

PUMAGUA

PROGRAMA DE MANEJO, USO Y REUSO DEL AGUA EN LA UNAM



ANEXO BALANCE HIDRÁULICO



Anexo Balance Hidráulico

Director:

Dr. Fernando Jorge González Villareal

Coordinador Ejecutivo:

Dr. Rafael Val Segura

Coordinador de Balance Hidráulico:

Ing. Antonio Capella Vizcaíno

Coordinadora de Calidad del Agua:

Dra. María Teresa Orta Ledesma

Instituto de Ingeniería:

Dra. María Teresa Orta Ledesma

Instituto de Ecología:

Dra. Marisa Mazari Hiriart

Facultad de Medicina:

Dra. Yolanda López Vidal

Coordinadora de Comunicación y Participación:

M. en C. Cecilia Lartigue Baca

Coordinador de Sistema de Información Geográfica:

M. en C. José Antonio Quintero Pérez



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Rector

Dr. José Narro Robles

Secretario General

Dr. Sergio M. Alcocer Martínez De Castro

Secretario Administrativo

Mtro. Juan José Pérez Castañeda

Abogado General

Lic. Luis Raúl González Pérez

Coordinadora de Humanidades

Dra. Estela Morales Campos

Coordinador de la Investigación Científica

Dr. Carlos Arámburo de la Hoz

Secretaria de Desarrollo Institucional

Dra. Rosaura Ruíz Gutiérrez

Secretario de Servicios a la Comunidad

M. C. Ramiro Jesús Sandoval

Dirección General de Comunicación Social

Lic. Enrique Balp Díaz

Director del Instituto de Ingeniería

Dr. Adalberto Noyola Robles

Contenido

Anexo

Balance Hidráulico

Referentes al Informe de Avances PUMAGUA 2009

- Balance Hidráulico.
- Manual de selección, instalación y mantenimiento a medidores de agua fría.
- Manual de pruebas a instalaciones sanitarias.
- Extracción de agua de los pozos.
- Instalación de medidores electromagnéticos.
- Ubicación de tomas de agua en dependencias universitarias.
- Análisis de las pruebas realizadas a los baños del edificio 5 del Instituto de Ingeniería.
- Literatura Consultada.





Universidad Nacional Autónoma de México

ANEXO

**Balance
Hidráulico
UNAM**

PUMAGUA

Índice de Contenido

DIAGNÓSTICO DEL MANEJO DEL AGUA EN CIUDAD UNIVERSITARIA	7
Abastecimiento	7
Regularización	8
Distribución del Agua	9
INSTRUMENTACIÓN DE ACCIONES EN 2009	11
Modelación de la red mediante EPANET	11
Macro medición	15
Sectorización	20
➤ Sector Hidráulico 1	20
➤ Sector Hidráulico 2	22
➤ Sector Hidráulico 3	22
➤ Sector Hidráulico 4	22
➤ Sector Hidráulico 5	22
Fugas en la red	23
➤ Fugas en el Sector Hidráulico 1	24
➤ Fugas en el Sector Hidráulico 2	26
➤ Fugas en el Sector Hidráulico 3	28
➤ Fugas en el Sector Hidráulico 4	30
➤ Fugas en el Sector Hidráulico 5	31
Micro medición	33
INVENTARIO DE MEDIDORES	55

Índice de Figuras

<i>Figura 1.</i> Consumo de energía del equipo de bombeo y costos. FUENTE: DGOyC. UNAM.....	8
<i>Figura 2.</i> Tanques de almacenamiento en Ciudad Universitaria. FUENTE: DGOyC. UNAM.....	9
<i>Figura 3.</i> Medidor de 2", encontrado en la zona de Rectoría (Sector 2), el cual no funciona.....	10
<i>Figura 4.</i> Curva de variación horaria en el Edificio 5 del Instituto de Ingeniería.....	12
<i>Figura 5.</i> Mapa de presiones a las 03:00 horas a partir de la simulación matemática tomando en cuenta la variación de la demanda a lo largo del día, con control de presiones.....	13
<i>Figura 6.</i> Mapa de presiones a las 09:00 horas a partir de la simulación matemática tomando en cuenta la variación de la demanda a lo largo del día, con control de presiones.....	14
<i>Figura 7.</i> Mapa de presiones a las 15:00 horas a partir de la simulación matemática tomando en cuenta la variación de la demanda a lo largo del día, con control de presiones.....	14
<i>Figura 8.</i> Mapa de presiones a las 19:00 horas a partir de la simulación matemática tomando en cuenta la variación de la demanda a lo largo del día, con control de presiones.....	15
<i>Figura 9.</i> Medidor Electromagnético en Tanque Bajo, Lado Norte y Sur, respectivamente.....	16
<i>Figura 10.</i> Suma de extracciones de agua en los tres pozos.....	17
<i>Figura 11.</i> Suministro de agua desde Tanque Bajo a los Sectores 1 y 2; con gusto mínimo de 25 litros por segundo.....	18
<i>Figura 12.</i> Rebombeo entre Tanque Bajo y Tanque Alto.....	19
<i>Figura 13.</i> Curva horaria de los Sectores 1 y 2.....	19
<i>Figura 14.</i> Comportamiento del consumo en los Sectores 1 y 2.....	20
<i>Figura 15.</i> Suministro al Sector Hidráulico 1.....	21
<i>Figura 16.</i> Cruceros donde se localizan las válvulas de seccionamiento cerradas.....	25
<i>Figura 17.</i> Gastos medidos en el Sector 1.....	26
<i>Figura 18.</i> Colocación de medidor y medición de pérdidas en el Sector 2.....	27
<i>Figura 19.</i> Medición de pérdidas en los Sectores hidráulicos 1 y 2.....	28
<i>Figura 20.</i> Colocación de medidor y medición de pérdidas en el Sector 3.....	29
<i>Figura 21.</i> Pérdidas en el Sector 3.....	30
<i>Figura 22.</i> Medición de pérdidas en el Sector 4.....	30
<i>Figura 23.</i> Pérdidas en el Sector hidráulico 4.....	31
<i>Figura 24.</i> Medición de pérdidas en el Sector 5.....	32
<i>Figura 25.</i> Pérdidas en el Sector 5.....	32
<i>Figura 26.</i> Esquema del sistema de medición por radiofrecuencia implantado por PUMAGUA.....	34
<i>Figura 27.</i> Patrón de consumo de diferentes tipos de usuario presentes en Ciudad Universitaria.....	35
<i>Figura 28.</i> Comparación de suministro horario por tipo de usuario en términos del total del suministro por tipo de usuario.....	36
<i>Figura 29.</i> Variación del gasto horario en usuarios tipo A (Académico).....	38
<i>Figura 30.</i> Variación del gasto horario en usuarios tipo B (Investigación).....	38
<i>Figura 31.</i> Variación del gasto horario en usuarios tipo D (Administrativo).....	39
<i>Figura 32.</i> Variación del gasto horario en usuarios tipo E (Servicios).....	39
<i>Figura 33.</i> Suministro promedio diario en el Instituto de Ingeniería de la UNAM.....	41
<i>Figura 34.</i> Suministro promedio por edificio en el Instituto de Ingeniería de la UNAM.....	42
<i>Figura 35.</i> Suministro mensual, año 2009, en el Instituto de Ingeniería de la UNAM.....	43
<i>Figura 36.</i> Suministro promedio diario en el restaurante Azul y Oro de la Torre de Ingeniería.....	44
<i>Figura 37.</i> Suministro mensual, año 2009, en el restaurante Azul y Oro.....	44
<i>Figura 38.</i> Suministro promedio diario en el Instituto de Geología de la UNAM.....	45
<i>Figura 39.</i> Suministro mensual, año 2009, en el Instituto de Geología de la UNAM.....	46
<i>Figura 40.</i> Suministro promedio diario en el Instituto de Química.....	47
<i>Figura 41.</i> Suministro promedio diario por edificio en el Instituto de Química.....	47
<i>Figura 42.</i> Suministro mensual, año 2009, en el Instituto de Química de la UNAM.....	48
<i>Figura 43.</i> Suministro promedio diario en el Instituto de Investigaciones Económicas.....	49
<i>Figura 44.</i> Suministro mensual, año 2009, en el Instituto de Investigaciones Económicas.....	49
<i>Figura 45.</i> Suministro promedio diario en la Coordinación de Humanidades.....	50
<i>Figura 46.</i> Suministro mensual, año 2009, en el Instituto de Investigaciones Económicas.....	51
<i>Figura 47.</i> Suministro promedio diario en la Coordinación de Humanidades.....	51

Figura 48. Suministro mensual, año 2009, en la Coordinación de Humanidades. 52
Figura 49. Suministro promedio diario de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 53
Figura 50. Suministro mensual, año 2009, en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 53
Figura 51. Suministro promedio diario en cada edificio de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 54

Índice de Tablas

<i>Tabla 1.</i> Longitud y Porcentaje de los diferentes materiales de la red de distribución.	9
<i>Tabla 2.</i> Diámetros de medidores instalados en 1997.....	11
<i>Tabla 3.</i> Características de las tuberías que alimentan a cada sector hidráulico.	24
<i>Tabla 4.</i> Fugas por sector en C.U.	24
<i>Tabla 5.</i> Coeficientes de variación diaria (Cv_d) obtenidos por PUMAGUA.	37

DIAGNÓSTICO DEL MANEJO DEL AGUA EN CIUDAD UNIVERSITARIA

Abastecimiento

El sistema de pozos opera generalmente de la siguiente manera: (a) el suministro en la Zona Cultural se obtiene directamente del Pozo Vivero Alto, y el agua restante se bombea al Tanque Vivero Alto; (b) La Zona Central o Casco Viejo se abastece del Tanque Bajo, el cual a su vez recibe el agua del Pozo Multifamiliar; y (c) algunos días del mes se utiliza el Pozo de Química para evitar su inactividad y posible contaminación; el agua se envía al Tanque Bajo, de donde se rebombee hacia el Tanque Alto, a partir del cual se abastece la Zona del Estadio, la Dirección de Obras, el área de Actividades Recreativas, etc. Existe además una línea entre el Tanque de Vivero Alto y el Tanque Alto, que es utilizada para suministrar agua al Tanque Alto cuando los niveles de éste último se abaten de manera muy rápida o si un pozo queda fuera de operación.

Los pozos se operan las 24 horas del día en tres turnos. Cada turno tiene sus políticas de operación, que no corresponden a una política común obtenida a través de la medición y análisis de la demanda de agua en el campus, sino que se mantienen en función de la experiencia y costumbre de cada operario.

El paro y arranque de los pozos se hace manualmente y está en función de los niveles mínimos que se manejan en los tanques de almacenamiento, lo cual se hace a criterio del operador en turno. Lo anterior implica que cuando el nivel del agua en los tanques disminuye, por ejemplo, a causa de una fuga en la red principal, el operador no detiene las bombas, sino que las deja funcionando sin evaluar si existe un desperfecto en el sistema de distribución de agua, y sin tener en cuenta el horario ni el consumo de energía.

En cada uno de los tres pozos se encuentra instalado un medidor de propela. Diariamente se lleva un registro que incluye la toma de lectura en el medidor a cada hora durante el tiempo que operan las bombas. Además, la DGOyC lleva a cabo mediciones mensuales del nivel estático y dinámico en dichos pozos. Estas mediciones, que se consignan en el Anexo Extracción de Agua de los Pozos, muestran un claro descenso mensual casi constante en los niveles estático y dinámico de cada pozo, diferencia que se hace más evidente en los Pozos Química y Multifamiliar, con valores mensuales promedio de 14.20 m y de 11.50 m, respectivamente. Para ponderar las consecuencias que estos descensos acarrearán, es necesaria la realización de un estudio más extenso del acuífero. PUMAGUA trabajará en una línea de investigación a cargo del Instituto de Geología de la UNAM, con el Dr. Oscar Arnoldo Escolero Fuentes, para elaborar un mejor diagnóstico de la situación actual del acuífero.

En esta etapa del diagnóstico, en PUMAGUA se digitalizaron los registros históricos que se muestran en el Anexo Extracción de Agua de los Pozos, proporcionados por la Coordinación de Conservación, con el objetivo de definir el volumen de agua suministrado a los tanques de almacenamiento y a la red.

En las actuales políticas de operación no se considera el consumo de la energía eléctrica ni el costo que implica operar el sistema en las horas pico. Se realizó una estimación del costo de la electricidad en un día en el que funcionaron todos los equipos de bombeo; esto es, los tres pozos y el rebombeo que se ubica en el Tanque Bajo. Se tomó la tarifa horaria que establece la Comisión Federal de Electricidad para la región central de México, definida por horario base, intermedio y punta. En la *Figura 1* se aprecia que los costos de energía son más elevados cuando los equipos funcionan en el horario de punta (de 18 a 22 horas), lo cual no implica que en dicho período se presenta la máxima extracción; bajo este esquema de operación, el costo total de la energía utilizada sería de \$9,797.34 pesos por un día, de \$293,920.14 al mes y de \$3,576,028.39 al año.

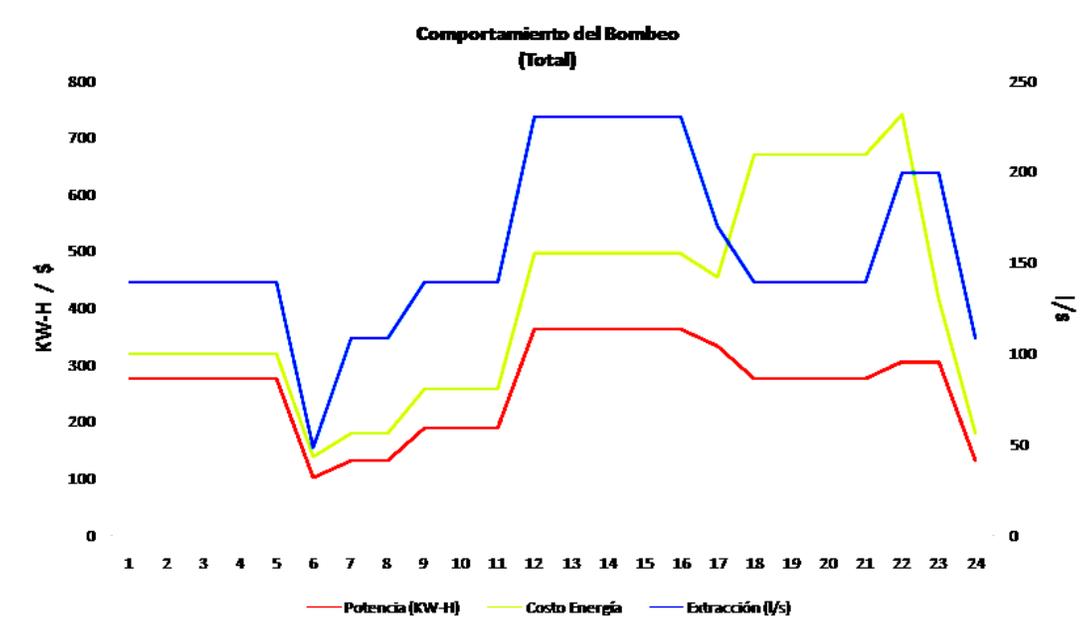


Figura 1. Consumo de energía del equipo de bombeo y costos. FUENTE: DGOyC. UNAM.

Regularización

En la *Figura 2* se presenta la variación en el nivel del Tanque Vivero Alto. Se observa un abatimiento de 50 cm durante la noche, del que se deduce un consumo nocturno para la Zona Cultural de 20.2 lps. En el Tanque Alto, cuando el nivel de agua baja de la cota 3.0 m, se activa el pozo Multifamiliar, lo que permite restablecer el nivel en el tanque y abastecer la demanda nocturna de la parte central de CU, que en promedio es de 38.6 lps. En total, el gasto nocturno es de 58.8 lps. Dado que en este horario el consumo en instalaciones, laboratorios y pequeños usuarios es mínimo, se puede inferir que la gran mayoría corresponde a fugas en la red. Cabe señalar que “Q” es el gasto que están dejando salir los tanques en litros por segundo, y el tirante es el nivel que tienen los tanques.

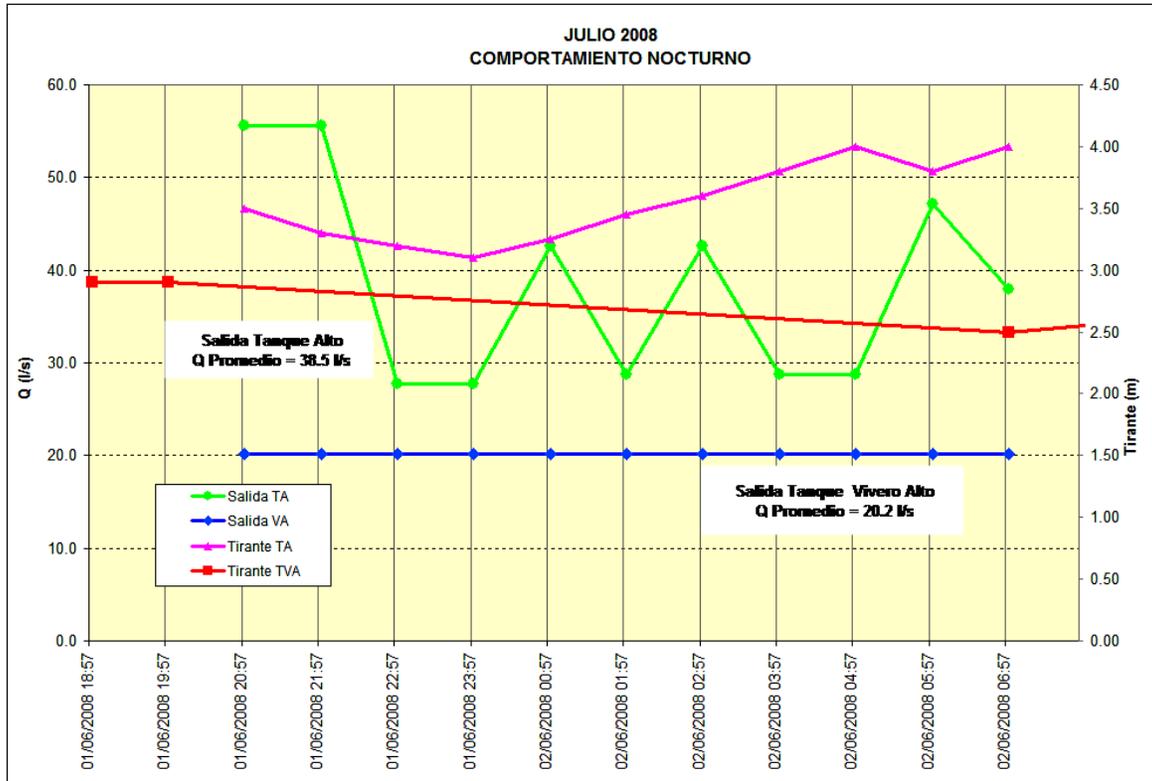


Figura 2. Tanques de almacenamiento en Ciudad Universitaria. FUENTE: DGOyC. UNAM

Distribución del Agua

La red de distribución de agua potable de Ciudad Universitaria está integrada por cerca de 54 Km. de tubería de muy diversos diámetros y materiales, como lo son el acero, asbesto, fierro fundido, PVC y PEAD. En la *Tabla 1* se observa el porcentaje de cada material.

Tabla 1. Longitud y Porcentaje de los diferentes materiales de la red de distribución.

Material	Longitud (m)	(%)
Acero	25,610.00	47.81%
Asbesto	11,785.00	22.00%
Fierro Fundido	9,623.00	17.96%
PEAD	750.00	1.40%
PVC	5,802.00	10.83%
TOTAL	53,570.00	100.00%

Cabe señalar que la Coordinación de Conservación, a través del Taller de Agua Potable, lleva a cabo un programa para instalar manómetros, sustituir válvulas de seccionamiento que están deterioradas y detectar fugas en la red principal. El Taller cuenta con un equipo de 13 personas. En ocasiones, realiza reparaciones en la red secundaria o en el interior de los edificios, y lo hace porque los encargados del mantenimiento en las diversas dependencias no conocen las instalaciones y registros que controlan el suministro a las mismas o no cuentan con el personal capacitado para efectuar estas actividades.

En relación a la medición realizada en CU, se cuenta con 122 tomas identificadas, sólo 35 cuentan con medidores instalados en 1997 como parte del Programa de Mejoramiento Ambiental impulsado por la DGOyC y un grupo de expertos del Instituto de Ingeniería; en la tabla siguiente se presentan cuantos hay. De los 35 medidores de agua instalados e inventariados en estos trabajos (ver *Tabla 2*), 43% son medidores de 2", mientras que el 40% corresponde a medidores de 4", ver la *Figura 3*; sin embargo, sólo funciona el 8% de ellos. Por otro lado, en el total de las tomas inventariadas es necesario reducir diámetros e instalar los registros donde van colocados los medidores.



Figura 3. Medidor de 2", encontrado en la zona de Rectoría (Sector 2), el cual no funciona.

Las condiciones físicas en que se encuentra la mayoría de las tomas evidencian la necesidad de realizar obra civil, reducir diámetros para colocar nuevos medidores en sitios en los que ya existe medidor y en donde aún no se han instalado, así como sustituir en algunos casos los accesorios, sobre todo válvulas, que conforman el ramal de alimentación de los edificios. Este tipo de particularidades elevan el costo de instalación de cada medidor, calculado en más de \$10,000.00 pesos en promedio, incluyendo el costo del propio medidor.

Tabla 2. Diámetros de medidores instalados en 1997.

Diámetro medidor	Cantidad	Porcentaje
2"	15	43%
4"	14	40%
6"	4	11%
8"	1	3%
12"	1	3%
	35	100.00%

INSTRUMENTACIÓN DE ACCIONES EN 2009

Modelación de la red mediante EPANET

Para simular la situación actual de la red de distribución de agua potable de C.U. se tomó como base la información concentrada durante el diagnóstico, así como el análisis histórico de los registros de cada uno de los sectores hidráulicos y las políticas actuales de operación.

La simulación implicó las siguientes suposiciones:

- La población por cada edificio, para una misma dependencia, se distribuyó de manera proporcional y en función de la población total, tomada de la Agenda Estadística 2007 de la UNAM.
- Se infirió el número del personal administrativo de cada dependencia y, a su vez, de cada edificio.
- Los consumos por tipo de población se basaron en el manual de CONAGUA y se modificaron para Ciudad Universitaria.
- Se consideró el suministro de agua por un punto en cada edificio de cada dependencia.
- Se aplicó la misma curva de variación horaria a todos los edificios.
- A reserva de hacer las mediciones respectivas, las fugas consideradas se basaron en los datos aproximados de consumo en tanques y pozos.
- La topografía utilizada se obtuvo de los resultados entregados por la Facultad de Ingeniería.

Se modeló un flujo permanente y se consideró el riego tomando en cuenta la información verbal del personal que lo realiza, actividad que se efectúa por etapas y con un horario de las 08:00 a las 14:00 horas. Se utilizó el plano de áreas verdes regadas con agua potable. Posteriormente se ubicaron puntos de suministro de agua, llamados nodos de consumo, que cubrieran dichas áreas. Para obtener la demanda, se supuso una lámina de riego de 5 mm que,

multiplicada por el área a regar en un determinado tiempo (6 horas), arroja el consumo requerido, representado por una curva de consumo constante. Lo anterior, en números gruesos, da una idea del volumen utilizado en riego, dada la falta de información y medición que existe en C.U.

Finalmente se consideraron las fugas que existen en la red, en función de la información disponible de los registros diarios que se manejan de los niveles en los tanques, de las extracciones en los pozos, del consumo de los usuarios y un aproximado del uso para el riego. Se estimó así que el valor de las fugas fluctúa entre un 40% y 50% del volumen suministrado.

Para el modelo en flujo no permanente, se utilizó una variación temporal de caudales suministrados y demandados, así como las condiciones operativas de la red y de los niveles en los tanques de regularización. Este caso considera un funcionamiento de los elementos de la red más cercano a la realidad. Las consideraciones iniciales en la simulación estática respecto de la población, consumo por tipo de población, nodos por edificio y la distribución de la población y consumos por dependencia, son las mismas; esto ocurre también en el caso de las fugas y el riego. A continuación se comentan las observaciones que se aplicaron para la simulación dinámica.

Se utilizó una curva de variación horaria para establecer el consumo horario en los nodos de la red. En una primera etapa o simulación, se utilizó la misma curva para todas las dependencias y con información detallada del tipo de población. La curva se obtuvo mediante la medición con un equipo ultrasónico en diversas dependencias universitarias. Dicha curva se puede observar en la *Figura 4*.

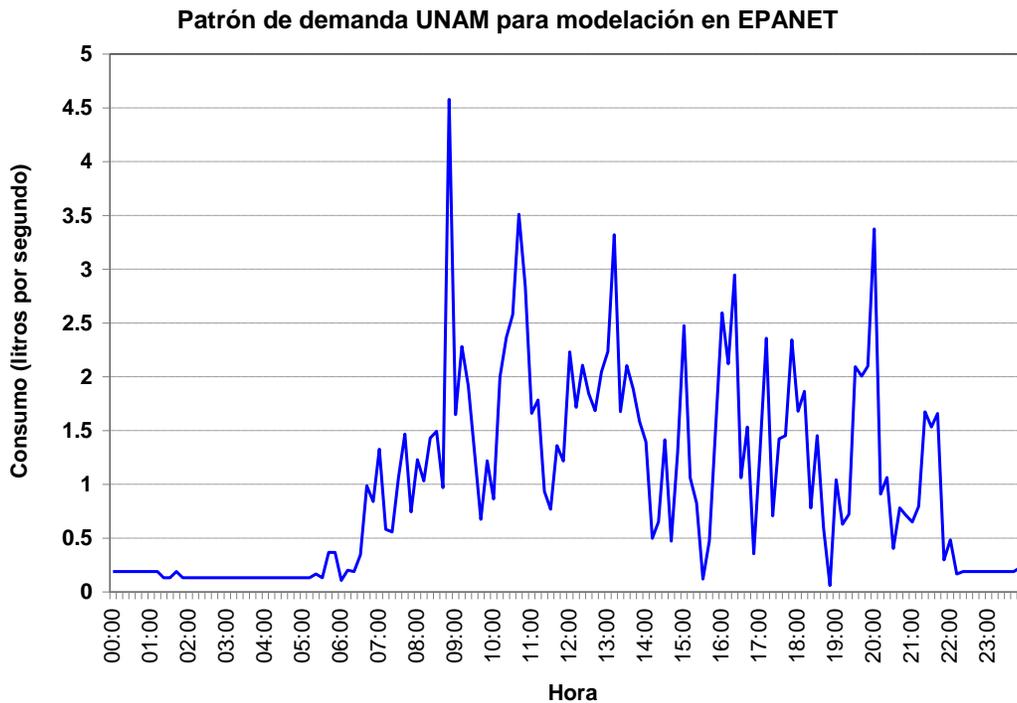


Figura 4. Curva de variación horaria en el Edificio 5 del Instituto de Ingeniería.

En cuanto al funcionamiento horario de los pozos, se consideró un promedio para cada uno de ellos incluyendo el re-bombeo. Se definió así que el pozo de la Facultad de Química funciona esporádicamente en promedio cinco horas y que el pozo Multifamiliar funciona en promedio 12 horas, al igual que el pozo de Vivero Alto. El paro y arranque de las bombas depende del nivel mínimo que establece el operador; es importante mencionar que generalmente las bombas se operan durante las horas “pico” de demanda de agua. También se consideró una variación en los niveles de los tanques que se relaciona directamente con la variación horaria del consumo en los edificios de Ciudad Universitaria, la cual a su vez es determinante para los operadores de los pozos.

En las *Figuras 5, 6, 7 y 8* se muestra el comportamiento de las presiones durante el día. Se observa que en las horas de bajo consumo de agua las presiones alcanzan hasta los 70 metros de columna de agua, en cambio en las horas de máximo consumo de agua las presiones bajan hasta los 15 metros de columna de agua. Cabe señalar que los metros de columna de agua es una medida de presión utilizada en la ingeniería hidráulica y por ejemplo 15 metros de columna de agua representan 15 metros de forma vertical.

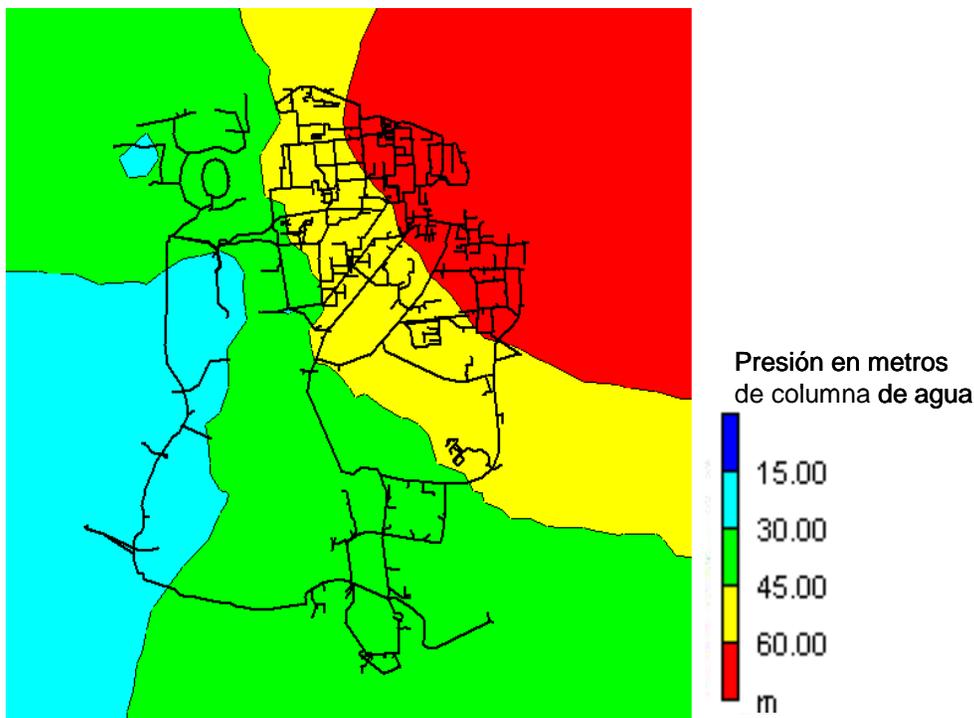


Figura 5. Mapa de presiones a las 03:00 horas a partir de la simulación matemática tomando en cuenta la variación de la demanda a lo largo del día, con control de presiones.

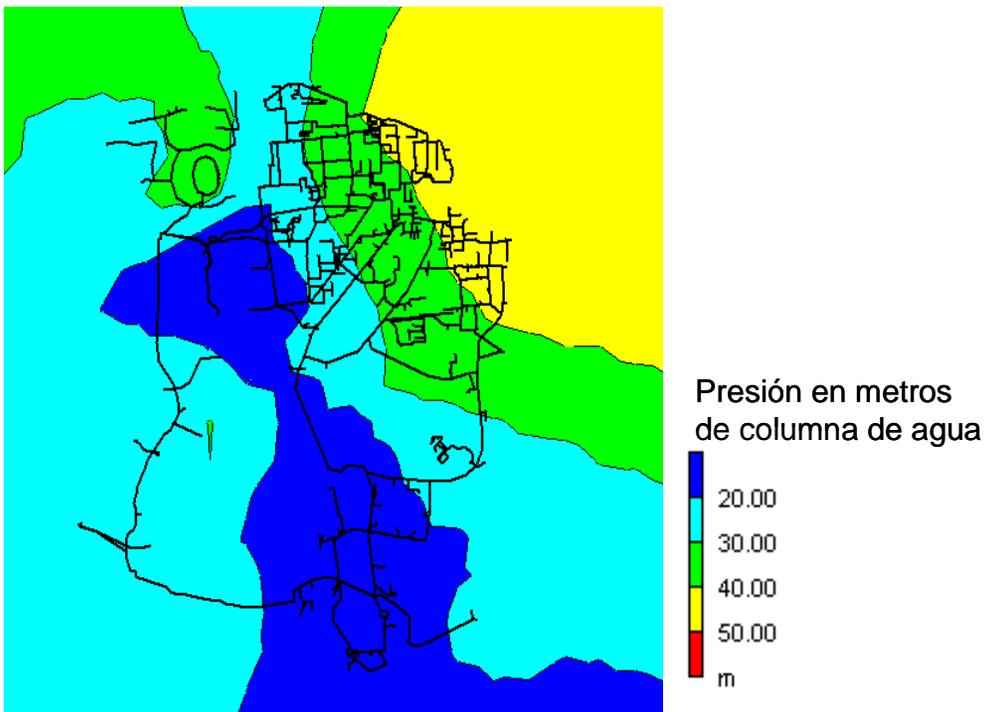


Figura 6. Mapa de presiones a las 09:00 horas a partir de la simulación matemática tomando en cuenta la variación de la demanda a lo largo del día, con control de presiones.

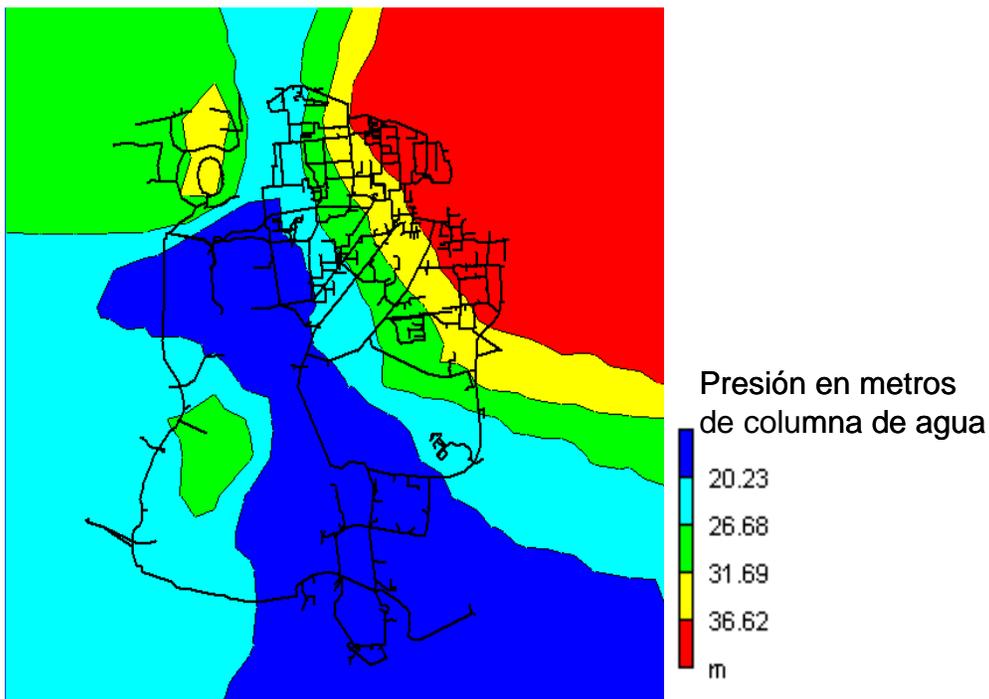


Figura 7. Mapa de presiones a las 15:00 horas a partir de la simulación matemática tomando en cuenta la variación de la demanda a lo largo del día, con control de presiones.

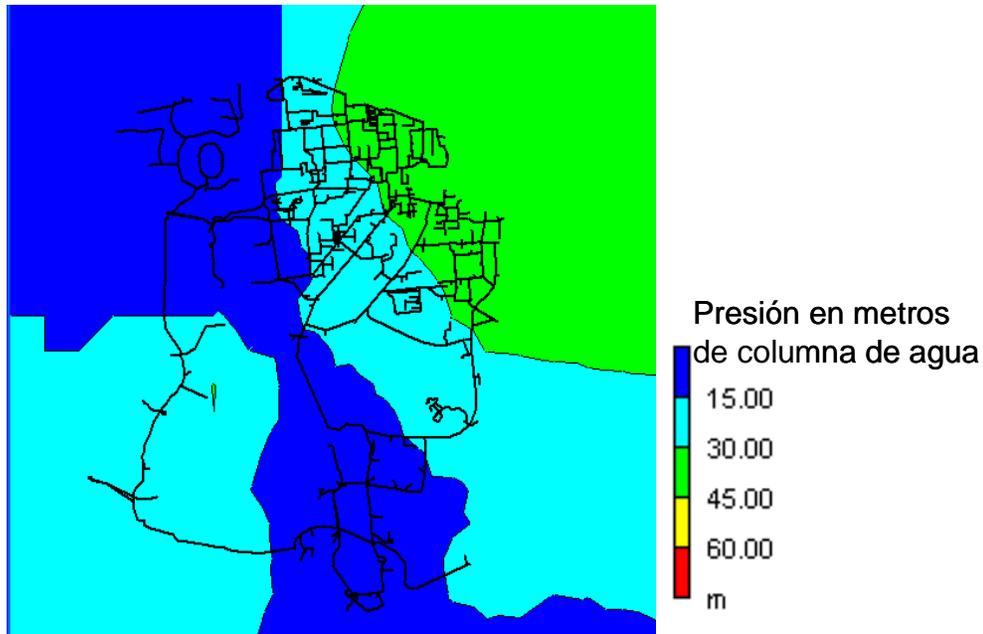


Figura 8. Mapa de presiones a las 19:00 horas a partir de la simulación matemática tomando en cuenta la variación de la demanda a lo largo del día, con control de presiones.

Macro medición

Para efectuar la macro-medición se seleccionaron medidores de tipo electromagnético con objeto de emplearse en líneas presurizadas de agua limpia, que incluyen la unidad de medición (hermeticidad de inmersión IP68), la unidad electrónica para la transducción de la señal, el despliegue de la señal, gasto que está pasando, totalización de volumen y los servicios complementarios.

La unidad electrónica es capaz de resistir daños comunes de intemperie, es de tipo remota (tiene un cable con longitud de 15 metros), y puede programarse en sitio sin requerir el empleo de computadoras personales lap top o palm top. Por otro lado, cuenta con los esquemas de seguridad necesarios para que el teclado no pueda ser utilizado por cualquier transeúnte, tiene comunicación RS232 y utiliza protocolo de comunicación Modbus.

Los medidores utilizan un sistema de tele-medición con la capacidad de escalar a los siguientes sistemas de lectura automática. Estos equipos cumplen con las funciones de obtener datos íntegros del volumen y del gasto (L/seg) disponibles en forma y en tiempo, muy útiles en la toma de decisiones que reditúan en el ahorro de agua y energía en Ciudad Universitaria. Es decir, desde el punto de vista de procesamiento de información, los datos obtenidos con los medidores presentan la exactitud deseada ($\pm 0.05\%$) y su lectura es confiable.

Se realizaron recorridos en Ciudad Universitaria, junto con la DGOyC, para detectar los puntos en donde había que instalar medidores electromagnéticos; en total, se identificaron diez lugares. Durante 2008 se instalaron cinco de estos medidores (ver en Anexo de Instalación de Medidores Electromagnéticos los arreglos realizados para su construcción): dos medidores de

12pg en el Tanque Bajo; un medidor de 6pg en el Pozo de la Facultad de Química; un medidor de 10pg en el Pozo de Multifamiliar y uno más de 10 pg en el Pozo de Vivero Alto. Finalmente, la puesta en marcha consistió en programar las unidades de medición (lps) y la salida de pulsos (1 pulso por m³), así como un rango de medición y el sentido del flujo junto con un totalizador. El display de los medidores fue colocado en un gabinete junto con un UPS para regular las variaciones de voltaje. En la *Figura 9* se observa el gabinete y UPS empleados en cada punto de medición.



Figura 9. Medidor Electromagnético en Tanque Bajo, Lado Norte y Sur, respectivamente.

Con la instalación y puesta en marcha de estos medidores ha sido posible tomar lecturas cada hora de los caudales de agua que se inyectan al sistema de agua potable. Estas mediciones muestran que en promedio se extraen 100 lps de los pozos y un máximo de 170 lps. Los medidores colocados cuentan con un dispositivo que almacena los datos que permite visualizar las actuales políticas de operación de los pozos.

Los primeros análisis llevados a cabo partir de la información proporcionada por los medidores electromagnéticos, particularmente el correspondiente al medidor del Tanque Bajo Norte, muestran el patrón de consumo de agua por parte de los Sectores 1 y 2, que son precisamente los sectores hidráulicos alimentados a partir de este tanque. Ello se puede ver en la *Figura 10*.

Extracción de agua en los Pozos.

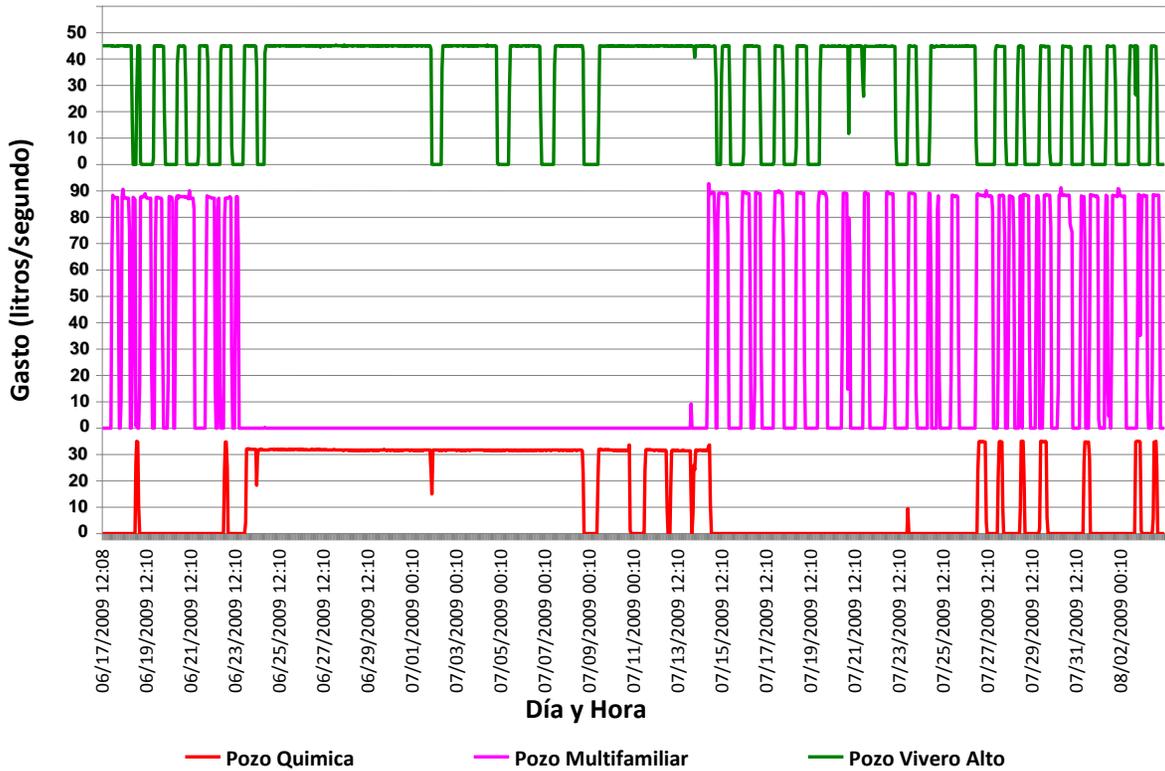


Figura 10. Suma de extracciones de agua en los tres pozos.

En la Figura 11 se observa el cambio de funcionamiento en el abastecimiento de estos dos sectores, el 1 y el 2, en el momento de distribuir el agua por medio de sectores.

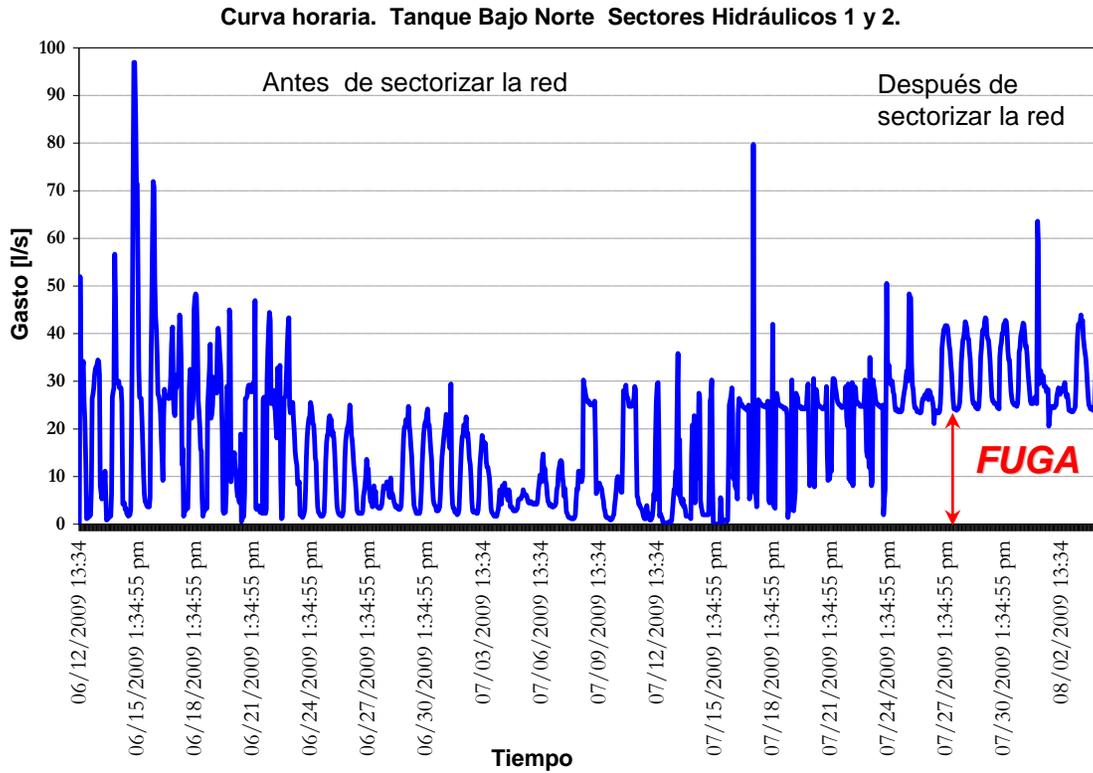


Figura 11. Suministro de agua desde Tanque Bajo a los Sectores 1 y 2.; con gusto mínimo de 25 litros por segundo

La Figura 13 muestra claramente y del análisis mostrado que al sectorizar se tienen fugas de 25 lps. en los Sectores Hidráulicos 1 y 2, los cuales se alimentan del mismo tanque y de la misma línea de conducción. La fuga se deduce a partir de que los valores medidos siempre son mayores que cero. Por lo tanto, en todo momento se está abasteciendo a la red, de día y de noche.

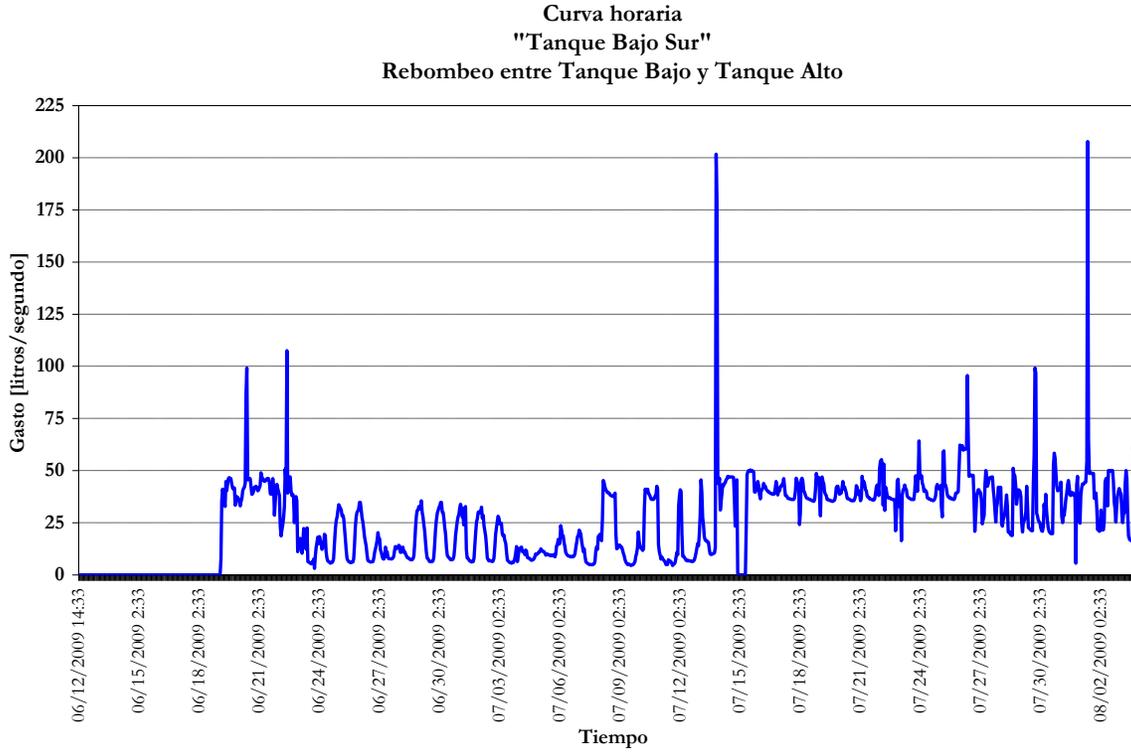


Figura 12. Rebombeo entre Tanque Bajo y Tanque Alto.

A partir de estos datos, se obtuvo una curva-patrón que muestra el consumo de los usuarios durante el día. Para determinarlos, al valor total se le restaron los 25 lps de fugas. En la Figura 13 se puede observar dicha curva patrón para los Sectores hidráulicos 1 y 2.

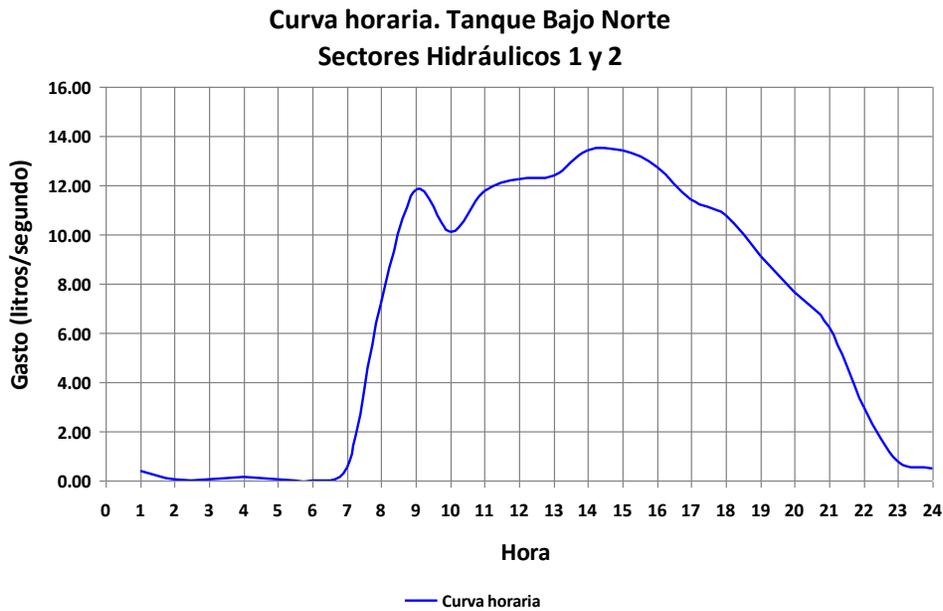


Figura 13. Curva horaria de los Sectores 1 y 2.

Esta curva considera sólo el consumo de los 80,000 usuarios presentes en los Sectores 1 y 2, y una pérdida de 25 lps; así, el consumo per cápita en ambos sectores es de 15 litros/usuario/día.

El comportamiento del consumo en estos sectores sigue la siguiente conducta: de las 00:00 horas a las 8:00 horas se presenta el 5% del total consumo; de las 8:00 horas hasta las 21:00 horas ocurre el 92% del consumo, en tanto que de las 21:00 horas a las 24:00 horas sólo el 3%. La *Figura 14* muestra el comportamiento del consumo en estos dos sectores.

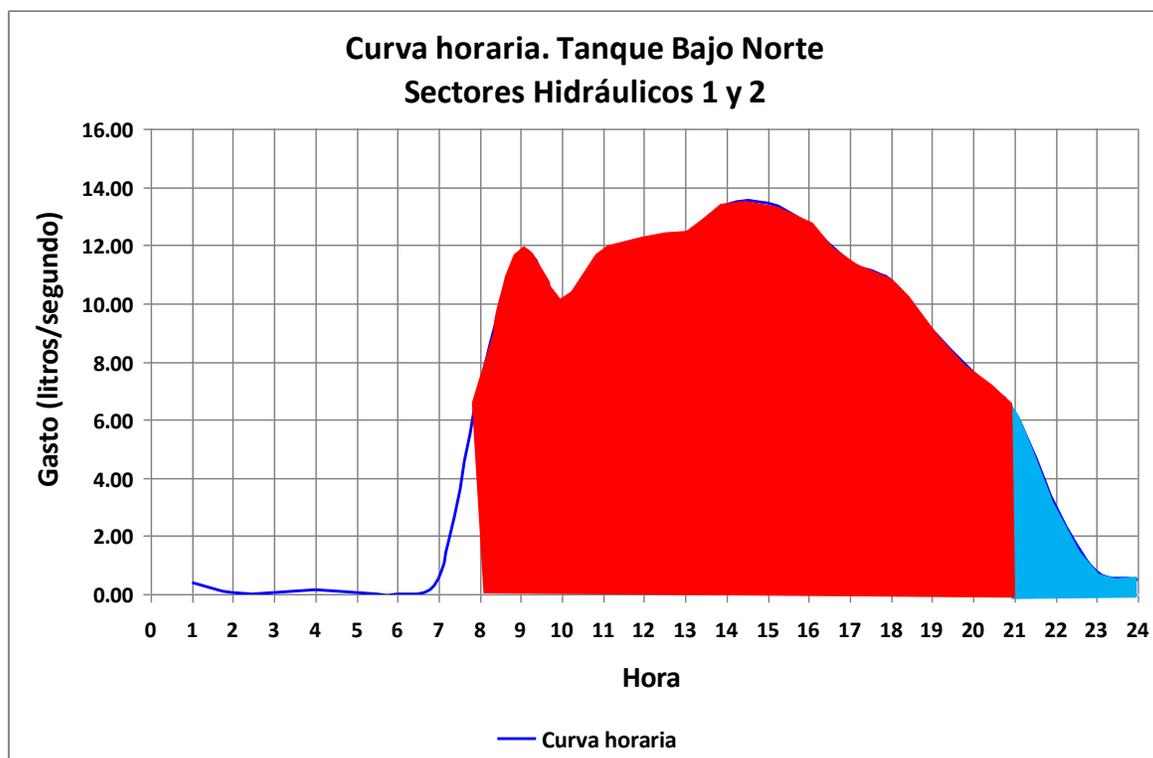


Figura 14. Comportamiento del consumo en los Sectores 1 y 2.

Aún hace falta instalar cinco medidores electromagnéticos a la entrada de cada uno de los cinco Sectores Hidráulico propuestos. En el Anexo de Instalaciones de Medidores Electromagnéticos se muestran los arreglos propuestos para la sectorización y control de presiones, así como el arreglo propuesto para la medición de caudales en los sectores para los que, de acuerdo con la modelación de la red, no es necesaria la instalación de una válvula reguladora de presión.

Sectorización

➤ Sector Hidráulico 1

El Sector Hidráulico 1 alberga a 39 entidades universitarias con una población estimada de 41,500 usuarios por día. De las 39 dependencias que se encuentran en este sector, se puede decir que el 40% son institutos y centros de investigación. Esta clasificación resulta importante, dada la relación que existe entre un tipo de usuario, el modo y, en consecuencia, la cantidad de

agua usada por éste. Mediciones recientes hechas por PUMAGUA muestran que un edificio dedicado a la investigación consume hasta cinco veces más agua que un edificio administrativo, ello se puede ver en el Anexo de Micro Medición. Por ello, definir la actividad de los usuarios y su correlación con la cantidad de agua que éstos consumen, brinda una idea del modo y cantidad de agua empleada en de cada sector.

Hidráulicamente, el Sector 1 cuenta con 14,110 metros de tubería, de los cuales el 70% son de acero, 20% de PVC y 10% de fierro fundido. La edad de la tubería, sobre todo la de acero y fierro fundido, rebasa los 50 años de operación. Se estima que en los meses de alta ocupación los usuarios en este sector demandan hasta 9.61 lps de agua, mientras que en los meses de baja ocupación la demanda estimada disminuye hasta 2.3 lps. La presión media en el sector es de 55 metros de columna de agua o 5.5 Kg/cm², lo que sugiere una alta presencia de fugas visibles y no visibles tanto en la red como en el interior de las dependencias.

En la *Figura 15* se muestra la medición realizada durante una semana con un medidor portátil a la entrada del Sector Hidráulico 1. De acuerdo a las mediciones realizadas se puede observar que en un día lo que entra al sector para abastecer de agua más del 75% se pierde en fugas y el 25% es lo que se requiere para el consumo de las dependencias. Lo que indica el problema que se tiene en CU. También fue posible medir un día que regaron, lo que indica es que se usa el 13% de lo que se usa, 25%, como consumo en el Sector.

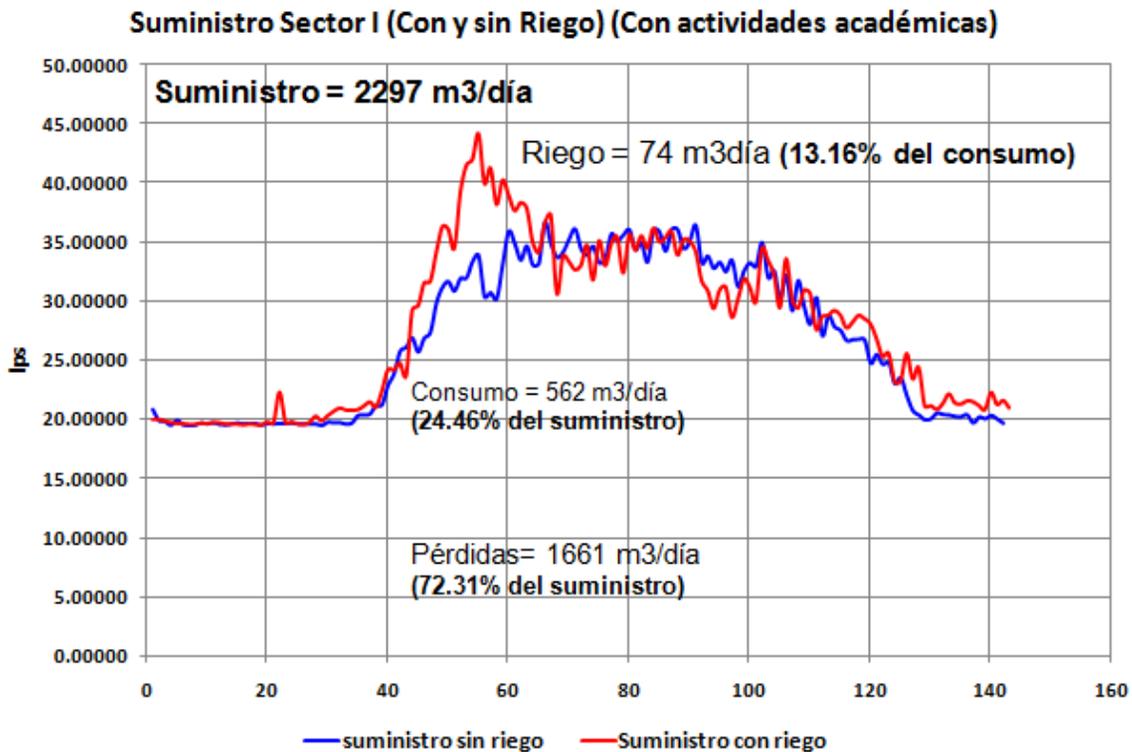


Figura 15. Suministro al Sector Hidráulico 1.

➤ **Sector Hidráulico 2**

El Sector Hidráulico 2 se encuentra arriba del Sector Hidráulico 1; a ambos les suministra agua el Tanque Bajo a través de una línea de 10 pulgadas. Este sector tiene una población estimada de 38,560 usuarios por día y alberga a 20 dependencias universitarias, de las cuales el 40% son de tipo académico y el 30% de tipo administrativo. El grueso de su población se concentra principalmente en facultades. En este sector se puede ubicar a Rectoría, facultad de Arquitectura, Economía e Ingeniería.

Hidráulicamente, el Sector Hidráulico 2 cuenta con 8,884 metros de tubería, de los cuales 90% corresponden a tubería de acero y 10% a hierro fundido. La edad de la tubería, principalmente la de acero y hierro fundido, rebasa los 50 años. Se estima que los usuarios en este sector demandan hasta 8.95 lps de agua. La presión media en el sector es de 40 metros de columna de agua o 4.0 Kg/cm², lo que parece indicarla presencia de fugas visibles y no visibles en la red y en el interior de las dependencias.

Debido a la magnitud de las presiones medias en la red, así como a la magnitud de las fugas, en este sector no se consideró colocar una válvula reguladora de presión. Esta decisión se corroboró con el modelo matemático ya mencionado.

➤ **Sector Hidráulico 3**

Este sector cuenta con 10,545 metros de tubería, de los cuales 40% corresponden a tubería de acero, 25% a hierro fundido y 35% a asbesto. La tubería rebasa los 50 años de edad, fundamentalmente la de acero y hierro fundido; la edad de la tubería de asbesto rebasa los 25 años.

Se estima que los usuarios en este sector demandan hasta 8.10 lps de agua. La presión media es de 45 metros de columna de agua o 4.5 Kg/cm², lo que sugiere una alta presencia de fugas en la red y en el interior de las dependencias.

➤ **Sector Hidráulico 4**

En él se ubican 20 dependencias universitarias, de las cuales el 40% es de tipo administrativo, con una población estimada de 4,510 usuarios. Ahí se localiza el Estadio Olímpico Universitario, con una capacidad máxima de 60,000 personas. Estimaciones hechas muestran que el consumo de agua en un evento con estadio lleno representa hasta 6.94 lps. Este es el sector más pequeño, pues cuenta con sólo 4,510 metros de tubería, de los cuales el 90% es de acero y el 10% restante es de hierro fundido. Se estima que los usuarios en este sector demandan hasta 0.88 lps de agua. La presión media es de 30 metros de columna de agua o 3.0 Kg/cm², que es suficiente para dar servicio a esta zona.

➤ **Sector Hidráulico 5**

Este sector dispone de 15,446 metros de tubería, de los cuales el 20% es de acero y el 80% de PVC. La presión media es baja, de 20 metros de columna de agua o 2.0 Kg/cm², lo que ha

ocasionado que muchos de los institutos de este sector busquen soluciones como equipos hidroneumáticos; además, la mayor parte de las tuberías metálicas presenta incrustaciones.

Fugas en la red

La dificultad para la detección de fugas no visibles, así como la gran extensión de las tuberías (más de 54 km), hacen necesario emplear equipos de punta que permitan localizar estas fallas con mayor rapidez. Se hizo la evaluación técnica, operativa y económica de diferentes equipos de diversas marcas; se seleccionó el que mejor se ajusta a las necesidades de C.U. y se comprobó que cumple con las especificaciones que muestra la ficha técnica del aparato. Así, se ha comprado un geófono y está por adquirirse un equipo de correladores. Con esta tecnología se reducirá el tiempo invertido en la detección de fugas, por lo que se podrá reparar un mayor número de ellas en un lapso menor.

En los sectores 1 y 5 fue necesaria la colocación de equipo portátil durante seis y cuatro días, respectivamente, con la finalidad de poder conocer sus consumos de acuerdo a como se trabajo en esos dos sectores, en tanto que la medición en los sectores 2, 3 y 4 se realizó en dos horas, ya que fue en días inhábiles donde no se tenía actividad en estos tres sectores y lo que se buscaba era el caudal base, o bien el caudal que se está fugando al no tener un consumo por arte de universitarios. Adicionalmente, se volvió a medir durante las vacaciones administrativas de julio y agosto pasado con el fin de confirmar los caudales identificados como fugas.

El equipo portátil utilizado consta de un medidor ultrasónico que cuenta con un intervalo de precisión en sus lecturas de $\pm 0.5\%$, y ha resultado útil para medir caudales en los diversos tipos de material presentes en las tomas y en la red de distribución de C.U. En todos los casos, la medición se hizo sobre un tramo recto para asegurar las condiciones demandadas por el equipo.

La cuantificación de las pérdidas de agua en la red se efectuó a través de las siguientes acciones:

1. Se aislaron los sectores hidráulicos mediante el cierre de las correspondientes válvulas de seccionamiento, comprobando que no existiera algún otro suministro de agua por un punto desconocido por los operadores de la red a través de tuberías que no estén indicadas en el plano.
2. Se hizo una prueba de presión cero en el Sector Hidráulico 1 para evitar la “purga” de la tubería.
3. Una vez verificado cada sector, se instaló un medidor portátil ultrasónico en el punto donde se propone instalar un medidor. Se tomaron los datos de al menos siete días consecutivos, o bien se hicieron mediciones en horarios cuando el consumo por parte de los usuarios fuera mínimo; por ejemplo, en domingos o periodos vacacionales.
4. En las mediciones hechas en los sectores 1 y 5 fue necesario dejar el equipo de medición durante varios días y quedó en resguardo del personal de la DGOyC, mismos que cada diez minutos tomaron y anotaron lecturas en formatos proporcionados por PUMAGUA
5. En gabinete se analizó la información de cada una de las mediciones.

En C.U. el agua se distribuye por gravedad, así como por bombeo directo a la red. Se ha demostrado que esta forma de operación no es la adecuada, sino se debería distribuir el agua por gravedad ya que se propicia una alta frecuencia de rotura en las tuberías y, en consecuencia, una elevada cantidad de fugas. Durante las mediciones de pérdidas de agua hechas durante este programa de medición fue necesario garantizar el suministro de agua a la red por gravedad, lo cual se logró con personal de la DGOyC para garantizar que el caudal registrado en el equipo de medición representara el caudal que ingresa a cada sector. En la *Tabla 3* se muestran los diámetros de las tuberías que alimentan a cada uno de los sectores, el material de la tubería y la línea de conducción de entrada de donde inicia.

Tabla 3. Características de las tuberías que alimentan a cada sector hidráulico.

SECTOR	ENTRADA	CARACTERÍSTICAS	
		Diámetro (pulgadas)	Material
I	Facultad de Ingeniería	10	Acero al carbón
II	Tanque bajo	12	Acero al carbón
III	Pozo II	12	Acero al carbón
IV	Tanque alto	12	Acero al carbón
V	Tanque Vivero Alto	20	Acero al carbón

Los resultados de las mediciones en cada uno de los sectores, que se obtuvieron de acuerdo con el procedimiento, se muestran en la *Tabla 4*. Se cuantificaron fugas en los cinco sectores por un total de 50 litros por segundo, las cuales se presentan en la red principal e interior de los edificios.

Tabla 4. Fugas por sector en C.U.

SECTOR	Q _{FUGAS} lps	Volumen _{FUGAS} m ³ /día
I	20	1728.0
II	5	432.0
III	11	950.4
IV	1.6	138.2
V	13	1123.2
Suma	50.6	4371.84

➤ Fugas en el Sector Hidráulico 1

Durante 2007 la DGOyC atendió 112 reportes de fugas en este sector, que equivalen al 47% del total de las fugas reportadas a esta dependencia en toda C.U. durante ese año. En 2008 se atendieron 94 fugas, lo que representó el 37 % de todos los reportes atendidos. Hasta junio de 2009, se habían reportado 57 fugas (44% del total de fugas reportadas en el campus).

Para las mediciones de los volúmenes de fugas, se cerró un total de 11 válvulas de seccionamiento, de manera que el suministro se diera por una sola tubería de 10 pulgadas ubicada por debajo de la Facultad de Ingeniería (ver *Figura 16*).



Figura 16. Cruceos donde se localizan las válvulas de seccionamiento cerradas.

Una vez aislado el Sector 1, se colocó un medidor portátil ultrasónico sobre una tubería de 10 pulgadas de acero ubicada por debajo de la Facultad de Ingeniería. El equipo de medición fue colocado durante una semana en ese sitio y personal de la DGOyC tomó datos de lectura de los caudales instantáneos que arroja el medidor, el cual cuenta con un data logger. Con esta información fue posible obtener tanto el consumo como las pérdidas presentes en el Sector 1. La DGOyC llevó un registro de las mediciones, como comprobación de la información almacenada, que se muestra en la *Figura 17*.

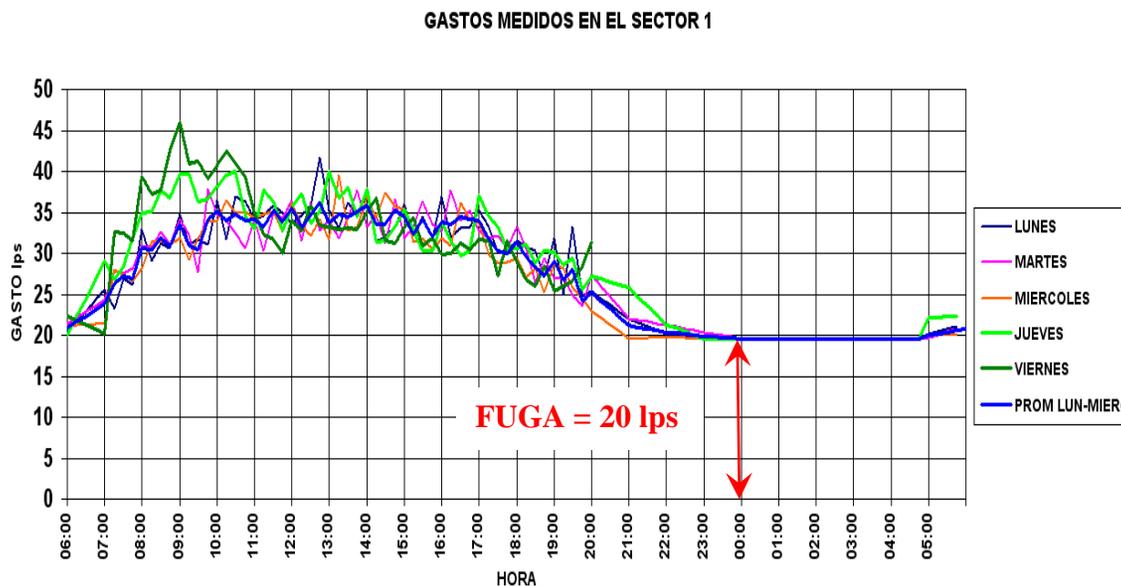


Figura 17. Gastos medidos en el Sector 1.

Como se puede observar en la *Figura 17* las mediciones arrojaron que en este sector se pierden en fugas 20 lps; es decir, $1,661 \text{ m}^3/\text{día}$ de los $2,297 \text{ m}^3/\text{día}$ que se suministran, por lo que las fugas equivalen al 72% del suministro total. Este dato se obtuvo durante las horas nocturnas, cuando no se tiene un consumo significativo. Se puede apreciar que el suministro de agua es continuo, lo que refleja una gran cantidad de fugas en este sector.

Los picos que se observan en la gráfica anterior durante la mañana de los jueves y viernes corresponden al riego con agua potable durante esos dos días que se regaron las áreas verdes de ese sector por la mañana, lo que equivale en el consumo de agua potable de $74 \text{ m}^3/\text{día}$ que representa sólo el 25% del suministro total de $2297 \text{ m}^3/\text{día}$.

Bajo este escenario resulta evidente la necesidad de instalar una válvula reguladora de presión a la entrada de este sector, de modo que, al disminuir la presión, disminuya la frecuencia de rotura de tuberías y, en consecuencia, el caudal perdido. Se estima que con la instalación de esta válvula se puedan disminuir hasta 12 lps. Este tipo de válvulas pueden ser programadas para cada día del año o pueden programarse para disminuir presiones durante la noche y vacaciones, periodos en los que, debido a la baja demanda, la presión y pérdidas de agua se incrementan.

➤ Fugas en el Sector Hidráulico 2

Durante 2007 la DGOyC atendió en este sector 29 reportes de fugas, lo que representó el 12% del total de fugas reportadas a esta dependencia durante ese año. En 2008 se atendieron 40 fugas, equivalentes al 16 % de los reportes atendidos. Hasta junio de 2009, se habían reportado en este sector 19 fugas que representan el 18% de las 128 que se habían atendido hasta esta fecha en toda C.U.

Para llevar a cabo la medición en el sector hidráulico 2 se cerraron dos válvulas de seccionamiento, de manera que el suministro se diera por una sola tubería de 12 pulgadas ubicada por debajo de la estación de bomberos de la Universidad. Esta tubería es la misma que suministra agua al sector hidráulico 1. Para la medición en este sector sólo fue necesario desencofrar la tubería por la cual se suministra agua, de manera que se permitiera la colocación del medidor portátil (ver *Figura 18*).



Figura 18. Colocación de medidor y medición de pérdidas en el Sector 2.

La *Figura 19* se muestra el suministro que se da a la entrada del sector hidráulico 2. Se midió un gasto base de 25 lps, lo que indica pérdidas en la red debido a que durante la noche se sigue alimentando al sector. Cabe señalar que la tubería que alimenta al Sector 2 también suministra agua al Sector 1; por lo tanto, de esos 25 lps se sabe que 20 lps corresponden al Sector 1, ubicado aguas abajo del Sector 2, de modo que las pérdidas en el Sector 2 suman 5 lps (ver *Figura 19*).

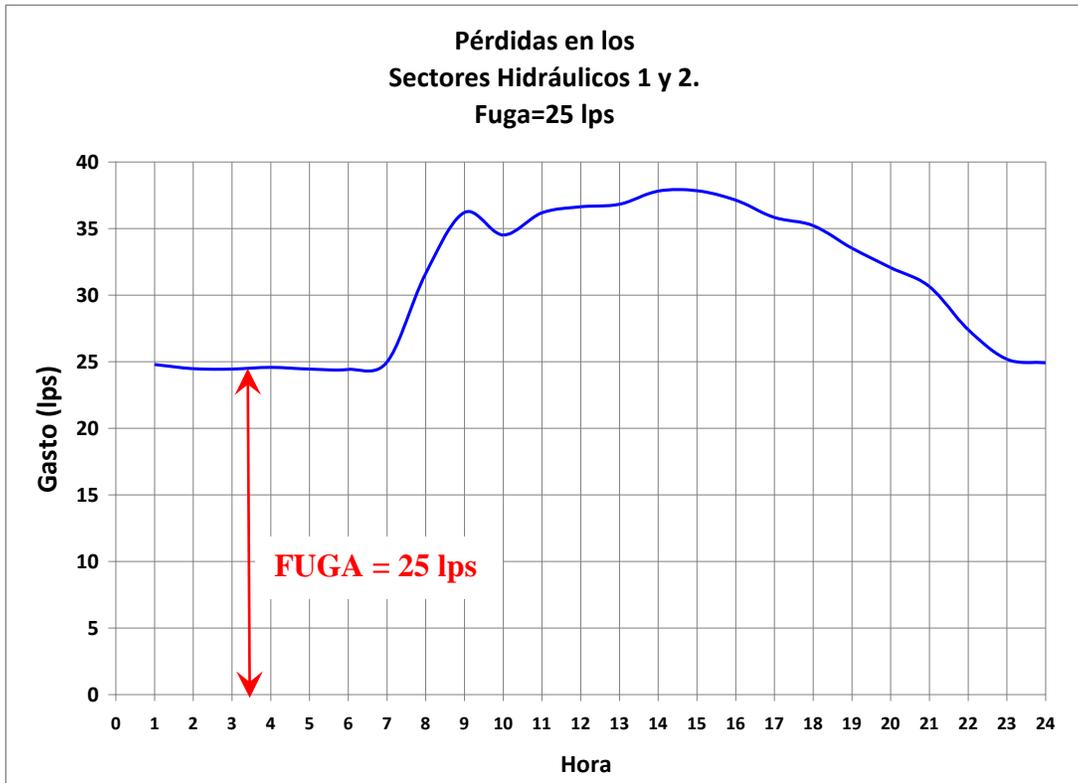


Figura 19. Medición de pérdidas en los Sectores hidráulicos 1 y 2.

➤ Fugas en el Sector Hidráulico 3

Durante 2007 la DGOyC atendió en este sector 59 reportes de fuga, equivalentes al 25% de las fugas reportadas a esta dependencia durante ese año. En 2008 se atendieron 71 fugas que representaron el 28.5 % de los reportes atendidos. Hasta junio de 2009 se habían reportado en este sector 32 fugas; es decir, el 25% de las 128 que se habían atendido hasta ese mes.

Para las mediciones de caudal en el Sector hidráulico 3, (ver *Figura 20*) fue necesario descubrir una tubería de 12pulgadas de acero al carbón, y se realizaron con el mismo medidor ultrasónico. Esta tubería se ubica en un costado del estadio de prácticas de béisbol o en un costado del Pozo Multifamiliar. Para seccionar este sector fue necesario el cierre de dos válvulas.



Figura 20. Colocación de medidor y medición de pérdidas en el Sector 3.

Las mediciones se llevaron a cabo los domingos entre las 09:30 horas y las 15:00 horas. Los resultados de las mediciones en días inhábiles muestran que las pérdidas de agua en este sector hidráulico 3 ascienden a 11 lps (ver *Figura 21*). De nuevo se puede observar que el suministro es siempre mayor que cero, aún considerando que en los domingos no hay consumos relevantes, tratándose de una zona que alberga principalmente facultades.

Bajo este escenario planteado y junto con la modelación, resultó necesario instalar una válvula reguladora de presión a la entrada de este sector, con la que se estima reducir las fugas hasta los 5 lps.

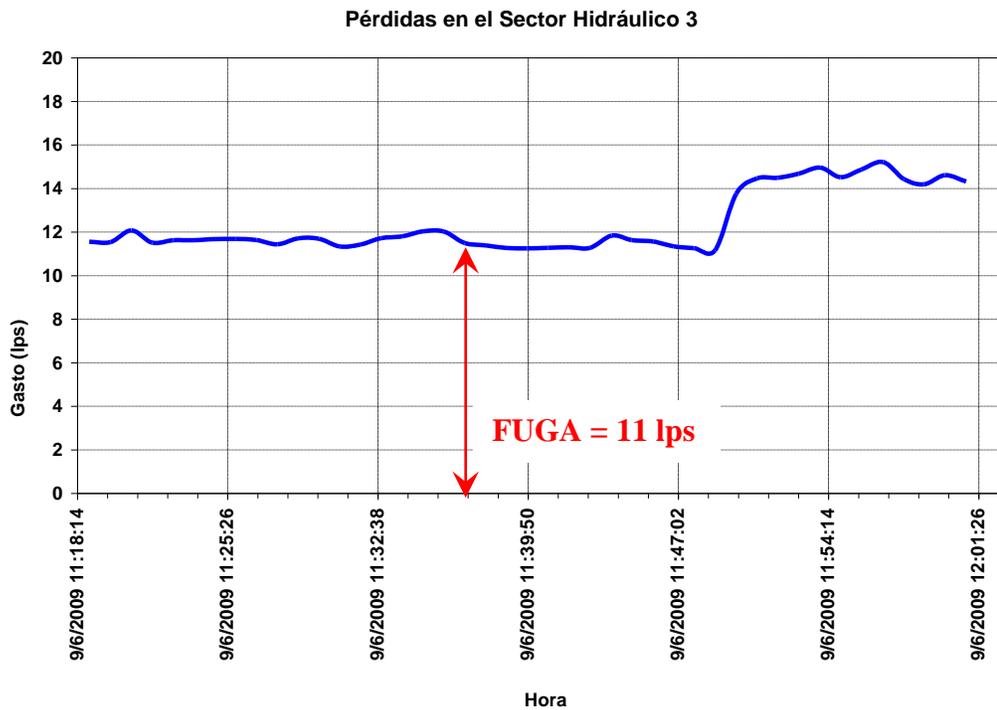


Figura 21. Pérdidas en el Sector 3.

➤ **Fugas en el Sector Hidráulico 4**

Para medir el gasto de agua en el Sector 4, ver *Figura 22*, no se requirió aislarlo mediante el cierre de válvulas, dado que se alimenta directamente de una tubería de 12 pulgadas de acero al carbón proveniente del Tanque Alto.



Figura 22. Medición de pérdidas en el Sector 4.

El suministro de este sector es independiente de los demás sectores. Para colocar el medidor, se requirió que personal de la DGOyC descubriera la tubería que se mantenía encofrada. Las mediciones mostraron que en este sector, que tiene un carácter principalmente administrativo, se pierden 1.6 lps (ver *Figura 23*).

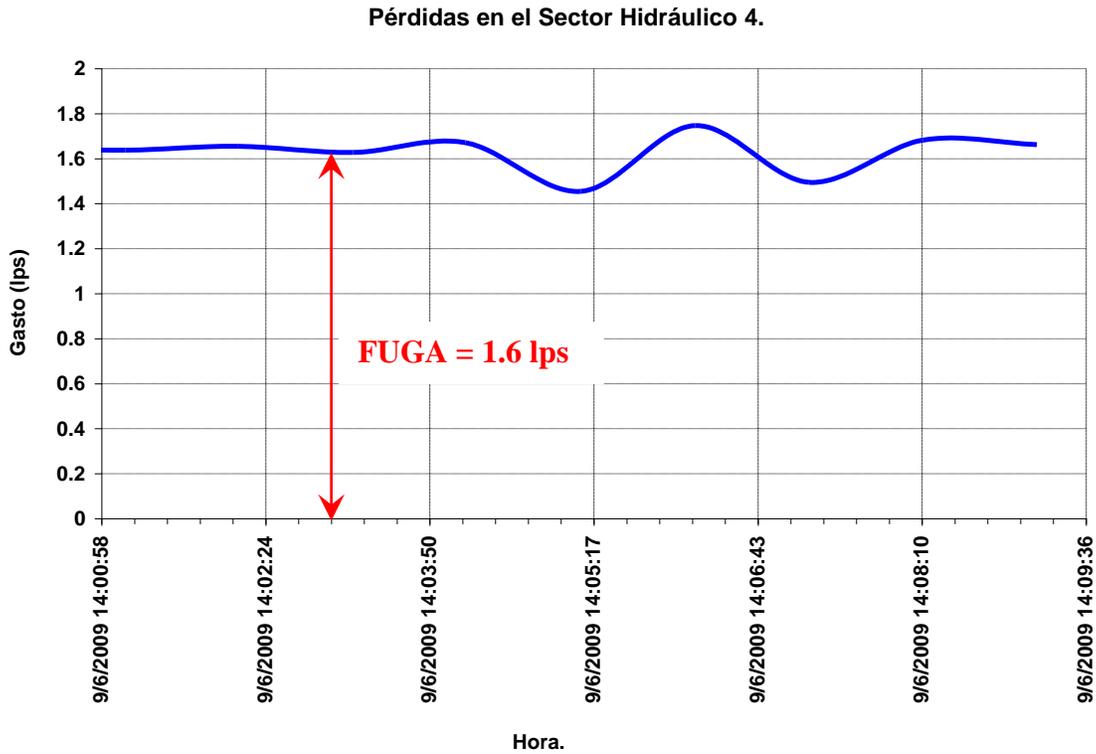


Figura 23. Pérdidas en el Sector hidráulico 4

➤ **Fugas en el Sector Hidráulico 5**

El Sector hidráulico 5 es el segundo sector con menos reporte de fugas en los tres años analizados. Durante 2007 se registraron 28 reportes de fuga, lo que representó tan sólo el 11.80% de las fugas durante ese año. En 2008 se atendió un número similar (29 fugas), y hasta junio de 2009 se había reportado en este sector un total de 15 fugas, equivalentes al 11.7% de las 128 que se habían atendido hasta esa fecha en toda C.U. Sin embargo, aunque el número de fugas no es elevado, el caudal perdido sí lo es, aunque la tubería de este sector es la que se instaló más recientemente en C.U. Ver *Figura 24*.

Para medir el caudal de fugas fue necesario el cierre de dos válvulas a modo de aislar el sector y garantizar que el suministro se hiciera sólo por gravedad. La medición en este sector se hizo sobre una tubería de 20 pulgadas ubicada aguas abajo del Tanque de Vivero Alto; se inició un viernes por la mañana y concluyó un lunes por la tarde.



Figura 24. Medición de pérdidas en el Sector 5.

Mediante las mediciones realizadas con un equipo portátil, se detectó una pérdida de 13 lps (ver Figura 25), poco más de la mitad de pérdidas medidas en el Sector 1, con la diferencia de que en este último se registra una presión media de 55 metros de columna de agua en tubería metálica. En cambio, el 80% de la tubería en el Sector 5 es plástica y la presión media en la red es de 20 metros de columna de agua, situación preocupante si se considera que la mayor parte de esta tubería no rebasa los 20 años de haber sido instalada..

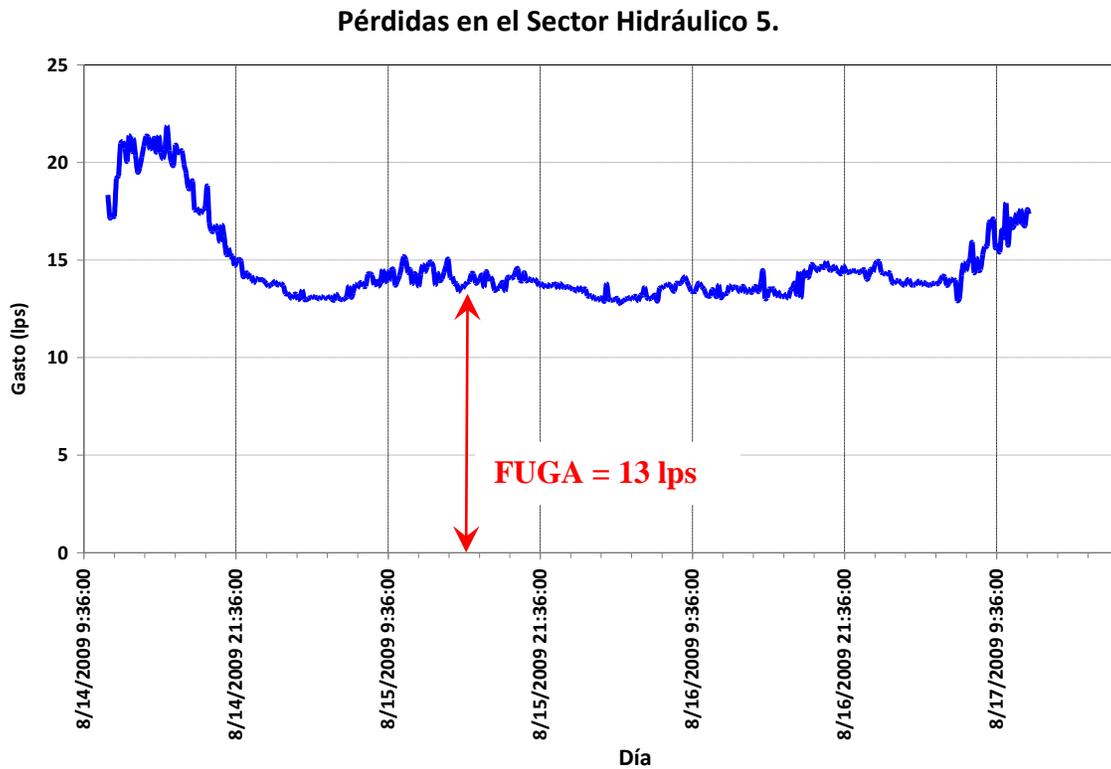


Figura 25. Pérdidas en el Sector 5.

En resumen, las mediciones realizadas en los 5 sectores hidráulicos confirman las hipótesis planteadas durante el diagnóstico, a pesar de la escasez de información con la que éste fue elaborado. Los medidores electromagnéticos registran en promedio una extracción de agua en los pozos de 100 lps y un máximo de 170 lps. De los 100 lps extraídos, el 50% se pierde en fugas, tanto en la red como en el interior de las dependencias universitarias. Las pérdidas actuales de agua son equivalentes a desperdiciar toda el agua que se extrae del Pozo Vivero Alto durante 24 horas.

La medición de las pérdidas de agua permite visualizar la magnitud del problema y es el sustento para proponer estrategias y acciones que busquen aminorarlo. Por otro lado, estas estrategias deben incluir las zonas y etapas en las cuales la inversión de recursos económicos reditúe en mayores ahorros de agua.

Con base en el análisis de la información obtenida de las fugas y en el trabajo realizado con la DGOyC, se ha notado la necesidad de formar grupos de trabajo en la etapa de proyecto con el objetivo de lograr una efectiva detección y localización de estas pérdidas. Las dos propuestas específicas para ello son las siguientes:

- 1) Introducción del formato de reporte de fuga para el personal de la red de agua potable de la DGOyC

Tiene como objetivo formar una base de datos confiable de la incidencia de fugas en C.U., con datos verídicos, oportunos, suficientes y específicos. Asimismo, se logrará aportar información suficiente que sea de utilidad para el conocimiento de costos de las reparaciones hechas, con el objeto de lograr una mejor programación del presupuesto asignado a cada departamento en un determinado periodo, así como impulsar la mejor administración del tiempo y productividad de los trabajadores del mismo.

- 2) Formación de una brigada en la DGOyC para la detección y registro de fugas

Su objetivo es introducir a los trabajadores al uso del formato y capacitarlos en los procedimientos a seguir en la detección, aforo y reporte de las fugas. La capacitación representa un beneficio para el trabajador, en su formación y enriquecimiento de habilidades, y para la Universidad, que tendrá trabajadores preparados para una mejor operación de la red de agua potable, contando con equipos de punta para la detección de fugas como geófonos y correladores.

Micro medición

La cuantificación del consumo por parte de los usuarios o dependencias de C.U. implica la instalación de micro medidores en la toma de cada dependencia universitaria. Los medidores seleccionados para la micro medición son de tipo volumétrico y funcionan bajo un sistema de transmisión automática de lectura por radiofrecuencia, la cual consiste en una red de equipos distribuidos físicamente, denominados “concentradores”, comunicados entre sí (ver *Figura 26*). Se captan las lecturas de los medidores cercanos y se transmiten de nodo en nodo hasta que

finalmente se concentran todas ellas en uno o más puntos comunes donde se entregan a una computadora.

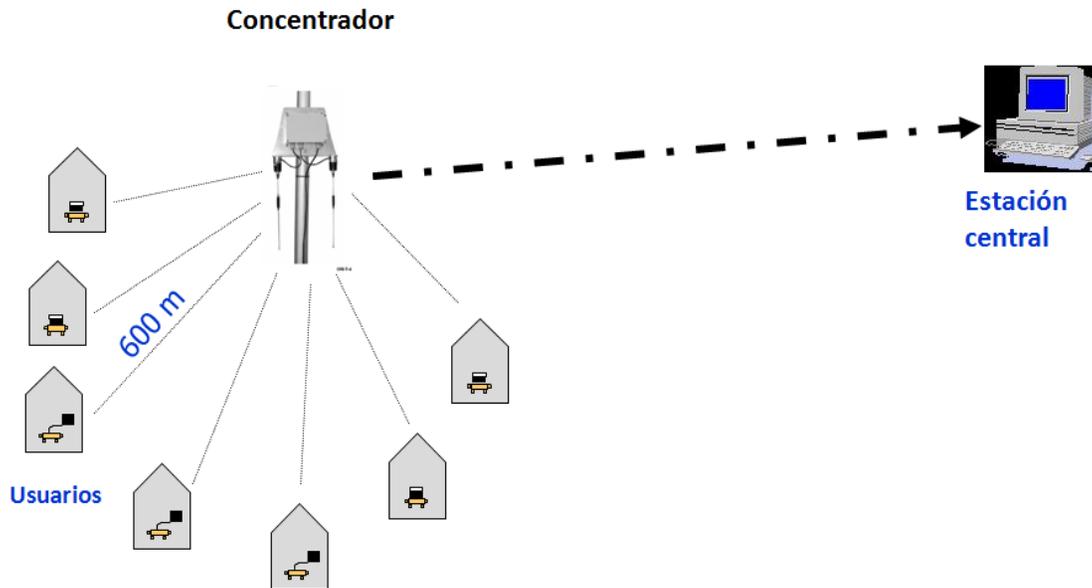


Figura 26. Esquema del sistema de medición por radiofrecuencia implantado por PUMAGUA.

Todos los equipos de medición cuentan con data logger y un sistema de transmisión de datos, el cual envía una señal de radio de 900 MHz a un equipo repetidor; o bien, la señal es recibida directamente en un equipo concentrador o Gateway, el cual tiene la capacidad de recibir la señal hasta de 2,000 transmisores (medidores) con la finalidad de disponer de la información en tiempo, forma y calidad para su posterior análisis. En conjunto, estos elementos forman parte del Sistema Automático de Lectura AMR (en inglés Automatic Metering Reading), el cual utiliza transmisión inalámbrica. La información se canaliza vía red en una central donde es procesada mediante un software, lo que hace posible la obtención de gráficas de consumo al tiempo de hacer más rápido el análisis de la información. PUMAGUA espera completar este sistema al término del primer semestre de 2010.

A la fecha se tienen 40 medidores de agua instalados en 13 dependencias universitarias, lo que representa un 40% de avance en estos trabajos. Se tiene proyectada la instalación de otros 33 medidores más en otras 13 dependencias. Con la instalación de los 73 medidores se tendrá un avance del 67% de la meta propuesta para este año 2009, de los 300 medidores que se estiman hay que colocar en C.U.

El modo y la cantidad de agua utilizadas por las diferentes dependencias de C.U. cambia en función de las actividades que se llevan a cabo en las instalaciones de cada una de ellas; por ejemplo, una dependencia de tipo administrativo utiliza el agua en modo muy diferente a una dependencia de tipo académico. Estas divergencias en cuanto a la forma y cantidad de agua fundamentan lo que se ha convenido denominar "tipo de usuario". Un tipo de usuario se describe como la actividad a la cual está dedicada una dependencia universitaria, o bien, en la cual muestra una mayor tendencia. PUMAGUA ha definido cinco tipos de usuario con fines meramente de clasificación y análisis, todos ellos presentes en Ciudad Universitaria:

Académico	(Usuario tipo A)
Investigación	(Usuario tipo B)
Cultural	(Usuario tipo C)
Administrativo	(Usuario tipo D)
Servicios	(Usuario tipo E)

La clasificación anteriormente mostrada resulta útil dada la relación que existe entre un tipo de usuario, el modo y, en consecuencia, la cantidad de agua usada por éste. Mediciones recientes hechas por PUMAGUA muestran que un usuario dedicado a la investigación consume hasta cinco veces más agua que un usuario administrativo. Así, al identificar la tendencia de usuarios dentro de un sector hidráulico y correlacionarla con la cantidad de agua que éstos consumen, se obtiene una idea del modo y cantidad de agua empleada dentro de este sector. Los patrones de consumo de cada tipo de usuario se muestran en la *Figura 27*.

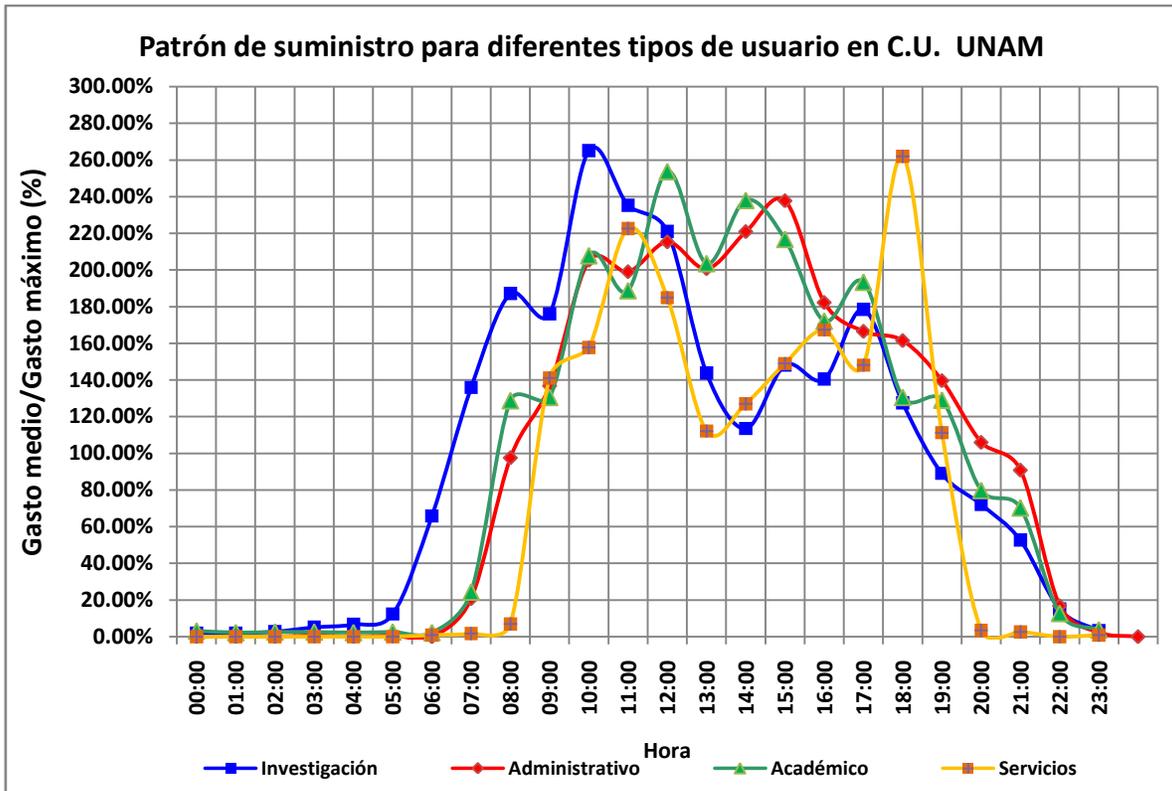


Figura 27. Patrón de consumo de diferentes tipos de usuario presentes en Ciudad Universitaria.

Para este análisis se tomó exclusivamente el consumo, teniendo como referencia las mediciones de un edificio por cada tipo de usuario definido y se obtuvo un patrón de suministro en términos de porcentaje respecto al gasto promedio, el cual fue comparado con los patrones de los demás usuarios.

Los resultados indican que, por ejemplo, el patrón de suministro para cada tipo de usuario es diferente: Hora de inicio de actividades, horas de receso, cambios clase, término de actividades, Hora de término, etc. La razón de ello puede deberse a que en una dependencia dedicada a la

investigación se cuenta con gran número de equipos de laboratorio que demandan agua durante las 24 horas del día, o bien, que estos equipos demandan una gran cantidad de agua cuando operan. En cambio, en una dependencia exclusivamente académica y administrativa el agua se utiliza mayoritariamente en los sanitarios por parte de los alumnos y personal del edificio. Un usuario de servicios emplea la mayor parte del agua una vez terminada la hora de la comida o cuando es necesario lavar los utensilios del establecimiento. En cambio, en una dependencia exclusivamente académica y administrativa el agua se utiliza mayoritariamente en los sanitarios por parte de los alumnos y personal del edificio. Un usuario de servicios emplea la mayor parte del agua una vez terminada la hora de la comida o cuando es necesario lavar los utensilios del establecimiento.

En términos generales, la demanda de agua por parte de los diferentes tipos de usuario se expresa de la siguiente manera: de las 00:00 hrs. a las 7:00 hrs. se presenta el 1.21% de la demanda, en tanto que de las 07:00 hrs. a las 22:00 hrs. el 98.23%, y de las 22:00 hrs. a las 24:00 hrs. el 0.57%, tal y como lo muestran la *Figura 28*.

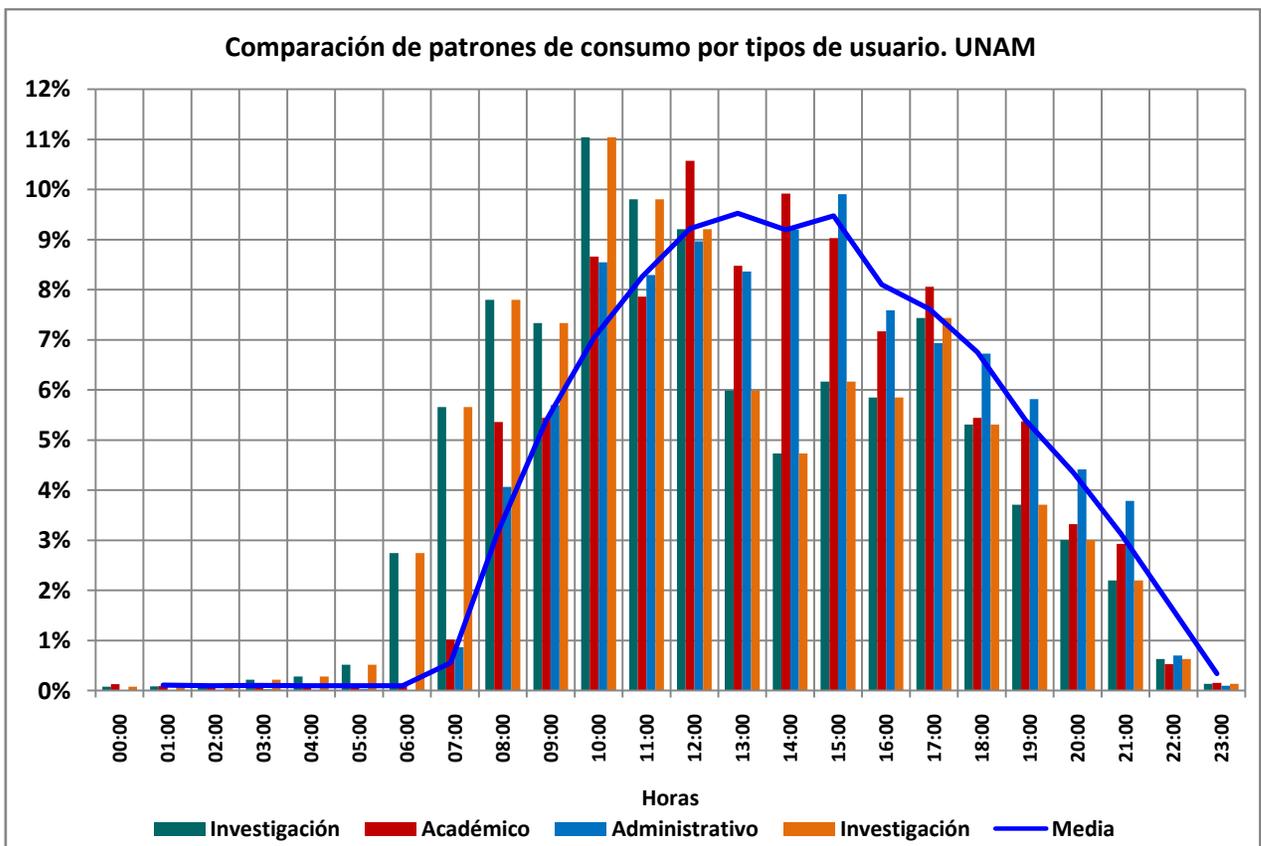


Figura 28. Comparación de suministro horario por tipo de usuario en términos del total del suministro por tipo de usuario.

De acuerdo con el análisis realizado, se cuenta con los coeficientes de variación que se derivan de la fluctuación de la demanda debido a las actividades desarrolladas en cada dependencia. Los requerimientos de agua dentro de cada instalación no son constantes durante el año ni el día, sino que la demanda varía en forma horaria y diaria. En atención a la importancia de estas

fluctuaciones, es necesario obtener el gasto máximo horario, el cual se determina multiplicando el coeficiente de variación horaria por el gasto medio diario (Ecuación 1). La Comisión Nacional del Agua publicó valores para este coeficiente resultando éste de 1.55.

$$Q_{\max} = C_{vd}Q_{\text{med}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

Q_{\max} = Gasto máximo horario, en litros/segundo

Q_{med} = Gasto medio diario, en litros/segundo

C_{vd} = Coeficiente de variación diaria

Con los análisis elaborados, PUMAGUA ha obtenido los valores de estos coeficientes para los diferentes tipos de usuario ya previamente mencionados, y se calcularon a partir de la Ecuación 2.

$$C_{vd} = \frac{Q_{\max}}{Q_{\text{med}}} \quad \text{Ecuación 2}$$

Estos coeficientes se muestran en la *Tabla 5*.

Tabla 5. Coeficientes de variación diaria (C_{vd}) obtenidos por PUMAGUA.

Usuario	C_{vd}
Académico	2.53
Investigación	2.65
Administrativo	2.37
Servicios	2.62
Promedio	2.54

Variación del gasto horario. Usuario tipo A (Académico)

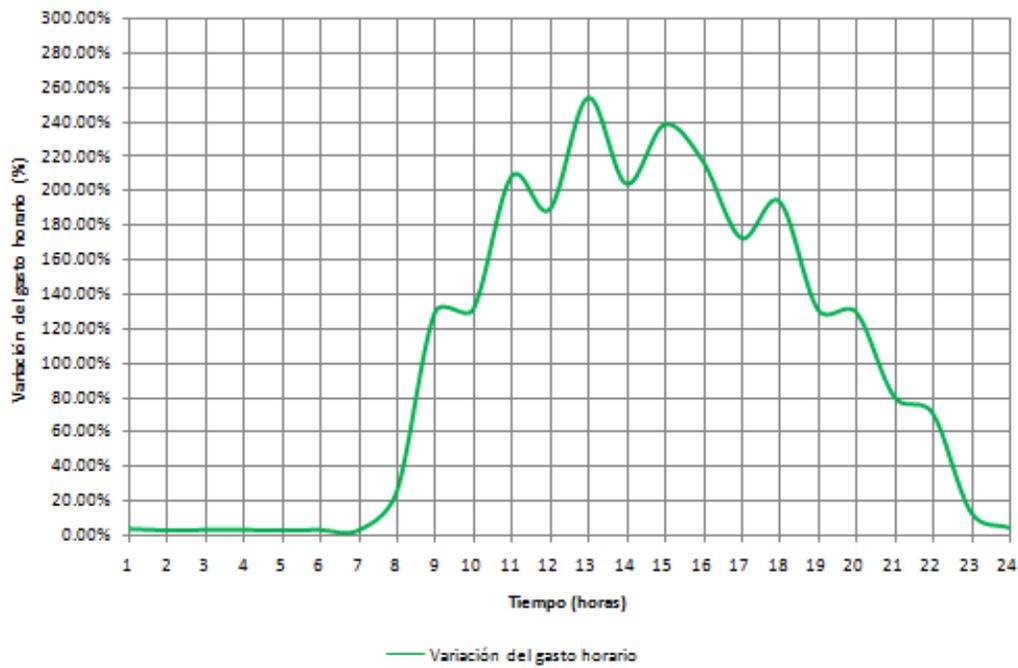


Figura 29. Variación del gasto horario en usuarios tipo A(Académico).

Variación del gasto horario. Usuario tipo B (Investigación)

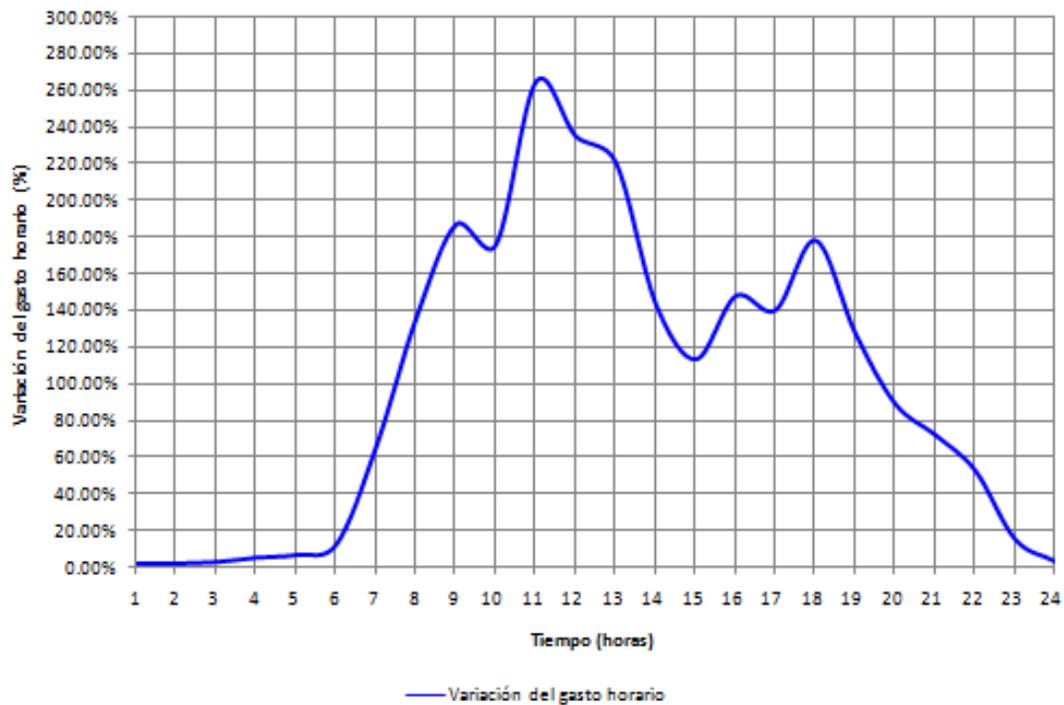


Figura 30. Variación del gasto horario en usuarios tipo B (Investigación).

Variación del gasto horario. Usuario tipo D (Administrativo)

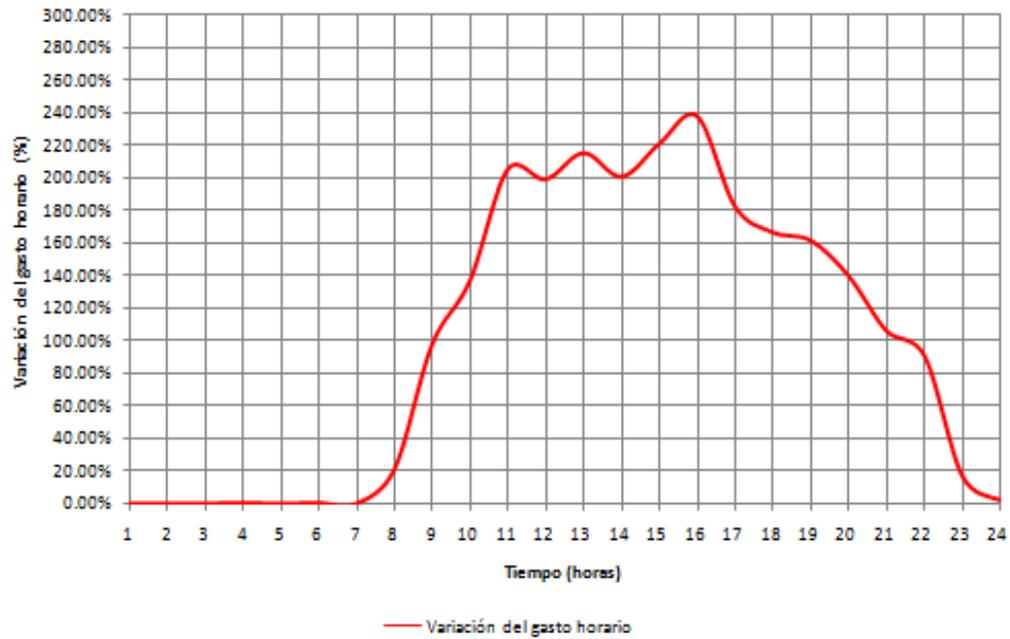


Figura 31. Variación del gasto horario en usuarios tipo D (Administrativo).

Variación del gasto horario Usuario tipo E (Servicios)

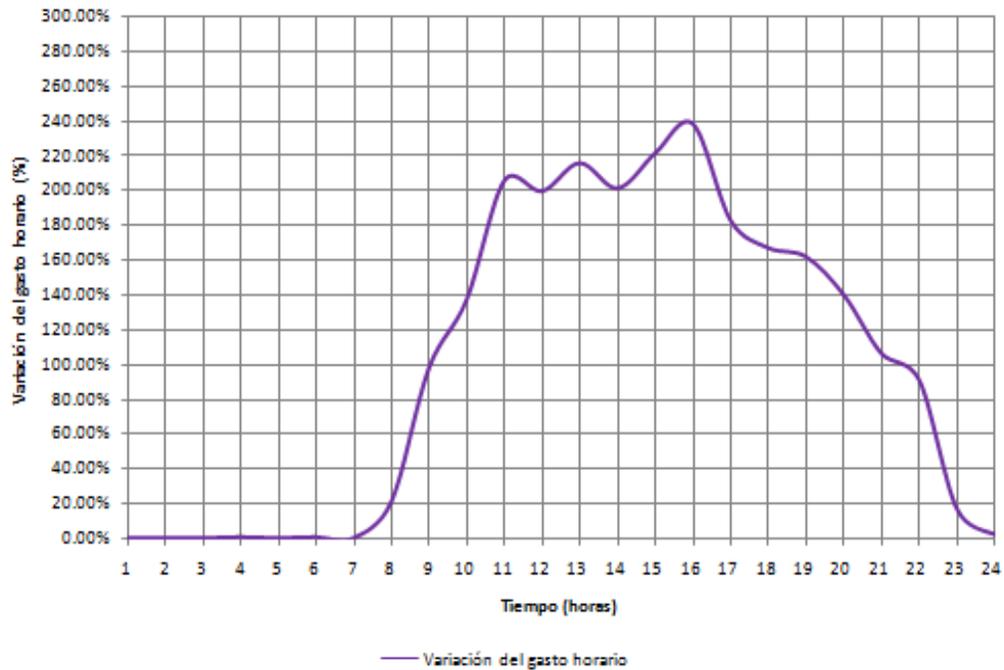


Figura 32. Variación del gasto horario en usuarios tipo E (Servicios).

En el caso del usuario de tipo C, Cultural, de momento no se dispone de información que sirva de base para el cálculo de este coeficiente.

Con la información de los 40 medidores instalados es posible cuantificar las fugas dentro de los edificios; para ello se recurre generalmente a la curva de medición obtenida a partir de la información que almacena cada medidor. Existe otra manera de conocer si en un edificio existe una fuga, la cual consiste en hacer la verificación con un equipo portátil de recolección de datos (Trimble Ranger), que es útil para recolectar lecturas de medidores equipados con un transmisor de radio. El transmisor posee un algoritmo que envía una señal de “fuga potencial” cuando el medidor que se pretende leer no ha dejado de operar al menos 24 horas continuas. Esta misma señal la recibe el equipo central, en donde se recolectan las lecturas de los diversos medidores instalados. La posible fuga se comprueba una vez descargada la información del medidor.

Con la curva horaria obtenida a partir de la información de un medidor, es posible notar un consumo continuo durante 24 horas. Esto es lógico en el caso de un edificio en donde existen equipos que demandan agua precisamente durante 24 horas, pero no en edificios en donde las actividades se desarrollan exclusivamente durante el día. Cuando éste es el caso, se dice que el edificio cuenta con una fuga en su interior, y una forma de cuantificar esta fuga es a partir del suministro nocturno, que es aquel suministro registrado por el medidor desde las 00:00 hrs a las 07:00 hrs, cuando, según los patrones de consumo obtenidos, se presenta sólo el 1.21% del total de la demanda; no obstante, una fuga ocurre continuamente durante las 24 horas del día, por lo que su cuantificación a partir del suministro nocturno se expresa con la siguiente relación:

$$Q_{fuga} = \left(\frac{24}{7}\right) Q_{nocturno} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

Q_{fuga} = Gasto de fuga, en litros/segundo

$Q_{nocturno}$ = Gasto nocturno, en litros/segundo

Con el análisis antes descrito, es posible obtener el consumo per cápita, que es la cantidad de agua asignada a cada usuario, considerando todos los consumos y sin tomar en cuenta las pérdidas físicas; sus unidades están dadas en litros/habitante/día.

La instalación de medidores ha permitido detectar fugas en el interior de las dependencias y ha sido posible cuantificarlas a partir del suministro nocturno (Ecuación 3).

A continuación se presenta brevemente la cuantificación del suministro mensual por dependencia con medidor instalado, el suministro diario promedio de lunes a viernes, así como el correspondiente a los sábados y domingos. Asimismo, se muestra el volumen mensual y diario de pérdidas de agua por dependencia; esto último ha permitido conocer el nivel de fugas en el interior de las dependencias.

i) Instituto de Ingeniería

En el Instituto de Ingeniería se instaló un total de 12 medidores. En él diariamente son necesarios 17.88 m³ de agua para la ejecución de las actividades que se desarrollan de lunes a viernes, mientras que durante los fines de semana el suministro disminuye hasta en un 82%, principalmente en los domingos. Las fugas en el Instituto son del orden del 12.12 %, tal y como lo muestra la *Figura 33*.

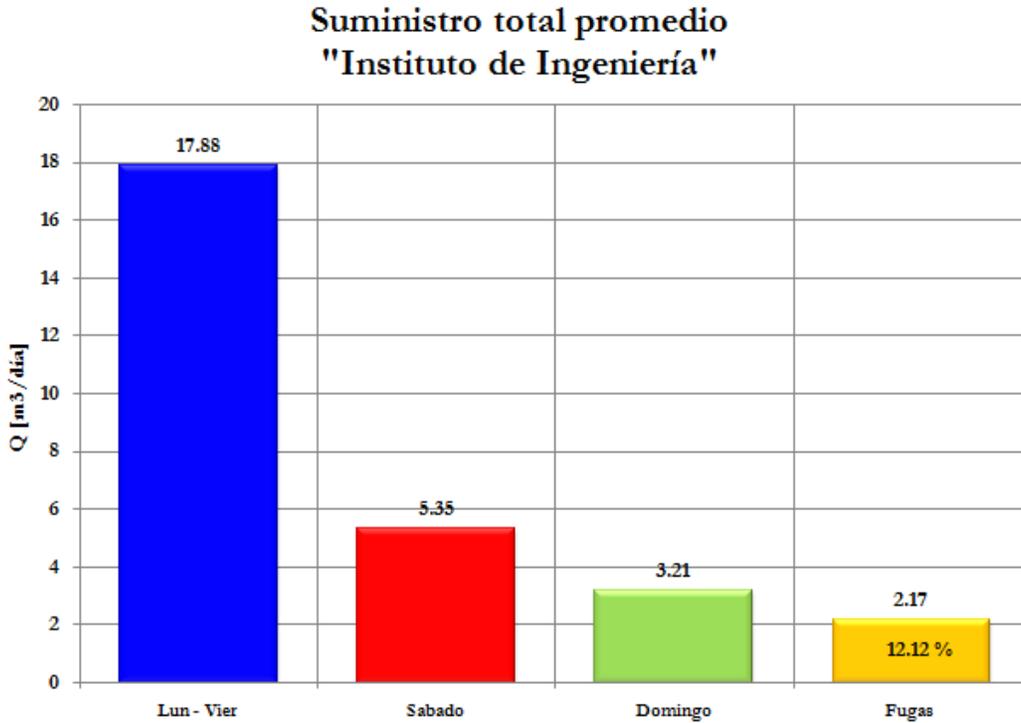


Figura 33. Suministro promedio diario en el Instituto de Ingeniería de la UNAM.

De la *Figura 33* se puede concluir que los en sábados las fugas equivalen al 40% del suministro, mientras que en los domingos representan el 67%. Por otra parte, los edificios 1, 5, 7, 12 y 18 son los que concentran el mayor suministro. Los edificios con mayor incidencia de fugas son los edificios 1, 3, 7, 12 y 18, en donde ocurre el 82% de las fugas presentes en el Instituto. Ver la *Figura 34*.

Suministro promedio en cada Edificio "Instituto de Ingeniería"

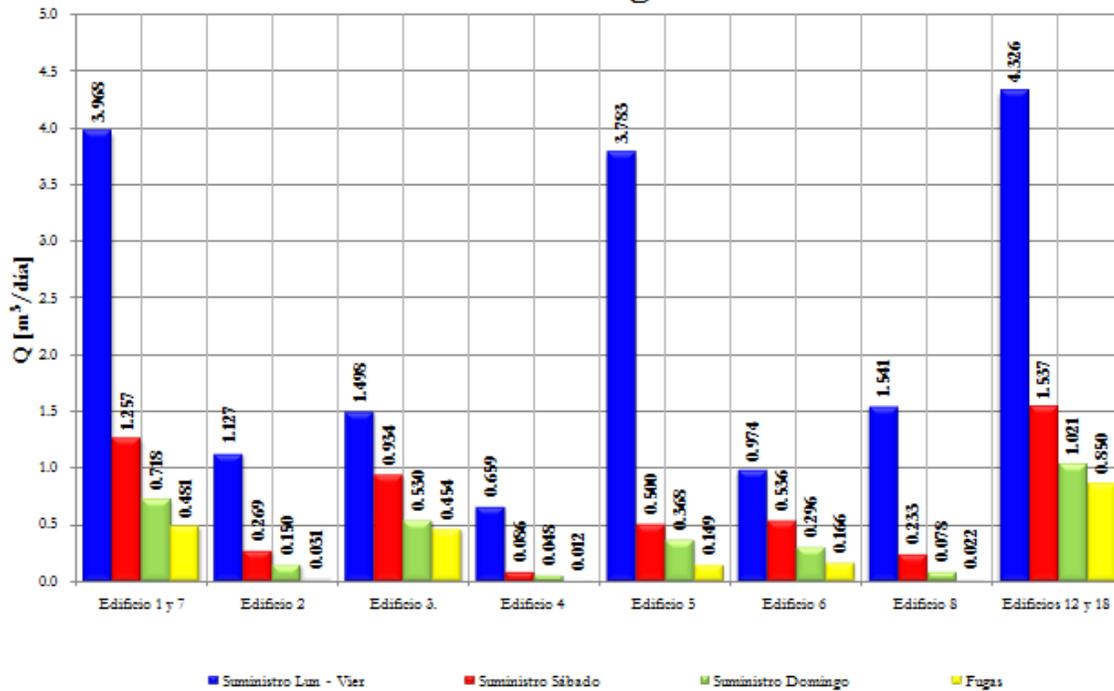


Figura 34. Suministro promedio por edificio en el Instituto de Ingeniería de la UNAM.

En promedio, mensualmente el suministro es de 530 metros cúbicos; de estos, 64.23 metros cúbicos se pierden en fugas. Durante septiembre de 2009 el Instituto realizó una fuerte campaña de reparación de fugas en sus instalaciones; con ello, se logró disminuir el suministro mensual hasta en un 27%, tal y como lo muestra la Figura 35.

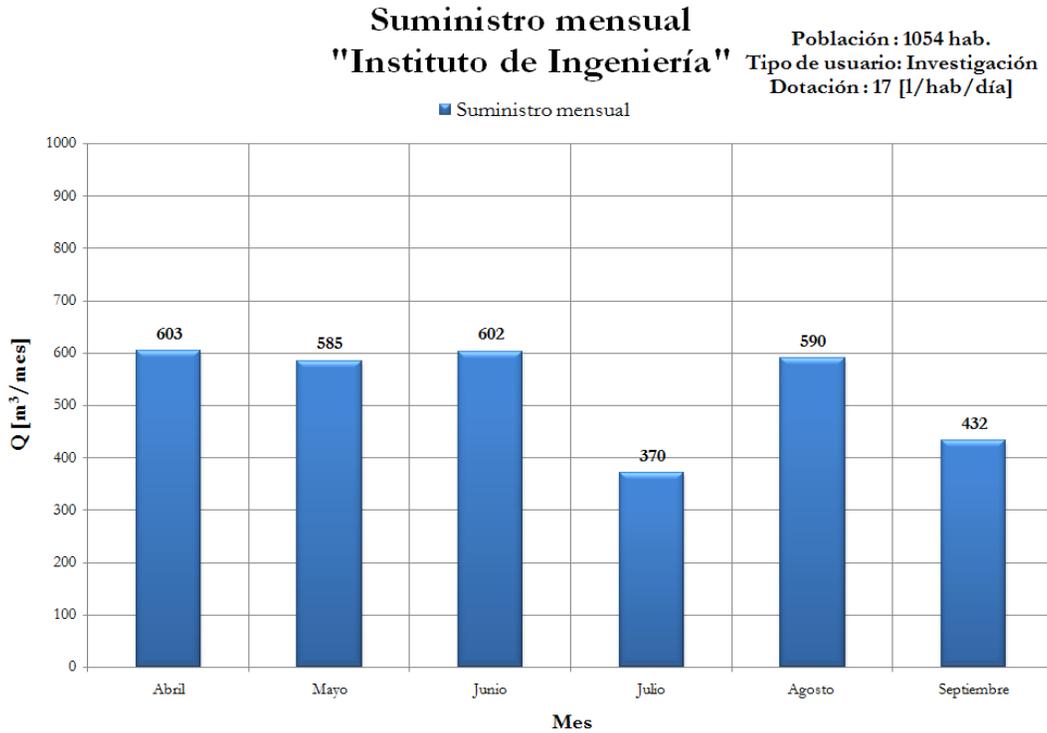


Figura 35. Suministro mensual, año 2009, en el Instituto de Ingeniería de la UNAM.

ii) Azul y Oro

“Azul y Oro” es un restaurante ubicado en el basal de la Torre de Ingeniería de la UNAM; ahí se instaló un medidor para conocer la demanda de agua. Este comedor requiere en promedio 3.73 m³ de agua. Los sábados el suministro disminuye hasta en un 88.32%, mientras que los domingos desciende en un 96.71 %. Prácticamente no existen fugas. En promedio, mensualmente el comedor demanda 106.52 m³ de agua. Es importante mencionar que durante julio la actividad disminuye, considerablemente, dadas las vacaciones administrativas. En mayo de 2009 se observó un notable descenso en la demanda de agua debido principalmente a la enfermedad de influenza que se hizo presente en ese y otros meses, que redujo la asistencia de comensales. Las Figuras 36 y 37 muestran el suministro diario promedio en el comedor, y el suministro mensual, respectivamente.

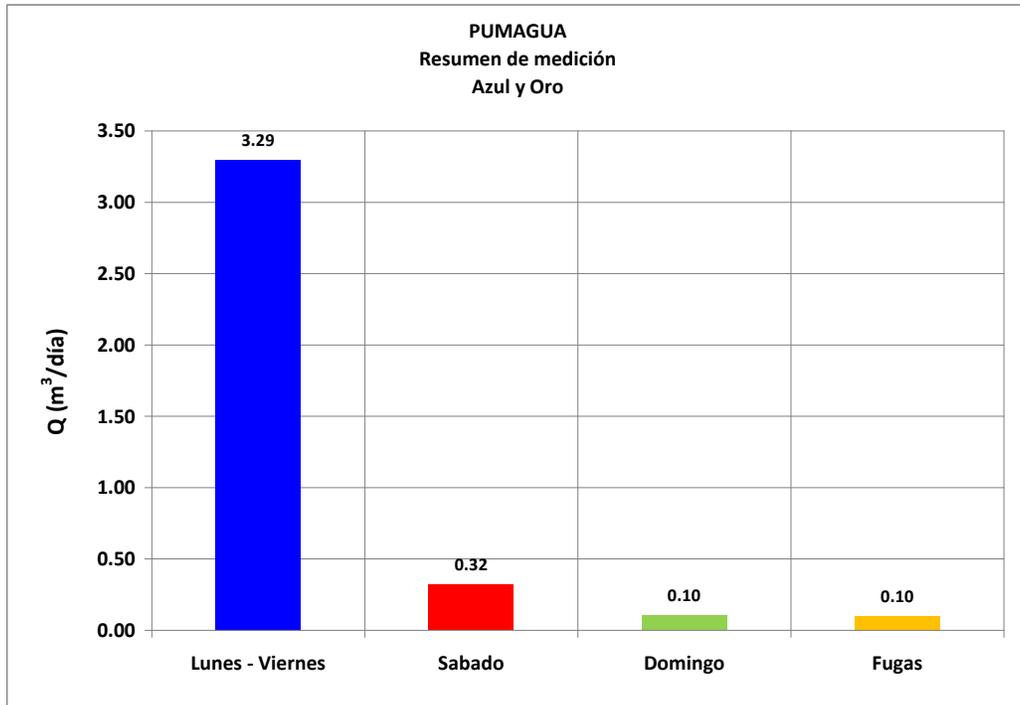


Figura 36. Suministro promedio diario en el restaurante Azul y Oro de la Torre de Ingeniería.

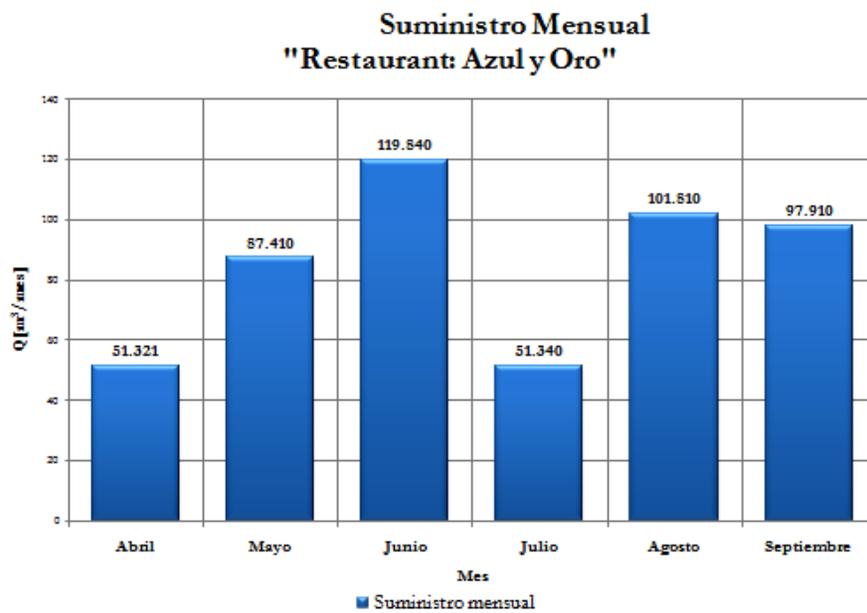


Figura 37. Suministro mensual, año 2009, en el restaurante Azul y Oro

iii) Instituto de Geología

En el Instituto de Geología se instalaron dos medidores; ahí se requieren en promedio 11.34 m³ de agua. Los sábados y domingos el suministro disminuye hasta en un 55%. Las fugas son del orden del 12.34 %. El Instituto cuenta con un equipo que demanda suministro de agua durante las 24 horas del día. De acuerdo con las mediciones, el equipo necesita cerca de 5,000 litros de agua por día. La *Figura 38* muestra el suministro diario promedio. Mensualmente el abastecimiento promedio es de 341 m³; de estos, 42.06 m³ se pierden en fugas, ello se puede ver en la *Figura 39*.

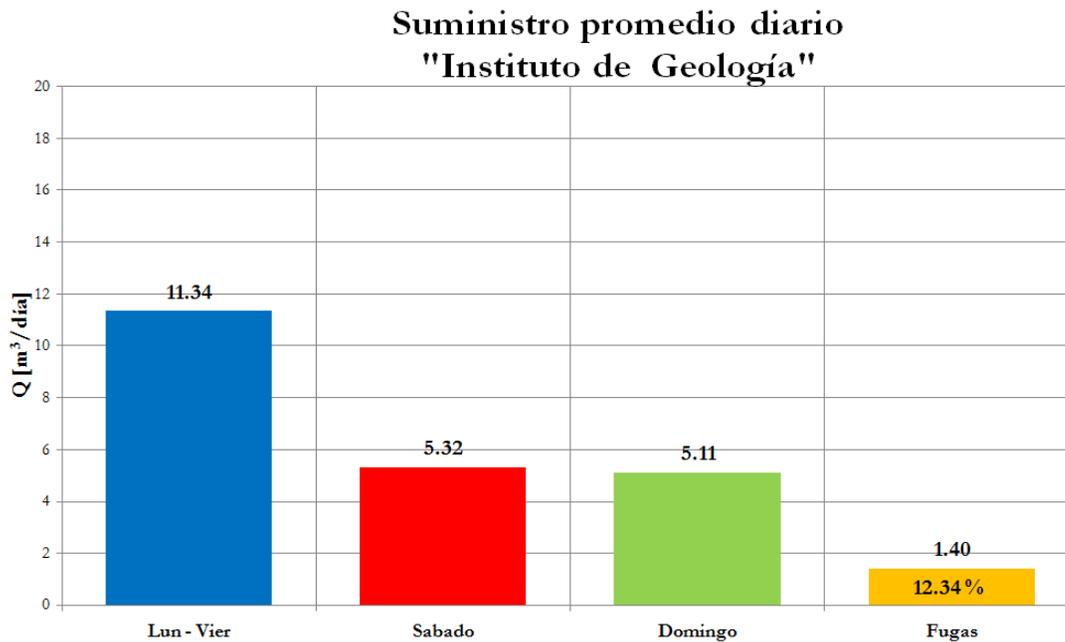


Figura 38. Suministro promedio diario en el Instituto de Geología de la UNAM.

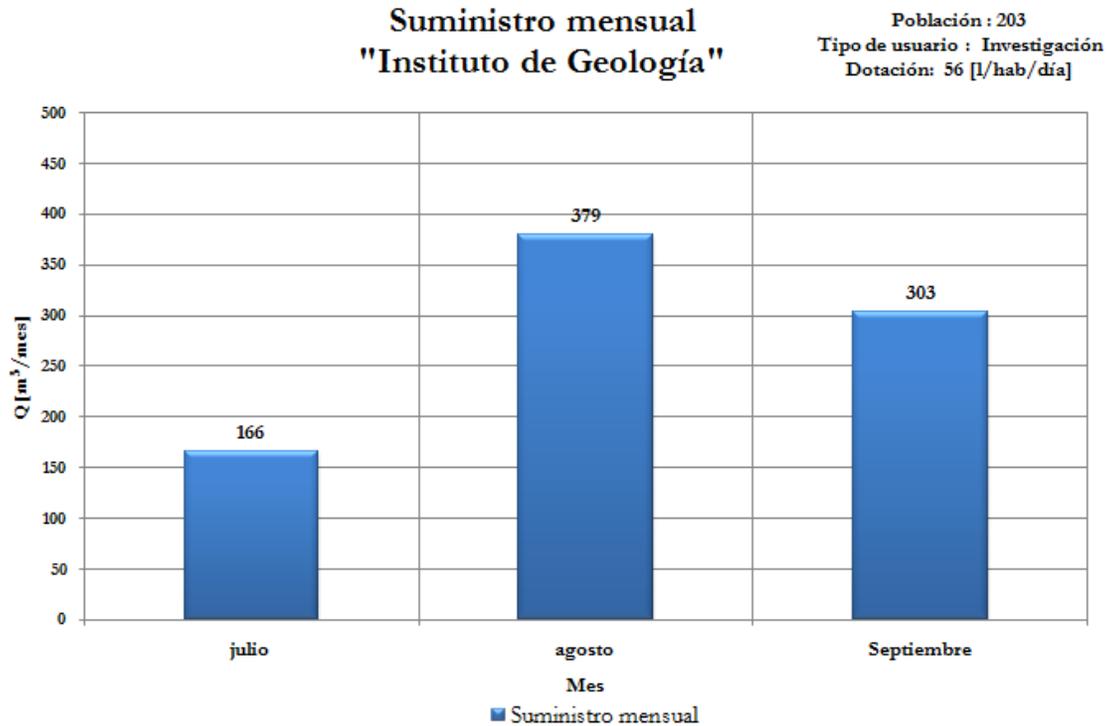


Figura 39. Suministro mensual, año 2009, en el Instituto de Geología de la UNAM.

iv) Instituto de Química

En el Instituto de Química se instalaron tres medidores de agua con los cuales ya es posible disponer de información del suministro a esta dependencia, que requiere en promedio 21.31 m^3 de agua, mientras que durante los sábados y domingos disminuye hasta en un 76%; las fugas son del orden del 24.91 %. Durante los fines de semana, estas fugas equivalen al 98% del suministro total, principalmente en los domingos. La *Figura 40* muestra el suministro diario promedio en el Instituto de Química.

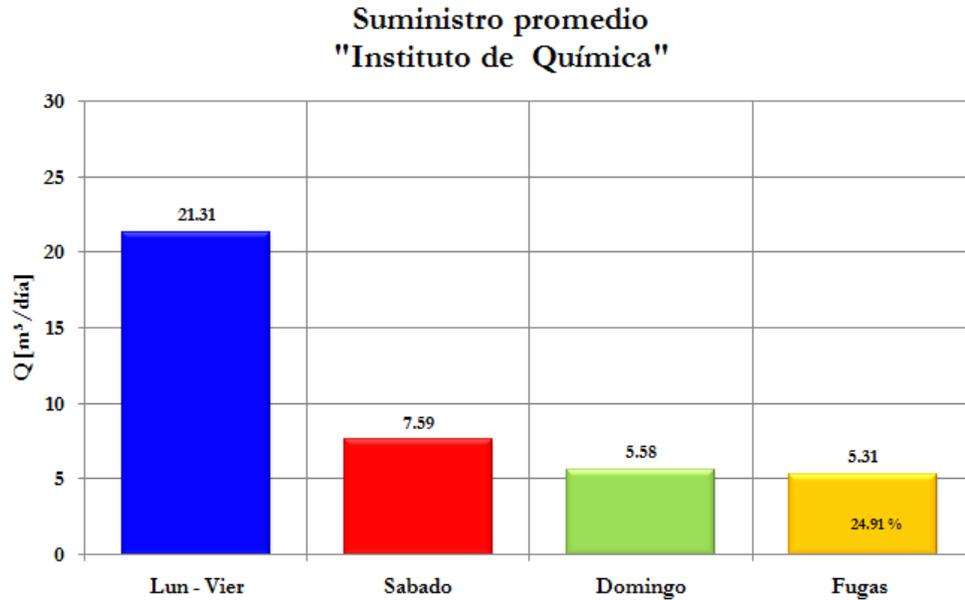


Figura 40. Suministro promedio diario en el Instituto de Química.

De acuerdo con las mediciones hechas, de los tres edificios con los que cuenta el Instituto, en el Edificio A es donde ocurre el 74% del total de las fugas, ver Figura 41.

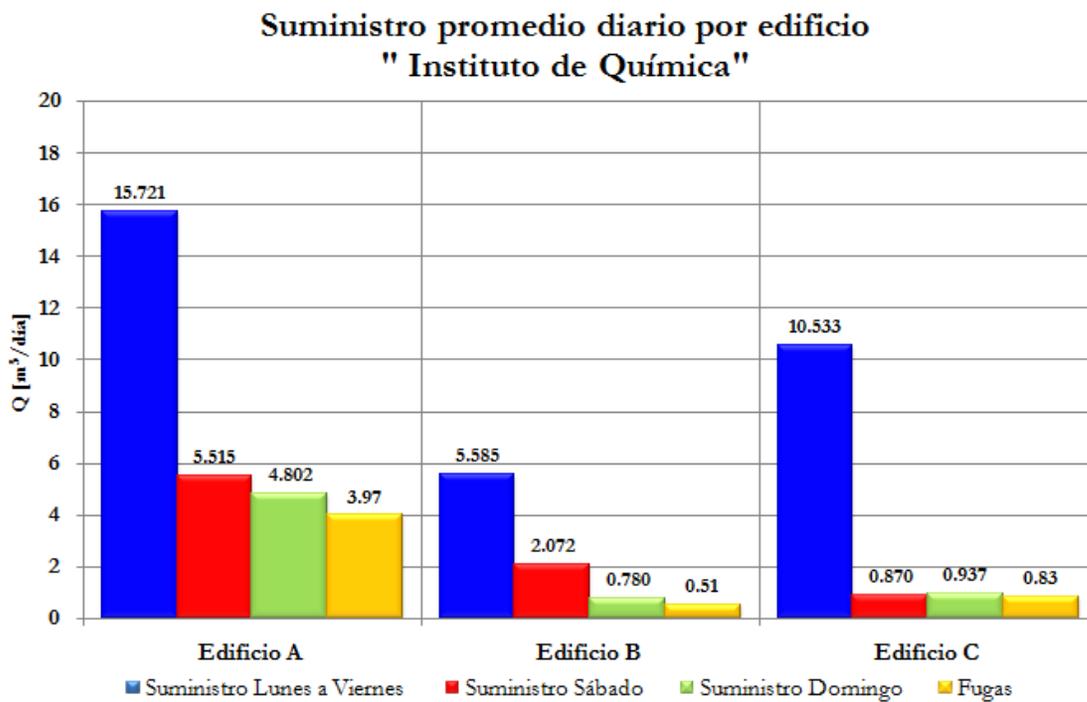


Figura 41. Suministro promedio diario por edificio en el Instituto de Química.

Mensualmente, el abastecimiento promedio es de 756.00 m^3 ; de los cuales 181.00 m^3 se pierden en fugas, ello se puede ver en la *Figura 42*.

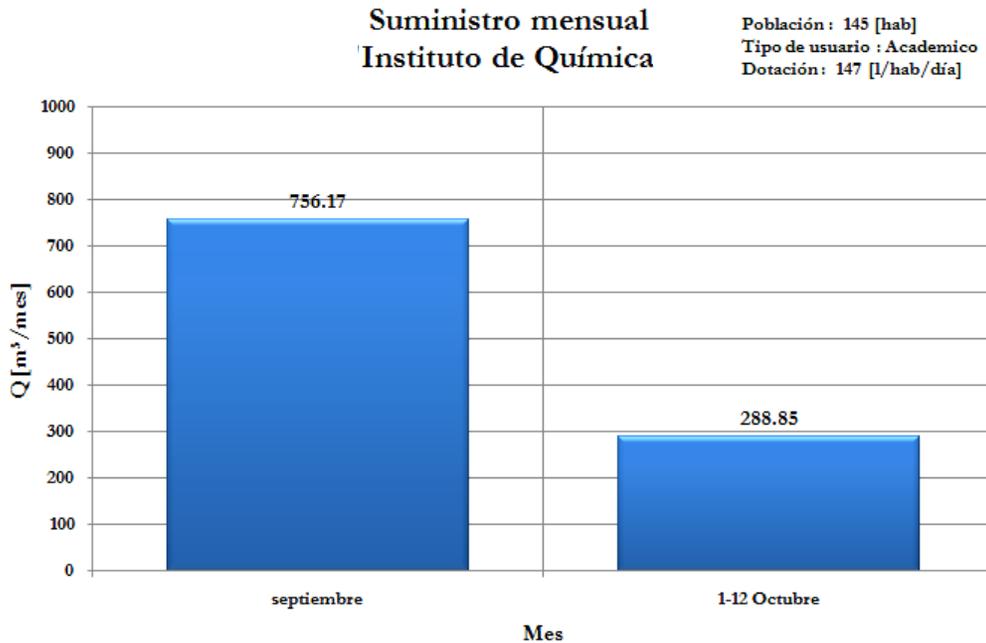


Figura 42. Suministro mensual, año 2009, en el Instituto de Química de la UNAM.

v) Instituto de Investigaciones Económicas

En el Instituto de Investigaciones Económicas se instaló un medidor de agua con el cual ya es posible disponer de información del abastecimiento de agua a esta dependencia, que requiere en promedio 9.44 m^3 de agua de lunes a viernes; los sábados y domingos el suministro disminuye hasta en un 90%. Las fugas equivalen al 1.24% del caudal abastecido, y en los fines de semana representan el 99% del suministro, sobre todo en los domingos. En la *Figura 43* muestra el suministro diario promedio en ese Instituto. En promedio, mensualmente el suministro es de 245.77 m^3 ; de estos, 12.88 m^3 se pierden en fugas. El reporte de medición anterior mostraba que esta dependencia perdía en promedio 16.5 litros por hora; con las mediciones actuales y tras una fuerte campaña de detección de fugas por parte del Instituto, las pérdidas se redujeron a 5.25 litros por hora.

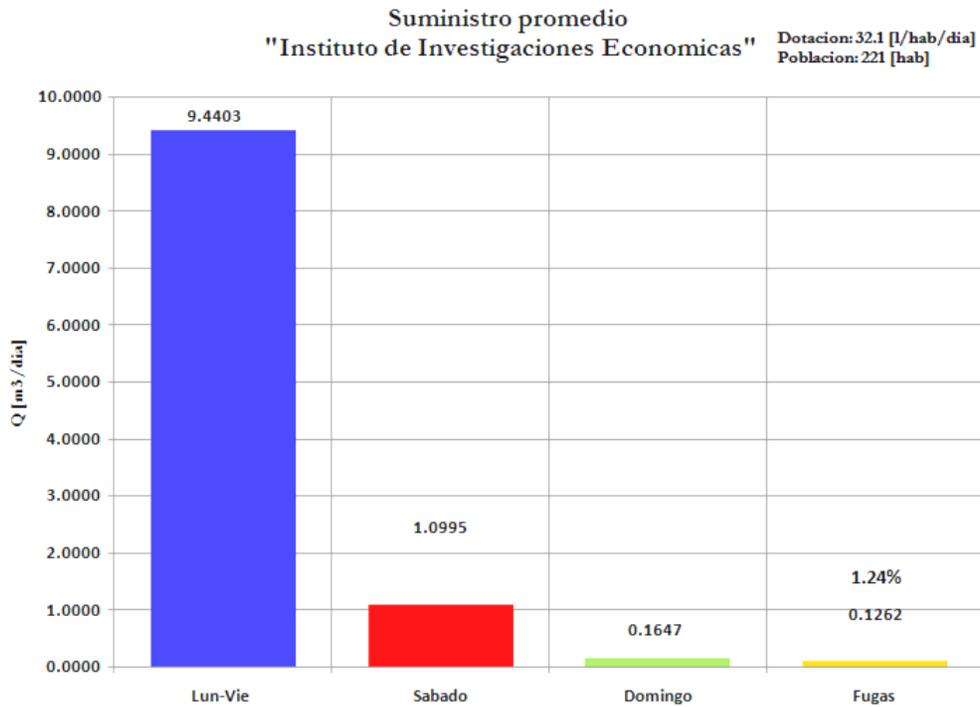


Figura 43. Suministro promedio diario en el Instituto de Investigaciones Económicas.

En la Figura 44 se muestra el suministro mensual de agua en este Instituto.

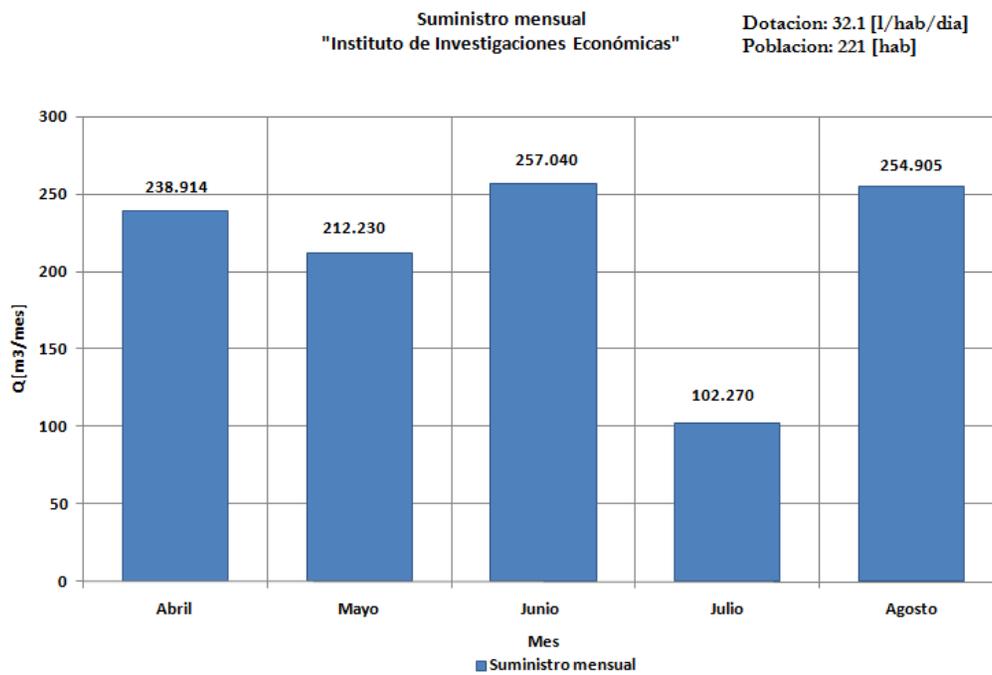


Figura 44. Suministro mensual, año 2009, en el Instituto de Investigaciones Económicas.

vi) Coordinación de Humanidades

En esta dependencia se instaló un medidor de agua con el cual ya es posible conocer el caudal de suministro. La Coordinación requiere en promedio 3.10 m³ de agua de lunes a viernes, mientras que en los sábados y domingos disminuye hasta en un 87%, principalmente los domingos. Las fugas equivalen al 2.64% del suministro total; se pierden 2 litros por hora, ello se puede ver en la *Figura 45*.

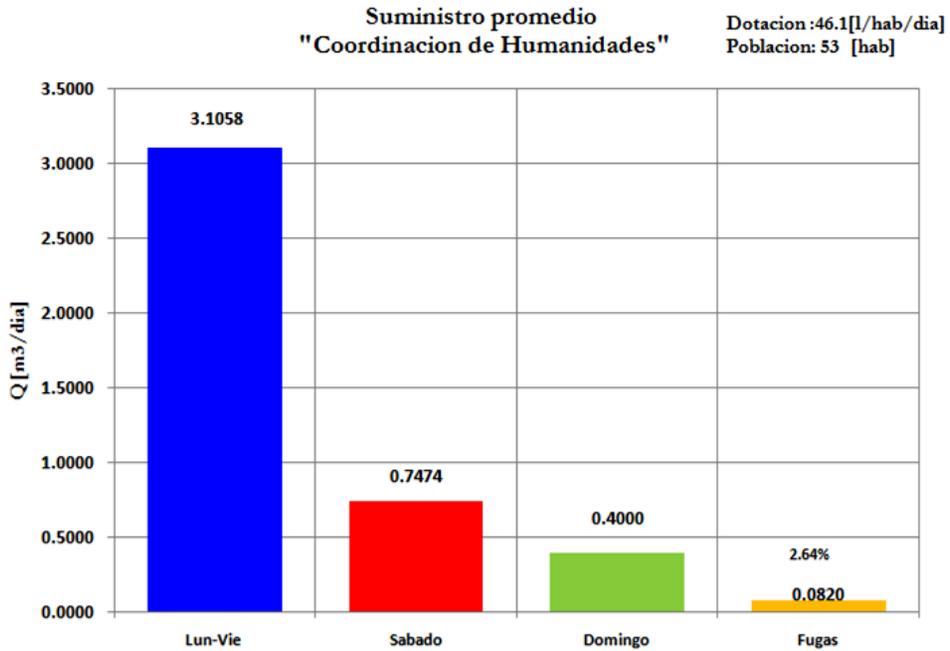


Figura 45. Suministro promedio diario en la Coordinación de Humanidades.

La *Figura 46* muestra el abastecimiento mensual promedio, que es de 71.12 m³; de estos, 1.28 m³ se pierden en fugas. . Durante septiembre de 2009 se inspeccionaron los sanitarios y se localizó una fuga en un excusado. El reporte de medición anterior mencionaba que la dependencia perdía en promedio siete litros por hora; tras la reparación de la fuga, las pérdidas se redujeron en promedio a dos litros por hora.

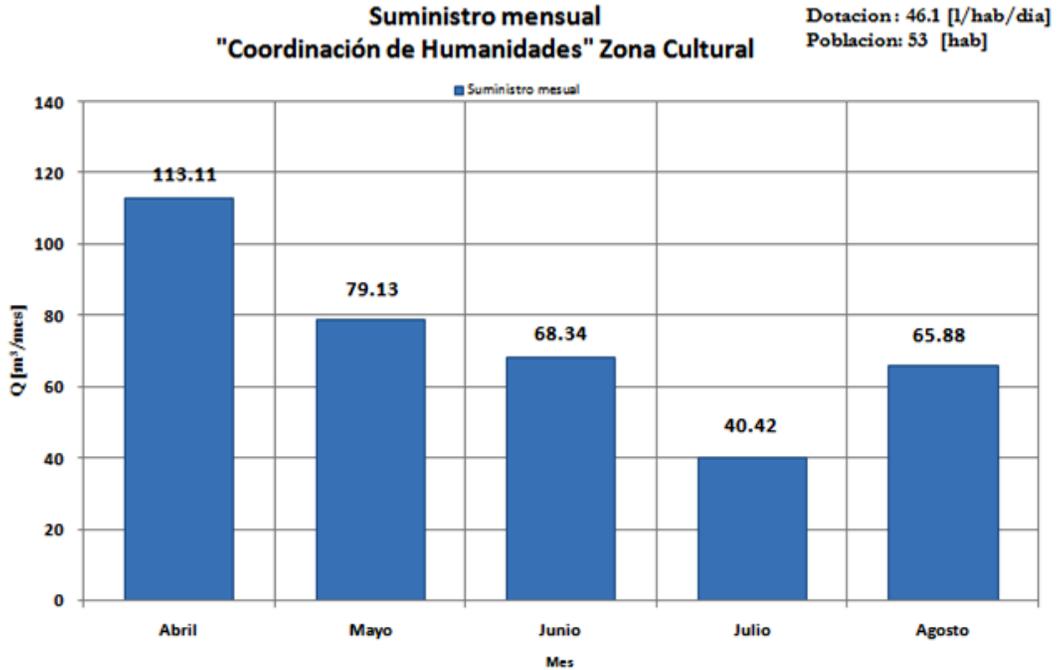


Figura 46. Suministro mensual, año 2009, en el Instituto de Investigaciones Económicas.

vii) Instituto de Geofísica

En este Instituto se instalaron tres medidores de agua, con los que ya se pudo determinar que el suministro promedio es de 6.42 m³ de lunes a viernes; los sábados y domingos disminuye hasta en un 84%, principalmente los domingos. Las fugas representan el 10% del volumen total abastecido, lo que equivale a perder 26.5 litros por hora. La Figura 47 muestra el suministro diario promedio.

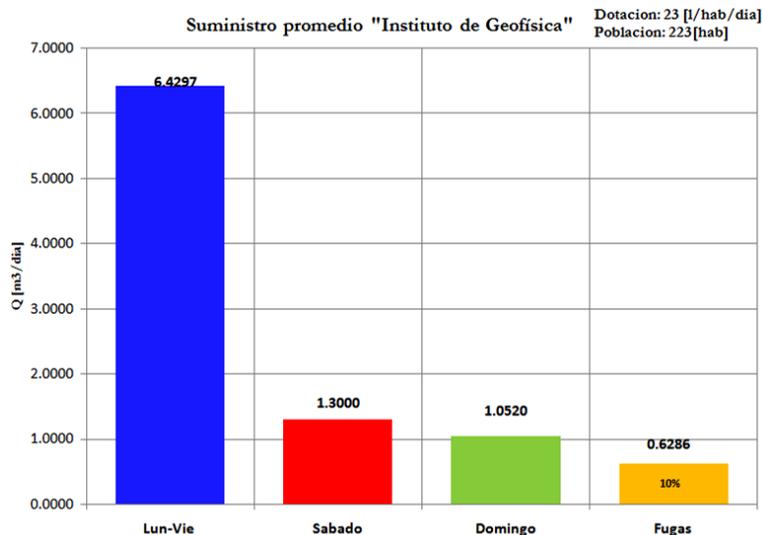


Figura 47. Suministro promedio diario en la Coordinación de Humanidades.

En cuanto al suministro mensual, en promedio es de 158.75 m³, de los cuales se fugan 15.87 m³ (ver la *Figura 48*).

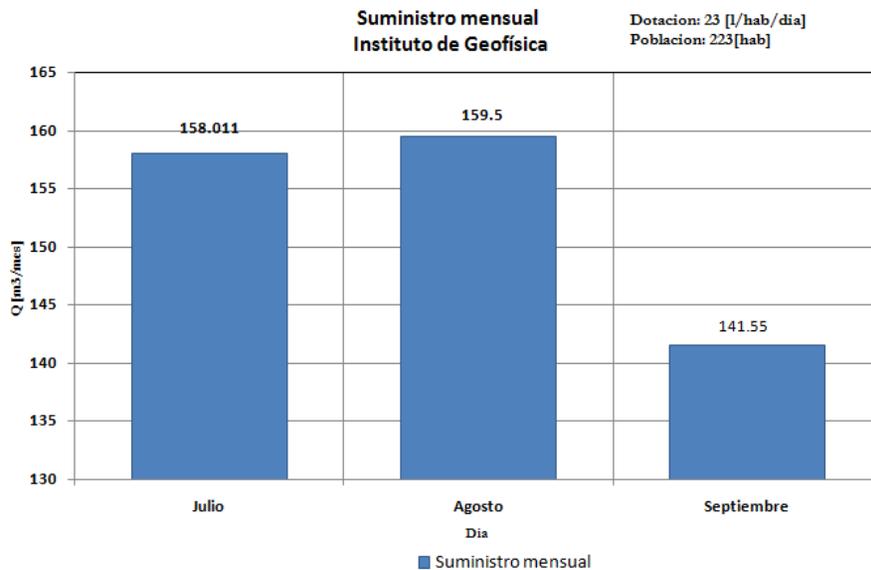


Figura 48. Suministro mensual, año 2009, en la Coordinación de Humanidades.

viii) Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

En la Facultad de Veterinaria se han instalado 10 medidores de los 16 programados. De los 16 medidores programados, uno está proyectado instalarse en los baños de hombres del segundo nivel del edificio 2, de manera que permita medir el consumo de los baños del nivel tres de este mismo edificio. A continuación se presenta un análisis a la información de los medidores instalados.

En esta Facultad diariamente se necesitan en promedio 71.50 m³ de agua de lunes a viernes; los sábados y domingos el suministro disminuye hasta en un 59%. Las fugas representan el 31.24% del abastecimiento total, y en los fines de semana equivalen al 75% de dicho suministro, principalmente en los domingos, ello se puede ver en la *Figura 49*.

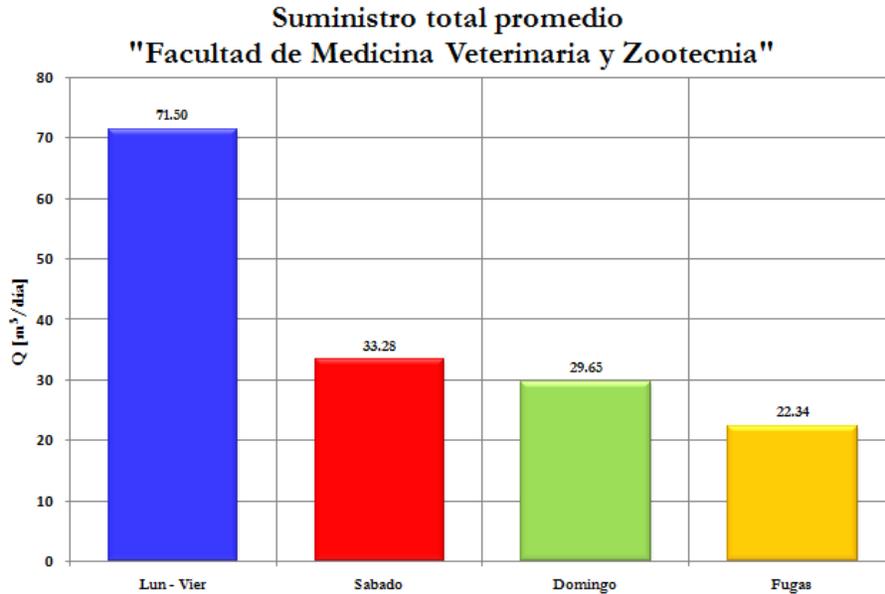


Figura 49. Suministro promedio diario de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Mensualmente, el suministro de la Facultad ha presentado un ligero aumento desde agosto de 2009; la razón, según se pudo confirmar con personal de la Facultad, se debe al aumento en la matrícula. Hasta julio de 2009, el suministro mensual promedio ascendía a 1,865 m³ de agua, pero a partir de agosto se incrementó a 1,945 m³. De los cuales, mensualmente 601 m³ se pierden en fugas. Ver Figura 50.

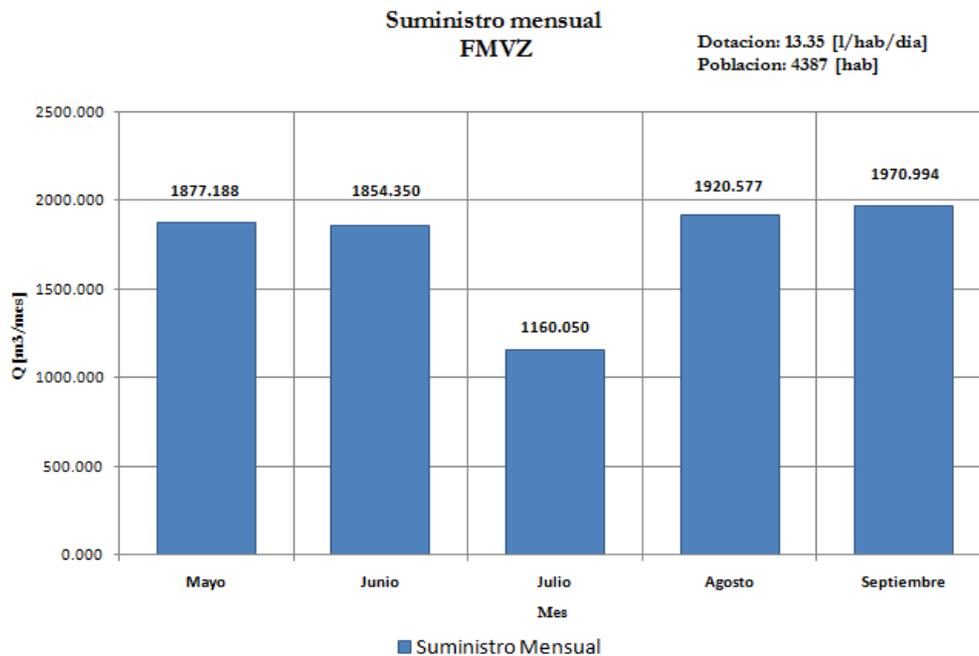


Figura 50. Suministro mensual, año 2009, en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

De los diez edificios medidos, 6 de ellos presentan fugas en el interior de sus instalaciones y concentran el 98% de las pérdidas; de este porcentaje, el 60% es causado por una fuga de 13 m³ de agua diarios en el Edificio 10. Las inspecciones llevadas a cabo por PUMAGUA han permitido establecer una ubicación aproximada de esta fuga sobre el ramal de la tubería que alimenta al edificio, y se trabaja para precisar su localización. El gasto por edificio se puede ver en la *Figura 51*.

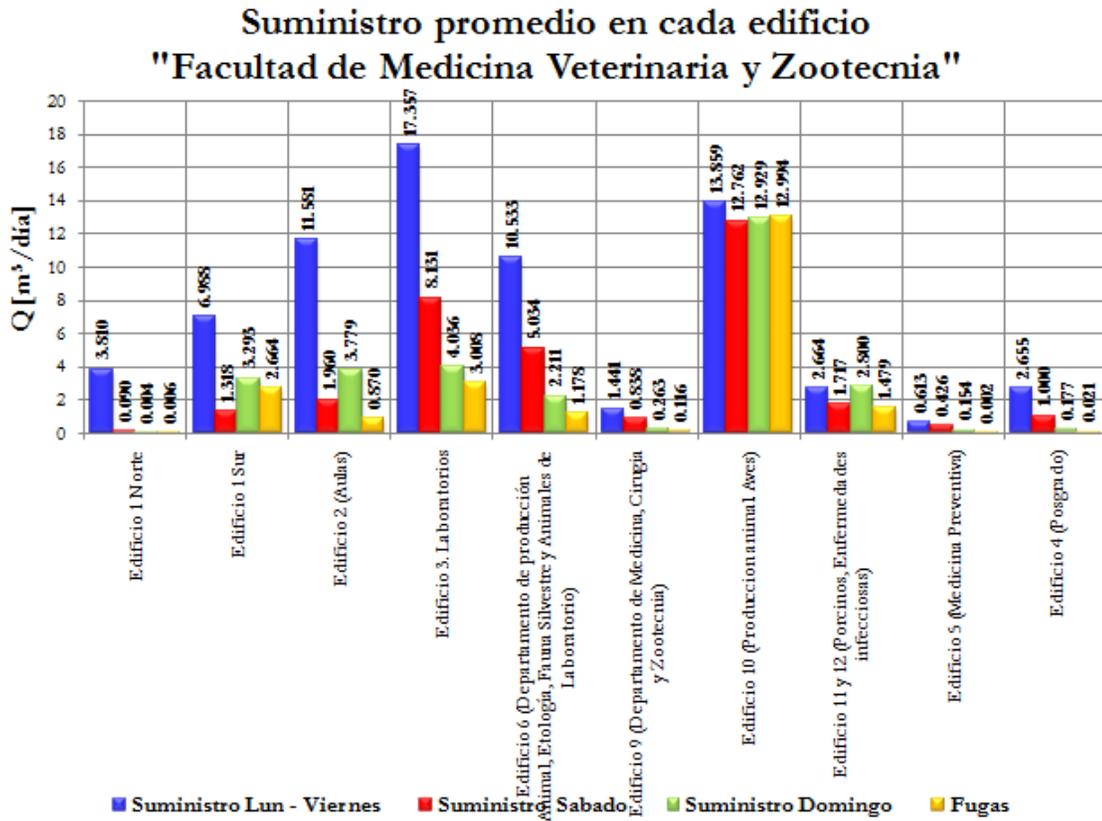


Figura 51. Suministro promedio diario en cada edificio de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

INVENTARIO DE MEDIDORES

<p>1</p>		<p>Sector Hidráulico II. Facultad de Ingeniería. Posgrado Edificio Valdéz Vallejo. Medidor de 2". No funciona</p>
<p>2</p>		<p>Sector Hidráulico II Facultad de Contaduría y Administración. Toma 1 Medidor de 6". No funciona</p>
<p>3</p>		<p>Sector Hidráulico II Facultad de Contaduría y Administración. Toma 2. Medidor de 2". No funciona</p>
<p>4</p>		<p>Sector Hidráulico I Facultad de Economía. Toma 1. Medidor de 4". No funciona</p>

<p>5</p>		<p>Sector Hidráulico I Facultad de Derecho. Toma 1. Medidor de 4” No funciona</p>
<p>6</p>		<p>Sector Hidráulico I Facultad de Odontología. Toma 1. Medidor de 6” No funciona</p>
<p>7</p>		<p>Sector Hidráulico I Facultad de Ingeniería. Edificio principal. Toma 2. Medidor de 4” No funciona</p>
<p>8</p>		<p>Sector Hidráulico I Facultad de Medicina. Toma 1. Medidor de 8” No funciona</p>

<p>9</p>		<p>Sector Hidráulico II Facultad de Ingeniería. Anexo Toma 3. Medidor de 2” No funciona</p>
<p>10</p>		<p>Sector Hidráulico II Facultad de Filosofía Toma 1. Medidor de 4” No funciona</p>
<p>11 y 12</p>		<p>Sector Hidráulico I Facultad Derecho. Anexo de derecho (izquierda) Posgrado de derecho (Derecha) Toma 1. Medidores de 4”y 2” No funciona</p>
<p>13</p>		<p>Sector Hidráulico II Facultad Ingeniería. Anexo Toma 4. Medidores de 4” Si Funciona</p>

<p>14</p>		<p>Sector Hidráulico IV Estadio Olímpico. Toma 1. Medidor de 12” Si Funciona</p>
<p>15</p>		<p>Sector Hidráulico IV Proveeduría. Toma 1. Medidor de 4” No funciona</p>
<p>16</p>		<p>Sector Hidráulico IV Talleres de conservación. Toma 1. Medidor de 4” No funciona</p>
<p>17</p>		<p>Sector Hidráulico IV DGOC. Toma 1. Medidor de 2” No funciona</p>

<p>18</p>		<p>Sector Hidráulico V Facultad de Psicología Toma 1. Medidor de 6” No funciona</p>
<p>19</p>		<p>Sector Hidráulico II Facultad de Ingeniería. Anexo. Biblioteca Toma 4. Medidor de 2” Si Funciona</p>
<p>20</p>		<p>Sector Hidráulico I Biblioteca Central. Fuente Toma 1. Medidor de 2” No funciona</p>
<p>21</p>		<p>Sector Hidráulico I Facultad de Derecho. Anexo Toma 1. Medidor de 2” No funciona</p>

<p>22</p>		<p>Sector Hidráulico I DGOSE Toma 1. Medidor de 4” No funciona</p>
<p>23</p>		<p>Sector Hidráulico I RECTORÍA Toma 1. Medidor de 2” No funciona</p>
<p>24</p>		<p>Sector Hidráulico IV DGAD Toma 1. Medidor de 2” No funciona</p>

<p>25</p>		<p>Sector Hidráulico I PTAR. Cerro del Agua Toma 1. Medidor de 4” No funciona</p>
<p>26</p>		<p>Sector Hidráulico I Facultad de Arquitectura Toma 1. Medidor de 6” No funciona</p>
<p>27</p>		<p>Sector Hidráulico I Zona Comercial Toma 1. Medidor de 2” No funciona</p>
<p>28</p>		<p>Sector Hidráulico I SUA Toma 1. Medidor de 2” No funciona</p>
<p>29</p>		<p>Sector Hidráulico I IMAS Toma 1. Medidor de 4” No funciona</p>
<p>30</p>		<p>Sector Hidráulico I Instituto de Química Toma 1. Medidor de 2” No funciona</p>

<p>31</p>		<p>Sector Hidráulico II Facultad de Filosofía Toma2. Medidor de 4” No funciona</p>
<p>32</p>		<p>Sector Hidráulico IV Casa Club del Académico Toma1. Medidor de 4” No funciona</p>
<p>33</p>		<p>Sector Hidráulico V Instituto de Biología Toma1. Medidor de 4” No funciona</p>



Universidad Nacional Autónoma de México

PUMAGUA

*Manual de Selección, Instalación y
Mantenimiento a Medidores de agua fría*



Fernando J. González Villarreal.
Rafael Val Segura.
José Daniel Rocha Guzmán.
José Miguel Segundo Vázquez.

Índice de contenido

Índice	1
Introducción	3
Capítulo 1. Selección.....	5
1.1 Operación.....	5
1.2 Partes del medidor.....	5
1.3 Fichas técnicas	8
1.4 Consideraciones a tomar en cuenta.....	10
1.5 Selección de medidores de manera analítica	11
1.6 Selección de medidores de manera gráfica	17
Gráfica H vs Q para M 25 5/8" H	20
Gráfica H vs Q para M 25 3/4" H	21
Gráfica H vs Q para M 40 1" H	22
Gráfica H vs Q para M 170 2" H	23
Gráfica H vs Q para M 25 5/8" U	24
Gráfica H vs Q para M 25 3/4" U.....	25
Gráfica H vs Q para M 40 1" U	26
Gráfica H vs Q para M 170 2" U	27
Pérdidas por codos de 90 grados	28
Capítulo 2. Instalación.....	29
2.1 Ubicación.....	29
2.2 Seguridad	31
2.2.1 Registro	31
2.2.2 Tapa.....	33

2.3 Durabilidad.....	34
2.4 Materiales.....	37
2.5 Reducciones.....	41
2.6 Instalación.....	44
Capítulo 3. Mantenimiento.....	47
3.1 Consideraciones importantes	47
3.2 Mantenimiento al arreglo y registro del medidor.....	47
3.3 Mantenimiento al medidor	47
3.4 Mantenimiento de la cámara del medidor	52
ANEXO A.....	59
BIBLIOGRAFÍA	75

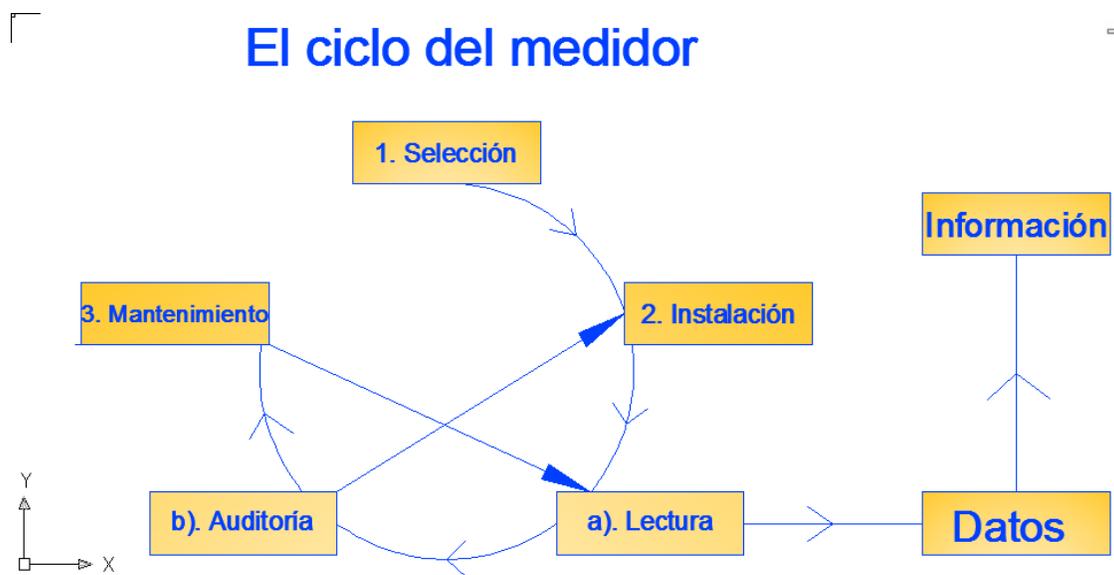
Introducción

El objetivo de este Manual es proporcionar de manera sencilla recomendaciones para la selección, instalación y mantenimiento de medidores de agua potable que actualmente se encuentran instalando en la UNAM.

En lo referente a la selección, se mencionan las recomendaciones que deben considerarse al seleccionarlo; desde el diámetro más conveniente, hasta el sitio más adecuado para su instalación.

En cuanto a la instalación, se exhiben las especificaciones que debe cumplir el arreglo del medidor, los materiales necesarios y propuestas de instalación que deben tomarse en cuenta; así mismo, se mencionan las recomendaciones de seguridad del medidor y la forma más recomendable de los registros que lo alberguen.

El presente manual ha sido elaborado exclusivamente para medidores volumétricos; sin embargo, la secuencia de los capítulos aquí presentados sigue el ciclo de cualquier medidor.



Finalmente, se dan recomendaciones en cuanto al mantenimiento, siendo estas de los tipos preventivos y correctivos. Se muestran las diferentes partes que lo componen y las formas de repararlas o bien, sustituir las cuando esto sea necesario.

PUMAGUA

Capítulo I

Selección

En este capítulo se describe el funcionamiento y características técnicas de los medidores de agua que PUMAGUA ha recomendado instalar en Ciudad Universitaria. Se señalan las especificaciones que hay tomar en cuenta al momento de elegir un medidor de agua potable, se describe la metodología propuesta por PUMAGUA para seleccionar el diámetro de un medidor para un edificio o conjunto de éstos, además, se presentan las formas analítica y gráfica de selección desarrolladas. El capítulo contiene ejemplos que ilustran la manera de seleccionar un medidor por cualquiera de las dos maneras presentadas.

Antes de entrar a detalle con las maneras de selección de un medidor, se describe de manera breve, su forma de operación, sus componentes que lo integran y de las opciones de configuración de éstas.

1.1.- Operación.

Los medidores seleccionados son de tipo volumétrico, en este tipo de medidores, el agua fluye a través de un filtro del medidor hasta llegar a una cámara de medición donde provoca la nutación¹ de un disco. Este disco se mueve libremente, nuta sobre su propia esfera, guiado por un rodillo de empuje. El eje del disco hace girar un magneto de la cámara de medición. Mediante inducción magnética, se transmite el movimiento del disco hacia un imán seguidor localizado dentro del registro. El imán seguidor está conectado al tren de engranes del registro. El tren de engranes convierte las nutaciones del disco a unidades de volumen totalizado que se muestran en la carátula del registro.

Estos medidores cuentan un almacenador de datos y una antena transmisora; cada transmisor puede almacenar información hasta por 2 años. La última lectura es recibida y almacenada en un receptor ubicado generalmente en los puntos más altos, un Concentrador almacena los datos de los transmisores y estos pueden ser recuperados cada hora. En cualquier momento los datos se mantienen disponibles con sistema al paso y móvil.

1.2. Partes del medidor.

Básicamente, un medidor de lectura automática está compuesto de tres partes:

1. **Unidad de medición**, alojada en el cuerpo del medidor. Forma parte del elemento primario (EP) del medidor (Figura 1), que es aquella parte donde se aloja un transductor, es decir, un dispositivo que traduce una variable física a una señal electrónica.

¹ Giro entorno a un eje.

2. **Registro del medidor** con salida electrónica de conexión al data logger y/o módulo de lectura.
3. **Data logger.** Un data logger es un dispositivo de almacenamiento de datos, puede ser interno o externo al medidor; se alimenta con baterías VCD. Cuenta con una memoria predeterminada de almacenamiento la cual es programable a distintos intervalos de tiempo. Los datos almacenados pueden descargarse mediante Palm top, Lector portátil o laptop. La comunicación entre el data logger y un dispositivo configurador pueden ser: Serie RS232, inductiva (toque), infrarrojo, bluetooth, etc.

Los dos últimos componentes del medidor (1 y 2), forman parte del elemento secundario del medidor (ES), este elemento recibe la señal electrónica del transductor y las convierte en las magnitudes de las unidades de medición desplegadas. Este elemento cuenta con salidas electrónicas para comunicarse a otros equipos.



Figura 1. Partes de un medidor volumétrico. FUENTE: Badger Meter.

Existen dos opciones de configuración de las partes que integran a un medidor: A) Integral y B) Remota. La elección entre cada tipo de configuración se describe con más detalle en el capítulo 2 de este manual.

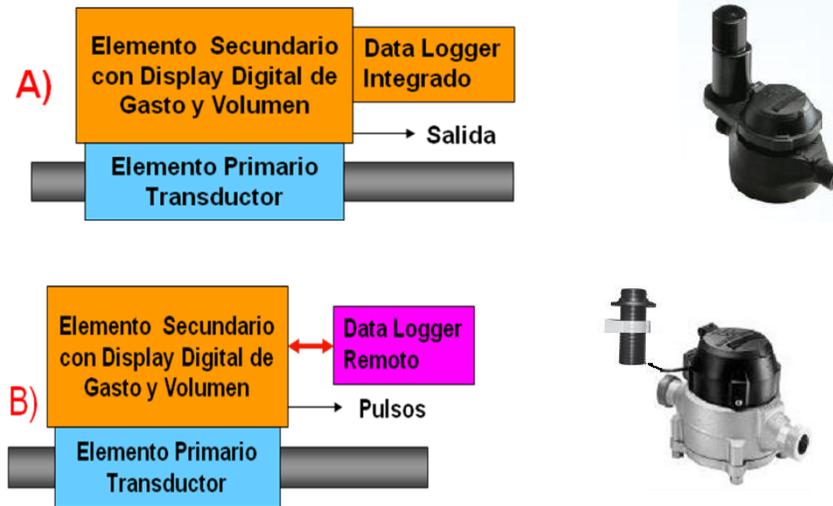


Figura 2. Configuraciones de los medidores. FUENTE: Badger Meter.

1.3 Fichas técnicas.

A continuación se muestran parte de las fichas técnicas de los medidores. Las fichas técnicas se muestran completos en el Anexo A de este manual.

Especificación técnica RD-T-1 12-01. Medidor volumétrico de disco nutante de 1" (25 mm). Plástico.

Tabla 1. Especificaciones de medida 1" (25 mm).

Clase metrológica:	B.
Norma oficial mexicana:	NOM-012-SCFI-1994.
Rango de operación (100% +- 1.5%):	0.28 –16.00 m3/h.
Flujo bajo (precisión mínima 95%):	0.17 m3/h.
Flujo máximo de operación continua:	11.30 m3/h.
Pérdidas de presión a flujo máximo de operación continua:	0.45 bar a 11.30 m3/h.
Temperatura máxima de operación:	45° C.
Presión máxima de operación:	150 PSI- 10 bar- 10.2 kg/cm2.
Elemento de medición:	Volumétrico. Desplazamiento positivo por disco nutante.
Tipo de registro:	Lectura directa, en m3, sellado hermético, transmisión magnética estándar. Unidades de lectura remotas o automáticas por radiofrecuencia al paso (toque), radiofrecuencia o teléfono <opcionales>.
Capacidad de registro:	Seis dígitos.
Conexiones:	Disponibles en bronce y termoplástico con conexión a tubo roscado de 1" (25 mm).
Filtro colador:	Área efectiva de filtrado mayor a dos veces el área de la sección de entrada de 1" (25 mm).

Tabla 2. Tamaños de las conexiones y de las salidas del medidor.

Tamaño designación	x	Longitud "L"	Diámetro de barreno "B"	Tuerca de conexión a tubo	Cuerda para tubo NPT
1" (25 mm)	x	10 3/4" (273 mm)	1" (25 mm)	1 1/4" (1") 31 mm (25 mm)	1" (25 mm)

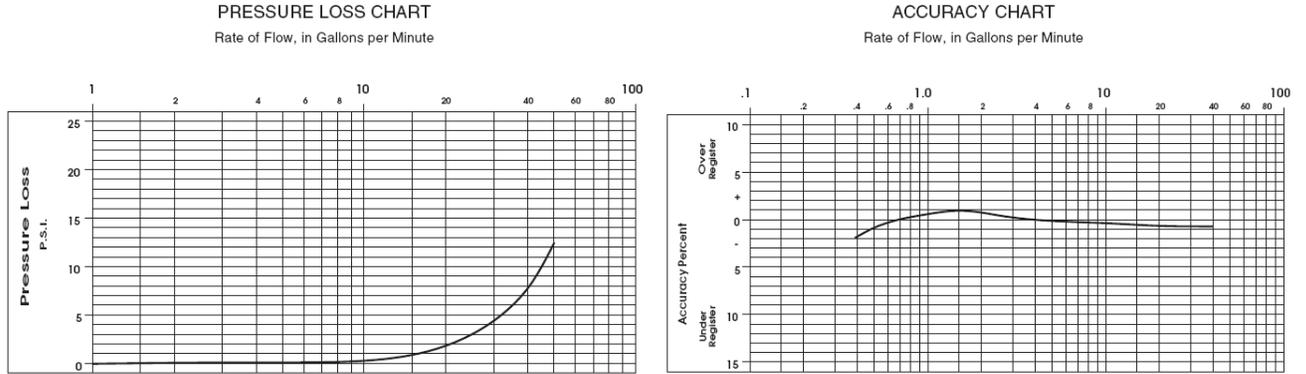


Figura 3.- Pérdidas de carga en un medidor de 1”

METER SIZE	METER MODEL	A LAYING LENGTH	B HEIGHT REG./RTR®	C HEIGHT GEN.	D CENTERLINE BASE	WIDTH	APPROX. SHIPPING WEIGHT
5/8" (15mm)	25PN	7 1/2" (190mm)	5 1/16" (128mm)	6 7/16" (163mm)	1 3/4" (44mm)	4 13/16" (122mm)	2 1/2 lb. (1.0kg)

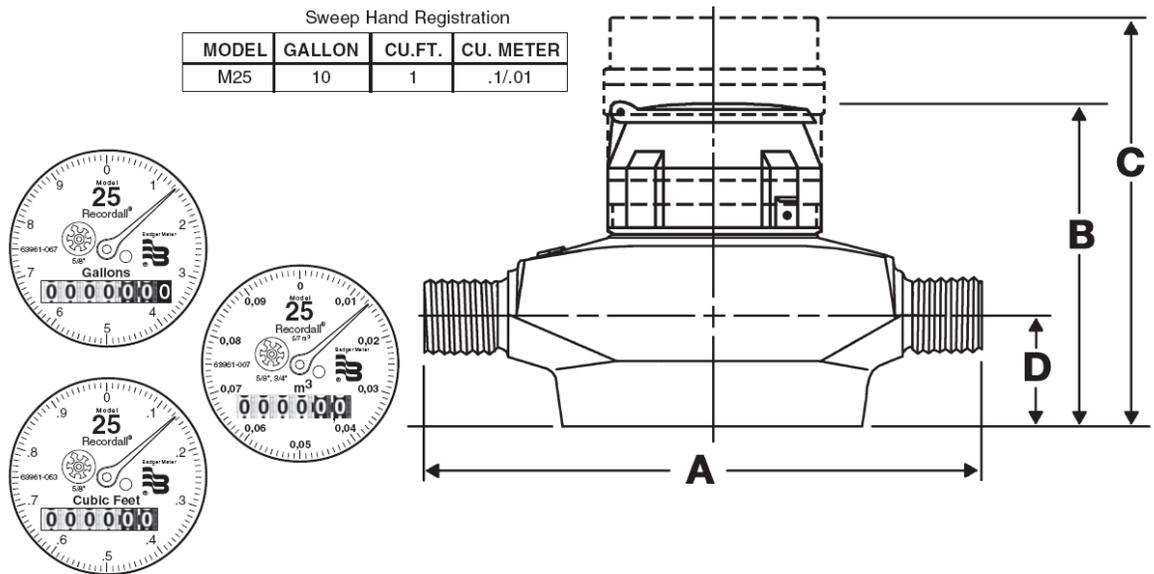


Figura 4.- Dimensiones de un medidor de 1”.

1.4 Consideraciones a tomar en cuenta.

La selección de los medidores es un factor determinante para contar con un sistema de medición confiable, y consiste en elegir el tipo y el diámetro más conveniente para un edificio o conjunto de estos.

Es un grave error el tratar de seleccionar el diámetro de un medidor en función del diámetro de la tubería donde se pretende instalar. Proceder de esta forma puede derivar en un sobre o sub dimensionamiento de los medidores. Las consecuencias más comunes son el no medir flujos muy pequeños en el caso de proponer medidores muy grandes en sitios donde los suministros sean muy pequeños; por el contrario, rebasar el gasto que un medidor puede registrar cuando se proponen diámetros de medidores muy pequeños en sitios donde los caudales están por arriba de su límite, deriva en un sub dimensionamiento del medidor, además de que este puede resultar con daños de manera permanente. Por lo tanto, uno de los criterios para llevar a cabo una adecuada selección de un medidor es la estimación del flujo que pasará a través de él. En este subcapítulo se muestran las ecuaciones que permiten estimar los flujos de agua en un edificio.

Otro de los criterios a tomar en cuenta, lo son la estimación de las pérdidas de carga ocasionadas por la instalación del medidor. Las pérdidas normales de carga que un medidor puede ocasionar se consideran aceptables con 5 metros de columna de Agua. Es admisible que la pérdida de carga alcance en algunos casos excepcionales hasta 10 metros de columna de agua o bien, que se garantice con la instalación del medidor una columna de agua de no menos de 15 metros por arriba del último piso del edificio, estimándose las pérdidas para el gasto máximo del medidor seleccionado.

La pérdida de carga es función del incremento del caudal que circula por el medidor, es por ello recomendable que al seleccionar un medidor, trabaje en lo posible alrededor del caudal normal de operación, que es aquel caudal con el cual el medidor deberá ser capaz de operar en servicio continuo y que generalmente, se incluye en las fichas técnicas de los medidores.

Existen dos maneras para la selección del diámetro de un medidor que PUMAGUA ha desarrollado: Por medio de tablas o bien, de una manera analítica. La primera forma de selección toma en cuenta el número de personas que utilizan un edificio. La segunda forma de seleccionar un medidor toma en cuenta aspectos hidráulicos: cálculo de gastos de diseño, cálculo de pérdidas de carga, etc. A continuación se presentan ambas formas de seleccionar un medidor. El lector utilizará la que crea más conveniente.

Los dos métodos desarrollados por PUMAGUA para la selección de un medidor incluyen aspectos importantes a tomar en cuenta:

1. **El tipo de edificio a instalar el medidor.** Verificar si el edificio es administrativo, académico, recreativo o bien, cualquier combinación de estos. En los primeros tres casos, al caudal medio estimado (Ecuación 1) se le multiplica por un coeficiente de 1.5, con lo cual se obtiene un caudal máximo (Ecuación 2) con este caudal se propone el diámetro y se estiman las pérdidas del medidor. En el cuarto caso al caudal medio se le multiplica por un coeficiente de 2.0. Estos coeficientes se irán modificando en tanto los análisis de las mediciones muestren patrones horarios con una tendencia más definida.

$$Q_{med} = \frac{PC}{86400}; \quad \text{Ecuación 1}$$

$$Q_{m\acute{a}x} = CV_{horaria}Q_{med} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde :

P : Población [usuario]

C : Consumo [l/usuario/día]

$CV_{horaria}$ = Coeficiente de Variación Horaria

$CV_{horaria} = 1.5$ Cuando se trate de edificios Administrativos, Académicos y Recreativos

$CV_{horaria} = 2.0$ Cuando se trate de edificios con Laboratorios o en el se albergue al mismo tiempo personal administrativo, académico, etc.

Q_{med} : Gasto medio [lps]

$Q_{m\acute{a}x}$: Gasto máximo [lps]

2. **El consumo per cápita** puede considerarse de 20 litros/usuario/día en todos los casos.
3. **Las pérdidas normales de carga** se consideran aceptables con 5 metros de columna de Agua. Es admisible que la pérdida de carga alcance en algunos casos excepcionales hasta 10 metros de columna de agua o bien, que se garantice con la instalación del medidor una columna de agua de no menos de 15 metros por arriba del último piso del edificio, estimándose las pérdidas para el gasto máximo del medidor seleccionado. ($Q_{m\acute{a}x}$)

1.5 Selección de medidores de manera analítica.

Proponer el diámetro de un medidor de manera analítica sigue el diagrama de flujo mostrado a continuación.

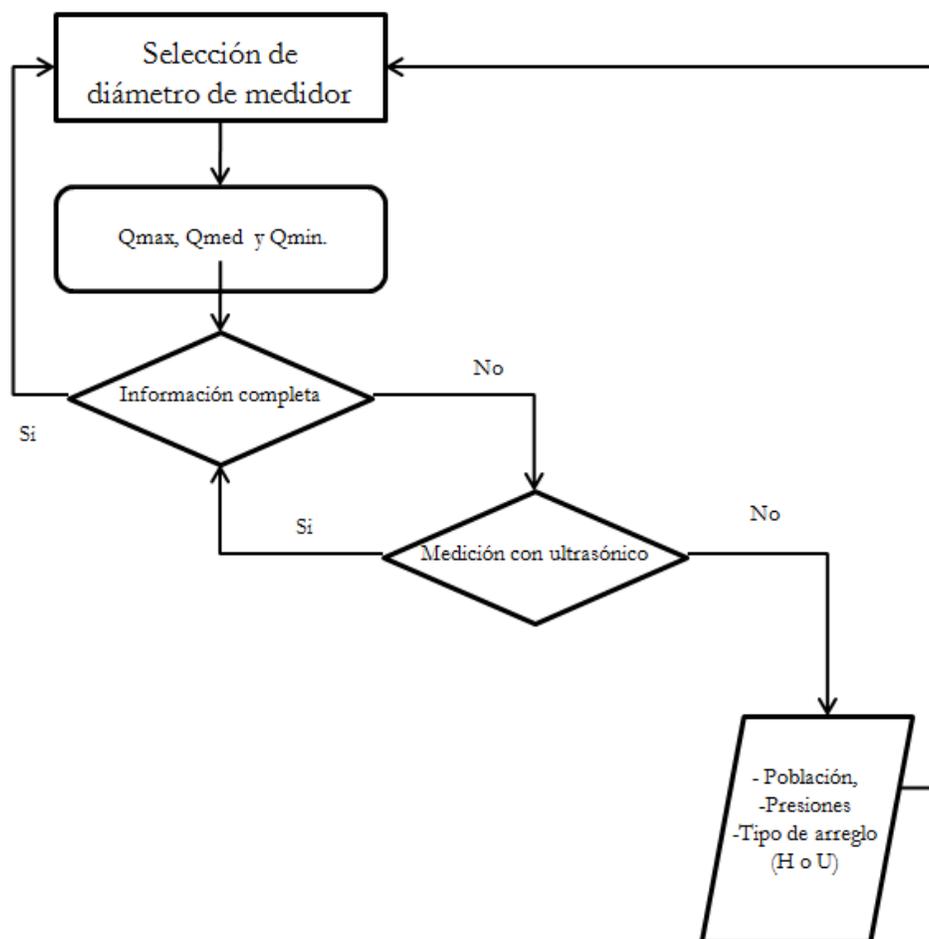


Figura 5. Diagrama de flujo para la selección de un medidor.

El diagrama mostrado en la figura 5 se explica a continuación: Cuando en el sitio a instalar el medidor no se dispone de mediciones de consumos de agua, PUMAGUA los obtiene con el empleo de un medidor portátil o ultrasónico, este medidor se deja por espacio de 24 horas sobre el ramal de alimentación del edificio, cuando esto no es posible, lo que sigue es investigar datos de población y presiones en la red; con esta información es permitido hacer una estimación de los consumos de agua en el edificio. Algunas veces sucede que los consumos estimados pueden medirse con caudalímetros de diámetros diferentes, el criterio de desempate, por decirlo de algún modo, son las pérdidas de carga que cada uno de ellos produce, eligiéndose el que menor pérdida de carga presente.

La propuesta del diámetro de un medidor de una manera analítica, lo determinan los siguientes aspectos:

- Caudales máximo, y de operación en el sitio de medición.
- Presiones máxima, mínima y normal de operación en el sitio de medición.

- Pérdida máxima de carga admisible cuando el medidor funcione a gasto máximo y normal, operando 24 horas al día

Con la información anterior se consultan los catálogos del fabricante y se selecciona el medidor más conveniente a las necesidades de medición en cada caso particular.

A continuación se presenta un ejemplo que muestra la propuesta de un medidor de manera analítica.

Ejemplo 1

Se trata de un edificio administrativo de 1200 personas de seis niveles con 4m cada uno; con suministro directo de la red y presiones medias de 45 mca durante el día y 60 mca durante la noche. Ramal de alimentación de 4" de Fierro Fundido. Dada la disponibilidad de espacio, se propone un arreglo Horizontal para el cuadro de alimentación.

1. Con la población del edificio se estiman los gastos Q_{med} y $Q_{máx}$ con las ecuaciones 1 y 2, respectivamente.

$$Q_{med} = \frac{PC}{86400};$$

Ecuación 3

$$Q_{máx} = CV_{horaria}Q_{med}$$

Ecuación 4

Donde:

P: Población [hab]

C: Consumo [l/hab/día]

$CV_{horaria}$ = Coeficiente de Variación Horaria [1.5]

Q_{med} : Gasto medio [lps]

$Q_{máx}$: Gasto máximo [lps]

Tabla 3. Estimación de caudales medio y máximo.

Consumo	20	l/hab/día
Población	1200	hab
Q_{med}	0.278	Lps
$Q_{máx}$	0.416	Lps

2. El gasto Q_{\max} se compara con los rangos de medición de los caudalímetros.

Tabla 4. Campo de medición de medidores.

Rango de medición de medidores. Cámara de plástico				
Campo de medición				
Diámetro nominal		Material de cámara	Límite inferior de exactitud lps	Caudal característico lps
5/8"	15mm	Plástico	0.031	1.58
3/4"	20mm	Plástico	0.028	1.89
1"	25mm	Plástico	0.047	3.14
2"	50mm	Bronce	0.158	10.833

De acuerdo con la tabla 2, un medidor de 20 mm resulta conveniente para el edificio; aunque también el medidor de 25 mm. Para resolver la disyuntiva, se compararán las pérdidas de carga que cada uno produce, eligiéndose el que menor pérdida genere.

Para el cálculo de las pérdidas de energía se parte de la ecuación de Bernoulli:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{U_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{U_2^2}{2g} + \sum_1^2 H_f + \sum_1^2 H_L \quad \text{Ecuación 5}$$

En la ecuación 5, los dos últimos términos del lado izquierdo de la igualdad se refieren a las pérdidas debidas a la fricción y locales, respectivamente. Para este ejercicio las pérdidas de fricción se desprecian dada su magnitud, por lo que solo las pérdidas debidas a los accesorios propios del arreglo del medidor se toman en cuenta. Considerando la línea de cargas piezométricas y un mismo plano horizontal de referencia o comparación, la ecuación 5 se simplifica de la siguiente manera:

$$\frac{P_1}{\gamma} = \frac{P_2}{\gamma} + \sum_1^2 H_L \quad \text{Ecuación 6}$$

Considerando además que $\gamma=1$ y despejando P_2 , siendo esta la presión aguas abajo del medidor.

$$P_2 = P_1 - \sum_1^2 H_L \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

$$\sum_1^2 H_L = H_{\text{Reducción}} + H_{\text{valvula}} + H_{\text{medidor}} + H_{\text{válvula}} + H_{\text{ampliación}} \quad \text{Ecuación 8}$$

$$H_{\text{Reducción}} = K_{\text{Reducción}} \frac{U_2^2}{2g} \quad \text{Ecuación 9}$$

$$K = \left(\frac{A_2}{A_C} - 1 \right)^2 = \left(\frac{1}{C_C} - 1 \right)^2 \quad \text{Ecuación 10}$$

$$H_{\text{valvula}} = K_{\text{valvula}} \frac{U_2^2}{2g} \quad \text{Ecuación 11}$$

$$H_{\text{medidor}} = K_{\text{medidor}} \frac{U_2^2}{2g}$$

Ecuación 12

$$H_{\text{válvula}} = K_{\text{válvula}} \frac{U_2^2}{2g} \quad \text{Ecuación 13}$$

$$H_{\text{ampliación}} = K_{\text{ampliación}} \frac{U_2^2}{2g} \quad \text{Ecuación 14}$$

3. Calculo de Áreas y velocidades.

	D [in]	A [m ²]	Q [m ³ /s]	V [m/s]
D ₁	4	0.00811	0.00028	0.034
D ₂	0.75	0.00029	0.00028	0.975
D ₃	4	0.00811	0.00028	0.034

	D [in]	A [m ²]	Q [m ³ /s]	V [m/s]
D ₁	4	0.00811	0.00028	0.034
D ₂	1	0.00051	0.00028	0.548
D ₃	4	0.00811	0.00028	0.034

4. Cálculo de pérdidas debidas a medidor de 20 y 25 mm

Reducción			Válvula	Pérdida por medidor		Válvula	Ampliación	
Interpolación		D ₂ /D ₃						
A ₂ /A ₁	C _c	K _r	K _r	lps	PSI	K _r	K _r	
0	0	12.66	15.00	0.28	0.2	15.00	0.931	
0.035	0.219	h [m]	h [m]	GPM	mca	h [m]	h [m]	H _f [m]
0.1	0.624	0.615	0.728	4.40	0.145	0.728	0.00006	2.144

Pérdidas debidas a medidor de 25 mm

Reducción			Válvula	Pérdida por medidor		Válvula	Ampliación	
Interpolación		D ₂ /D ₃						
A ₂ /A ₁	C _c	K _r	K _r	lps	PSI	K _r	K _r	
0	0	2.446	12.00	0.28	0.1	12.00	0.879	
0.063	0.390	h [m]	h [m]	GPM	mca	h [m]	h [m]	H _f [m]
0.1	0.624	0.038	0.184	4.40	0.072	0.184	0.00005	0.479

5. De acuerdo a los resultados, el diámetro de medidor que resulta más conveniente para el ejemplo es el de 25 mm, ya que produce 300% menos pérdida que el medidor de 20 mm.

Considerando la presión mínima registrada durante el día y las pérdidas debidas a la instalación del medidor.

$$P_2 = 45 \text{ m} - 0.479 \text{ m} = 44.521 \text{ m}$$

Presión que garantiza el abasto de agua al edificio, además, su altura es de 24 m, por lo que aun así la presión es suficiente para garantizar el funcionamiento de muebles de baño en el último nivel.

1.6 Selección de medidores de manera gráfica.

Es posible proponer el diámetro de un medidor si se dispone de una curva horaria (Figura 6) que refleje la variación horaria del consumo dentro de un edificio, esto hace posible conocer las magnitudes de caudales con una mayor certeza. No obstante, no se está exento del cálculo de las pérdidas de energía debidas a la instalación de un medidor.

Ejemplo 2.

La figura 6 muestra la curva horaria de un edificio recreativo con mayor incidencia de uso durante fines de semana. Se debe resolver entre instalar un medidor de 1" o bien de 2". El diámetro de la toma es de 4" y se propone un arreglo horizontal del medidor dada la disponibilidad de espacio.

Se sugiere al lector realizar la memoria de cálculo en ambos casos.

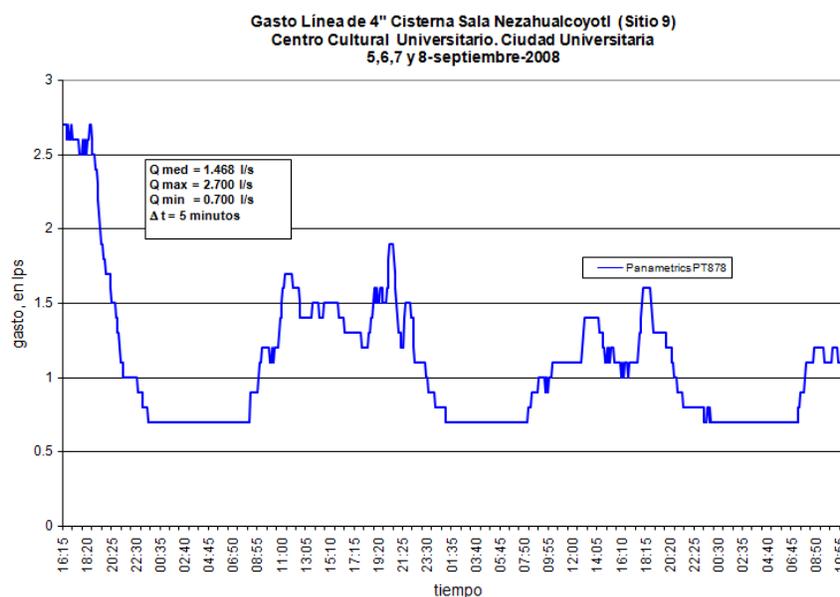


Figura 6. Curva horaria de un edificio recreativo.

Solución: Medidor de 2"

Otra forma de seleccionar el diámetro de un medidor es a través de la utilización de gráficas, las cuales surgen de identificar las distintas variables que producen una pérdida de carga al momento de instalar un medidor.

Puede decirse que las pérdidas de carga debidas a la instalación de un medidor están en función de las siguientes variables:

Pérdida de carga = f(Diámetro de medidor, arreglo del medidor, diámetro de tubería de la toma)

La primera variable tiene que ver con los diámetros de los medidores que PUMAGUA ha creído necesario instalar en las tomas de agua potable de Ciudad Universitaria, y que van desde los 15mm (5/8") hasta los 50mm (2").

El arreglo del medidor se refiere a la forma en que se instala el medidor en la toma de agua potable del edificio. Se tienen dos arreglos propuestos: Horizontal y arreglo en U. Se detallan en el capítulo 2 de este manual.

El diámetro de la toma es una variable que influye demasiado al momento de instalar un medidor de agua. Debido a que el diámetro de la mayor parte de las tomas para el caso de Ciudad Universitaria es de 4", es necesario en un 95% de los casos hacer reducciones muy drásticas para poder instalar un medidor.

Las ocho gráficas mostradas a continuación integran las variables mencionadas. Las primeras cuatro toman en cuenta el arreglo horizontal mientras que las últimas cuatro el arreglo en U. En todas las gráficas se incluye como variable al flujo de agua estimado y los diámetros más comunes de las tomas que existen en CU que van desde 2" hasta casos extremos de 6". En cada gráfica se tienen más de tres curvas, estas representan la pérdida de carga debida a instalar un medidor de un diámetro determinado (5/8", 3/4", 1" y 2") instalado en una toma de ene pulgadas.

La forma de utilizarlas es la siguiente:

1. Se estima el gasto del edificio con las ecuaciones 1 y 2 o bien, con un medidor ultrasónico.
2. Se propone un diámetro de medidor.
3. Se revisa en campo el diámetro de la toma.
4. Con el caudal estimado y las gráficas de pérdida de carga de los medidores propuestos, se ubica en estas el caudal estimado; se traza una línea perpendicular al eje y se corta esta con la curva del diámetro de la toma. A la intersección entre la curva y la primera línea, se traza una segunda recta perpendicular a la primera, de modo que se proyecte sobre el eje de las pérdidas de carga. El valor intersecado en este último paso corresponde al valor de la pérdida de carga debida a instalar el medidor.

A continuación se presenta un ejemplo que ilustra mejor lo descrito en los cuatro pasos ya mencionados.

Ejemplo 3.

Resuélvase con este método el ejemplo 1 de este manual.

Solución:

1.- Los caudales estimados son:

Q _{med}	0.278	Lps
Q _{máx}	0.416	Lps

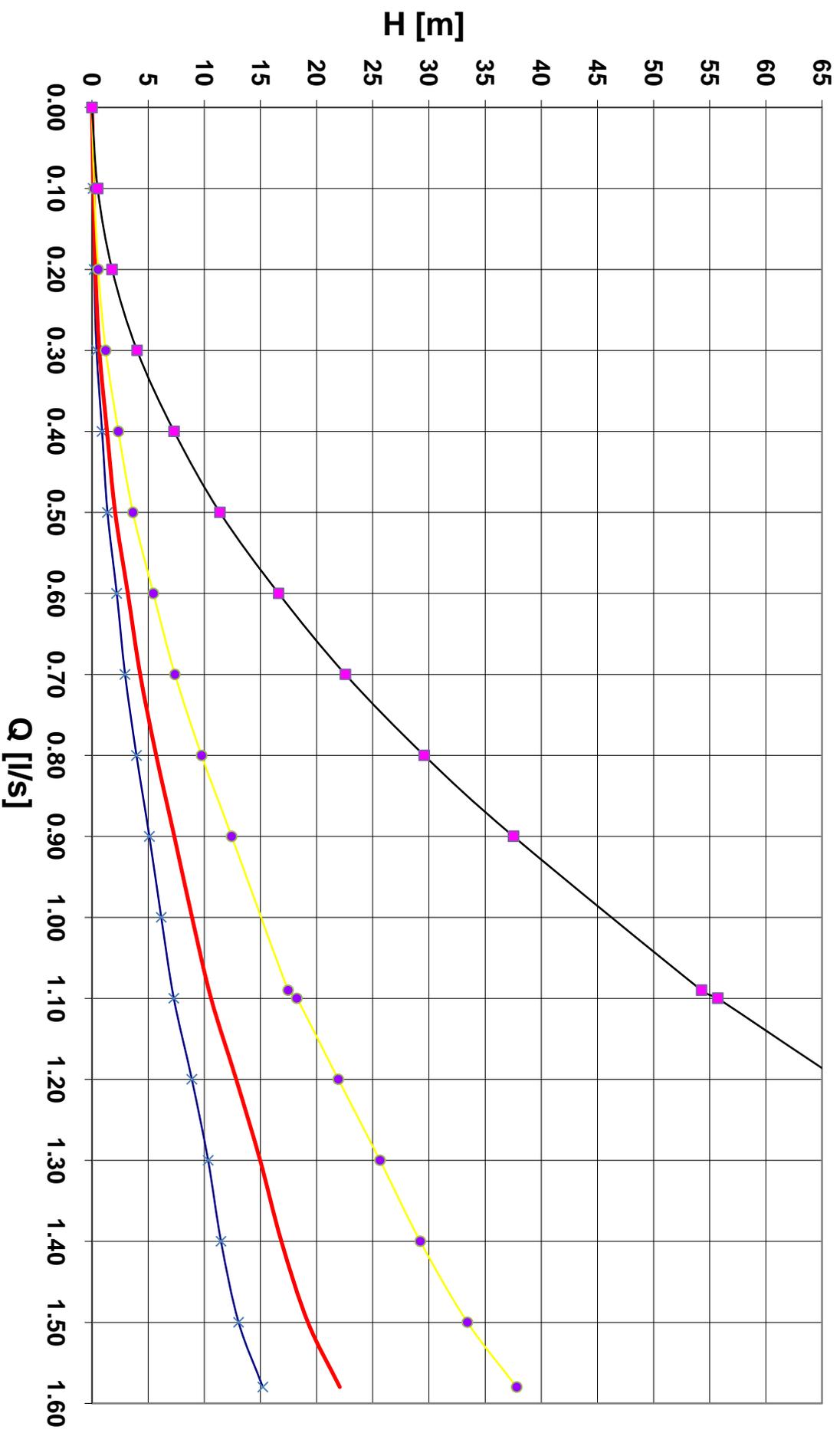
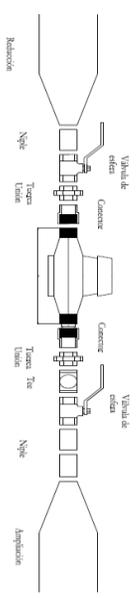
2.- De acuerdo al valor del Q_{máx} se proponen dos medidores de 20 y 25 mm de diámetro. Para resolver la disyuntiva, se elegirá el que menor pérdida de carga ocasione.

3.- El diámetro de la toma es de 4".

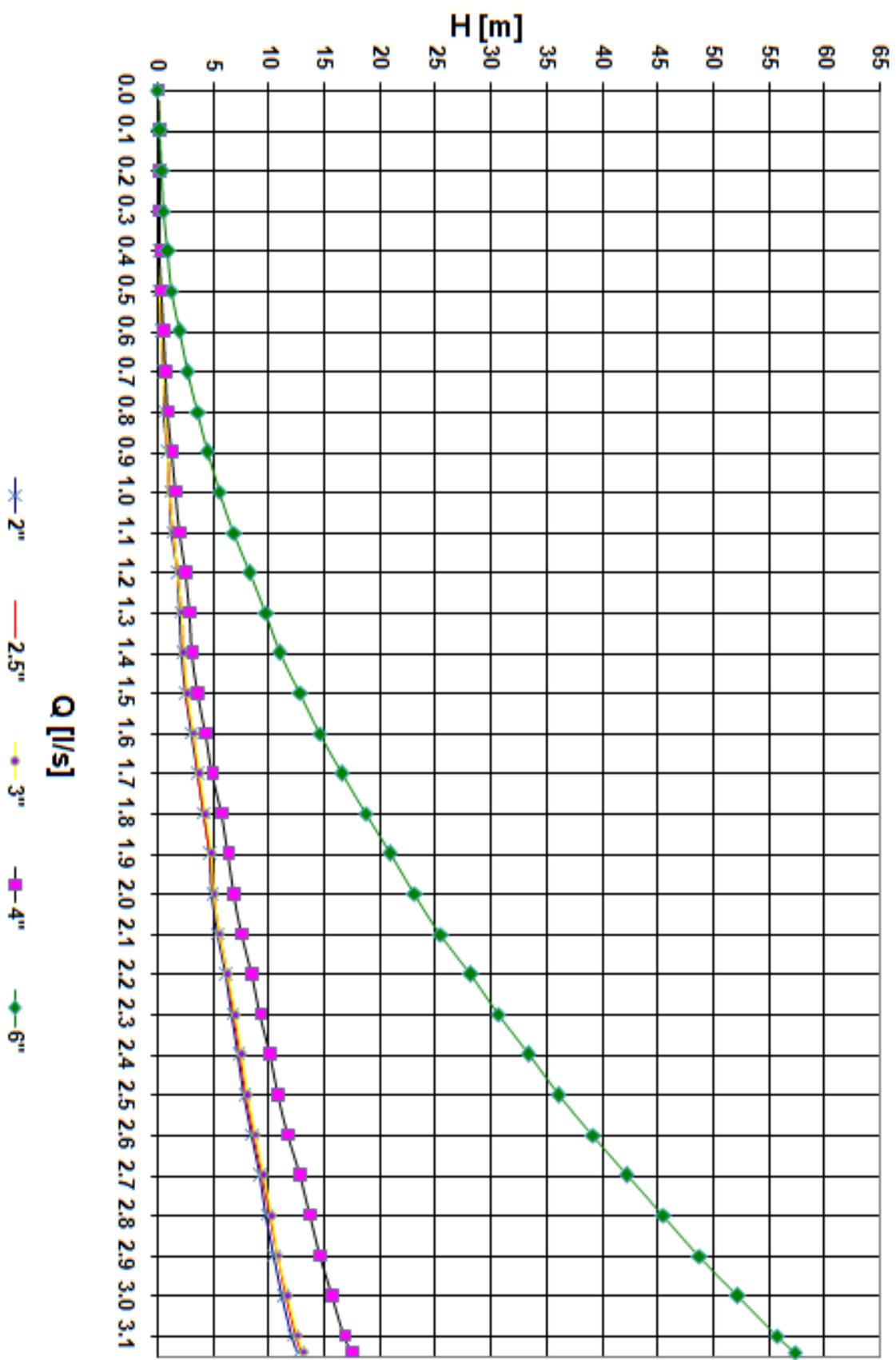
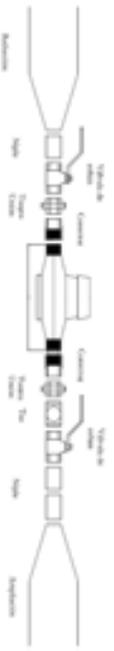
4.- Se utilizarán las gráficas 2 y 3

5.- Con la gráfica 2 nos ubicamos en el eje horizontal sobre 0.41 y trazamos una línea vertical cortando sobre la curva correspondiente a 4", posteriormente, trazamos una recta perpendicular a la primera, de modo que interceptemos al eje de las pérdidas. Con esto $h_f=2.0$ mca. Para el segundo utilizando la gráfica 3 se tiene que $h_f= 0.5$ mca. Con lo que, el medidor más recomendable es el M40 de 25 mm de diámetro nominal. Que son resultados muy similares a los obtenidos al resolver el ejercicio de manera analítica.

Gráfica H Vs Q Medidor 25 15 mm 5/8"

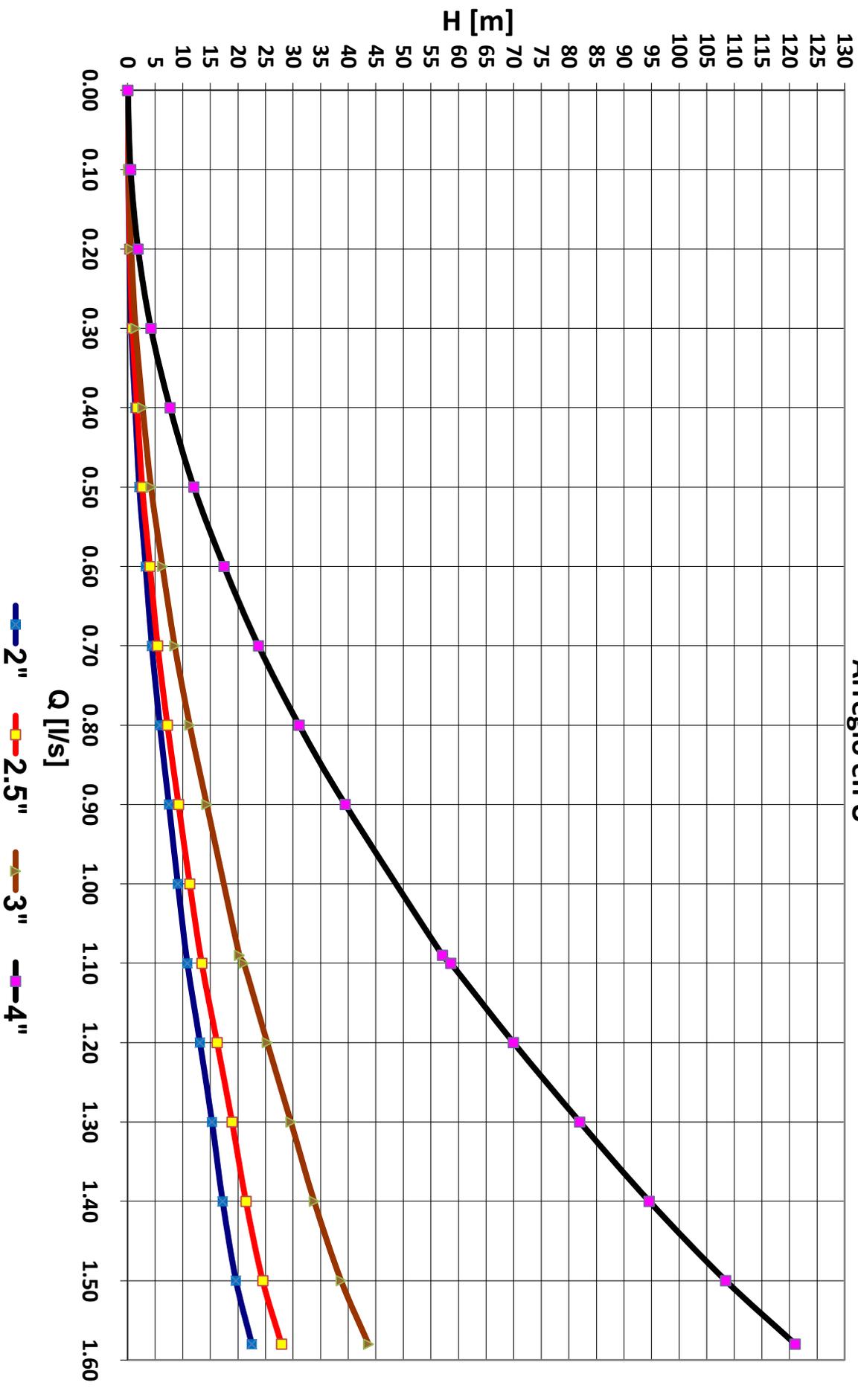


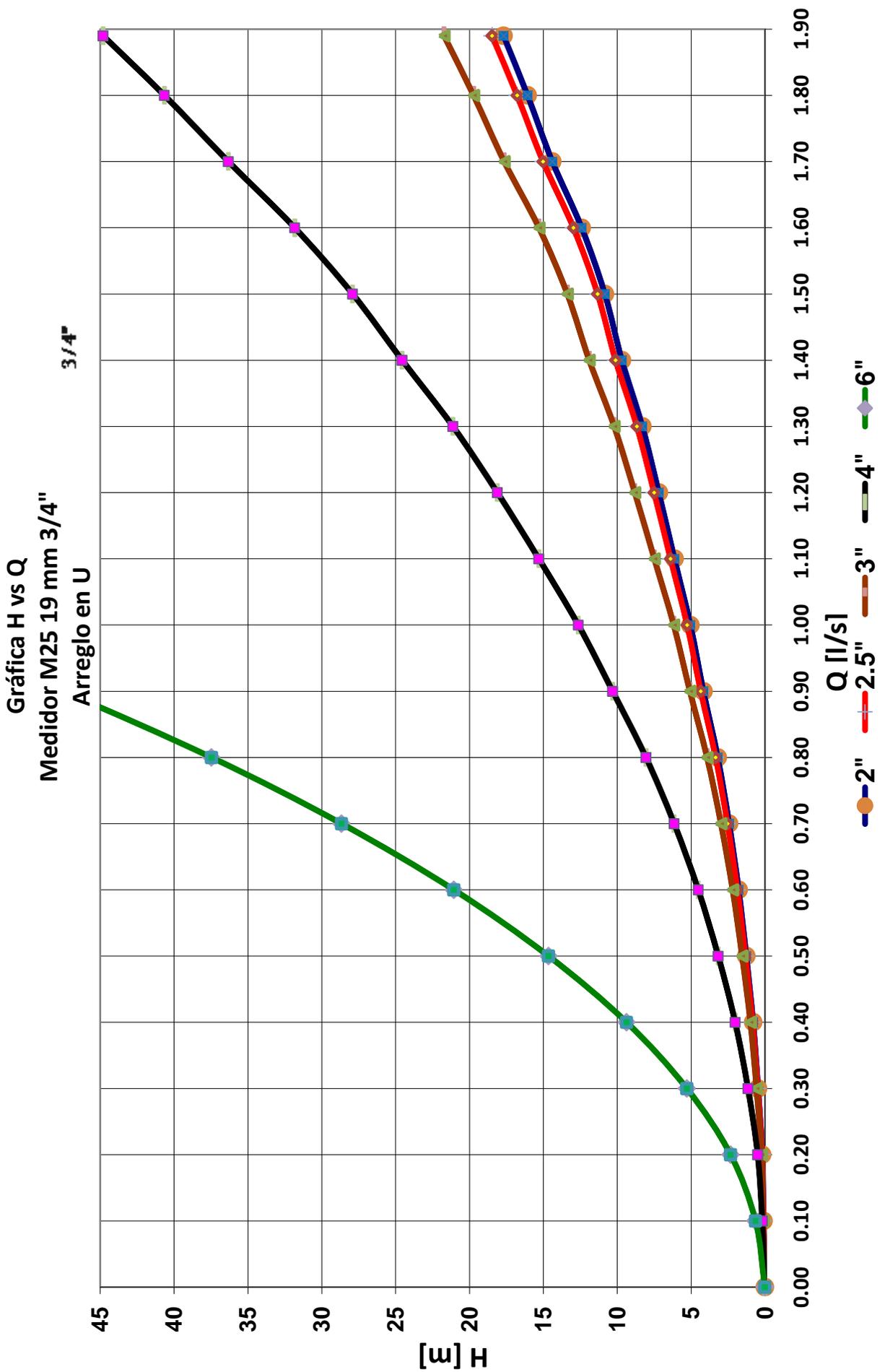
Gráfica H Vs Q
Medidor M40 25mm 1"



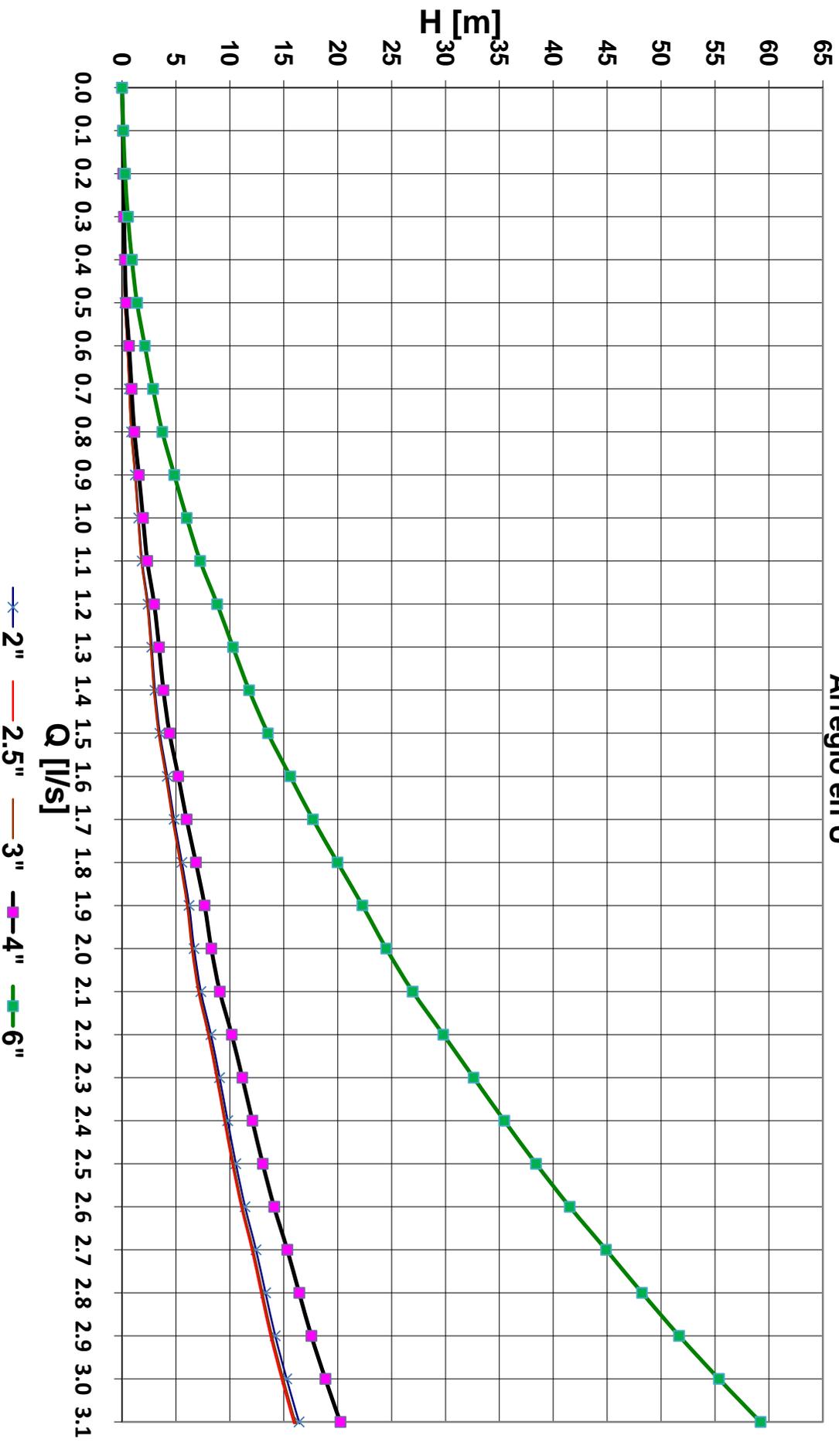
Gráfica H vs Q Medidor M25 15 mm 5/8" Arreglo en U

5/8"

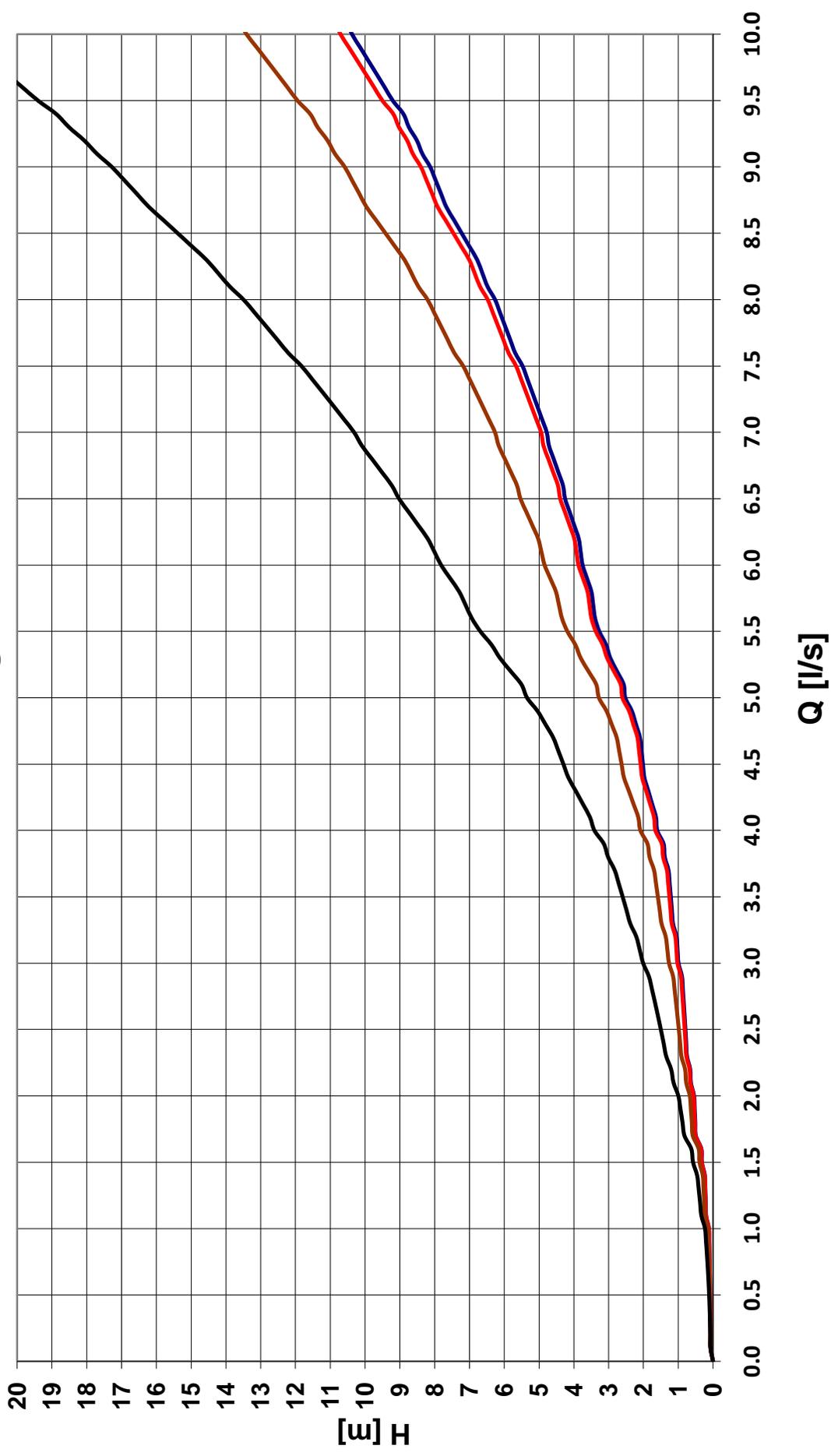




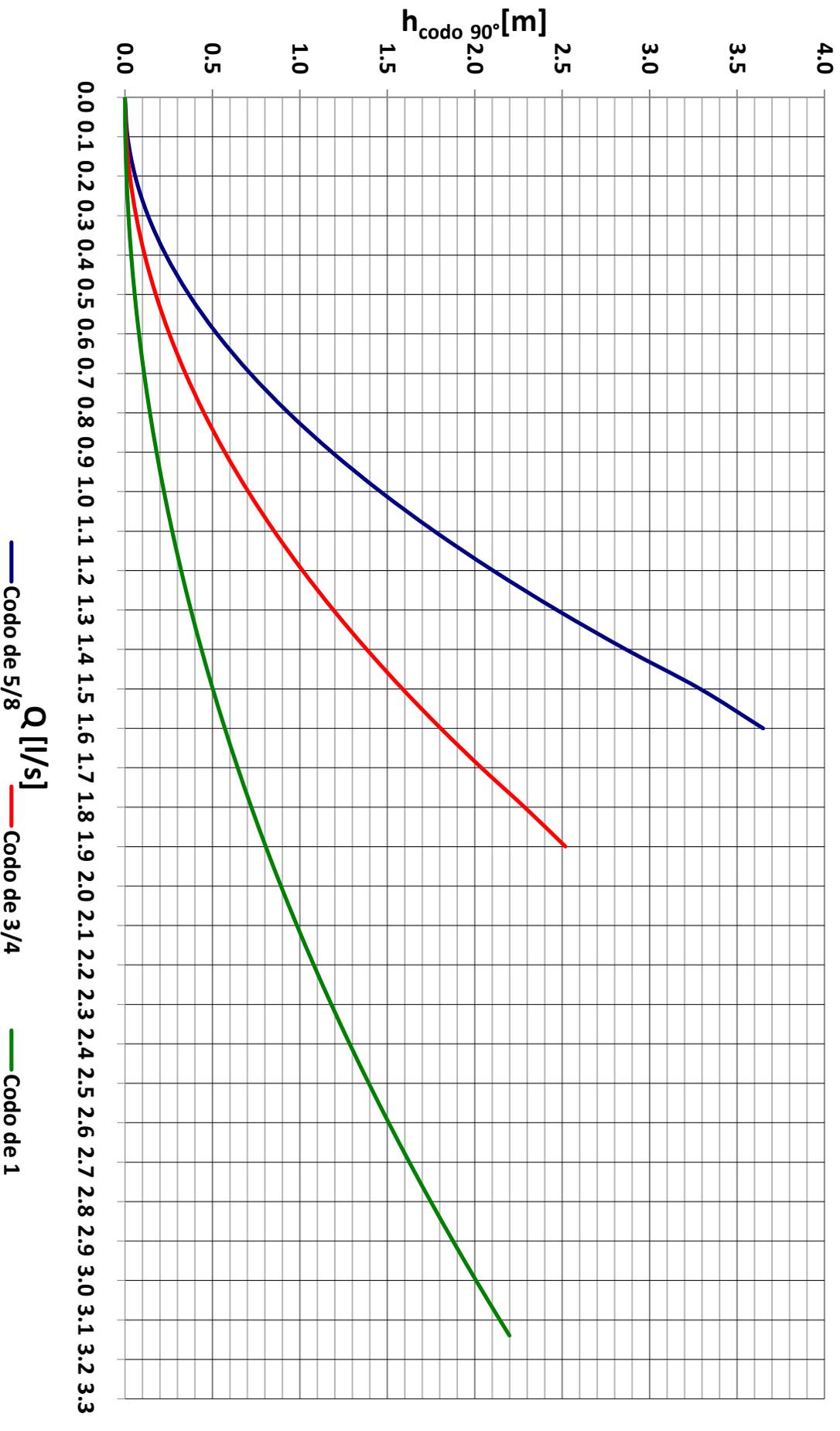
Gráfica H vs Q
Medidor M40 25 mm 1"
Arreglo en U



Gráfica H vs Q
Medidor M170 50mm 2" .
Arreglo en U



Perdidas de carga (m) por codos de 90°



Capítulo 2. Instalación.

Durante el proceso de instalación del medidor volumétrico se pueden seguir las recomendaciones y especificaciones de **ubicación, seguridad y durabilidad** mencionadas en este manual.

A continuación se detallan de manera breve las recomendaciones y especificaciones mencionadas líneas arriba. Todo ello bajo el supuesto de que es del conocimiento de la Secretaría Técnica de cada entidad la ubicación de la(s) toma(s) de agua potable de los edificios a su cargo.

2.1 Ubicación.

Dentro de las principales restricciones que se presentan al momento de elegir la ubicación del medidor se encuentran: *la disponibilidad de espacio, tuberías de difícil acceso, estética del sitio, vulnerabilidad a un posible robo, cantidad de obstáculos físicos (árboles, arbustos, muros, edificios, etc.) los cuales pueden de hecho atenuar la intensidad de la señal del medidor.* Basta decir cada una de las consecuencias que cada restricción trae consigo.

Generalmente los sitios de instalación presentan más de una o todas las restricciones aquí mencionadas, lo que sugiere que el sitio a instalar el medidor debe minimizar o bien, eliminar estas. En el primer caso, lo recomendable es buscar un sitio que suprima una o más de una de las restricciones mencionadas y, posteriormente, con la instalación del arreglo del medidor, se busque reducir al menos otra de dichas restricciones. El segundo caso resulta muy costoso y muchas veces no práctico de llevar a cabo. El siguiente ejemplo ilustra el método recomendado por PUMAGUA en cuanto a la determinación de la ubicación del medidor.

Ejemplo.

La toma del edificio se ubica en un crucero cuyas dimensiones impiden trabajar en él, es vulnerable a robo, en el sitio hay demasiados árboles y jardines que son parte de la imagen del edificio. Se debe buscar un sitio de instalación que minimice la mayor cantidad de restricciones. Ver Figura 3.

Solución:



Figura 7. Toma de agua potable con poca disponibilidad de espacio, vulnerabilidad de robo y una gran existencia de árboles.

Tal y como lo muestra la figura 7, el sitio de instalación del medidor es muy incómodo, existe una vulnerabilidad de robo y principalmente hay gran cantidad de árboles. Siguiendo las recomendaciones ya mencionadas, lo primero que se propone en este caso es instalar el medidor adelante del registro (aguas abajo del mostrado en la figura), de manera que se elimine la restricción de espacio y por otro lado, con la construcción de un nuevo cuadro de registro se suprime la vulnerabilidad de robo, además, el sitio de instalación elegido permite una menor atenuación de la señal de medidor. La figura 4 muestra el medidor ya instalado en este edificio.



Figura 8. Medidor instalado.

2.2 Seguridad.

La selección de un sitio de instalación puede o no garantizar la seguridad del medidor, es por ello que PUMAGUA ha elaborado ciertas recomendaciones que garantizan su seguridad ante robos e inclemencias del tiempo a través de la construcción de una caja de registro que lo albergue.

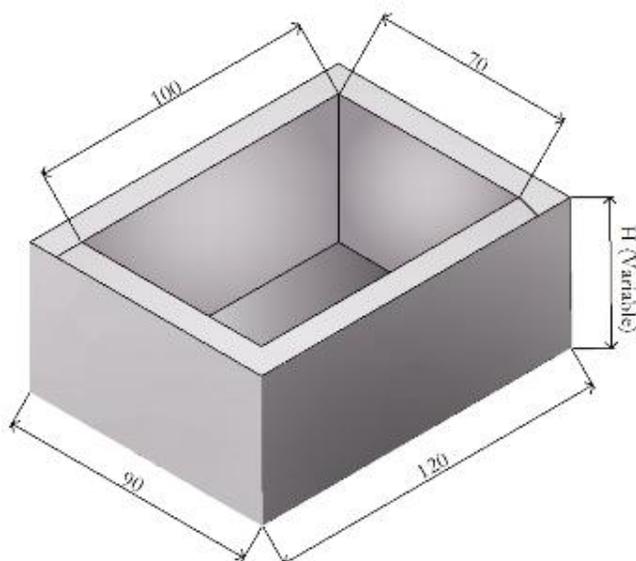
En cuanto a la seguridad del medidor, (Cámara – elemento primario- y carátula – elemento secundario) ambos elementos tienen nivel de hermeticidad con capacidad de operación en condiciones de sumersión (IP68), esto considerando que se instalarán en registros donde existe el riesgo de inundación o bien de humedad, tal y como lo muestra la figura 9.



Figura 9. Medidor expuesto a sumersión y humedad.

2.2.1 Registro

En cuanto al registro del medidor, este deberá en la medida de lo permisible, de tener las dimensiones que se muestran en las siguientes figuras:



Dimensiones de registro
Acot: cm

Figura 10. Dimensiones de registro recomendables.

Dimensiones de tapa

Acot: cm

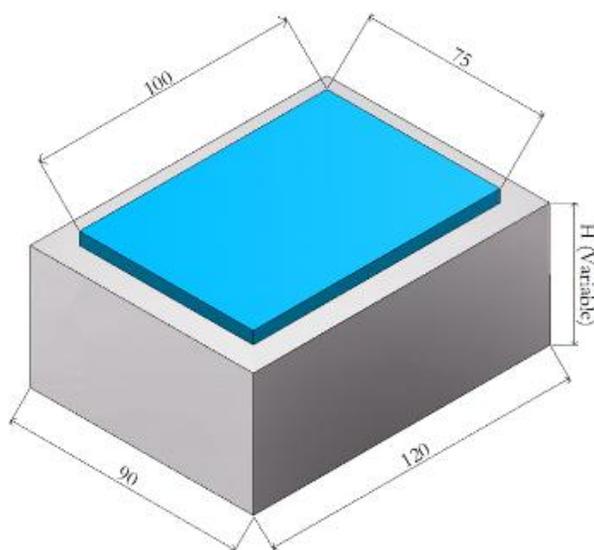
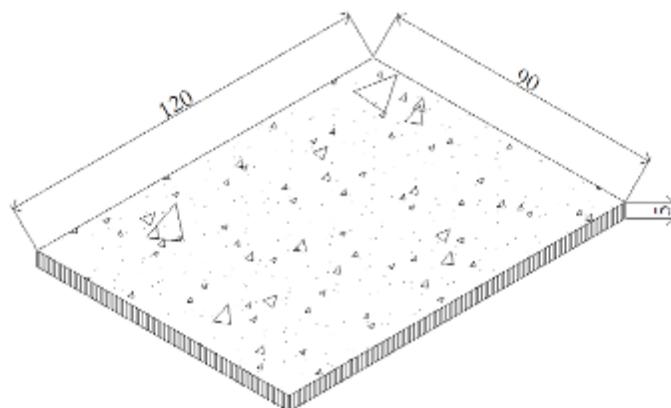


Figura 11. Dimensiones de tapa de registro.

La altura del registro está en función de la profundidad de la tubería de la toma, por lo que se acota como variable. El registro puede ser elaborado con ladrillos o tabiques unidos a base de mortero *arena – cemento* proporción 1:7. Los muros internos deben contar con un firme de mortero *arena – cemento* proporción 1:7 de no más allá de 2 cm de espesor.

El registro puede quedar con un bordo de no más allá de 10 cm por arriba del nivel del suelo cuando este se ubique en sitios que no sean pasillos o concurridos, cuando esto no sea el caso, lo recomendable es que el registro quede a nivel de suelo. En casos especiales, donde la tubería sea superficial, se justifica que el registro quede expuesto completamente.

El cuadro de registro debe contar previamente con una plantilla de concreto de 5 cm de espesor con resistencia $f'c=100 \text{ Kg/cm}^2$. Las dimensiones recomendables de la Plantilla se muestran en la siguiente figura:



Plantilla de concreto
 $f'c=100\text{Kg}/\text{cm}^2$
Acot: cm

Figura 12. Dimensiones de la plantilla de concreto.

2.2.2 Tapa

En cuanto a la tapa del registro, esta debe ser necesariamente metálica, evitándose colocar tapas hechas a base de concreto. La tapa debe contar con aditamentos necesarios que permitan la colocación de un candado, cuya llave estará en custodia de cada entidad. La tapa debe pintarse preferentemente de color azul alberca.

A continuación se muestran imágenes de registros bajos estas recomendaciones:



Figura 13. Registros bajo las recomendaciones de PUMAGUA.



Figura 14. Tapa de registros bajo las recomendaciones de PUMAGUA.

2.3 Durabilidad.

Las recomendaciones de durabilidad se refieren a los tipos de material del arreglo del medidor y la manera en que este se instala.

Los materiales de los accesorios de los arreglos deben ser de cobre, evitándose colocar en ellos PVC o acero galvanizado. De momento se admite que se coloquen piezas de Acero Galvanizado en las reducciones de los diámetros; pero sólo en casos en que los materiales de la tubería de la toma sean Acero Galvanizado, Fierro Fundido, PEAD, etc. En tuberías de cobre de hasta 3” de diámetro existen reducciones tipo bushing por lo que en estos casos el arreglo debe ser totalmente de cobre.

Arreglos

PUMAGUA ha propuesto dos diferentes tipos de arreglo de medidores para el caso de Ciudad Universitaria, a estos se ha convenido denominarlos “Arreglo Horizontal” y “Arreglo en U” y en lo sucesivo se les denominará así en este Manual. Las siguientes figuras muestran ambos arreglos.

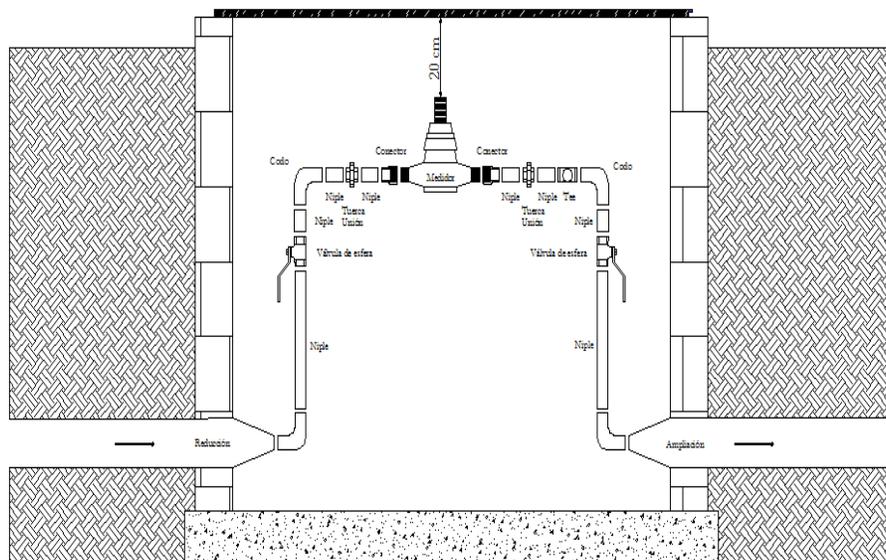


Figura 15. Arreglo en U para medidores. Recomendado para sitios con tuberías muy profundas. Mayores a 70 cm.

Arreglo Horizontal para medidores

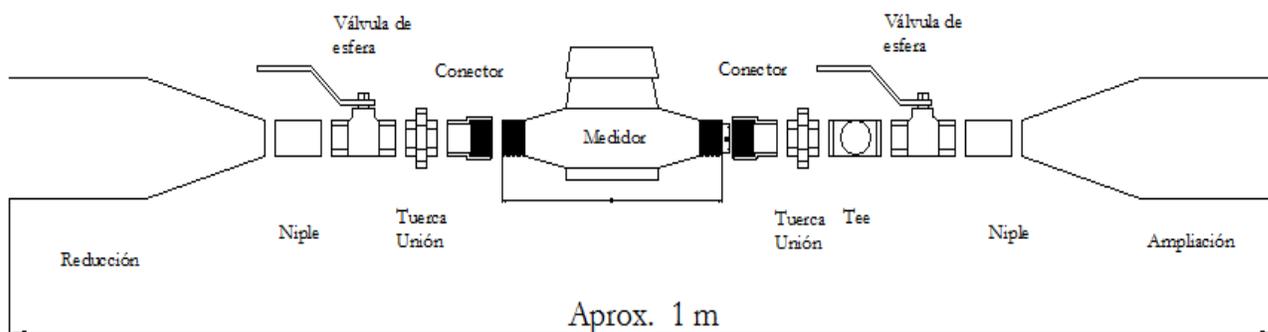


Figura 16. Arreglo Horizontal para medidores. Recomendado para registros donde la tubería no es demasiado profunda.

El arreglo en U es recomendable utilizarlo en casos en donde la tubería se encuentre hasta 70 cm de la superficie. Cuando la profundidad de la tubería es menor a 30 cm lo recomendable es hacer el arreglo en forma horizontal.

En cualquiera de los dos casos es posible también utilizar una configuración remota del medidor; aunque generalmente se ha procurado recomendar esta configuración en sitios en donde la profundidad de la tubería rebasa el metro de altura y se encuentran ubicadas en cajas de válvula de concreto. No obstante, existen muchos sitios en los que, dadas sus características particulares, es recomendable la instalación de un medidor en modo remoto.

La señal que el medidor envía se atenúa ante obstáculos como lo son el concreto, vegetación, etc.; es por ello que con la idea de ayudar a la señal a presentar la menor pérdida, se utiliza la configuración remota. Para ello PUMAGUA recomienda que en la parte más alta del registro, no necesariamente en la tapa, se haga un barreno de aproximadamente 5 cm de diámetro, con la idea de que por éste orificio se coloque el transmisor del medidor y la señal presente la menor atenuación posible. La siguiente figura muestra la manera de instalación de una unidad remota.

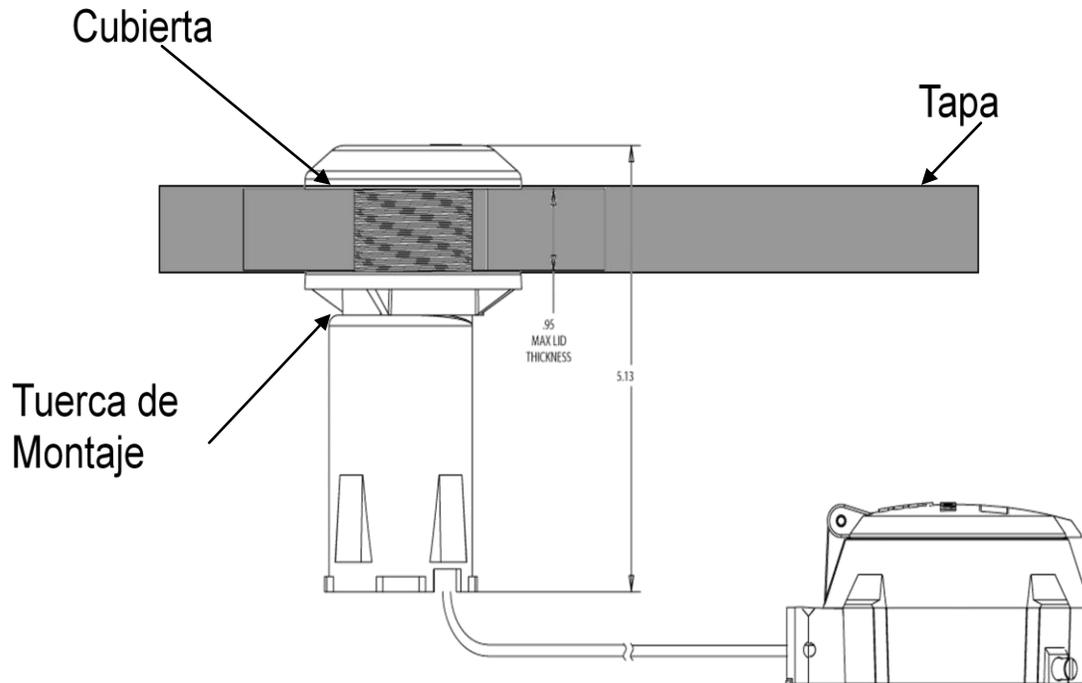


Figura 17. Instalación del medidor en modo remoto.

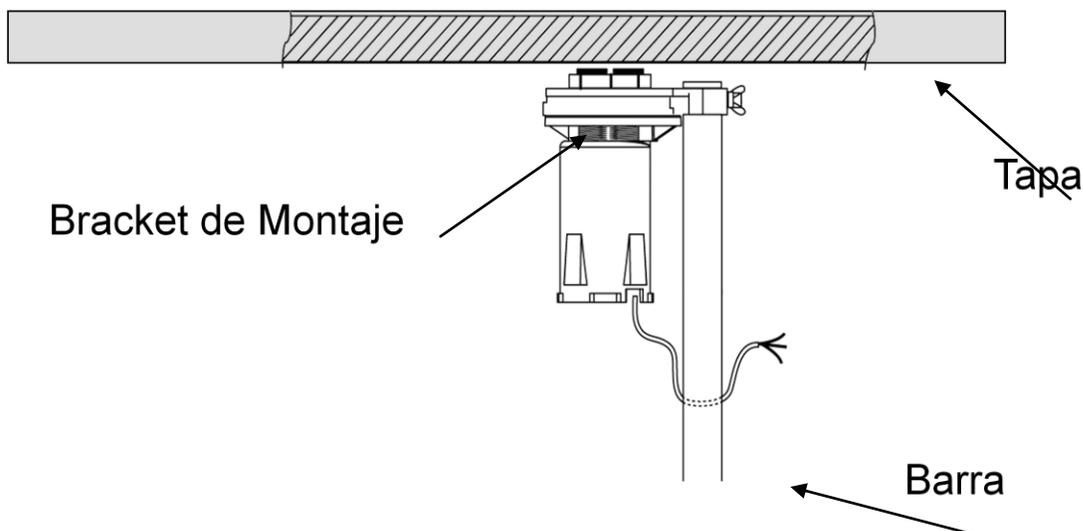


Figura 18. Instalación del medidor en modo remoto.

2.4 Materiales

Las piezas de cada uno de los arreglos se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 5. Lista de materiales para medidor M25 15 mm de diámetro interior y 19 mm de diámetro exterior. Arreglo Horizontal.

ESPECIFICACIONES PUMAGUA:	Material para instalación de medidor de consumo de agua Modelo M25 (15mm) Diámetro Exterior (19 mm)	
Material requerido para arreglo		
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD
Conector de cobre cuerda exterior de 3/4"	Pza.	6
Válvula de esfera roscable mca. IUSA de 3/4"	Pza.	2
Tuerca unión de cobre de 3/4"	Pza.	2
Conector de cobre cuerda interior de 3/4"	Pza.	2
Tee de cobre de 3/4" x 3/4" x 1/2"	Pza.	1
Tapón macho de 1/2"	Pza.	1
Conector de cobre cuerda interior de 1/2"	Pza.	1
Tubo de cobre de 3/4"	m	1

Tabla 6. Lista de materiales para medidor M25 19 mm de diámetro interior y 25 mm de diámetro exterior. Arreglo Horizontal.

ESPECIFICACIONES PUMAGUA:	Material para instalación de medidor de consumo de agua Modelo M25 (19mm)	
	Diámetro exterior (25 mm)	
Material requerido para arreglo		
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD
Conector de cobre cuerda exterior de 1"	Pza.	6
Válvula de esfera roscable mca. IUSA de 1"	Pza.	2
Tuerca unión de cobre de 1"	Pza.	2
Conector de cobre cuerda interior de 1"	Pza.	2
Tee de cobre de 1" x 1" x 1/2"	Pza.	1
Tapón macho de 1/2"	Pza.	1
Conector de cobre cuerda interior de 1/2"	Pza.	1
Tubo de cobre de 1"	m	1

Tabla 7. Lista de materiales para medidor M25 25 mm de diámetro interior y 30 mm de diámetro exterior. Arreglo Horizontal.

ESPECIFICACIONES PUMAGUA:	Material para instalación de medidor de consumo de agua de 1 1/4"	
	Diámetro exterior (30 mm)	
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD
Conector de cobre cuerda exterior de 1 1/4"	Pza.	6
Válvula de esfera roscable mca. IUSA de 1 1/4"	Pza.	1
Tuerca unión de cobre de 1 1/4"	Pza.	2
Conector de cobre cuerda interior de 1 1/4"	Pza.	2
Tee de cobre de 1 1/4" x 1 1/4" x 1/2"	Pza.	1
Tapón macho de 1/2"	Pza.	1
Conector de cobre cuerda interior de 1/2"	Pza.	1
Tubo de cobre de 1 1/4"	m	1

Tabla 8. Lista de materiales para medidor M25 15 mm de diámetro interior y 19 mm de diámetro exterior. Arreglo en U.

ESPECIFICACIONES PUMAGUA:	Material para instalación de medidor de consumo de agua Modelo M25 (15mm) Diámetro Exterior (19 mm)	
	Material requerido para arreglo	
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD
Conector de cobre cuerda exterior de 3/4"	Pza.	6
Válvula de esfera roscable mca. IUSA de 3/4"	Pza.	2
Tuerca unión de cobre de 3/4"	Pza.	2
Conector de cobre cuerda interior de 3/4"	Pza.	2
Tee de cobre de 3/4" x 3/4" x 1/2"	Pza.	1
Tapón macho de 1/2"	Pza.	1
Conector de cobre cuerda interior de 1/2"	Pza.	1
Tubo de cobre de 3/4"	m	1
Material misceláneo	Lote	
Codo de cobre soldable de 3/4"	Pza.	4

Tabla 9. Lista de materiales para medidor M25 19 mm de diámetro interior y 25 mm de diámetro exterior. Arreglo en U.

ESPECIFICACIONES PUMAGUA:		Material para instalación de medidor de consumo de agua Modelo M25 (19mm)	
		Diámetro exterior (25 mm)	
Material requerido para arreglo			
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	
Conector de cobre cuerda exterior de 1"	Pza.	6	
Válvula de esfera roscable mca. IUSA de 1"	Pza.	2	
Tuerca unión de cobre de 1"	Pza.	2	
Conector de cobre cuerda interior de 1"	Pza.	2	
Tee de cobre de 1" x 1" x 1/2"	Pza.	1	
Tapón macho de 1/2"	Pza.	1	
Conector de cobre cuerda interior de 1/2"	Pza.	1	
Tubo de cobre de 1"	m	1	
Codo de cobre soldable 1"	Pza.	4	

Tabla 10. Lista de materiales para medidor M25 25 mm de diámetro interior y 30 mm de diámetro exterior. Arreglo en U.

ESPECIFICACIONES PUMAGUA:		Material para instalación de medidor de consumo de agua de 1 1/4"	
		Diámetro exterior (30 mm)	
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	
Conector de cobre cuerda exterior de 1 1/4"	Pza.	6	
Válvula de esfera roscable mca. IUSA de 1 1/4"	Pza.	1	
Tuerca unión de cobre de 1 1/4"	Pza.	2	
Conector de cobre cuerda interior de 1 1/4"	Pza.	2	
Tee de cobre de 1 1/4" x 1 1/4" x 1/2"	Pza.	1	
Tapón macho de 1/2"	Pza.	1	
Conector de cobre cuerda interior de 1/2"	Pza.	1	
Tubo de cobre de 1 1/4"	m	1	
Codo de cobre soldable 1 1/4"	Pza.	4	

Tabla 11. Lista de materiales para medidor M25 25 mm de diámetro interior y 30 mm de diámetro exterior. Arreglo en U.

ESPECIFICACIONES PUMAGUA:		Material para instalación de medidor de consumo de agua de 2"	
		Diámetro exterior (50 mm)	
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	
Conector de cobre cuerda exterior de 2"	Pza.	6	
Válvula de esfera roscable mca. IUSA de 2"	Pza.	1	
Tuerca unión de cobre de 2"	Pza.	2	
Conector de cobre cuerda interior de 2"	Pza.	2	
Tee de cobre de 2" x 2" x 1"	Pza.	1	
Tapón macho de 1"	Pza.	1	
Conector de cobre cuerda interior de 1"	Pza.	1	
Tubo de cobre de 2"	m	1	
Codo de cobre soldable 2"	Pza.	4	

2.5 Reducciones

Las listas de material corresponden sólo a los accesorios del arreglo del medidor, no se incluyen los accesorios que son necesarios para la reducción de diámetros. Al respecto, PUMAGUA ha emitido las siguientes especificaciones de reducción de diámetros en los siguientes dos casos:

- ✓ Cuando se trate de **reducir diámetros** en tuberías de distintos materiales.
- ✓ Cuando se trate de reducir diámetros en **tuberías de cobre**.

Estas especificaciones no deben considerarse en el caso de que no sea necesario reducir diámetros.

El arreglo general para reducciones sigue los esquemas mostrados en la figuras 19 y 20. Este arreglo debe usarse en aquellas tuberías que no sean de cobre, cuando este último sea el caso, debe procurarse seguir el arreglo mostrado en las figuras 21 y 22, procurando colocar reducciones tipo bushing.

Arreglo general de reducciones

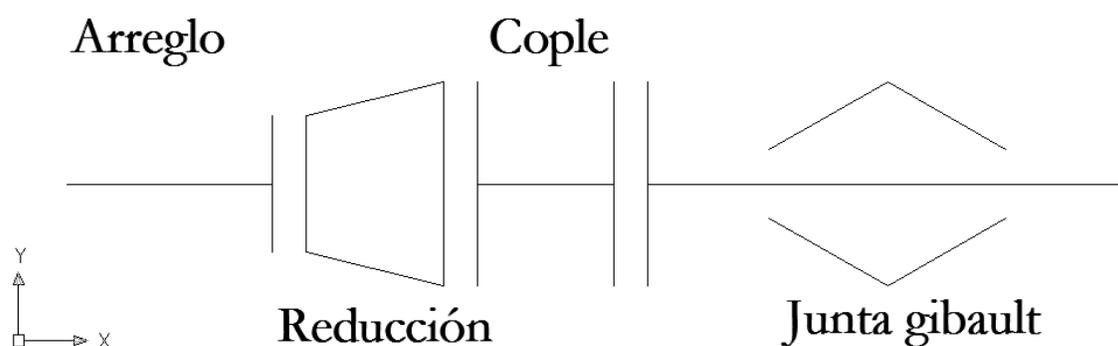


Figura 19. Reducción tipo campana recomendada para tuberías de hasta 2 pulgadas de diámetro.



Figura 20. Reducción.

Arreglo general de reducciones Tuberías de cobre

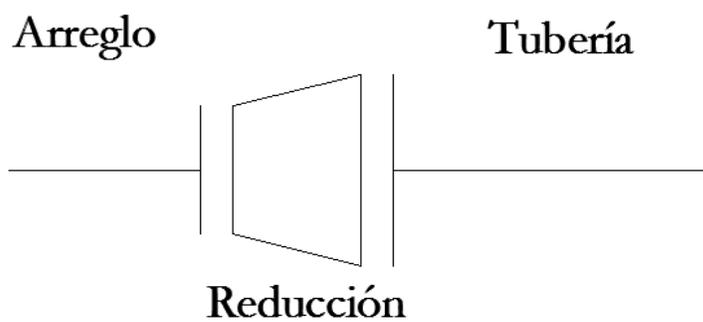


Figura 21. Arreglo de reducción para tuberías de cobre.



Figura 22. Reducción tipo Bushing para tuberías de cobre.

2.6 Instalación.

En cuanto a la instalación de los medidores, estos se pueden instalar en posición horizontal, vertical o inclinada hasta medidores de 50 mm (2”). La instalación no requiere tramos rectos de tubería aguas arriba y aguas abajo del medidor. La única restricción en cuanto a la posición se refiere, es que el medidor se instale en dirección al flujo.

El procedimiento para colocar el medidor consiste en los siguientes pasos:

- A. Armar previamente el arreglo sin el medidor, en cuyo lugar deberá instalarse un tubo de cobre de manera provisional.
- B. En el sitio, se corta el tramo de tubería (ya descubierta) del mismo tamaño del arreglo del medidor armado previamente.
- C. Se colocan las ligas de goma y bridas en ambos extremos. Se debe procurar que estos en todo momento se mantengan perpendiculares al eje longitudinal de la tubería.
- D. Se alinean el arreglo con el anillo de la junta, posteriormente se ajustan los tornillos.
- E. Una vez ajustados tanto el arreglo como la junta, se abre el suministro de agua a la línea revisando en todo el momento la existencia de fugas en cualquier parte del arreglo o la unión.
- F. Cuando se ha revisado que no existe fugas en el arreglo, se procede a colocar el medidor. Para ello, se recomienda antes de su instalación, cerrar la válvula aguas abajo del medidor y abrir la válvula de nariz colocada después de la tee a manera de dejar pasar agua y con ello permitir la salida de objetos sólidos. Posteriormente, se cierra la válvula aguas arriba del medidor y la llave de nariz de manera que se tenga la tubería del arreglo vacía. La colocación del medidor se hace al retirar el tramo de tubo de cobre instalado de manera provisional y colocar la cámara del mismo. Una de las recomendaciones al momento de colocar la cámara es no ajustarla demasiado.
- G. Finalmente, se vuelve a cerrar la válvula aguas arriba del medidor de manera y se deja pasar agua por arreglo, con esto se verifican fugas en la instalación de la cámara del medidor.
- H. Finalmente se coloca la carátula del medidor, para ello se retira el tornillo que esta tiene en la parte inferior y posteriormente se instala volviendo a colocar y ajustar el tornillo. Esto último debe hacerse de manera que no se descabece el tornillo.
- I. Cuando se ha verificado la no existencia de fugas en el arreglo y se ha colocado la carátula, se da por terminado la instalación del medidor.

Otra opción es armar el arreglo en sitio. Cuando la tubería es de cobre, se cortan ambos extremos y se suelda la reducción; posteriormente se coloca el arreglo del medidor. En este caso lo más recomendable es armar el arreglo en sitio que hacerlo previamente. La siguiente figura muestra las piezas de una junta gibault.

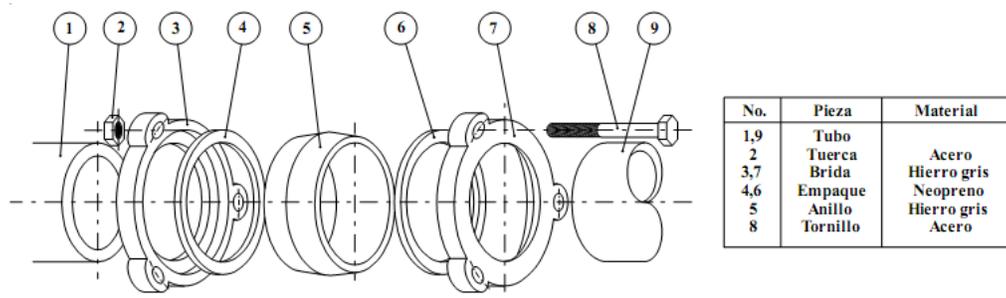


Figura 23. Piezas que conforman una junta gibault. FUENTE. MAPAS 2007. CONAGUA

El medidor una vez instalado proporcionará información referente a las fugas y consumos dentro de cada institución, con lo cual se podrán implementar políticas para un mejor manejo y administración del recurso.

Capítulo 3

Mantenimiento.

En este capítulo se presentan las recomendaciones en cuanto al mantenimiento preventivo y correctivo del medidor. Las recomendaciones aquí descritas siguen los lineamientos establecidos por Badger Meter para el mantenimiento de los equipos de medición.

3.1 Consideraciones importantes

El mantenimiento del medidor no sólo incluye al equipo como tal, si no también a su arreglo y el registro que lo alberca. Se comienza dando algunas recomendaciones respecto al mantenimiento del arreglo y el registro para dar pie a las recomendaciones en cuanto al medidor como tal.

3.2 Mantenimiento al arreglo y registro del medidor.

Como se ha mencionado en algunas ocasiones, existen dos tipos de arreglo para instalar el medidor en las tomas de agua potable. El mantenimiento de tipo preventivo a las piezas que integran a cada uno de los arreglos del medidor debe hacerse de manera periódica, generalmente cada seis meses a partir de la fecha de instalación. Este consiste en revisar el estado de cada uno de los accesorios, constatar que no existan fugas en estos, sobre todo en las reducciones. Cuando existe alguna fuga en una pieza del arreglo del medidor, es necesario sustituirla. El Medidor cuenta con un elemento detector de flujo bajo que registra el más mínimo goteo.

En cuanto al mantenimiento de tipo preventivo al registro del medidor, éste debe limpiarse continuamente, evitando en todo momento el crecimiento de yerbas alrededor, ya que esto definitivamente influirá en la intensidad de la señal que envía el medidor a la unidad concentradora de datos. Es preferible evitar que el registro se llene de tierra o bien, de basura. Continuamente se habrá de revisar la tapa del registro y pintarla al menos una vez por año.

3.3 Mantenimiento al medidor.

Los medidores Badger tipo Recordall® están diseñados y fabricados para proveer servicio a largo plazo con un mantenimiento mínimo. Cuando se requiere éste, se puede realizar fácilmente en el sitio de instalación del medidor o en cualquier sitio conveniente, desinstalándolo.

El tipo de mantenimiento que debe brindarse a los medidores (Cámara y carátula) es de tipo preventivo y correctivo. Se inician con las recomendaciones de la cámara y finalmente de la carátula.

Antes de iniciar con la descripción del mantenimiento se mostrarán las partes que componen a los equipos de medición.



Figura 24. Vista en corte de un medidor volumétrico marca Badger Meter. FUENTE: Badger Meter de las Américas SA de CV.

Tornillos.

Tanto la cámara como la carátula del medidor se unen a través de un tornillo en tres diferentes presentaciones:

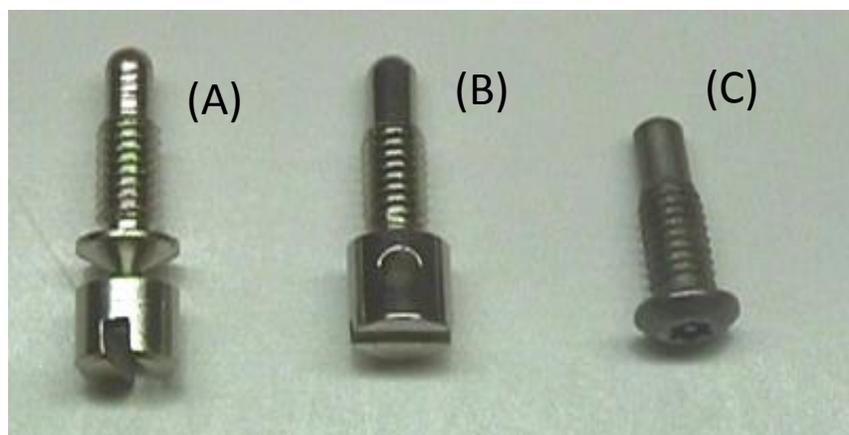


Figura 25. A) Tornillo Auto rompible (Remache), B) Estándar, para sello de alambre y C) Tipo Torx (Requiere herramienta especial)

De la figura anterior, es importante mencionar que tanto el primero como el tercer tornillo no requieren uso de alambre o sellos de plomo que prevengan algún intento de robo o manipulación del medidor; en el primer caso basta con descabezar al tornillo para que tanto la carátula como la cámara queden fijas, mientras que en el segundo caso, es necesario herramienta especial para manipular a dicho tornillo.

Carátula.

El mantenimiento a la carátula del medidor es básicamente de tipo correctivo, debido a que cuando esta se daña es necesaria su sustitución. La carátula tiene una garantía por parte de la empresa de hasta 25 años.

Cuando el que está dañado es el plástico que protege a la carátula, es posible remover y sustituir este con el empleo de una llave Tomahawk.



Figura 26. Carátula del medidor. Cuenta con un grado de protección IP68.

Partes del medidor.



**CUERPO O CARCASA
DEL MEDIDOR**



**TAPAS DEL
MEDIDOR**



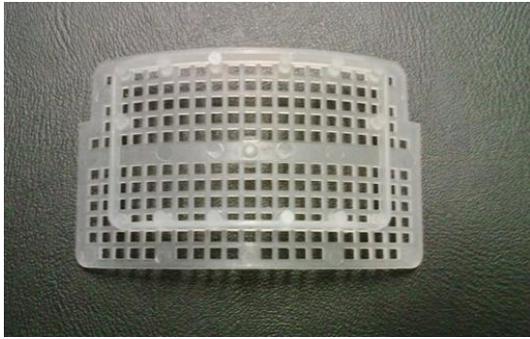
EMPAQUES



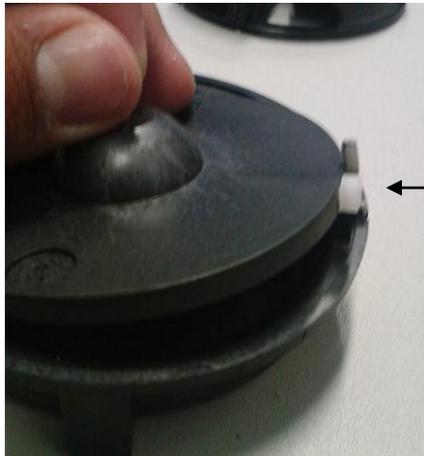
SEGURO



**CÁMARA DE
MEDICIÓN**



FILTRO O REJILLA DEL MEDIDOR



PERNO

Figura 27. Partes de un medidor volumétrico

Conjunto de la cámara de medición.

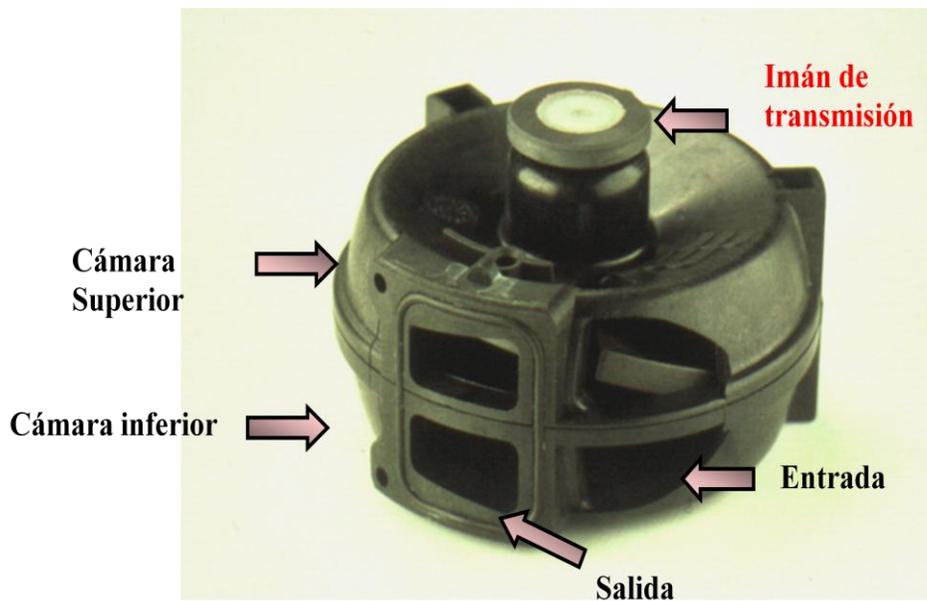


Figura 28. Partes de la cámara de medición.

3.4 Mantenimiento de la cámara del medidor.

Para darle mantenimiento al medidor en los modelos M25 y M40 se necesita de una llave Tomahawk.



LLAVE TOMAHAWK

Figura 29. Partes de la cámara de medición.

El mantenimiento a la cámara del medidor se hace básicamente en sitio, y consiste en la limpieza o cambio de alguna pieza interna según sea el caso. Debe procurarse hacerse cuando menos cada seis meses a partir de la fecha de instalación o por lo menos una vez al año. El procedimiento es el siguiente:

1. Se desmonta el medidor del arreglo. Esto se hace quitando las tuercas unión que tiene el medidor en cada extremo.
2. Con la llave Tomahawk se **desarma** el medidor.
3. Se limpian las piezas y se observan los principales problemas de cada una de ellas.
4. Se sustituyen las piezas que estén dañadas y se vuelve a armar el medidor.
5. Se monta nuevamente el medidor sobre el arreglo y se vuelve a dejar pasar agua por el mismo.
6. No es necesaria una re calibración del equipo.

El procedimiento descrito anteriormente está pensado para llevarse a cabo en aproximadamente 60 minutos dependiendo esto último de los problemas que cada sitio en particular imponga.



Figura 30. Desarmado de la cámara de un medidor.

Al desarmar el medidor, puede encontrarse los problemas mostrados en las siguientes figuras. La solución más recomendable en cada caso es la sustitución de cada pieza por una nueva.

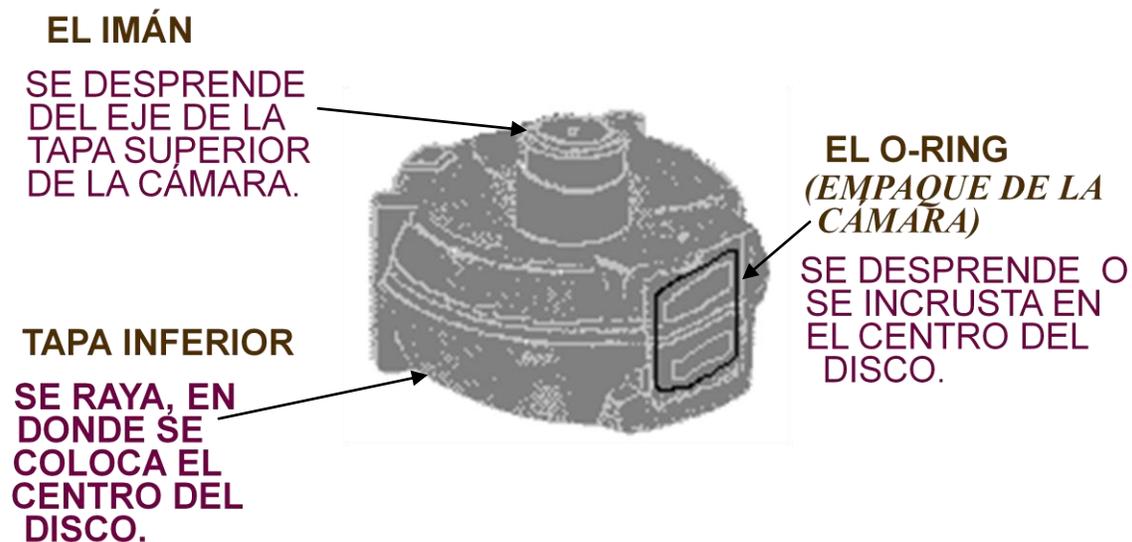


Figura 31. Principales problemas en la cámara de medición.

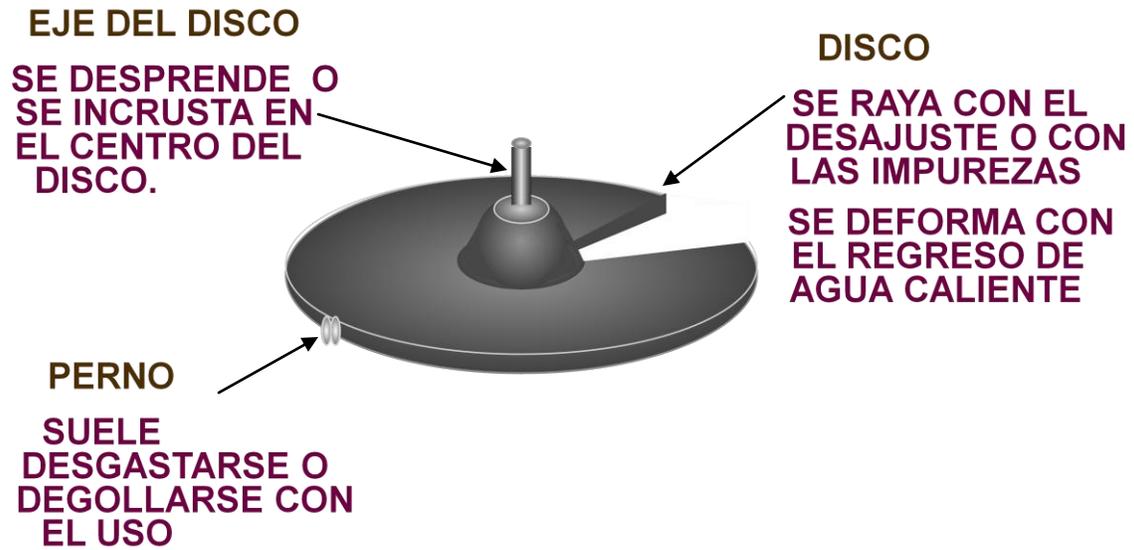


Figura 32. Principales problemas en el disco.

Puede llegar a presentarse el caso de que en algunos sitios los medidores tengan problemas con los sedimentos de las aguas, tal como lo muestran las siguientes figuras:



Figura 33. Incrustaciones en la cámara del medidor.

El mantenimiento a los equipos de medición garantiza contar con información en tiempo y forma. Las recomendaciones aquí descritas han procurado seguir las recomendaciones de Badger Meter, empresa que fabrica los medidores de agua que PUMAGUA ha creído conveniente instalar.

Desarmado del medidor.



**1. TOMAHAWK
Y CÁMARA.**



**2. SE GIRA LA
TAPA DE LA
CÁMARA CON
LA LLAVE
TOMAHAWK.**



**3. SE QUITAN
LA TAPAS DE
LA CÁMARA.**



**4. SE QUITAN
LA TAPAS DE
LA CÁMARA.**



**5. SE QUITAN
LOS
EMPAQUES
DEL
MEDIDOR.**



**6. SE QUITA EL
SEGURO DE
LA CÁMARA
DE
MEDICIÓN.**



**7. SE SACA LA
CÁMARA DE
MEDICIÓN Y
EL FILTRO O
REJILLA.**

Anexo A

**Especificaciones técnicas de
medidores volumétricos.**

PUMAGUA.

Badger Meter de las Américas SA de CV.

Especificación técnica LP. Medidor volumétrico de disco nutante de 5/8" de Plástico (15 mm)

Tabla 1. Especificaciones de medidor de 5/8" (15 mm).

Clase metrológica:	B.
Norma oficial mexicana:	NOM-012-SCFI-1994.
Rango de operación (100% +- 1.5%):	0.057 – 4.5 m3/h.
Flujo bajo (precisión mínima 95%):	0.028 m3/h.
Flujo máximo de operación continua:	2.3 m3/h.
Pérdidas de presión a flujo máximo de operación continua:	0.14 bar a .23 m3/h.
Temperatura máxima de operación:	26° C.
Presión máxima de operación:	150 PSI- 10 bar- 10.2 kg/cm2.
Elemento de medición:	Volumétrico. Desplazamiento positivo por disco nutante.
Tipo de registro:	Lectura directa, en m3, sellado hermético, transmisión magnética estándar. Unidades de lectura remotas o automáticas por radiofrecuencia al paso (toque), radiofrecuencia o teléfono <opcionales>.
Capacidad de registro:	Seis dígitos.
Conexiones:	Disponibles en bronce y termoplástico con conexión a tubo roscado de 5/8" (15 mm).
Filtro colador:	Área efectiva de filtrado mayor a dos veces el área de la sección de entrada de 5/8" (15 mm).

Tabla 2. Materiales de un medidor de 5/8" (15 mm).

Cuerpo del medidor:	Bronce.
Tapa inferior del cuerpo:	Bronce, Hierro, Termoplástico.
Cámara de medición:	Termoplástico.
Disco:	Termoplástico.
Coladera (filtro):	Termoplástico.
Eje del disco:	Acero inoxidable.
Magneto:	Cerámica.

Eje del magneto:	Acero inoxidable.
Cubierta del registro:	Termoplástico, bronce.
Cuerpo del generador:	Termoplástico.

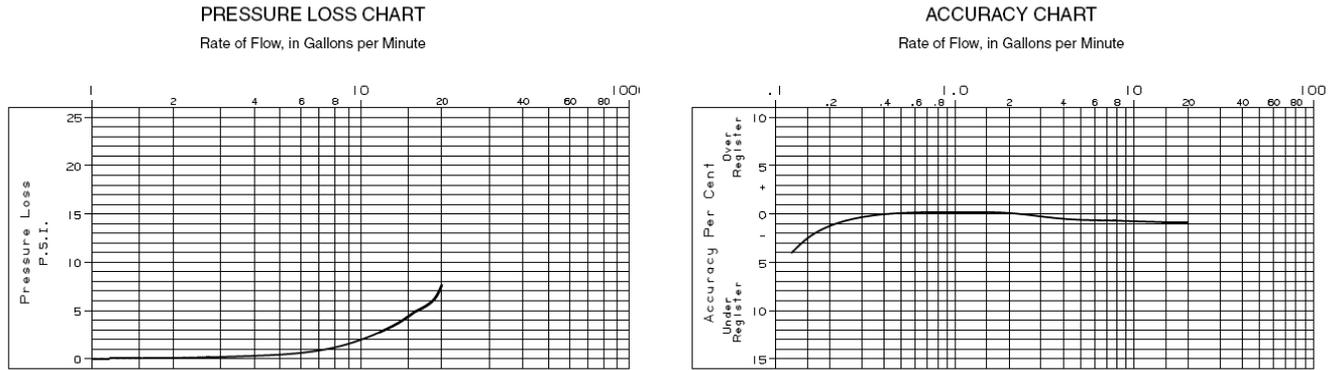


Figura 5.0.- Pérdidas de carga en un medidor de 5/8" de bronce.

METER SIZE	METER MODEL	A LAYING LENGTH	B HEIGHT REG./RTR®	B HEIGHT ADE®	C CENTERLINE BASE	WIDTH	APPROX. SHIPPING WEIGHT
5/8" (15mm)	LP	7 1/2" (190mm)	3.70"/4.12"	4.62"	1.26"	3.75"	3 lbs.

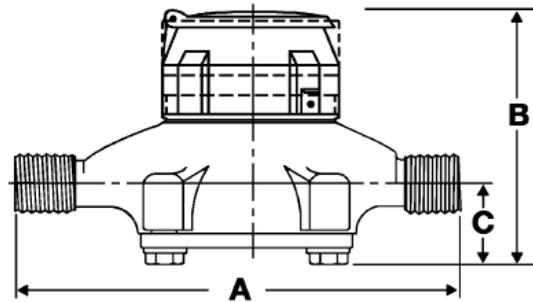
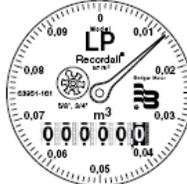
Sweep Hand Registration

MODEL	GALLON	CU.FT.	CU. METER
MLP	10	1	.1

Register with Plastic Lid and Shroud



Register with Bronze Lid and Shroud



Badger®, RTR®, ADE®, and Recordall® are registered trademarks of Badger Meter, Inc. TORX® is a registered trademark of Camcar, Division of Textron, Inc.

Figura 6.0.- Dimensiones de un medidor de 5/8" de bronce.

Especificación técnica LP. Medidor volumétrico de disco nutante de 5/8" de Bronce (15 mm)

Tabla 3. Especificaciones de medidor de 5/8" (15 mm) de plástico.

Clase metrológica:	B.
Norma oficial mexicana:	NOM-012-SCFI-1994.
Rango de operación (100% +- 1.5%):	0.11 – 5.7 m3/h.
Flujo bajo (precisión mínima 95%):	0.057 m3/h.
Flujo máximo de operación continua:	3.4 m3/h.
Pérdidas de presión a flujo máximo de operación continua:	0.29 bar a 3.4 m3/h.
Temperatura máxima de operación:	26° C.
Presión máxima de operación:	150 PSI- 10 bar- 10.2 kg/cm2.
Elemento de medición:	Volumétrico. Desplazamiento positivo por disco nutante.
Tipo de registro:	Lectura directa, en m3, sellado hermético, transmisión magnética estándar. Unidades de lectura remotas o automáticas por radiofrecuencia al paso (toque), radiofrecuencia o teléfono <opcionales>.
Capacidad de registro:	Seis dígitos.
Conexiones:	Disponibles en bronce y termoplástico con conexión a tubo roscado de 5/8" (15 mm).
Filtro colador:	Área efectiva de filtrado mayor a dos veces el área de la sección de entrada de 5/8" (15 mm).

Tabla 4. Materiales de un medidor de 5/8" (15 mm) de plástico.

Cuerpo del medidor:	Termoplástico.
Tapa inferior del cuerpo:	Bronce, Hierro, Termoplástico.
Cámara de medición:	Termoplástico.
Disco:	Termoplástico.
Coladera (filtro):	Termoplástico.
Eje del disco:	Acero inoxidable.
Magneto:	Cerámica.
Eje del magneto:	Acero inoxidable.

Cubierta del registro:	Termoplástico, bronce.
Cuerpo del generador:	Termoplástico.

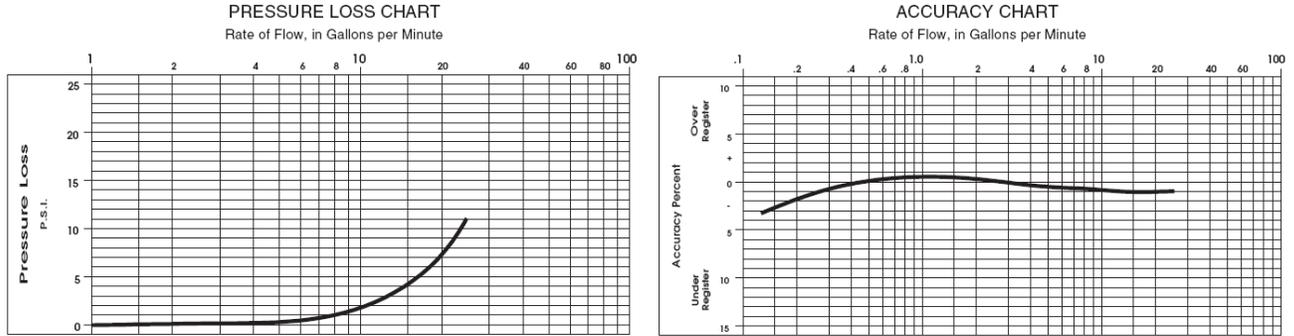


Figura 7.0.- Pérdidas de carga en un medidor de 5/8" de plástico.

METER SIZE	METER MODEL	A LAYING LENGTH	B HEIGHT REG./RTR®	C HEIGHT GEN.	D CENTERLINE BASE	WIDTH	APPROX. SHIPPING WEIGHT
5/8" (15mm)	25PN	7 1/2" (190mm)	5 1/16" (128mm)	6 7/16" (163mm)	1 3/4" (44mm)	4 13/16" (122mm)	2 1/2 lb. (1.0kg)

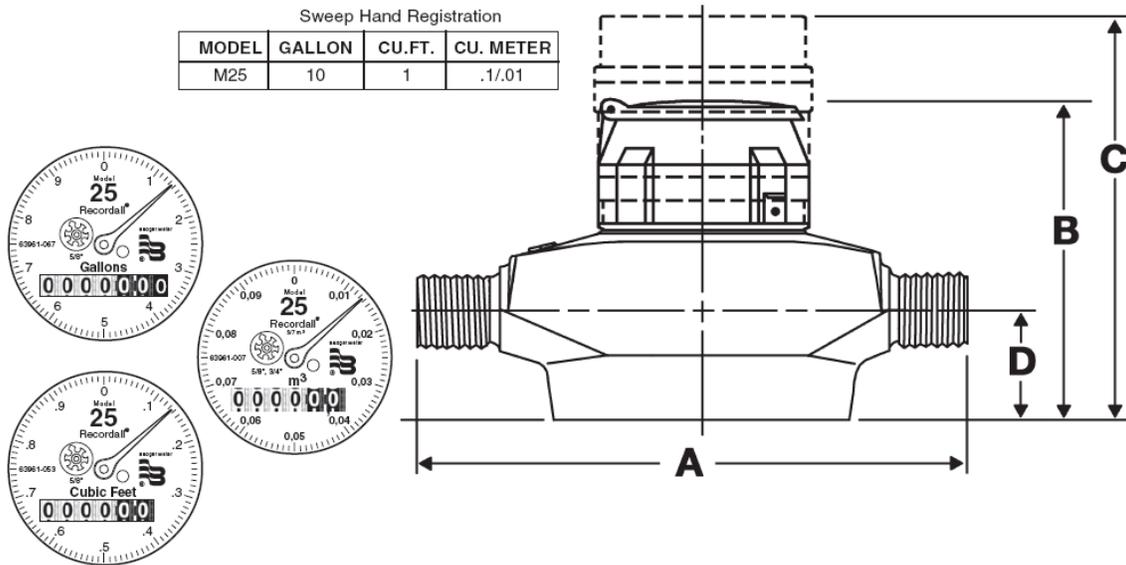


Figura 8.0.- Dimensiones de un medidor de 5/8" de plástico.

Especificación técnica LP. Medidor volumétrico de disco nutante de 3/4" de Plástico (20 mm)

Tabla 5. Especificaciones de medidor de 3/4" (20 mm).

Clase metrológica:	B.
Norma oficial mexicana:	NOM-012-SCFI-1994.
Rango de operación (100% +- 1.5%):	1.0 – 6.8 m3/h.
Flujo bajo (precisión mínima 95%):	0.057 m3/h.
Flujo máximo de operación continua:	3.4 m3/h.
Pérdidas de presión a flujo máximo de operación continua:	0.14 bar a .23 m3/h.
Temperatura máxima de operación:	26° C.
Presión máxima de operación:	150 PSI- 10 bar- 10.2 kg/cm2.
Elemento de medición:	Volumétrico. Desplazamiento positivo por disco nutante.
Tipo de registro:	Lectura directa, en m3, sellado hermético, transmisión magnética estándar. Unidades de lectura remotas o automáticas por radiofrecuencia al paso (toque), radiofrecuencia o teléfono <opcionales>.
Capacidad de registro:	Seis dígitos.
Conexiones:	Disponibles en bronce y termoplástico con conexión a tubo roscado de 1" (25 mm).
Filtro colador:	Área efectiva de filtrado mayor a dos veces el área de la sección de entrada de 1" (25 mm).

Tabla 6. Materiales de un medidor de 3/4" (20 mm). Plástico.

Cuerpo del medidor:	Termoplástico.
Tapa inferior del cuerpo:	Bronce, Hierro, Termoplástico.
Cámara de medición:	Termoplástico.
Disco:	Termoplástico.
Coladera (filtro):	Termoplástico.
Eje del disco:	Acero inoxidable.
Magneto:	Cerámica.
Eje del magneto:	Acero inoxidable.

Cubierta del registro:	Termoplástico, bronce.
Cuerpo del generador:	Termoplástico.

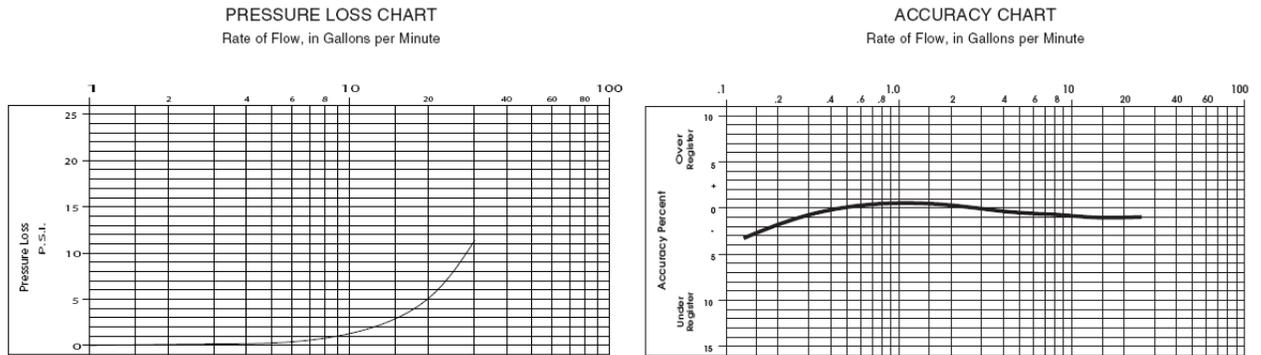


Figura 9.0.- Pérdidas de carga en un medidor de 3/4" de plástico.

METER SIZE	METER MODEL	A LAYING LENGTH	B HEIGHT REG. / RTR	C HEIGHT GEN.	D CENTERLINE BASE	WIDTH	APPROX. SHIPPING WEIGHT
3/4" (20mm)	25PN	9" (229mm)	5 1/16" (128mm)	6 7/16" (163mm)	1 3/4" (44mm)	4 13/16" (122mm)	3 lb. (1.4kg)

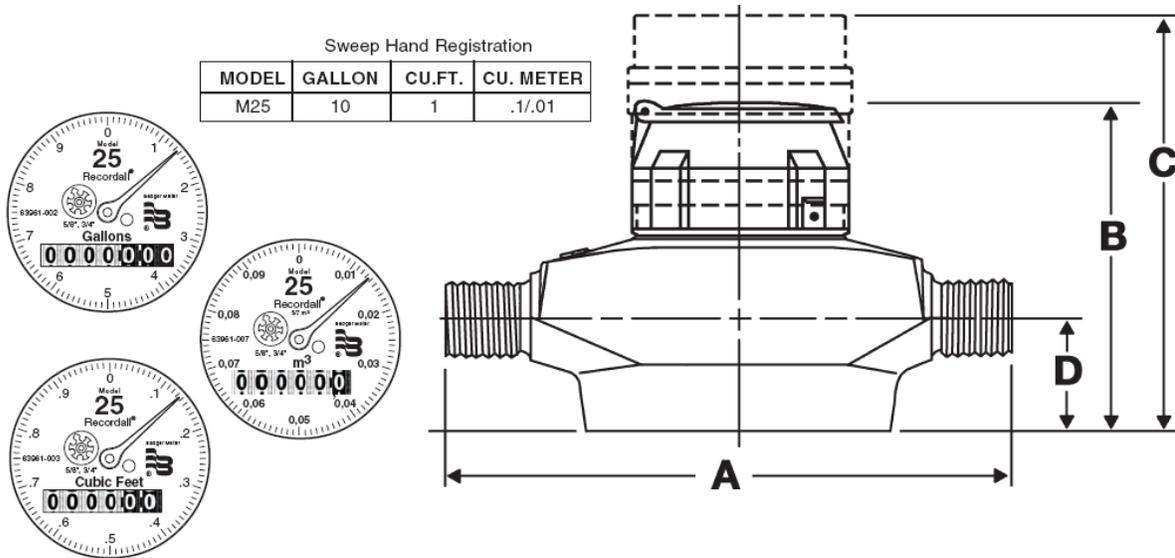


Figura 10.0.- Dimensiones de un medidor de 3/4" de plástico.

Especificación técnica LP. Medidor volumétrico de disco nutante de 3/4" de Bronce (20 mm)

Tabla 7. Especificaciones de medidor de 3/4" (20 mm) de bronce

Clase metrológica:	B.
Norma oficial mexicana:	NOM-012-SCFI-1994.
Rango de operación (100% +- 1.5%):	0.17 – 7.9 m3/h.
Flujo bajo (precisión mínima 95%):	0.085 m3/h.
Flujo máximo de operación continua:	5.7 m3/h.
Pérdidas de presión a flujo máximo de operación continua:	0.37 bar a 5.7 m3/h.
Temperatura máxima de operación:	26° C.
Presión máxima de operación:	150 PSI- 10 bar- 10.2 kg/cm2.
Elemento de medición:	Volumétrico. Desplazamiento positivo por disco nutante.
Tipo de registro:	Lectura directa, en m3, sellado hermético, transmisión magnética estándar. Unidades de lectura remotas o automáticas por radiofrecuencia al paso (toque), radiofrecuencia o teléfono <opcionales>.
Capacidad de registro:	Seis dígitos.
Conexiones:	Disponibles en bronce y termoplástico con conexión a tubo roscado de 3/4" (20 mm).
Filtro colador:	Área efectiva de filtrado mayor a dos veces el área de la sección de entrada de 3/4" (20 mm).

Tabla 8. Materiales de un medidor de 3/4" (20 mm). Bronce

Cuerpo del medidor:	Bronce
Tapa inferior del cuerpo:	Bronce, Hierro, Termoplástico.
Cámara de medición:	Termoplástico.
Disco:	Termoplástico.
Coladera (filtro):	Termoplástico.
Eje del disco:	Acero inoxidable.
Magneto:	Cerámica.
Eje del magneto:	Acero inoxidable.

Cubierta del registro:	Termoplástico, bronce.
Cuerpo del generador:	Termoplástico.

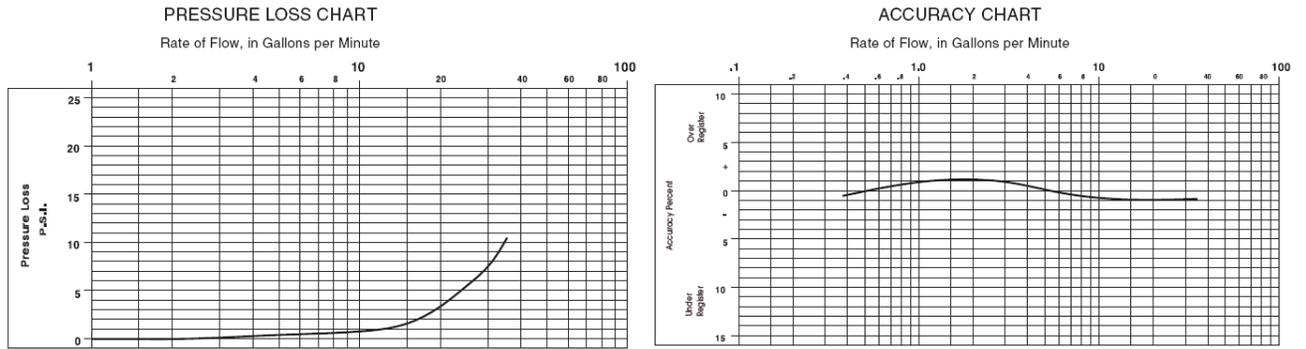


Figura 11.0.- Pérdidas de carga en un medidor de 3/4" de plástico.

METER SIZE	METER MODEL	A LAYING LENGTH	B HEIGHT REG. / RTR	C HEIGHT GEN.	D CENTERLINE BASE	WIDTH	APPROX. SHIPPING WEIGHT
3/4" (20mm)	35	7 1/2" (190mm)	5 1/4" (133mm)	6 5/8" (168mm)	1 5/8" (41mm)	5" (127mm)	5 1/2 lb. (2.5kg)
3/4" (20mm)	35	9" (229mm)	5 1/4" (133mm)	6 5/8" (168mm)	1 5/8" (41mm)	5" (127mm)	5 3/4 lb. (2.6kg)
3/4" x 1" (20mm)	35	9" (229mm)	5 1/4" (133mm)	6 5/8" (168mm)	1 5/8" (41mm)	5" (127mm)	6 lb. (2.7kg)

Sweep Hand Registration

MODEL	GALLON	CU.FT.	CU. METER
M35	10	1	.1

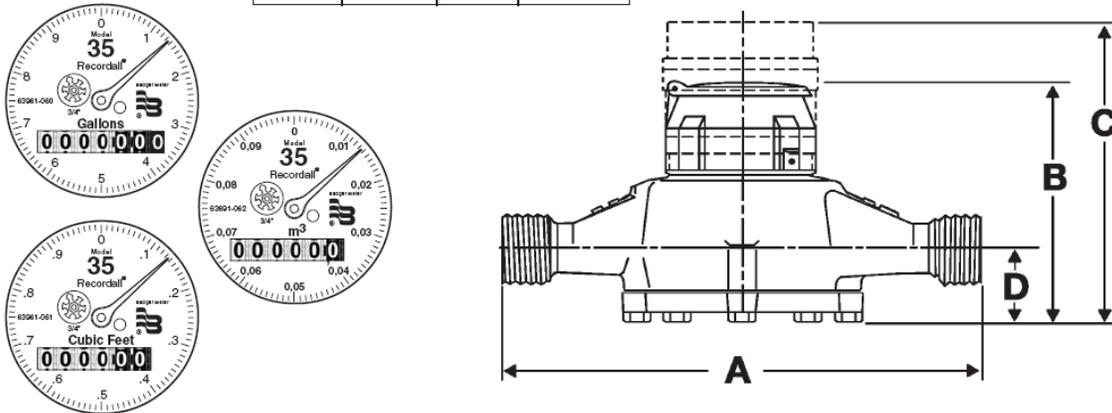


Figura 12.0.- Dimensiones de en medidor de 3/4" de bronce.

Especificación técnica RD-T-1 12-01. Medidor volumétrico de disco nutante de 1" (25 mm). Plástico.

Tabla 9. Especificaciones de medida 1" (25 mm).

Clase metrológica:	B.
Norma oficial mexicana:	NOM-012-SCFI-1994.
Rango de operación (100% +- 1.5%):	0.28 –16.00 m3/h.
Flujo bajo (precisión mínima 95%):	0.17 m3/h.
Flujo máximo de operación continua:	11.30 m3/h.
Pérdidas de presión a flujo máximo de operación continua:	0.45 bar a 11.30 m3/h.
Temperatura máxima de operación:	45° C.
Presión máxima de operación:	150 PSI- 10 bar- 10.2 kg/cm2.
Elemento de medición:	Volumétrico. Desplazamiento positivo por disco nutante.
Tipo de registro:	Lectura directa, en m3, sellado hermético, transmisión magnética estándar. Unidades de lectura remotas o automáticas por radiofrecuencia al paso (toque), radiofrecuencia o teléfono <opcionales>.
Capacidad de registro:	Seis dígitos.
Conexiones:	Disponibles en bronce y termoplástico con conexión a tubo roscado de 1" (25 mm).
Filtro colador:	Área efectiva de filtrado mayor a dos veces el área de la sección de entrada de 1" (25 mm).

Tabla 10. Tamaños de las conexiones y de las salidas del medidor.

Tamaño designación	x	Longitud "L"	Diámetro de barreno "B"	Tuerca de conexión a tubo	Cuerda para tubo NPT
1" (25 mm)	x	10 3/4" (273 mm)	1" (25 mm)	1 1/4" (1") 31 mm (25 mm)	1" (25 mm)

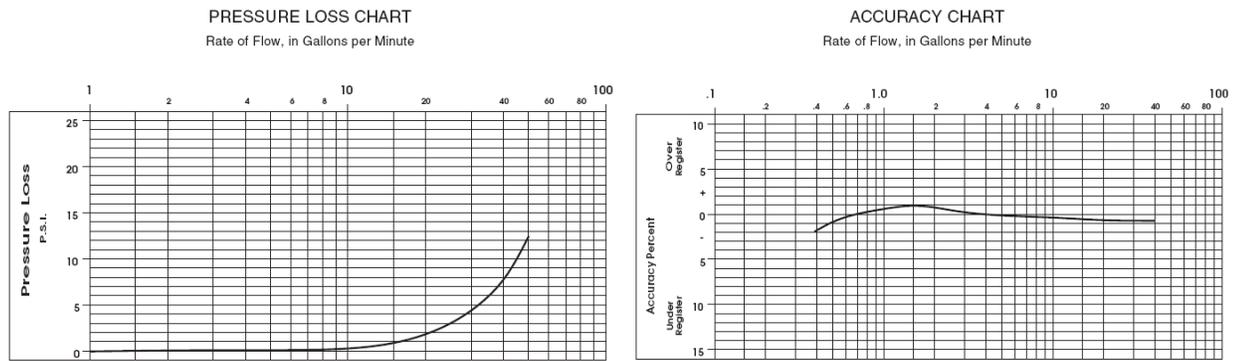


Figura 13.0.- Pérdidas de carga en un medidor de 1”

METER SIZE	METER MODEL	A LAYING LENGTH	B HEIGHT REG./RTR®	C HEIGHT GEN.	D CENTERLINE BASE	WIDTH	APPROX. SHIPPING WEIGHT
5/8" (15mm)	25PN	7 1/2" (190mm)	5 1/16" (128mm)	6 7/16" (163mm)	1 3/4" (44mm)	4 13/16" (122mm)	2 1/2 lb. (1.0kg)

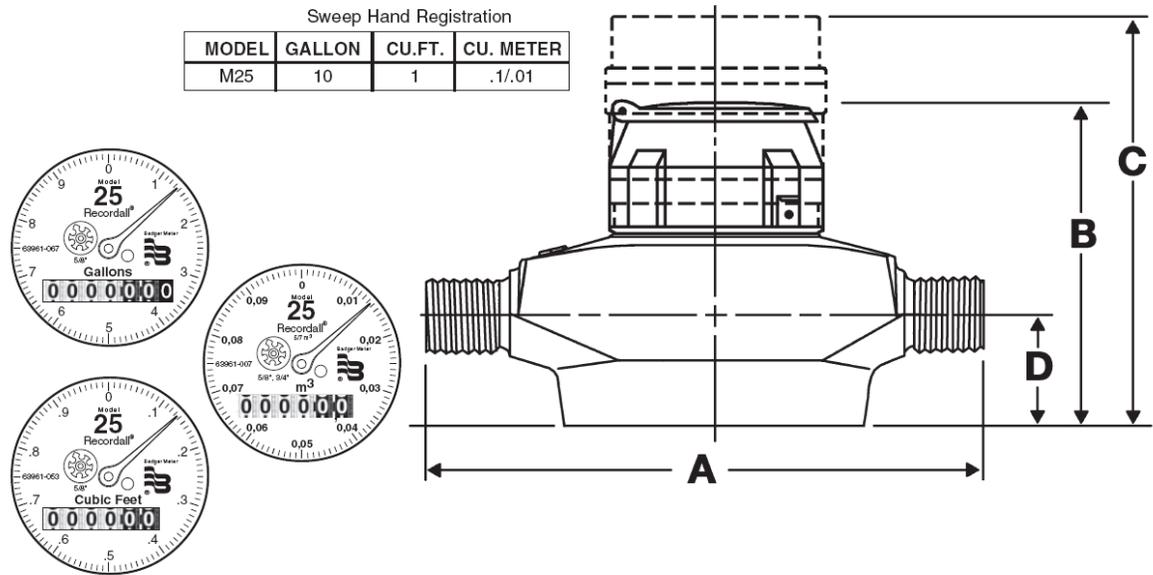


Figura 14.0.- Dimensiones de un medidor de 1”.

**Especificación técnica RD-T-1 1/2 12-01. Medidor volumétrico de disco nutante de 1 1/2" (DN 40 mm).
Bronce**

Tabla 11. Especificaciones de medida 1 1/2" (40 mm).

Clase metrológica:	B.
Norma oficial mexicana:	NOM-012-SCFI-1994.
Rango de operación (100% +- 1.5%):	0.57 –27.00 m3/h.
Flujo bajo (precisión mínima 95%):	0.28 m3/h.
Flujo máximo de operación continua:	18.00 m3/h.
Pérdidas de presión a flujo máximo de operación continua:	0.33 bar a 18.00 m3/h.
Temperatura máxima de operación:	45° C.
Presión máxima de operación:	150 PSI- 10 bar- 10.2 kg/cm2.
Elemento de medición:	Volumétrico. Desplazamiento positivo por disco nutante.
Tipo de registro:	Lectura directa, unidades m3, sellado hermético, transmisión magnética estándar. Unidades de lectura remotas o automáticas por radiofrecuencia al paso (toque), radiofrecuencia o teléfono <opcionales>.
Capacidad de registro:	Seis dígitos.
Conexiones:	Bridas elípticas de dos orificios tipo AWWA o salida roscada hembra NPT con conexión a tubo roscado de 1 1/2" (40 mm).
Filtro colador:	Área efectiva de filtrado mayor a dos veces el área de la sección de entrada de 1 1/2" (40 mm).

Tabla 12. Materiales del medidor de 1 1/2"

Cuerpo del medidor:	Bronce.
Tapa inferior del cuerpo:	Bronce, Hierro, Termoplástico.
Cámara de medición:	Termoplástico.
Disco:	Termoplástico.
Coladera (filtro):	Termoplástico.
Eje del disco:	Acero inoxidable.
Magneto:	Cerámica.
Eje del magneto:	Acero inoxidable.

Cubierta del registro:	Termoplástico, bronce.
Cuerpo del generador:	Termoplástico.

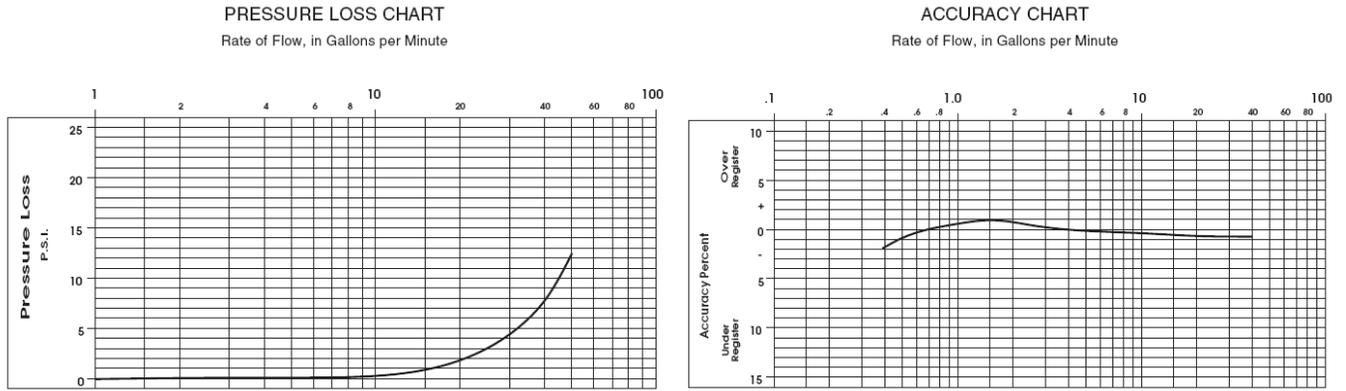


Figura 15.0.- Pérdidas de carga en un medidor de 1 1/2"

METER SIZE	METER MODEL	A LAYING LENGTH	B HEIGHT REG. / RTR	C HEIGHT GEN.	D CENTERLINE BASE	WIDTH	APPROX. SHIPPING WEIGHT
1" (25mm)	40PN	10 ³ / ₄ " (273mm)	5 ³ / ₄ " (146mm)	7 ³ / ₁₆ " (183mm)	1 ¹⁵ / ₁₆ " (49mm)	5 ⁵ / ₁₆ " (151mm)	5 lb. (2.3kg)

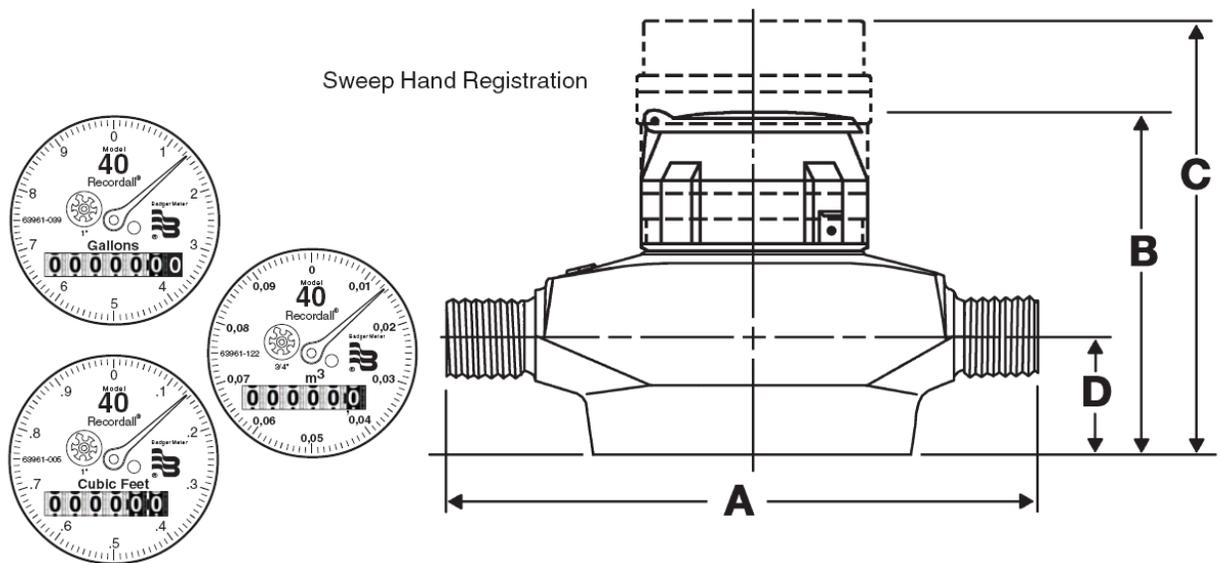


Figura 16.0.- Dimensiones de un medidor de 1 1/2"

Especificación técnica RD-T-2 12-01 Medidor volumétrico de disco nutante de 2" (DN 50 mm). Bronce.

Tabla 13. Especificaciones de medida 2" (50 mm).

Clase metrológica:	B.
Norma oficial mexicana:	NOM-012-SCFI-1994.
Rango de operación (100% +- 1.5%):	0.57 –39.00 m3/h.
Flujo bajo (precisión mínima 95%):	0.34 m3/h.
Flujo máximo de operación continua:	23.00 m3/h.
Pérdidas de presión a flujo máximo de operación continua:	0.23 bar a 23.00 m3/h.
Temperatura máxima de operación:	45° C.
Presión máxima de operación:	150 PSI- 10 bar- 10.2 kg/cm2.
Elemento de medición:	Volumétrico. Desplazamiento positivo por disco nutante.
Tipo de registro:	Lectura directa, unidades m3, sellado hermético, transmisión magnética estándar. Unidades de lectura remotas o automáticas por radiofrecuencia al paso (toque), radiofrecuencia o teléfono <opcionales>.
Capacidad de registro:	Seis dígitos.
Conexiones:	Bridas elípticas de dos orificios tipo AWWA o salida roscada hembra NPT con conexión a tubo roscado de 2" (50 mm).
Filtro colador:	Área efectiva de filtrado mayor a dos veces el área de la sección de entrada de 2" (50 mm).

Tabla 14. Materiales de un medidor de 2" (50 mm).

Cuerpo del medidor:	Bronce.
Tapa inferior del cuerpo:	Bronce, Hierro, Termoplástico.
Cámara de medición:	Termoplástico.
Disco:	Termoplástico.
Coladera (filtro):	Termoplástico.
Eje del disco:	Acero inoxidable.
Magneto:	Cerámica.

Eje del magneto:	Acero inoxidable.
Cubierta del registro:	Termoplástico, bronce.
Cuerpo del generador:	Termoplástico.

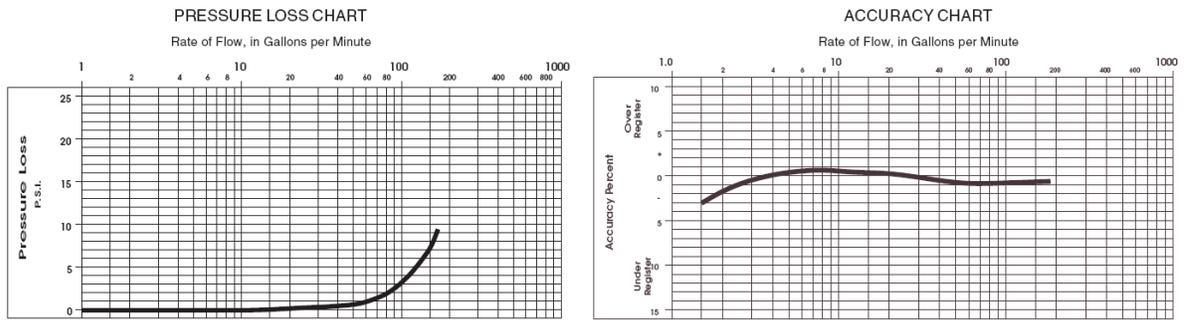


Figura 17.0.- Pérdidas de carga en un medidor de 2"

METER SIZE	METER MODEL	A LAYING LENGTH	B HEIGHT REG./RTR	C HEIGHT GEN.	D CENTERLINE BASE	WIDTH	APPROX. SHIPPING WEIGHT
2" (50mm)	170 EL, Hex. 170 EL, TP	15 1/4" (387mm)	8" (203mm)	9 3/8" (238mm)	2 7/8" (73mm)	9 1/2" (241mm)	30 lb. (13.6kg)
2" (50mm)	170 ELL, 170 ELL, TP	17" (432mm)	8" (203mm)	9 3/8" (238mm)	2 7/8" (73mm)	9 1/2" (241mm)	30 lb. (13.6kg)

EL = Elliptical

ELL = Elliptical Long

Hex = Hexagon, 2" - 11 1/2 NPT Thread

TP=Test Plug 1"

Sweep Hand Registration

MODEL	GALLON	CU.FT.	CU. METER
M170	100	10	1

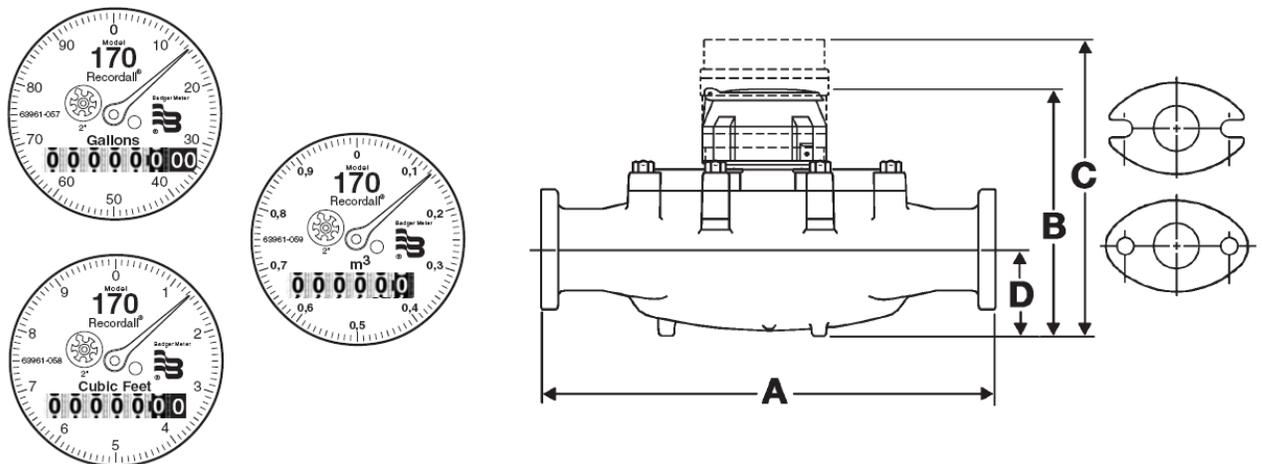


Figura 18.0.- Dimensiones de un medidor de 2"

Bibliografía

- Guaycochea, Darío. “Flujo en tubos a presión”. Universidad Autónoma Metropolitana. Edición de libros de texto. 1992.
- Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS) 2007. CONAGUA.
- <http://www.badgermeter.com/water.aspx>

Manual de pruebas a Instalaciones Sanitarias

**Guía práctica para la evaluación de
Muebles y aparatos sanitarios**



PUMAGUA

Julio 2009

**Fernando J. González Villarreal.
Rafael Val Segura.
Guillermo Alberto Montero Medel.
Esli Hirepan Hernández Rivera.**

Contenido

Introducción	3
Antecedentes.....	3
1.0 El aforo de muebles de baño	4
1.1 Conceptos básicos	4
1.2 Prueba de aforo simple	4
1.3 El medidor de agua	5
1.4 Prueba de aforo con medidor.....	7
2.0 Pruebas al conjunto fluxómetro–excusado	9
2.1 Espejo de agua.....	9
2.2 Intercambio de agua.....	10
2.3 Exclusión de residuos.....	10
2.4 Eliminación de desperdicios	11
2.5 Barrido	12
2.6 Arrastre.....	13
3.0 Análisis de Resultados	14
4.0 Conclusiones y Recomendaciones.....	15
4.1 Normas Pumagua	17
Anexo 1 Variantes de muebles y aparatos sanitarios.....	18
Anexo 2 Elaboración de bolas de papel.....	18
Anexo 3 Fichas técnicas de muebles de baño	19
Bibliografía.....	30

Introducción

El recurso agua se consideraba ilimitado en términos de su calidad, cantidad y bajo costo. En el contexto de espacio y tiempo el recurso se ha visto afectado por el incremento en su demanda como resultado del crecimiento demográfico y la gran necesidad de incrementar la eficiencia en el uso del agua sin afectar la salud de los usuarios y al medio ambiente en general. Bajo estos preceptos nace el *Programa de manejo, uso y reuso del agua en la UNAM*.

El PUMAGUA busca el uso eficiente del recurso a través de la implementación de estrategias para disminuir el consumo y pérdidas con una visión universal que permitirá su aplicación incluso fuera de los campus universitarios.

Por ello el presente manual está dirigido al público en general e instituciones, pertenecientes a la UNAM o no, que estén dispuestas a considerar las propuestas del Pumagua para conocer el estado actual de sus instalaciones sanitarias y tomar las acciones pertinentes en la búsqueda del ahorro de agua.

La información contenida aquí es resultado de la implementación del programa de mejoramiento de instalaciones sanitarias en diversas instituciones, incluye una descripción simplificada de las pruebas necesarias de acuerdo a las Normas Mexicanas¹.

Antecedentes

Como resultado de la Feria del Baño (Mayo, 2008) diversos productores y proveedores de artículos sanitarios mostraron interés en los estudios y objetivos que PUMAGUA pretende alcanzar, ofrecieron productos con tecnologías innovadoras que permiten un ahorro significativo de agua.

Se dio inicio a un programa piloto de mejoramiento de instalaciones sanitarias que propone el cambio de muebles y aparatos; en los edificios seleccionados se logró una disminución en el consumo de agua, sin embargo, la eficiencia de los equipos no fue enteramente satisfactoria.

Debido a los problemas durante las maniobras de instalación y la operación de los equipos, se adoptaron diversas pruebas, basadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-009-CNA-2001, inodoros para uso sanitario, especificaciones y métodos de prueba y en otras pruebas de uso internacional.

Las pruebas fueron seleccionadas de acuerdo a las características generales que las instalaciones universitarias (escolares) presentan, deberán elegirse las que mejor se adecúen a las particularidades de los servicios procurando que sea el mayor número de pruebas posible.

¹ Norma Oficial Mexicana NOM-009-CNA-2001, Inodoros para uso sanitario – Especificaciones y métodos de prueba.

Norma Oficial Mexicana NOM-005-CNA-1996, Fluxómetros – Especificaciones y métodos de prueba.

Norma Oficial Mexicana NOM-008-CNA-1998, Regaderas empleadas en el aseo corporal – Especificaciones y métodos de prueba.

1.0 El aforo de muebles de baño

1.1 Conceptos básicos

En este apartado se enlistan los términos mayormente empleados para el aforo de los muebles de baño para facilitar su comprensión y uso.

Tabla 1. Conceptos básicos.

Término	Definición	Términos afines	Unidad
Aforo	Medir la cantidad de agua que lleva una corriente en una unidad de tiempo.		l/min l/s m ³ /s
Gasto	Volumen de agua que en promedio circula por un conducto durante un tiempo determinado.	Flujo, Caudal.	Lpm Gpm
Saturación	Estado en el que un cuerpo receptor no admite más cantidad de otro.		
Inodoro	Elemento sanitario utilizado para recoger y evacuar desechos humanos hacia la instalación de saneamiento. De cualquier material.	Retrete, excusado	
Accionador	Elemento por el cual se efectúa la transmisión de movimiento para el sistema de descarga; este puede ser: mecánico y/o electrónico		
Fluxómetro	Válvula automática, que dosifica y descarga en una sola operación el agua que requiere la taza para fluxómetro o el mingitorio para su funcionamiento hidráulico.		
Válvula	Dispositivo diseñado para controlar el flujo de agua.		
Sifón	Cierre de agua limpia que impide la salida de los olores del drenaje hacia los espacios habitados.		
Espejo de agua	Superficie máxima de agua visible en la taza cuando el inodoro se encuentra en condiciones de ser descargado.		

1.2 Prueba de aforo simple

a) Cuando el flujo es constante y libre, como en las regaderas, puede emplearse un recipiente de volumen conocido (p.ej. cubeta) y un cronómetro, para estimar el gasto el procedimiento de cálculo es el siguiente:

Se toma el tiempo transcurrido para llenar el recipiente y se divide el volumen obtenido entre el tiempo medido, como lo indica la ecuación 1.

$$Q = V / t \text{ ----- (1)}$$

Donde:

V es el volumen

t es el tiempo transcurrido

Q es el gasto o caudal

Las unidades de mayor uso son m³/s, L/s y L/min, sin embargo puede usarse cualquier otra mientras se respete la relación de *volumen sobre tiempo*.

b) En los dispositivos que no se tiene un flujo libre, excusado de tanque por ejemplo, se puede seguir el siguiente procedimiento simple:

- 1) Cortar el suministro de agua,
- 2) con un marcador de aceite marcar el nivel superior de agua del tanque,
- 3) jalar la palanca y medir con un cronómetro el tiempo necesario para la descarga del tanque,
- 4) finalmente se marca el nivel inferior del Agua.

Adicionalmente deben tomarse las dimensiones internas del tanque para conocer la capacidad del mismo.

Con la diferencia de niveles, el volumen del tanque y el tiempo medido puede estimarse el consumo por descarga con la ayuda de la ecuación 1.

c) Una forma de estimar los consumos de agua sin realizar pruebas o cálculos es a través de los valores publicados en normas o bien, en las fichas técnicas de los muebles.

Si se desea optar por este método primero debe determinarse la edad de los muebles, p.ej. si estos son anteriores al año 1994, el consumo de los inodoros seguramente excede los 13 litros por descarga, llegando incluso a los 18 lpd².

Generalmente los muebles de baño de años recientes cumplen con la normatividad, en las que se observan las siguientes recomendaciones de descarga máxima:

- Mingitorios: 3.8 lpd.
- Tazas sanitarias: 6 lpd
- Llaves de lavabo: 2 lpm.
- Regaderas: 10 lpm.

Todos los muebles de baño poseen en la parte inferior modelo y año de fabricación, el contar con este dato es de gran utilidad al momento de inferir su gasto.

1.3 El medidor de agua

La forma más práctica, rápida y precisa de aforar un baño es con un medidor que mantenga un registro constante del consumo de agua de los muebles y aparatos sanitarios.

Los medidores más comunes son de carátula analógica, aunque también los hay digitales.

² Litros por descarga. También puede usarse lpf del inglés flush

Instalación de medidores

permanentes en las líneas que abastecen los muebles de baño. Esta es una forma de estimar los flujos en un mueble de baño. Este tipo de medidas ayuda también a saber la descarga de Agua en el conjunto fluxómetro – inodoro.

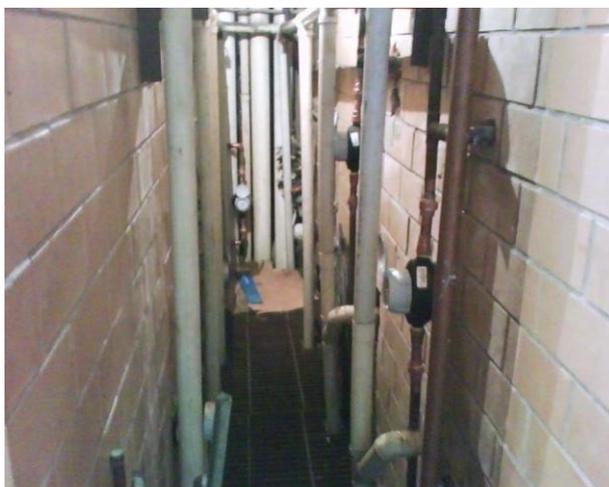


Figura 1. Cuarto de instalaciones hidráulicas

En un medidor de carátula analógica, ésta se observa dividida en cien partes iguales, con una manecilla cuyo funcionamiento es similar a un reloj y un contador progresivo que acumula las vueltas que va dando dicha manecilla. El medidor antes de ser instalado debe estar en cero, esto garantiza que es nuevo y que está listo para empezar a medir el volumen de agua que abastece al inmueble.

Las lecturas estarán conformadas de una parte entera y cuatros cifras significativas (aunque depende del modelo); la parte entera está dada por los números en negro del contador, las siguientes cifras significativas se toman de la coma hacia la derecha (generalmente en color rojo), por último las dos cifras que faltan se obtienen por la posición de la manecilla sobre la carátula. Cada marca fuerte son 0.001m^3 o 10litros.



Figura 2. Carátula de medidor de agua



Figura 3. Medidor en funcionamiento

Ejemplo de lectura. La imagen de la izquierda representa la posición final de un medidor después de una descarga. La lectura en metros cúbicos comienza con la parte entera, 167 (números negros), 64 es la cifra subsecuente a la derecha de la coma y el complemento se lee con ayuda de la manecilla, que en este caso sería en 28. Por lo tanto la lectura final es $167,6428\text{ m}^3$.

Un auxiliar importante en la carátula del medidor es la hélice, que gira cuando se usa algún mueble o aparato de baño y permanecerá inmóvil mientras no se use, por lo que, si se detecta movimiento aún cuando no exista ningún consumo aparente, entonces se puede suponer la presencia de una fuga, que se deberá reportar inmediatamente a la autoridad pertinente para que la atienda y se repare de inmediato.

1.4 Prueba de aforo con medidor

A continuación se enlista una serie de pasos que serán de utilidad para efectuar el aforo de los muebles y aparatos sanitarios con la ayuda de un medidor.

Recomendaciones:

- Se necesitan dos personas para la realización de las pruebas; uno hará las descargas y otro asentará la lectura que el medidor indique.
- La forma de tomar las lecturas consiste en diferencias entre lectura inicial y lectura final, por lo que se requiere de dos lecturas por cada ensayo.
- Se requieren por lo menos tres ensayos.

Procedimiento Parte 1. Identificación:

- 1) Identificar ampliamente el lugar donde se hace la prueba.
 p.ej. Edificio: 12 del Instituto de Ingeniería
 Nivel: Primer nivel
 Baño: Hombres / Mujeres

- 2) Identificar el mueble o aparato sujeto de la prueba y asignar un número subsecuente que facilite su ubicación dentro de un mismo cuarto de baño o servicio.
 p.ej. Mueble/Aparato: Inodoro 2
 Nota: Una forma simple de establecer un orden es comenzar desde el más cercano a la puerta de acceso a la unidad.

- 3) Anotar la marca del mueble o aparato y el consumo nominal de descarga que indique la ficha correspondiente e indicar el tipo³.
 p.ej. Mueble/Aparato: Fuxómetro 2
 Marca:
 Consumo N: 6 lpd
 Tipo: Sensor Electrónico
 Nota: Cuando se trate del conjunto mingitorio–fuxómetro o inodoro–fluxómetro debiera hacerse este paso por ambos objetos.

Tabla 2. Ejemplo de ficha de identificación.

Edificio: 12	Nivel: Primer nivel
Instituto de Ingeniería	Baño: Hombres
Mueble: Inodoro 2	Aparato: Fluxómetro 2
Marca:	Marca:
Consumo N: 6 lpf / 1.2 gpf	Consumo N: 6 lpf / 1.2 gpf
Tipo: Jet	Tipo: Sensor Electrónico

Procedimiento Parte 2. Lecturas:

- 1) Tomar la lectura inicial del medidor.

³ Se anexa una tabla con las variantes posibles para este rubro.

- 2) Realizar la descarga.
- 3) Tomar la lectura final del medidor
Nota: esperar a que la manecilla y la helice detengan su movimiento.
- 4) Comparar ambas lecturas y establecer la diferencia, es decir:
$$Q = L_f - L_i \text{ ----- (2)}$$
Donde:
 - L_i es la lectura inicial
 - L_f es la lectura final
 - Q es el gasto o caudalNota: en el caso de aparatos con descarga libre debe seguirse el procedimiento descrito.
(Ver pág.4)
- 5) Para obtener el gasto en litros, multiplicar el resultado anterior por mil pues el gasto está expresado en metros cúbicos (m^3). Hacer esto para cada ensayo.
- 6) Realizar un promedio aritmético entre los gastos calculados para obtener el gasto promedio del mueble y/o aparato.

Procedimiento Parte 3. Comparación:

- 1) Se comparan los resultados obtenidos de consumo con los extraídos de la ficha técnica del mueble y con el límite máximo permitido por la norma correspondiente.
- 2) Elaborar una gráfica comparativa entre los caudales aforados y los nominales.
- 3) Analizar los resultados y emitir un dictámen de funcionamiento sustentado en la información obtenida.

Nota: Estos pasos deben seguirse para el aforo de cualquier mueble y/o aparato sanitario observando los límites permisibles, mencionados con anterioridad.

2.0 Pruebas al conjunto fluxómetro–excusado

A nivel internacional existen diversas pruebas para evaluar el funcionamiento del conjunto inodoro–fluxómetro y se realizan de acuerdo a la normatividad vigente, en México la última versión de esta norma corresponde a la NOM-009-CNA-2001 Pruebas para sanitario especificaciones y métodos de prueba.

Adicionalmente los fluxómetros deben cumplir su propia normatividad (NOM-005-CNA-1996), sin embargo las pruebas que establecidas no son de realización simple por el equipo necesario para el análisis de los aparatos. Estas normas deben ser seguidas por los productores.

Pumagua efectuó en sus estudios todas las pruebas incluidas en la norma y después de analizar su desempeño y comparar los resultados con el laboratorio montado en la feria del baño se llegó a la conclusión de que las pruebas a continuación descritas son las de menor dificultad y mayor eficacia en la evaluación del conjunto referido.

2.1 Espejo de agua

Equipo y material:

- Flexómetro o cinta métrica
- Nivel de burbuja

Procedimiento

- La taza debe tener el espejo de agua a nivel normal.
- Descargar y permitir que se recupere el espejo de agua.
- Medir el espejo longitudinal y transversalmente, una vez que haya cesado el escurrimiento.

Resultados: El ensayo se considera aceptado si las dimensiones del espejo son de 12.7 x 10.2 cm como mínimo.

A continuación se muestran las imágenes del desarrollo de la prueba realizada en un conjunto que se ha desempeñado satisfactoriamente.

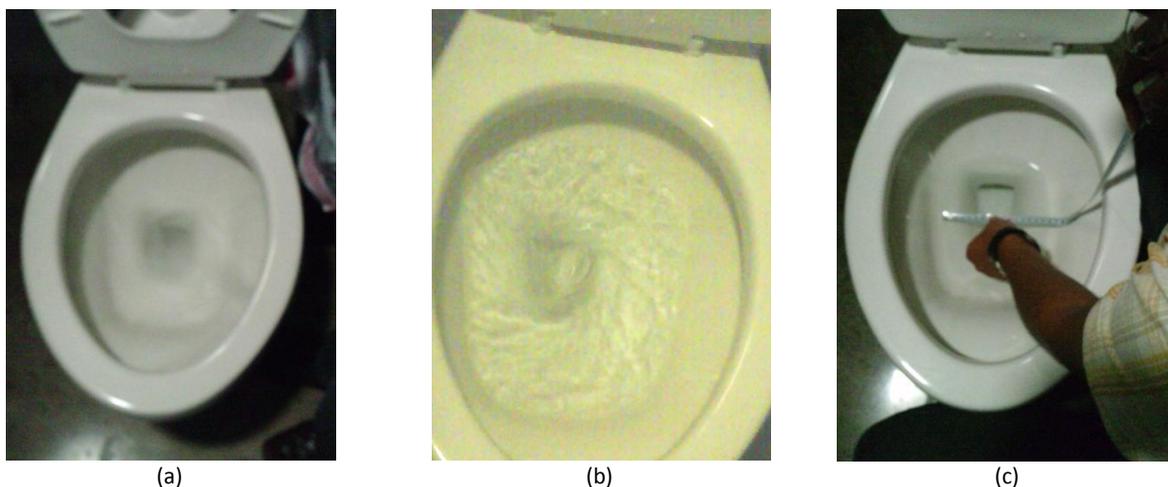


Figura 9. Prueba de espejo de agua. (a) Preparación, (b) Descarga, (c) Resultado

2.2 Intercambio de agua

Equipo y material:

- Solución de azul de metileno al 0.15%⁴
- Frasco con gotero de punta redondeada

Procedimiento

- La taza debe tener el espejo de agua a nivel normal.
- Mezclar 5 gotas de la solución con el agua del cuenco, poniendo el gotero siempre en posición vertical desde una altura no mayor a 20 cm desde la superficie del agua.
- Identificar la intensidad el color.
- Descargar.
- Identificar la intensidad del color.
- Este ensayo se repetirá 2 veces.

Resultados: Al final del ensayo el color azul debe haber sido diluido por lo menos en un 90%, de lo contrario no pasa la prueba.

A continuación se muestran las imágenes del desarrollo de la prueba realizada en un conjunto que se ha desempeñado satisfactoriamente.

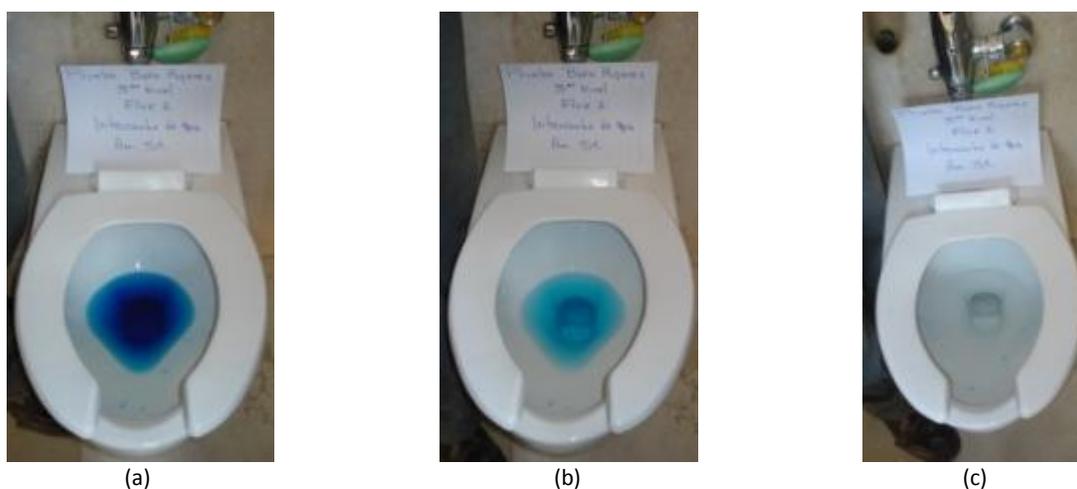


Figura 8. Prueba de intercambio de agua. (a) Preparación, (b) Realización, (c) Resultado

2.3 Exclusión de residuos

Equipo y material:

- Esferas de plástico (unicel) de 3/4" (19 mm).

Procedimiento:

- La taza debe tener el espejo de agua a nivel normal.
- Depositar 15 esferas dentro de la taza y descargar.
- Este ensayo se repetirá 2 veces.

⁴ Diluir 1.5 gr por cada litro de agua.

Resultados: Debe por lo menos desalojar el 90% del material, de lo contrario no pasa la prueba.

A continuación se muestran las imágenes del desarrollo de la prueba realizada en un conjunto que se ha desempeñado satisfactoriamente.

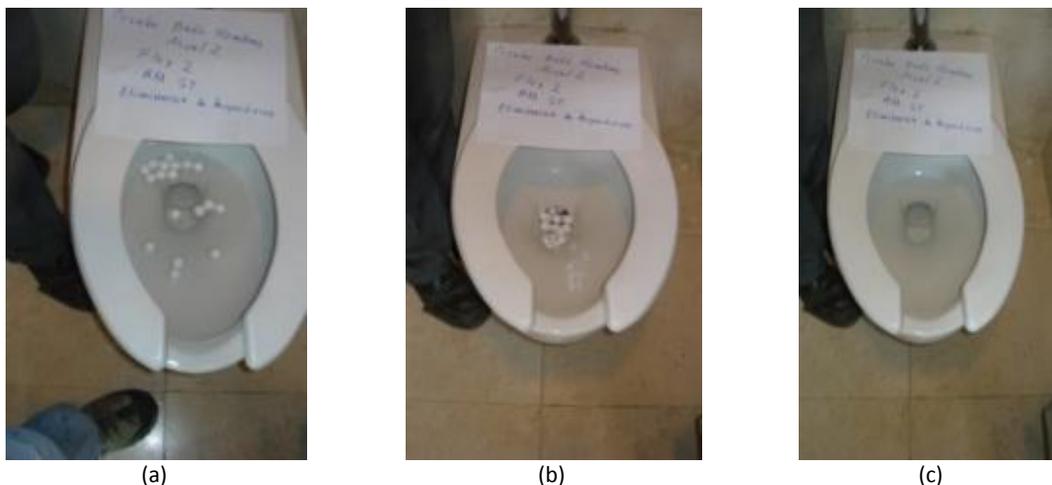


Figura 4. Prueba de exclusión de residuos. (a) Preparación, (b) Realización, (c) Resultado

2.4 Eliminación de desperdicios

Equipo y material:

- Seis esponjas simétricas de 2x2 cm de sección por 7 cm de largo, medidas únicamente al estar nuevas y no después de usarse. No recuperables.
- Cinco bolas de papel higiénico sanitario sencillo⁵ de 4 hojas de 114x127 mm, que tengan un tiempo de absorción de 3 a 9 s.
- Recipiente con agua para saturar esponjas.

Procedimiento

- La taza debe tener el espejo de agua a nivel normal.
- Saturar de agua las esponjas.
- Depositar las esponjas saturadas y las bolas de papel dentro de la taza.
- Descargar a los 3 segundos.
- Este ensayo se repetirá 2 veces.

Resultados: La carga debe ser desalojada en su totalidad, de lo contrario no pasa la prueba.

Esta prueba es la que más problemas representa para los conjuntos.

A continuación se muestran las imágenes del desarrollo de la prueba realizada en un conjunto que se ha desempeñado satisfactoriamente.

⁵ Procedimiento para elaborar y determinar el tiempo de absorción descritos en Anexo 2.



Figura 5. Prueba de eliminación de desperdicios. (a) Preparación, (b) Realización, (c) Resultado

2.5 Barrido

Equipo y material:

- Seis esponjas simétricas de 2x2 cm de sección por 6 cm de largo, medidas únicamente al estar nuevas y no después de usarse. No recuperables.
- Recipiente con agua para saturar esponjas.

Procedimiento

- La taza debe tener el espejo de agua a nivel normal.
- Depositar las esponjas saturadas dentro de la taza.
- Descargar a los 3 segundos.
- Este ensayo se repetirá 2 veces.

Resultados: Debe desalojar todo el material, de lo contrario no pasa la prueba.

A continuación se muestran las imágenes del desarrollo de la prueba realizada en un conjunto que se ha desempeñado satisfactoriamente.

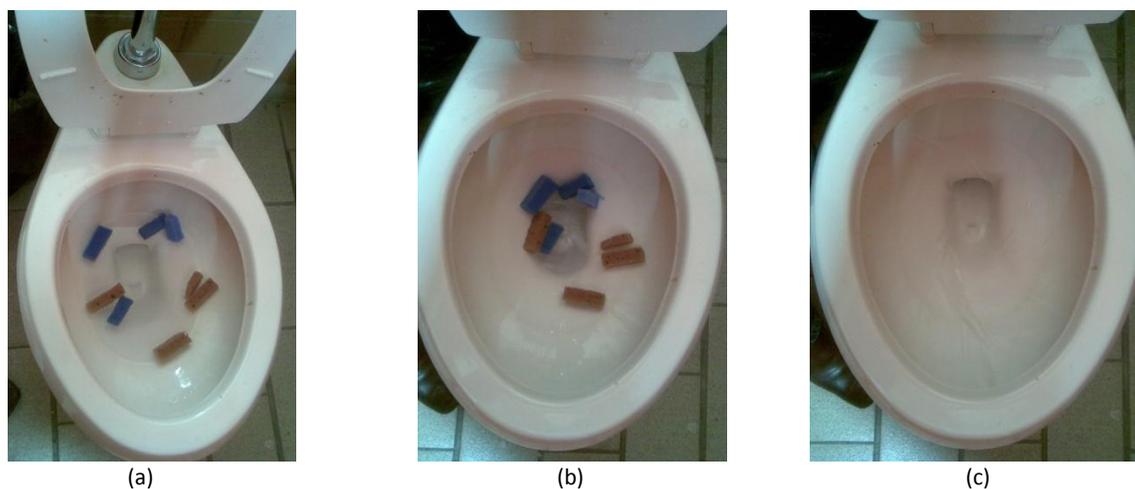


Figura 6. Prueba de barrido. (a) Preparación, (b) Realización, (c) Resultado

2.6 Arrastre

Equipo y material:

- Aserrín

Procedimiento

- La taza debe tener el espejo de agua a nivel normal.
- Arrojar “un puñado” de aserrín sobre la taza de modo tal que quede cubierta la mayor cantidad de la superficie del mueble.
- Descargar.
- Este ensayo se repetirá 2 veces.

Resultados: Debe desalojar todo el material, de lo contrario no pasa la prueba.

A continuación se muestran las imágenes del desarrollo de la prueba realizada en un conjunto que se ha desempeñado satisfactoriamente.



Figura 7. Prueba de arrastre. (a) Preparación, (b) Realización, (c) Resultado

3.0 Análisis de Resultados

En relación con las pruebas ya descritas los resultados se asentarán en un condensado que permita emitir un dictámen de funcionamiento general del conjunto. A continuación se muestra una ficha que incluye la información de una prueba realizada:

Tabla 3. Ejemplo de ficha de pruebas.

Edificio:	5 Instituto de Ingeniería	Nivel:	Primer nivel
Mueble:	Inodoro 2	Baño:	Mujeres
Marca:		Aparato:	Fluxómetro 2
Consumo N:	4.8 lpf / 1 gpf	Consumo N:	4.8 lpf / 1 gpf
Tipo:	Jet	Tipo:	Sensor electrónico

N.P.	Tipo de prueba	Resultado	Observaciones
1	Caudal	Q = 4.83 lpf	Ligeramente superior al nominal
2	Espejo de agua	135 x 110 mm	Dentro de la norma
3	Intercambio de agua	Sí pasa	Totalmente eliminado el tinte
4	Exclusión de residuos	Sí pasa	Todas las bolas fueron expulsadas
5	Eliminación de desperdicios	Sí pasa	Con dificultad en el segundo intento
6	Barrido	Sí pasa	Ningún problema
7	Arrastre	Sí pasa	Una parte en las paredes apenas fue rozada.

De esta manera podemos presentar el estado actual de las instalaciones sanitarias y tener el sustento para tomar cualquier decisión pertinente acerca de las propuestas del programa Pumagua.

4.0 Conclusiones y Recomendaciones

El Programa para el manejo, uso y reuso del Agua en la UNAM busca el uso eficiente del recurso a través de acciones que promueven el ahorro y la disminución de fugas, como parte de éstas se proponen las siguientes actividades:

- Monitoreo de suministro de Agua potable
- Monitoreo de consumos de Agua potable
- Actualización de planos de las instalaciones
- Cambio de muebles de baño por unos de tipo ahorrador

Pumagua está desarrollando sus propuestas desde enero de 2008 y en este tiempo se han realizado pruebas a nivel piloto en algunos edificios del instituto de ingeniería y otras instituciones de la UNAM, se ha adquirido experiencia suficiente para emitir las siguientes recomendaciones.

Los aparatos (fluxómetros principalmente) presentan gran susceptibilidad a perder la calibración de origen y descargan un volumen de agua distinto al nominal, cuando es a la baja obliga al usuario a realizar más de una descarga. La causa probable de estas irregularidades puede deberse a las variaciones en la presión suministrada, en el caso de los edificios muestreados va desde 3 hasta 4.5 kg/cm². Para evitar este tipo de inconvenientes se hace necesario encontrar aparatos capaces de compensar estas variaciones y así aminorar el problema.

El programa de mejoramiento de instalaciones sanitarias se enfocó en un principio en los fluxómetros pues éstos definen el gasto del conjunto, sin embargo, es de notarse que se trata de una relación simbiótica, por lo que también influye la capacidad del inodoro para aprovechar mejor el agua.

Han sido examinadas diferentes marcas y modelos del mercado y se han observado algunas similitudes en su funcionamiento.

Presión hidráulica. Se probó el conjunto inodoro fluxómetro conectado directamente a la red de abastecimiento de Ciudad Universitaria, usando un simulado de residuos sólidos para comprobar la eficacia de los nuevos sistemas de bajo consumo. Dadas las variaciones en la presión suministrada la efectividad en el sistema de descarga se vio comprometida y sólo algunos muebles pudieron soportar estos cambios. Son necesarios entonces fluxómetros que puedan balancear internamente las transiciones de presión para asegurar siempre una descarga eficaz. Sin embargo, si las instalaciones cuentan con un regulador de presiones o un hidroneumático que garantice variaciones mínimas puede asegurarse un comportamiento uniforme de cualquiera de los conjuntos hasta el momento probados.

Dual-flush. Los modelos de Doble Descarga muestreados presentaron un comportamiento aceptable para la eliminación de residuos líquidos cuando se utiliza la opción de bajo consumo (modo de 4.2L). Pocos lograron efectividad con residuos sólidos con el modo de ahorro de agua.

Sistema Jet. En los inodoros para uso no domestico, el modelo más común en el mercado no depende efectuar la descarga clásica que provoca un giro en espejo de agua y posteriormente la eliminación de los residuos; ahora se emplea una tecnología que concentra la carga hidráulica en la base de la taza y sólo un poco de agua se distribuye por las paredes del cuenco. Es en este

punto donde las innovaciones tecnológicas marcan la diferencia en el consumo de agua para obtener un diseño óptimo que realmente funcione con un bajo consumo (4.8 litros).

Sensores. Las llaves y los fluxómetros electrónicos están dotados de esta nueva tecnología que permite detectar la presencia de un cuerpo después de unos segundos y activar el ciclo del aparato cuando el objeto sale de su rango de captura. Existen sensores demasiado sensibles que provocan una activación constante del sistema de descarga y otros que incluso parecen tener un comportamiento aleatorio. Es indispensable que los sensores de cada aparato se calibren de acuerdo a las necesidades individuales de la unidad pues un alto consumo de agua está directamente relacionado con las fallas en esta parte de los equipos.

Mingitorios Secos. Esta modalidad es de un gran impacto social y ecológico, representa un ahorro importante en el consumo de agua pero implica una concentración química y microbiológica mayor en el Agua residual; otro problema derivado de este sistema es el sarro que se acumula en las tuberías, al no haber una descarga eventual de agua los contaminantes de la orina se cristalizan y se incrustan en el interior del conducto, reduciéndose gradualmente el diámetro de la tubería; además la tubería no puede ser de cobre ya que la orina directa es altamente corrosiva con este material.

Representa también un conflicto con el personal de limpieza ya que requiere de un trato diferente porque la limpieza convencional arroja Agua al mueble y en este caso no es recomendable, ya que el gel se disuelve fácilmente con el Agua y se pierden entonces las propiedades de “sello” que este proporciona.



Figura 8. Incrustación en una tubería.

Llaves con inclusores de aire. La colocación de una malla cerrada a la salida de la llave provoca la atomización del Agua para tener una mayor superficie de contacto y una sensación de más agua con menos volumen, existen en el mercado una gran variedad de modelos de manuales o sensor, de baterías o a corriente que deben seleccionarse dependiendo de las instalaciones y de las condiciones de mantenimiento que se tengan. También deben tomarse en cuenta las condiciones de la presión hidráulica, ya que las llaves pueden presentar los mismos inconvenientes que los fluxómetros.

Sociedad. Por último, pero no menos importante, debe considerarse la participación de la comunidad ya que durante nuestros estudios experimentamos inconvenientes derivados de una campaña poco efectiva de nuestras acciones y de la falta de conciencia de algunos usuarios.

Por lo anterior debe establecerse una campaña inclusiva para que le dé al usuario el poder y la responsabilidad sobre el ahorro de agua, crear una conciencia individual y colectiva dentro del área de trabajo para facilitar así la implementación de acciones que involucren cambios en las instalaciones y para que sean reportadas las fugas o mal funcionamiento en algún equipo.

Debe hacerse hincapié sobre los beneficios que se obtienen con el ahorro de agua tanto en el campus como en nuestros hogares. Así, si disminuye el consumo de agua, gastaremos menos en este servicio, además de beneficios ecológicos a futuro dejando una conciencia de uso sostenible de nuestros recursos para las futuras generaciones.

4.1 Normas Pumagua

Los puntos desarrollados arriba han permitido definir ciertas recomendaciones a modo de normas, que deben tomarse en cuenta para la selección adecuada de los muebles de baño que se proyecte adquirir.

De los fluxómetros:

- No podrán ser graduados manualmente para diferentes presiones; deben contar con un sistema interno de regulación.
- Trabajarán de acuerdo a lo que su ficha técnica marque; sin necesidad de calibrar el aparato.
- En caso de que se requiera un ajuste extraordinario debe contar con un sistema que permita realizarlo de forma sencilla pero no obvia, para asegurar su estabilidad.

De los mingitorios:

- El gasto máximo recomendado es de 0.5 lpd.
- Si se garantizan las condiciones de higiene y mantenimiento pueden instalarse de tipo seco.

De los inodoros:

- En ningún caso se deberá exceder la norma mexicana de 6 lpd
- Se podrán colocar muebles de bajo consumo, si y sólo si, después de un análisis se garantiza un servicio eficiente con 4.8 lpd.

De las llaves:

- El consumo máximo de las llaves de lavabo debe ser 2 lpm.
- Los sistemas de activación por sensor son efectivos y de ser posible se promoverá su instalación.
- Exigir un sistema de corte en el suministro después de 60 s continuos de uso.

De las regaderas:

- El consumo máximo de las llaves de lavabo debe ser 10 lpm.
- Dadas las características de instalaciones abiertas al público debe procurarse que sean de tipo antibandálico.

Anexo 1 Variantes de muebles y aparatos sanitarios

Para el llenado de las fichas de reconocimiento de las unidades sanitarias debe tenerse claro conocimiento del tipo de funcionamiento de estas, la experiencia adquirida en este tiempo nos permite establecer un resumen simplificado de las variantes significativas en los muebles y aparatos.

Tabla 4. Variantes entre muebles y aparatos sanitarios.

Mueble / Aparato	Tipo
Llaves	Electrónico
	Manual
Inodoro	De tanque
	De descarga simple
	Jet
Mingitorio	Húmedo
	Seco
Regadera	Ordinaria
	Pulverizadora
Fluxómetro	Electrónico
	Manual

Los accionamientos de tipo electrónico se refieren a sistemas activados por sensores.

El tipo manual en llaves se refiere a acciones mecánicas como el chicote ahorrador o las perillas de llaves mezcladoras comunes.

En los fluxómetros el accionamiento manual corresponde a mecanismos simples activados por perillas, botones, palancas o pedales.

Anexo 2 Elaboración de bolas de papel

Equipo y material:

- Papel higiénico sanitario de cuatro hojas sencillas cada una de 114x127 mm
- De usarse un tamaño mayor o menor, el número de hojas deberá aumentarse o disminuirse proporcionalmente con la superficie en mm² de cada hoja

Procedimiento:

- Se toma el extremo de la tira y se dobla hacia adentro tratando de formar una bola (figuras 9a y 9b), se deja libre la última hoja.
- Se gira la bola una vuelta completa para formar una especie de cuello (figura 9c).
- Después de formado el cuello, la bola se envuelve en la hoja libre formando una especie de canal (figura 9d).
- Se procede como se indica en la figura (9f).
- Finalmente, las puntas libres se introducen en la ranura formada por el nudo hecho al girarlas, quedando así formada una bola de papel compacta que mida de 35 a 45 mm de diámetro. (Figura 9g)

Tiempo de absorción:

Una bola de papel se colocará suavemente sobre la superficie de agua contenida en un recipiente. Se deberá tomar el tiempo desde el momento en que hace contacto con el agua hasta su completa saturación. El tiempo de absorción debe ser de 3 a 9 s.

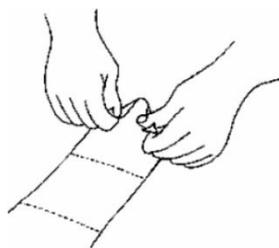


Figura 9a



Figura 9b

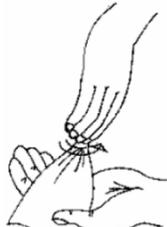


Figura 9c



Figura 9d

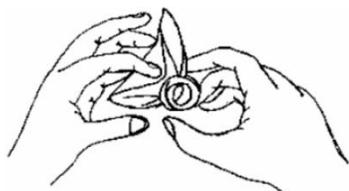


Figura 9e

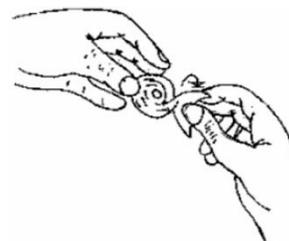


Figura 9f

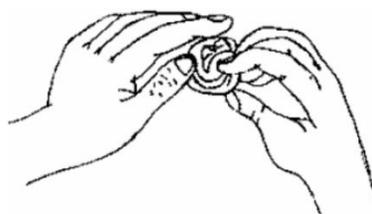


Figura 9g

Anexo 3 Fichas técnicas de muebles de baño

Las fichas a continuación descritas no pretenden en ningún momento favorecer a ciertos productores o casas distribuidoras de los muebles y aparatos sanitarios descritos, se trata simplemente de una descripción de las características mínimas recomendadas por Pumagua para un funcionamiento apropiado en la búsqueda de la eficiencia en el uso del agua.

Todas las marcas que deseen participar en este programa deben ajustar sus productos a las características a continuación descritas a fin de ofrecer la calidad y eficiencia necesarias para coadyuvar a cumplir las metas y objetivos propuestos por Pumagua.



LLAVE PARA LAVABO OPERADA CON SENSOR A CORRIENTE

DESCRIPCIÓN:

Llave para lavabo operada con sensor a corriente con controlador de flujo de agua, filtro, cierre automático.

CARACTERÍSTICAS:

- ✓ Descarga máxima de 2 litros por minuto.
 - ✓ Anti-vandálica.
 - ✓ Presión de flujo mínima 17 PSI, 1.2 kg/cm², 12 m.c.a.
 - ✓ Presión de flujo máxima 114 PSI, 8 kg/cm², 80 m.c.a.
 - ✓ Sensor cortador de agua.
 - ✓ Corriente directa.
- Garantía del producto.

**LLAVE PARA LAVABO
OPERADA CON SENSOR A BATERÍAS**

DESCRIPCIÓN:

Llave para lavabo operada con sensor a baterías con controlador de flujo de agua, filtro, cierre automático y compartimiento para baterías.

CARACTERÍSTICAS:

- ✓ Descarga máxima de 2 litros por minuto.
- ✓ Anti-vandálica.
- ✓ Presión de flujo mínima 17 PSI, 1.2 kg/cm², 12 m.c.a.
- ✓ Presión de flujo máxima 114 PSI, 8 kg/cm², 80 m.c.a.
- ✓ Sensor cortador de agua.
- ✓ Baterías.
- ✓ Garantía del producto.

LLAVE PARA LAVABO OPERADA CON AHORRADOR DE AGUA

DESCRIPCIÓN:

Llave para lavabo, operado con sistema de push (botón), cierre automático, ahorrador de agua, ajuste de duración del ciclo del flujo de agua según se requiera

CARACTERÍSTICAS:

- ✓ Descarga máxima de 2 litros por minuto.
- ✓ Anti-vandálica.
- ✓ Presión de flujo mínima 17 PSI, 1.2 kg/cm², 12 m.c.a.
- ✓ Presión de flujo máxima 114 PSI, 8 kg/cm², 80 m.c.a.
- ✓ Botón ahorrador de agua.
- ✓ Operación mecánica.
- ✓ Garantía del producto.

REGADERA

DESCRIPCIÓN:

Regadera con sistema de limpieza automática, para prevenir estorbar el flujo de las partículas, patrón aerosol para cobertura de cuerpo completo

CARACTERÍSTICAS:

- ✓ Descarga máxima de 10 litros por minuto.
- ✓ Anti-vandálica.
- ✓ Presión de flujo mínima 17 PSI, 1.2 kg/cm², 12 m.c.a.
- ✓ Presión de flujo máxima 114 PSI, 8 kg/cm², 80 m.c.a.
- ✓ Soporte ajustable de chorro fijo.
- ✓ Economizador.
- ✓ Conexión de 1/2".
- ✓ Garantía del producto.

MINGITORIO OPERADO CON PEDAL O PALANCA

DESCRIPCIÓN :

Sistema de alta eficiencia completo con fluxómetro, para mingitorio operado con pedal o palanca y mingitorio de cerámica.

DESCARGA:

Debe ser de 0.5 Lpf /0.13 gpf como máximo.

ESPECIFICACIONES:

- ✓ Tapa de válvula Anti-vandálica.
- ✓ Volumen no regulable (CALIBRACIÓN DE FÁBRICA).
- ✓ Fluxómetro expuesto para alimentación izquierda o derecha y mingitorio de cerámica.
- ✓ La instalación debe cumplir con requerimientos para personas con capacidades diferentes
- ✓ Cumplimiento con el control de calidad del equipo.
- ✓ Automático: Descarga y limpieza del mueble sin necesidad de hacerlo manualmente.
- ✓ Higiénico: No hay contacto físico y se mantenga limpio cuando no esté en uso.
- ✓ Económico: Reduzca al máximo los costos de mantenimiento y operación.
- ✓ Garantía del producto.

CARACTERÍSTICAS DEL MUEBLE:

- ✓ Presión de flujo mínima de 17 PSI, 1.2 kg / cm², 12 m.c.a.
- ✓ Presión de flujo máxima 114 PSI, 8 kg / cm², 80 m.c.a.
- ✓ Cerámica colgada a la pared.
- ✓ Acción de descarga descendente.
- ✓ Borde de descarga integral.
- ✓ Entrada de spud superior a ¾ IPS.
- ✓ Salida de spud 2” IPS.

MINGITORIO OPERADO CON SENSOR A BATERIAS

DESCRIPCIÓN :

Sistema de alta eficiencia completo con fluxómetro, para mingitorio operado sensor y mingitorio de cerámica.

DESCARGA:

Debe ser de 0.5 Lpf /0.13 gpf como máximo.

ESPECIFICACIONES:

- ✓ Tapa de válvula Anti-vandálica.
- ✓ Volumen no regulable (CALIBRACIÓN DE FÁBRICA).
- ✓ Fluxómetro expuesto para alimentación izquierda o derecha y mingitorio de cerámica.
- ✓ Trabaja con baterías.
- ✓ La instalación debe cumplir con requerimientos para personas con capacidades diferentes
- ✓ Cumplimiento con el control de calidad del equipo.
- ✓ Automático: Descarga y limpieza del mueble sin necesidad de hacerlo manualmente.
- ✓ Higiénico: No hay contacto físico y se mantenga limpio cuando no esté en uso
- ✓ Económico: Reduzca al máximo los costos de mantenimiento y operación.
- ✓ Garantía del producto.

CARACTERÍSTICAS DEL MUEBLE:

- ✓ Presión de flujo mínima de 17 PSI, 1.2 kg/ cm², 12 m.c.a.
- ✓ Presión de flujo máxima 114 PSI, 8 kg/cm², 80 m.c.a.
- ✓ Cerámica colgada a la pared.
- ✓ Botón de emergencia manual automático.
- ✓ Acción de descarga descendente.
- ✓ Borde de descarga integral.
- ✓ Entrada de spud superior a ¾ IPS.
- ✓ Salida de spud 2” IPS.

MINGITORIO OPERADO CON SENSOR A CORRIENTE

DESCRIPCIÓN :

Sistema de alta eficiencia completo con fluxómetro, para mingitorio operado con sensor y mingitorio de cerámica.

DESCARGA:

Debe ser de 0.5 Lpf /0.13 gpf como máximo.

ESPECIFICACIONES:

- ✓ Tapa de válvula Anti-vandálica.
- ✓ Volumen no regulable (CALIBRACIÓN DE FÁBRICA).
- ✓ Fluxómetro expuesto para alimentación izquierda o derecha y mingitorio de cerámica.
- ✓ Trabaje a corriente directa.
- ✓ La instalación debe cumplir con requerimientos para personas con capacidades diferentes
- ✓ Cumplimiento con el control de calidad del equipo.
- ✓ Automático: Descarga y limpieza del mueble sin necesidad de hacerlo manualmente.
- ✓ Higiénico: No hay contacto físico y se mantenga limpio cuando no esté en uso
- ✓ Económico: Reduzca al máximo los costos de mantenimiento y operación.
- ✓ Garantía del producto.

CARACTERÍSTICAS DEL MUEBLE:

- ✓ Presión de flujo mínima de 17 PSI, 1.2 kg / cm², 12 m.c.a.
- ✓ Presión de flujo máxima 114 PSI, 8 kg/cm², 80m.c.a.
- ✓ Cerámica colgada a la pared.
- ✓ Botón de emergencia manual automático.
- ✓ Acción de descarga descendente.
- ✓ Borde de descarga integral.
- ✓ Entrada de spud superior a ¾ IPS.
- ✓ Salida de spud 2” IPS.

INODORO OPERADO CON PEDAL O PALANCA

DESCRIPCIÓN :

Sistema de alta eficiencia completo con fluxómetro, para sanitario operado con pedal o palanca y sanitario de cerámica.

DESCARGA:

Descarga máxima 6 Lpf_/1.6 gpf.

ESPECIFICACIONES:

- ✓ Tapa de válvula Anti-vandálica.
- ✓ Volumen no regulable (CALIBRACIÓN DE FÁBRICA).
- ✓ Fluxómetro expuesto para alimentación izquierda o derecha y sanitario de cerámica.
- ✓ La operación del mueble es mecánica
- ✓ La instalación debe cumplir con requerimientos para personas con capacidades diferentes
- ✓ Cumplimiento con el control de calidad del equipo.
- ✓ Automático: Descarga y limpieza del mueble sin necesidad de hacerlo manualmente.
- ✓ Higiénico: No hay contacto físico y se mantenga limpio cuando no esté en uso
- ✓ Económico: Reduzca al máximo los costos de mantenimiento y operación.
- ✓ Garantía del producto.

CARACTERÍSTICAS DEL MUEBLE:

- ✓ Presión de flujo mínima 17 PSI, 1.2 kg/cm², 12 m.c.a.
- ✓ Presión de flujo máxima 114 PSI, 8 kg/cm², 80m.c.a.
- ✓ Cerámica montada a piso o pared.
- ✓ Taza alargada.
- ✓ Entrada de spud superior de 1-1/2" IPS.
- ✓ Salida de vía de trampa de 2-1/4" IPS.
- ✓ Borde de descarga integral.

MINGITORIO OPERADO CON SENSOR A BATERIAS

DESCRIPCIÓN :

Sistema de alta eficiencia completo con fluxómetro, para sanitario operado con sensor a batería y sanitario de cerámica.

DESCARGA:

Debe ser de 6 Lpf /1.6 gpf como máximo.

ESPECIFICACIONES:

- ✓ Tapa de válvula Anti-vandálica.
- ✓ Volumen no regulable (CALIBRACIÓN DE FÁBRICA).
- ✓ Fluxómetro expuesto para alimentación izquierda o derecha y sanitario de cerámica.
- ✓ Trabaja con baterías
- ✓ La instalación debe cumplir con requerimientos para personas con capacidades diferentes
- ✓ Cumplimiento con el control de calidad del equipo.
- ✓ Automático: Descarga y limpieza del mueble sin necesidad de hacerlo manualmente.
- ✓ Higiénico: No hay contacto físico y se mantenga limpio cuando no esté en uso
- ✓ Económico: Reduzca al máximo los costos de mantenimiento y operación.
- ✓ Garantía del producto.

CARACTERÍSTICAS DEL MUEBLE:

- ✓ Presión de flujo mínima de 17 PSI, 1.2 kg/ cm², 12 m.c.a.
- ✓ Presión de flujo máxima 114 PSI, 8 kg/cm², 80m.c.a.
- ✓ Cerámica montada a piso o pared.
- ✓ Botón de emergencia manual automático.
- ✓ Entrada de spud superior de 1-1/2” IPS.
- ✓ Salida de vía de trampa de 2-1/4” IPS.
- ✓ Borde de descarga integral.

**MINGITORIO
OPERADO CON SENSOR A CORRIENTE**

DESCRIPCIÓN :

Sistema de alta eficiencia completo con fluxómetro, para sanitario operado con sensor a corriente y sanitario de cerámica.

DESCARGA:

Debe ser de 6 Lpf /1.6 gpf como máximo.

ESPECIFICACIONES:

- ✓ Tapa de válvula Anti-vandálica.
- ✓ Volumen no regulable (CALIBRACIÓN DE FÁBRICA).
- ✓ Fluxómetro expuesto para alimentación izquierda o derecha y sanitario de cerámica.
- ✓ Trabaja con corriente directa.
- ✓ La instalación debe cumplir con requerimientos para personas con capacidades diferentes.
- ✓ Cumplimiento con el control de calidad del equipo.
- ✓ Automático: Descarga y limpieza del mueble sin necesidad de hacerlo manualmente.
- ✓ Higiénico: No hay contacto físico y se mantenga limpio cuando no esté en uso
- ✓ Económico: Reduzca al máximo los costos de mantenimiento y operación.
- ✓ Garantía del producto.

CARACTERÍSTICAS DEL MUEBLE:

- ✓ Presión de flujo mínima 17 PSI, 1.2 kg/cm² o bien 12 m.c.a.
- ✓ Presión de flujo máxima 114 PSI, 8 kg/cm², 80 m.c.a.
- ✓ Cerámica montada a piso o pared.
- ✓ Botón de emergencia manual automático.
- ✓ Taza alargada.
- ✓ Entrada de spud superior de 1-1/2” IPS.
- ✓ Salida de vía de trampa de 2-1/4” IPS.
- ✓ Borde de descarga integral.

Bibliografía

Ahorro y uso eficiente del Agua, Centro Nacional de Producción más Limpia.

Cervantes Gutiérrez, Virginia, et. **Manejo del Agua en CU**. Facultad de Ciencia de la UNAM. 2007.

Coloquio – taller sobre medición y auditorías de Agua, IMTA. México: 2008.

Conducting a household water audit, Maryland Department of Environmental Water Supply Program. United States. 2006

Kunkel, George. **Unaccounted for no more Water audit software assesses water loss, American Water Works Associations**. United States, May 2006.

Manual para hacer Auditorías de Agua en inmuebles federales, IMTA.

Water Conservation, Reuse and recycling master plan. Standford University. United States: October 2003.

Water Efficiency Manual for commercial, industrial and Institutional facilities, North Carolina Department of Environmental and Resources. United States, 2007.

Water loss Manual, Texas Water Development Board. United States, May 2005.

Water Savings Action Plan 2006 - 2010, The University of Sidney. Camperdown and Darlington Campuses.

www.awwa.org.

www.nacobre.com

Informes del análisis de las pruebas de a muebles de baño, PUMAGUA 2008.

Norma Oficial Mexicana 009-CNA-2001, Inodoros para uso sanitario, especificaciones y método de prueba



Universidad Nacional Autónoma de México

Anexo
Extracción de agua
de los Pozos
UNAM

PUM  **AGUA**

Índice de Figuras.

Figura 1. Volúmenes de agua extraídos en los 3 pozos en el año 2007. 6

Figura 2. Volúmenes de agua extraídos en los 3 pozos en el año 2007. 6

Índice de Tablas

Tabla 1. Extracción de agua en los pozos durante 2006, 2007 y 2008. FUENTE: DGOyC. UNAM..... 5

Tabla 2. Variación entre los niveles estático y dinámico en el Pozo III. FUENTE: DGO y C UNAM 7

Tabla 3. Variación entre los niveles estático y dinámico en el Pozo II. FUENTE: DGO y C UNAM..... 8

Tabla 4. Variación entre los niveles estático y dinámico en el Pozo I. FUENTE: DGO y C UNAM 9

Anexo.

Extracción de agua de los Pozos

Tabla 1 Extracción de agua en los pozos durante 2006, 2007 y 2008. FUENTE: DGOyC. UNAM

MES	2006				2007				2008			
	Química (m³)	Multifamiliar (m³)	Vivero Alto (m³)	Promedio	Química (m³)	Multifamiliar (m³)	Vivero Alto (m³)	Promedio	Química (m³)	Multifamiliar (m³)	Vivero Alto (m³)	Promedio
ENERO	76,629.00	144,880.00	80,567.00	100,692.00	17,176.00	115,285.00	64,913.00	65,791.33	18,573.00	185,823.00	62,428.00	88,941.33
FEBRERO	80,761.00	146,863.00	69,157.00	98,927.00	18,194.00	114,245.00	55,084.00	62,507.67	14,415.00	197,495.00	59,941.00	90,617.00
MARZO	80,591.00	152,246.00	93,194.00	108,677.00	18,613.00	133,863.00	64,631.00	72,369.00	11,431.00	203,655.00	69,031.00	94,705.67
ABRIL	65,576.00	106,242.00	89,126.00	86,981.33	18,436.00	123,741.00	62,620.00	68,265.67	14,170.00	198,743.00	68,334.00	93,749.00
MAYO	55,556.00	139,159.00	51,178.00	81,964.33	18,006.00	109,576.00	53,214.00	60,265.33	22,920.00	174,779.00	65,990.00	87,896.33
JUNIO	43,517.00	135,417.00	55,384.00	78,106.00	20,373.00	83,294.00	50,245.00	51,304.00	17,603.00	157,613.00	45,983.00	73,733.00
JULIO	44,769.00	80,567.00	64,455.00	63,263.67	73,400.00	28,117.00	65,631.00	55,716.00	22,281.00	128,690.00	42,729.00	64,566.67
AGOSTO	39,745.00	132,990.00	50,501.00	74,412.00	4,462.00	157,385.00	50,936.00	70,927.67	17,722.00	152,788.00	41,879.00	70,796.33
SEPTIEMBRE	43,014.00	132,575.00	51,499.00	75,696.00	70,106.33	156,334.00	53,985.00	93,475.11	21,598.00	143,022.00	40,881.00	68,500.33
OCTUBRE	53,990.00	102,605.00	55,714.00	70,769.67	53,990.00	129,688.00	54,018.00	79,232.00	28,623.00	162,707.00	50,649.00	80,659.67
NOVIEMBRE	48,508.00	128,902.00	58,735.00	78,715.00	20,980.00	166,076.00	62,972.00	83,342.67	30,953.00	175,962.00	57,606.00	88,173.67
DICIEMBRE	23,029.00	80,399.00	59,204.00	54,210.67	16,236.00	146,602.00	45,832.00	69,556.67	44,046.00	113,811.00	69,179.00	75,678.67
TOTAL	655,685.00	1,482,845.00	778,714.00	2,917,244.00	349,972.33	1,464,206.00	684,081.00	2,498,259.33	264,335.00	1,995,088.00	674,630.00	2,934,053.00
USO	22.48%	50.83%	26.69%	100.00%	14.01%	58.61%	27.38%	100.00%	9.01%	68.00%	22.99%	100.00%

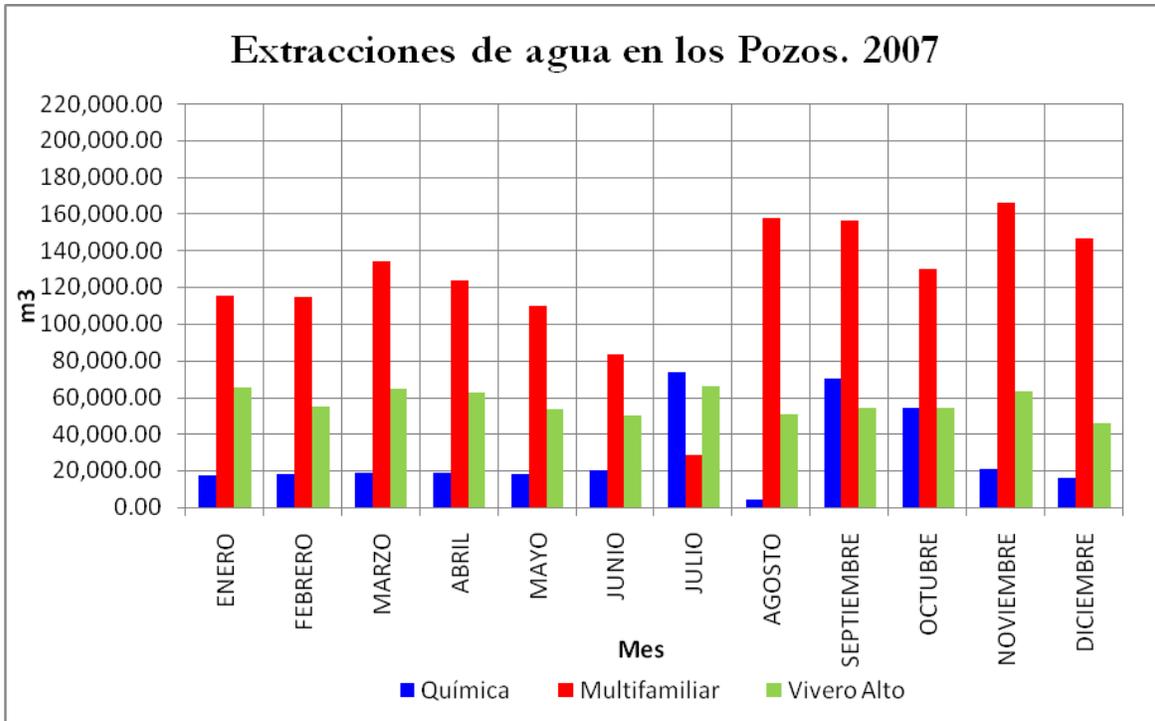


Figura 1. Volúmenes de agua extraídos en los 3 pozos en el año 2007.

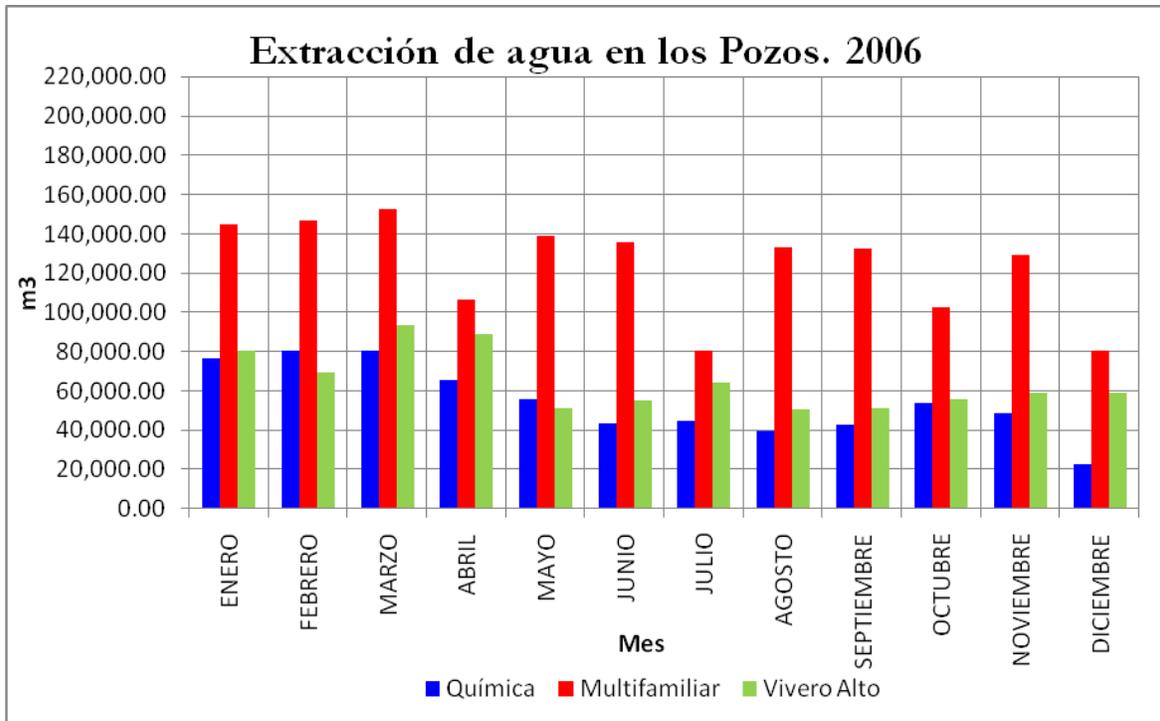


Figura 2. Volúmenes de agua extraídos en los 3 pozos en el año 2007.

Tabla 2. Variación entre los niveles estático y dinámico en el Pozo III. FUENTE: DGO y C UNAM

Pozo III. VIVERO ALTO (h=157m)	2006			2007		
	NIVES ESTATICO (m)	NIVEL DINAMICO (m)	DIFERENCIA (m)	NIVES ESTATICO (m)	NIVEL DINAMICO (m)	DIFERENCIA (m)
ENERO	93.32	93.49	0.17	92.20	92.34	0.14
FEBRERO	93.50	93.65	0.15	92.17	92.25	0.08
MARZO	93.72	93.80	0.08	92.19	92.28	0.09
ABRIL	94.21	94.39	0.18	92.03	92.15	0.12
MAYO	94.55	94.64	0.09	92.24	92.36	0.12
JUNIO	94.61	94.68	0.07	92.30	92.42	0.12
JULIO	94.51	94.63	0.12	92.46	92.64	0.18
AGOSTO	94.75	94.81	0.06	92.23	92.35	0.12
SEPTIEMBRE	94.07	94.18	0.11	92.40	92.51	0.11
OCTUBRE	92.87	93.00	0.13	91.86	91.98	0.12
NOVIEMBRE	92.65	92.79	0.14	91.38	91.55	0.17
DICIEMBRE	92.30	92.50	0.20	91.50	91.80	0.30
PROMEDIO MENSUAL	93.76	93.88	0.13	92.08	92.22	0.14
DIFERENCIA MENSUAL PROMEDIO ENTRE NIVELES (m)	0.13			0.14		

Tabla 3. Variación entre los niveles estático y dinámico en el Pozo II. FUENTE: DGO y C UNAM

	2006			2007		
Pozo II. MULTIFAMILIAR (h=193 m)	NIVES ESTATICO (m)	NIVEL DINAMICO (m)	DIFERENCIA (m)	NIVES ESTATICO (m)	NIVEL DINAMICO (m)	DIFERENCIA (m)
ENERO	71.20	82.50	11.30	71.80	83.10	11.30
FEBRERO	70.95	81.15	10.20	77.45	88.40	10.95
MARZO	70.50	81.05	10.55	71.90	83.15	11.25
ABRIL	71.20	81.70	10.50	71.50	83.00	11.50
MAYO	73.30	86.60	13.30	70.40	81.90	11.50
JUNIO	72.20	81.70	9.50	69.80	80.20	10.40
JULIO	72.10	82.40	10.30	67.20	80.60	13.40
AGOSTO	72.00	83.35	11.35	70.80	82.45	11.65
SEPTIEMBRE	72.40	83.30	10.90	71.00	82.85	11.85
OCTUBRE	72.00	83.20	11.20	70.80	81.80	11.00
NOVIEMBRE	71.90	83.15	11.25	68.70	80.00	11.30
DICIEMBRE	68.50	86.80	18.30	68.30	80.35	12.05
PROMEDIO	71.52	83.08	11.55	70.80	82.32	11.51
DIFERENCIA MENSUAL PROMEDIO ENTRE NIVELES (m)	11.55			11.51		

Tabla 4. Variación entre los niveles estático y dinámico en el Pozo I. FUENTE: DGO y C UNAM

	2006			2007		
Pozo I. QUIMICA (h=132m)	NIVES ESTATICO (m)	NIVEL DINAMICO (m)	DIFERENCIA (m)	NIVES ESTATICO (m)	NIVEL DINAMICO (m)	DIFERENCIA (m)
ENERO	66.85	82.40	15.55	62.80	67.60	4.80
FEBRERO	66.85	82.40	15.55	67.10	83.90	16.80
MARZO	66.70	82.10	15.40	66.90	82.60	15.70
ABRIL	70.00	85.20	15.20	67.00	83.50	16.50
MAYO	70.60	85.60	15.00	67.40	83.70	16.30
JUNIO	71.00	85.90	14.90	66.90	83.10	16.20
JULIO	70.10	83.40	13.30	68.80	82.30	13.50
AGOSTO	67.20	82.80	15.60	67.40	84.10	16.70
SEPTIEMBRE	66.85	82.40	15.55	67.20	67.20	0.00
OCTUBRE	66.90	82.60	15.70	66.40	79.00	12.60
NOVIEMBRE	66.80	82.50	15.70	68.80	82.00	13.20
DICIEMBRE	68.00	84.40	16.40	66.40	81.40	15.00
PROMEDIO	68.15	83.48	15.32	66.93	80.03	13.11
DIFERENCIA MENSUAL PROMEDIO ENTRE NIVELES (m)		15.32			13.11	



Universidad Nacional Autónoma de México

Anexo.

Instalación de Medidores

Electromagnéticos

UNAM

PUM  **AGUA**

Índice de contenido

MEDIDORES ELECTROMAGNÉTICOS. ESPECIFICACIONES	7
Macromedición.....	7
Descripción general del medidor electromagnético.....	7
Desempaque e inspección.....	8
RECOMENDACIONES BÁSICAS DE SEGURIDAD.....	10
Instalación.....	10
Instalación subterránea.....	12
Versión remota.	12
Aterrizaje y compensación equipotencial.	12
Conexión eléctrica.....	12
Especificación del cable de señal.	13
Modo de medición.	14
Configuración de parámetros.	14
Contraseña.....	14
Medición.	14
Unidades para totalizadores.....	15
Escala máxima (rango máximo de operación).....	15
Corte para caudal mínimo.....	15
Dirección de caudal.....	16
INSTALACIÓN DE MEDIDORES ELECTROMAGNÉTICOS. PRIMERA ETAPA. 2008	17
Catalogo de Conceptos.	17
Pozo I.	17
Pozo II.....	17
Pozo III.....	17

Tanque Bajo. Lado Norte.....	18
Tanque Bajo. Lado Sur.	18
Material para construcción:	18
Material eléctrico.....	20
SECTOR HIDRÁULICO I.	41
Isométrico.....	42
Perfil de cajón de medición y control de presiones con gabinete de control interno.	43
MATERIALES DEL TREN DE MEDICIÓN Y CONTROL.....	44
SECTOR HIDRÁULICO II.	45
MATERIALES DEL TREN DE MEDICIÓN.....	46
SECTOR HIDRÁULICO III.	47
Isométrico de arreglo.....	48
Perfil de cajón de medición y control de presiones con gabinete de control interno.	49
MATERIALES DEL TREN DE MEDICIÓN Y CONTROL.....	50
SECTOR HIDRÁULICO IV.	51
MATERIALES DEL TREN DE MEDICIÓN.....	52
SECTOR HIDRÁULICO V.	53
MATERIALES DEL TREN DE MEDICIÓN.....	54

Anexo

Instalación de Medidores Electromagnéticos

Medidores electromagnéticos. Especificaciones

Macromedición.

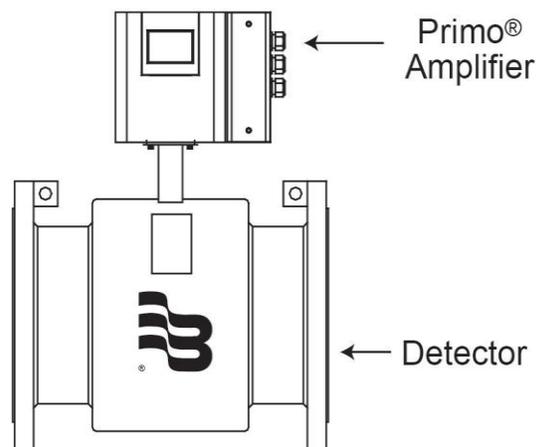
La Macromedición es por ahora considerada una de las actividades de mayor relevancia en los sistemas de Agua potable y alcantarillado, debido a que a través de su práctica es posible conocer los caudales o volúmenes de agua potable entregados al sistema por sus fuentes de abastecimiento, así como cuantificar lo que sale de él en forma de aguas residuales.

La red de agua potable de Ciudad Universitaria cuenta con diez puntos en los que es necesaria la macro medición. De acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales, deben de medirse: Las fuentes de abastecimiento, líneas de conducción, pozos profundos, re bombeos así como la red de distribución.

PUMAGUA ha convenido, junto con la DGOyC la instalación de medidores electromagnéticos en los puntos citados líneas arriba. A continuación se describen las especificaciones técnicas de dichos medidores. Para una descripción más detallada de este tipo de medidores, se puede consultar los manuales de instalación y operación que los fabricantes tienen disponibles.

Descripción general del medidor electromagnético.

Los medidores electromagnéticos son los de la mejor solución para su adaptabilidad para la medición de fluidos con una conductividad mínima de $5\mu\text{S}/\text{cm}$.



Medidor electromagnético

El medidor de flujo electromagnético es un sistema diseñado para medir el caudal volumétrico de líquidos con conductividad eléctrica en sistemas de tuberías cerradas. Su principio de operación, basado en la ley de Faraday de inducción electro-magnética, junto con su diseño de tubo libre de obstrucciones, provee a este tipo de instrumento con una serie de ventajas muy importantes comparado con otros sistemas de medición de flujo:

- ✓ Su capacidad de medición es independiente de las propiedades físicas del líquido, tales como viscosidad, densidad o temperatura.
- ✓ El diseño de su tubo de medición ofrece una sección transversal completamente abierta, sin partes mecánicas en movimiento, produciendo por lo tanto una pérdida de carga (caída de presión hidráulica) apenas igual a la de una sección de tubería del mismo largo, y un servicio virtualmente libre de mantenimiento.

- ✓ Las únicas partes en contacto con el líquido pueden ser fabricadas con una variedad de materiales diseñados para proveer excelentes propiedades mecánicas y químicas. El resultado es un dispositivo que puede medir con exactitud una amplia gama de líquidos “difíciles” tales como químicos altamente corrosivos, guarapos, jugos de fruta, pastas, aguas recuperadas y otros fluidos con sólidos en suspensión.

Presenta un avanzado amplificador de señal basado en un micro-procesador electrónico. El amplificador Primo™ opera con frecuencia de excitación pulsada de corriente continua, incorporando un sofisticado software de procesamiento y manejo de señales, lo cual le permite capturar un elevado número de puntos de medición por ciclo. Este rasgo distintivo le permite mantener un alto nivel de exactitud en sus mediciones.

Los componentes básicos del medidor son dos:

1. El detector: Básicamente es un tubo de flujo que incluye un par de bobinas responsables para la generación del campo magnético a través de la sección de tubería, y un par de electrodos destinados a medir el voltaje inducido por el líquido en movimiento.
2. El amplificador, que es el responsable de procesar la señal, cálculo del flujo, display o señales de salida. El amplificador de señal se conecta al cabezal detector por medio de un cable apantallado, y puede ser montado ya sea directamente sobre el detector o en una posición remota.
- 3.

Los medidores magnéticos Magnetoflow™ se ofrecen en tres tipos diferentes de conexiones de extremidad:

- i. Extremos bridados
- ii. Extremos sin brida (wafer)
- iii. Conexión sanitaria (Tri-Clamp o DIN)

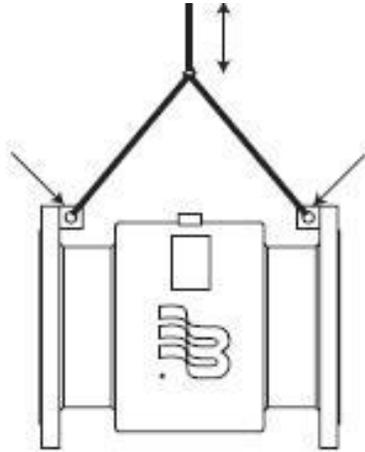
Los tamaños disponibles en extremos bridados van desde un 1/4 de pulgada hasta 56 pulgadas. La presión de trabajo estándar es de 10 Bares, o su equivalente de 150 Libras por pulgada cuadrada (PSI). Las conexiones bridadas se pueden también suministrar -como opción estándar- para presiones de trabajo de 40 Bares (300 PSI).

Los extremos sin brida, se ofrecen para aplicaciones industriales en donde las especificaciones requieran este tipo de conexión. El medidor se instala entre dos bridas comunes (no suministradas) y se ajusta por medio de pernos roscados de largo apropiado. Este tipo de conexión se ofrece en tamaños desde 10” hasta 50”. La presión de trabajo en este caso es ubica en 40 bares.

Desempaque e inspección.

El medidor está contenido en una caja especial en la que se incluye un sobre con las especificaciones de desempaque y los procedimientos de inspección. Si la caja presenta algún daño evidente se debe estar presente al momento del desempaque. Se sugieren algunas recomendaciones para el desempaque del medidor de su caja.

- a) Abra cuidadosamente la caja siguiendo las recomendaciones que vienen al exterior de ésta. Remueva todo el material de protección que está alrededor del medidor.
- b) Levante cuidadosamente el medidor. Para los medidores mayores a 10” procure usar las “orejas de arrastre” tal y como lo muestra la figura 2.0



- c) Una vez desempacado, inspeccione visualmente el medidor para asegurarse de cualquier daño físico como rayones, falta de piezas, o cualquier signo de daño derivado del transporte o empaque.
- d) Verifique que el medidor recibido es consistente con el que se ordenó.
- e) Los medidores se deben de almacenar en sitios en donde la temperatura esté dentro del siguiente rango: -20 a 70 °C.

Transporte y manejo.

No levante al medidor del amplificador (Primo amplifier), la caja de recepción, o el cable de conexión. Procure utilizar transportar al medidor de las orejas de arrastre empleando cuerdas tal y como la indica la figura 2.0.

<p>se va a forma</p>	<p>Maneras no recomendables para el transporte de los medidores electromagnéticos.</p>	<p>Si el medidor colocar de vertical,</p>	<p>Transporte del medidor en forma de lo vertical.</p>
--------------------------	--	---	--

recomendable es transportarlo de la siguiente manera:

Si se emplea montacargas para el transporte del medidor, debe evitarse que éste sea transportado por el cuerpo o la zona donde se ubican los sensores, además, debe evitarse introducir cualquier objeto en el medidor, ya que esto puede derivar en daños al medidor. La figura 4 muestra las maneras de transporte que deben evitarse.



Forma recomendable de desempacar el medidor

Recomendaciones básicas de seguridad.

El medidor electromagnético puede ser empleado para la medición de fluidos conductivos. La instalación, montaje, instalación eléctrica, operación y mantenimiento debe realizarse con personal técnico apropiado o calificado para ello. Además el personal de operación a cargo de la operación deberá ser entrenado por la autoridad correspondiente y todas las instrucciones contenidas en el manual de operación se deben aplicar fielmente.

Instalación.

A continuación se presentan algunas guías para la adecuada instalación del medidor electromagnético.

Los medidores electromagnéticos pueden ser instalados en cualquier posición. Su principio de operación no depende de la orientación del medidor o de la tubería. Tampoco son afectados severamente por disturbios de flujo (turbulencia) debidos al trazado de la tubería; sin embargo es importante tener en cuenta las siguientes consideraciones:

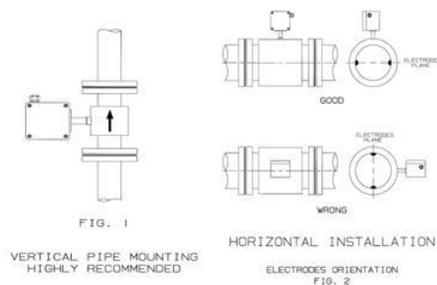
Los medidores electromagnéticos no pueden medir efectivamente el caudal en tuberías parcialmente llenas. El trazado de la tubería debe ser tal que el dispositivo primario o detector, esté siempre lleno de líquido o, al menos, durante su operación.

La posición más recomendada es la de tubería vertical, con el líquido fluyendo hacia arriba. Esta práctica asegura dos objetivos:

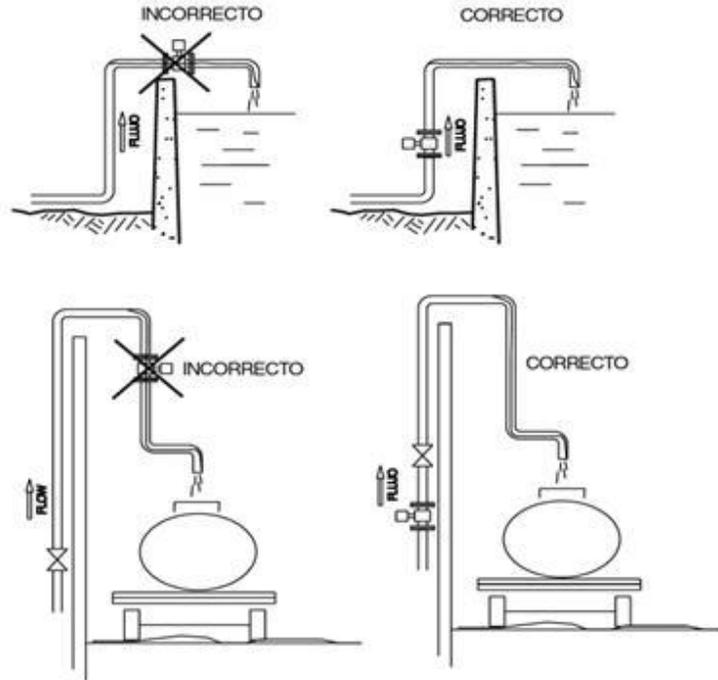
- a) El tubo de mantiene lleno de líquido incluso en aplicaciones de bajo caudal y bajo presión de descarga a la atmósfera.
- b) Sedimentos o incrustaciones que pueden ser parte del fluido de proceso no se van a depositar o acumular en el revestimiento y/o electrodos.

En trazados de tuberías horizontales, el detector debe ser montado en una posición tal que el eje de los electrodos permanezca en un plano horizontal (A las 3 y a las 9). Esta práctica previene la formación de incrustaciones sobre los electrodos.

Evite la instalación del medidor en el punto más alto de un trazado de tuberías para prevenir situaciones de tubería parcialmente llena o la posible acumulación de aire atrapado en la línea. Las válvulas de cierre deben estar *siempre* ubicadas aguas abajo del medidor.

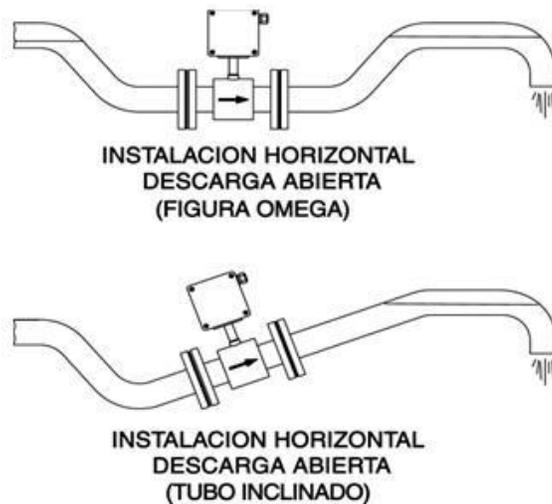


Posiciones recomendables para instalación de un Medidor electromagnético.



Formas correctas e incorrectas de instalar un medidor en una tubería.

A efectos de minimizar la posibilidad de que se creen flujos de tubería parcialmente llena en aplicaciones horizontales, por gravedad o a muy baja presión, es recomendable trazar la tubería tal como lo indica la figura 7.0. Este “medio sifón” está diseñado para asegurar que el medidor se mantenga lleno de líquido en todo momento. En aplicaciones para líquidos difíciles, que normalmente producen sedimentos se recomienda instalar una línea de by pass para facilitar el mantenimiento y la limpieza periódica.



Recomendaciones para instalaciones horizontales del medidor.

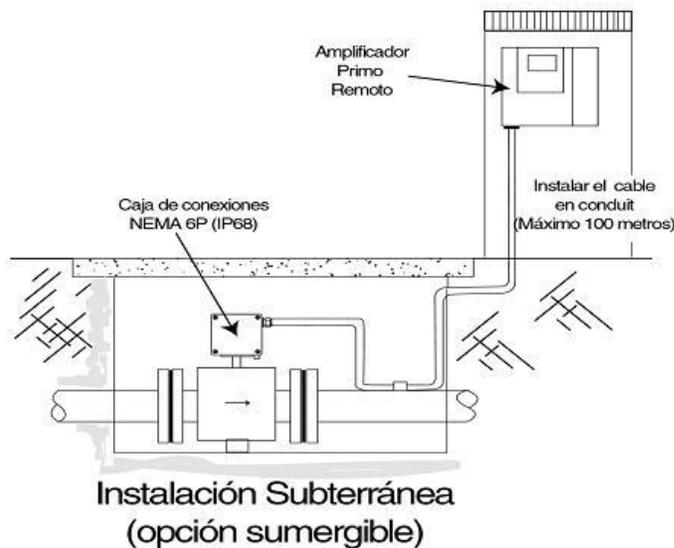
Generalmente, una sección de tubería recta de un largo equivalente a por lo menos 3 diámetros del tubo, que se instale aguas arriba del medidor y dos diámetros aguas abajo, es suficiente para asegurar su correcta operación y exactitud. Se recomienda, sin embargo, aumentar esta distancia de tubo rectilíneo, a un largo

equivalente a 5 diámetros aguas arriba del medidor, si el medidor se instala después de componentes que producen una alta turbulencia, tales como válvulas de control o retención o bombas pueden producirse errores de medición en la lectura.

Instalación subterránea.

Si la aplicación requiere de la instalación del medidor dentro de una bóveda subterránea, caja de medidor, o donde exista la posibilidad de que el medidor quede sumergido bajo agua debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- ✓ El amplificador PRIMO debe ser montado en configuración remota (a una distancia máxima de 100 metros) y en un ambiente seguro y seco. **NO DEBEN EFECTUARSE CONEXIONES INTERMEDIAS** entre el detecto y el amplificador.



Instalación subterránea de un medidor electromagnético.

Versión remota.

La versión remota es necesaria en las siguientes condiciones de trabajo:

- a) Temperatura media mayor a 100 °C.
- b) Altas vibraciones.

Aterrizaje y compensación equipotencial.

Para asegurar una medición precisa y exacta, el detector y el medio a ser medido deben tener aproximadamente el mismo potencial eléctrico. Para bridas o instalación entre bridas si electrodo adicional de aterrizaje éste será llevado por la línea de conducción (Si es de material conductivo).

Conexión eléctrica.

- ✓ No instale el medidor energizado.
- ✓ Sólo pueden emplearse cables flexibles para las inserciones de 2xM20.

- ✓ Remueva la cubierta.
- ✓ Guíe el cable de alimentación hasta la inserción adecuada.
- ✓ Conecte conforme al diagrama de cableado.
- ✓ Verifique la selección del interruptor para la alimentación eléctrica.
- ✓ Coloque la cubierta y asegúrese de que ésta se encuentra bien cerrada una vez que se ha concluido la conexión.

Especificación del cable de señal.

Use solamente el cable proporcionado con el medidor.

Observe la distancia máxima entre el detector y el amplificador procurando que la distancia sea la mínima.

SPECIFICATIONS - Detector

Flow Range: 0.1 - 39.4 fps (0.03-12 m/s)

Sizes: 1/4" to 54" (16 to 1400 mm)

Min. Conductivity: ≥ 5 micromhos/cm

Accuracy:

± 0.25% accuracy of rate from 1-39.4 fps.

± 0.5% accuracy of rate from 0.1-1.0 fps.

Electrode Materials: Standard: Alloy C

Optional: 316 Stainless Steel, Gold/Platinum

Plated, Tantalum, Platinum/Rhodium

Liner Material: PFA up to 3/8", PTFE 1/2" thru 24", PTFE up to 24", Soft and Hard Rubber from 1" to 54", Halar® from 14" to 40"

Fluid Temperature:

With Remote Converter:

PFA, PTFE & Halar 311°F, (155°C)

Rubber 178°F, (80°C)

With Meter Mounted Converter:

PFA, PTFE & Halar 212°F, (100°C)

Rubber 178°F, (80°C)

Pressure Limits:

150 psi (10Bar) optional 300psi (20Bar)

Coil Power: Pulsed DC

Ambient Temperature: -4°F to 140°F, (-20°C to 60°C)

Pipe Spool Material: 316 Stainless Steel

Meter Housing Material: Carbon Steel welded

Flanges: Carbon Steel - Standard (ANSI B16.5 Class

150 RF) 316 Stainless Steel - Optional

Meter Enclosure Classification: Nema 4

Optional: Submersible Nema 6P (Remote Amplifier Required)

Junction Box Enclosure Protection:

(For Remote Converter Option) Powder coated die-cast aluminum, Nema 4

Cable Entries: 1/2" NPT Cord Grip

Optional Stainless Steel Grounding Rings:

Meter Size	Thickness (of one ring)
up thru 10"	.135"
12" to 20"	.187"

Especificaciones del medidor electromagnético.

Modo de medición.

La pantalla LCD consta de 4 líneas con 16 dígitos cada uno y es empleada para desplegar la información correspondiente a su parametrización.

Uni-direccional

Línea	Información	Valor*
1	Versión de software versión o mensajes de error	16 dígitos
2	Caudal actual Q	8 dígitos
3	Totalizador en dirección del flujo principal T1	10 dígitos
4	Totalizador en dirección del flujo principal T2	10 dígitos
5	Preselección del medidor VW	7 dígitos

*El número de dígitos no considera el punto decimal ni el signo.

Bi-direccional

Línea	Información	Valor*
1	Versión de software versión o mensajes de error	16 dígitos
2	Caudal actual Q	8 dígitos
3	Totalizador en dirección del flujo principal T+	10 dígitos
4	Totalizador en flujo inverso T-	10 dígitos
5	Totalizador Neto TN (para-/inverso)	10 dígitos
6	Preselección del medidor VW	16 dígitos

Figura 10.0.- Especificaciones del medidor electromagnético.

Configuración de parámetros.

La configuración de parámetros en el medidor se realiza a través de los tres botones asignados para ello y la pantalla de despliegue LCD. Por lo que es necesario abrir la carcasa del amplificador.

Contraseña.

La contraseña es un valor que va del cero al 999. El valor cero indica que la protección con contraseña no está activada, si el valor es cambiado a uno superior a cero automáticamente se activará la protección con contraseña y para futuras parametrizaciones será necesario el ingreso de dicho número.

Medición.

Se pueden seleccionar 12 unidades de medición para el caudal. El valor del flujo será automáticamente convertido una vez que se seleccione la unidad de medición.

l/h	Litros/hora
l/min	Litros/minuto
l/s	Litros/segundo
m ³ /h	Metros cúbicos/hora
m ³ /min	Metros cúbicos/minuto
m ³ /s	Metros cúbicos/segundo
GPM	Galones (US)/minuto
MGD	Millones galón (US)/día
LbM	Libras líquidas (US)/minuto
OzM	Onzas (US)/minuto
IGPM	Galones imperiales/minuto
F3M	Pies cúbicos/minuto
BPM	Barril/minuto

Unidades del medidor.

Unidades para totalizadores.

Las unidades para los totalizadores pueden ser seleccionadas en forma independiente a la del flujo, con las siguientes opciones:

L	Litros
m ³	Metros cúbicos
USG	Galones (US)
MG	Millones de galones (US)
Lb	Libras (US)
Oz	Onzas (US)
UKG	Galones (UK)
aft	Pies acre
ft ³	Pies cúbicos
bbl	Barriles

Unidades para totalizador.

Escala máxima (rango máximo de operación)

La escala máxima puede ser seleccionada dentro de un rango de 0.1 hasta 12 m/s. Esta escala tiene asociado el caudal, la alimentación eléctrica así como la frecuencia de salida. Dicha escala es válida para ambas direcciones de flujo.

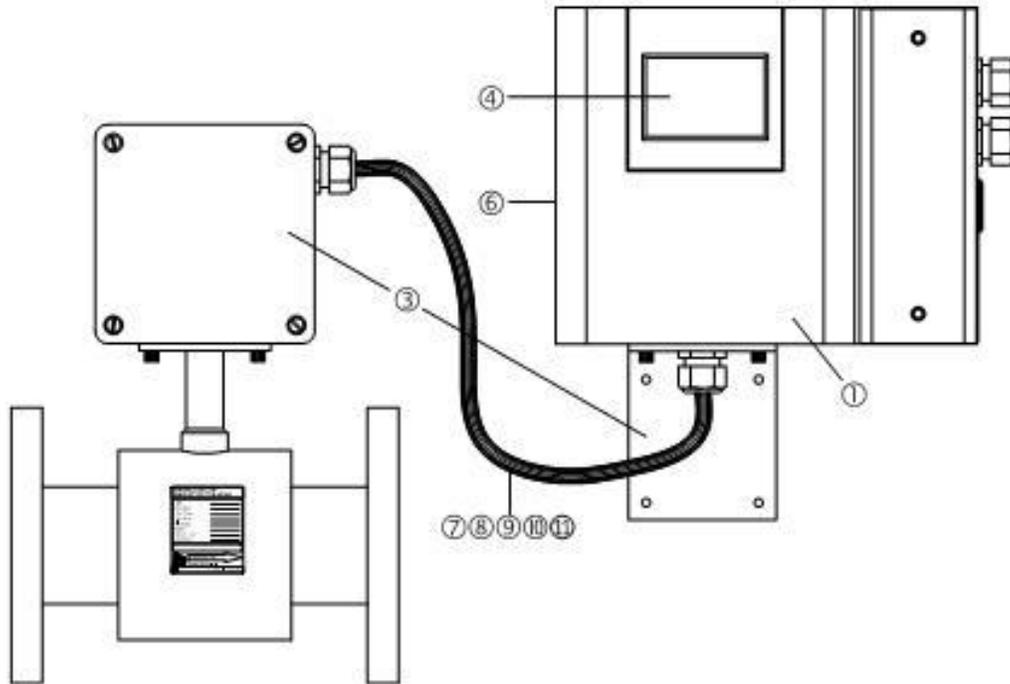
Corte para caudal mínimo.

Si se muestra un despliegue o suma incorrecta (Wrong) en la medición esto puede ser ocasionado por vibraciones o fluctuaciones del líquido, para evitarlo, el parámetro del corte para caudal o flujo debe ser establecido en forma adecuada.

Dirección de caudal.

La dirección puede ser parametrizada en una dirección (unidireccional) o de forma bidireccional. Cuando se establece la operación de forma unidireccional sólo se mostrará la información correspondiente en sentido positivo. Si el líquido fluye en sentido inverso el contador mostrará cero en la pantalla.

Cuando se tiene una operación bidireccional se medirá y se agregará la información en ambos sentidos. El totalizador positivo añadirá la dirección del flujo principal mientras que el negativo lo hará en dirección contraria.



ITEM NO.	DESCRIPTION	PARTNUMBER
1	Primo® Amplifier Assembly Complete	83384-038
3	Remote Mounting Kit less Cable (includes wall mount bracket)	83384-035
4	Primo LCD Display	83384-019
5	Primo Mother Board Assembly (Not Pictured)	83384-037
8	Primo Housing less Display and Board Assembly	83384-021
7	Cable • 15 feet	84574-002
8	Cable • 30 feet	84574-003
9	Cable • 50 feet	84574-004
10	Cable • 100 feet	84574-005
11	Cable • 150 feet	84574-008

Instalación de medidores electromagnéticos. primera etapa. 2008

Se definieron para cada punto los materiales de construcción que son necesarios, de acuerdo a las modificaciones hechas. A continuación se presentan dichos cambios.

A continuación se presenta el catalogo de conceptos y materiales de **obra civil asociados a estos mismos conceptos** los cuales son necesarios para la instalación de los medidores electromagnéticos.

Catalogo de Conceptos.

Pozo I.

- Losa de concreto reforzado para caja de medición $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$. Con 3.0m de largo y 1.20m de ancho y peralte de 10cm.

Pozo II.

- Muro de ladrillo rojo de 8.4m de largo y 0.90m de altura, pegado a base de mortero arena-cemento proporción 1:7 con 2cm de espesor.
- Firme de mortero arena-cemento proporción 1:7 de 16.8m de largo y 0.90m de altura con 2cm de espesor.
- Apertura en piso de concreto para canalización de tubería de alimentación eléctrica, con medidas de 5x5x2130cm.
- Apertura en carpeta asfáltica para canalización de tubería de transmisión de lecturas y alimentación de medidores, con medidas: 5cmx5cm x 1000cm.
- Apertura en piso de concreto para registro de alimentación eléctrica de 10x10cm y 15cm de profundidad
- Resane de aperturas en piso de concreto para canalizaciones y cajas de registro con mortero arena-cemento proporción 1:7.
- Muro de ladrillo de 1.0m de largo por 1.5 m de altura para resguardo de la unidad receptora de lecturas de medidor electromagnético (PRIMO), pegado a base de mortero arena-cemento proporción 1:7 con 2cm de espesor.
- Losa de concreto reforzado $f'c=250\text{Kg/cm}^2$ de 50cm x 50cm y peralte de 10cm para caja de resguardo de PRIMO.
- Firme de mortero arena cemento proporción 1:7 con 2.0m de largo y 1.501m de alto con 2cm de espesor.

Pozo III.

- Muro de ladrillo rojo de 8.4m de largo y 0.90m de altura, pegado a base de mortero arena-cemento proporción 1:7 con 2cm de espesor.
- Firme de mortero arena-cemento proporción 1:7 de 16.8m de largo y 0.90m de altura con 2cm de espesor.
- Apertura en piso de concreto para canalización de tubería de alimentación eléctrica, con medidas de 5x5x60cm.
- Resane de aperturas en piso de concreto para canalizaciones y cajas de registro con mortero arena-cemento proporción 1:7.

Tanque Bajo. Lado Norte.

- Muro de ladrillo rojo de 8.4m de largo y 0.90m de altura, pegado a base de mortero arena-cemento proporción 1:7 con 2cm de espesor.
- Firme de mortero arena-cemento proporción 1:7 de 16.8m de largo y 0.90m de altura con 2cm de espesor.
- Apertura en piso de concreto para canalización de tubería de alimentación eléctrica, con medidas de 5x5x160cm.
- Resane de aperturas en piso de concreto para canalizaciones y cajas de registro con mortero arena-cemento proporción 1:7.

Tanque Bajo. Lado Sur.

- Apertura en muro de piedra y piso de concreto para canalización de tubería de alimentación eléctrica, con medidas de 5x5x60cm.
- Resane de aperturas en muro y piso de concreto para canalizaciones y cajas de registro con mortero arena-cemento proporción 1:7.

Los materiales necesarios para cada concepto arriba mencionado han sido ya cuantificados y se mencionan en las siguientes tablas:

Material para construcción:

Las dimensiones de todas las cajas de medición se cambiaron. Las nuevas dimensiones se indican en los isométricos.

Pozo III

Concepto	Unidad	Cantidad
Ladrillo rojo	pza	1000
Bulto de cemento gris tipo portland 50Kg	pza	20
Arena azul o pesada	m3	2
Grava	m3	0.5
Alambrón	Kg.	30
varillas de acero 3/8"	pza	10
Alambre recocado	Kg	5

Pozo II

Concepto	Unidad	Cantidad
Ladrillo rojo	pza	1000
Bulto de cemento gris tipo portland 50Kg	pza	24
Arena azul o pesada	m3	2
Grava	m3	0.5
varillas de acero 3/8"	pza	10
Alambre recocado	Kg	5

Alambrón	Kg.	30
----------	-----	----

Pozo I

Concepto	Unidad	Cantidad
Varillas corrugada de 12m de largo	pza	2
Alambre recocido	Kg	1
Bulto de cemento gris tipo portland 50Kg	pza	3
Arena azul o pesada	m3	0.5
Grava	m3	0.5

Tanque Bajo. Lado Norte

Concepto	Unidad	Cantidad
Ladrillo rojo	pza	1000
Bulto de cemento gris tipo portland 50Kg	pza	20
Arena azul o pesada	m3	2
Grava	m3	0.5
varillas de acero 3/8"	pza	10
Alambre recocido	Kg	5
Clavos para concreto 2 1/2" con cabeza	Kg	5
Alambrón	Kg.	30

Material Total

Concepto	Unidad	Cantidad
Ladrillo rojo	pza	3000
Bulto de cemento gris tipo portland 50Kg	pza	67
Arena azul o pesada	m3	6.5
Grava	m3	2
varillas de acero 3/8"	pza	30
Alambre recocido	Kg	15
Clavos para concreto 2 1/2" con cabeza	Kg	5
Alambrón	Kg.	90

Material eléctrico.

Para el caso del Pozo I, se hicieron modificaciones en la trayectoria de la alimentación eléctrica y de señal, se acordó ubicar el medidor en un compartimiento sin uso y que anteriormente sirvió como registro de válvulas.

Pozo I. QUIMICA

	ACCESORIOS ELECTRICOS	Unidad	tamaño	cantidad
1	Tablero q 12	pza		1
2	Tramo de tubería condulet galvanizada de 3/4"	pza	3/4"	3
5	Contácto dúplex polarizado	pza		1
6	Pastillas termomagnéticas 15a (1x15)	pza		12
7	Cable thw calibre 12. Caja de 100m	caja		1
8	Condulet serie ovalada olv-4	pza		4

Para el caso del **Tanque alto y Bajo** sólo se cambió el diámetro de la tubería para canalizar el cable de transmisión de 3/4" a 1". Para el lado Norte, la longitud de trasmisión de señal se incrementó de 6.7m a 10.5m.

Para el caso del **Pozo II Multifamiliar**, se modificó la trayectoria del cable de alimentación eléctrica y el sitio donde se localiza el PRIMO o display se acordó ubicar en un compartimiento aparte de la caja de medición con dimensiones que se indican en los isométricos.

En este sitio se tratará se recorrer el medidor de CNA y la garza hacia aguas arriba. Se trató de convencer de que esta decisión pudiera derivar en conflictos con la dependencia a cargo de su supervisión, a lo que los presentes respondieron que eso sólo era válido cuando al medidor se le violaba el sello que tiene y no crea problemas cuando sólo se trata de modificar su ubicación.

En el Pozo III, se colocará el regulador en una caja con dimensiones de 40x40x30cm tal y como se indica en los isométricos.

A continuación se presentan algunas imágenes de los avances que se han hecho en los puntos de instalación de los medidores electromagnéticos.

Pozo III.



Excavaciones para la instalación del medidor electromagnético.

Pozo III.



El sitio de ubicación del PRIMO se cambió a un sitio en el que compartirá lugar con el regulador de energía. **La línea roja indica el sitio por donde se canalizará el cable de señal.**

Pozo I



Nueva trayectoria de la tubería (indicada en color rojo) de alimentación eléctrica propuesta para el Pozo I



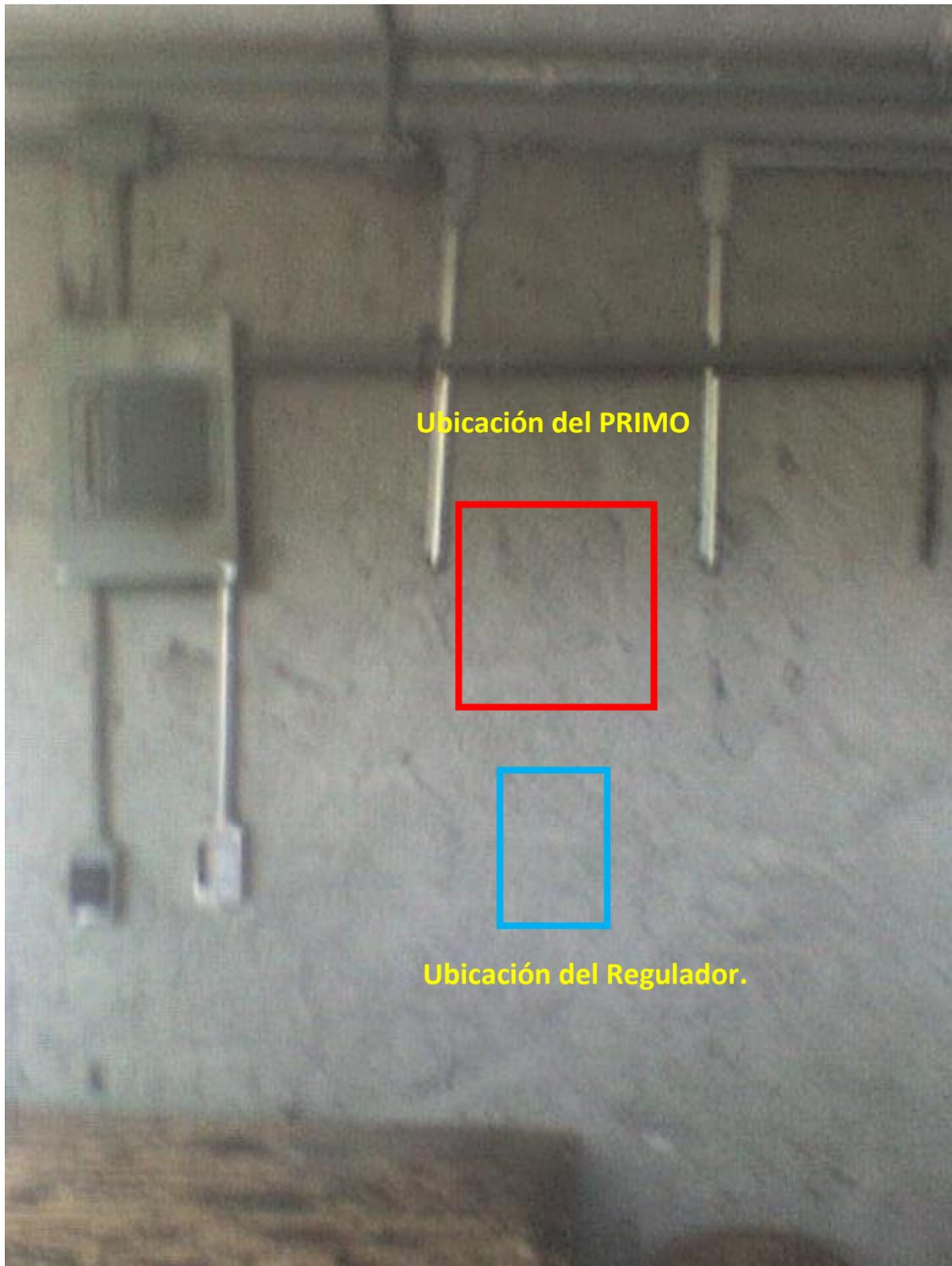
Trayectoria propuesta para la canalización del cable de transmisión del medidor.

Tanque bajo lado norte.



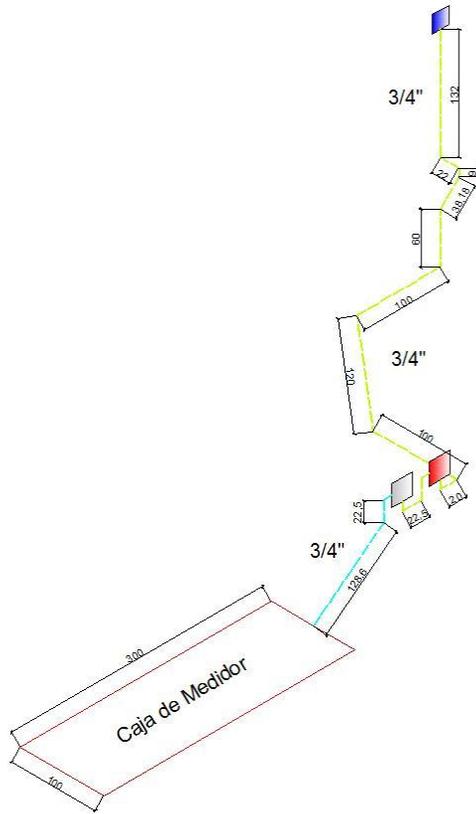
Preparaciones para la instalación de los medidores en Tanque Bajo. Lado Norte

Tanque bajo. Caseta de rebombeo.

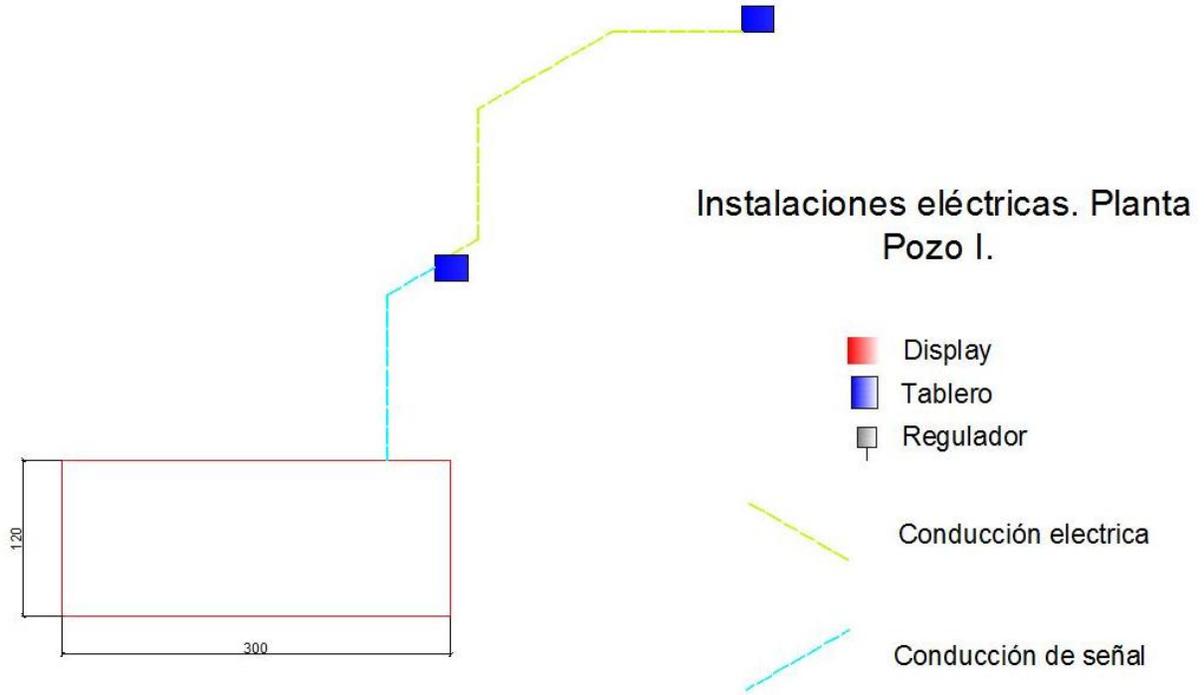


Preparaciones para la instalación de los medidores en Tanque Bajo. Lado Norte y Sur.

Isométricos. Pozo I.



Isométricos de Instalaciones eléctricas
Pozo I.



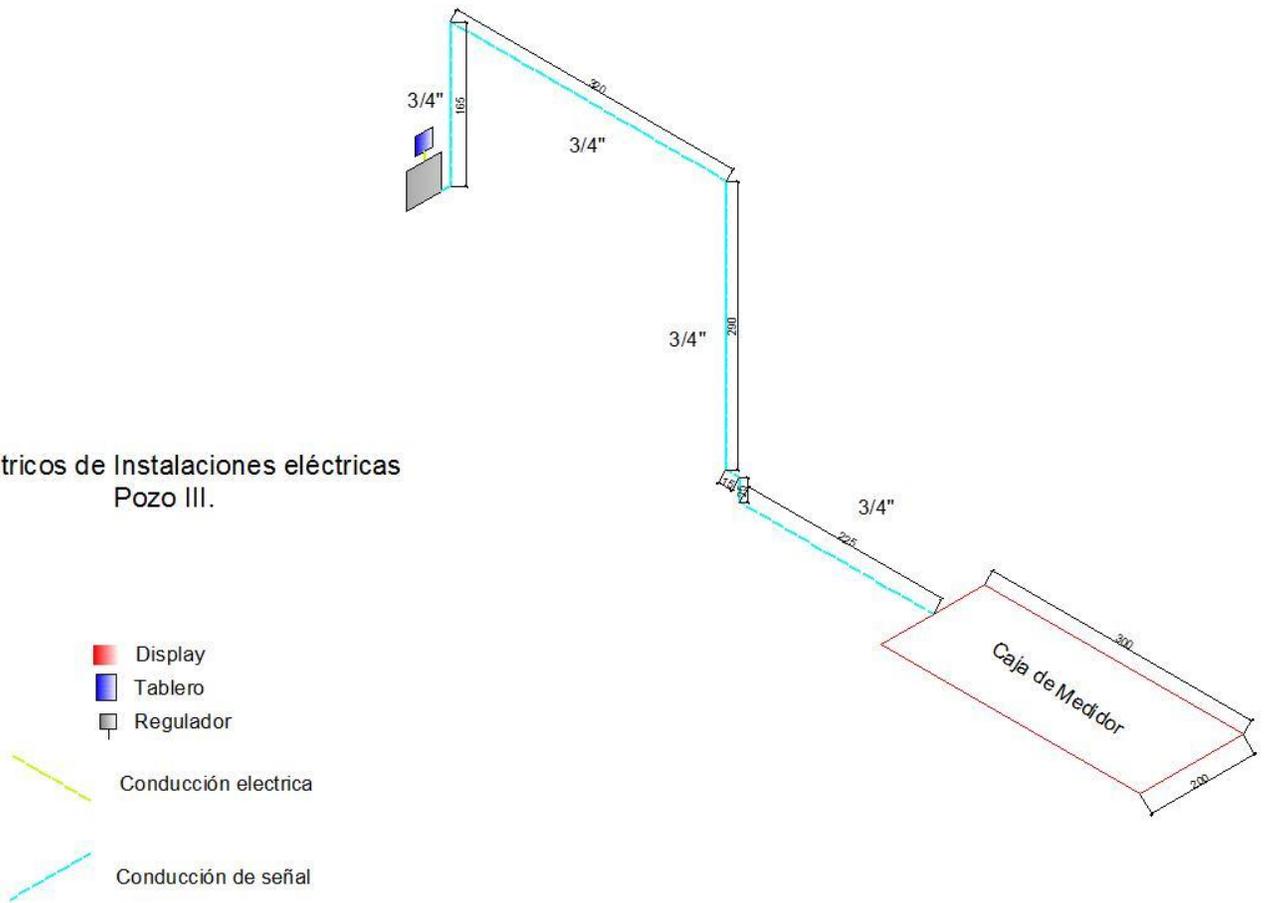
Isométricos. Pozo II



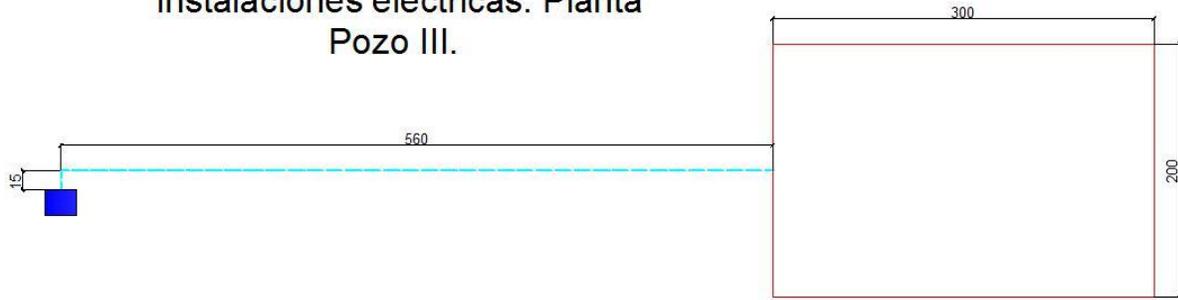


Isométricos. Pozo III.

Isométricos de Instalaciones eléctricas
Pozo III.

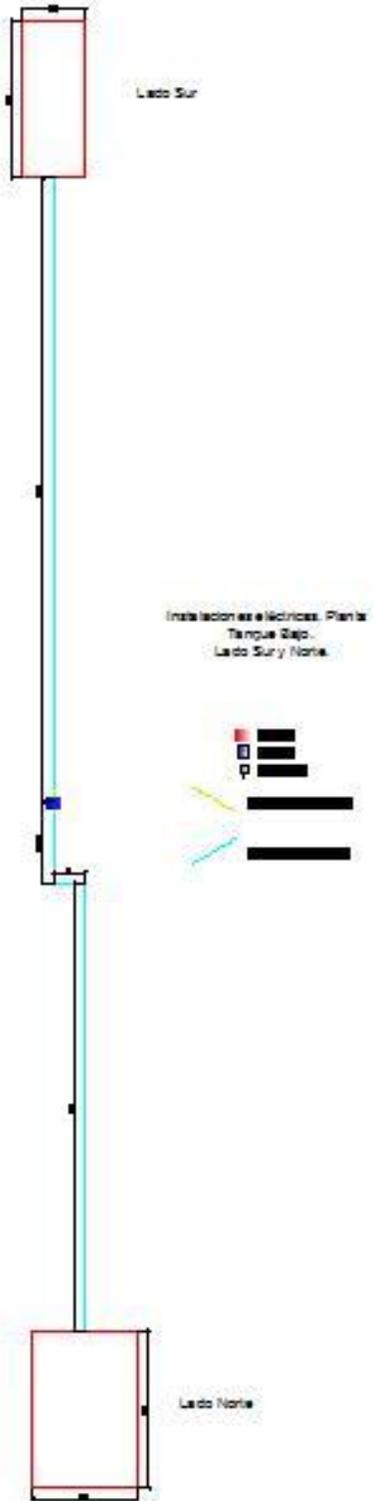


Instalaciones eléctricas. Planta Pozo III.



-  Display
-  Tablero
-  Regulador

-  Conducción eléctrica
-  Conducción de señal



Isométrico de Instalaciones Eléctricas
Pozo II. Multifamiliar

Estuvieron presentes en el recorrido:

DGOyC

Ing. Gabriel Martínez

Ing. Germán Hernández Briones.

Ing. Mario Huerta.

Sr. Pedro Ortiz López. Jefe de taller de Agua

Sr. Gabriel Hernández. Jefe de Oficiales albañiles.

Sr. Enrique. Oficial eléctrico

Sr. Adrian. Oficial eléctrico

Badger Meter

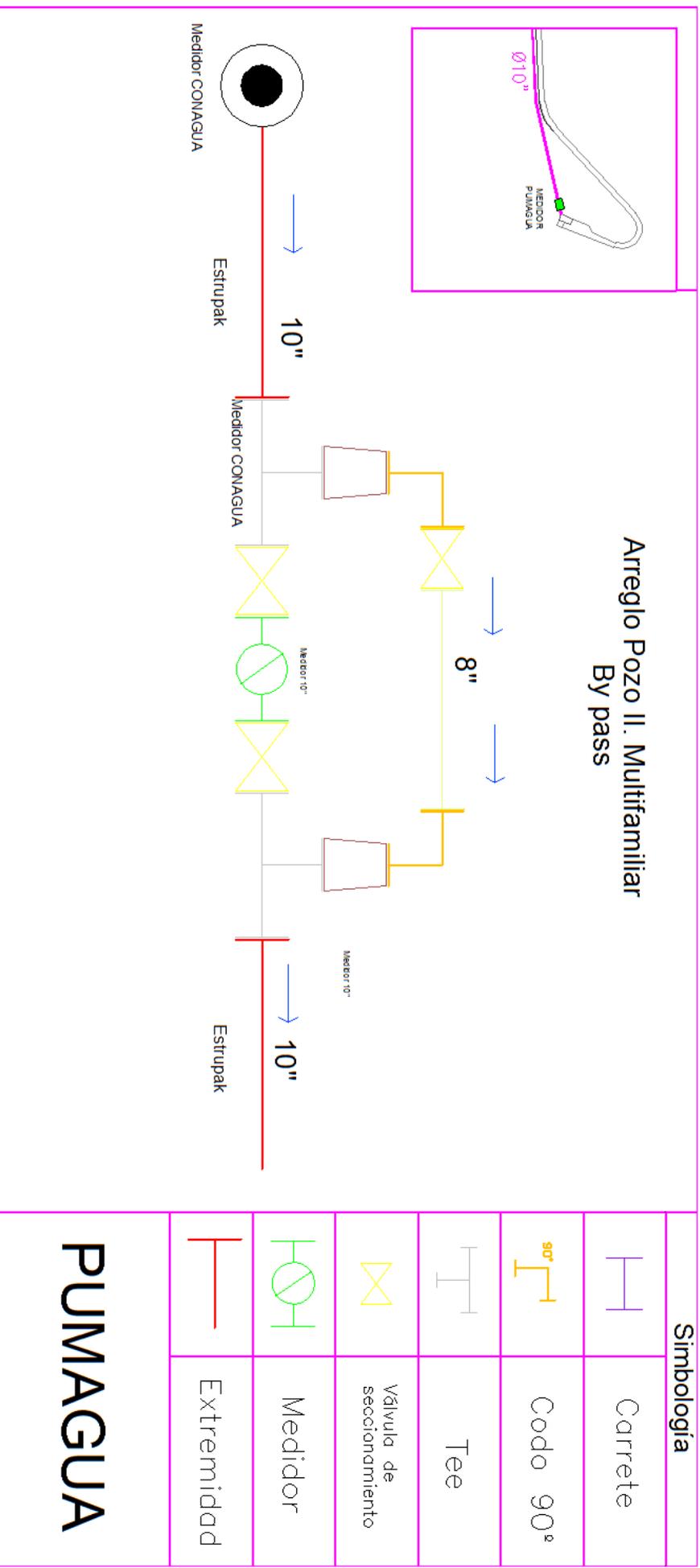
Ing. Raúl Sánchez

Instituto de Ingeniería

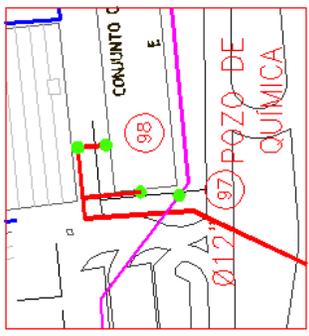
Dr. Rafael Val Segura

M.I. Edith Vega

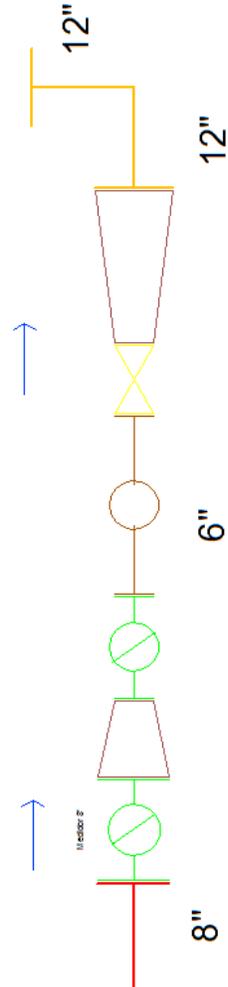
José Daniel Rocha Guzmán

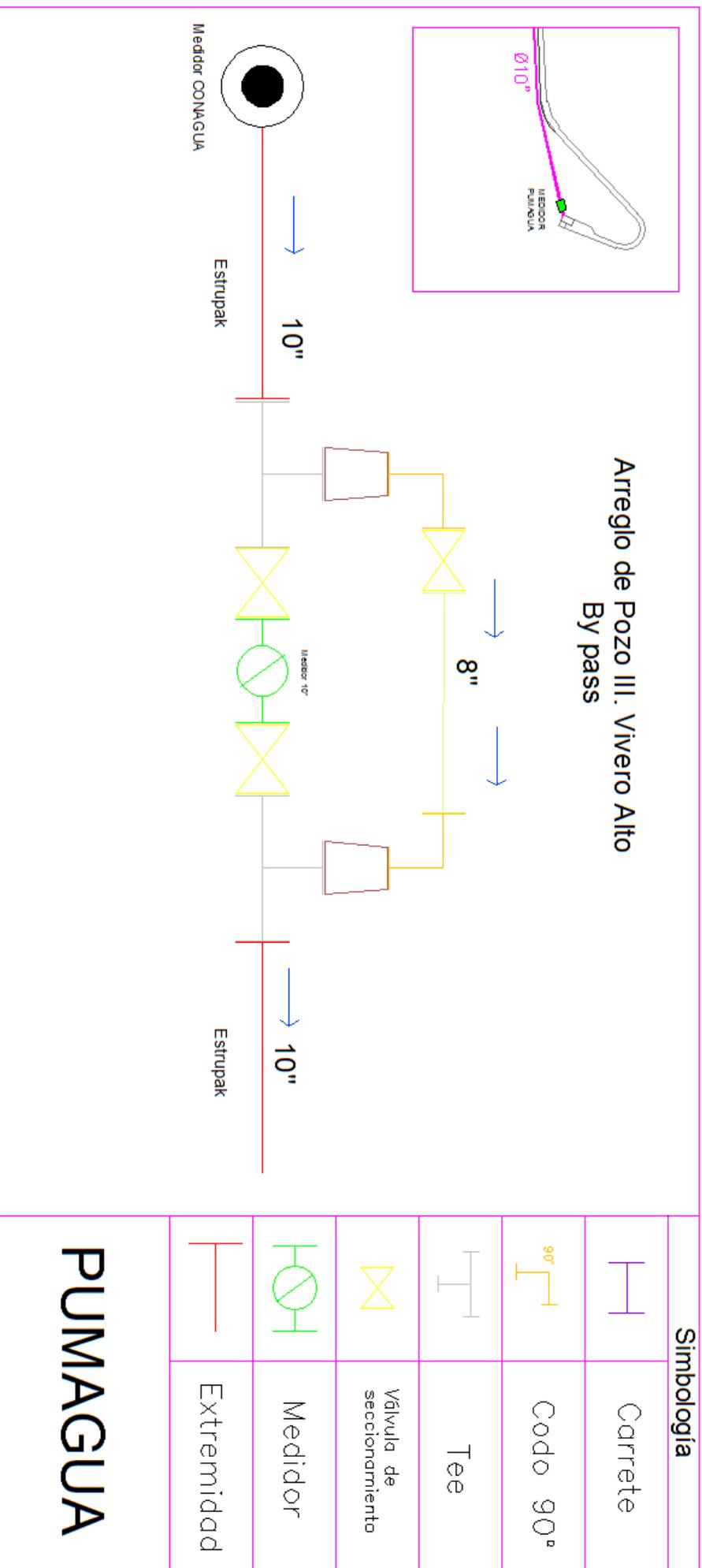


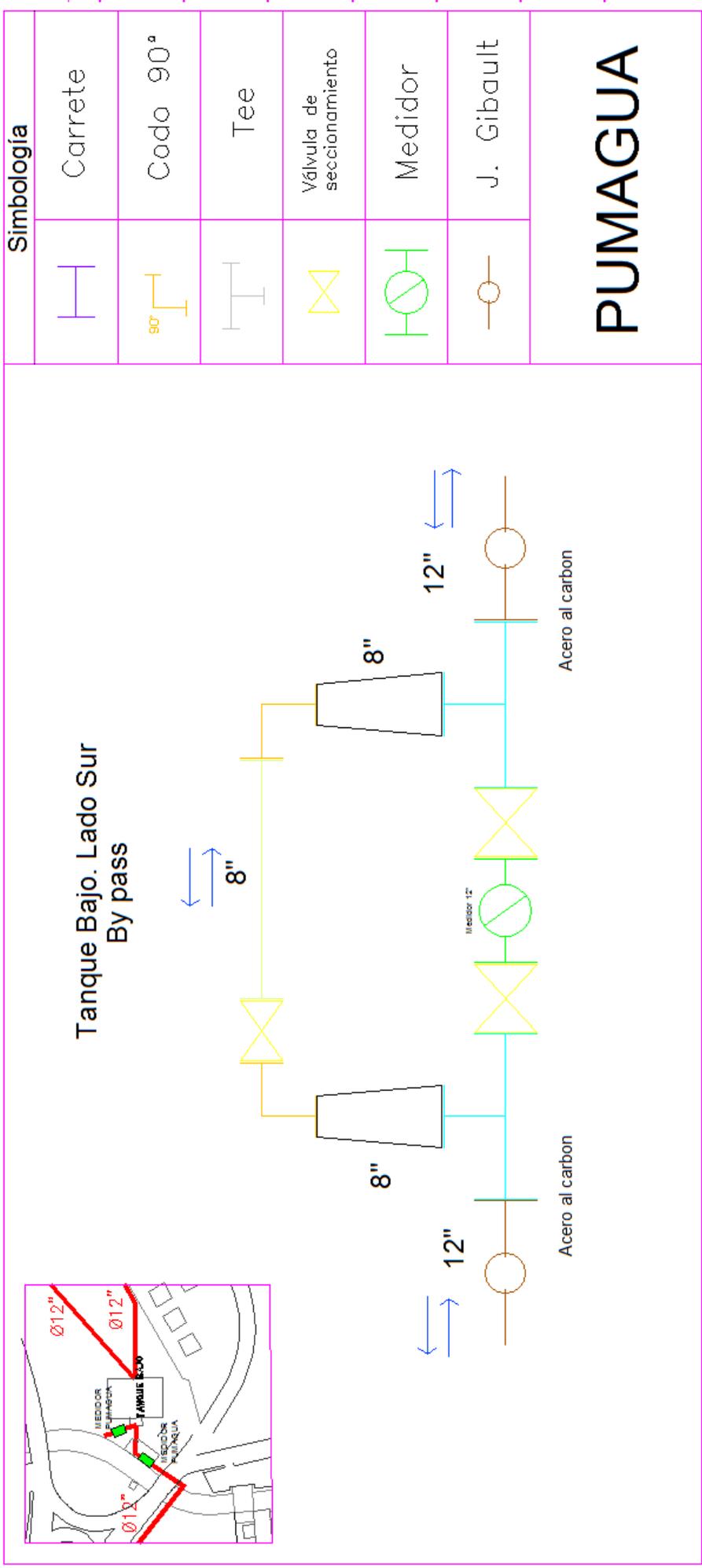
Simbología	
	Ampliación
	Codo 90°
	Reducción
	Válvula de seccionamiento
	Medidor
	J. Gibault

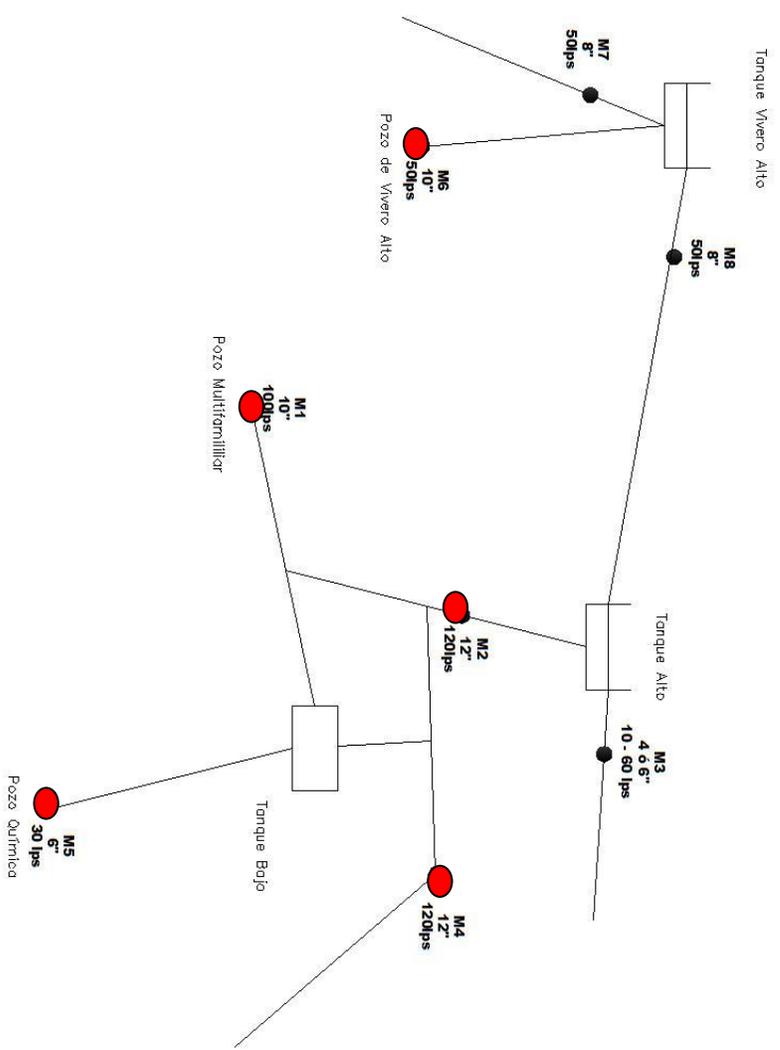


Arreglo de Pozo I. Quimica
Sin bay pass



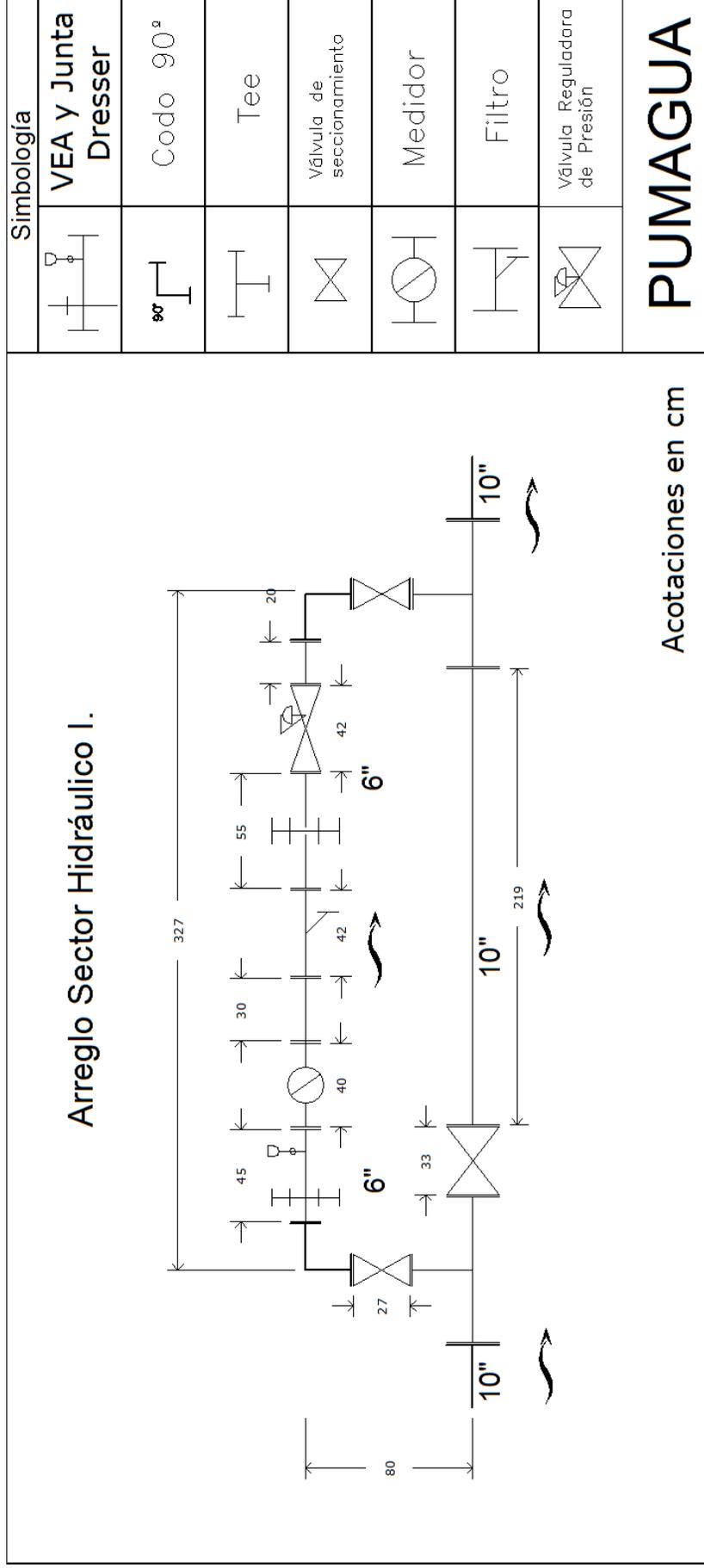




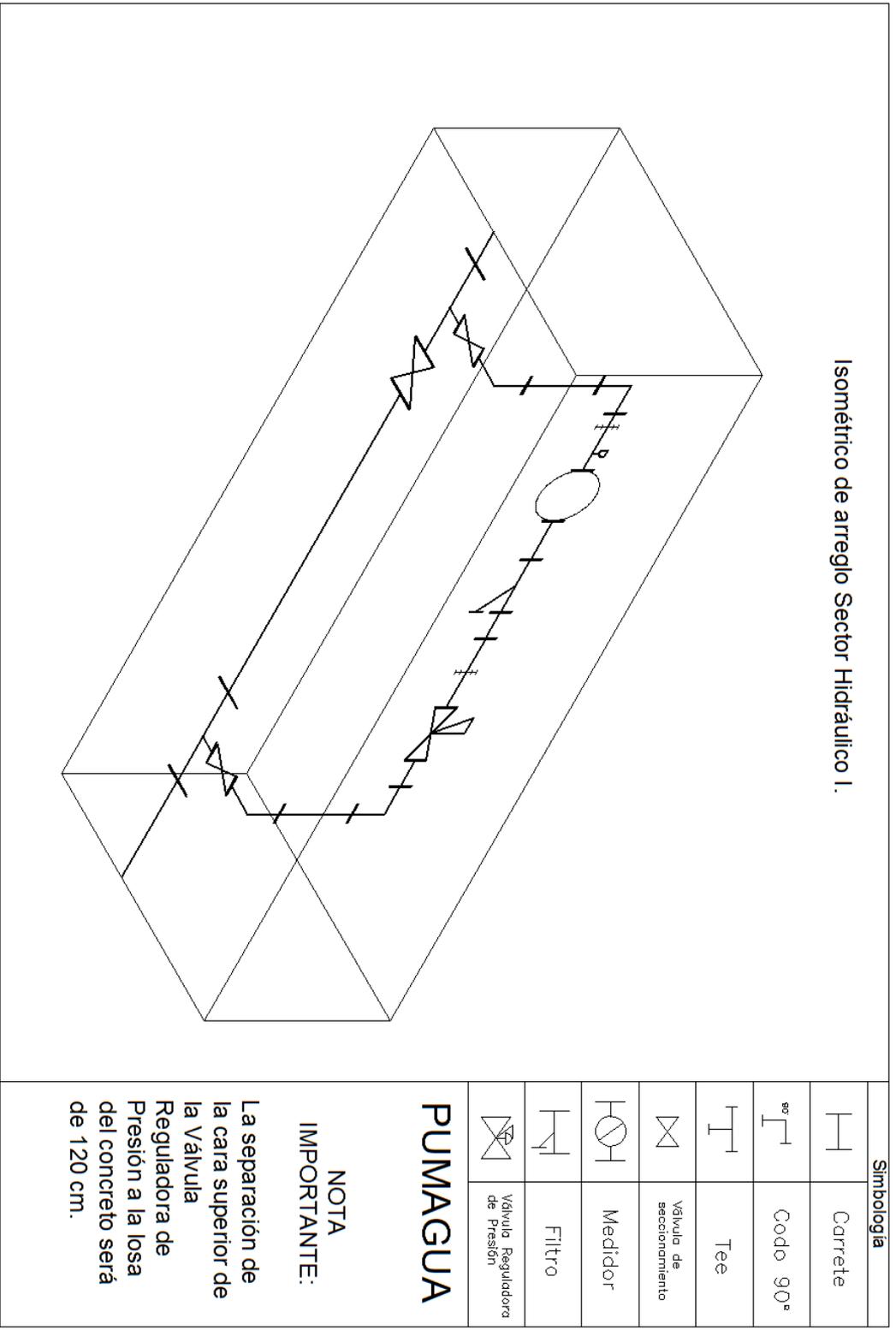


Sector Hidráulico I.

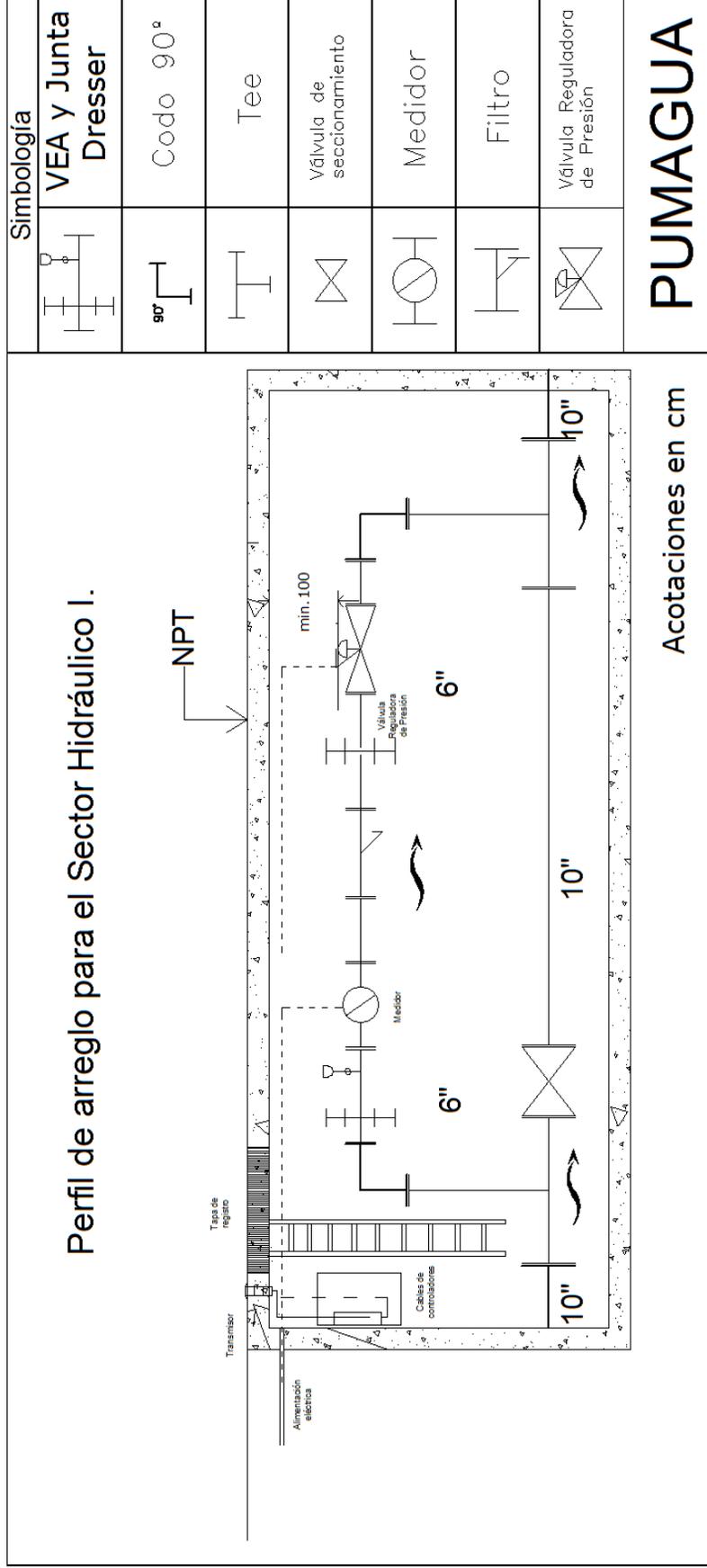
Planta



Isométrico



Perfil de cajón de medición y control de presiones con gabinete de control interno.



MATERIALES DEL TREN DE MEDICIÓN Y CONTROL

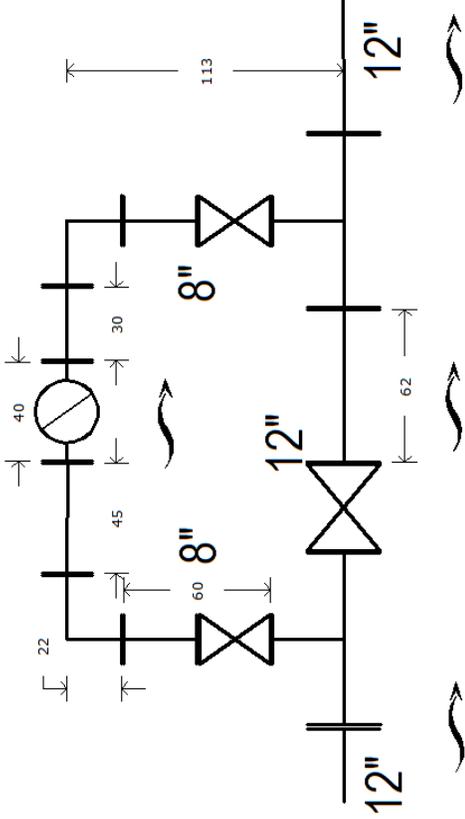
FECHA

09/03/2010

N	CONCEPTO	UNIDAD	DIAM pulg	CANTIDAD
1	MEDIDOR ELECTROMAGNÉTICO	pza	6	1
2	EXTREMIDAD DE FOFO BRIDADO	pza	10	2
3	EXTREMIDAD DE FOFO BRIDADO	pza	6	4
3	TEE REDUCTORA	pza	10X10X6	2
4	CARRETE	pza	10	1
5	CARRETE	pza	6	6
6	CODO FOFO BRIDADO 90°	pza	6	4
7	JUNTA DRESSER ESTILO 38. DE 151 mm (6"), ANILLO CENTRAL DE 125 mm	pza	6	2
8	VALVULA BRIDADA DE SECCIONAMIENTO	pza	10	1
9	VALVULA BRIDADA DE SECCIONAMIENTO	pza	6	2
10	VALVULA REGULADORA DE PRESIÓN	pza	6	1
11	VALVULA DE EXPULSIÓN Y ADMISIÓN DE AIRE	pza	2	1
12	FILTRO.	pza	6	1
13	EMPAQUE DE PLOMO	pza	10	5
14	EMPAQUE DE PLOMO	pza	6	14
15	LIGAS DE HULE REFORZADO	pza	10	14
16	LIGAS DE HULE REFORZADO	pza	6	5
17	SEGUETA PARA ACERO	pza		10
18	CAJA DE GIS DE JABON	pza		2

Sector Hidráulico II.

Simbología	
	Carrete
	Codo 90°
	Tee
	Válvula de seccionamiento
	Medidor
PUMAGUA	

Arreglo Sector Hidráulico II. Estación de Bomberos	Acotaciones en cm
	

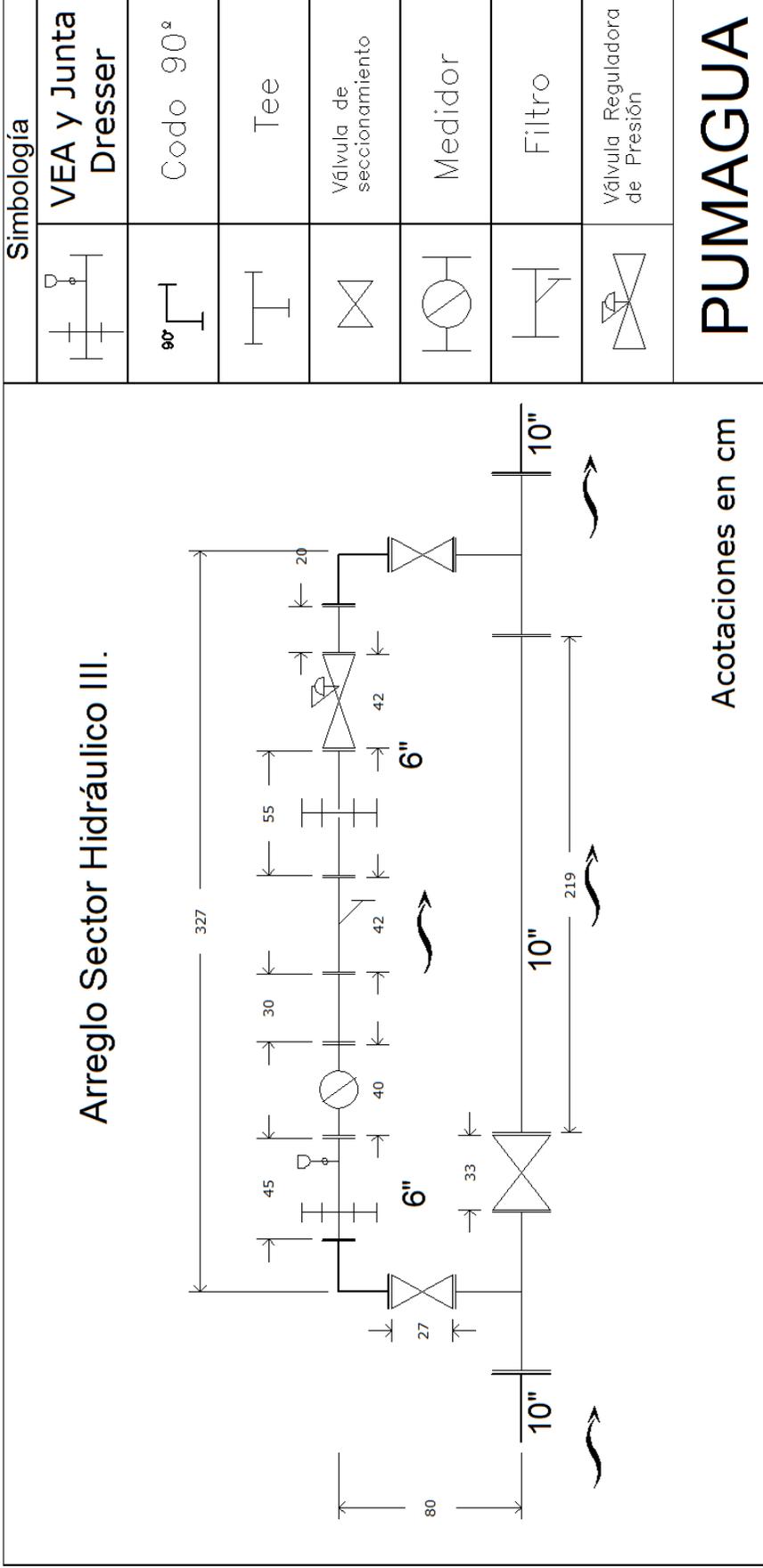
MATERIALES DEL TREN DE MEDICIÓN

FECHA

09/03/2010

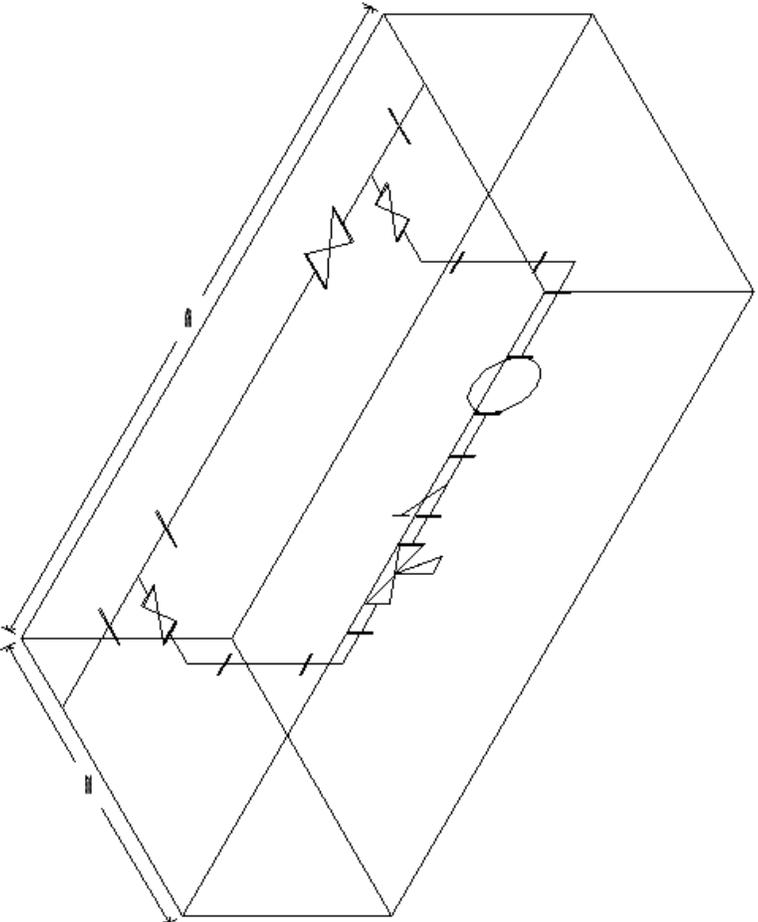
N	CONCEPTO	UNIDAD	DIAM pulg	CANTIDAD
1	MEDIDOR	pza	8	1
2	EXTREMIDAD DE FOFO BRIDADO	pza	12	2
3	TEE REDUCTORA 12x12x8	pza	12X12X8	2
4	CARRETES	pza	12	1
5	CARRETES	pza	8	4
6	CODO FOFO BRIDADO 90°	pza	8	2
7	VALVULA BRIDADA DE SECCIONAMIENTO	pza	8	2
8	VALVULA BRIDADA DE SECCIONAMIENTO	pza	12	1
9	EMPAQUES DE PLOMO	pza	12	5
10	EMPAQUES DE PLOMO	pza	8	10
11	LIGAS DE HULE REFORZADO	pza	12	5
12	LIGAS DE HULE REFORZADO	pza	8	10
13	SEGUETA PARA ACERO	pza		10
14	SEGUETA 24 TPI BI-METAL DW4813(4"LARGO)	pza		10
15	SEGUETA 18 TPI BI - METAL DW 4811 (6"LARGO)	pza		10
16	CAJA DE GIS DE JABON	caja		1

Sector Hidráulico III.



Isométrico de arreglo.

Isométrico de arreglo Sector Hidráulico III.



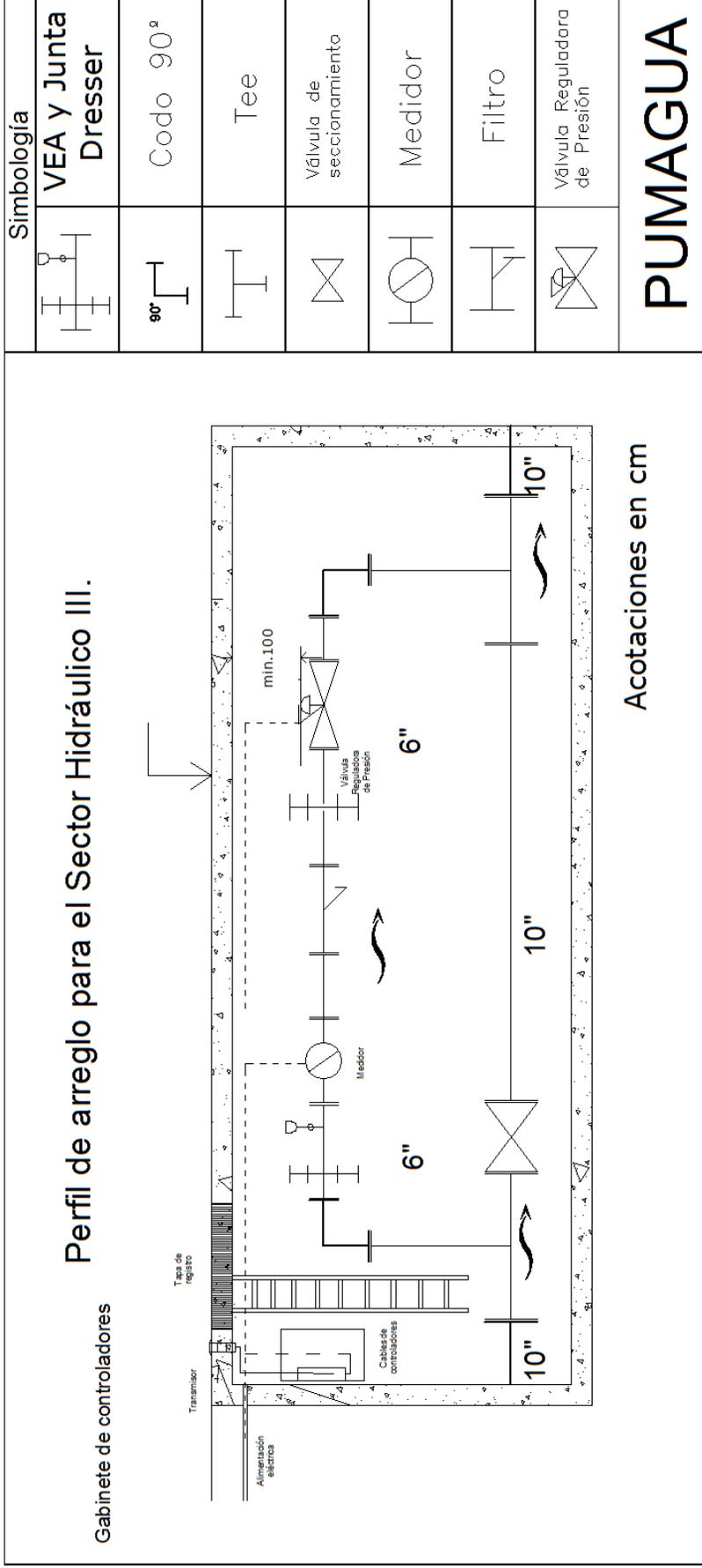
Simbología	
	Carrete
	Codo 90°
	Tee
	Válvula de seccionamiento
	Medidor
	Filtro
	Válvula Reguladora de Presión

PUMAGUA

**NOTA
IMPORTANTE:**

La separación de la cara superior de la Válvula Reguladora de Presión a la losa del concreto será de 120 cm.

Perfil de cajón de medición y control de presiones con gabinete de control interno.



MATERIALES DEL TREN DE MEDICIÓN Y CONTROL

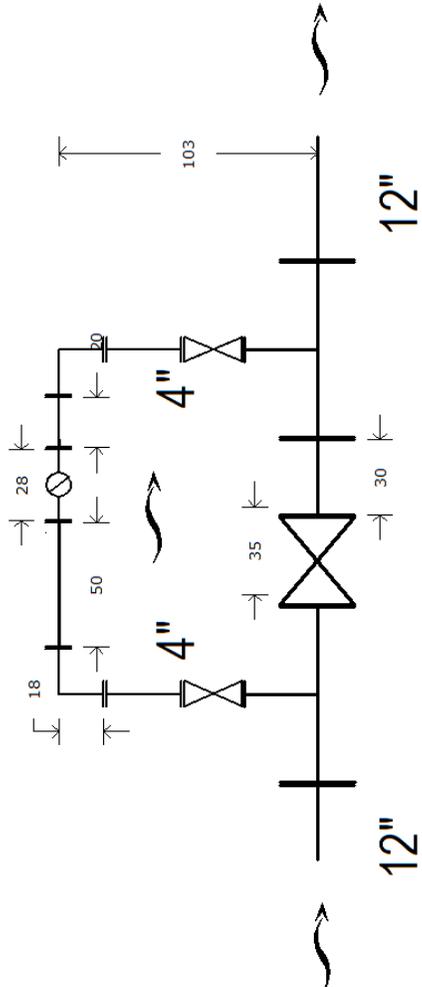
FECHA

09/03/2010

N	CONCEPTO	UNIDAD	DIAM pulg	CANTIDAD
1	MEDIDOR ELECTROMAGNÉTICO	pza	6	1
2	EXTREMIDAD DE FOFO BRIDADO	pza	10	2
3	EXTREMIDAD DE FOFO BRIDADO	pza	6	4
3	TEE REDUCTORA	pza	10X10X6	2
4	CARRETE	pza	10	1
5	CARRETE	pza	6	6
6	CODO FOFO BRIDADO 90°	pza	6	4
7	JUNTA DRESSER ESTILO 38. DE 151 mm (6"), ANILLO CENTRAL DE 125 mm	pza	6	2
8	VALVULA BRIDADA DE SECCIONAMIENTO	pza	10	1
9	VALVULA BRIDADA DE SECCIONAMIENTO	pza	6	2
10	VALVULA REGULADORA DE PRESIÓN	pza	6	1
11	VALVULA DE EXPULSIÓN Y ADMISIÓN DE AIRE	pza	2	1
12	FILTRO.	pza	6	1
13	EMPAQUE DE PLOMO	pza	10	5
14	EMPAQUE DE PLOMO	pza	6	14
15	LIGAS DE HULE REFORZADO	pza	10	14
16	LIGAS DE HULE REFORZADO	pza	6	5
17	SEGUETA PARA ACERO	pza		10
18	CAJA DE GIS DE JABON	pza		2

Sector Hidráulico IV.

Simbología	
	Carrete
	Codo 90°
	Tee
	Válvula de seccionamiento
	Medidor
PUMAGUA	

<p>Arreglo Sector Hidráulico IV. Estadio Olímpico</p> 	<p>Acotaciones en cm</p>
--	--------------------------

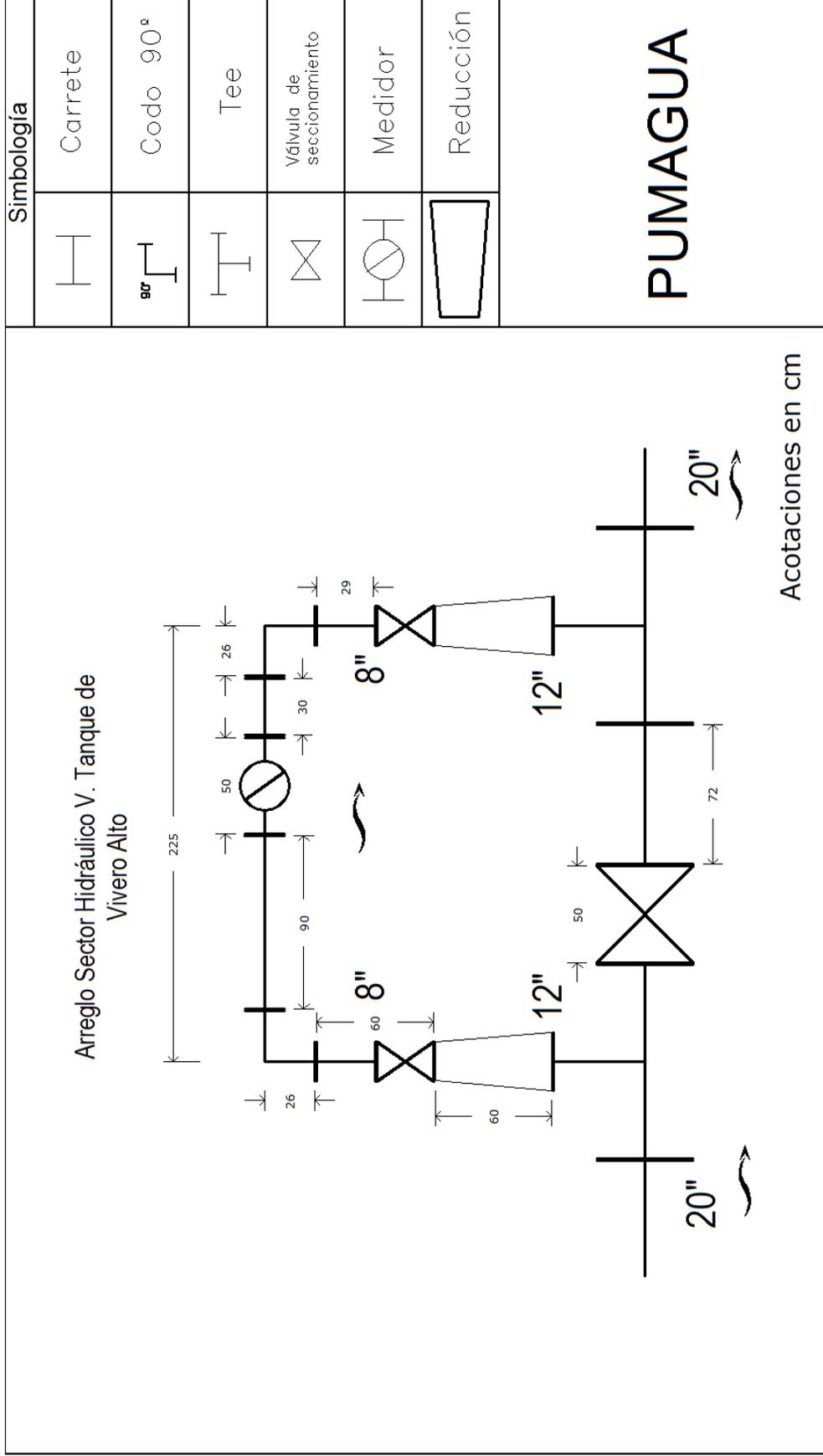
MATERIALES DEL TREN DE MEDICIÓN

FECHA

09/03/2010

N	CONCEPTO	UNIDAD	DIAM pulg	CANTIDAD
1	MEDIDOR	pza	4	1
2	EXTREMIDAD DE FOFO BRIDADO	pza	12	2
3	TEE REDUCTORA 12X12X4	pza	12X12X4	2
4	CARRETES	pza	12	1
5	CARRETES	pza	4	4
6	CODO FOFO BRIDADO 90°	pza	4	2
7	VALVULA BRIDADA DE SECCIONAMIENTO	pza	12	1
8	VALVULA BRIDADA DE SECCIONAMIENTO	pza	4	2
9	EMPAQUES DE PLOMO	pza	12	5
10	EMPAQUES DE PLOMO	pza	4	10
11	LIGAS DE HULE REFORZADO	pza	12	5
12	LIGAS DE HULE REFORZADO	pza	4	10
13	SEGUETA PARA ACERO	pza		10
14	SEGUETA 24 TPI BI-METAL DW4813(4"LARGO)	pza		10
15	SEGUETA 18 TPI BI - METAL DW 4811 (6"LARGO)	pza		10
16	CAJA DE GIS DE JABON	caja		1

Sector Hidráulico V.



MATERIALES DEL TREN DE MEDICIÓN

FECHA 23/02/2010

N	CONCEPTO	UNIDAD	DIAM pulg	CANTIDAD
1	MEDIDOR	pza	8	1
2	REDUCCION CAMPANA	pza	12 X 8	2
3	TEE REDUCTORA DE FOFO BRIDADA	pza	20 X 20 X 12	2
3	VALVULA BRIDADA DE SECCIONAMIENTO	pza	12	3
4	VALVULA BRIDADA DE SECCIONAMIENTO	pza	8	2
4	CODO 90°	pza	8	2
5	CARRETES	pza	8	5
6	EMPAQUE DE PLOMO	pza	8	17
7	LIGAS DE HULE REFORZADO	pza	8	17
8	SEGUETA PARA ACERO	pza		10



Universidad Nacional Autónoma de México

Anexo
Ubicación de tomas de agua en
dependencias universitarias.
UNAM

PUMAGUA

Índice de Tablas.

<i>Tabla 1.</i> Dependencias Universitarias con toma de agua ubicada.....	5
<i>Tabla 2.</i> Dependencias Universitarias con toma de agua ubicada.....	6

Anexo.
**Ubicación de tomas de agua en dependencias
universitarias.**

Tabla 1. Dependencias Universitarias con toma de agua ubicada.

No	ENTIDAD UNIVERSITARIA	Tomas ubicadas	Tomas con medidor
1	Almacén General	1	1
2	Anexo de Derecho	2	1
3	Base de Microbuses	1	0
4	Biblioteca Central	1	1
5	Casa Club del Académico	3	0
6	CELE	1	0
7	Centro de Educación Continua de Estudios Superiores del Deporte	1	0
8	Coordinación de Humanidades	1	0
9	DGOSE	1	1
10	DGSCA	1	1
11	Dirección General de Actividades Cinematográficas	1	0
12	Dirección General de Actividades Deportivas y Recreativas	1	1
13	Dirección General de Obras y Conservación	1	1
14	Dirección General de Proveeduría	1	1
15	Dirección General de Relaciones Laborales	1	1
16	Estadio Olímpico Universitario	1	1
17	Ex reposo de atletas	1	0
18	Facultad de Ciencias Políticas y Sociales	1	0
19	Facultad de Contaduría y Administración	3	2
20	Facultad de Derecho	2	1
21	Facultad de Economía	1	1
22	Facultad de Filosofía y Letras	4	1
23	Facultad de Ingeniería	7	1
24	Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia	15	0
25	Facultad de Odontología	3	1
26	IIMAS	2	1
27	Instituto de Ecología	1	0
		59	18

Tabla 2 Dependencias Universitarias con toma de agua ubicada.

No	ENTIDAD UNIVERSITARIA	Tomas ubicadas	Tomas con medidor
28	Instituto de Geofísica	3	0
29	Instituto de Geografía	3	0
30	Instituto de Geología	2	0
31	Instituto de Ingeniería	12	0
32	Instituto de Investigación en Materiales	4	0
33	Instituto de Investigaciones Biomédicas (Nueva y vieja sede)	4	0
34	Instituto de Investigaciones Económicas	1	0
35	Instituto de Investigaciones Estéticas e Históricas	2	0
36	Instituto de Investigaciones Filológicas	1	0
37	Instituto de Investigaciones Filosóficas	1	0
38	Instituto de Investigaciones Jurídicas	2	0
39	Instituto de Investigaciones Sociales	1	0
40	Instituto de Química	3	0
41	Jardín Botánico	1	0
42	MUCA	1	0
43	Posgrado de Contaduría	3	2
44	Posgrado de Derecho	1	1
45	PTAR. Cerro del agua	1	1
46	Rectoría	1	1
47	Sala Netzahualcóyotl y zona de teatros	1	0
48	Sistema de Universidad Abierta	1	1
49	Talleres de Conservación	1	1
50	Torre II de Humanidades	1	0
51	Unidad de Posgrados	9	0
52	Unidad de Seminarios Ignacio Chávez	1	0
53	Unión de Universidades de América Latina	1	0
54	Zona Comercial y Gaceta UNAM	1	1
		63	8



Universidad Nacional Autónoma de México

Anexo

Análisis de las pruebas realizadas a
los baños del edificio 5 del Instituto
de Ingeniería.

UNAM

PUMAGUA

Índice de contenido.

Análisis de las pruebas realizadas a los baños del edificio 5 del Instituto de Ingeniería, Baños de hombres nivel 1.....	5
Análisis de las pruebas realizadas a los baños del edificio 5 del Instituto de Ingeniería, Baños de mujeres nivel 1.....	7
Análisis de las pruebas realizadas a los baños del edificio 5 del Instituto de Ingeniería, Baños de mujeres nivel 2.....	10
Análisis de las pruebas realizadas a los baños del edificio 5 del Instituto de Ingeniería, Baños de hombres nivel 3.....	12
Análisis de las pruebas realizadas a los baños del edificio 5 del Instituto de Ingeniería, Baños de mujeres nivel 3.....	14
Análisis de las pruebas realizadas a los baños del edificio 5 del Instituto de Ingeniería, Baños de hombres nivel 2 y 3.....	17

Anexo.

Análisis de las pruebas realizadas a los baños del edificio 5 del Instituto de Ingeniería

ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS A LOS BAÑOS DEL EDIFICIO 5 DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA. BAÑOS DE HOMBRES NIVEL 1

No DE MUEBLE	MARCA DEL MUEBLE	TIPO DE FLUXOMETRO	No DE PRUEBA	TIPO DE PRUEBA	RESULTADOS	OBSERVACIONES
WCH1	SLOAN 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	1	ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS	SI PASA	NO TIENE PROBLEMA PARA ELIMINAR LOS DESPERDICIOS Y HACE MUY BUEN SIFÓN, PRESENTA BUENA PRESIÓN.
WCH1	SLOAN 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	2	BARRIDO	SI PASA	NO PRESENTA NINGÚN PROBLEMA PARA ELIMINAR LAS ESPONJAS EL JET FUNCIONA MUY BIEN Y MEJORA ELIMINACIÓN DE ESPONJAS
WCH1	SLOAN 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	3	EXCLUSIÓN DE RESIDUOS	SI PASA	ELIMINA MUY BIEN LOS RESIDUOS, NO PRESENTA NINGÚN PROBLEMA
WCH1	SLOAN 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	4	ARRASTRE	SI PASA	SIN PROBLEMA ELIMINA EL ASERRIN Y LIMPIA LAS PAREDES DE MUEBLE.
WCH1	SLOAN 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	5	INTERCAMBIO DE AGUA	SI PASA	SIN PROBLEMA Y CONFORME A LA NORMA
WCH1	SLOAN 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	6	ESPEJO DE AGUA	SI PASA	ES MAYOR AL DE LA NORMA, EL QUE PRESENTA ES DE 160 mm X 140 mm Y EL MÍNIMO ES EN 127 mm X 102 mm
WCH1	SLOAN 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	7	CAUDAL	Q= 4.4 LPF	EL CAUDAL ESTA POR ABAJO AL ESPECIFICADO EN LA FICHA TÉCNICA, SIN ENMBARGO FUNCIONA MUY BIEN NO SE DESCALIBRADO, NO PRESENTA FUGAS.

Nº DE MUEBLE	MARCA DEL MUEBLE	TIPO DE FLUXOMETRO	Nº DE PRUEBA	TIPO DE PRUEBA	RESULTADOS	OBSERVACIONES
WCH2	AMERICAN STANDARD 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	1	ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS	SI PASA	NO TIENE PROBLEMA PARA ELIMINAR LOS DESPERDICIOS, HACE MUY BUEN SIFÓN Y PRESENTA BUENA PRESIÓN
WCH2	AMERICAN STANDARD 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	2	BARRIDO	SI PASA	NO PRESENTA NINGÚN PROBLEMA PARA ELIMINAR LAS ESPONJAS EL JET FUNCIONA MUY BIEN Y MEJORA ELIMINACIÓN DE ESPONJAS
WCH2	AMERICAN STANDARD 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	3	EXCLUSIÓN DE RESIDUOS	SI PASA	ELIMINA MUY BIEN LOS RESIDUOS, NO PRESENTA NINGÚN PROBLEMA
WCH2	AMERICAN STANDARD 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	4	ARRASTRE	SI PASA	SIN PROBLEMA ELIMINA EL ASERRIN Y LIMPIA LAS PAREDES DE MUEBLE.
WCH2	AMERICAN STANDARD 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	5	INTERCAMBIO DE AGUA	SI PASA	SIN PROBLEMA Y CONFORME A LA NORMA
WCH2	AMERICAN STANDARD 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	6	ESPEJO DE AGUA	SI PASA	ES MAYOR AL DE LA NORMA, EL QUE PRESENTA ES DE 160 mm X 140 mm Y EL MÍNIMO ES EN 127 mm X 102 mm
WCH	AMERICAN STANDARD 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	7	CAUDAL	Q= 4.1 LPF	EL CAUDAL ESTA POR ABAJO AL ESPECIFICADO EN LA FICHA TÉCNICA, SIN ENMBARGO FUNCIONA MUY BIEN NO SE HA DESCALIBRADO, NO PRESENTA FUGAS.

ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS A LOS BAÑOS DEL EDIFICIO 5 DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA. BAÑO DE MUJERES NIVEL 1.

No DE MUEBLE	MARCA DEL MUEBLE	TIPO DE FLUXOMETRO	Nº DE PRUEBA	TIPO DE PRUEBA	RESULTADOS	OBSERVACIONES
WCM1	AMERICAN STANDARD 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	1	ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS	SI PASA	NO TIENE PROBLEMA PARA ELIMINAR LOS DESPERDICIOS, HACE MUY BUEN SIFÓN Y PRESENTA BUENA PRESIÓN
WCM1	AMERICAN SATNDARD 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	2	BARRIDO	SI PASA	NO PRESENTA NINGÚN PROBLEMA PARA ELIMINAR LAS ESPONJAS EL JET FUNCIONA MUY BIEN Y MEJORA ELIMINACIÓN DE ESPONJAS
WCM1	AMERICAN SATNDARD 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	3	EXCLUSIÓN DE RESIDUOS	SI PASA	ELIMINA MUY BIEN LOS RESIDUOS, NO PRESENTA NINGÚN PROBLEMA
WCM1	AMERICAN SATNDARD 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	4	ARRASTRE	SI PASA	SIN PROBLEMA ELIMINA EL ASERRIN Y LIMPIA LAS PAREDES DE MUEBLE.
WCM1	AMERICAN STANDARD 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	5	INTERCAMBIO DE AGUA	SI PASA	SIN PROBLEMA Y CONFORME A LA NORMA
WCM1	AMERICAN SATNDARD 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	6	ESPEJO DE AGUA	SI PASA	ES MAYOR AL DE LA NORMA, EL QUE PRESENTA ES DE 160 mm X 140 mm Y EL MÍNIMO ES EN 127 mm X 102 mm
WCM1	AMERICAN STANDARD 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	7	CAUDAL	Q= 4.16 LPF	EL CAUDAL ESTA POR ABAJO AL ESPECIFICADO EN LA FICHA TÉCNICA, SIN ENMBARGO FUNCIONA MUY BIEN NO SE HA DESCALIBRADO, NO PRESENTA FUGAS.

No DE MUEBLE	MARCA DEL MUEBLE	TIPO DE FLUXOMETRO	No DE PRUEBA	TIPO DE PRUEBA	RESULTADOS	OBSERVACIONES
WCM2	SLOAN 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	1	ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS	SI PASA	NO TIENE PROBLEMA PARA ELIMINAR LOS DESPERDICIOS, HACE MUY BUEN SIFÓN Y PRESENTA BUENA PRESIÓN
WCM2	SLOAN 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	2	BARRIDO	SI PASA	NO PRESENTA NINGÚN PROBLEMA PARA ELIMINAR LAS ESPONJAS EL JET FUNCIONA MUY BIEN Y MEJORA ELIMINACIÓN DE ESPONJAS
WCM2	SLOAN 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	3	EXCLUSIÓN DE RESIDUOS	SI PASA	ELIMINA MUY BIEN LOS RESIDUOS, NO PRESENTA NINGÚN PROBLEMA
WCM2	SLOAN 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	4	ARRASTRE	SI PASA	SIN PROBLEMA ELIMINA EL ASERRIN Y LIMPIA LAS PAREDES DE MUEBLE
WCM2	SLOAN 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	5	INTERCAMBIO DE AGUA	SI PASA	SIN PROBLEMA Y CONFORME A LA NORMA
WCM2	SLOAN 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	6	ESPEJO DE AGUA	SI PASA	ES MAYOR AL DE LA NORMA, EL QUE PRESENTA ES DE 160 mm X 140 mm Y EL MINIMO ES EN 127 mm X 102 mm
WCM2	SLOAN 6 LTF	SLOAN 4.8 LTF	7	CAUDAL	Q= 4.47 LPF	EL CAUDAL ESTA POR ABAJO AL ESPECIFICADO EN LA FICHA TÉCNICA, SIN ENMBARGO FUNCIONA MUY BIEN NO SE HA DESCALIBRADO, NO PRESENTA FUGAS.

Anexo. Análisis de pruebas a muebles de baño. 2009

No DE MUEBLE	MARCA DEL MUEBLE	TIPO DE FLUXOMETRO	No DE PRUEBA	TIPO DE PRUEBA	RESULTADOS	OBSERVACIONES
WCM3	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	1	ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS	SI PASA	NO TIENE PROBLEMA PARA ELIMINAR LOS DESPERDICIOS, HACE MUY BUEN SIFÓN Y PRESENTA BUENA PRESIÓN
WCM3	AMERICAN SATANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	2	BARRIDO	SI PASA	NO PRESENTA NINGÚN PROBLEMA PARA ELIMINAR LAS ESPONJAS EL JET FUNCIONA MUY BIEN Y MEJORA ELIMINACIÓN DE ESPONJAS
WCM3	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	3	EXCLUSIÓN DE RESIDUOS	SI PASA	ELIMINA MUY BIEN LOS RESIDUOS, NO PRESENTA NINGÚN PROBLEMA
WCM3	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	4	ARRASTRE	SI PASA	SIN PROBLEMA ELIMINA EL ASERRIN Y LIMPIA LAS PAREDES DE MUEBLE.
WCM3	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	5	INTERCAMBIO DE AGUA	SI PASA	SIN PROBLEMA Y CONFORME A LA NORMA
WCM3	AMERICAN SATANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	6	ESPEJO DE AGUA	SI PASA	ES MAYOR AL DE LA NORMA, EL QUE PRESENTA ES DE 160 mm X 140 mm Y EL MINIMO ES EN 127 mm X 102 mm
WCM3	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	7	CAUDAL	Q= 5.9 LPF	EL CAUDAL ESTA POR ABAJO AL ESPECIFICADO EN LA FICHA TÉCNICA, SIN ENMBARGO FUNCIONA MUY BIEN NO SE HA DESCALIBRADO, NO PRESENTA FUGAS.

ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS A LOS BAÑOS DEL EDIFICIO 5 DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA. BAÑOS DE MUJERES NIVEL 2

NO DE MUEBLE	MARCA DEL MUEBLE	TIPO DE FLUXOMETRO	NO DE PRUEBA	TIPO DE PRUEBA	RESULTADOS	OBSERVACIONES
WCH1	AMERICAN STANDARD 6 LTF	TOTTO 6 LTF	1	ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS	NO PASA	TIENE PROBLEMA PAR HACER EL SIFON, SE ATASCA EL ORIFICIO DE DESCARGA POR NO TENER FUERZA EN LA DESCARGA.
WCH1	AMERICAN SATNDARD 6 LTF	TOTTO 6 LTF	2	BARRIDO	NO PASA	PRESENTA PROBLEMA PARA HACER EL SIFÓN, LE FALTA FUERZA PARALLEVARSE LAS ESPONJAS.
WCH1	AMERICAN STANDARD 6 LTF	TOTTO 6 LTF	3	EXCLUSIÓN DE RESIDUOS	NO PASA	NO ACABA DE HACER EL SIFÓN COMPLETAMENTE Y DEJA LAS BOLITAS DE UNICEL EN EL MUEBLE, POR LO QUE NO SE LIMPIA POR COMPLETO.
WCH1	AMERICAN STANDARD 6 LTF	TOTTO 6 LTF	4	ARRASTRE	SI PASA	SIN PROBLEMA ELIMINA EL ASERRIN Y LIMPIA LAS PAREDES DE MUEBLE.
WCH1	AMERICAN STANDARD 6 LTF	TOTTO 6 LTF	5	INTERCAMBIO DE AGUA	SI PASA	SIN PROBLEMA Y CONFORME A LA NORMA
WCH1	AMERICAN SATNDARD 6 LTF	TOTTO 6 LTF	6	ESPEJO DE AGUA	SI PASA	ES MAYOR AL DE LA NORMA, EL QUE PRESENTA ES DE 160 mm X 140 mm Y EL MINIMO ES EN 127 mm X 102 mm
WCH1	AMERICAN STANDARD 6 LTF	TOTTO 6 LTF	7	CAUDAL	Q = 10.9 LPF	EL CAUDAL ESTA MUY ARRIBA DE LO ESPECIFICADO EN LA FICHA TÉCNICA, NO FUNCIONA BIEN EL FLUXOMETRO GASTA MUCHO AGUA Y SE PROPONE SUSTITTUR ESTE FLUXÓMETRO.

Anexo. Análisis de pruebas a muebles de baño. 2009

No DE MUEBLE	MARCA DEL MUEBLE	TIPO DE FLUXOMETRO	No DE PRUEBA	TIPO DE PRUEBA	RESULTADOS	OBSERVACIONES
WCH2	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	1	ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS	SI PASA	NO TIENE PROBLEMA PARA ELIMINAR LOS DESPERDICIOS, HACE BUEN SIFÓN Y PRESENTA BUENA PRESIÓN
WCH2	AMERICAN SATNDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	2	BARRIDO	SI PASA	NO PRESENTA PROBLEMAS PARA HACER EL BARRIDO DE LAS ESPONJAS, EL JET AYUDA E IMPRIME FUERZA EN LA DESCARGA
WCH2	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	3	EXCLUSIÓN DE RESIDUOS	SI PASA	NO PRESENTA PROBLEMA SE LIMPIA MUY BIEN EL MUEBLE.
WCH2	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	4	ARRASTRE	SI PASA	SIN PROBLEMA ELIMINA EL ASERRIN Y LIMPIA LAS PAREDES DE MUEBLE.
WCH2	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	5	INTERCAMBIO DE AGUA	SI PASA	SIN PROBLEMA Y CONFORME A LA NORMA
WCH2	AMERICAN SATNDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	6	ESPEJO DE AGUA	SI PASA	ES MAYOR AL DE LA NORMA, EL QUE PRESENTA ES DE 160 mm X 140 mm Y EL MÍNIMO ES EN 127 mm X 102 mm
WCH2	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	7	CAUDAL	Q= 6.93 LPF	EL CAUDAL ESTA POR ARRIBA DE LO ESPECIFICADO EN LA FICHA TÉCNICA, POR LO QUE SE PROPONE AJUSTAR ESTE FLUXÓMETRO A 6 LTF O BIEN QUE SEA SUSTITUIDO.

ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS A EL EDIFICIO 5 DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA. BAÑOS DE HOMBRES NIVEL 3.

Nº DE MUEBLE	MARCA DEL MUEBLE	TIPO DE FLUXOMETRO	Nº DE PRUEBA	TIPO DE PRUEBA	RESULTADOS	OBSERVACIONES
WC11	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	1	ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS	NO PASA	TIENE PROBLEMA PAR HACER EL SIFON, SE ATASCA EL ORIFICIO DE DESCARGA POR NO TENER FUERZA EN LA DESCARGA.
WC11	AMERICAN SATNDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	2	BARRIDO	NO PASA	PRESENTA PROBLEMA PARA HACER EL SIFÓN, LE FALTA FUERZA PARA LLEVARSE LAS ESPONJAS.
WC11	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	3	EXCLUSIÓN DE RESIDUOS	NO PASA	NO ACABA DE HACER EL SIFÓN COMPLETAMENTE Y DEJA LAS BOLITAS DE UNICEL EN EL MUEBLE, POR LO QUE NO SE LIMPIA POR COMPLETO.
WC11	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	4	ARRASTRE	SI PASA	SIN PROBLEMA ELIMINA EL ASERRIN Y LIMPIA LAS PAREDES DE MUEBLE.
WC11	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	5	INTERCAMBIO DE AGUA	SI PASA	SIN PROBLEMA Y CONFORME A LA NORMA
WC11	AMERICAN SATNDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	6	ESPEJO DE AGUA	SI PASA	ES MAYOR AL DE LA NORMA, EL QUE PRESENTA ES DE 160 mm X 140 mm Y EL MINIMO ES EN 127 mm X 102 mm
WC11	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	7	CAUDAL	Q= 6.33 L/PF	EL CAUDAL ESTA POR ARRIBA DE LO ESPECIFICADO EN LA FICHA TÉCNICA, SIN ENBARGO TIENE PROBLEMA EN LAS TRES PRIMERAS PRUEBAS, NECESITA REVISIÓN EL FLUXOMETRO O BIEN SU SUTTTUCIÓN.

No DE MUEBLE	MARCA DEL MUEBLE	TIPO DE FLUXOMETRO	No DE PRUEBA	TIPO DE PRUEBA	RESULTADOS	OBSERVACIONES
WCH2	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	1	ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS	NO PASA	
WCH2	AMERICAN SATANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	2	BARRIDO	NO PASA	
WCH2	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	3	EXCLUSIÓN DE RESIDUOS	NO PASA	
WCH2	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	4	ARRASTRE	NO PASA	
WCH2	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	5	INTERCAMBIO DE AGUA	NO PASA	
WCH2	AMERICAN SATANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	6	ESPEJO DE AGUA	NO PASA	
WCH2	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTS	7	CAUDAL	Q= 5.9 LPF	EL CAUDAL ESTÁ EN LO QUE DICE LA FICHA TÉCNICA, SIN EMBARGO NO HACE SIFÓN POR LO QUE NO SE PUEDEN HACER LAS PRUEBAS, LO QUE LLEVA PENSAR QUE PUDIERA ESTAR OBSTRUIDA LA TUBERÍA DE DESCARGA.

ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS A LOS BAÑOS DEL EDIFICIO 5 DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA.

BAÑOS DE MUJERES NIVEL 3.

No DE MUEBLE	MARCA DEL MUEBLE	TIPO DE FLUXOMETRO	No DE PRUEBA	TIPO DE PRUEBA	RESULTADOS	OBSERVACIONES
WCMI	AMERICAN STANDARD 6 LTF	TOTTO	1	ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS	SI PASA	NO TIENE PROBLEMA PARA ELIMINAR LOS DESPERDICIOS, HACE BUEN SIFÓN Y PRESENTA BUENA PRESIÓN
WCMI	AMERICAN SATINDARD 6 LTF	TOTTO	2	BARRIDO	SI PASA	NOPRESENTA PROBLEMAS PARA HACER EL BARRIDO DE LAS ESPONJAS, EL JET AYUDA E IMPRIME FUERZA EN LA DESCARGA
WCMI	AMERICAN STANDARD 6 LTF	TOTTO	3	EXCLUSIÓN DE RESIDUOS	SI PASA	NO PRESENTA PROBLEMA SE LIMPIA MUY BIEN EL MUEBLE.
WCMI	AMERICAN STANDARD 6 LTF	TOTTO	4	ARRASTRE	SI PASA	SIN PROBLEMA ELIMINA EL ASERRIN Y LIMPIA LAS PAREDES DE MUEBLE.
WCMI	AMERICAN STANDARD 6 LTF	TOTTO	5	INTERCAMBIO DE AGUA	SI PASA	SIN PROBLEMA Y CONFORME A LA NORMA
WCMI	AMERICAN SATINDARD 6 LTF	TOTTO	6	ESPEJO DE AGUA	SI PASA	ES MAYOR AL DE LA NORMA, EL QUE PRESENTA ES DE 160 mm X 140 mm Y EL MINIMO ES EN 127 mm X 102 mm
WCMI	AMERICAN STANDARD 6 LTF	TOTTO	7	CAUDAL	Q= 7.57 L/PF	EL CAUDAL ESTA POR ARRIBA DE LO ESPECIFICADO EN LA FICHA TÉCNICA, POR LO QUE SE PROPONE AJUSTAR ESTE FLUXÓMETRO A 6 LTF O BIEN QUE SEA SUSTITIDO.

No DE MUEBLE	MARCA DEL MUEBLE	TIPO DE FLUXOMETRO	No DE PRUEBA	TIPO DE PRUEBA	RESULTADOS	OBSERVACIONES
WCM2	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTF	1	ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS	SI PASA	NO TIENE PROBLEMA PARA ELIMINAR LOS DESPERDICIOS, HACE BUEN SIFÓN Y PRESENTA BUENA PRESIÓN
WCM2	AMERICAN SATNDARD 6 LTF	JENSER 6 LTF	2	BARRIDO	SI PASA	NO PRESENTA PROBLEMAS PARA HACER EL BARRIDO DE LAS ESPONJAS, EL JET AYUDA E IMPRIME FUERZA EN LA DESCARGA
WCM2	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTF	3	EXCLUSIÓN DE RESIDUOS	SI PASA	NO PRESENTA PROBLEMA SE LIMPIA MUY BIEN EL MUEBLE.
WCM2	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTF	4	ARRASTRE	SI PASA	SIN PROBLEMA ELIMINA EL ASERRIN Y LIMPIA LAS PAREDES DE MUEBLE.
WCM2	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTF	5	INTERCAMBIO DE AGUA	SI PASA	SIN PROBLEMA Y CONFORME A LA NORMA
WCM2	AMERICAN SATNDARD 6 LTF	JENSER 6 LTF	6	ESPEJO DE AGUA	SI PASA	ES MAYOR AL DE LA NORMA, EL QUE PRESENTA ES DE 160 mm X 140 mm Y EL MINIMO ES EN 127 mm X 102 mm
WCM2	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTF	7	CAUDAL	Q= 5.87 LPF	EL CAUDAL ESTA POR ABAJODE LO ESPECIFICADO EN LA FICHA TÉCNICA, POR LO QUE TIENE BUEN FUNCIONAMIENTO Y NO PRESENTA FUGAS

WC/M3	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTF	1	ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS	SI PASA	NO TIENE PROBLEMA PARA ELIMINAR LOS DESPERDICIOS, HACE BUEN SIFÓN Y PRESENTA BUENA PRESIÓN
WC/M3	AMERICAN SATNDARD 6 LTF	JENSER 6 LTF	2	BARRIDO	SI PASA	NO PRESENTA PROBLEMAS PARA HACER EL BARRIDO DE LAS ESPONJAS, EL JET AYUDA E IMPRIME FUERZA EN LA DESCARGA
WC/M3	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTF	3	EXCLUSIÓN DE RESIDUOS	SI PASA	NO PRESENTA PROBLEMA SE LIMPIA MUY BIEN EL MUEBLE.
WC/M3	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTF	4	ARRASTRE	SI PASA	SIN PROBLEMA ELIMINA EL ASERRIN Y LIMPIA LAS PAREDES DE MUEBLE.
WC/M3	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTF	5	INTERCAMBIO DE AGUA	SI PASA	SIN PROBLEMA Y CONFORME A LA NORMA
WC/M3	AMERICAN SATNDARD 6 LTF	JENSER 6 LTF	6	ESPEJO DE AGUA	SI PASA	ES MAYOR AL DE LA NORMA, EL QUE PRESENTA ES DE 160 mm X 140 mm Y EL MINIMO ES EN 127 mm X 102 mm
WC/M3	AMERICAN STANDARD 6 LTF	JENSER 6 LTF	7	CAUDAL	Q= 6.06 L/PF	EL CAUDAL ESTA EN LO ESPECIFICADO EN LA FICHA TÉCNICA, POR LO QUE TIENE BUEN FUNCIONAMIENTO Y NO PRESENTA FUGAS

ANÁLISIS DE LAS PRUBAS REALIZADAS AL LOS BAÑOS DEL EDIFICIO 5 DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA

BAÑOS HOMBRES NIVELES 2 Y 3

No DE MUEBLE	MARCADEL MUEBLE	MARCA DEL FLUXÓMETRO	OBSERVACIONES
MINGITORIO 1	SLOAN 1.5 LTF	SLOAN 1.5 LTF	EL CAUDAL ES DE 1.37 LTF POR LO QUE SE ENCUENTRA POR ABAJO EN LO ESPECIFICADO EN LA FICHA TÉCNICA, SIN EMBARGO TIENEN MUY BUEN FUNCIONAMIENTO, SE MANTIENE HIGIENICO, NO PRESENTA FUGAS
MINGITORIO 2	SLOAN 0.5 LTF	SLOAN 0.5 LTF	EL CAUDAL ES DE 0.5 LTF SE ENCUENTRA EN LO ESPECIFICADO POR LA FICHA TÉCNICA, TIENE MUY BUEN FUNCIONAMIENTO, PRESENTA BUEN SELLO HIDRÁULICO, SE MANTIENE HIGIENICO Y NO PRESENTA FUGAS.

LITERATURA CONSULTADA

1. Arbuthnot, J. The roles of attitudinal and personality variables in the prediction of environmental behavior and knowledge. *Environment and Behavior* 9:217-232. 1977.
2. Ballesteros Serrano, Oscar Alfredo. Estudio Numérico Experimental de Fugas en Tuberías de Agua Potable. Tesis para obtener el título de ingeniero mecánico. 2008.
3. Capella Vizcaíno, Antonio. Control de Presiones y Reducción de Fugas en la Red de Agua Potable de la Ciudad de México. Enero de 2001.
4. Capella Vizcaíno, Antonio. El problema de las Fugas en México. 2001
5. Carabias, J. y Landa, R. . Agua, medio ambiente y sociedad. UNAM. México, D.F. 2005.
6. Cervantes Gutiérrez, Virginia, et al. El agua en la UNAM. Facultad de Ciencias. 2007.
7. CONAGUA. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS). 2007.
8. CONAGUA. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Datos Básicos. 2007.
9. CONAGUA. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Selección e Instalación de equipos de Macro medición. 2007.
10. CONAGUA. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Tomas domiciliarias. 2007.
11. CONAGUA. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.. Modelación hidráulica y de calidad del agua en redes de agua potable. 2007.
12. CONAGUA. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.. Redes de Distribución. 2007.
13. CONAGUA. Manual de Incremento de Eficiencia Física. Hidráulica y Energética en sistemas de Agua Potable. Versión Preliminar. Septiembre, 2009.
14. Denver Water. Commercial, Industrial & Institutional Incentive Program. En : www.denverwater.org

15. Diario Oficial de la Federación. NOM-003-SEMARNAT-1997.
16. Diario Oficial de la Federación. NOM-127-SSA1-1994, modificada en 2000.
17. Dirección General de Obras y Conservación. Información de agua tratada y bombeada al sistema de riego 2006 y 2007. PTAR de Cerro del Agua. UNAM 2008.
18. Dirección General de Planeación. UNAM. Anuario Estadístico de la UNAM. 2005.
19. Dirección General de Planeación. UNAM. Anuario Estadístico de la UNAM. 2006.
20. Dirección General de Planeación. UNAM. Anuario Estadístico de la UNAM. 2007.
21. Distribución del Ingreso y Educación Superior. El caso de la UNAM. Dirección General de Planeación. Coordinación de Planeación. UNAM. 2008.
22. Environmental Protection Agency (EPA). Water Distribution System Analysis. Field Studies, Modeling and Management. A Reference Guide for Utilities. 2005.
23. Espinosa, A.C.; Arias, C.F.; Sánchez-Colón, S.; Mazari-Hiriart, M. Comparative Study of Enteric Viruses, Coliphages and Indicator Bacteria for Evaluating Water Quality in a Tropical High-Altitude System. *Environmental Health*. 8(1):49. 2009.
24. GDF-SMA. Sistema de Monitoreo Atmosférico (SIMAT).
http://www.sma.df.gob.mx/simat2/informaciontecnica/index.php?opcion=4&opcion_difusion=1
25. Goycochea, Darío. “Flujo en tubos a presión”. UAM. Edición de libros de texto. 1992.
26. Guerrero, T; Rives, R.; Rodríguez, A; Saldívar, Y. Manejo del agua en CU. Facultad de Ciencias. UNAM. 2006.
27. <http://www.awwa.org>.
28. <http://www.badgermeter.com/water.aspx>
29. <http://www.nacobre.com>
30. IMTA. Manual de Auditorías de Agua en Inmuebles Federales. SEMARNAT. 2003
31. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Coloquio – Taller sobre Medición y Auditorías de Agua. 2008.

32. Jiménez Cisneros, B. Calidad del agua en México: principales retos. 2008. En: Olivares, R. y Sandoval, R. El agua potable en México. Historia reciente, actores, procesos y propuestas. ANEAS. México, D.F.
33. Kaiser, L.G; Wölfgang, S; and Fuhrer, U.. Environmental Attitude and Ecological Behavior. *Journal of Environmental Psychology* 19, 1-19. 1999.
34. Kunkel, George. Unaccounted for no more Water Audit Software Assesses Water Loss. *American Water Works Associations*. USA. May, 2006.
35. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. CONAGUA. 2007. Esquema Básico del control de fugas.
36. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. CONAGUA. 2007. Fuentes de Abastecimiento.
37. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. CONAGUA. 2007. Guía de diseño de redes de agua potable con uno o más tanques y fuentes de abastecimiento
38. Maryland Department of Environmental Water Supply Program. Conducting a Household Water Audit. USA. 2006.
39. Mazari, M.; Jiménez Cisneros, B.E. y López Vidal, Y. El agua y su impacto en la salud pública. Documento de trabajo No. 4 del Programa Agua, Medio Ambiente y Sociedad. El Colegio de México - UNAM. México. 2005.
40. New South Wales Government. Green home Water Project. Reporte Final. Australian Conservation Foundation. 2007.
41. Newhouse, N. Implications of Attitude and Behavior Research for Environmental Conservation. *Journal of Environmental Education* 22, 26-32. 1990.
42. Norma Oficial Mexicana 009-CNA-2001, Inodoros para uso sanitario, especificaciones y método de prueba.
43. North Carolina Department of Environmental and Resources. Water Efficiency Manual for Commercial, Industrial and Institutional Facilities. USA. 2007.
44. Ochoa Alejo, Leonel. Incremento de la eficiencia a través de distritos hidrométricos de distribución de agua potable. IMTA: 2005

45. Ochoa Alejo, Leonel. Reducción Integral de Pérdidas de Agua Potable. IMTA. 2006
46. Ochoa Alejo, Leonel. Políticas y Resultados de Programas de Uso Eficiente de Agua en México. IMTA. Feria del Agua en Santiago de Cali, Colombia. 2004.
47. OECD. Applying Communication Tools Toward Sustainable Development. OECD Publications. París, Francia. 1999.
48. Orta Ledesma, M.T. Desinfección para Sistemas de Agua Potable y Saneamiento. CONAGUA. 2000.
49. Primer Encuentro Universitario del Agua. Documento Integrado. UNAM. 2006.
50. PUMAGUA. Informes del análisis de las pruebas a muebles de baño. 2008.
51. PUMAGUA. Manual de pruebas a instalaciones sanitarias. UNAM 2009
52. PUMAGUA. Manual de Selección, Instalación y Mantenimiento a Medidores de Agua Fría. UNAM. 2009
53. Sidney University. Every Drop Counts. En www.uga.edu/aboutUGA/watertips.html.
54. South Florida Water Management District. Water Saving Incentives Program. En: https://my.sfwmd.gov/portal/page?_pageid=1874,4164497,1874_4166538&_dad=portal&_schema=PORTAL
55. Stanford University. Water Conservation, Reuse and Recycling Master Plan.2003. En: http://facilities.stanford.edu/conservation/FINALStanfordConservation_Recommended_Plan10_16_033.pdf
56. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. APHA, AWWA. Washington, D.C. 2005.
57. Stanford University. Water Conservation, Reuse and Recycling Master Plan. USA. October, 2003.
58. Texas Water Development Board. Water Loss Manual. USA. May, 2005.
59. The University of Sidney. Camper down and Darlington Campuses. Water Savings Action Plan 2006–2010.

60. Toronto City. Water Efficiency Program: En:
(www.toronto.ca/watereff/washer/index.htm)
61. Universidad de Wisconsin. Environmental Education Training and Partnership.
Checklist
62. Tools for Developing and Evaluating Communication Tools/Efforts. EETAP. 2002.



www.pumagua.unam.mx

JUNIO / 2010