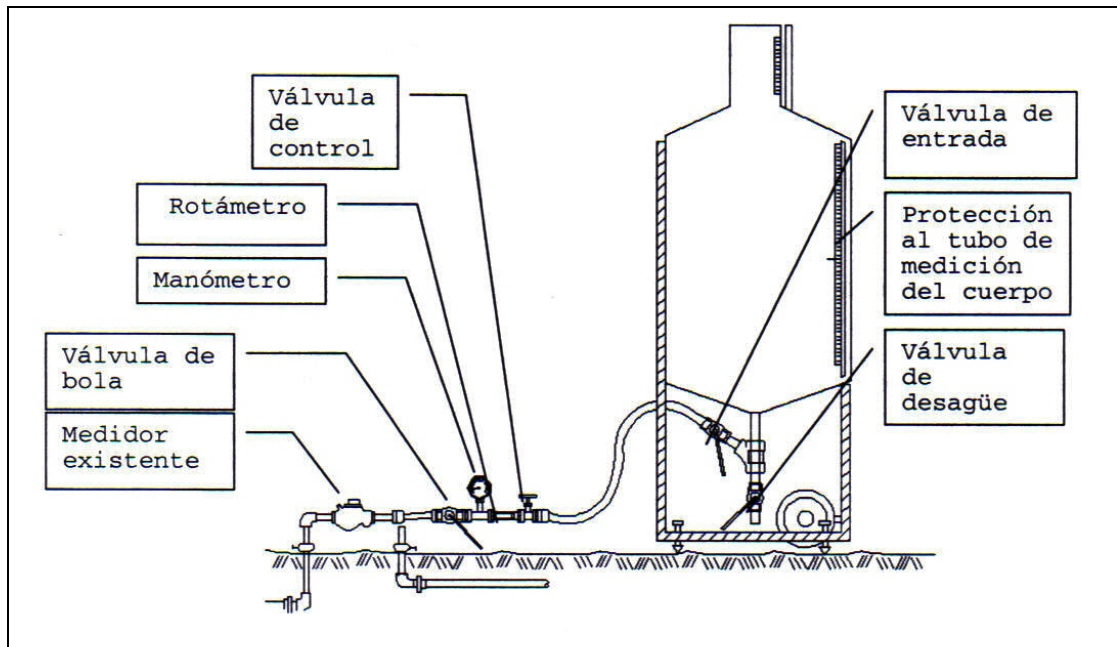


Figura 16. Esquema de instalación, de verificación volumétrica

Esta verificación se abordará de una forma mas general, no entrando en detalles, ya que el Laboratorio de Termofluidos no cuenta con el equipo necesario, además no tiene sentido invertir en un equipo como este, ya que el Banco Portátil abarca el parque de medidores al cual está dirigida el uso de este estanque.

Esta prueba consiste en instalar en el estanque volumétrico en terreno y regular el caudal preestablecido de acuerdo al diámetro del medidor (tabla 11).

$Q_n$ [m <sup>3</sup> /hr]	Diámetro [mm]	Prueba	
		Caudal [L/hr]	Volumen mínimo [Litros]
1,5	13	250	50
		750 *	50
2,5	19	750	50
		1250 *	50

Tabla 11. Caudales y volúmenes de prueba



Existen dos casos:

a) *La menor unidad de graduación del medidor domiciliario es mayor a  $0,0002 \text{ m}^3$ .*

Una vez que se toma nota del volumen que registra el medidor domiciliario, se comienza la prueba hasta que el estanque marque los 50 litros, luego se vacía el estanque para nuevamente ser llenado. Luego se calcula la diferencia entre el volumen registrado por el medidor domiciliario al inicio de la prueba, con el volumen al final de esta, y se suman los volúmenes del estanque, a partir de estos datos se calcula el error de la prueba.

b) *La menor unidad de graduación del medidor domiciliario es menor o igual a  $0,0002 \text{ m}^3$ .*

Se toma nota del volumen inicial del medidor, y comienza la prueba hasta que el estanque volumétrico marque 50 litros. Se calcula la diferencia entre el volumen registrado por el medidor domiciliario al inicio de la prueba, con el volumen al final de esta, y con el volumen del estanque, se calcula el error de la prueba.

Para ambos casos, se debe realizar la prueba para cada caudal, en dos ocasiones, y si al repetir esta prueba existe una diferencia superior a  $\pm 0.5\%$  para medidores magnéticos, o  $\pm 1\%$  para medidores mecánicos, se realizará una tercera prueba, es decir se aplica el mismo criterio que en la verificación metrológica.

El error final se calcula con el promedio de los errores a diferentes caudales. No olvidando que si este error es mayor a un 5%, indica que el medidor no cumple con las especificaciones mínimas.



### 9.2.3 Verificación del consumo registrado por medidores domiciliarios de agua potable en la vivienda del usuario.

Esta verificación solamente se hace a localidades que en el año anterior no cumplieron con las condiciones de calidad dispuestas por la SISS, o simplemente porque la Superintendencia lo pide.

Esta verificación consiste en instalar un medidor de referencia en serie con el medidor existente en el domicilio, durante 30 días (figura 17).

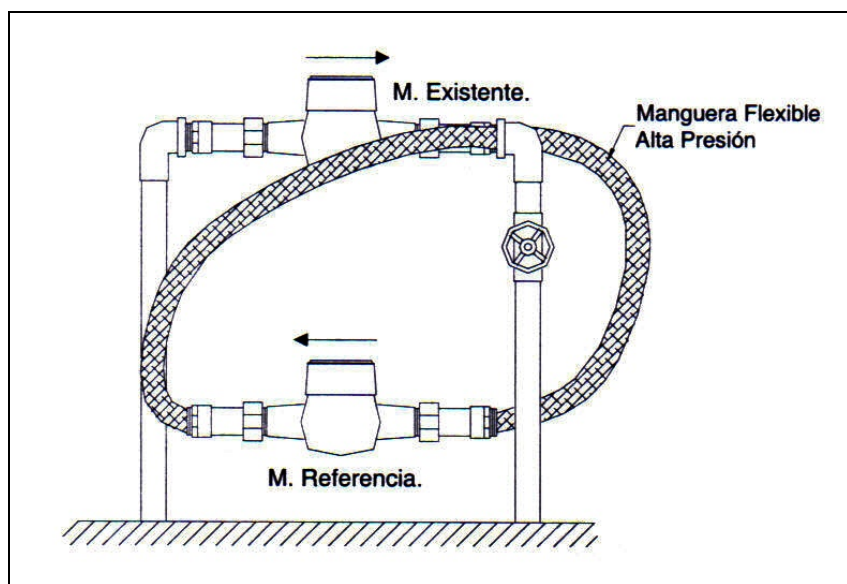


Figura 17. Esquema de instalación

El medidor que sirve de referencia debe ser del mismo diámetro nominal que el instalado en el domicilio, a su vez este medidor de referencia debe ser por lo menos de clase B, y en el caudal máximo no debe superar el 1% de error. Su “curva de error” tiene que ser certificada por algún laboratorio acreditado por el INN. Cada vez que el medidor de referencia sea utilizado debe ser certificado nuevamente. Una vez que el medidor de referencia este instalado se procede a la lectura inicial de ambos medidores, después de 30 días se obtiene la lectura final de ambos medidores y se calcula el error mediante la siguiente formula:



$$Error(\%) = \frac{VMD - VMR}{VMR} \cdot 100$$

donde:

VMD: Volumen medidor domiciliario

VMR: Volumen medidor referencia

Si el valor de este error es mayor al 5% indica que el medidor no cumple con lo establecido por la SISS.



## **10. BANCO DE PRUEBA ESTÁTICO**

Las empresas proveedoras de los medidores de flujo tienen sus propios bancos estáticos, en donde los instrumentos son sometidos a ensayos específicos que aseguren el buen funcionamiento de estos en terreno.

Todo medidor que sale al mercado debe estar certificado, el DICTUC es el organismo encargado de certificar los medidores, ya que este se encuentra acreditado por el INN, y es el único en el país que realiza esta certificación. El DICTUC posee este tipo de banco estático en donde verifica si el medidor cumple con las especificaciones de la Norma Chilena, de acuerdo a procedimientos y errores admisibles descritos por ella.

Se puede mencionar que existen dos principios para contrastar los medidores de flujo domiciliarios en un laboratorio, estos son:

- Banco Estático de contrastación por peso
- Banco Estático de contrastación por volumen

### **10.1 Banco Estático de contrastación por peso**

Este Banco cuenta con un estanque colector, y una bomba centrífuga que hace circular el agua a través del medidor a contrastar. Los ensayos se realizan a ciertos caudales, para lo cual se dispone de una válvula reguladora de caudal y de un rotámetro. La cantidad de agua que pasa a través del medidor debe ser pesada por una báscula electrónica, para luego dividir el peso por la densidad del agua que se está utilizando (figura 18).

Uno de los grandes inconvenientes de este tipo de Banco es que al realizar un gran número de ensayos, y debido a la bomba, la temperatura del agua aumenta y por ende su densidad cambia, es decir se debe estar atento al cambio de temperatura para así trabajar con la densidad correcta, y de esta forma no cometer errores en el cálculo del volumen final, ya que este se considera como el volumen de referencia y es con el cual se compara el volumen que registra el medidor contrastado.

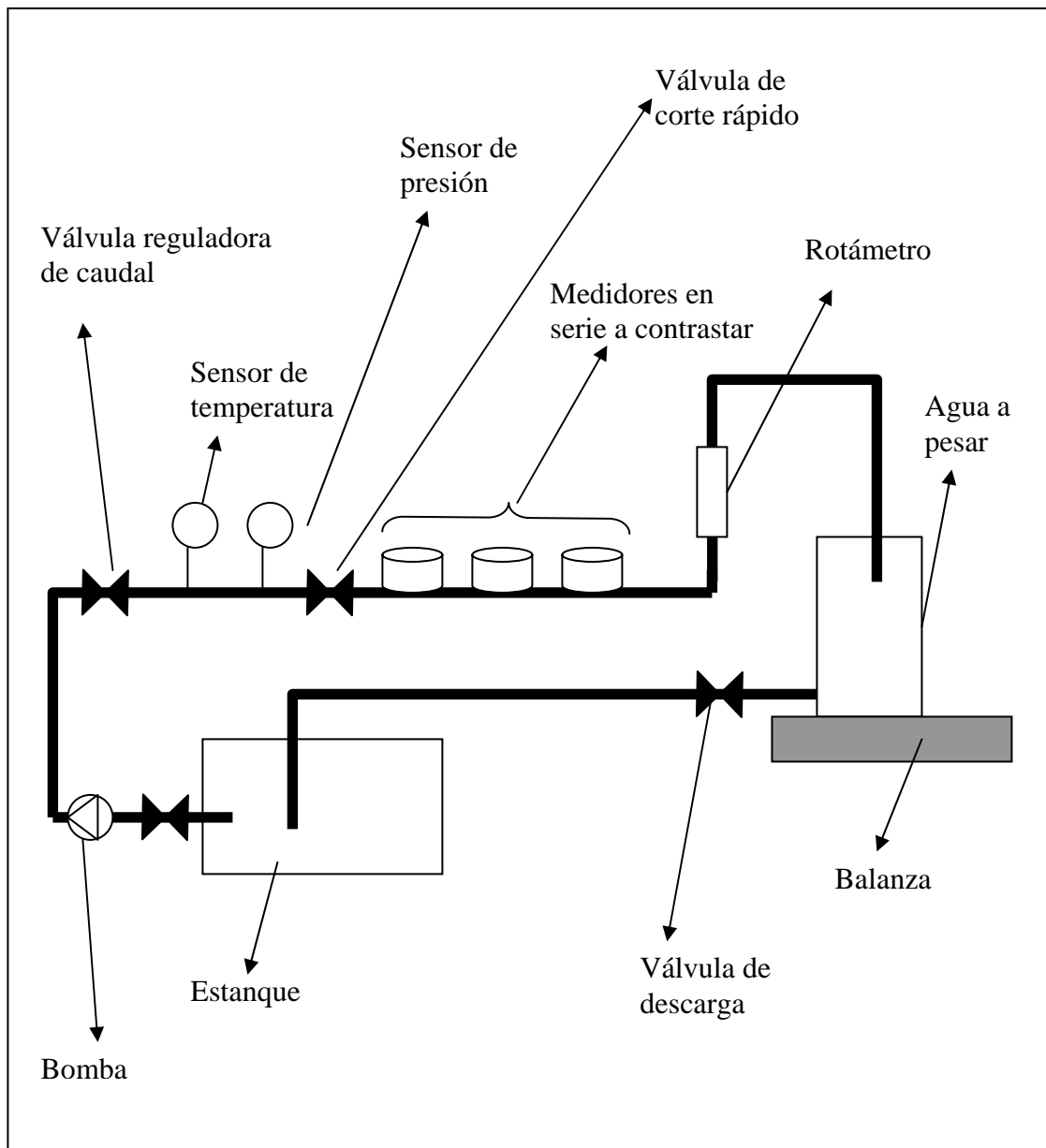


Figura 18. Esquema de Banco Estático de contrastación por peso



## **10.2 Banco Estático de contrastación por volumen**

Al igual que el Banco anterior este puede determinar errores en los medidores al hacer circular agua a través de ellos, ya sea en volumen como en pérdidas de carga. Varios medidores se pueden ensayar en serie en este tipo de Banco, con lo cual se gana tiempo. La diferencia con el Banco anterior es que este tipo no necesita pesar el agua que pasó a través del medidor, ya que este cuenta con un estanque calibrado, en el cual se puede leer en forma directa el volumen que se utilizó en el ensayo. Se debe considerar que el estanque que sirve como referencia, debe ser de un material de coeficiente de dilatación térmica muy bajo, para que no se vea afectado por los cambios de temperatura que pueden ocurrir en el agua. A su vez las paredes del estanque deben mantenerse rígidas para que no haya cambios en la forma del estanque de referencia, y de esta forma no se produzcan errores en la lectura, es decir el material del cual está fabricado el estanque juega un rol muy importante. En el siguiente esquema (figura 19) se puede apreciar el principio básico de este Banco.

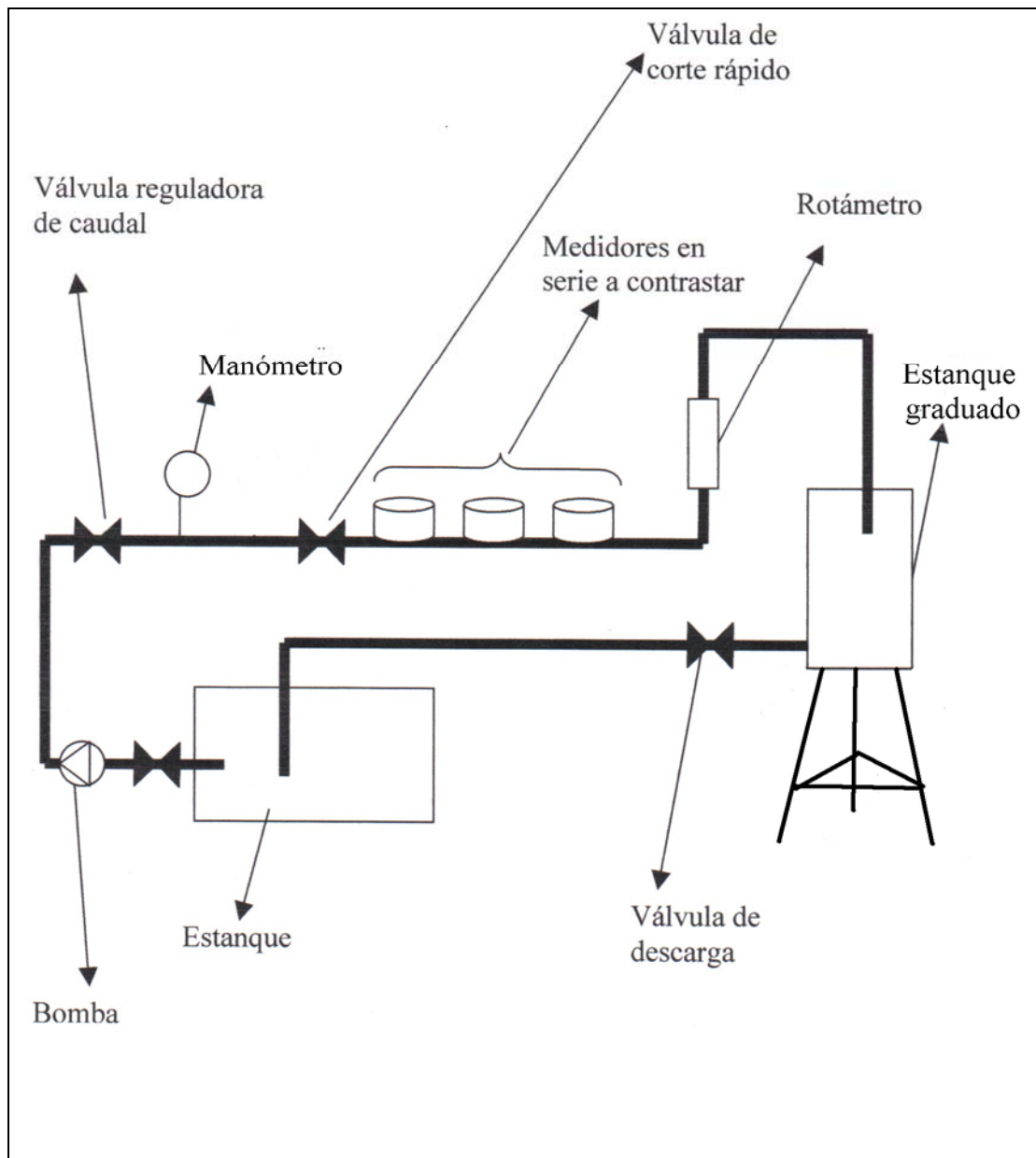


Figura 19. Esquema de Banco Estático de contrastación por volumen



## ***11. CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO ESTÁTICO***

El Departamento de Mecánica, de esta Casa de Estudios, ha decidido implementar un Banco de Contrastación Estático, para medidores de flujo domiciliarios, el cual se debe diseñar y construir, para luego capacitar al personal para realizar este tipo de tareas, este es uno de los principales objetivos que se debe cumplir dentro de esta memoria.

El Banco a diseñar se centra en un sistema que sea versátil, en donde la contrastación se pueda hacer por medio de un volumen conocido, es decir un sistema volumétrico, o manejar la alternativa de comparación con un Medidor Patrón de una Clase Superior a los medidores ensayados. En este Banco de Contrastación se podrá ensayar medidores de diferentes diámetros nominales, de 13, 19, 25, 32 y 38 mm.

Para el desarrollo de este diseño se conversó con personal de la SISS, INN, DICTUC y ESVAL, además se visitó algunos Bancos de Contrastación, para tener una visión mas amplia del tema, no teniendo la misma suerte en todos lados, ya que la información es guardada celosamente. De acuerdo a esto se desarrollaron los diseños correspondientes los cuales se encuentran en el anexo 8, una vez aprobados estos, se procedió a la construcción del Banco Estático, para el Laboratorio de Termofluidos.

La estructura base del banco fue construido con perfiles de acero cuadrados de 50x50x3 mm, y en la parte superior se instalaron perfiles de 50x25x3 mm, donde estos últimos serán utilizados como rieles (figura 20), para que se deslicen los soportes de los medidores, lo que se detallara mas adelante. Las dimensiones de esta estructura se hizo pensando en contrastar cinco medidores en serie, para lo cual fue fundamental conocer las medidas de todos los medidores entre 13 y 38 mm de diámetro nominal (anexo 2), la altura se diseño para que las personas puedan realizar los ensayos lo mas cómodo posible, y para que en la parte inferior de la estructura, se pueda instalar un estanque de acumulación para el agua que se utilizará en los ensayos. Las dimensiones de la estructura son:

Largo: 2,25 metros

Alto: 1,0 metro

Ancho: 0,65 metro

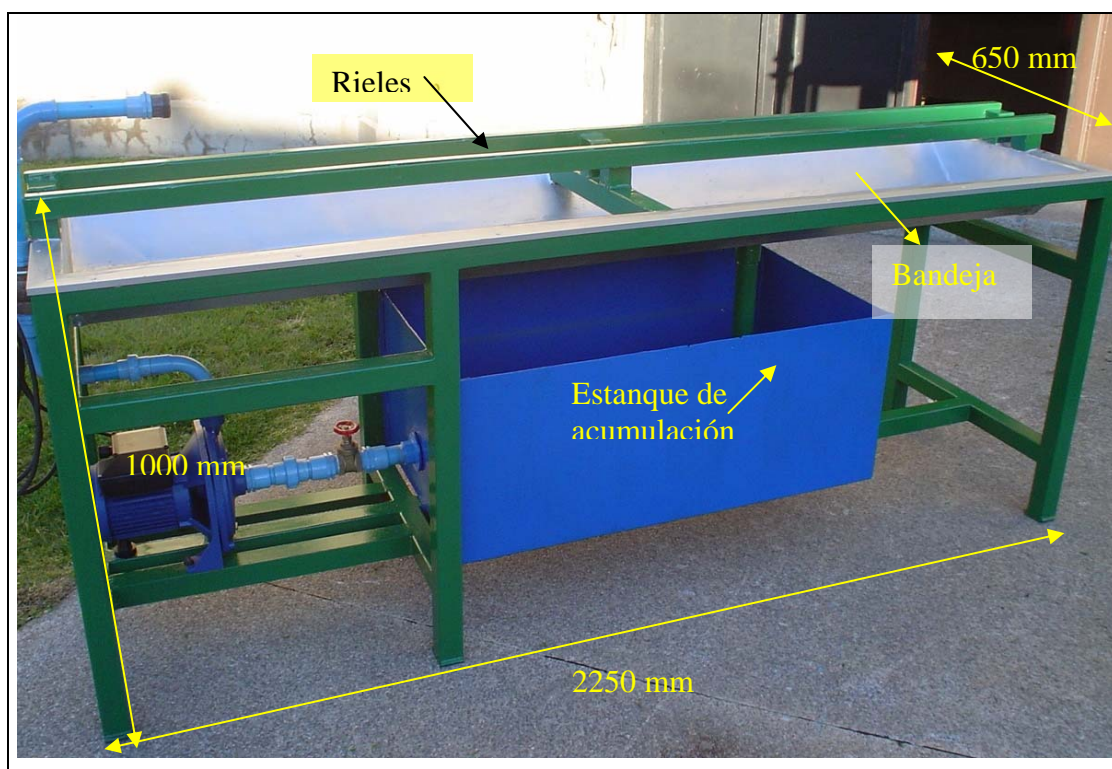


Figura 20. Estructura base del banco.

El estanque de acumulación, ubicado en la parte inferior de la estructura, tiene por función contener el agua que será utilizada en los ensayos, y posee una capacidad de 165 litros, por lo tanto está diseñado para cumplir con todos los volúmenes de agua exigidos en los ensayos correspondientes, este fue construido con plancha de acero de 4 mm de espesor.

La bandeja, que sirve como recepción de agua, se construyó a partir de una plancha de Zinc Alum de 0,4 mm de espesor, la cual fue trabajada en una dobladora que se encuentra en el Laboratorio de Tecnología Mecánica, esta bandeja se encuentra remachada a la estructura.

La bomba instalada tiene la capacidad para proporcionar la presión suficiente y hacer circular el caudal necesario para los ensayos estipulados en la Norma Chilena. El caudal se regula a través de una válvula de globo de 1" (figura 21)

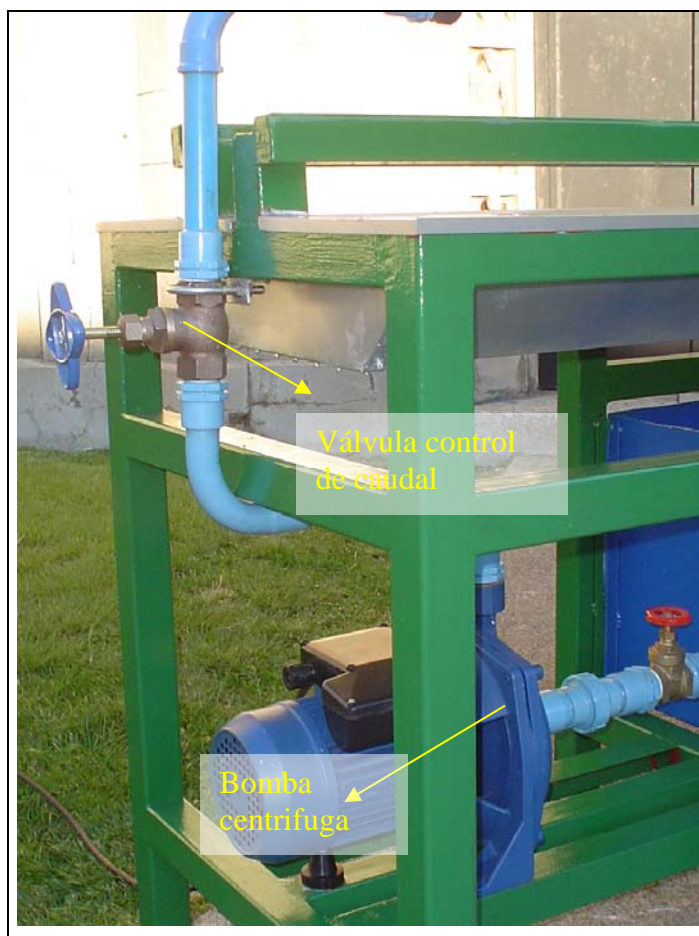


Figura 21. Válvula control de caudal

Los soportes para los medidores se realizaron con perfiles de acero en U de 50x25x3 mm, soldadas a una plancha de acero de 4 mm de espesor, y con perfiles rectangulares de 40x30x2 mm, y en la parte superior un tubo Mannesmann de 1". En los extremos del tubo, va soldado un bushing de 1"x  $\frac{3}{4}$ ", pero es utilizado el hilo de 1", y dentro del tubo va soldada una pletina, cuya función se explica más adelante (figura 22).

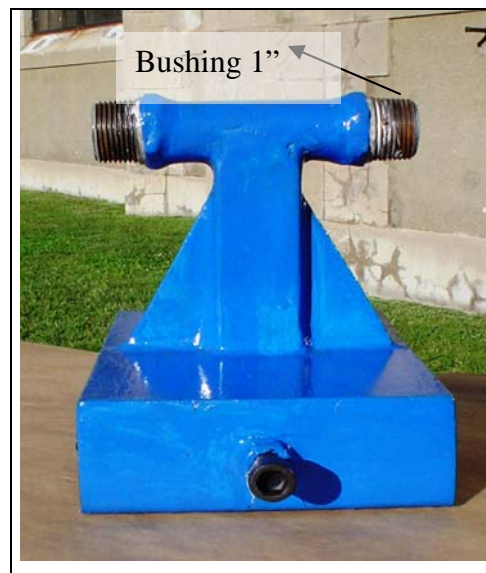
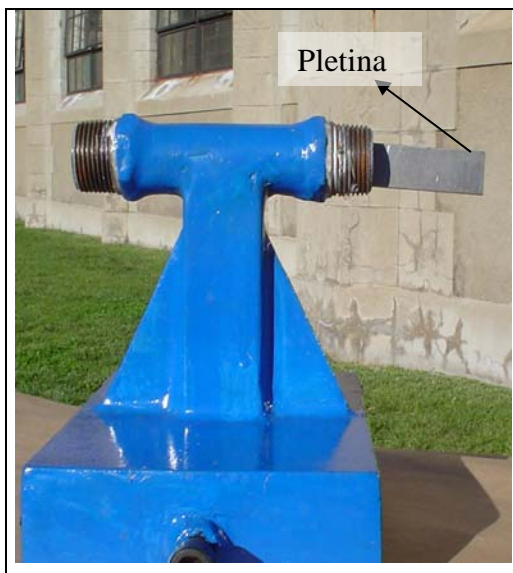


Figura 22. Soporte para los medidores

El hilo que se encuentra en los extremos sirve para colocar una unión americana, en donde se acoplaran los medidores (figura 23).



Figura 23. Soporte con roscas de unión americana

Los soportes de los medidores están diseñados para que puedan deslizar sin problemas en los rieles de la estructura mencionados anteriormente (figura 24).



Figura 24. Soportes de los medidores, montados en la estructura (flecha indica el movimiento)

Para instalar el medidor en el Banco de pruebas, este se acopla a la unión americana que posee el soporte (figura 25)

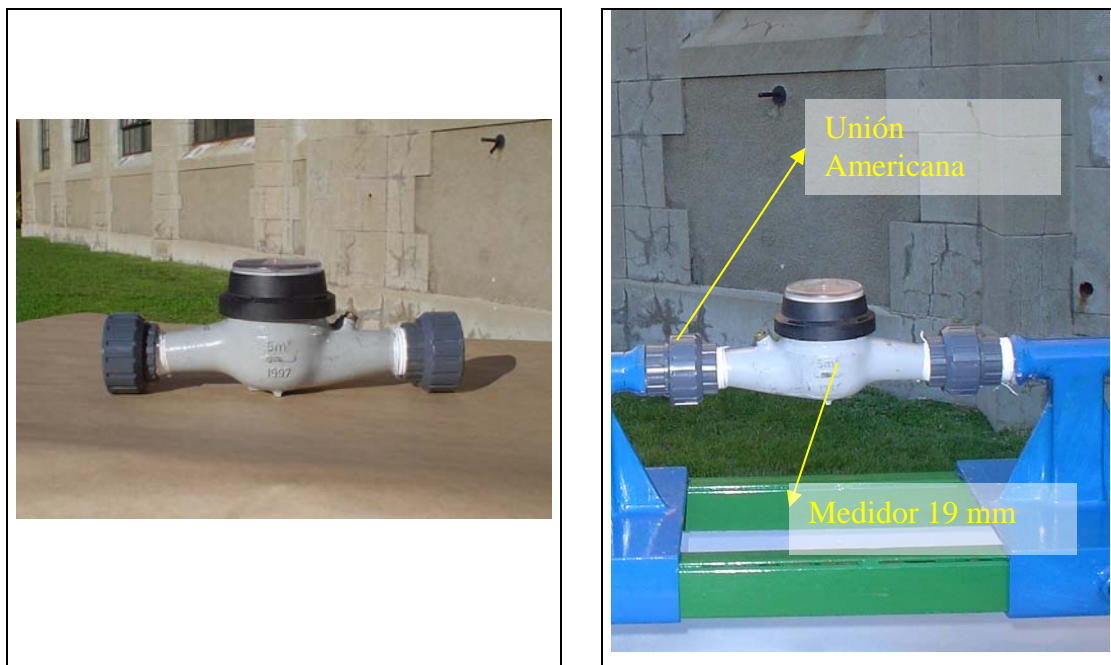


Figura 25. Instalación medidor 19 mm



Cuando el medidor se encuentre instalado, como en la figura anterior, se deben fijar las bases a la estructura, para ello las bases llevan unas tuercas que sirven como guías para unos pernos Allen, los cuales al ser apretados fijan las bases, eso se realiza una vez que se encuentre todo listo para realizar un ensayo (figura 26)

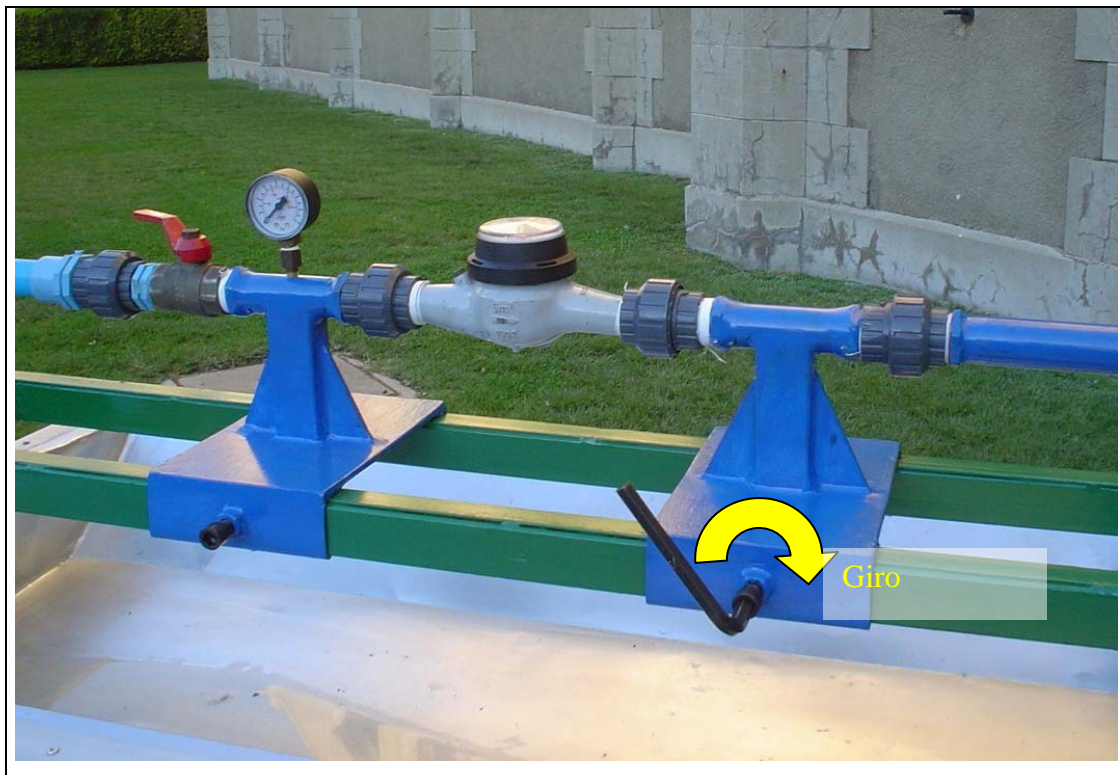


Figura 26. Sistema de fijación de los soportes de medidores a la estructura.

En la situación anterior no es necesario un accesorio entre la unión americana y el medidor de 19 mm, en cambio si colocamos un medidor de otras dimensiones, como el de 13 mm, se necesita un adaptador entre la unión americana y el medidor (figura 27), es decir el Banco está preparado para ensayar cualquier tipo de medidor entre los 13 y 38 mm de diámetro nominal, ocupando distintos accesorios que se adapten al medidor a ensayar.

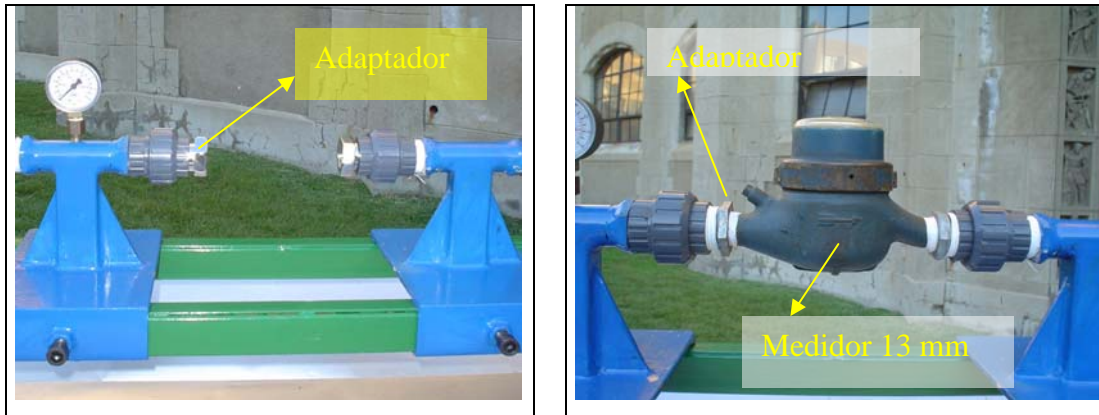


Figura 27. Sistema de adaptación

El Banco está diseñado para ensayar cinco medidores en serie, en caso que el número de medidores a ensayar sea inferior, se ha diseñado unas conexiones con hilo en los extremos, para que se puedan acoplar directamente a la unión americana que poseen los soportes de los medidores, y de esta forma ocupar el lugar del medidor faltante (figura 28 y 29). Estas conexiones, al igual que los soportes de los medidores, llevan soldada en su interior una pletina.

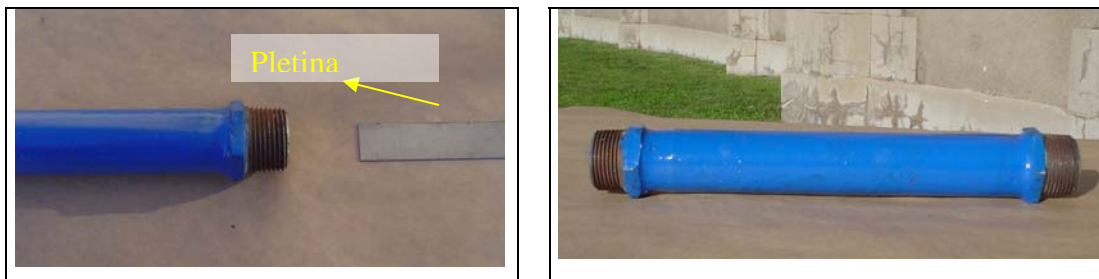


Figura 28. Conexión que reemplaza a un medidor faltante

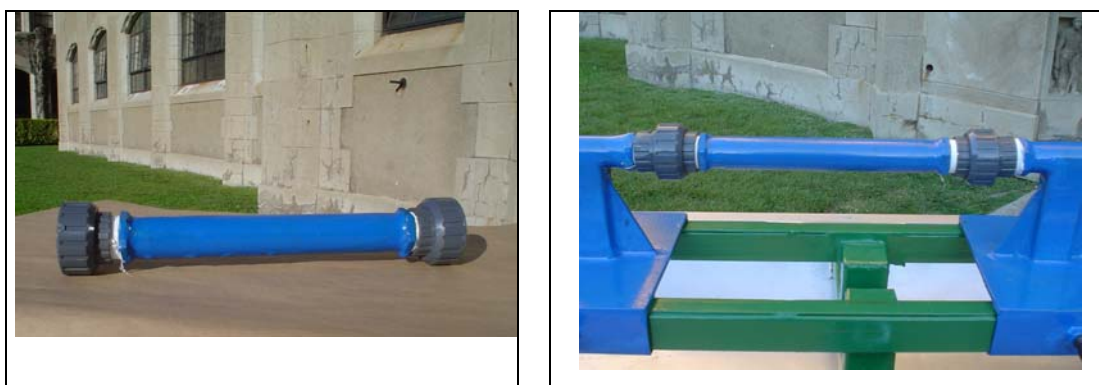


Figura 29. Instalación de conexión que reemplaza a un medidor faltante



El Banco está equipado de una válvula de corte rápido (válvula de bola) y un manómetro, que son de bastante ayuda para que la persona que haga el ensayo tenga pleno control de la situación (figura 30), ambos se encuentran antes de que el flujo entre a los medidores.

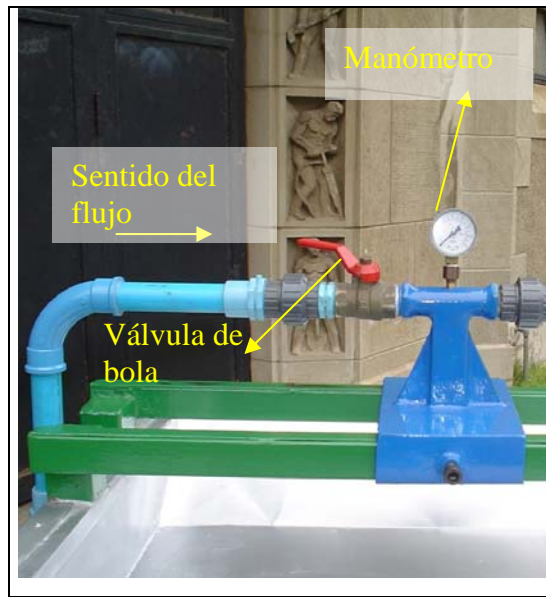


Figura 30. Válvula de bola y manómetro

El sistema cuenta con un Rotámetro (figura 31), que se encuentra entre la estructura base y el estanque que sirve de Patrón., este Rotámetro es importante, ya que los ensayos se realizan a distintos caudales dependiendo de lo estipulado para cada ensayo. El caudal es regulado por la válvula de globo mostrada en la figura 21, el cual debe permanecer constante. El Rotámetro fue instado de acuerdo a la regla empírica que ha sido utilizada en ingeniería, que habla de que el tramo de cañería recta antes de un flujómetro, no debe ser menor a diez veces el diámetro de la misma, para que la medición no se vea afectada, es decir en la cañería recta no debe haber uniones, cambios de sección, etc.



Figura 31. *Rotámetro.*



El estanque que sirve de volumen Patrón, es de acero inoxidable cuyo volumen máximo es de 150 litros, este posee un tubo de nivel, el cual está graduado (figura 32)



Figura 32. Estanque Patrón.

Este estanque se encuentra unido a los soportes de los medidores por medio de mangueras flexibles. La descarga del agua se realiza al abrir una válvula de globo ubicada en la parte inferior del estanque (figura 33), haciendo llegar el agua por medio de otra manguera flexible, a la bandeja descrita anteriormente. Dicha bandeja posee en su centro un agujero en el cual se instaló un desagüe de 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub>” cromada, por donde llega el agua ya utilizada en el ensayo, al estanque de acumulación, y de esta forma se hace recircular el agua, produciendo un ahorro importante en el consumo de agua.

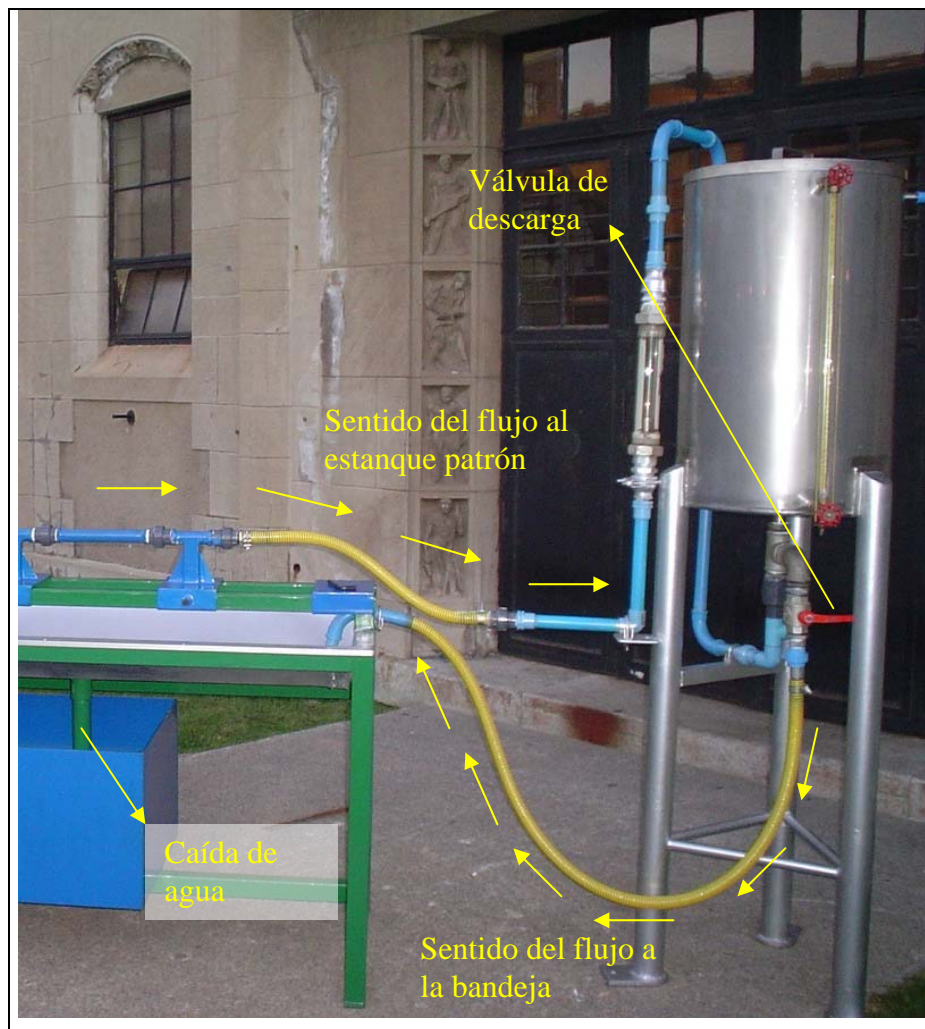


Figura 33. Sistema de descarga del agua, del estanque patrón.

Los soportes de los medidores deben moverse libremente en el riel de la estructura, ya que los medidores tienen diferentes largos de acuerdo a su diámetro nominal, es decir los soportes se deben adaptar sin ningún problema al medidor a ensayar.

Las pletinas mencionadas sirven para “guiar” el agua de una manera más uniforme, ya que dentro de las tuberías aparecerán vórtices, producto de elementos como uniones, codos, los cuales producen perturbaciones en el flujo, lo que puede afectar la medición del medidor.

Se aplicó al estanque de acumulación, a la estructura base, soportes de medidores y conexiones que reemplazan a un medidor, anticorrosivo estructural antes de ser



pintados. El fitting es de PVC, ya que no habrá problemas por que siempre se trabajará con agua fría.

Para una mejor presentación todos los cordones de soldadura fueron cubiertos por “masilla mágica” y en los bordes de la bandeja se colocaron perfiles de aluminio, además se pensó en la mantención del banco, instalando varias válvulas y uniones americanas (ver figuras 34 y 35)

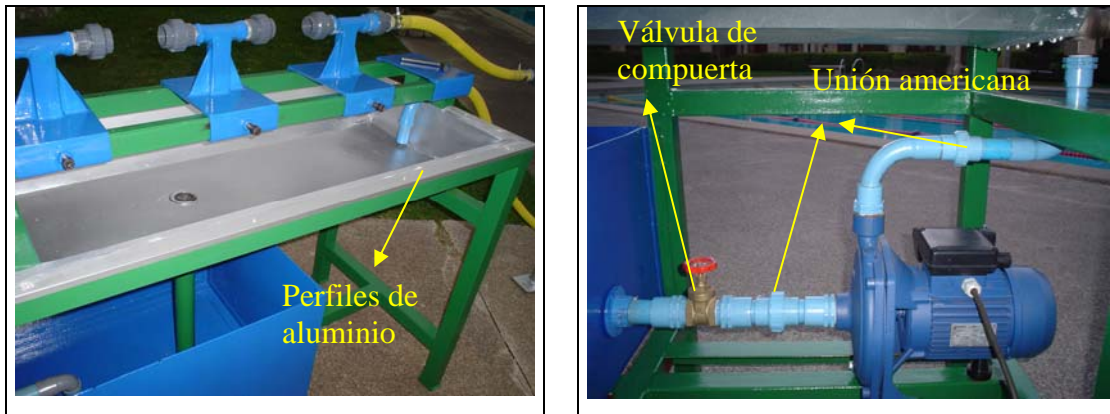


Figura 34. Disposición de uniones para mantención

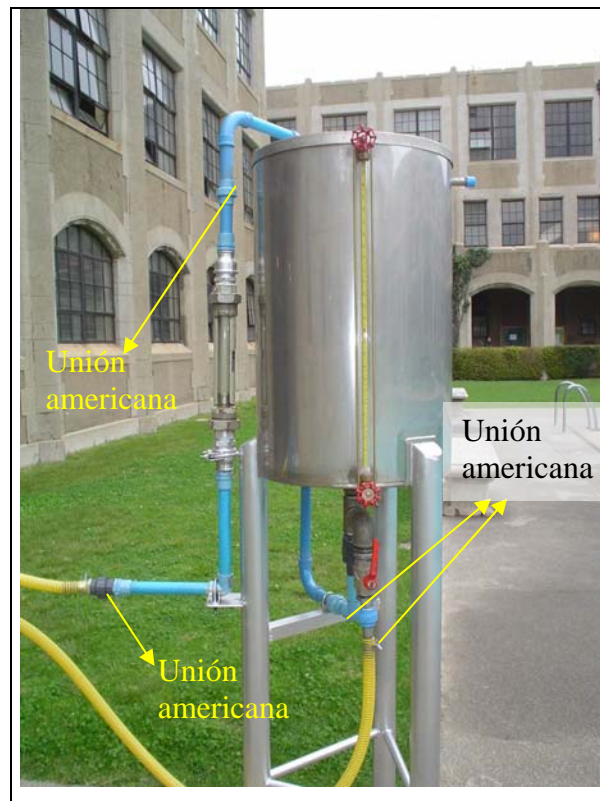


Figura 35. Disposición de uniones para mantención



En la siguiente figura se puede apreciar en su totalidad el equipo de contrastación (figura 36).



Figura 36. Banco de Contrastación de medidores de flujo domiciliarios.

Se tiene considerado agregar a este Banco un control de nivel, para que de esta forma la medición sea mas exacta, y no dependa tanto del operador, ya que la persona por muy experta que sea, siempre cometerá un grado de error, es decir un Banco entre mas automatizado esté, es mucho mas preciso.



## **12. PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DEL BANCO**

Existen dos opciones para realizar ensayos:

- Utilizando el estanque graduado como patrón
- Colocando en línea el medidor portátil descrito en el capítulo 8.

Se debe tener presente que al hacer un ensayo con medidores en serie, estos tienen que ser del mismo tipo, es decir deben tener el mismo diámetro nominal e igual Clase Metrológica, ya que para cada tipo de medidor existen caudales de ensayo distintos de acuerdo a la Clase y diámetro nominal.

### **12.1 Utilizando el estanque graduado como patrón**

Los pasos a seguir para realizar un ensayo son los siguientes:

- 1) Identificar el diámetro nominal del medidor, al igual que averiguar la Clase Metrológica, para así saber que caudales se utilizarán en el ensayo.
- 2) Acoplar el o los medidores en los soportes correspondientes, utilizando piezas adaptadoras si es necesario. En caso de no ensayar varios medidores en serie, se debe utilizar las conexiones que reemplazan a los medidores faltantes.
- 3) Tener cerradas las válvulas de caudal, de corte rápido, y la de descarga, esta última se encuentra en la parte inferior del estanque patrón y luego poner en funcionamiento la bomba centrífuga.
- 4) Abrir válvula de corte rápido.
- 5) Regular el caudal mediante la válvula correspondiente (el caudal depende del tipo de ensayo y tipo de medidor)
- 6) Escurrir agua, para eliminar el aire del sistema, a lo menos durante un minuto, con el caudal correspondiente al ensayo.
- 7) Observar que no existan filtraciones.
- 8) Cerrar válvula de corte rápido.



- 9) Abrir la válvula para descargar el agua que se encuentra en el estanque que sirve como volumen patrón, hasta cuando marque el cero inicial y cerrar nuevamente esta válvula.
- 10) Anotar los registros de volumen de cada medidor hasta ese momento.
- 11) Abrir válvula de corte rápido, dando inicio a la prueba.
- 12) Mirar el tubo de nivel del estanque patrón, y cuando este marque el volumen que se predeterminó en un comienzo, detener con la válvula de corte rápido.
- 13) Anotar los registros de volumen de los medidores, para luego calcular el error con respecto al volumen patrón.



## 12.2 Utilizando el medidor portátil como patrón

A través de accesorios correspondientes se puede conectar el banco portátil en el extremo de la estructura, para ello es necesario desconectar las mangueras que van al estanque graduado. Para tener una mejor visión ver figura 37.

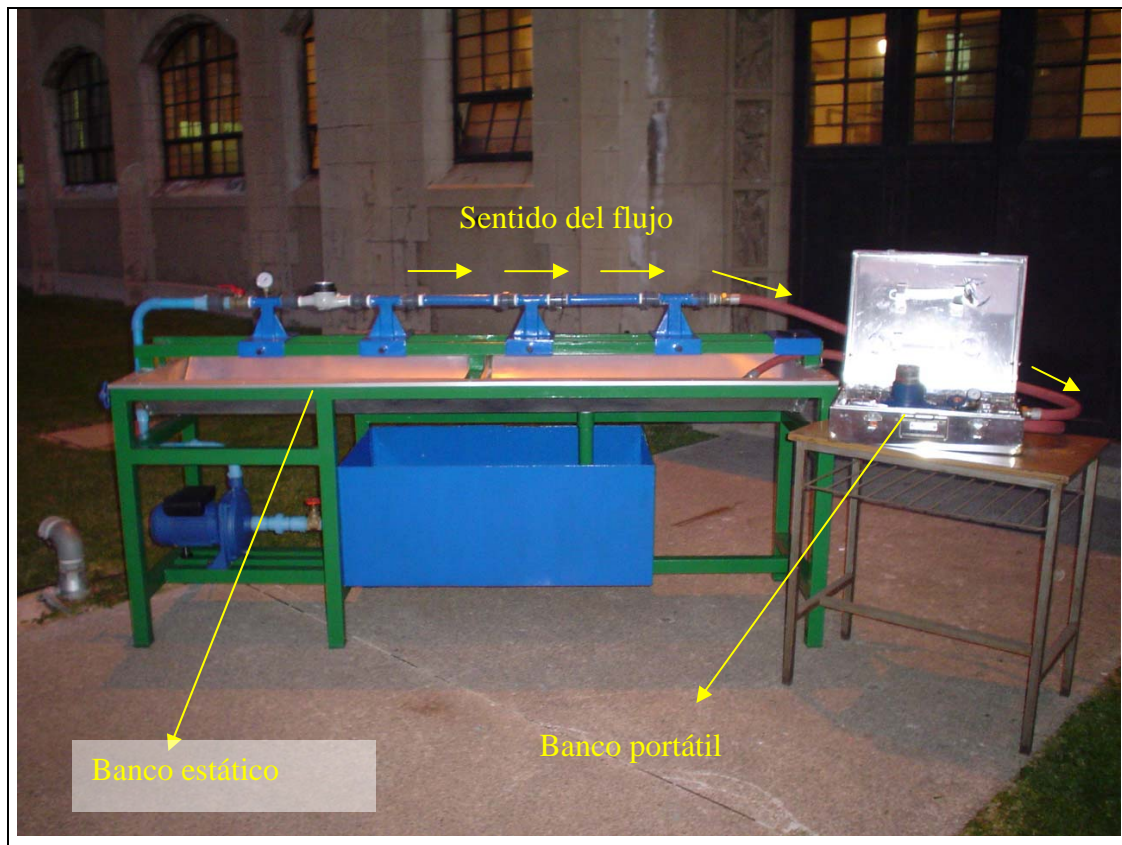


Figura 37. Banco de Contrastación de medidores junto al medidor patrón.

Al desconectar las mangueras el banco queda sin el rotámetro, pero no se debe olvidar que el medidor patrón además de cuantificar el volumen de agua, registra el caudal que esta siendo utilizado.

Los pasos a seguir para realizar un ensayo, son básicamente los mismos que los mencionados anteriormente:

- 1) Identificar el diámetro nominal del medidor, al igual que averiguar la Clase Metrológica, para así saber que caudal utilizará en el ensayo.



- 2) Acoplar el o los medidores en los soportes correspondientes, utilizando piezas adaptadoras si es necesario. En caso de no ensayar varios medidores en serie, se debe utilizar las conexiones que reemplazan a los medidores faltantes.
- 3) Colocar el medidor portátil en línea, tal como se muestra en la figura 37, teniendo presente que las válvulas de este banco portátil siempre se encontraran abiertas y no se tocan nunca.
- 4) Tener cerradas las válvulas de caudal, y de corte rápido del banco estático, y luego poner en funcionamiento la bomba centrífuga.
- 5) Abrir válvula de corte rápido del banco estático.
- 6) Regular el caudal mediante la válvula del banco estático (el caudal depende del tipo de ensayo y tipo de medidor)
- 7) Escurrir agua, para eliminar el aire del sistema, a lo menos durante un minuto, con el caudal correspondiente al ensayo.
- 8) Observar que no existan filtraciones.
- 9) Cerrar válvula de corte rápido del banco estático.
- 10) Anotar los registros de volumen de cada medidor hasta ese momento.
- 11) Colocar en cero el medidor patrón.
- 12) Abrir válvula de corte rápido del banco estático, dando inicio a la prueba.
- 13) Mirar el volumen que registra el medidor patrón, y cuando este marque el volumen que se predeterminó al inicio, detener con la válvula de corte rápido del banco estático.
- 14) Anotar los registros de volumen de los medidores, para luego calcular el error con respecto al volumen que registró el medidor patrón.



### ***13. ENSAYOS SEGÚN NCh 1730 Of.2002***

Para someter a los medidores a situaciones que simulan condiciones reales de operación existen ensayos que se realizan en un Banco Estático, para los cuales se fijan procedimientos y errores admisibles. También existen otros ensayos que no necesitan un Banco Estático, ya que los objetivos de estos son distintos, como es el caso del análisis químico. En este caso se mencionaran solamente los ensayos que tienen que ver con un Banco Estático.

- a) *Determinación de la curva características*: este ensayo se realiza a temperatura y presión constante. Se debe instalar el medidor en la posición que dice el proveedor y se realizan los ensayos para los siguientes caudales,  $0.7 Q_{\text{mín}}$ ,  $Q_{\text{mín}}$ ,  $2 Q_{\text{mín}}$ ,  $Q_{\text{transición}}$ ,  $0.15 Q_{\text{máx}}$ ,  $0.25 Q_{\text{máx}}$ ,  $Q_{\text{nominal}}$ ,  $Q_{\text{máx}}$ , en donde se debe calcular el error para cada uno de ellos. El primer caudal es solo de referencia, la idea es detectar la sensibilidad del medidor, es decir desde que momento comienza a registrar.
- b) *Capacidad y pérdida de carga*: Se debe corroborar que la capacidad del medidor y que la pérdida de carga no sea mayor a 10 mca, para el caudal máximo correspondiente al medidor ensayado. Empíricamente se puede obtener la pérdida de carga real midiendo la presión a la entrada y la salida del medidor.
- c) *Sobrepresión*: Se somete el medidor a un ensayo de presión hidrostática de  $20 \text{ Kg/cm}^2$  durante un tiempo de un minuto, luego se coloca el medidor en el Banco Estático y se obtiene nuevamente la curva característica, y los errores deben estar dentro lo permitido de acuerdo a la Norma, además con respecto a la curva inicial la variación no debe ser superior al 3% en el campo inferior y no debe ser superior al 1.5% en el campo superior.
- d) *Uso acelerado continuo*: Se coloca el medidor en el Banco Estático, y se somete a un flujo continuo de agua con un caudal igual al máximo durante un tiempo de cien horas. Luego se debe obtener la curva característica y



los errores permitidos deben ser de  $\pm 6\%$  en el campo inferior y de  $\pm 2.5\%$  en el campo superior, además con respecto a la curva inicial la variación no debe ser superior al 3% en el campo inferior y no debe ser superior al 1.5% en el campo superior.

- e) *Ensayo de flujo inverso*: Se coloca un medidor en sentido contrario al flujo, y se hace pasar un caudal nominal durante cinco minutos, y el medidor debe marcar un retroceso. Luego se coloca el medidor en posición normal y los errores no deben ser mayor al  $\pm 5\%$  en el campo inferior, y al  $\pm 2\%$  en el campo superior.
- f) *Ensayo de Impacto*: Se deja caer el medidor desde una altura de un metro en forma plana sobre un piso de cemento, luego se debe obtener la curva característica y los resultados respecto a la curva inicial, no debe ser superior al 3% en el campo inferior y no debe ser superior al 1.5% en el campo superior, además los errores máximos tolerados no deben ser mayor al  $\pm 5\%$  en el campo inferior, y al  $\pm 2\%$  en el campo superior.
- g) *Determinación de la curva característica en régimen intermitente*: Se hacen pasar 100 litros de agua por el medidor para los caudales  $Q_{\text{mín}}$ ,  $Q_{\text{transición}}$ ,  $Q_{\text{nominal}}$ , y  $Q_{\text{máx}}$ , durante los cuales se realizan paradas sucesivas, según la tabla 12.

$Q_{\text{nominal}}$ $\text{m}^3/\text{h}$	Cantidad de litros		Número de paradas sucesivas
	$Q_{\text{mí}}$ y $Q_{\text{transición}}$	$Q_{\text{nominal}}$ y $Q_{\text{máx}}$	
1.5	5	10	20
2.5	5	15	20
3.5	10	20	10
10	20	60	5

Tabla 12. Número de paradas sucesivas de acuerdo al tipo de medidor

Luego de realizar el ensayo la variación con respecto a la curva inicial, la variación de la curva característica no debe ser superior al 3% en el campo inferior y no debe ser superior al 1.5% en el campo superior, además los errores máximos tolerados no deben ser mayor al  $\pm 5\%$  en el campo inferior, y al  $\pm 2\%$  en el campo superior.



Se debe considerar en el caso de los medidores de transmisión magnéticas se debe realizar este ensayo con un campo magnético, generado por dos imanes, cuyas características se encuentran en la NCh 1730. Of2002.



## 14. ENSAYOS REALIZADOS

### 14.1 Ensayos realizados en Banco Estático

Los ensayos que se muestran a continuación, se realizaron en el Banco Estático construido para esta memoria.

#### 14.1.1 Obtención de la curva característica

En el siguiente ensayo se observará la pérdida de precisión que sufre un medidor con el tiempo, para ello se realiza la prueba para un medidor de transmisión mecánica y otro de transmisión magnética, ambos medidores tienen varios años de uso.

➤ Medidor de transmisión mecánica:

Año fabricación:	-
Diámetro Nominal:	13 mm
Caudal Nominal:	1,5 m <sup>3</sup> /h
Caudal mínimo:	0,06 m <sup>3</sup> /h
Caudal de transición:	0,15 m <sup>3</sup> /h
Clase Metrológica:	A

De acuerdo a los caudales ensayos los resultados son los siguientes.

Caudal ensayado L/s	Error %
0,01	-40
0,02	-10
0,03	0
0,04	10
0,12	6
0,2	5
0,41	7
0,84	7,92

*Datos obtenidos con el medidor de transmisión mecánica*



La curva característica de error, de este medidor es la siguiente (figura 38)

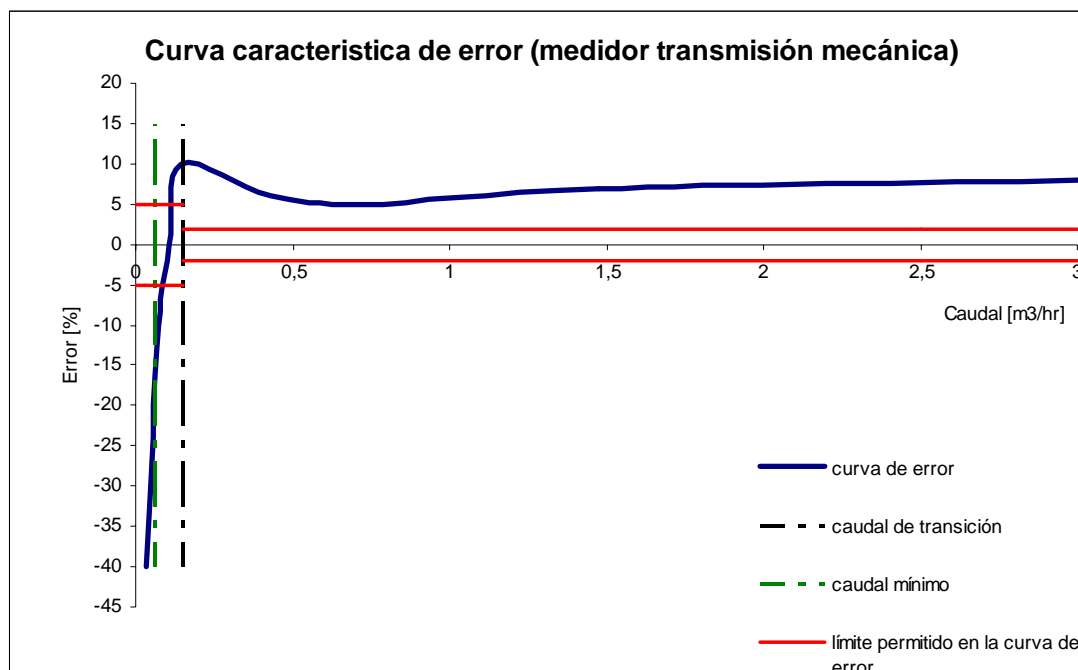


Figura 38. Curva característica de medidor de transmisión mecánica



➤ Medidor de transmisión magnética:

Año fabricación: 1997  
Diámetro Nominal: 19 mm  
Caudal Nominal: 2,5 m<sup>3</sup>/h  
Caudal mínimo: 0,05 m<sup>3</sup>/h  
Caudal de transición: 0,2 m<sup>3</sup>/h  
Clase Metrológica: B

Caudal ensayado L/s	Error %
0,02	3,50
0,1	6,73
0,2	3,93
0,27	4,68
0,34	3,03
0,66	1,76
0,97	3,02

*Datos obtenidos con el medidor de transmisión magnética*

La curva obtenida de este medidor es la siguiente (figura 39).

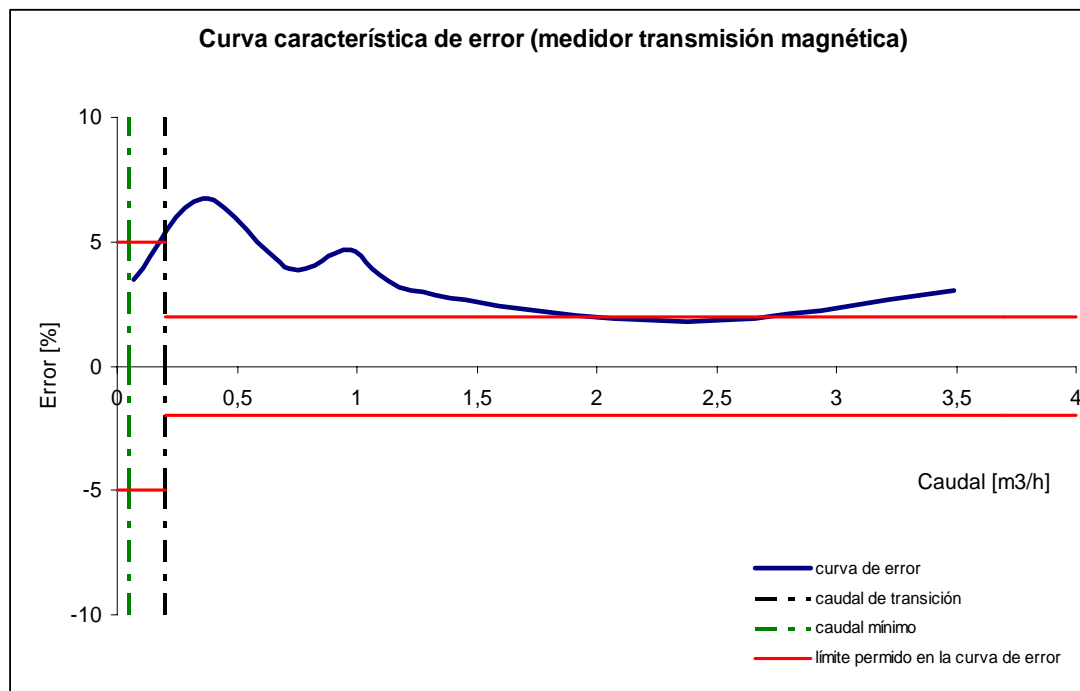


Figura 39. Curva característica de medidor de transmisión magnética



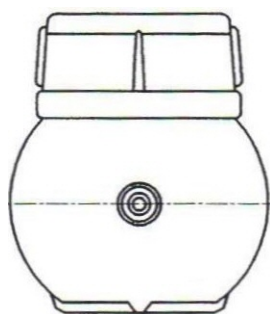
En ambos casos las curvas no cumplen lo establecido por la NCh 1730, los errores máximos están por encima de lo permitido, pero se puede ver que el medidor de transmisión magnética tiene errores menores en comparación, al medidor de transmisión mecánica. Se puede decir que en un intervalo pequeño, en caudales bajos, ambos cumplen con lo establecido.

Sería interesante analizar varios medidores del mismo año de instalación, para sacar una conclusión más general y representativa.

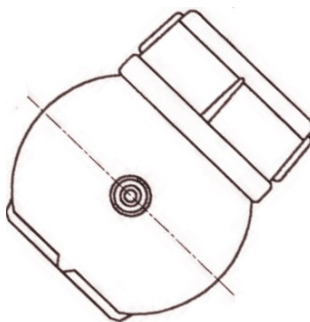


### 14.1.2 Influencia de la inclinación de un medidor

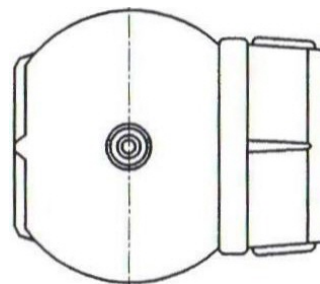
A través de este ensayo se desea ver la influencia que se produce en la exactitud del medidor cuando este se encuentra inclinado, para ello se ensayó en el Banco Estático los dos medidores descritos anteriormente, en tres posiciones:



Posición 0°



Posición 45°



Posición 90°

#### ➤ Medidor de transmisión mecánica

##### Posición 0°

Caudal ensayado L/s	Error %
0,01	-40
0,02	-10
0,03	0
0,04	10
0,12	6
0,2	5
0,41	7
0,84	7,92





### Posición 45°

Caudal ensayado L/s	Error %
0,01	-60
0,02	-20
0,03	-10
0,04	0
0,13	3
0,21	5
0,43	7
0,84	7,92



### Posición 90°

Caudal ensayado L/s	Error %
0,01	-100
0,02	-30
0,03	-20
0,04	-30
0,13	1,98
0,21	4,00
0,43	7,00
0,84	7,92





Al graficar las curvas características, para cada posición en un mismo gráfico, se observa lo siguiente (figura 40)

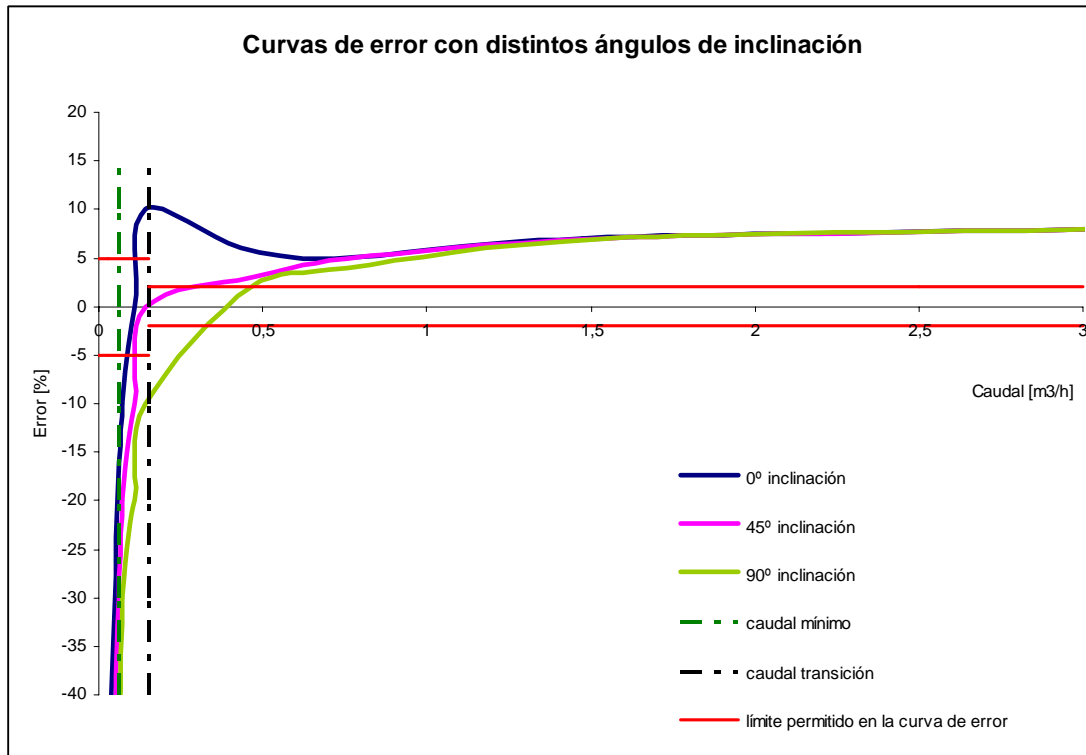


Figura 40. Curvas características para diferentes posiciones (medidor transmisión mecánica)



➤ Medidor de transmisión magnética:

**Posición 0°**

Caudal ensayado L/s	Error %
0,02	3,50
0,1	6,73
0,2	3,93
0,27	4,68
0,34	3,03
0,66	1,76
0,97	3,02



**Posición 45°**

Caudal ensayado L/s	Error %
0,02	-72,28
0,1	1,94
0,2	2,50
0,29	3,12
0,34	3,21
0,66	2,62
0,97	2,66





### Posición 90°

Caudal ensayado L/s	Error %
0,1	-89,95
0,2	-89,69
0,26	-89,63
0,33	-89,70
0,69	-89,74
1	-89,71



Las curvas características, para cada posición en un mismo gráfico, se observa en la figura 41.

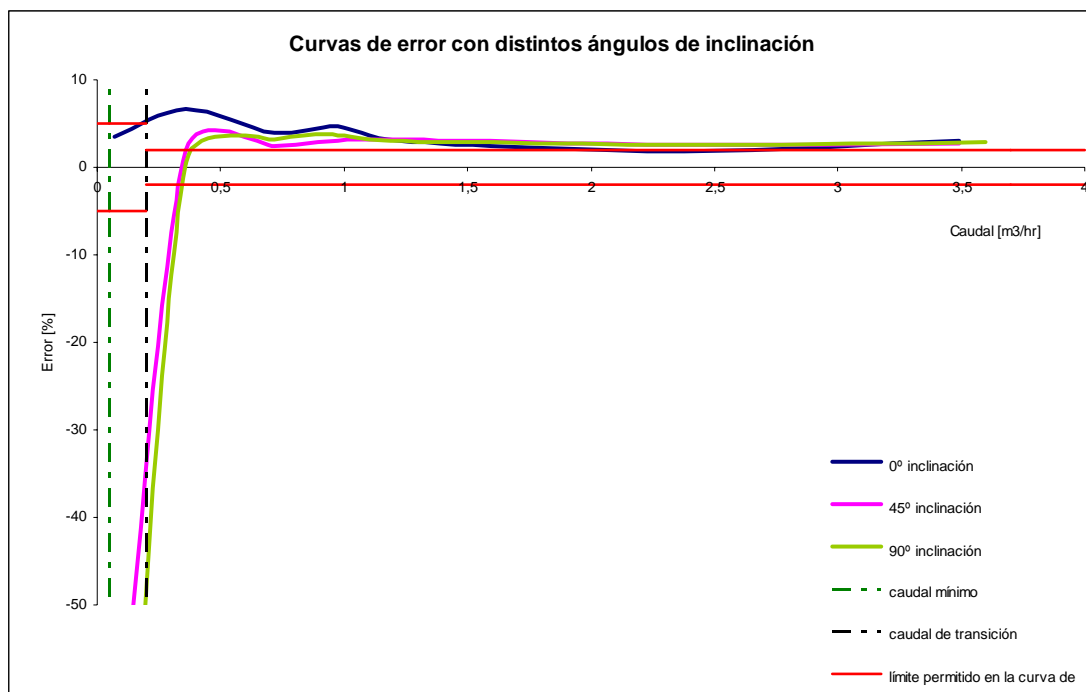


Figura 41. Curvas características para diferentes posiciones (medidor transmisión magnética)



De acuerdo a los ensayos realizados, con diferentes ángulos de inclinación, se puede observar que ambos casos, medidor de transmisión mecánica y magnética, la inclinación del medidor tiene un efecto importante tanto en el error, a bajos caudales, como en la sensibilidad, ya que a medida que la inclinación es mayor, el medidor pierde sensibilidad y exactitud, el error comienza a favorecer a los consumidores, es decir el medidor no registra a bajos caudales gran parte del volumen de agua que lo atraviesa, pero a caudales mayores, el comportamiento es similar en todas las posiciones.

Los medidores están diseñados para trabajar en forma horizontal, salvo excepciones cuando lo indica el proveedor. Cualquier grado de inclinación hace que sus piezas mecánicas se desgasten, lo que significa una descalibración del instrumento.

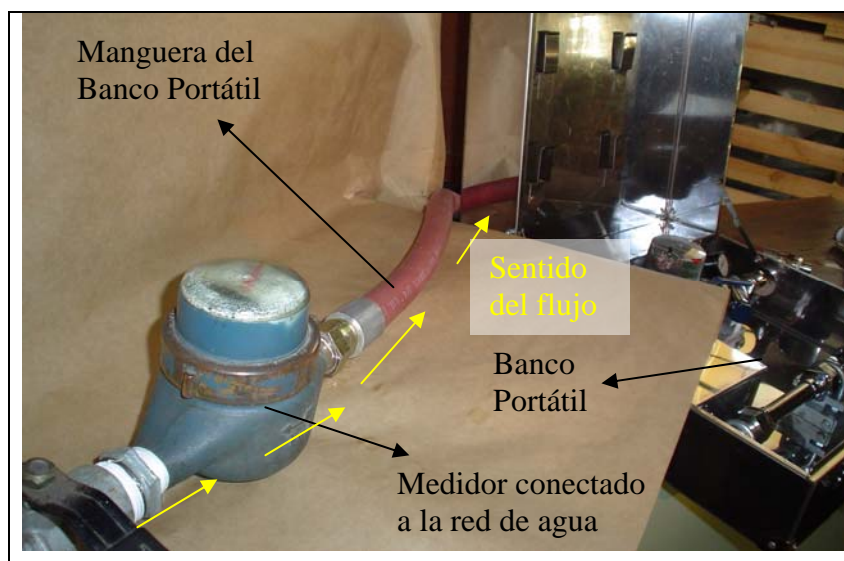
Se debe hacer notar que la inclinación no afecta de igual forma al medidor volumétrico que al velocimétrico, el primero prácticamente no se ve afectado fuertemente como el segundo, y esto solamente se debe al tipo de construcción.



## 14.2 Ensayos realizados en Banco Portátil

En los siguientes ensayos se utilizarán los dos medidores descritos anteriormente, pero se hará el ensayo de la misma forma que se hace en el Procedimiento de Autocontrol, “verificación metrológica de un medidor de agua potable en servicio en la vivienda del usuario”, para ello se instaló el medidor en la red, y se realizó el procedimiento correspondiente.

### ➤ Medidor de transmisión mecánica



*Instalación del medidor de transmisión mecánica en la red*



***Característica ensayo (primera parte, menor caudal de prueba)***

Menor caudal de prueba:	250 [L/hr]
Volumen mínimo de prueba:	40 [Litros]

**Prueba 1**

Volumen real registrado por el medidor domiciliario	0,04 m <sup>3</sup>
Volumen registrado por medidor patrón	0,0367 m <sup>3</sup>
Volumen medidor patrón corregido	0,03642 m <sup>3</sup>
Limite superior	-
Limite inferior	0,0363 m <sup>3</sup>
Error medidor prueba 1	9,9505 %

**Prueba 2**

Volumen real registrado por el medidor domiciliario	0,04 m <sup>3</sup>
Volumen registrado por medidor patrón	0,0364 m <sup>3</sup>
Volumen medidor patrón corregido	0,03612 m <sup>3</sup>
Limite superior	-
Limite inferior	0,03608 m <sup>3</sup>
Error medidor prueba 2	10,86 %



***Característica ensayo (segunda parte, mayor caudal de prueba)***

Mayor caudal de prueba:	750 [L/hr]
Volumen mínimo de prueba:	80 [Litros]

**Prueba 1**

Volumen real registrado por el medidor domiciliario	0,08 m <sup>3</sup>
Volumen registrado por medidor patrón	0,0755 m <sup>3</sup>
Volumen medidor patrón corregido	0,0749 m <sup>3</sup>
Limite superior	-
Limite inferior	0,0748 m <sup>3</sup>
Error medidor prueba 1	6,95 %

**Prueba 2**

Volumen real registrado por el medidor domiciliario	0,08 m <sup>3</sup>
Volumen registrado por medidor patrón	0,0748 m <sup>3</sup>
Volumen medidor patrón corregido	0,0743 m <sup>3</sup>
Limite superior	-
Limite inferior	0,0741 m <sup>3</sup>
Error medidor prueba 2	7,95 %

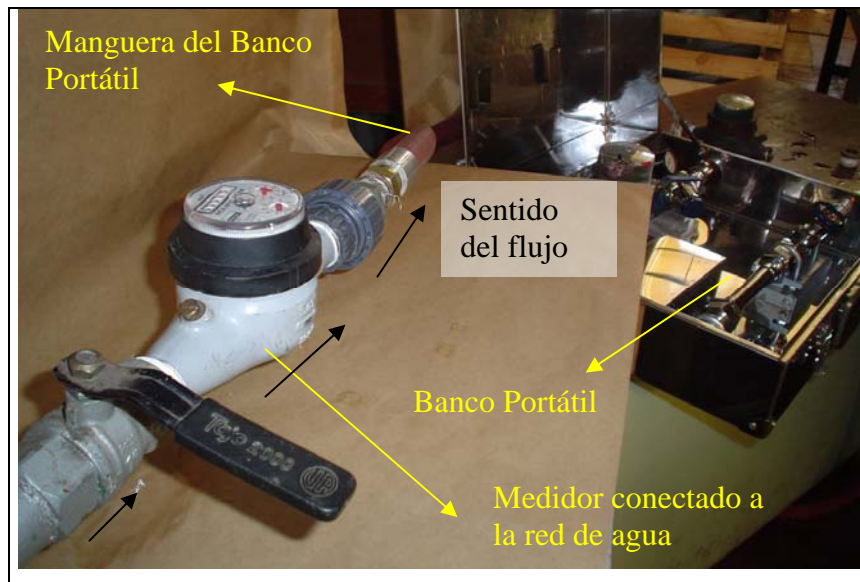
***Determinación errores***

Error caudal menor	10,4 %
Error caudal mayor	7,45 %

<b>Error final</b>	<b>8,93 %</b>
--------------------	---------------

Se puede apreciar que el error final es mayor al 5%, lo que significa de acuerdo a la SISS, que el medidor no está en condiciones de seguir siendo usado, por lo tanto este debe ser cambiado.

➤ Medidor de transmisión magnética



*Instalación del medidor de transmisión magnética en la red*

***Característica ensayo (primera parte, menor caudal de prueba)***

Menor caudal de prueba: 750 [L/hr]

Volumen mínimo de prueba: 80 [Litros]

**Prueba 1**

Volumen real registrado por el medidor domiciliario	0,0808 m <sup>3</sup>
Volumen registrado por medidor patrón	0,0786 m <sup>3</sup>
Volumen medidor patrón corregido	0,0780 m <sup>3</sup>
Limite superior	-
Limite inferior	0,0779 m <sup>3</sup>
Error medidor prueba 1	3,67 %



### Prueba 2

Volumen real registrado por el medidor domiciliario	0,08005 m <sup>3</sup>
Volumen registrado por medidor patrón	0,0778 m <sup>3</sup>
Volumen medidor patrón corregido	0,0772 m <sup>3</sup>
Limite superior	-
Limite inferior	0,0772 m <sup>3</sup>
Error medidor prueba 2	3,75 %

#### *Característica ensayo (segunda parte, mayor caudal de prueba)*

Mayor caudal de prueba:	1250 [L/hr]
Volumen mínimo de prueba:	120 [Litros]

### Prueba 1

Volumen real registrado por el medidor domiciliario	0,1206 m <sup>3</sup>
Volumen registrado por medidor patrón	0,1172 m <sup>3</sup>
Volumen medidor patrón corregido	0,1163 m <sup>3</sup>
Limite superior	-
Limite inferior	0,1162 m <sup>3</sup>
Error medidor prueba 1	3,79 %

### Prueba 2

Volumen real registrado por el medidor domiciliario	0,1194 m <sup>3</sup>
Volumen registrado por medidor patrón	0,1156 m <sup>3</sup>
Volumen medidor patrón corregido	0,1147 m <sup>3</sup>
Limite superior	-
Limite inferior	0,1146 m <sup>3</sup>
Error medidor prueba 2	4,18 %



### *Determinación errores*

Error caudal menor	3,71 %
Error caudal mayor	3,98 %

<b>Error final</b>	<b>3,84 %</b>
--------------------	---------------

De acuerdo a lo establecido por la SISS. Este medidor cumple, ya que tiene un error inferior al 5%, por lo tanto sigue siendo operativo, esto se contradice con la curva característica de error, que fue obtenida anteriormente, ya que la curva está lejos de cumplir con la Norma, pero se debe hacer notar que este ensayo en la red, se hace solamente a dos caudales, y estos son de acuerdo a datos estadísticos, que indican que esos son los caudales promedios utilizados en una vivienda, de acuerdo al medidor instalado.

De acuerdo a este ensayo se puede decir que a pesar que las características metrológicas cambian fuertemente en un medidor, igual muchos cumplen con lo estipulado por la SISS, y siguen en funcionamiento. Es por eso que de acuerdo al caudal promedio de una vivienda, el cliente puede estar pagando más de lo que debiera, pero perfectamente se puede dar el otro caso, en donde la Empresa Sanitaria está siendo perjudicada al no contabilizar el agua de forma correcta.



## ***15. VIABILIDAD EN LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS EN LA CONTRASTACIÓN DE MEDIDORES***

### ***15.1 Prestación de servicios en terreno***

En este momento la Universidad puede hacer este tipo de prestaciones, ya que cumple con todo los requisitos para realizar el Procedimiento Autocontrol, teniendo presente que el instrumento patrón debe estar en posesión de su respectivo certificado de calibración, con una fecha de emisión no superior a 6 meses con respecto a la fecha de los ensayos. Para poder realizar este proceso depende solamente de la Empresa Sanitaria, en este caso es ESVAL, ya que ellos tienen la libertad de realizar por sus propios medios esta tarea, o contratar este servicio. El personal del Laboratorio de Termofluidos, tiene el conocimiento necesario para realizar este tipo de tareas, además la Universidad es una entidad imparcial, dando al proceso una mayor transparencia. Lo ideal es que el Laboratorio esté en contacto anualmente con la Sanitaria, ya sea entregando los antecedentes necesarios, para que ellos estén en conocimiento que la Universidad cumple, y está interesada en realizar este procedimiento.

Es conveniente que también se esté en contacto con la SISS (Departamento de Fiscalización) anualmente, para conocer si existe alguna variación en los procedimientos de un año para otro, y para entregar los antecedentes que la Universidad cumple con los requisitos. En este momento la SISS está interesada en que esta Casa de Estudios realice una fiscalización al Procedimiento de Autocontrol, ya que los antecedentes se hicieron llegar a ellos, y una de las exigencias por parte de la SISS es que el personal tenga la experiencia suficiente (al menos 30 medidores).

Al conversar con las personas encargadas, se aseguró que a muy corto plazo, se exigirá a las Sanitarias que el Proceso de Autocontrol lo realice una entidad imparcial, lo que significa que la Universidad es el candidato número uno a realizar



este procedimiento. Cabe señalar que así como se exige una entidad imparcial, este debe estar acreditado ante el INN como Organismo de Inspección.

## ***15.2 Prestación de servicios en laboratorio (Banco Estático)***

El Banco Estático en este momento sirve como apoyo académico, pero una vez que se instale el control de nivel, junto con la válvula solenoide, el Laboratorio puede hacer llegar los antecedentes correspondientes a las Sanitarias, y a la SISS, para que estos tengan conocimiento que la Universidad está en condiciones de realizar contrastaciones en el Laboratorio. A pesar de no estar acreditado, este Banco igual puede realizar las mediciones correspondientes, siempre y cuando el cliente este en conocimiento de que no hay acreditación, y este acepte los resultados como válidos. Para ello se tiene que tener los instrumentos patrones con la trazabilidad correspondiente. El cliente puede ser tanto una Empresa Sanitaria, como particulares, ya sea para dirimir problemas en la medición o para estudiar problemas en terreno, como por ejemplo, ver como afecta el grado de inclinación de un medidor.

Al acreditar este Banco, la probabilidad de prestar servicios en forma externa aumenta considerablemente. Aquí existen dos casos, se puede acreditar como “Laboratorio de Ensayos” o como “Organismo de Certificación de Productos”.

Al estar acreditado como Laboratorio de Ensayos, se pueden realizar todas las pruebas correspondientes a la NCh 1730, tanto a medidores usados, como medidores que van a salir al mercado, donde los resultados serán formalmente reconocidos ante la SISS.

En este momento DICTUC posee esta acreditación, donde empresas proveedoras de medidores de flujo domiciliarios, envían sus productos a ese lugar.

Al ser acreditado como Organismo Certificador de Producto, la Universidad tendría la facultad de dar fe, que el producto cumple con la normativa y especificaciones técnicas exigidas por la autoridad.



### 15.3 Proceso de Acreditación

A través de la Acreditación, tanto como Organismo de Inspección y o como Laboratorio de Ensayos, la Universidad adquiere un mayor peso ante otras instituciones que deseen hacer lo mismo, como ya se dijo anteriormente en un corto plazo se exigirá, al organismo que haga el Proceso de Autocontrol, que esté acreditado ante el INN, en este momento no existe nadie en el país con esta característica que ofrezca este servicio.

Para acreditarse ante el INN se debe cumplir con los siguientes requisitos generales:

- Ser una entidad legalmente identificable
- Tener implementado un sistema de calidad al interior de la organización
- Contar con personal idóneo para la actividad
- Poseer una infraestructura según el alcance de la operación
- Cumplir con requisitos particulares según el alcance de la actividad

Los pasos a seguir para una acreditación se encuentran en el “Reglamento para la acreditación de organismos de evaluación de la conformidad” (INN-R 401), en donde se hace notar que el organismo debe cumplir tanto con lo establecido por el reglamento INN-R 401, y la Norma correspondiente según sea el caso (Organismo de Inspección NCh 2404, o Laboratorio de Ensayos NCh-ISO 17025).

Las etapas del proceso de acreditación son los siguientes:

- a) *Presentación de la solicitud:* Se debe presentar la solicitud ante el INN, esta se encuentra en página web, junto con los antecedentes que se solicitan. Además de una copia controlada de su manual de calidad.
- b) *Revisión de la solicitud y de la documentación:* Se efectuará por parte del INN (División de Acreditación), la revisión correspondiente de los antecedentes entregados por la organización.



- c) *Acciones correctivas a las no conformidades encontradas en la revisión documental:* Cualquier información que no sea aceptada será informada al organismo postulante.
- d) *Auditoria de acreditación:* Una vez que se cumpla con todo lo establecido por el INN, enviará un plan de Auditoria.
- e) *Evaluación del informe de Auditoria:* Esta evaluación se realizará por medio de un comité de evaluación, quien analizará el informe de la auditoria.
- f) *Acciones correctivas a las no conformidades encontradas en la auditoria de acreditación:* En el caso que se presente una no conformidad, se informará al organismo postulante para solucionar estas falencias.
- g) *Aprobación de la acreditación:* Una vez que se haya solucionado todas las no conformidades, se otorgará la acreditación correspondiente.
- h) *Mantenimiento de la acreditación:* La acreditación será otorgada por un periodo de tres años, existen excepciones. Cualquier cambio dentro de la organización que fue acreditada, debe ser informada al INN, ya sea cambios en los procedimientos, personal, etc. Dentro de los tres últimos meses de vigencia de la acreditación, el organismo debe informar si continuará o no en el sistema de acreditación. La continuidad significa una nueva auditoria.

Los aranceles a pagar se encuentran en el reglamento INN-R 410, estos aranceles son por concepto de:

- a) Revisión de la solicitud y antecedentes
- b) Auditorias
- c) Arancel anual de mantenimiento de la acreditación.

Para poder acreditarse como Organismo de Inspección, se debe revisar y estudiar la NCh 2404. Of97. El Laboratorio cumple con casi todo lo descrito en esta Norma, como el personal adecuado, equipo necesario, se conocen los métodos y procedimientos de inspección, a esto se suma la imparcialidad de la Universidad, es decir la Acreditación solo es cuestión de tiempo.



Para la Acreditación como Laboratorio de Ensayo, se debe revisar la NCh 17025 Of. 2001, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración, en donde el Laboratorio cuenta con varias cosas, como son el factor humano, el cual es un personal calificado, la planta física tiene todo lo necesario como para poder describirla como adecuada, los métodos de ensayo se conocen, y el laboratorio cuentan con los equipos necesarios. Obviamente se debe hacer un estudio mas profundo sobre este tema, el cual ha despertado interés en muchas partes.



## 16. CONCLUSIONES

- Lo tratado en esta memoria no es un tema menor, ya ambas partes, tanto el cliente como la Empresa Sanitaria están preocupados de que el servicio sea cada vez mejor, para nadie se vea afectado.
- Los medidores volumétricos son mucho mas exactos que los velocimétricos, pero es imposible que la medición sea 100% efectiva, ya que los mecanismo diseñados no lo permiten, y a esto se suma el agua no contabilizada producto de las fugas que se producen en los hogares, las cuales por ser caudales pequeños, el medidor no es capaz de detectar. No se debe olvidar que el paso del tiempo y la calidad del agua, son variables que afectan las características metrológicas de un medidor, lo que produce imprecisiones en el registro. Además existen instalaciones fraudulentas, ya sea instalando by-pass o interviniendo directamente el medidor. Un medidor con dispositivos electrónicos, sería más exacto, y que en su lectura no intervenga una persona, es decir que esta se haga a través de una central, lógicamente los costos serían muy elevados, pero es fundamental buscar nuevas tecnologías que permitan una mayor sensibilidad y exactitud en el registro de agua potable.
- Los medidores presentan errores debido a su sistema de diseño, ya que el giro de sus paletas es proporcional a la cantidad de agua que pasa a través del medidor, pero esta proporción no es constante a diferentes caudales. Es por eso, que es un error pensar que el instalar medidores nuevos, indica un registro exacto.
- Las Empresas Sanitarias, de acuerdo a estudios estadísticos, han descubierto que es muy importante detectar las anomalías en los medidores domiciliarios, ya que grandes pérdidas por consumo no facturados llegan a cifras muy elevadas, es por eso que han comenzado una renovación del parque de medidores, sacando de terreno todos los medidores de transmisión mecánica,



y colocando en su lugar medidores tipo velocimétrico de Clase B, de transmisión magnética de chorro múltiple, ya que por la calidad del agua no se puede instalar medidores volumétricos, porque las impurezas dañan el funcionamiento de estos, aunque estas sean muy pequeñas. Tampoco se instalan medidores de chorro único porque en estos se produce un desgaste asimétrico en el centro de la turbina, lo que provoca un deterioro rápido en las características metrológicas del medidor.

- Es muy complicado saber por que las características metrológicas de un medidor van cambiando con el tiempo, ya que son muchos los factores que hay en juego, ya sea la tecnología utilizada en su construcción, la calidad del agua, el tiempo de uso, si su instalación es correcta (si está inclinado o no), etc., o simplemente por intervención de terceros, esto último se refiere al trato que pueden tener los medidores el ser instalados o el trato que le puede dar el propio usuario.
- Para que las Empresas Sanitarias no tengan pérdidas por causas de las fugas, estas pueden instalar medidores con una Clase Metrológica mayor, para que así, se detecten los caudales pequeños. Pero a esto se debe sumar un estudio económico, ya que instalar medidores mas precisos significa una mayor inversión. También se debe hacer un estudio de que caudal son las fugas, ya que si es muy pequeño se necesitará una Clase Metrológica D, lo cual no es viable económicamente.
- Para las Empresas Sanitarias es muy importante que los domicilios tengan instalado un medidor de acuerdo a las características de consumo del hogar, ya que se puede instalar un medidor que tiene una curva de error aceptada de acuerdo a la Norma, pero si el medidor escogido es de un diámetro nominal mayor de lo debido, y el cliente tiene un nivel de consumo bajo, los errores serán altísimos. También se puede dar el otro caso, en que el medidor escogido sea de un diámetro inferior a lo requerido, lo que producirá pérdidas



de carga altas, y restricción en el consumo, lo que irá en contra de un buen servicio para la vivienda.

- La SISS tiene un rol muy importante en materia de fiscalización, es por eso que ha implementado los Procedimientos de Autocontrol, los cuales tienen gran importancia, ya que protege a los clientes de tener registros imprecisos, lo cual puede traer como consecuencia facturaciones excesivas. Estos procedimientos en terreno son un medio idóneo para determinar la operatividad o inoperatividad del instrumento de medición.
- El Laboratorio al conseguir la Acreditación como Organismo de Inspección, será el candidato número uno, para realizar el Procedimiento de Autocontrol en la zona, ya que no existe ningún organismo en el país, que este Acreditado para realizar dicha tarea, y por lo tanto el proceso será mas transparente, ya que la Universidad es un organismo imparcial
- Obtener una Acreditación es muy importante, ya que el organismo acreditado, tiene ventaja sobre otros que no lo están, es decir puede abarcar un mercado más amplio.
- Conviene automatizar el Banco Estático construido, para reducir de gran forma la posibilidad de cometer algún error por parte del operario, lo que trasformaría al Banco en un equipo mas preciso.
- Antes de comenzar una Acreditación como Laboratorio de Ensayo o como Certificador de Producto, conviene hacer un estudio económico, ya que las empresas proveedoras de medidores se encuentran en Santiago, y este momento los ensayos correspondientes son realizados por DICTUC, que tiene una larga experiencia en el tema.



- Es importante tener un Banco Estático, para medidores en el Laboratorio, ya que este además de servir como un apoyo académico, la Universidad dispone de un equipamiento similar al de empresas específicas, por lo tanto puede servir de referente en este tipo de mediciones y validar los resultados de las empresas. Además en muchos casos se requiere de una entidad imparcial para dirimir problemas relacionados con la medición del consumo de agua potable.
- La inclinación de los medidores afecta fuertemente el grado de sensibilidad del medidor, ya que a mayor inclinación el medidor comienza a registrar a caudales mayores. Esto sucede tanto en los medidores de transmisión mecánica, como en los de transmisión magnética (tipo velocimétrico). Esto debe preocupar a las Sanitarias, ya que es común ver algunos medidores inclinados, y esto sucede porque el registro es difícil de leer en forma horizontal.
- En los ensayos realizados, se analizó el comportamiento de los medidores en el Campo inferior y en el superior, donde se pudo corroborar que los medidores de transmisión magnética son más exactos, que los de transmisión mecánica, además los primeros son capaces de registrar el consumo a caudales menores, es decir son más sensibles.
- De acuerdo a antecedentes recopilados, la presión en la red no influye en los errores de registros de los medidores. Pero si puede afectar indirectamente, ya que al existir una mayor presión en red, aumenta la probabilidad de falla, y al reparar esta, permite el ingreso de partículas o impurezas a la red, llegando al medidor, lo cual puede causar daños.
- Es importante mantener contacto con la SISS (fiscalización), y el INN, ya que las vías de conversación están abiertas, en donde ambas partes han mostrado interés en que la Universidad Santa María cumpla con lo estipulado, para que



de esa forma sea un candidato fuerte en los procedimientos de verificación, tanto en terreno como en el Laboratorio.

- Existe una contradicción entre la curva de error de un medidor, y el procedimiento de verificación en terreno, ya que se pudo demostrar que un medidor no cumple con la Norma, ya que su curva características, está fuera de lo permitido, en cambio al hacer la prueba en terreno con el mismo medidor, y de acuerdo a lo estipulado por la SISS, este mide dentro de los parámetros permitidos.



## 17. BIBLIOGRAFIA

- Norma Chilena NCh 1730. Of 2002  
Medidores para agua potable fría, tipo velocimétrico hasta 10 m<sup>3</sup>/h de caudal nominal – Especificaciones y ensayos.
- Norma Chilena NCh 2404. Of 97  
Criterios generales para la operación de organismos de inspección.
- Norma Chilena NCh 17025 Of 2001  
Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.
- Norma Chilena NCh 2411 Of 2003  
Requisitos generales para organismos que operan sistemas de certificación de productos.
- Norma Chilena NCh 43 Of 1961  
Selección de muestras al azar.
- Norma Chilena NCh 2237 Of 1999  
Procedimientos de muestreo para inspección por atributos - Planes de muestreo indexados por nivel de calidad aceptable (AQL) para la inspección lote por lote.
- Catálogo de medidores de agua potable  
Invensys Metering Systems.
- Procedimiento de Autocontrol de la Medición del A.P. Año 2004.  
Instructivo SISS



- Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y Alcantarillado (RIDAA)
  
- Reglamento para la acreditación de organismos de evaluación de la conformidad. (INN-R 401)
  
- Aranceles Acreditación (INN-R410)



# ***ANEXOS***