



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGON

“MACRO Y MICROMEDICIÓN DE AGUA
POTABLE EN REDES HIDRÁULICAS”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

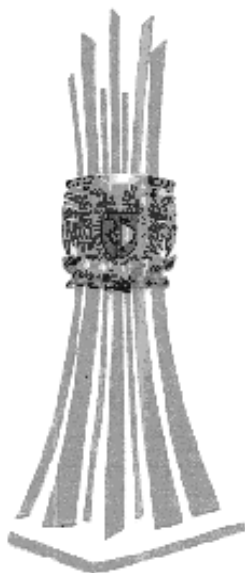
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A

JUAN CARLOS GASCA TOLENTINO

DIRECTOR: M. EN I. PATROCINIO ARROYO HERNANDEZ

San Juan de Aragón, Edo. De México Junio de 2010.





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de tesis, si bien ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación por parte de un servidor y su director de tesis, no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que a continuación citaré y muchas de las cuales han sido un soporte muy fuerte en momentos de angustia y desesperación.

Primero y antes que nada, dar gracias a **Dios**, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Agradezco al M. EN I. PATROCINIO ARROYO HERNANDEZ, director de este trabajo de Tesis por sus enseñanzas y atenciones de un buen maestro y amigo por su dedicación, esfuerzo y tiempo extraído de sus obligaciones para elaborar este trabajo, le estaré siempre muy agradecido porque ha dedicado su valioso tiempo a ello. Soy consciente de que empleo en muchas ocasiones su tiempo libre y espero que me perdone por haberle robado esas valiosas horas que podía haber dedicado a otras cosas en vez de estar supervisando este trabajo.

Agradecer hoy y siempre a mi familia porque está claro que si no fuese por el esfuerzo realizado por ellos, mis estudios no hubiesen sido posibles.

A mis padres:

David Gasca Vidal y
Ma. De los Ángeles Tolentino García.
CON RESPETO Y ADMIRACION

A mis hermanos:

Angelica Gasca Tolentino
José Luis Gasca Tolentino
Ángel David Gasca Tolentino
QUE REPRESENTAN EL EQUILIBRIO DE MI FAMILIA

A todos mis familiares, compañeros y amigos

A mí querida:

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES – ARAGÓN
YUNQUE FORJADOR DE HOMBRES DE BIEN

CONTENIDO TEMÁTICO

CAPITULO No. I

“GENERALIDADES”

CAPITULO No. II

“MEDICION DEL AGUA”

CAPITULO No. III

“MACROMEDICION DEL AGUA”

CAPITULO No. IV

“MICROMEDICION DEL AGUA”

CAPITULO No. V

“ESPECIFICACIONES, CONTROL DE CALIDAD”

CAPITULO No. VI

“AUDITORIA DEL AGUA”

CAPITULO No. VII

“ADMINISTRACION DE LA DEMANDA DE AGUA”

CAPITULO No. VIII

“CASOS DE ESTUDIO”

“CONCLUSIONES”



“BIBLIOGRAFIA”

INDICE

CAPITULO No. I "GENERALIDADES"	PAG.
1.1 INTRODUCCION.....	12
1.2 EVOLUCIÓN DE LA MEDICIÓN.....	14
1.3 TERMINOLOGÍA.....	16
1.4 RAZONES Y PRIORIDADES PARA MEDIR CONSUMOS.....	21
1.4.1 La Medición Y Fiscalización De Usuario.	21
1.4.2 La Medición Y Su Impacto En El Consumo.....	22
1.5 USO EFICIENTE DEL AGUA Y LA MEDICIÓN.....	25
1.6 EL AGUA NO CONTABILIZADA COMO SÍNTOMA DE INEFICIENCIA.....	26
1.6.1 Experiencia En La Recuperación De Agua No Contabilizada.....	29
1.7 EJERCICIO PROPUESTO.....	31
CAPITULO No. II "MEDICION DEL AGUA"	
2.1 INTRODUCCION.....	35
2.2 HISTORIA DE LA MEDICIÓN DEL AGUA.....	37
2.3 OBJETIVOS E IMPORTANCIA DE LA MEDICIÓN.....	39
2.3.1 Barreras De La Medición.....	42
2.3.2 Tipos De Medición.....	42
2.3.3 Como Realizar La Medición.....	45
2.3.4 Métodos de Medición de Caudal:.....	46
2.4 ENFOQUES SOBRE LA GESTIÓN DE LA MEDICIÓN Y EL USO DE LA INFORMACIÓN.....	47
2.5 UNA VISIÓN PARA DESARROLLAR LA MEDICIÓN.....	49
2.6 LA MEDICIÓN Y BALANCE HIDRÁULICO DEL SISTEMA.....	51
2.6.1 Expresión General Del Equilibrio.....	52
2.6.2 Tiempo.....	53
2.6.3 Volumen Entregado.....	53
2.6.4 Consumo Del Sistema De Distribución Domiciliario.....	56
2.6.5 Consumo Del Sistema Público De Distribución.....	59
2.6.5.1 Consumos Especiales.....	59
2.6.5.2 Consumos Operacionales.....	60
2.6.5.3 Pérdida de Agua por Rebosamiento.....	60
2.6.5.4 Pérdida de Agua por Fugas Visibles.....	60
2.6.5.5 Pérdida De Agua Por Fuga Invisible.....	61
2.6.6 Ecuación Del Equilibrio Hídrico.....	62
2.6.7 Programa De Recuperación De Pérdidas.....	63
2.7 INDICADORES DE MEDICIÓN EN MÉXICO.....	64
2.7.1 Acciones Gubernamentales.....	64
2.8 EJEMPLO NUMÉRICO DE USO O UTILIZACIÓN DE LA MEDICIÓN PARA EL BALANCE HIDRÁULICO.....	65

CAPITULO No. III "MACROMEDICION DEL AGUA"	PAG.
3.1 INTRODUCCION.....	71
3.2 OBJETIVOS DE LA MACROMEDICIÓN.....	72
3.3 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y DE LOS SISTEMAS DE MACROMEDICIÓN.....	75
3.4 CRITERIOS PARA LA LOCALIZACIÓN DE MACROMEDIDORES.....	79
3.5 PLANIFICACIÓN PARA LA IMPLANTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE MACROMEDICIÓN.....	83
3.6 ADQUISICIÓN DE MATERIALES Y EQUIPOS DE PITOMETRÍA Y DE MACROMEDICIÓN, Y EJECUCIÓN DE SERVICIOS DE MANTENIMIENTO.....	85
3.7 ORGANIZACIÓN ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DE LOS SISTEMAS DE MACROMEDICIÓN.....	88
3.8 SISTEMAS DE INFORMACIÓN OPERACIONALES.....	89
3.9 CRITERIOS GENERALES PARA LA SELECCIÓN, ESPECIFICACIONES Y INSTALACIÓN DE MEDIDORES.....	96
3.10 ORGANIZACIÓN PARA LA MEDICIÓN.....	100
3.11 COSTO DE LA MEDICIÓN Y RELACIÓN CON LA PRECISIÓN.....	101
3.12 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	102
3.13 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	106
3.14 SECTORIZACIÓN DE RED URBANA DE AGUA POTABLE. (SECUENCIA GRÁFICA).....	106
3.15 COBERTURA DE LA MACROMEDICIÓN EN MÉXICO.....	111
CAPITULO No. IV "MICROMEDICION DEL AGUA"	
4.1 INTRODUCCION.....	123
4.2 FACTIBILIDAD DE MEDICIÓN DE CONSUMOS DOMICILIARIOS.....	124
4.2.1 Objetivos de la Medición de consumos.....	124
4.2.2 Opciones “con” y “sin” medición.....	125
4.2.3 Medición domiciliaria.....	126
4.2.4 Impacto de la micromedición en el consumo.....	128
4.3 ORGANIZACIÓN Y LOGÍSTICA PARA LEER Y REPORTAR CONSUMOS.....	129
4.3.1 El catastro de consumidores, su estado actual y el deseable.....	129
4.3.2 Gerencia de servicios de lectura, e interacción con otros departamentos..	132
4.3.3 Consecuencias de una mala organización.....	135
4.3.4 Estrategias para mejorar la organización.....	136
4.3.5 Planeación y diseño técnico del programa de medición.....	137
4.3.6 Puntos cruciales a investigar en un proyecto de medición.....	138
4.3.7 Aspectos y elementos a evaluar al planear.....	138
4.3.8 Demandas y tarifas.....	140
4.3.9 Estadísticas y estudios de consumos.....	140
4.3.10 Densidad de medición, costos e impactos.....	142
4.3.11 Complejidad de la justicia en tarifas y objetivos.....	143

	PAG.
4.3.12 Uso de otras experiencias e investigaciones conjuntas.....	143
4.4 TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE MICROMEDIDORES.....	144
4.4.1 Parámetros hidráulicos y unidades de medida.....	145
4.4.2 Tipos de dispositivos de aforo.....	147
4.4.3 Pérdidas de carga inducidas.....	150
4.4.4 Especificaciones y recomendaciones para instalar medidores.....	150
4.4.5 La norma oficial mexicana de medidores y las normas ISO.....	151
4.4.6 Pruebas de precisión y resistencia a los medidores.....	151
4.4.6.1 Pruebas de la precisión para los medidores.....	152
4.4.7 Verificación, mantenimiento y reemplazo de aparatos.....	154
4.4.8 El taller y el almacén de micromedidores.....	160
4.5 SECTORIZACIÓN, RUTAS DE LECTURA Y EFICIENCIAS.....	161
4.5.1 Factores que influyen en la estructuración de rutas de lectura.....	161
4.5.2. Procedimientos para diseñar rutas de lectura de medidores.....	164
4.5.3 Software y técnicas modernas para diseñar rutas de lectura.....	166
4.5.4 Bases de datos y claves de control.....	167
4.5.5 Implantación y ajustes de rutas y programa mensual.....	169
4.5.6 Procedimientos administrativos de control.....	172
4.5.7 Reportes integrados, estadísticas, validación de información.....	175
4.5.8 Rendimientos en las lecturas y toma de decisiones.....	175
4.6 CONFIABILIDAD DE LECTURAS Y TRATO CON USUARIOS.....	176
4.6.1 Visitas y recorridos de verificación, aclaración o supervisión.....	176
4.6.2 Entrega directa de boletas de cobro.....	177
4.6.3 El trato a los usuarios, dudas, aclaraciones, errores.....	177
4.6.4 Claridad de la escritura o de la captura digital. Validación de datos.....	180
4.6.5 Vigilancia y cuidado especial hacia grandes consumidores.....	182
4.6.6 Sospecha de conexiones clandestinas, o fugas. Algunas pruebas.....	182
4.6.7 Lecturas fuera de rango.....	184
4.6.8 Otros casos frecuentes o especiales.....	185
4.6.9 Estándares de calidad y normas de competencia laboral.....	186
4.6.10 Normas y criterios de seguridad para los lecturistas.....	187
4.6.11 Capacitación y supervisión a los lecturistas.....	189
4.7 Cobertura de la micromedición en México.....	189

CAPITULO No. V "ESPECIFICACIONES, CONTROL DE CALIDAD"

5.1 INTRODUCCION.....	193
5.2 NORMAS O RECOMENDACIONES PARA INSTALAR MEDIDORES.....	194
5.3 NORMAS PARA FABRICAR, ADQUIRIR O PROBAR MEDIDORES.....	196
5.4 CRITERIOS PARA EVALUACIÓN Y CONTROL DE LA MEDICIÓN.....	198
5.5 NORMAS DE CALIDAD DEL SERVICIO AL PÚBLICO.....	201
5.6 SINCRONIZACIÓN, NORMATIVIDAD, CONFIABILIDAD Y CALIDAD.....	203

CAPITULO No. VI "AUDITARIA DEL AGUA"	PAG.
6.1 INTRODUCCION.....	208
6.2 OBJETIVO DE LA AUDITORÍA.....	210
6.3 ETAPAS DE LA AUDITORIA.....	211
6.3.1 Definición del problema.....	212
6.3.2 Recolección de información.....	214
6.3.2.1 Infraestructura existente.....	214
6.3.2.2 Hábitos de consumo.....	220
6.3.3 Procesamiento de la información obtenida.....	223
6.3.3.1 Interpretación y análisis de los datos obtenidos.....	223
6.3.3.2 Informe de las condiciones actuales.....	223
6.4 PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO EFICIENTE DEL AGUA.....	225
6.4.1 Alternativas de solución.....	227
6.4.2 Plan de Acción.....	233
6.4.2.1 Definición de objetivos y valoración de propuestas de solución.....	234
6.4.2.2 Definición y aplicación del plan de acción.....	235
6.4.2.3 Seguimiento y valoración de los resultados.....	236
6.5 EJEMPLO DE APLICACIÓN.....	237
CAPITULO No. VII "ADMINISTRACION DE LA DEMANDA DE AGUA"	
7.1 INTRODUCCION.....	241
7.2 QUE ES LA ADMINISTRACIÓN DE LA DEMANDA.....	242
7.3 PROBLEMAS Y PRIORIDADES.....	243
7.4 MARGINACIÓN Y CARENCIAS DE AGUA.....	244
7.5 INSTRUMENTOS PARA PLANEACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE LA DEMANDA.....	245
7.6 PROBLEMAS DE EJECUCIÓN.....	247
7.6.1 Uso Doméstico.....	248
7.6.2 Usuarios Industriales.....	249
7.6.3 Obstáculos Institucionales y Administrativos.....	249
7.6.4 Crecimiento de la Capacidad Instalada.....	251
7.6.5 Conclusiones y Recomendaciones.....	253
7.7 MODELOS DE LA ADMINISTRACIÓN DE LA DEMANDA.....	256
7.8 COMPENDIO DE CASOS PRÁCTICOS.....	261
7.9 EL CATASTRO DE REDES, EL PADRÓN DE USUARIOS Y LA MEDICIÓN COMO INSUMOS DE LA SECTORIZACIÓN.....	268
7.10 CATASTRO DE REDES.....	270
7.10.1 Planimetría.....	270
7.10.2 Catastro de infraestructura hidráulica.....	271
7.11 PRONÓSTICO DE DEMANDA.....	272
7.12 EL PADRÓN DE USUARIOS.....	273
7.13 LA MEDICIÓN.....	274
7.14 LA MICROMEDICIÓN.....	275

	PAG.
7.14.1 Impacto de la micromedición en el consumo.....	276
7.15 EQUIPO DE MEDICIÓN A UTILIZAR Y DURACIÓN DE LA CAMPAÑA DE MEDICIÓN.....	276
7.16 DISEÑO DEL PLAN ESTRATÉGICO DE LA SECTORIZACIÓN.....	278
7.17 LA SECTORIZACIÓN.....	278
7.18 PLANEACIÓN DEL DISEÑO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED.....	279
7.19 INFORMACIÓN QUE DEBERÁ CONTENER EL PROYECTO EJECUTIVO....	287
7.20 EL DISEÑO Y SELECCIÓN DE ESPECIFICACIONES PARA LA SELECCIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN.....	288
7.20.1 Campañas de medición para la selección de equipos.....	288
7.20.1.1 Revisión del catastro.....	288
7.20.1.2 Censo del punto de medición de presión.....	289
7.20.1.3 Acondicionamiento del punto de medición.....	290
7.20.1.4 Recopilación de parámetros de presión durante 24 hrs.....	291
7.20.1.5 Válvulas de seccionamiento.....	292
7.20.1.6 Colador en línea.....	293
7.20.1.7 Válvula reguladora de presión (VRP).....	293
7.21 PROBLEMÁTICA EN LA IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO DE SECTORIZACIÓN.....	295
7.22 PROYECTO EJECUTIVO DE LA SECTORIZACIÓN.....	295
7.22.1 Etapas de la Sectorización.....	296
7.22.2 Ruta General de Sectorización.....	296
7.23 SELECCIÓN DE ÁREA A SECTORIZAR.....	297
7.24 PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DEL ANTEPROYECTO DEL SECTOR HIDROMÉTRICO.....	300
7.25 FORMULACIÓN DE PROYECTO EJECUTIVO DE SECTOR HIDROMÉTRICO.....	304
7.26 FORMULACIÓN DE CAMPAÑA DE DIFUSIÓN DEL PROYECTO A USUARIOS.....	306
7.27 EJECUCIÓN DE PROYECTO DE SECTOR HIDROMÉTRICO.....	308
7.28 REQUERIMIENTOS DE PROYECTO DE OBRA CIVIL Y LOS PROCEDIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE.....	311
7.29 ESTACIONES DE MEDICIÓN DE FLUJO.....	314
7.30 ESTACIONES DE CONTROL DE PRESIÓN.....	321
7.31 TELEMETRÍA.....	323
7.32 PROCEDIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA SECTORIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE.....	324
7.33 REQUERIMIENTOS DE PROYECTO ELÉCTRICO, MECÁNICO E INFORMÁTICO PARA LA SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE....	334
7.34 REQUERIMIENTOS DE LA PUESTA EN MARCHA DE UN SECTOR HIDROMETRICO.....	336
 CAPITULO No. VIII "CASOS DE ESTUDIO"	
8.1 PROBLEMAS Y NECESIDADES DE LA MEDICIÓN EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO URBANO.....	343
8.2 IMPACTO DE LA MICROMEDICIÓN EN GUAYMAS, SONORA (MÉXICO).....	352

CONCLUSIONES.....	PAG. 355
BIBLIOGRAFIA.....	356

A MANERA DE PROLOGO

Más que intentar cumplir con un requisito que marca la ley de profesiones para recibir el Título de Ingeniero Civil, mi intención al efectuar esta tesis, es el escribir algo que sea de utilidad a las nuevas generaciones de la Universidad Nacional Autónoma de México, escuela en la que se me brindo la oportunidad de superarme intelectualmente y que su solo nombre me recuerda los momentos felices que pase en ella como estudiante, mismos que en alguna época me parecieron todo lo contrario.

La idea de tratar el tema de la “MACRO Y MICROMEDICIÓN DE AGUA POTABLE EN REDES HIDRÁULICAS”, nació en mi persona, al cursar la materia de Obras Hidráulicas, y al verme al frente de una obra donde se llevaron a cabo actividades referentes a este tema.

El presente trabajo aborda la problemática de la macro y micromedición de agua potable en redes hidráulicas como herramientas que permitan la identificación de las **pérdidas de agua**, y sus resultados aplicados a una estructura tarifaria, que permitirán el control y planeación de la demanda.

Se presentan las principales técnicas de **uso eficiente del agua** en los ámbitos domiciliario, industrial, municipal, agrícola y de cuenca. Los ejemplos y citas a trabajos realizados en México se restringen, en casi todos los casos a los realizados por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

OBJETIVO GENERAL

Comprender la importancia de la macro y micromedición en los sistemas de abastecimiento de agua potable y saneamiento para una adecuada planificación y administración de la demanda de los servicios de agua potable.

1.1 INTRODUCCION

El 70% de nuestro planeta está cubierto por agua, sin embargo el 98% es salada y la tecnología actual para tratarla y usarla para el consumo humano o riego es todavía restringida, debido a sus altos costos. Aún más, la mayor parte del 2% del agua dulce se localiza en los casquetes polares o en los acuíferos, por lo que sólo queda disponible el 0.014% en los lagos y ríos de la superficie terrestre.

La distribución espacial del agua es desigual, y lo es aún más si se le relaciona con la población, por ejemplo, la disponibilidad anual de agua por habitante en miles de metros cúbicos, es de 109 para Canadá, 15 para la Unión Soviética, 10 para los Estados Unidos de Norteamérica, 4 para México y 0.16 para Arabia Saudita y Jordania.

Se estima que 3.400 millones de personas cuentan con una dotación de apenas 50 litros por día, y la Organización de las Naciones Unidas reporta que diariamente mueren 40 000 niños en el mundo, muchos de ellos víctimas de enfermedades diarreicas y de otros efectos colaterales a la falta de agua. La actual epidemia del cólera es una muestra de ello. En la década pasada hubo un decremento del 7% del área regada en el mundo; las reservas de granos en 1987 eran de 101 días y en 1989 habían disminuido a 54. Sandra Postel (1989), reporta que 61 millones de hectáreas con riego en el mundo tienen problemas de salinidad. México no escapa a esto, sus problemas son similares en la mayoría de los casos.

A toda esta situación se debe agregar otro problema: **la contaminación**. La mayoría de los ríos, lagos y mares se encuentra en un grado de deterioro tal, que urge tomar medidas para su protección. La atención a este tipo de problemas en forma integral requiere de la combinación de decisiones de orden político, económico, social y técnico.

Por forma integral se entiende la atención de los problemas con determinada corresponsabilidad entre todos los países. Al interior de ellos es recomendable atender, al menos a nivel de cuenca, tomando en consideración sus interacciones con otras, las transferencias de recursos, actividad común en la mayoría de los países.

Uno de los componentes para atender los problemas citados son los programas de **ahorro, conservación o uso eficiente del agua**. Los tres tipos de programas tienen diferencias conceptuales.

En México se ha optado por el último en su sentido más amplio, es decir, optimizando el uso del agua y de la infraestructura correspondiente, con la participación activa de los usuarios y con un alto sentido de equidad social.

La preocupación por usar mejor el agua no es nueva, de hecho, muchas de las técnicas de riego, como la nivelación parcelaria o la reducción de evaporación con camas de rastrojo, son tan antiguas como la construcción en Inglaterra del primer excusado de bajo consumo allá por 1890, por Thomas Crapper (Corpening, 1990). Algunas de estas acciones fueron aisladas como el caso del riesgo, o se idearon para reducir el problema de la contaminación por las aguas residuales, que era el objetivo del excusado de bajo consumo.

Sin embargo, a medida que el agua escaseaba, se empezaron a conjuntar las acciones hasta constituirse en verdaderos programas. Estos se manifestaron como tales a principios de los años 70 en el ámbito urbano, cuando azotaron grandes sequías el suroeste de los EUA. Por supuesto, en un principio fueron programas emergentes, pero su eficiencia y la escasez de agua los han convertido en programas de mediano y largo plazos. En México, el DDF implantó su programa de uso eficiente del agua en 1984.

En 1990, 28 países cuya población total era de 335 millones de personas se encontraba en niveles de stress o escasez. Se estima que en el año 2025 de 46 a 52 países se encontrarán en ésta categoría, y su población variaría de 2,782 millones a 3,290 millones de habitantes, dependiendo de las tasas de crecimiento que puedan tener en las siguientes décadas.

El incremento constante en la demanda de agua se debe al crecimiento poblacional y a la elevación en el nivel de vida. La población mundial alcanzó cinco mil millones en 1988, casi el doble de la de 1950.

De acuerdo con estimaciones de CONAPO, entre 2003 y 2025 la población del país se incrementará en 19.9 millones de personas, el 95% de las cuales se asentará en localidades urbanas y prácticamente el 80% se asentará en la zona centro, norte y noroeste del país.

El incremento de población hará que la disponibilidad natural media de agua por habitante a nivel nacional disminuya de 4 547 m³/hab/año en el 2003, a 3 822 m³/hab/año en el 2025. En algunas de las regiones del país la disponibilidad natural media de agua alcanzará niveles cercanos e incluso inferiores a los 1 000 m³/hab/año.

Otro de los aspectos que moldearán el futuro del país será el crecimiento económico. Si el país creciera a un ritmo de 2% anual, en 22 años el PIB se incrementaría en un 50%, mientras que si el país creciera a un ritmo de 5% anual, el PIB casi se triplicaría. En ambos casos existiría un incremento de la actividad económica, y por lo tanto de la cantidad de agua utilizada.

Especial cuidado se tendrá que tener con el agua subterránea, ya que de los acuíferos se extraen cerca de 6 km³ de agua al año, que no es renovable, y que ocasiona el hundimiento del terreno y que se tengan que hacer pozos cada vez más profundos para extraer el agua.
(Datos obtenidos de CNA)

Los principales problemas de abastecimiento a los centros urbanos son el agotamiento de las fuentes locales, la contaminación de las mismas, los altos costos de captación y conducción del agua y los conflictos generados por los intereses de diferentes usuarios sobre las fuentes. Paradójicamente, ante esta difícil situación, en las ciudades ocurren grandes porcentajes de fugas, se utilizan tecnologías derrochadoras de agua, no se reusa este recurso, los sistemas de medición, facturación y cobranza son deficientes.

El primer paso en cualquier programa de uso eficiente del agua es la **medición**, dado que permite inducir la reducción del consumo y hacer más justo el cobro. Esto puede resultar caro desde la etapa de instalación hasta la de mantenimiento, por lo que conviene planear con mucho cuidado la administración de la medición.

En muchos casos el uso eficiente del agua no es una opción más, es la única. Existen técnicas y equipos que permiten usar mejor el agua y la infraestructura, y sin embargo, no se aplican. La participación de los usuarios en los programas de uso eficiente del agua es escasa, no existe conciencia del problema real que implica la falta del agua y del potencial que existe en ellos para usarla mejor.

Las acciones de uso eficiente se agrupan en programas por ámbito, es decir, hay programas de uso eficiente para las industrias, los municipios, o las cuencas, pero no existe la interrelación adecuada entre ellos para realmente optimizar el aprovechamiento del recurso.

Es necesario apoyar los programas de uso eficiente del agua en el nivel cuenca, con una perfecta definición de la participación de todos los usuarios en su ámbito correspondiente, y evaluando en todo momento los resultados de los programas de uso eficiente que permitan eficientar la distribución y controlar la demanda de agua potable, esto es, micromidiendo los consumos y macromidiendo la explotación del agua en las fuentes de abastecimiento, y estableciendo balances que permitan la evaluación del consumo y las pérdidas de agua. Sólo de esta manera pueden orientarse todos los subprogramas de uso eficiente en una misma dirección.

1.2 EVOLUCIÓN DE LA MEDICIÓN

Existen muchos aspectos del agua que pueden medirse; y de muchas formas. Por ejemplo su temperatura, color, contenido de sal o cloro, velocidad, volumen, presión, etc. Cada parámetro es importante para distintas circunstancias y fines específicos. Para conocer el consumo de los moradores de una vivienda o de algún proceso industrial, lo que interesa es saber el volumen que entró al predio en un lapso de tiempo bien definido.

El tiempo se mide con un calendario y/o un reloj. El volumen puede medirse (*o estimarse en base a cálculos y suposiciones*) de muchas maneras. Por ejemplo con una cubeta, o recipiente de volumen conocido; o bien, a través de la velocidad con que circula en un ducto de geometría conocida, etc.

En las Figuras siguientes, se muestra la evolución del sistema de registro, almacenamiento y envío o recolección de datos de medición. Otra manera de obtener el consumo, es a través de la velocidad del agua y las características geométricas de la conducción, la cual a su paso, mueve un dispositivo mecánico que a su vez transmite una señal de forma mecánica (*engranes de relojería*), magnética, eléctrica, o digital, que se va almacenando en algún dispositivo (*carátula del contador, data-logger, etc*)

Figura 1.0 Evolución de los sistemas de medición

Medidor de agua tipo chorro múltiple
Esfera seca
Clase B




a) Medidores convencionales, con carátula

Medidor electromagnético
DN 25 a 1,200 mm

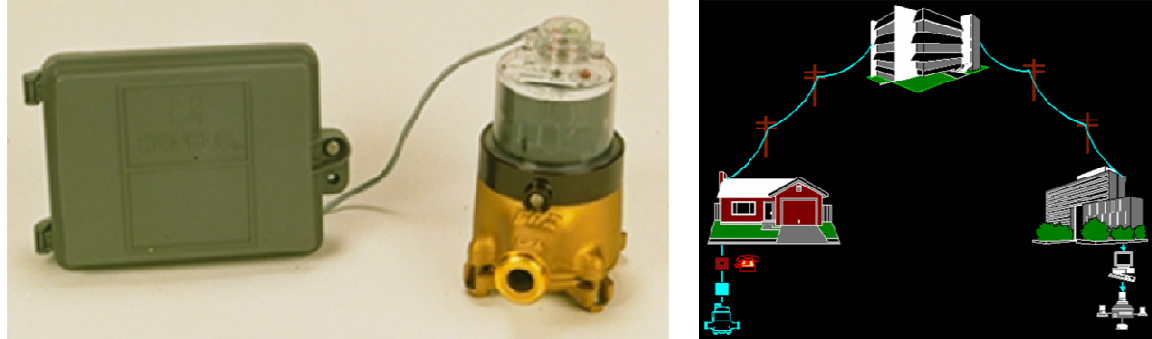


b) Medidor Electromagnético

c) Sistema RadioRead



d) Sistema PhonRead



En un organismo abastecedor de agua potable, la necesidad de conocer los consumos, tiene varias razones, al igual que las estrategias y métodos para lograrlo. En cada ciudad pueden ser diferentes la cobertura de medidores respecto al total de contratos, así como en los plazos para tomar lecturas, y la cantidad de recursos humanos y financieros que se le destinen.

Desde las últimas décadas del siglo pasado, así como al iniciar el presente siglo XXI, los avances tecnológicos en electrónica, telecomunicación y sistemas de información, han modificado y están facilitando radicalmente las rutinas de trabajo en el campo de lectura de medidores. La función y reto principal de cualquier empresa de servicios de agua y saneamiento, y en particular del departamento de operación, es lograr mayor eficiencia en su labor, a fin de suministrar la información que permita identificar los desperdicios de agua por los consumidores.

Aún no hay estándares claros para medir la eficiencia del servicio, o cuanto son las necesidades biológicas, sociales y recreativas de la población. Faltan métodos para comparar y decidir si un cliente comete excesos de consumo. Asimismo faltan mecanismos para saber cuándo una tarifa de agua influye para disminuir las demandas de un consumidor; o está afectando adversa e injustamente la economía de algún sector social.

1.3 TERMINOLOGÍA

En los proyectos de macromedición, pitometría, control de pérdidas y micromedición, se utilizan algunos términos técnicos cuyo significado es conveniente definir en el presente documento.

➤ Sistema De Abastecimiento De Agua:

Es un conjunto funcional de obras, instalaciones, tuberías, equipos, accesorios y servicios destinados a proveer de agua potable en condiciones de cantidad, calidad, continuidad y seguridad a los usuarios. El sistema de abastecimiento de agua potable más complejo, que es el que utiliza aguas superficiales, consta de cinco partes principales:

- 1.- Almacenamiento de agua bruta
- 2.- Captación
- 3.- Tratamiento
- 4.- Almacenamiento de agua tratada
- 5.- Red de distribución abierta



Sistema de bombeo secundario

Criterios generales.

El sistema de abastecimiento secundario tiene como objetivo suministrar agua a presión constante de forma permanente a todo el desarrollo para el cual esté diseñado. Cubriendo desde pequeñas demandas hasta un alto flujo que pudiera requerirse para satisfacer el consumo máximo instantáneo que llegue a presentarse; el agua se toma de un tanque de regulación y almacenamiento el cual absorberá los picos de consumo.

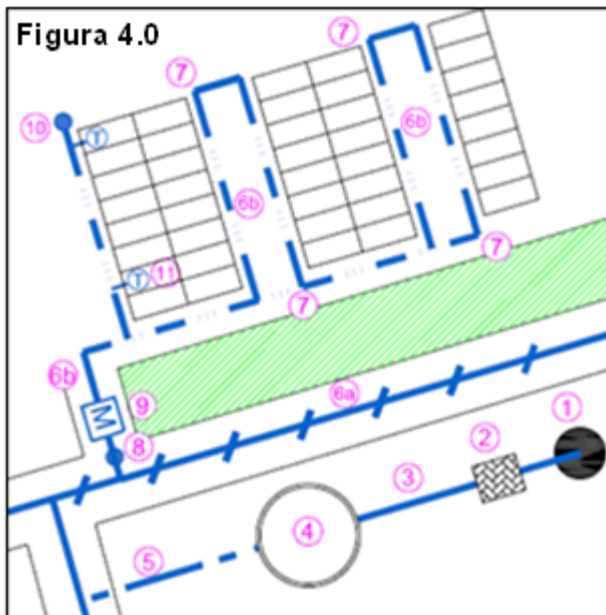
Figura 3.0 Esquema de Distribución por bombeo central



- | | |
|--|--|
| 1.- Bombeo Primario | 5a.- Desarrollo popular |
| 2.- Conducción Primaria | 5b.- Desarrollo Residencial |
| 3.- Tanque de regulación y almacenamiento | 5c.- Desarrollos verticales, |
| 4.- Bombeo Secundario comerciales o turísticos | 5d.- Parques Industriales |
| 5.- Red Secundaria. | 5e.- Hidrante de banqueta para bomberos. |

Definición esquemática de los principales componentes de un sistema de agua potable

Figura 4.0



Principales Componentes de un Sistema de Agua Potable.

- 1 Fuente de abastecimiento
- 2 Estación de bombeo primario
- 3 Línea de Conducción
- 4 Tanque de Regulación (Almacenamiento) Superficial o Elevado
- 5 Línea de Alimentación
- 6 Red de Distribución
 - 6a Primaria
 - 6b Secundaria
- 7 Crucero
- 8 Válvula de Seccionamiento
- 9 Macromedidor
- 10 Válvula de Desfogue
- 11 Toma Domiciliaria

➤ **Línea De Conducción:** Se llama línea de conducción, al conjunto de: tuberías, estaciones de bombeo y dispositivos de control, que permiten el transporte del agua desde una fuente de abastecimiento, hasta el sitio donde será regulada y posteriormente distribuida. Si existen dos o más fuentes de abastecimiento se denominan redes de conducción.

- a) **Conducción por bombeo:** La conducción por bombeo se requiere cuando la fuente de abastecimiento tiene una altura piezométrica menor a la requerida en el punto de entrega, es decir se encuentra en un nivel inferior al del tanque de regulación ó la red de distribución.
 - b) **Conducción por gravedad:** La conducción por gravedad se requiere cuando la fuente de abastecimiento tiene una altura piezométrica mayor a la requerida en el punto de entrega, es decir se encuentra en un nivel superior al del tanque de regulación ó la red de distribución.
 - c) **Conducción mixta:** Es una combinación de conducción por bombeo en una primera parte y una conducción por gravedad en una segunda parte.
-
- **Unidad Operacional (UO):** Es una parte del sistema de abastecimiento de agua que realiza total o parcialmente una de las siguientes funciones: captación, conducción, bombeo, tratamiento, almacenamiento y distribución del agua.
 - **Sistema De Producción:** Es la parte del sistema de abastecimiento de agua que comprende a todas las unidades operacionales situadas aguas arriba de la salida de las instalaciones de tratamiento, ya sea que estén constituidas de estaciones de tratamiento o simples puestos de desinfección, o cualquier instalación para potabilizar el agua.
 - **Sistema De Distribución:** Es la parte del sistema de abastecimiento de agua ubicada entre los puntos a partir de los cuales el agua se torna potable (salida de plantas de tratamiento, unidades de desinfección) y los puntos de utilización del agua en las instalaciones prediales. El sistema de distribución comprende el sistema público de distribución y el sistema predial.
 - **Sistema Predial:** Es la parte del sistema de distribución que pertenece a los consumidores. Está compuesto por el conjunto de instalaciones prediales conectadas al sistema público de distribución de agua.
 - **Sistema Público De Distribución:** Es la parte del sistema de distribución que pertenece a la empresa concesionaria. Está ubicado entre los puntos a partir de los cuales el agua se torna potable y los puntos de entrega de agua a las instalaciones prediales.
 - **Red De Distribución:** Está compuesta por todas las tuberías y accesorios existentes en el sistema público de distribución.

La red de distribución, es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua potable desde los tanques de regulación (y almacenamiento), o desde el punto de conexión con alguna red ya existente indicado por alguna dependencia hasta las tomas domiciliarias o hidrantes públicos.

De acuerdo a su función, la red de distribución puede dividirse en: red primaria y red secundaria. A la tubería que conduce el agua desde el tanque de regulación, hasta el punto donde se inicia la distribución se le denomina línea de alimentación y se le considera como parte de la red primaria, sujetándose a los mismos criterios de diseño que la red de distribución en general.

Formas de distribución:

- a) **Por gravedad.-** El agua de la fuente de abastecimiento se bombea hasta un tanque de regulación localizado en algún punto elevado del terreno, que nos pueda proporcionar la suficiente presión, para de ahí ser distribuida por gravedad a través de la línea de alimentación, la cual se diseña con el Gasto Máximo Horario **Q_{mh}**. Éste es el método más conveniente de operación, debiéndose de utilizar siempre que se disponga de cotas de terreno elevadas con un tanque superficial o, en terrenos planos con un tanque elevado que nos proporcione la carga hidráulica requerida.
 - b) **Por bombeo directo a la red a partir de un tanque central de almacenamiento.-** Éste sistema de operación consiste en el abastecimiento directo a la red a través de un equipo de bombeo que garantice la carga hidráulica adecuada para el suministro de los puntos cercanos al tanque que no presenten desnivel con respecto a la ubicación del mismo, considerando equipos de bombeo con variadores de velocidad para generar parámetros de presión constante en la red y gasto de acuerdo a la demanda que se presenta durante el día.
- **Zona De Presión:** Es cada una de las partes en que la red de distribución se subdivide, previendo mantener presiones homogéneas y entre valores prefijados.
 - **Tanque De Distribución:** Es el elemento del sistema de distribución destinado a regularizar los caudales producidos para satisfacer las demandas a cualquier hora, prevé condiciones de abastecimiento continuo durante periodos cortos de paros del sistema de producción y acondiciona las presiones en la red de distribución.

La regularización tiene por objeto lograr la transformación de un régimen de aportaciones (de la conducción) que normalmente es constante, en un régimen de consumos o demandas (de la red de distribución) que siempre es variable. El tanque de regularización debe de proporcionar un servicio eficiente bajo normas estrictas de higiene y seguridad, procurando que su costo de inversión y mantenimiento sea mínimo.

Adicionalmente a la capacidad de regulación se puede contar con un volumen para alimentar la red de distribución en condiciones de emergencia (incendios, desperfectos en la captación o en la conducción). Este volumen adicional debe de justificarse en aspectos técnicos y financieros, y se define como el volumen de almacenamiento.

- **Estación De Bombeo:** Es la instalación del sistema de abastecimiento de agua que permite trasladar y elevar el agua a tanques de distribución; en algunos casos en el sistema de distribución la estación es usada para proporcionar las presiones de operación requeridas en la red.
- **Sistema De Micromedición Y Macromedición:** Es el conjunto de equipos, elementos y actividades permanentes para obtener, procesar, analizar y divulgar los datos de rutina del sistema de abastecimiento relativos a caudales, volúmenes, presiones y niveles de agua, excluyendo el sistema predial.
- **Pitometria:** Es el conjunto de equipos, elementos y actividades para obtener, procesar, analizar y divulgar los datos del sistema de abastecimiento relativos a caudales, volúmenes, presiones y niveles de agua, con el objeto de tener diagnósticos específicos de las condiciones reales o simuladas del funcionamiento de los componentes de un sistema de abastecimiento de agua.
- **Agua Utilizada:** Es el agua que cumple determinada función sin retornar al sistema de abastecimiento. El término incluye el agua utilizada racionalmente por los usuarios y los desperdicios.
- **Perdida De Agua En El Sistema De Abastecimiento:** Es la diferencia entre la cantidad de agua captada en el sistema y la cantidad de agua utilizada. Está formada de:
 - a) **Pérdidas de agua en el sistema de producción:** Es la diferencia entre la cantidad de agua captada por el sistema de producción y la cantidad de agua entregada al sistema de distribución, descontando la cantidad de agua usada en el sistema de producción.
 - b) **Pérdidas de agua en el sistema de distribución:** Es la diferencia entre la cantidad de agua entregada a las instalaciones prediales y la cantidad de agua utilizada en las mismas.
- **Desperdicio De Agua:** Es cualquier cantidad de agua gastada deliberadamente por el consumidor de modo no racional y/o según lo establecido por la empresa concesionaria como desperdicio.
- **Conductos A Presión:** Son los acueductos y tuberías que trabajan con una presión interna distinta a la presión atmosférica.
- **Conductos Libres:** Son los acueductos y tuberías donde el agua que circula en ellos tiene una superficie en contacto con la atmosfera, en la que actúa una presión equivalente a la presión atmosférica.

- **Caudal:** Es el volumen de agua medido en la unidad de tiempo, las unidades de medida más usuales son lt/seg o m³/seg.
- **Fuga:** Es el escape de agua producido por la pérdida de estanquidad de un componente cualquiera del sistema de abastecimiento de agua, en condiciones no deliberadas o controladas. Una fuga es parte de la pérdida de agua; puede ser interna cuando ocurre en una instalación predial y externa cuando ocurre aguas arriba del sistema predial.
- **Rebose O Derrame:** Es la parte de la pérdida de agua que ocurre por los rebosaderos de los tanques de almacenamiento de agua y demás instalaciones del sistema de abastecimiento, lo cual es causado por fallas de operación o de los dispositivos de control.

1.4 RAZONES Y PRIORIDADES PARA MEDIR CONSUMOS

1.4.1 La Medición Y Fiscalización De Usuario.

Aun es frecuente encontrar personas que opinan que el agua es un regalo divino o de la naturaleza, y que nadie tiene derecho de controlar nuestro consumo de ese vital líquido. Algo de razón hay ahí, si se considera que el agua es un elemento indispensable para la vida biológica y emocional de la mayoría de los seres vivientes.

Es tan importante como el aire, el territorio o los alimentos. Sin embargo, desafortunadamente en el mundo actual, con una desproporcionada saturación demográfica y alta competencia y dificultad por obtener los recursos, ya no es posible garantizar siquiera la calidad del aire, no se diga el suministro de alimentos o el terreno para vivir.

Alguien debe invertir recursos y esfuerzo para resolver tales necesidades, y de algún lado tienen que salir los recursos para hacerlo (*impuestos, tarifas, etc.*). Es decir, las inversiones y el servicio cuestan; especialmente si se desea tener más que lo mínimo indispensable.

El que una industria, institución o ciudadano común demande agua, es normal y para ello existen las empresas e instituciones encargadas del suministro municipal.

La pregunta es: **¿cuánta agua se requiere?** esto es decisión interna del individuo, siempre y cuando no afecte los intereses de otros, y pague lo justo por disponer de ese bien temporal. Saber cuánto es lo “justo a pagar por el servicio” y cuando no se afectan otros intereses es relativamente difícil en esta época de alta competitividad y escasez de recursos; donde cada vez se deteriora más el medio ambiente y la calidad de vida presente y futura.

Acotando el propósito de este trabajo, habrá que confiar que el lector tiene idea de la importancia de una estructura tarifaria y que en un proceso independiente, se ha logrado decidir una tarifa justa y equitativa, a partir de los datos de la medición, para el cobro del servicio, en la que se incluyan todos los costos que garanticen ingresos suficientes a la institución, y que influyan previniendo los derroches y malos usos del agua, y contribuya a preservar el medio ambiente y la naturaleza.

Resuelto lo anterior, la estrategia de medición tiene la finalidad esencial de contribuir, en su ámbito de responsabilidad, a una buena administración del agua; la cual a su vez debe estar dirigida hacia algunos de los siguientes objetivos y prioridades, ver **Figura 5.0**.

En México, al igual que en varios otros países, la medición domiciliaria de consumos busca principalmente una mejor administración y control de la demanda, tendiente a evitar consumos irrestrictos, de manera que la oferta y la demanda estén balanceadas.

La medición es una pieza clave para poder preservar el recurso en regiones donde la disponibilidad del agua está por debajo de la demanda potencial.

1.4.2 La Medición Y Su Impacto En El Consumo

La medición no es la única manera de lograr que los usuarios paguen por el servicio del agua, ya que cualquier déficit en este cobro podría trasladarse a otro tipo de obligaciones fiscales, por ejemplo: prediales, permisos y concesiones municipales, etc.

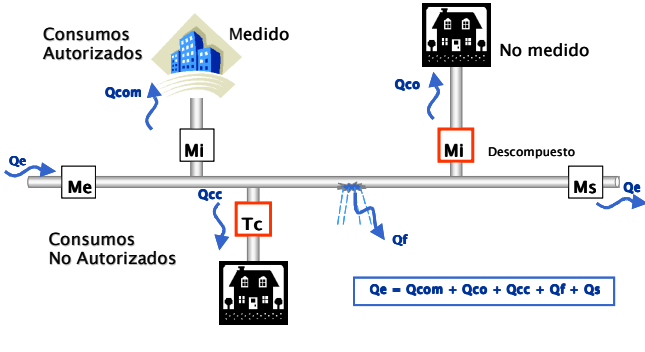
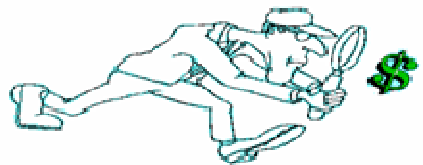
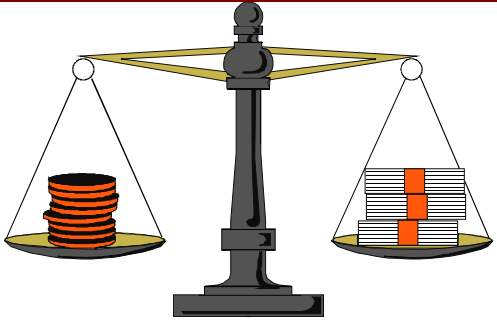
Sin embargo, en la actual sociedad occidental, con predominio de prácticas consumistas (*típicos de la mayoría de los centros urbanos en México*), la medición y el cargo según cantidad empleada resultan apropiadas y bien aceptadas; siempre y cuando sean justas, y que su logística de operación sea eficaz para mantenerlos *oportunos y libres de errores*.

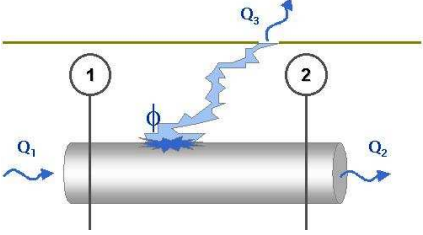



La medición del consumo es un mecanismo que debería permitir al usuario una participación activa en el uso eficiente del agua, así como una contribución justa por el servicio. Sin embargo, para aquellos ciudadanos que no son conscientes de su responsabilidad, existen otras formas de poder reducir los consumos, sin depender de la medición (*como se verá, varias de ellas son totalmente desaconsejable, por diversos motivos*). Algunas son:

- Campañas de educación y concientización a la población.
- Instalación de dispositivos domésticos ahorradores.
- Tandear el servicio de abasto (discontinuidades por horas o días)
- Bajas presiones en las tuberías de distribución
- Suministro mediante carros tanque (pipas) en lugar de por tuberías

El disponer de un cotejo objetivo y tangible lo que se le llama medición, con el cual comparar estados y resultados entre diferentes días o épocas, es indispensable para cualquier administrador y usuario.

Figura 5.0 Objetivos y prioridades de la medición

OBJETIVO	FIGURA DE APOYO	COMENTARIOS ADICIONALES
<p>a) Preservar el recurso e influir en el usuario a reducir sus consumos directos e indirectos (<i>usos domésticos, comerciales, industriales, tomas clandestinas, fugas, etc.</i>).</p>	 <p>Consumos Autorizados Medido</p> <p>Consumos No Autorizados</p> <p>Me</p> <p>Mi</p> <p>Mi</p> <p>Descompuesto</p> <p>Ms</p> <p>Qe</p> <p>Qcom</p> <p>Qcc</p> <p>Qco</p> <p>Qf</p> <p>Qs</p> <p>$Qe = Qcom + Qco + Qcc + Qf + Qs$</p>	<p>Los cobros volumétricos de consumos hacen ver al usuario sus excesos, e inciden en su bolsillo. El agua ahorrada repercute en menores costos de operación y expansión de redes, que a su vez permiten posponer inversiones, mejorar la calidad del servicio, dar mayores oportunidades a clases desprotegidas, y proteger a la naturaleza.</p>
<p>b) Recuperación de costos y salud financiera del organismo encargado del servicio de agua; y disponer de reservas para futuras inversiones.</p>	<p>RECUPERAR EL COSTO Y LA SOLIDEZ FINANCIERA</p> 	<p>Ingresos apropiados para todo tipo de erogaciones (<i>abastecimiento, drenaje sanitario o pluvial, saneamiento</i>). Tener fondos monetarios y financieros apropiados para ofrecer mayor seguridad y calidad del servicio a los consumidores; así como disponer de reservas para cubrir eventualidades, y solventar los costos normales de operación, mantenimiento, renovación y expansión (<i>plantas de tratamiento, protección ambiental, perforación de pozos, rehabilitación de redes, control de fugas, etc.</i>)</p>
<p>c) Equidad e igualdad de oportunidades entre consumidores e impedir derroches e injusticias.</p>		<p>Aportar mecanismos imparciales y justos de suministro y cobro de agua entre individuos de la misma categoría de usuarios. Los cobros acordes a los volúmenes realmente usados evitan las prácticas discriminatorias, que suelen persistir en los sistemas de tarifas fijas.</p>

OBJETIVO	FIGURA DE APOYO	COMENTARIOS ADICIONALES
d) Disminuir las pérdidas por agua no contabilizada.		Mejor estadística de consumos, y mayor control sobre grupos de usuarios, posibilita detectar, ubicar y contraatacar las pérdidas de agua físicas (fugas, derrames, etc.) y monetarias (conexiones clandestinas, morosidad, mala clasificación de usuarios, etc.)
e) Abatir picos en demandas, y mayor control en época de sequía.		Procurar eliminar fuertes variaciones en los consumos durante el día, o temporadas, que pueden generar consumos para los cuales no hay suficiente capacidad en las fuentes o redes de conducción. Puede lograrse desalentando los consumos no indispensables; o incluso implantando el uso de tarifas estacionales u horarias.
f) Equidad y justicia social.		Aunque no debe ser una función primaria del organismo operador, usualmente el sistema de tarifas intenta favorecer a los consumidores pobres, que usan menos agua, respecto de los ricos y las industrias (subsidios cruzados entre tipos de usuarios).
g) Mejorar los datos y el conocimiento de la demanda de agua y las causas que la modifican.		Lograr datos más confiables y completos sobre el comportamiento de los diferentes tipos de consumidores, y sus variaciones espaciales y por épocas del año. Aportar conocimiento para la mejor planeación de la operación, mantenimiento y rehabilitación de la red y fuentes, y de los cobros para realizar tales acciones.

La instalación de medidores en usuarios que no contaban con el suministro de agua potable, generalmente, tiene un impacto positivo ante el usuario ya que los costos por el acceso al agua, disminuyen considerablemente.

Sin embargo, para usuarios con suministro de agua con régimen de pago por cuota fija, al colocarse un medidor y cobrarse vía consumo, la percepción de un servicio caro o barato se divide, habrá usuarios que percibirán más barata el agua sin modificar sus hábitos de consumo, y otro sector de la población que opinará que el servicio es caro, teniendo dos alternativas para manifestar su inconformidad: reclamación directa la organismo operador y/o modificar sus hábitos de consumo.

La empresa municipal de los servicios de agua encontrará ante el usuario, una evaluación respecto a la calidad de servicio y sabrá, a final de cuentas, si está cumpliendo con la razón de ser del servicio de abastecimiento de agua. Estas evaluaciones se pueden hacer a través de diversos indicadores: la opinión de los clientes (*grado de satisfacción*) y su voluntad de pago.

La medición de los consumos de agua, cae entre el grupo de dimensiones para calificar el desempeño, que son más concretas y simples de implementar como rutinas de trabajo; y que, a la vez acreditan las comparaciones imparciales, tanto hacia el interior de la institución (*otras épocas*), como contra otras empresas y a los usuarios, al igual que para catalogar el comportamiento de clientes individuales.

Entonces, las estadísticas de volúmenes consumidos, pagos y algunos otros parámetros, son de las formas más concretas y simples para evaluar si la empresa mantiene o supera su calidad, y cumple su misión de servicio con los aspectos de igualdad y justicia hacia los consumidores, y motivación al ahorro. Evidentemente, por tanto, el promedio de “dotación per cápita” no debe ser ni tan alto que signifique derroches; ni tan bajo que signifique insatisfacción de los clientes, o fallas en aspectos contables.

1.5 USO EFICIENTE DEL AGUA Y LA MEDICIÓN

La atención de este tipo de problemas requiere de la combinación de decisiones de orden político, económico, social y técnico. A nivel global se requiere la atención de los problemas en forma corresponsable entre todos los países. Al interior de ellos es recomendable atenderlos al menos a nivel cuenca, tomando en consideración sus interacciones con otras cuencas, las transferencias de recursos y otras medidas de tipo hidrológico.

Uno de los componentes para atender los problemas citados son los programas de ahorro, conservación o uso eficiente del agua. Los tres tipos de programas tienen diferencias conceptuales.

En México se ha optado por el último en su sentido más amplio, es decir, optimizar el uso del agua y de la infraestructura correspondiente, con la participación activa de los usuarios y con un alto sentido de equidad.

Las técnicas de uso eficiente en las ciudades se pueden clasificar en cinco grupos: medición, detección y reparación de fugas, sistemas tarifarios, reglamentación y cultura del agua.

Con frecuencia, las empresas municipales de servicios de agua, tanto públicas como privadas, no tienen suficiente capacidad institucional para desarrollar enfoques prácticos que maximicen la eficiencia del agua y la energía, incluso después de reconocer sus beneficios potenciales. La falla está principalmente en las estructuras de administración que no delegan las facultades necesarias a su personal para atender eficiente y directamente las diferentes cuestiones involucradas.

La medición en las ciudades es necesaria en dos niveles: **macro y micro**. La macromedición se refiere a la cuantificación de los caudales captados, conducidos y distribuidos. El análisis oportuno del balance de la medición, es fundamental para la planeación, diseño, construcción, operación, mantenimiento y administración de los sistemas operadores de agua potable y alcantarillado. La micromedición tiene por objeto cuantificar periódicamente el consumo de agua de cada usuario con fines de facturación, de asegurar que los consumos sean medidos con precisión para mantener un equilibrio adecuado entre la producción y la demanda de agua.

1.6 EL AGUA NO CONTABILIZADA COMO SÍNTOMA DE INEFICIENCIA

El total de agua extraída de las fuentes de abastecimiento durante cierto periodo para entregarse a una ciudad, prácticamente nunca coincide con el total de volúmenes que los usuarios pagan al organismo abastecedor. Las causas son muchas, pero las principales son:

- Usuarios que reciben agua pero no la pagan (parques, camellones, servicio exentos, tomas clandestinas, tomas extraviadas, lotes baldíos con llaves abiertas).
- Clientes que pagan menos de lo debido (clientes morosos, conexiones con medidores trucados, o con “by-pass”, mal instalados, descompuestos o que submiden).
- Fugas en la red (roturas, dislocamientos, malas conexiones, válvulas con goteos, tanques fisurados).
- Fugas en las tomas domiciliarias (agrietamientos, malas conexiones).
- Usuarios sin medidores y estimaciones fallidas de sus consumos por cuota fija.

Es necesario poseer un sistema uniforme de información para evaluar y comparar situaciones; en las que es necesario revisar costos y beneficios para decidir estrategias que permitan *evaluar el desempeño* de la empresa, para manejar como un solo concepto, los volúmenes de agua perdidos por falta de medición, por morosidad, por clandestinaje, por desperdicios físicos, etc.

A final de cuentas cualquiera de esas *pérdidas* está impactando de igual forma la capacidad financiera de la empresa y posiblemente limita sus opciones para mejorar el servicio a los clientes.

Entonces, sin importar mucho la modalidad de las pérdidas, convendrá resolver y evitar las causas de mermas, fugas, desperdicios, o como se le quiera llamar; es decir de todo aquello que equivale a una *ineficiencia* en el desempeño de la empresa de servicios de agua y saneamiento.

Es importante evitar confusiones de creer que las pérdidas son solo fugas físicas de agua en la red, se ha optado en varios países por mejor decir *agua no contabilizada*, entendiendo por ello al volumen de agua que no se logra cobrar a pesar de que se le ha invertido dinero en su extracción, conducción, distribución, y posiblemente alcantarillado y saneamiento (y *abarcando en cada caso infraestructura, operación, mantenimiento y administración*).

El agua no contabilizada (*unaccounted for water, UFW*) sirve para representar la *eficiencia general* de la empresa; o al menos es reconocida por muchas instituciones como uno de los principales indicadores de eficiencia de un servicio de agua y saneamiento. Debe ser una preocupación fundamental de cualquier directivo y departamento de la institución en trabajar para mantenerlo en los niveles más bajos posibles.

El agua no contabilizada equivale a la: *diferencia* entre el *volumen de agua aportado* y el *volumen vendido* (*unidades de medida m³/día, hm³/mes, o similar*). Pero para facilitar su comparación suele manejarse como un indicador en términos dimensionales, en *porcentaje*, que se calcula como:

$$UFW = 100 \left[\frac{(V_s - V_v)}{V_s} \right] \dots\dots\dots \text{Ec. (1)}$$

Donde:

V_s.- volumen suministrado en el periodo de tiempo, en m³/día.

V_v.- volumen vendido durante ese mismo periodo, en m³/día.

En ocasiones también es útil representar al UFW como el promedio de agua no cobrada por kilómetro de tubería (Longitud de la red de distribución únicamente) al día, es decir en unidades: *m³ / Km. / día*

$$UFW_0 = \frac{(V_s - V_v)}{L} \dots\dots\dots \text{Ec. (2)}$$

Donde:

V_s.- volumen suministrado en un día, en m³/día.

V_v.- volumen vendido durante un día, en m³/día.

L.- longitud de tubería del sistema de distribución, en km.

UFW₀.- Agua no contabilizada, en m³ / Km. / día

Deber quedar muy claro que el UFW incluye tanto pérdidas físicas (roturas de tuberías, derrames) como pérdidas comerciales (submedición de consumos, conexiones clandestinas, fraudes, errores, omisiones en facturación y consumos públicos no cobrados).

Ante eso resulta claro que el departamento de lecturas de medidores juega un papel primordial en la empresa y tiene una responsabilidad muy importante.

Existen estadísticas y evidencias claras que para países con poco desarrollo, como México, son bastante más exitosos, sencillos, rápidos y de mucho mayor impacto los programas que, sin descuidar la solución de fugas y roturas importantes y evidentes, atacan de forma decidida las cuestiones *pérdidas contables (comerciales)*, como: de malos sistemas comerciales, falta de cobranza, morosidad, clandestinaje, falta de medición o imprecisión en facturaciones, mal estado de medidores, etc.

A continuación se muestran datos de eficiencia de la CNA, por estados con poblaciones mayores a 50,000 habitantes. (Tabla 1.0)

Tabla 1.0. Eficiencias Producción, facturación, recaudación y eficiencia global en algunas localidades con población mayor a 50 mil habitantes

EDO.	LOCALIDAD	PRODUCCIÓN ANUAL (m ³)	FACTURACIÓN ANUAL (m ³)	EFICIENCIA FÍSICA (%)	RECAUDACIÓN ANUAL (m ³)	EFICIENCIA COMERCIAL (%)	EFICIENCIA GLOBAL (%)
AGS	AGUASCALIENTES	83,638,833	43,717,399	52	40,454,825	93	48
CHH	CHIHUAHUA	74,607,869	50,970,128	68	42,814,906	84	57
	CUAUHTEMOC	7,000,992	5,210,438	74	4,314,243	83	82
	HIDALGO DEL PARRAL	11,636,784	7,701,949	66	5,452,977	71	47
COAH	CIUDAD ACUÑA	20,498,400	10,173,117	50	5,808,762	54	27
	MONCLOVA	38,379,312	16,630,264	43	11,315,945	68	29
	SAN PEDRO	6,433,344	4,553,351	71	2,961,193	65	46
	TORREON	75,688,400	31,953,212	42	29,223,036	91	39
COL	COLIMA	29,087,047	19,423,821	67	15,180,292	76	52
DGO	GOMEZ PALACIO	28,193,184	15,201,370	54	11,624,146	76	41
	VICTORIA DE DURANGO	76,361,270	33,234,120	44	31,693,768	95	41
GTO	SAN FRANCISCO DEL RINCON	8,577,792	3,451,856	40	2,312,218	67	27
GRO	ACAPULCO DE JUAREZ	71,902,080	29,848,424	42	26,963,906	90	38
HGO	FACHUCA DE SOTO	40,397,618	18,500,109	46	11,620,679	62	29
MICH	ZAMORA DE HIDALGO	19,667,680	13,422,875	68	9,417,730	70	47
PUE	ATLIXCO	9,778,160	7,151,981	73	5,482,700	77	56
	HEROICA PUEBLA DE ZARAGOZA	119,879,374	80,247,675	67	57,409,196	72	48
	HUAUCHINANGO	5,678,480	2,596,448	46	1,914,729	74	34
	SAN MARTIN TEXMELUCAN DE LABASTIDA	5,361,120	2,451,924	46	2,151,896	87	40
	TEHUACAN	29,769,984	18,150,916	61	15,967,560	86	54
GRO	AMEALCO	2,806,704	1,717,748	61	1,313,186	76	47

Fuente: CNA

1.6.1 Experiencia En La Recuperación De Agua No Contabilizada

El Agua no contabilizada no es un problema que únicamente afecte a México, en la **Figura 6.0** podemos apreciar índices de agua no contabilizada para regiones del mundo, basada en el estudio de algunas grandes ciudades:

Este estudio se realizó con base en cuestionarios aplicados a grandes ciudades de las regiones incluidas en la **Figura 6.0**, sin embargo, las respuestas a los cuestionarios arrojan que la principal parte del agua no contabilizada son las pérdidas físicas, esto, como se verá más adelante, no se cumple siempre.



PÉRDIDAS DE AGUA

El interés principal sobre las operaciones del departamento de medición de la empresa de servicios de agua es la magnitud de UFW. La cantidad de UFW, refleja la diferencia entre el volumen del agua entregada al sistema de distribución y el agua facturada.

El valor de UFW está considerado un buen indicador de la eficiencia de las operaciones físicas de una empresa de servicios de agua.

El UFW incluye pérdidas físicas [el tubo se rompe y hay desbordamientos] y pérdidas comerciales [errores en la micromedición, tomas clandestinas incluyendo conexiones fraudulentas o no inscritas]. El valor del agua no contabilizada (UFW) es expresado como:

- Un porcentaje del total del agua suministrado (entregado al sistema de distribución, % UFW).
- Como $m^3/día/km$ de red de sistema de distribución de agua ($m^3/día/km$).

El rango medio de UFW en los países en vía de desarrollo de esta muestra es el 37 %, más del doble del porcentaje considerado aceptable en países industrializados (menos del 20 %). El rango más alto se encontró en Bursa, Turquía, con el 62 % y el más bajo en Abidjan, Costa de Marfil con el 17 %.

Los datos de UFW deben ser interpretados con cuidado, pues las proporciones UFW no son más que estimaciones gruesas ya que a menudo no se adhieren a la definición dada arriba.

En la siguiente tabla se muestran valores de UFW para distintas ciudades del mundo (**Tabla 2.0**).

Tabla 2.0. Valores de UFW

<i>Country/City</i>	<i>Year</i>	<i>Water Losses % UFW</i>	<i>Water Losses m³/day/km d.s.</i>
Brazil (average)	1989	39	42
• Brasilia	1989	19	27
• Sao Paulo Metrop. Area	1992	40 a/	70
• S. Catarina	1990	45	n.d.
• Minas	1990	25	n.d.
Chile			
• Valparaiso	1990	41	n.d.
• Santiago	1990	28	52
	1994	22	44
Colombia, Bogota	1991	40	135
Costa Rica	1991	45	n.d.
Ivory Coast, Abidjan	1993	17	n.d.
Algeria, Annaba	1992	35	n.d.
Gambia, Banjol	1993	27	n.d.
Guinea, Conakry	1993	53	n.d.
Senegal, Dakar	1993	29	n.d.
Ghana	1988	49	n.d.
Morocco	1990	32	n.d.
Nigeria			
• Katsina	1990	44	n.d.
• Kaduna	1990	41	n.d.
Togo	1990	22	7
Turkey			
• Bursa	1991	62	n.d.
• Ankara	1988	45	n.d.
Pakistan, Karachi	1989	40	n.d.
China, Changchun	1990	40	n.d.
Philippines, Manila	1988	59	n.d.
Thailand, Bangkok	1990	33	73
France, Bordeau	1982	15	n.d.
Canada (average)	1984	15	16
Japan (average)	1990	11	13
• Tokyo	1990	15	35
Macao	1991	11	n.d.
Singapore	1994	6	9
Spain, Murcia	1993	25 b/	22
USA (average)	1984	12	17

d.s. Es la abreviatura de "distribution system" (sistema de distribución)
 Fuente: Edición Twuws De Los Indicadores De Las Utilidades Del Agua Y De Las Aguas Residuales 2da Edición, 1996

COMPOSICIÓN DEL UFW: El UFW está formado por dos componentes principales: físico [el tubo con rotura y los desbordamientos en tanques de almacenamiento] y comercial [la medición de conexiones registradas, ilegales, etc.].

Un buen entendimiento del peso relativo de estos componentes es una condición para el desarrollo de un programa sano de reducción del UFW. En la **Tabla 3.0** se muestran algunos ejemplos de esto:

Tabla 3.0 Valores de UFW

<i>Country/City</i>	<i>Year</i>	<i>Composition of UFW (%)</i>		
		<i>Physical</i>	<i>Commercial</i>	<i>Total</i>
Singapore	1989	4	7	11
Spain, Barcelona	1988	11	12	23
Colombia, Bogota	1991	14	26	40
Costa Rica, San Jose	1990	21	25	46

Fuente: Edición Twuws De Los Indicadores De Las Utilidades Del Agua Y De Las Aguas Residuales La 2da Edición, 1996

1.7 EJERCICIO PROPUESTO

Ejercicio No. 1: *Determinación de agua no contabilizada y otros indicadores.*

Para el siguiente conjunto de datos, calcular los siguientes conceptos de una localidad "X":

1. *Agua no contabilizada (en m³/mes, UFW (%) y m³/km/día).*
2. *Dotación, en lt/hab/día.*
3. *Coefficiente de variación diaria (CVD).*
4. *Estimar el número de usuarios clandestinos, número de habitantes y su consumo, en m³/mes.*
5. *Volumen de pérdidas físicas, en m³/mes.*

DATOS:

- Población actual: 254,720 habitantes
- Longitud de la red de tuberías: 372.8 km
- Total de medidores instalados = 35,504
- Densidad de habitantes por usuario (medidor) = 5 hab / usuario
- Volumen suministrado total durante julio = 1.75 hm³/mes
- Ingresos en el organismo por venta de agua en julio = \$ 2,174,000
- Precio promedio del metro cúbico = 2.50 pesos
- Volumen suministrado el día de menos consumo durante julio = 40,700 m³/día
- Volumen suministrado el día de mas consumo de julio = 72,100 m³/día
- Total de empleados en la institución = 130 personas
- Cobertura de la micromedición = 69.7%

Para la solución del ejercicio, considere despreciables los errores en la macro y micromedición, además, suponga que en los usuarios con medidor no existen dobles tomas, de tal forma que los usuarios sin medidor operan en clandestinaje.

SOLUCIÓN:

1. Agua no contabilizada

Para poder conocer el volumen de agua no contabilizada, necesitamos conocer el volumen de agua facturada y restarlo al volumen suministrado al sistema.

De los datos del ejercicio, tenemos:

Ingresos en el organismo por venta de agua en julio = \$ 2,174,000

Precio promedio del metro cúbico = 2.50 pesos

Podemos conocer el volumen facturado de la siguiente forma:

$$\text{Volumen facturado} = \frac{\text{Ingresos en el organismo por venta de agua en julio}}{\text{Precio promedio del metro cubico}}$$

$$\text{Volumen facturado} = 869,600 \text{ m}^3/\text{mes}$$

Con diferencia entre el volumen suministrado y el volumen facturado, obtenemos el agua no contabilizada en m^3 :

$$\text{Volumen suministrado total durante julio} = 175 \text{ hm}^3/\text{mes}$$

$$\text{Volumen suministrado total durante julio} = 1,750,000 \text{ m}^3/\text{mes}$$

$$\text{Agua no contabilizada} = \text{Volumen suministrado total durante julio} - \text{Volumen facturado}$$

$$\text{Agua no contabilizada} = 880,400 \text{ m}^3 / \text{mes}$$

Para transformar el agua no contabilizada en un porcentaje de UFW utilizaremos la ecuación (1):

$$\text{UFW} = 100 \left[\frac{(1,750,000 \text{ m}^3/\text{mes} - 880,400 \text{ m}^3/\text{mes})}{1,750,000 \text{ m}^3/\text{mes}} \right] = 49.7\%$$

Para obtener el agua no contabilizada en $\text{m}^3 / \text{Km.} / \text{día}$ utilizamos la ecuación (2) y para hacer uso de esta ecuación debemos hacer un cambio de unidades en los volúmenes que hemos obtenido, dividiendo el volumen entre el número de días de julio (31 días):

$$\text{Agua no contabilizada } [(Vs - Vv)] = \frac{(880,400 \text{ m}^3/\text{mes})}{31 \text{ días}} = 28,400 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{UFW}_0 = \frac{(28,400 \text{ m}^3/\text{día})}{372.8 \text{ Km}} = 76.2 \text{ m}^3/\text{día/Km.}$$

2. Dotación

El primer paso para conocer la dotación es saber cuántos litros al día se suministra a la población, para ello utilizamos el volumen suministrado total en el mes de julio:

- ✓ Para pasar de hm^3 a litros se multiplica por 10^9 (1,000,000,000) [lt/hm^3]
- ✓ Para pasar de mes a días se divide entre 31 [días/mes de julio]

$$\text{Volumen suministrado total durante julio} = \frac{1.75 \times 10^9}{31} = 56,451,613 \text{ litros/día}$$

Para obtener la dotación dividimos el volumen suministrado entre la población de la localidad:

$$\text{Dotacion} = \frac{\text{Volumen suministrado total durante julio}}{\text{Poblacion}} = \frac{56,451,613 \text{ litros/día}}{254,720 \text{ habitantes}} = 222 \text{ litros/hab/día}$$

3. Coeficiente de variación diaria (CVD)

Para calcular el coeficiente de variación diaria partimos de la siguiente fórmula:

$$Q_{MD} = Q_m \times CVD \dots\dots\dots Ec. (3)$$

Donde:

Q_{MD} = Gasto máximo diario, en litros/seg.

Q_m = Gasto medio diario, en litros/seg.

CVD = Coeficiente de variación diaria.

Como se observa, necesitamos conocer el Gasto máximo diario y el Gasto medio diario para poder obtener el coeficiente de variación diaria.

Gasto máximo diario

De los datos tenemos

Volumen suministrado el día de mas consumo de julio = 72,100 m³/día

- ✓ Para pasar de m³ a litros se multiplica por 10³ (1,000) [lt/m³]
- ✓ Para pasar de días a segundos se divide entre 86,400 [segundos/día]

$$Q_{MD} = \frac{72,100 \times 1,000}{86,400} = 834 \text{ litros/seg.}$$

Gasto medio diario

El gasto medio diario lo calculamos de la siguiente manera:

$$Q_m = \frac{\text{Dotacion} \times \text{Poblacion}}{86,400} = \frac{222 \times 254,720}{86,400} = 653.4 \text{ litros/seg.}$$

Por lo tanto:

$$CVD = \frac{Q_{MD}}{Q_m} = \frac{834.5}{653.4} = 1.28$$

4. Estimar el número de usuarios clandestinos y su consumo

Para estimar el número total de usuarios de la población total actual y así encontrar el número de usuarios clandestinos, se plantea lo siguiente:

Población actual: 254,720 habitantes

Densidad de habitantes por usuario (medidor) = 5 hab / usuario

Total de medidores instalados (usuarios legales) = 35,504

$$\text{numero total de usuarios en la localidad} = \frac{\text{Poblacion actual}}{\text{Densidad de habitantes por usuario}}$$

$$\text{numero total de usuarios en la localidad} = \frac{254,720 \text{ habitantes}}{5 \text{ habitantes / usuario}} = 50,994 \text{ usuarios}$$

Número de usuarios clandestinos = usuarios en la localidad (total) - usuarios legales

Número de usuarios clandestinos = 15,440

Para conocer la cantidad de habitantes con tomas clandestinas, simplemente multiplicamos el número de usuarios clandestinos por la densidad de habitantes:

Habitantes con tomas clandestinas = Densidad \times número de usuarios clandestinos

Habitantes con tomas clandestinas = 77,200 habitantes

Considerando que el número de tomas clandestinas está asociado a la falta de instalación de medidores en la localidad, para conocer el volumen de tomas clandestinas ocupamos dicho porcentaje y lo multiplicamos por el volumen total suministrado en julio.

Volumen clandestino = $(1 - 0.697) \times$ volumen total suministrado en el mes de julio

Volumen clandestino = 530,400 m³/mes

5. Volumen de pérdidas físicas

El volumen de pérdidas físicas es entonces la diferencia entre el total de agua no contabilizada y el volumen de consumo clandestino:

Pérdidas físicas = Agua no contabilizada [m³/mes] - Volumen clandestino [m³/mes]

Pérdidas físicas = 350,000 m³/mes

Otra forma de presentar las pérdidas físicas es en m³/mes/m, esto se calcula dividiendo el volumen de pérdidas entre la longitud total de tubería en metros:

Pérdidas físicas = 0.94 m³/mes/m

Para redondear el ejercicio, puede comparar los índices encontrados con las estadísticas que se han mostrado a lo largo de este capítulo y comentar sus conclusiones. Si bien, está visto que es un problema teórico, pues no se contemplan algunas otras variables (errores, tomas dobles, etc.), si es un buen principio para el análisis del servicio prestado por un organismo encargado de la distribución de agua potable en una localidad.

OBJETIVO PARTICULAR

Analizar las diferentes alternativas y sistemas de medición del abastecimiento de agua potable para obtener una adecuada operación, planificación y diseño técnico en la conducción y distribución de agua potable a los usuarios.

2.1 INTRODUCCION

Se conoce con el nombre de organismo operador a las entidades de los gobiernos municipales o estatales, centralizados o descentralizados que tienen la responsabilidad de prestar a la población servicios de:

- Captación, potabilización y conducción de agua potable.
- Distribución y Suministro de agua potable
- Recolección de aguas residuales
- Operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales
- Disposición final de efluentes

La misión de un organismo operador no se limita a los aspectos técnicos y operativos del servicio, sino que abarca la promoción de la salud de la comunidad a la que sirve llegando a convertirse en un pilar del desarrollo social y económico de la misma.

En este contexto, el organismo operador responde al compromiso de administrar, operar, mantener, ampliar y construir los sistemas de agua potable alcantarillado y tratamiento de aguas que cubran las necesidades de la población con calidad, cantidad y efectividad así como el cobro de un costo justo y equitativo que permita y garantice su autosuficiencia financiera.

Debido a la importancia del cumplimiento de las actividades antes mencionadas, se destaca que su ejecución representa altos costos, lo que significa una inaplazable disposición de recursos económicos, los cuales deben generarse a través de la recaudación de las cuotas y la aplicación de las tarifas que los usuarios deben pagar como contraprestación.

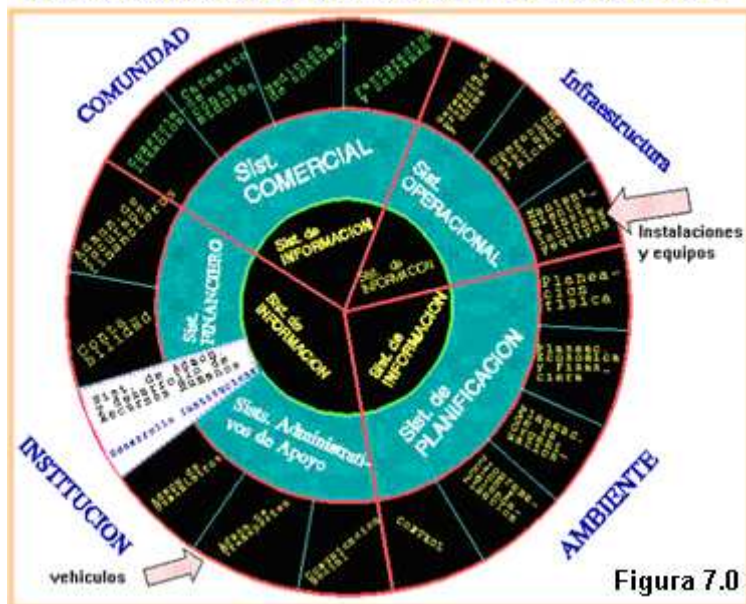
Los organismos operadores, cumplen con sus funciones en áreas de prestación directa de los servicios. La mayoría son estructuras legales que iniciaron su operación en el año de 1980, cuando por decreto presidencial, la Federación transfiere a los estados la responsabilidad de prestar los servicios de agua potable.

Con base en los objetivos de la empresa pueden identificarse las funciones básicas que se consideran dentro de los siguientes sistemas organizacionales:

- *Sistema operacional*
- *Sistema comercial*
- *Sistema administrativo y de apoyo*
- *Sistema financiero*
- *Sistema de planificación y control*

Dichas funciones se distribuyen de diferentes formas, de acuerdo con cada empresa. También podrían idearse muchas maneras de representar a una organización. Algunos ejemplos son: niveles jerárquicos, organigrama de funciones, diagramas de flujo de procesos, pirámides de comunicación, etc.

Organización Sistémica de la Empresa de Servicios del Agua



La figura 7.0 es una de tantas representaciones, donde se trata de destacar la afinidad de algunas áreas de trabajo en un organismo de agua, que pueden conjuntarse en los cinco subsistemas antes mencionados. Los subsistemas integran a un sistema mayor, llamado organismo operador, o empresa de agua; y que lo que permite ligar como unidad a los subsistemas son sus correspondientes *sistemas de información*, razón por la que se representan en el centro de la **figura 7.0**.

De hecho no importan mucho las divisiones de organigrama. Lo fundamental es que haya responsables con la suficiente capacidad gerencial y poder de decisión para efectuar una adecuada gestión de la información, y que haya buena intercomunicación entre todos los departamentos.

Dentro del Sistema de Información, se encuentran los resultados de la medición, el *sistema comercial* es quizá el que más injerencia tiene, especialmente en cuanto a micromedición. Aparte, al *sistema operacional* le corresponde medir en las fuentes (macromedición) y dar mantenimiento o reponer los equipos y esto no sería posible sin datos de medición.

Los sistemas de *planificación*, y el *financiero* deben encargarse de evaluar los resultados globales de la empresa de servicios y de utilizar estratégicamente los datos de medición, como parte del sistema de información, sirven también para generar una adecuada planeación a corto, mediano y largo plazo, de la operación y control de la demanda. Finalmente, los *sistemas de apoyo* administrativo y de mantenimiento deben aportar la logística para la toma de decisiones en el reemplazo y mantenimiento de la infraestructura y equipamiento hidráulico a partir de los datos de medición.

Podemos concluir que un organismo operador puede sobrevivir sin medición, sin embargo, esto puede representar un precio muy alto en la calidad de los servicios al usuario, de ahí que la medición sea indispensable para que un organismo sea bien administrado y eficiente.

2.2 HISTORIA DE LA MEDICIÓN DEL AGUA

Un medidor del agua es un dispositivo para conocer la cantidad de agua que pasa a través de un conducto, generalmente para los propósitos de la facturación. Los medidores de agua tienen varios sinónimos, utilizados en diversas ciudades, países o circunstancias. Algunos de estos términos equivalentes son medidores del volumen, dispositivo calibrador de flujo, totalizador del agua, flujómetro, acumulador.

El dispositivo físico que mide el agua consumida en una casa o industria, en la extracción de un pozo o de una fuente similar, es simple comparado a otros instrumentos. Este dispositivo se encarga de cuantificar el agua entregada y su funcionamiento depende de las condiciones de presión a la entrada y de la velocidad con la que el agua pase a través de este.

En ciudades, cuando el consumo se paga por medición de volúmenes, los medidores se deben instalar de manera masiva, por lo tanto, la logística para asegurar su lectura oportuna, calidad, precisión, reparación, reemplazo y varios otros aspectos, requiere la participación de técnicos cuidadosos en su planeación e instalación. Muchas ciudades del mundo dependen de los medidores hoy en día, aunque son relativamente modernos (no más de 150 años) y están teniendo una evolución rápida. Repasemos un poco sobre esta evolución:

Los seres humanos han tenido gusto siempre de contar y de medir cosas (**el "hombre es la medida de todas las cosas", Pitágoras**). Más adelante, algunas otras unidades y dispositivos de la cuantificación que medían fueron inventados, aunque la cuenta de un líquido sin forma y móvil no era tan fácil hace algunos siglos.

Los antiguos medidores de agua eran los relojes del agua o la "clepsidra que se utilizó desde cerca del 325 A.C., estos eran recipientes de piedra con lados que tenían una inclinación tal que permitiera un flujo casi constante por un orificio que tenía en el fondo el recipiente.

Los relojes más sofisticados y artísticos que funcionaban a base de agua fueron utilizados en pequeñas ciudades. Estos medidores tenían un funcionamiento inverso al de hoy en día, pues medían el tiempo con base a un volumen conocido de agua; ahora se desea conocer el volumen de agua en función de un lapso de tiempo conocido.

La mayoría de los medidores modernos, tienen como principio contar el número de vueltas realizadas por una turbina, que es accionada por el paso del agua. Ésta es la base de la invención de sir Guillermo Siemens, quién patentó su contador del agua "medidor del fluido" en abril de 1852. W. Siemens también inventó los medidores para otros usos.

Irónico pero en Inglaterra, donde los medidores fueron inventados, hasta este momento permanece como uno de los pocos países en donde casi ninguna casa tiene contadores del agua instalados. Esto da la idea de la complejidad y del costo de instalarlos y de su lectura, particularmente cuando no son realmente las indispensables

“En nuestro país en la época virreynal según: “El acueducto de Morelia como obra hidráulica”, el servicio medido de agua era aplicado: el criterio de “Medidas de Agua”: ... “Para ejercer un adecuado control sobre las concesiones del agua, fue necesario cuantificar el caudal que aportan los orificios practicados en los recipientes o en los conductos”.

En la época novohispana llegó a privar tal anarquía respecto a dicha cuantificación que, en 1792, el Virrey Don Juan Vicente de Güemes Pacheco y Padilla, segundo Conde de Revillajigedo (1789-1794), ordenó la realización de estudios experimentales a fin de establecer medidas estándar para las mencionadas mercedes o concesiones. Las dimensiones de los orificios correspondientes se muestran a escala natural en la **Figura 8.0**, llamada tamaño de orificios para concesiones de agua.

Los estudios hechos determinaron, que el orificio correspondiente a una paja de agua es el que da una libra – o cuartillo – de líquido en un minuto, que en unidades del sistema métrico decimal corresponden a un caudal de .0077 litros por segundo (ó sea 605 litros por día, a partir de lo cual es muy simple calcular los caudales asociados a los demás orificios.

Esto significa que con una paja se requería de 41 minutos para llenar un garrafón doméstico actual de 19 litros y que en las 24 horas de un día se reunirían 665 litros.

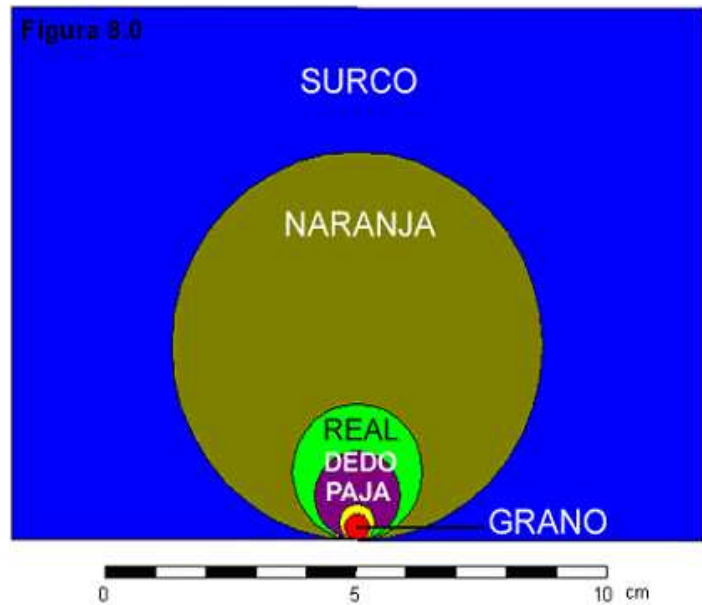
Por ello se decidió que la mínima concesión a favor de particulares no debía ser inferior a 5 pajas (.0385 l/s), que en un día equivalen a un volumen de 3.32 metros cúbicos de agua, era un volumen “sobrado para cualquier comunidad”, o bien, más que suficiente al abasto de un molino para el uso de lavar sus trigos, y que a hospitales y fuentes públicas les bastaba con 24 pajas (0.1848 l/s) esto es, 16 metros cúbicos en un día.

Otros ejemplos ilustrativos de medidas y concesiones para usuarios mayores son:

- ◆ Para abastecer a una ciudad, medio buey de agua igual a 24 surcos, es decir 79.5 litros/ segundo, equivalentes a 6,869 metros cúbicos al día.
- ◆ Para accionar un molino de trigo se requerían de 8 surcos (26.6 litros / segundos) es decir 2,298 metros cúbicos al día.
- ◆ Para regar una caballería de tierra (38.76 hectáreas) cultivada con caña de azúcar, se requerían de 4 surcos (13.3 litros/ segundo); es decir 1,150 metros cúbicos al día.
- ◆ Para regar una caballería de trigo o maíz se requerían de 3 surcos (10 litros / segundo), es decir 864 metros cúbicos al día”.

Lo anterior constituía un sistema incipiente de micromedición y quizás de servicios comerciales del agua en aquella época, como estos procedimientos deberían existir miles de historias, una por cada ciudad.

En la **Figura 8.0** se muestra el patrón de medidas que era utilizado en los servicios de agua potable en la ciudad de Morelia.



2.3 OBJETIVOS E IMPORTANCIA DE LA MEDICIÓN

Algunos de los objetivos de la medición son:

- Comprender la importancia de la medición
- Comprender el impacto en la gestión del agua
- Conocer las características y técnicas de medición
- Comprender el impacto en los programas de uso eficiente

➤ Operación

- Balance de agua apropiado
- Conocer el comportamiento de la demanda y el consumo de agua en equipos de extracción y en operaciones de uso de agua
- Detección y caracterización de fugas
- Optimización de tratamiento
- Apoyo al control del proceso
- Racionalización de los recursos hídricos

➤ Gestión y planeación

- Facturación acorde a un servicio medido
- Registros históricos del consumo
- Futuras ampliaciones en el servicio
- Comparación de demanda y disponibilidad
- Optimización de costos
- Cumplimiento normativo
- Generar datos estadísticos que permitan evaluar los programas de operación, mantenimiento y del uso eficiente del agua

La medición en un sistema de abastecimiento de agua, usa un conjunto de equipos medidores, graficadores y accesorios cuyo objetivo es identificar los caudales captados, conducidos y distribuidos; además, la medición es fundamental para una adecuada planificación, diseño, construcción, operación, mantenimiento y administración del abastecimiento de agua, siendo un instrumento indispensable en la ejecución de las siguientes actividades:

- Obtener la dotación per cápita real de los sistemas y distintos sectores de abastecimiento de agua.
- Determinar los volúmenes y caudales de agua entregados en los sectores de producción y comparar la disponibilidad con la demanda de agua.
- Obtener las presiones y niveles de agua en puntos significativos de los sistemas de abastecimiento.
- Obtener el equilibrio del suministro de agua en las diferentes zonas de presión, así como la homogeneidad de presiones en la red de distribución.
- Evaluar las condiciones hidráulicas reales de funcionamiento de los sistemas de abastecimiento de agua.
- Planear y ejecutar los programas de mantenimiento preventivo y correctivo de conductos, redes, instalaciones electromecánicas y plantas de tratamiento.
- Evaluar el tiempo de saturación de los sistemas en función de la evolución demográfica, socioeconómica y cultural de las comunidades.
- Determinar los volúmenes de agua no facturados
- Determinar los componentes de perdidas en el sistema de distribución
- Evaluar el sistema de micromedición existente, incluyendo el grado de adecuación de los medidores domiciliarios al régimen de demanda de los usuarios, grado de exactitud, precisión y sensibilidad de los equipos, eficiencia de mantenimiento, plan de sustitución, grado de eficiencia de lecturas y procesamiento de datos.
- Planear e implantar programas de medición.
- Formular, implantar y controlar las políticas tarifarias de las empresas de agua y saneamiento.
- Desarrollar programas para reducir costos.
- Desarrollar estadística de las mediciones que permitan evaluar los programas de operación, mantenimiento y del uso eficiente del agua, desarrollando mecanismos que permitan el control de la demanda, así mismo, para corregir y / o aumentar el programa de macro y micro medición.

La experiencia actual concluye que una empresa de servicios de agua y saneamiento tendrá posibilidades de ofrecer un servicio rentable sólo será posible en la medida en que se desarrollen los dos sistemas de medición: **macro y micro medición**. Recomendándose iniciar con la instalación e instrumentación de la micromedición e ir desarrollando en paralelo la macromedición. Por lo anterior, las razones y las prioridades de mejorar o de adoptar la medición de los hogares pueden variar con el lugar y el tiempo. Por ejemplo en países áridos pobres, con las poblaciones urbanas crecientes rápidas, las prioridades, e importancia pueden ser las siguientes:

- a) conservación del agua. Obligue a los usuarios que consuma menos agua a través de cargas volumétricas. El agua ahorrada puede permitir: extender el sistema, mejorar los estándares del servicio o protección al ambiente.
- b) recuperación del costo y solidez financiera de la compañía del agua. Rédito apropiado para todos los costos (abastecimiento de agua, alcantarillado, drenaje pluvial u otros servicios) y disposición para las inversiones futuras.
- c) equidad individual de la casa. Evite las prácticas discriminatorias asociadas a tarifas fijas de carga según volumen utilizado.
- d) reducción de consumos clandestinos del agua (conexiones y salidas clandestinas) con una información mejor sobre consumos medidos.
- e) disminución de la demanda máxima. Reducir las aplicaciones no-imprescindibles, aún cuando proporcione la posibilidad de tarifas estacionales u horarias.
- f) equidad social. A favor de los consumidores pobres, usando menos agua, con tarifas más bajas o con subsidios.
- g) datos mejores sobre las demandas y las variaciones para mejorar la operación y el planeamiento del sistema del agua.

Decidir un conveniente sistema de medición para un lugar no previamente medido, o su aumento de donde existe parcialmente, requiere una evaluación cuidadosa de un amplio espectro de elementos, evaluando factores económicos y de políticos locales, al presupuesto de la familia. También implica: hábitos de la familia, salud, organización institucional, estándares y muchos más del servicio del agua. **La Figura 9.0** representa los diversos ángulos y elementos que se deben tomar en cuenta en la planeación de la medición.



Figura 9.0

La planeación de los medidores de agua requiere de un enlace claro y cuidadoso, técnico, administrativo, aspectos legales y sociales implicados.

2.3.1 Barreras de la medición

- Interés de la gerencia en Operaciones/Procesos unitarios de mayor importancia para la empresa (el agua es un servicio...)
- Tipo de Operaciones/Procesos
- Subsidio del agua
- Tamaño de la red de agua
- Características de la red de agua (enterrada, aérea, planos, etc.)
- Poca utilización de los datos de medición y la operación de los sistemas
- Poca mantenimiento y calibración de los medidores
- Educación (Operaciones de Uso de Agua)
- Resistencia del personal

2.3.2 Tipos de medición

Existen diversas formas de cuantificar consumos, sin embargo no hay que confundir medir con instalar medidores, La selección de un método adecuado es la diferencia entre un buen proyecto y una mala inversión.

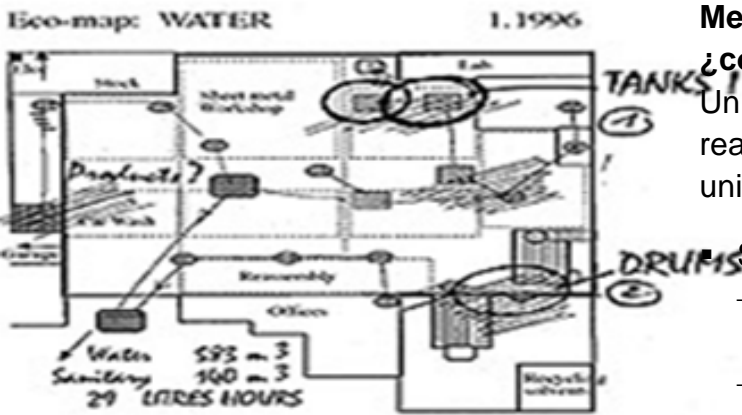
- **Medición Selectiva**
- **Medición Sectorial**
- **Medición Combinada**

Medición Selectiva: Consiste en localizar a los grandes consumidores y empezar la medición con ellos, para optimizar la gestión en estos equipos y/u operaciones, logrando al mismo tiempo optimizar la gestión de la mayor parte de la empresa.

Los eco-mapas un acercamiento al problema

El eco-mapa es una herramienta original y simple que ayuda a pequeñas compañías a implementar la administración ambiental.

- Un inventario de prácticas y problemas
- Un método sistemático de conducir una revisión ambiental en un lugar
- Una colección de información que muestra la situación actual usando medios visuales
- Una herramienta de sensibilización en el trabajo
- Una herramienta de “hágalo usted mismo”
- Una herramienta que permite la participación de empleados



TO DO:

1. Pierre A.: Empty, office tank
Well sedimentation tank → 6.96
2. Enrico M.: Close drums
Move hydraulic oil immediately!!

Figura 10.0

Medición selectiva, los eco-mapas, ¿cómo hacerlos?

Un mapa del lugar, en caso necesario, realizar mapas independientes para unificarlos posteriormente

Símbolos:

- Líneas: Problema pequeño (área por monitorear, problema a estudiar)
- Círculos: Gran problema (Deténgase, acción correctiva); entre más serio sea el problema se debe incrementar el grosor del círculo

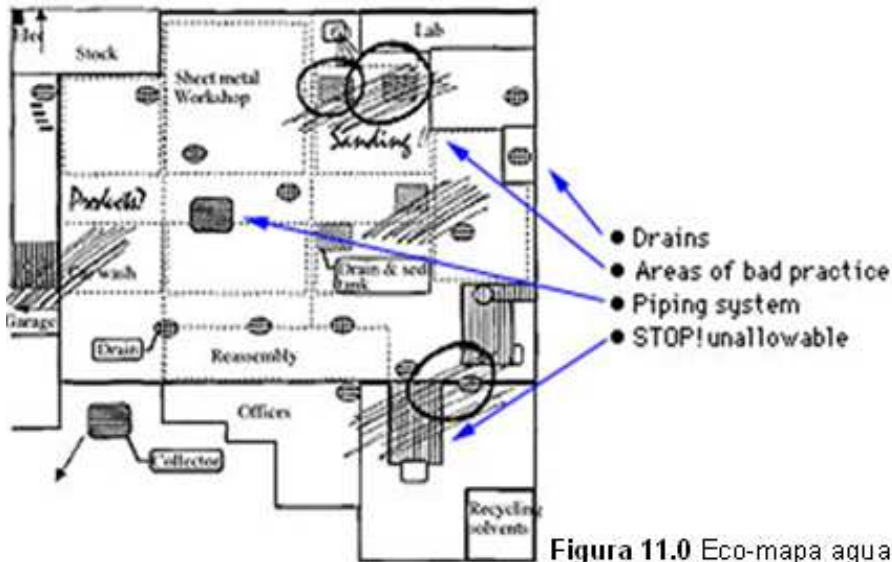


Figura 11.0 Eco-mapa agua

Medición selectiva, instalación de medidores

- Una vez analizado el eco-mapa se puede determinar el tipo y la cantidad de medidores, así como el posible lugar de su instalación
- Para la instalación del medidor es requisito conocer los planos de la red hidráulica o en su defecto generar y/o actualizar los planos

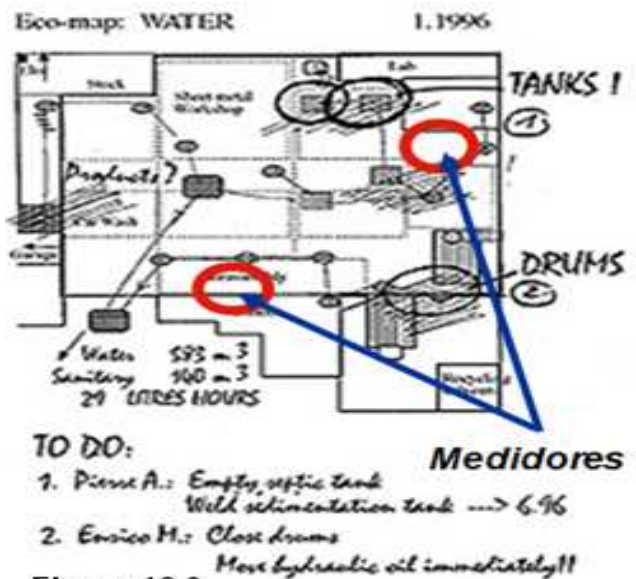
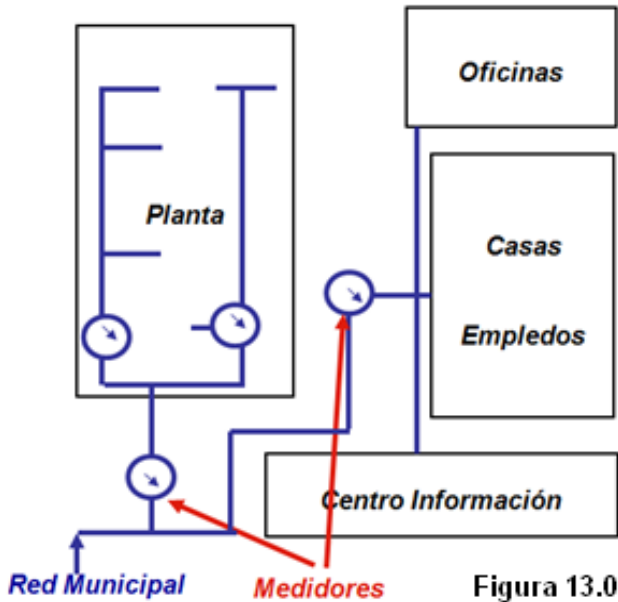


Figura 12.0

Medición Sectorial: Medición de un predio con varios consumidores, prorrateando el consumo medido entre todos ellos. Para que esta opción sea justa deberá de conocerse la cantidad real de tomas, que se estime el porcentaje de pérdidas en la distribución y que se tomen en cuenta hidrantes y otras derivaciones



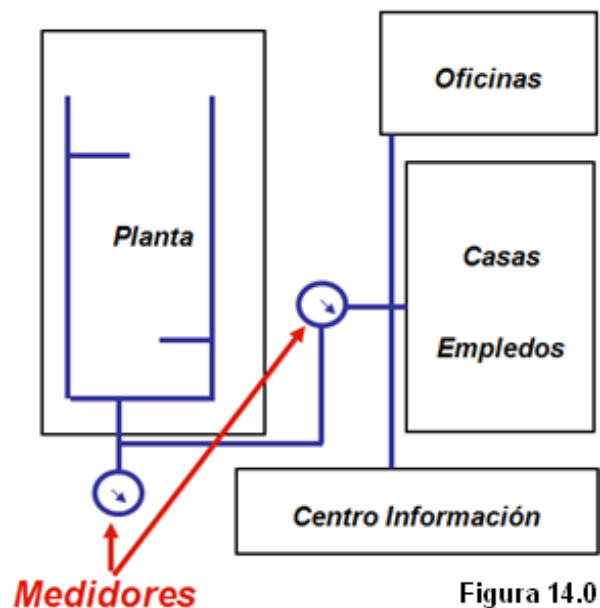
La **Figura 13.0** muestra un ejemplo de medición sectorial

- No es recomendable usar este método en las plantas industriales, sin embargo, puede ser un buen método para realizar estimaciones
- Las aplicaciones en planta son muy limitadas, es aplicable sólo cuando los equipos operan igual y sus capacidades similares

Medición Combinada: Es una mezcla de los dos sistemas anteriores. Se aplica en áreas donde los consumos no son homogéneos. Por ejemplo en una zona abastecida por un sólo tanque se puede poner un macromedidor a la salida del mismo, colocar micromedidores a los grandes consumidores y de la lectura del macromedidor, restar los grandes consumidores, las pérdidas y los volúmenes públicos y el resto prorratarlo entre los que no tienen medidor.

La **Figura 14.0** muestra un ejemplo de medición combinada

- Es una opción ideal para ir realizando acciones paulatinas y programadas
- No olvide restar los consumos públicos, como por ejemplo el riego de jardines
- Recuerde No es necesario tener una medición en cada línea!!!, en estos casos el prorrateo puede ser muy útil



2.3.3 Como Realizar La Medición

- **Medición Directa:** Aquella que cuantifica la propiedad física de manera directa (flujo, volumen, presión, etc.).
- **Medición Indirecta:** Aquella que cuantifica la variable, mediante la medición de otras variables secundarias relacionadas con la propiedad física a medir, como por ejemplo, la determinación del flujo a través de la medición de el volumen y el tiempo.
- **Medición Puntual:** Aquella que cuantifica la propiedad física en un momento dado en el tiempo. No representa un comportamiento, sólo sirve para realizar una estimación preliminar debido a los altos riesgos de una lectura en un punto máximo o mínimo.
- **Perfil de Medición:** Aquella que cuantifica la variable, en un periodo de tiempo determinado y suficiente para caracterizar un perfil o comportamiento. Se generan datos confiables para utilizarlos en cálculos, pero la calidad de estos dependerá en gran medida de una buena determinación del tiempo de caracterización.

PERO ¿QUE MEDIR?

En gran medida depende del alcance del programa de Uso Eficiente del Agua y de que aspectos se abarquen: conservación y/o calidad. Aunque es posible ver estos aspectos de manera individual siempre es importante interrelacionarlos, las acciones en un aspecto afectan al otro.

- **Conservación:** Flujo, volumen, temperatura, presión, tiempo, producción, nivel de ocupación
- **Calidad:** Químicos para tratamiento y agentes contaminantes (caracterización)

Y... EN ¿DONDE MEDIR?

La medición en algunos puntos clave es vital:

- **Abastecimientos:** es vital para obtener por lo menos el balance general
- **Distribución:** el consumo de las líneas principales puede justificar la medición
- **Almacenamientos:** particularmente cuando se tienen operaciones/procesos por pasos (Batch)
- **Extracciones:** consumos en equipos de extracción (industriales o domésticos) principales y caracterización de operaciones de uso de agua significativas (limpieza general, retrolavados, etc.)
- **Fugas:** cuando sea posible, estas pueden representar hasta un 30% del consumo
- **Recirculaciones:** importante para conocer el grado de reusó de agua

- **Descargas:** en la medida de lo posible se debe conocer el caudal descargado el cual puede ser muy diferente al alimentado. Además se debe conocer la calidad del agua descargada
- **Tratamiento:** de gran importancia, mientras más complicado y costoso es el proceso de tratamiento mayor es la necesidad de conocer su caudal por las afectaciones económicas, la importancia aumenta si el agua es usada/reusada en el proceso

¿CON QUE MEDIR?

- Medición a través de medidores de caudal de agua, ya sea en el sistema de distribución o en el equipo que emplea el agua
- Medición del agua extraída para determinada operación, mediante el método de volumen/tiempo
- Medición del agua extraída para determinada operación, mediante el método volumen/frecuencia



Figura 15.0

La **figura 15.0** muestra algunos tipos de medidores

Existen dos tipos de medidores:

- Medidores fijos (que aportan los resultados más confiables)
- Registradores temporales (normalmente ubicados en un sitio específico durante un corto periodo de tiempo)

2.3.4 Métodos de Medición de Caudal:

- **Medidores Fijos** (también llamados permanentes), aportan datos:
 - Precisos
 - En diferentes periodos de tiempo (diarios, semanales, mensuales, estacionales, anuales, etc.)
 - Durante eventos poco usuales (consumos extraordinarios, fugas, operaciones extraordinarias)
 - Datos a largo plazo para diagnósticos de uso de agua, balances hidráulicos y para estimar tendencias a largo plazo
 - Datos útiles para la gestión del agua
- **Medidores Temporales** “Existen dos tipos de medidores temporales”:

1.-) Medidores: externos a la tubería

- Ultrasónicos
- Pueden medir varios tipos de fluidos
- No requieren modificaciones a la tubería
- En tramos rectos (aprox. 30 veces diámetro del tubo)
- Interferencias por corrosión o incrustación
- Interferencias por golpes de ariete y vibraciones
- Alto costo

2.-) Medidores: de inserción

- Cabeza electromagnética o propela
- Requiere punto de entrada en la tubería
- Interferencias por aire
- Más exactos que los medidores externos
- Sólo miden un tipo de fluido

2.4 ENFOQUES SOBRE LA GESTIÓN DE LA MEDICIÓN Y EL USO DE LA INFORMACIÓN.

Existe un concepto erróneo de medición, no debe pensarse exclusivamente en medidores de manera independiente, por un lado micromedición y por otro macromedición, como soluciones aisladas. La medición se debe definir como un subsistema integral que incluya a la micro y macromedición en infraestructura hidráulica, por lo tanto debe ser pensada como un subsistema del sistema de información (planificación y control).

Los diferentes equipos de medición generan datos, los cuales se convierten en información siempre y cuando sean útiles y estén disponibles en forma y tiempo. Los organismos operadores necesitan esta información para apoyar la toma de decisiones en los diferentes sistemas que los forman (planeación, operación, etc.), por lo mismo, los distintos sistemas deben compartir la información de manera práctica. Lo anterior se ejemplifica con el diagrama mostrado en la **Figura 16.0**

En ocasiones no se necesita medir o tener cifras concretas para que la información sea útil. Por ejemplo puede ser mejor saber si un tanque ha tenido derrames y su frecuencia, que el tener estadísticas detalladas del nivel del agua cuando no ocurren fallas.

Este trabajo particularmente trata de enfocar la medición a volúmenes, presiones y niveles del agua, pero una propuesta aquí es que también se involucre la medición en aspectos comerciales, la eficiencia y la eficacia en cumplir objetivos.



Otra manera de decirlo es que las mediciones precisas requieren de interpretaciones cualitativas, para adquirir su verdadero valor y relevancia. El sistema de gestión de la medición es fundamental para lograrlo.

“Actualmente el campo de aplicación prioritario de la medición es conocer el agua no contabilizada y evaluar posibles acciones de rescate de esos volúmenes. Además, la micromedición tiene aplicación en la cobranza por uso del servicio”.

Entonces con esa misma información, bien organizada y analizada, se podrán hacer varias otras cosas como: conocer demandas, predecir demandas, detectar y evaluar fallas de operación, desarrollar, calibrar y alimentar modelos hidráulicos, acrecentar y hacer más confiable el acervo estadístico (enriquecer bases de datos y conocimiento), prevenir situaciones de riesgo o peligro (inseguridad) para la infraestructura o incluso para la población, mejores análisis de optimización y evaluaciones de costos / beneficios y reglas expertas para toma de decisiones, propuestas para mejorar la calidad del servicio a los clientes, o la situación tarifaria de la empresa, así como dar apoyo técnico a otros proyectos (expansión de la red, abatimientos y evolución de niveles frías en pozos de extracción), tratamiento de aguas negras, eficiencias de equipos electromecánicos.

Definitivamente todo lo anterior, y quizá varias cosas más serán posibles gracias a un mejor **“sistema de gestión de la medición”** (que no se limita a instalar medidores, sino que abarca toda la logística necesaria, incluyendo esfuerzos de implantación y consolidación). Por ello mismo, es importante definir *objetivos, prioridades, secuencias, responsables y normas*.

Debe tenerse claro que no todas las acciones tienen los mismos tiempos de maduración, pudiera ser incluso que la aplicación de detección y corrección de fugas sea posterior a consolidar la cuestión de bases de datos o de modelos hidráulicos.

Es decir: *no necesariamente lo urgente o prioritario tiene que ir primero, si hay riesgo de que no se haga bien por falta de sustento*, en todo caso hay que hacerlo en paralelo con lo que sí le dará fortaleza.

En otras palabras: ***“hay que atacar el origen de la enfermedad, no los síntomas”.***

La **Tabla 4.0** muestra de manera clara la importancia de la interacción de las diferentes eficiencias (física y comercial) dentro de un organismo operador, y como se afecta su eficiencia global con diferentes combinaciones.

De donde se concluye que en cualquier caso siempre deberán realizarse acciones de incremento de cobranza, aún cuando no se estén llevando a cabo acciones para el incremento en la eficiencia física, o de lo contrario la eficiencia global tenderá a reducirse.

Tabla 4.0. Combinación de acciones de reducción de fugas y aumento en el volumen de facturas cobradas.

Si el volumen de las fugas disminuye	Sí el volumen de facturas cobradas	El porcentaje de eficiencia comercial	El porcentaje de eficiencia global
Aumenta el volumen consumido y la Eficiencia física	Disminuye	Disminuye	Disminuye
	Se mantiene	Disminuye	Se mantiene
	Aumenta en la misma proporción	Se mantiene	Aumenta
	Aumenta en proporción mayor	Aumenta	Aumenta
	Aumenta en proporción menor	Disminuye	Aumenta
Si el volumen de las fugas se mantiene	Sí el volumen de facturas cobradas	El porcentaje de eficiencia comercial	El porcentaje de eficiencia global
El volumen consumido y la eficiencia física no cambian	Disminuye	Disminuye	Disminuye
	Aumenta	Aumenta	Aumenta
Si el volumen de las fugas aumenta	Sí el volumen de facturas cobradas	El porcentaje de eficiencia comercial	El porcentaje de eficiencia global
Aumenta el volumen consumido y la eficiencia física	Se mantiene	Aumenta	Se mantiene
	Aumenta	Aumenta	Aumenta
	Disminuye en proporción mayor	Disminuye	Disminuye
	Disminuye en proporción igual	Se mantiene	Disminuye
	Disminuye en proporción menor	Disminuye	Disminuye

Fuente: "Planeación de acciones de incremento y control de la eficiencia en sistemas de agua potable", CNA, IMTA.

2.5 UNA VISIÓN PARA DESARROLLAR LA MEDICIÓN

El impulso a la medición en un organismo operador puede tener muchos caminos, incluso variantes en sus propósitos y prioridades. Así como en los plazos para hacerlo y en la cantidad de recursos humanos y financieros que se le destinen. En México, la mayoría de las empresas tienen poco desarrollo y la medición es un aspecto donde claramente se observan deficiencias. Por otra parte, no es difícil tener una clara imagen de las que metas a las que se debe aspirar en el ámbito de la medición. Basta con mirar el nivel de desarrollo, control operativo y servicios de los organismos operadores de agua de los países desarrollados.

En dichos organismos se tienen ágiles flujos de información y métodos para conocer en *tiempo real*, en oficinas centrales, lo que sucede en diferentes sitios del sistema; e incluso la posibilidad de operarlos automáticamente o a control remoto.

Todo ello presenta grandes ventajas en cuanto a seguridad y eficiencia, repercutiendo favorablemente en la calidad del servicio y la posibilidad de mantener tarifas bajas o mayores recursos para el organismo. Teniendo como objetivo final llegar a un sistema de medición y control como en países desarrollados, pueden plantearse varias alternativas para alcanzarlo, como pueden ser:

- a) **“Cobertura extensa, con evolución gradual”**.- La idea aquí es que haya medidores en los puntos más importantes de los acueductos, plantas de tratamiento y red de distribución. Aunque en un principio, su densidad, frecuencia de lectura o precisión no sean muy buenos, esto permitirá conocer mejor el sistema y detectar posibles puntos críticos como: derrames, pérdidas de agua, o fallas de operación. Con esa visión general se podrá ir evolucionando e instalar más medidores, mejorar su precisión o cobertura hasta alcanzar mayores niveles de control. De esta manera, en algunos años, se podría llegar a un *GIS (sistema de información geográfica en tiempo real)* conjuntamente con un *SCADA (sistema de supervisión y actuación a distancia)* moderno y confiable.
- b) **“Actualización completa por subsistemas”**.- Esta alternativa propone modernizar por completo, algún acueducto o tramo de la red de distribución. Una vez realizado este trabajo, con todas las modificaciones necesarias, se debe seguir el mismo procedimiento con el siguiente tramo de la red o con otro acueducto, utilizando la tecnología aplicada en la primera parte, hasta lograr un control automatizado en toda la red.
- c) **“Cobertura extensa y evolución gradual, con automatización estratégica”**.- Esta alternativa, en cierto modo, equivale a una combinación de las dos anteriores. Donde la prioridad sería un desarrollo homogéneo y gradual, cubriendo geográficamente a todo el sistema de agua, igual que en el inciso “a”. Adicionalmente se puede adelantar y hacer pruebas con equipo de tecnología sofisticada en algunos sitios selectos, o fracciones pequeñas del sistema, que no impliquen graves riesgos en caso de fallas. La ventaja sería poder, de manera simultánea a la modernización de la infraestructura, capacitar a parte del personal en el manejo de equipos más delicados y desarrollar software apropiado para la etapa final.

En realidad cualquiera de esas alternativas pudiera ser apropiada; depende fundamentalmente de los aspectos logísticos y de la madurez en el manejo y uso de la información, no tanto del ritmo de adquisición e instalación de equipos en campo. Para la opción del inciso “c”, cabe aclarar que los primeros intentos de telemetría y telecontrol conviene que sean posteriores a tener afianzada la parte logística, e instalado y en operación manual, el equipamiento mínimo indispensable (*es importante que se pueda y sepa cómo hacer manualmente cualquier procedimiento, para que no haya riesgos de “caídas del sistema” al emplear tecnología sofisticada, es decir, que haya posibilidad de entenderlo y “levantarlo”, sin depender de especialistas extranjeros*).

La opción marcada en el inciso “b”, depende de una selección precisa de los equipos, ya que los resultados esperados no son del tipo cualitativo, si no, cuantitativos. Un error en la selección de los equipo representaría una pérdida de recursos significativa.

2.6 LA MEDICIÓN Y BALANCE HIDRÁULICO DEL SISTEMA

Las cantidades de agua que intervienen en el sistema de abastecimiento de una localidad pueden ser clasificadas según tres grandes grupos:

- **Agua captada**, o sea la que se deriva de las fuentes de suministro y es aprovechada para el abastecimiento;
- **Agua proporcionada** al sistema de distribución o consumo del sistema de distribución: es el agua admitida por el sistema de distribución,
- **Agua utilizada** en el sistema de distribución, o sea la que cumple su función útil sin retornar al sistema de abastecimiento.

En un sistema de abastecimiento ideal, las tres cantidades de agua serían iguales. Sin embargo, el consumo del sistema de distribución es inferior a la cantidad de agua captada. La cantidad de agua utilizada en el sistema de distribución es inferior al consumo de distribución.

La expresión matemática que establece la igualdad entre la cantidad de agua captada y la suma de las partes correspondientes a la cantidad de agua utilizada más el agua no contabilizada, constituye la ecuación de equilibrio de caudales de aquel conjunto de unidades operacionales.

Naturalmente, cada una de esas partes puede ser expresada como una función de su medida, lo que acarrea factores a considerar en el balance como, por ejemplo, el intervalo de tiempo para la obtención de datos por medio de las lecturas. Debido a las diferentes características de los intervalos de lectura de los sistemas de producción y distribución, es usual primero establecer separadamente el equilibrio del sistema de producción y el equilibrio del sistema de distribución, para después unirlos, unificando las unidades.

En este capítulo se describen los elementos que intervienen en el equilibrio hídrico de un sistema de distribución, y se proporcionan indicaciones sobre la manera de obtener los datos necesarios para expresar la ecuación respectiva.

La realización de un equilibrio hídrico que sea confiable, exige un sólido respaldo de parte de los sistemas de macro y micromedición, sin el cual los errores serían demasiado grandes y harían imprecisa la realización del equilibrio.

El equilibrio hídrico torna explícitas las partes componentes de las pérdidas, facilitando, de esta forma, la selección de las acciones a ser emprendidas para la minimización de las mismas.

2.6.1 Expresión general del equilibrio

En la práctica, se puede considerar que el equilibrio de la distribución se establece entre los volúmenes entregados al sistema de distribución y los volúmenes que salen del sistema de distribución.

Los volúmenes entregados resultan de la suma de los volúmenes producidos por las diversas unidades de potabilización de agua, en el mismo intervalo de tiempo ($E = E1 + E2 + \dots + En$).

Los volúmenes del sistema de distribución pueden ser subdivididos en dos partes: los volúmenes que entran al sistema público de distribución antes de llegar a los puntos de entrega de los sistemas prediales y los volúmenes que salen del sistema privado de distribución.

Los volúmenes que entran al sistema público de distribución se componen de las siguientes partes:

- Consumos especiales medidos
- Consumos especiales sin medición
- Consumos especiales clandestinos
- Consumos especiales
- Consumos operacionales
- Pérdida de agua por rebosamientos
- Pérdida de agua por fugas visibles
- Pérdida de agua por fugas no visibles.

Los volúmenes efluentes del sistema privado de distribución, de acuerdo al tipo de conexión predial, pueden subdividirse en tres partes:

- Aquellos que ocurren en instalaciones prediales con micromedición;
- Aquellos que ocurren en instalaciones clandestinas.
- Aquellos que ocurren en instalaciones prediales sin micromedición (incluyendo conexiones con medidores inoperantes).

Los volúmenes efluentes del sistema privado de distribución se subdividen asimismo en:

- Agua utilizada
- Pérdida de agua por rebosamientos
- Pérdida de agua por fuga visible
- Pérdida de agua por fuga no visible

En las instalaciones prediales con micromedición, en donde el sistema tarifario en vigor inhiba los altos consumos, las pérdidas de agua asumen valores pequeños si se comparan con las pérdidas de agua de las instalaciones prediales no provistas de micromedición. El volumen total efluente del sistema de distribución resulta de la suma de las partes mencionadas, que cuando se escriben nuevamente adquieren la siguiente configuración:

A. Sistema Público de Distribución

- Consumos especiales medidos
- Consumos especiales sin medición
- Consumos especiales clandestinos
- Consumos operacionales
- Pérdida de agua por rebosamientos
- Pérdida de agua por fugas visibles
- Pérdida de agua por fugas no visibles

B. Sistema Privado de Distribución

- Consumo de las instalaciones prediales con micromedición, el cual se considera desde el punto de vista práctico igual al agua utilizada en las instalaciones micromedidas;
- Agua utilizada en las instalaciones prediales sin micromedición.
- Pérdida de agua en las instalaciones prediales sin micromedición;
- Agua utilizada en las instalaciones clandestinas;
- Pérdida de agua en las instalaciones prediales clandestinas.

2.6.2 Tiempo

Todas las magnitudes enumeradas, que entran en el balance, se deben referir a un mismo período. Este período, cuanto más largo, permite la obtención más confiable de datos. Sin embargo, cuando los períodos son más cortos, es mejor el seguimiento que se puede hacer de los consumos y, por consiguiente, son más rápidas las acciones que se pueden desencadenar con miras a una optimización del servicio de agua.

Normalmente, el período mínimo adoptado es de un mes, debido a las dificultades de la obtención de datos del sistema de micromedición en períodos menores.

La lectura de los micromedidores, se hace generalmente en un periodo superior a un día y el intervalo de tiempo entre dos lecturas sucesivas es generalmente de dos meses. Por otra parte, la lectura en los Macromedidores es continua, disponiéndose de datos en intervalos hasta de 15 minutos, esto señala un desfase importante que es necesario ajustar.

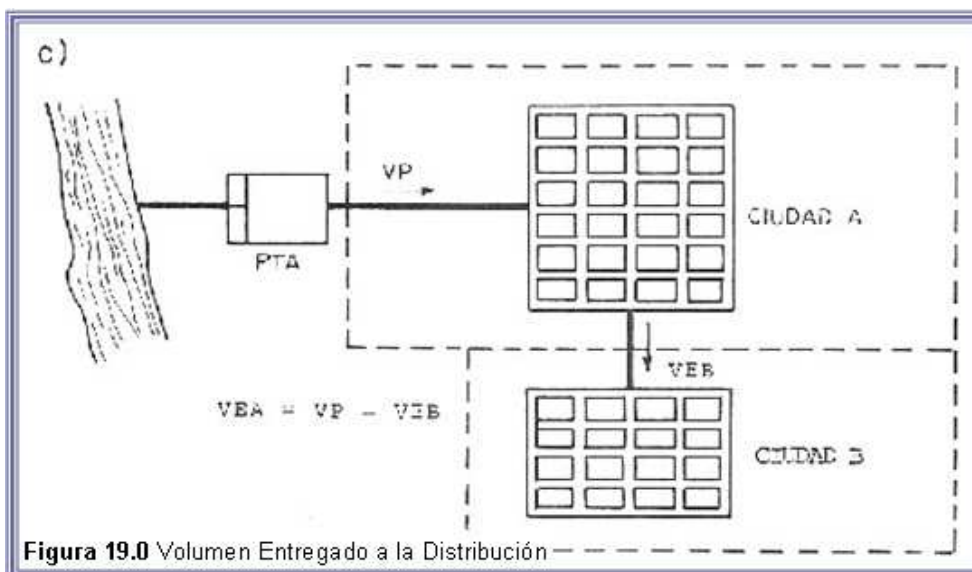
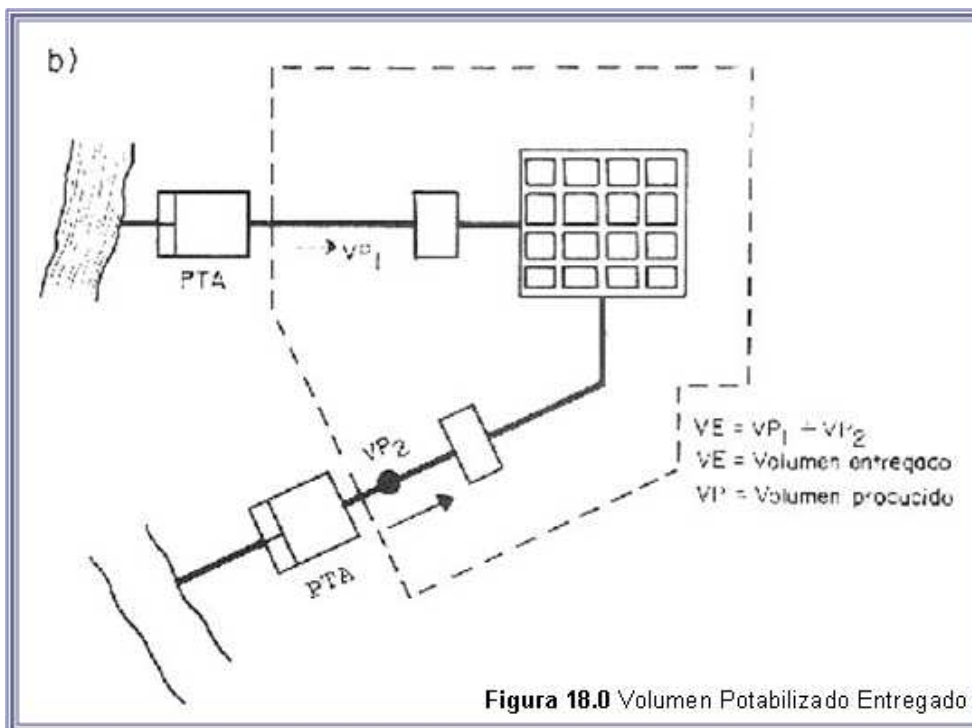
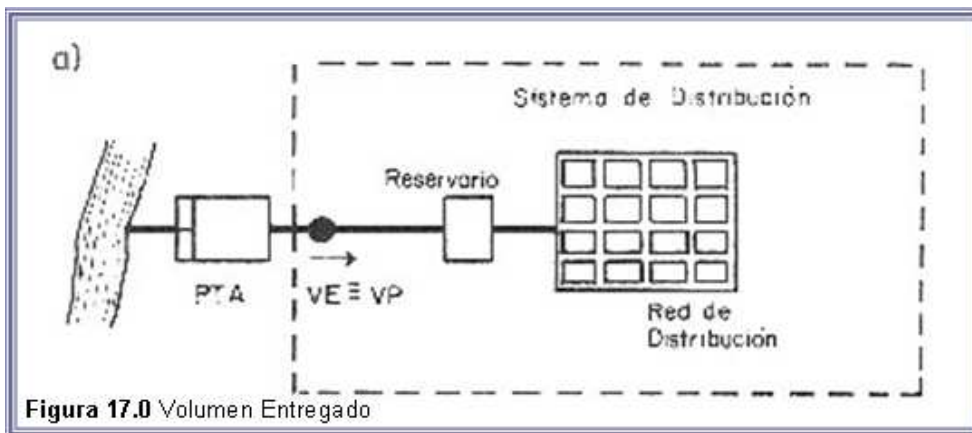
Para poder realizar un balance hídrico, es necesario minimizar el error producido por este desfase, manejando, en cada balance, los datos acumulados hasta la fecha de la macro y micromedición; de esta forma, el error disminuye con el paso del tiempo, o bien se puede considerar el consumo promedio por usuario, durante el periodo de desfase, esto también representa un error que depende de la dispersión del consumo medio por usuario.

Por ello, la extensión y el número de usuarios de un sector, debe tomar en cuenta el tiempo que se emplee en la lectura del total de medidores del sector, esto debería ser una máxima en la determinación del tamaño del sector.

2.6.3 Volumen entregado

El volumen entregado es la parte del volumen producido, proporcionado al sistema de distribución de la localidad considerada. En un caso más general, el volumen entregado al sistema de distribución de una localidad, coincide con la suma de los volúmenes producidos por las unidades de potabilización locales, considerando despreciables las pérdidas en la conducción y potabilización.

En las **Figuras (17.0, 18.0 y 19.0)**, se muestran tres formas usuales de abastecimiento a la red de distribución.



Los volúmenes entregados a los sistemas de distribución constituyen un parámetro importante a ser considerado en la realización del balance de distribución. Su determinación debe ser circundada de importantes cuidados, entre los cuales se podrían destacar:

1. Los puntos de medición del caudal entregado deben estar situados aguas abajo de las plantas potabilizadoras de agua y aguas arriba de cualquier salida de agua a los usuarios. De preferencia, los medidores deberán estar situados aguas arriba de los tanques de distribución, teniendo en cuenta la necesidad de contabilizar el rebosamiento de los mismos, y también para utilizarlos en la operación de rutina del sistema de abastecimiento de agua.
2. Las pérdidas eventuales de agua entre los puntos de entrega y las salidas de las plantas potabilizadoras, deberán ser controladas con el apoyo de la pitometría, comparándose los caudales medidos en esos dos conjuntos de puntos de medición. Sin embargo, se debe adoptar de preferencia la lectura de los medidores de entrega.
3. Los volúmenes entregados deben ser efectivamente medidos, permanentemente. Los procesos de estimación conllevan frecuentemente a errores gruesos, y deben ser evitados teniendo en cuenta que las medidas de los volúmenes entregados son la base de todas las comparaciones.
4. Los medidores de caudal deben ser revisados periódicamente, en cuanto a su precisión, a fin de que sean minimizadas las posibilidades de fallas o error en el sistema de medición.
5. Estas verificaciones de precisión deben ser hechas en el campo utilizándose equipo auditor y procedimientos debidamente certificados, por ejemplo, tubos Pitot, o procesos de cubicación en tanques de distribución.
6. Una buena base para la puesta en marcha de un sistema de verificación de la precisión de medidores, consiste en revisarlos, al principio, cada cuatro meses, ajustando la frecuencia más adecuada en función de los resultados que se vayan obteniendo a lo largo del tiempo.
7. Los volúmenes de agua entregada deben ser leídos de preferencia diariamente, lo que permite corregir oportunamente las fallas que se presenten. En caso que existan tanques de almacenamiento en el sistema de distribución, el agua que estos retienen o que suministran adicionalmente, ocasiona diferencias de los volúmenes entregados con relación a los volúmenes efluentes del sistema de distribución que llegan a alcanzar valores significativos.
8. Naturalmente, cuanto mayor es el período considerado para efectos de cálculo de caudal promedio entregado, menor es la mencionada diferencia, siendo generalmente despreciable en el caso en que el período es igual o superior a un mes, siempre y cuando el intervalo de lectura del total de micromedidores sea máximo de 5 días.

9. Un proceso adecuado para que se haga el seguimiento de los caudales promedios diarios extraídos de un medidor, consiste en comparar diariamente esos caudales con los del mes anterior. Para detallar mejor, el proceso consiste en lo siguiente:
- Se determina el caudal promedio y la desviación estándar de los caudales diarios del mes anterior al mes en curso;
 - Para cada nueva lectura del medidor, tomada diariamente, se calcula la desviación estándar del caudal correspondiente con relación al caudal promedio del mes anterior;
 - Se verifica si esa desviación es superior a dos veces la desviación estándar de los caudales diarios del mes anterior, y se espera la lectura del día siguiente para que se verifique si nuevamente ocurre lo mismo.
 - Si en dos días consecutivos el incremento de las desviaciones estándar de los caudales diarios con relación a dos veces la desviación estándar de los caudales del mes anterior, se puede colocar el medidor bajo sospecha de mal funcionamiento.

La averiguación del comportamiento del medidor, como consecuencia de la aplicación de este método de análisis, puede efectuarse en el campo, por medio de un ensayo de verificación de precisión, utilizándose un medidor auditor certificado. Se constata frecuentemente que el medidor presenta condiciones satisfactorias de precisión, pero si se presenta una alteración en la configuración de operación del sistema de abastecimiento de agua, puede ocasionar un cambio en caudal medido.

El proceso se puede justificar si se admite que, a menos de que existan variaciones climáticas importantes, el comportamiento de distribución mensual los caudales, medidos diariamente, presentan variaciones pequeñas si se comparan con las obtenidas de medidores imprecisos.

De esta manera, una vez conocido el error estándar con un nivel de significancia igual a 95%, la probabilidad de que ocurran dos variaciones superiores al error estándar, en dos días sucesivos, estando el medidor en buenas condiciones de funcionamiento, es muy baja, aproximadamente 1/400. Siendo esa probabilidad tan pequeña, se debe investigar la causa de las variaciones altas, verificándose los cambios eventuales de operación del sistema de abastecimiento o revisándose la precisión del medidor de caudal.

2.6.4 Consumo del sistema de distribución domiciliario

Corresponde al agua consumida por la totalidad de las instalaciones prediales: residenciales, industriales, comerciales e institucionales.

Considerando a una localidad cuyos medidores para cada ramal domiciliario, se encuentra exterior al domicilio (medidor de banqueta), por lo que puede ser leído por el área comercial del organismo de agua, sin necesidad de lectores remotos o solicitud expresa al propietario, para poder leer el medidor.

Para efectos del **cálculo del balance hídrico**, las instalaciones prediales pueden clasificarse en tres grupos: **con medidor, sin medidor y clandestinas o ilegales**. Los desperdicios, para efectos del cálculo del balance, debidos a la subjetividad de su concepto y a la dificultad de su determinación, serán incorporados a la pérdida de agua propiamente dicha.

El consumo de las instalaciones prediales con micromedición, puede ser estimado simplemente leyéndose los volúmenes totalizados en los micromedidores, a intervalos de tiempo bien definidos. Si se considera que la pérdida de agua en ramales domiciliarios de usuarios con micromedidor en funcionamiento, es despreciable, no se considera, por lo tanto, en el balance hídrico de la distribución.

En el caso de las instalaciones prediales registradas en el padrón, pero no contempladas con micromedición o con medidores inoperantes, se debe estimar el consumo. Para ello, se considera un consumo fijo por cada conexión predial, de conformidad con lo establecido en el sistema comercial del organismo operador. Esta estimación, no incluirá pérdida de agua en el ramal.

Las pérdidas de agua en las instalaciones sin micromedición, se pueden determinar por muestreo, midiéndose el caudal suministrado a un subconjunto de esas instalaciones prediales, a través de un medidor colocado en una tubería del sistema público, teniéndose la precaución, antes de iniciar las mediciones, de eliminar las fugas visibles y no visibles de esa tubería.

El valor absoluto del consumo promedio por conexión determinado de esta forma, menos el consumo esperado por conexión, representa aproximadamente la pérdida de agua por conexión no micromedida.

Conocer la cantidad de conexiones clandestinas con exactitud es un serio problema al que se enfrentan los organismos operadores, sin embargo, esta cantidad puede ser estimada por muestreo, investigándose una parte del sistema de distribución y extrapolándose los resultados para el sistema restante.

Hay casos en que existen sectores donde las conexiones clandestinas son conocidas, sin que puedan ser regularizadas debido a implicaciones políticas – sociales. En ese caso, el sistema de muestreo mencionado anteriormente no se aplica, siendo suficiente conocer la cantidad exacta de dichas conexiones; sin embargo pueden existir tomas clandestinas adicionales a la toma registrada.

Una vez que se ha estimado o calculado el número de conexiones clandestinas, se estima su consumo, siguiendo el mismo procedimiento descrito para el caso de las tomas sin medidor. Los caudales obtenidos en el sistema micromedido están generalmente sujetos a errores por medir menos volumen del consumido, ocasionados por el comportamiento de los medidores, inferior al ponderado por las normas o por el hecho de que los medidores son de capacidad mayor al volumen que deben de medir.

En resumen, se puede establecer la siguiente ecuación representativa de lo antes expuesto:

$$CP = (V_m + E_h) + (V_{es} + E'_h + P_{ca} \pm EEPA) + (V_c + E''_h \pm E'_s + P_{c1} \pm EEPC) \dots \dots \dots Ec. (4)$$

Siendo:

- CP = Consumo del sistema privado de distribución
- V_m = Medida del volumen total micromedido en las conexiones provistas de medidores en funcionamiento
- E_h = Volumen que pasó por las conexiones prediales y que no fue contabilizado por los micromedidores en virtud de errores presentados por los mismos.

Se puede decir que:

$$\frac{E_h}{E_h + V_m} = \epsilon h \dots \dots \dots Ec. (5)$$

Entonces,

$$E''_h = \frac{\epsilon h}{1 - \epsilon h} \times V_m \dots \dots \dots Ec. (6)$$

En donde:

- ϵh = Error promedio cometido por los hidrómetros en la evaluación de volúmenes micromedidos. Como los hidrómetros generalmente registran volúmenes inferiores a los reales, generalmente ϵh es menor que 1.
- V_{es} = Estimación de los consumos de las instalaciones catastradas no micromedidas.
- E'_h = Volumen correspondiente al error cometido en la estimación de consumos de conexiones no micromedidas.
- P_{ca} = Estimación de la pérdida de agua en las instalaciones prediales catastradas no contempladas con micromedición.
- EEPA = Error de la estimación de la pérdida de agua en las instalaciones prediales catastradas sin micromedición.
- V_c = Estimación de los consumos de las instalaciones clandestinas.
- E''_h = Volumen correspondiente al error cometido en la estimación de consumos clandestinos, debido al error de los hidrómetros utilizados como base de esa estimación.

El error de la micromedición utilizada como base para el cálculo del volumen estimado de consumo clandestino es:

$$E_h = \frac{E''_h}{E''_h + V_c \pm E'_s \pm E_e} \dots \dots \dots Ec. (7)$$

En que:

- E'_s = Volumen correspondiente al error cometido en la evaluación del consumo de las instalaciones clandestinas
- E_e = Volumen correspondiente al error de la estimación del #de conexiones clandestinas

$$E''_h = \frac{\varepsilon_h}{1 - \varepsilon_h} \times V_c \dots \dots \dots \text{Ec. (8)}$$

E_e es de determinación prácticamente imposible. Sin embargo, su orden de magnitud no parece ser grande por lo tanto no causan errores significativos, por lo que, para efectos de cálculo de E''_h , se consideran despreciables.

De esta forma, podemos escribir:

- Pc1 = Estimación de la pérdida de agua en las instalaciones prediales clandestinas.
- EEPC = Error de estimación de la pérdida de agua en las instalaciones prediales clandestinas.

2.6.5 Consumo del sistema público de distribución

El consumo del sistema público de distribución consiste en la suma de los consumos especiales, operacionales y la pérdida de agua ocurrida en esa parte del sistema de distribución.

Las partes del sistema público de distribución se detallan a continuación:

2.6.5.1 Consumos especiales

Los consumos especiales son las cantidades de agua que se consume, consiste en:

- a) Agua que se vende o se entrega directamente por la empresa y que debe ser medida bien sea por medio de un medidor instalado en la tubería alimentadora, o contándose el número de camión-tanque llenos vendidos.
- b) Agua retirada clandestinamente de los puntos de la red, principalmente de los hidratantes.

La estimación de los consumos especiales, puede hacerse con base en la cantidad de agua que cada camión - tanque catastrado extrae diariamente del sistema. Se determina entonces, a través de una consulta al Departamento de Tránsito local, cuál es el número de vehículos registrados de este tipo.

Una vez conocido el número de vehículos registrados en el organismo operador, se determina el número de vehículos que probablemente estarían extrayendo agua clandestinamente de la red.

En el caso de suministro de agua para combatir incendios, se deberá solicitar al cuerpo local de bomberos, un informe mensual de la utilización del agua de la red, en el cual constarán las estimaciones de los volúmenes retirados.

2.6.5.2 Consumos operacionales

Los consumos operacionales del sistema de distribución consisten en las cantidades de agua utilizadas para la descarga de las líneas de conducción, limpieza y desinfección de tanques de almacenamiento y tuberías, hidrantes abiertos para la eliminación de agua sucia, hidrantes abiertos para la ejecución de distritos pitométricos, entre otros.

Los consumos operacionales son generalmente despreciables cuando se comparan con los volúmenes entregados al sistema de distribución, y son de difícil determinación.

2.6.5.3 Pérdida de agua por rebosamiento

La pérdida de agua por rebosamiento de los tanques de distribución es más o menos significativa, dependiendo de la eficiencia del control operacional del sistema de abastecimiento de agua.

La determinación de los volúmenes perdidos de esta forma no es fácil, siendo necesario conocer, para el caso de cada almacenamiento, la ley de variación del nivel de agua arriba del límite para el cual haya rebosamiento, en función del volumen rebosado. Si existe un seguimiento de los niveles de agua, cada hora por ejemplo, es posible llegar a una estimación de las pérdidas de agua por rebosamiento.

Otra manera de estimar estas pérdidas, es midiendo todas las entradas y salidas del tanque, durante un determinado período de tiempo (puede ser una semana), así como también los niveles de agua, haciendo luego un balance de dichos volúmenes.

Evidentemente, esta medición debe realizarse sin cambiar las condiciones normales de operación.

2.6.5.4 Pérdida de agua por fugas visibles

La pérdida de agua por fugas visibles puede estimarse en función de la adopción de procedimientos adecuados para el seguimiento minucioso de las reparaciones de esas fugas, en una parte de la red tomada como muestra, o en toda la red si fuera factible. Se señalan todos los datos relevantes en un formulario apropiado, incluyendo aquellos datos necesarios para el cálculo estimado del caudal que estaba escurriendo a través del orificio de la fuga en el momento anterior a su reparación.

Este cálculo estimado de caudal se efectúa en función de la presión dinámica local y del área del orificio. Esto se haría durante un mes en el que se apuntarían los datos de cada fuga que ocurra en la red de distribución tomada como muestra. La ecuación empleada es:

$$Q_F = C_d \sqrt{g \frac{\Delta P}{\gamma}} \times A \dots \dots \dots \text{Ec. (9)}$$

Donde:

- Q_F = Es el gasto estimado de la fuga, en m^3/s .
- C_d = Coeficiente por descarga en un orificio.
- g = Aceleración de la gravedad, en m/s^2 .
- ΔP = Cambio de presión en el tramo analizado, en kgf/m^2 .
- γ = Peso específico del agua, en kgf/m^3 .

Si se extrapolan estos datos para lo que resta del sistema público de distribución, se podrá estimar la pérdida total de agua por concepto de fugas en esa parte del sistema de distribución.

Para una mejor estimación, el tramo de la red de distribución que se analizó para encontrar fugas visibles, debe ser lo más grande posible, y la extrapolación de los resultados para lo que resta de la red debe hacerse con condiciones hidráulicas y físicas de la red.

Si se estima el tiempo que transcurre desde que afloró la fuga hasta que ésta es reparada y si se conoce la cantidad de fugas que aparecen mensualmente, se podrá entonces calcular el volumen de agua perdido en dicho tiempo:

$$V_t = n \times t \times Q_F \dots \dots \dots \text{Ec. (10)}$$

Siendo:

- n = Número de fugas visibles que aparecen por mes
- t = Tiempo promedio que transcurre desde que aflora la fuga hasta la reparación de la misma, en (seg)
- Q_F = Caudal estimado por fuga visible (m^3/s)
- V_t = Volumen de agua perdido por fuga visible en un mes.

2.6.5.5 Pérdida de agua por fuga invisible

La estimación de la pérdida de agua por fuga invisible puede hacerse seleccionándose algunas partes representativas del sistema público de distribución, y realizando en las mismas una investigación minuciosa para detectar las fugas invisibles eventualmente existentes. Se estiman las pérdidas de agua provenientes de esas fugas y se establece un índice de pérdida de agua por kilómetro de tubería. Con todo el cuidado posible se extrapolan esos datos para lo que resta del sistema de distribución, calculándose luego fácilmente la pérdida de agua debida a las fugas invisibles.

Para estimar el volumen que se pierde en las fugas encontradas en el tramo de la red que se estudió, se puede seguir cualquiera de los dos procesos a continuación descritos:

- a) Midiéndose las dimensiones de los orificios encontrados y, en función de las presiones dinámicas locales, determinándose los caudales;
- b) Si la investigación se estuviera haciendo por el proceso de distritos pitométricos, se medirán las pérdidas de agua, lo que garantizaría una mayor precisión.

Si tenemos en cuenta las consideraciones arriba mencionadas podemos escribir:

$$\text{CPU} = \text{CEM} + \text{ECEM} + \text{CEE} + \text{ECEE} + \text{CEC} + \text{ECEC} + \text{CO} + \text{ECO} + \text{PE} + \text{EPE} + \text{PV} + \dots + \text{EPV} + \text{PI} + \text{EPI} \dots \text{Ec. (11)}$$

Donde:

- CPU = Consumo del sistema público de distribución
- CO = consumos operacionales
- CEM = medida de los consumos especiales tomada de los medidores de caudal
- CEE = estimación de los consumos especiales no medidos
- CEC = estimación de los consumos especiales clandestinos
- PE = pérdida de agua por rebosamiento
- PV = pérdida de agua por fugas visibles
- PI = pérdida de agua por fugas invisibles
- ECEM = error de la medida de consumos especiales
- ECEE = error de la estimación de consumos especiales no medidos
- ECEC = error de la estimación de los consumos especiales clandestinos
- ECO = error de la estimación de los consumos operacionales
- EPE = error de la estimación de la pérdida de agua por rebosamiento
- EPV = error de la estimación de la pérdida de agua por fugas visibles
- EPI = error de la estimación de la pérdida de agua por fugas invisibles

2.6.6 Ecuación del equilibrio hídrico

La ecuación del equilibrio hídrico del sistema de distribución puede escribirse como sigue:

$$\text{VE} = \text{CP} + \text{CPU} \dots \text{Ec. (12)}$$

Donde:

- VE = volumen entregado al sistema de distribución
- CP = consumo del sistema privado de distribución
- CPU = consumo del sistema público de distribución

Siendo también: $\text{VE} = \text{VE}_m \pm \text{EVE} \dots \text{Ec. (13)}$

Donde:

- VE_m = medida o estimado del volumen entregado
- EVE = error de la medida o estimado del volumen entregado

Desarrollando la ecuación (12), teniendo en consideración las ecuaciones anteriores, tendremos:

$$\begin{aligned} \text{VE}_m = & (\text{V}_m + \text{V}_{es} + \text{VC}) + (\text{E}_h + \text{E}'_h + \text{E}''_h) + (\text{P}_{ca} + \text{P}_{C1}) + (\pm \text{EEPA} \pm \text{EEPC}) + \dots \\ & \dots + (\pm \text{E}_s \pm \text{E}'_s) \pm \text{E}_e + \text{CEM} \pm \text{ECEM} + \text{CEE} \pm \text{ECEE} + \text{CEC} \pm \text{ECEC} + \dots \\ & \dots + \text{CO} \pm \text{ECO} \pm \text{PE} \pm \text{EPE} + \text{PV} \pm \text{EPV} + \text{PI} \pm \text{EPI} \pm \text{EVE} \dots \text{Ec. (14)} \end{aligned}$$

Reagrupando los términos de la ecuación de arriba de manera que en el primer miembro permanezca la medida del volumen entregado al sistema de distribución (V_{em}) y las medidas y/o estimaciones de consumo facturables por la empresa, tendremos:

$$\begin{aligned}
 VE &= |(V_m + V_{es}) + (CEM + CEE)| \\
 &= (V_C + CEE + CO) + (E_h + E'_h + E''_h) + (P_{ca} + P_{c1}) + (PE + PV + PI) + \dots\dots\dots \\
 &\dots\dots\dots (\pm EEPA \pm EEPC \pm E'_s \pm E_e \pm ECEM \pm ECEE \pm ECEC \pm ECO \pm EPE \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots \\
 &\dots\dots\dots \pm EPV \pm EPI \pm EVE) \dots\dots\dots \text{Ec. (15)}
 \end{aligned}$$

Examinando la ecuación de arriba se pueden identificar cuatro grupos de términos:

- (a) VE_m = medida del volumen entregado.
- (b) VF = $|(V_m + V_{es}) + (CEM + CEE)|$, que representa el volumen de agua facturado por la empresa. En el caso de que CEM y CEE y CEE no fueran cobrados por la empresa.

En el ejercicio que se encuentra al final de este capítulo, se muestra la aplicación de las ecuaciones y métodos que se han descrito.

2.6.7 Programa De Recuperación De Pérdidas

En función de los parámetros obtenidos en el estudio, se deben desencadenar programas de mejoría del control operacional del sistema de acuerdo con metas bien definidas. Estos programas, más o menos prioritarios de acuerdo con la meta fijada y con un análisis de costo - beneficio, pueden ser:

1. Programa de reducción de pérdidas de agua motivada por fugas visibles e invisibles del sistema público de distribución. Realizar programas que indiquen y corrijan también las causas de esas fugas.
2. Programa de instalación de micromedidores en las instalaciones prediales que no cuenten con los mismos.
3. Programa de cambio y recuperación de micromedidores según una programación bien definida, con el objetivo de reducir los errores de la micromedición.
4. Programa de adecuación del sistema de micromedición con el objetivo de que se instalen micromedidores más compatibles con la clase de consumos que miden.
5. Programa de búsqueda de las instalaciones prediales conectadas clandestinamente a la red. Crear sanciones severas que desestimulen la realización de nuevas conexiones clandestinas o la conservación de las ya existentes.
6. Programa de mejoría del control de abastecimiento, con miras a la minimización del rebosamiento de los tanques de almacenamiento del sistema de distribución.

7. Programa de implementación y control de calidad de los datos oriundos del sistema de macromedición.

2.7 INDICADORES DE MEDICIÓN EN MÉXICO

Hoy en día muchas ciudades se enfrentan a un aplastante crecimiento demográfico que genera escasez del agua, por lo que es esencial impulsar programas de conservación o uso eficiente del agua para aliviar el problema. La medición de consumos además puede servir para mejorar las finanzas, e impulsar la autonomía y eficacia dentro de las empresas del agua.

El agua es una necesidad mundial al igual que el control de su consumo, para evitar abusos y derroches. Sobre el tema existen abundantes experiencias e investigaciones, de países ricos y pobres que pueden encontrarse en muchas publicaciones y revistas especializadas.

Los países poco desarrollados como México, urgidos de decisiones y acciones rápidas, deberían beneficiarse de esas experiencias y llega a ser más críticos y selectivos respecto a las soluciones apropiadas. Desde el año de 1988 se abastecían alrededor de 170 m³/s de agua a 160 localidades con población mayor de 10 mil habitantes. De este caudal sólo se medía directamente el 43%, faltando por medir cerca de 97 m³/s que suministraban agua a 140 localidades. En ese mismo año se estimaron 8.8 millones de tomas domiciliarias instaladas de las cuales únicamente el 49% tenían medidor y en ellas sólo el 40% de los medidores funcionaba.

Esta situación nacional de escasez de control y conocimiento de los volúmenes suministrados y utilizados, era reflejo de la poca importancia que se le daba al proceso de medición del agua en un buen número de organismos operadores.

2.7.1 Acciones Gubernamentales

La actual política federal en apoyo a la consolidación de los organismos operadores de los sistemas de agua potable y alcantarillado, está orientada entre otras cosas, a fortalecer su autonomía, capacidad de gestión y asegurar que las empresas sean autosuficientes técnica y financieramente. Para esto, es fundamental la aplicación de tarifas bien diseñadas y un proceso eficaz y eficiente de medición, tanto en fuentes de abastecimiento como en tomas domiciliarias.

Recuperar los rezagos en la medición es tarea de los organismos operadores, y para ello la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), autoridad federal encargada de coordinar el programa nacional de agua potable y alcantarillado, emprendió desde 1989 el desarrollo de experiencias e instrumentos para apoyar las tareas de selección, adquisición, instalación de medidores, así como la medición propiamente dicha y verificación de lecturas, en la **Tabla 5.0**, se muestran las inversiones hechas por CONAGUA en el ramo. En las siguientes líneas describiremos estos esfuerzos institucionales y sus resultados.

Tabla 5.0 Inversión por programa y rubro de aplicación, 2004. (Miles de pesos)

CONCEPTO	AGUA POTABLE	ALCANTARILLADO	SANEAMIENTO	MEJORAMIENTO DE EFICIENCIA	OTROS 1/	TOTAL
INVERSIONES CNA	2,914,609	2,141,203	989,675	1,084,382	70,713	7,200,583
AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN ZONAS URBANAS	1,101,966	840,545	738,390	535,333	-	3,216,234
VALLE DE MÉXICO*	-	337,400	-	-	-	337,400
DEVOLUCIÓN DE DERECHOS	1,429,136	853,439	227,364	549,049	-	3,058,988
AGUA LIMPIA	66,316	-	-	-	-	66,316
PROSSAPYS	317,191	109,819	23,921	-	70,713	521,643

Fuente: CNA/SGIHU, SEDESOL, BANOBRAS, CONADEPI, CONAFOVI y prestadores de servicios.

* Recursos del patrimonio del Fideicomiso 1928, con aportaciones del Gobierno del D.F. y por cuenta y orden del Gobierno del Estado de México.1/ Estudios y proyectos y supervisión.

2.8 EJEMPLO NUMÉRICO DE USO O UTILIZACIÓN DE LA MEDICIÓN PARA EL BALANCE HIDRÁULICO

Consideremos un municipio con las siguientes características:

A. Datos generales

- Población: 200,000 habitantes
- Extensión total de red 300 km
- Número de conexiones: 32,000
- Porcentaje de población servida con agua: 80%
- Número de conexiones provistas con hidrómetro en funcionamiento: 25,000
- Medida del volumen entregado al sistema de distribución durante el mes: 1'850,000 m³
- $\epsilon_h = 0.22$, es decir que el error de la medida de volúmenes micromedidos como resultado de micromedidores imprecisos es de 22

B. Instalaciones prediales con micromedición

- Medida del volumen micromedido en las 25,000 conexiones. 750,000 m³/mes
- Error de la micromedición:

$$E_h = \frac{\epsilon_h}{1 - \epsilon_h} \times 750,000 = \frac{0.22}{0.78} \times 750,000 = 211,538 \text{ m}^3/\text{mes}$$

C. Instalaciones prediales catastradas sin micromedición

(a) Estimación de los consumos

De acuerdo con el sistema comercial de la empresa se facturó el volumen de 210.000 m³ en el mes respectivo al análisis, correspondiente al consumo estimado de los sistemas prediales que no tienen micromedición.

$$\text{Por lo tanto: } V_{es} = 210,000 \text{ m}^3/\text{mes}$$

(b) Error de la estimación

Considerando que la estimación se efectuó en base a análisis estadísticos confiables, no consideraremos los errores de estimación en este cálculo.

(c) Estimación de la pérdida de agua en las instalaciones sin micromedición

Las mediciones realizadas mostraron que el 40% del consumo de una instalación predial sin micromedición consiste en pérdidas de agua.

$$\frac{P_{ca}}{E'_h + P_{ca} + V_{es}} = 0.4 ; \text{ por lo tanto como: } E''_h \cong 0$$

$$P_{ca} = \frac{0.4V_{es}}{0.6} = \frac{0.4 \times 210,000}{0.6} = 140,000 \text{ m}^3/\text{mes}$$

D. Instalaciones Prediales Clandestinas

(a) Estimación de los consumos de las instalaciones clandestinas.

Una investigación realizada permitió estimar en 128 el número de conexiones clandestinas.

Luego:

$$V_c = \frac{750,000}{25,000} \times 128 = 3,840 \text{ m}^3/\text{mes}$$

(b) error debido a hidrómetros imprecisos utilizados para la estimación de los consumos clandestinos (se comparan los consumos clandestinos con consumos micromedidos en conexiones catastradas).

$$E''_h = \frac{\epsilon h}{1 - \epsilon h} \times V_c = \frac{0.22}{1 - 0.22} \times 3,840 = 1,083 \text{ m}^3/\text{mes}$$

(c) Estimación de la pérdida de agua en las instalaciones clandestinas (se asume como en el caso 8.3. c que las pérdidas de agua son de 40%).

$$\frac{P_{c1}}{P_{c1} + V_c + E''_h} = 0.4 ;$$

Por lo tanto:

$$\frac{0.4(V_c + E''_h)}{0.6} = \frac{0.4(3,840 + 1,083)}{0.6}$$

$$P_{c1} = \frac{0.4(V_c + E''_h)}{0.6} = \frac{0.4(3,840 + 1,083)}{0.6} = 3,282 \text{ m}^3/\text{mes}$$

E. Consumos especiales

(a) Medida de los consumos especiales obtenida por medidores de caudal.

Los consumos especiales se restringen a camiones - tanque y al uso de agua por los bomberos, ya que no hay uso de agua potable para el riego de jardines, fuentes públicas, lavado de calles, etc.

Los 25 camiones - tanques registrados consumieron 20,000 m³/mes; y los bomberos informaron un consumo de 3,000 m³/mes.

Por lo tanto: $GEM = 23,000 \text{ m}^3/\text{mes}$

(b) Estimación de consumos especiales no medidos.

Normalmente, los consumos especiales catastrados son medidos.

Por lo tanto: $CEE = 0$

(c) Estimación de consumos especiales clandestinos.

A pesar de que son apenas 25 los camiones-tanque que compran agua oficialmente, existen 52 camiones-tanque registrados en el departamento de tránsito.

Luego: $CEC = \frac{20,000}{25} \times 27 = 21,600 \text{ m}^3/\text{mes}$

F. Consumos operacionales

Se ha estimado en 67,000 m³/mes el volumen de agua gastado para el lavado y desinfección de tanques de almacenamiento y tuberías.

$$CO = 67,000 \text{ m}^3/\text{mes}$$

G. Pérdida de agua en el sistema público de distribución

(a) Estimación de la pérdida de agua por rebosamiento

Los niveles de agua de los once reservorios de distribución se registraron por medio de limígrafos instalados en cada tanque de almacenamiento durante una semana, en períodos diferentes, constatándose que en tres de ellos había rebosamiento. Los cálculos llevaron a:

$$PE = 123,700 \text{ m}^3/\text{mes}$$

(b) Estimación de la pérdida de agua por fugas visibles.

Recorridos cerca de 50 km de red durante una semana, se constataron seis fugas visibles que, después de descubiertas y reparadas, permitieron estimar en cerca de 75 m³/día el caudal promedio por fuga.

Considerándose que ocurren 216 fugas por mes en toda la red de distribución, y que el tiempo promedio desde que la fuga aflora hasta que es reparada es de cinco días, se tiene:

$$PV = 75 \times 5 \times 216 = 81,000 \text{ m}^3/\text{mes}$$

(c) Estimación de la pérdida de agua por fugas invisibles.

En un área piloto con 20 km. de extensión de red se implantó un distrito pitométrico cuyos estudios, una vez concluidos permitieron estimar en 350 m³/día la pérdida de agua por fugas invisibles.

Entonces:

$$PI = \frac{350}{20} \times 300 \times 30 = 157,500 \text{ m}^3/\text{mes}$$

H. Resultados obtenidos

Gran parte de las pérdidas, estimadas en 46.9%, se debe a pérdidas de agua (19.6%), y a errores en la micromedición (11.5%).

CONCLUSIONES

En función de los parámetros obtenidos en el estudio se deben desencadenar programas de mejoría del control operacional del sistema de acuerdo con metas bien definidas.

Estos programas, más o menos prioritarios de acuerdo con la meta fijada y con un análisis de costo - beneficio, pueden ser:

1. Programa de reducción de pérdidas de agua motivada por fugas visibles e invisibles del sistema público de distribución. Realizar programas que indiquen y corrijan también las causas de esas fugas.
2. Programa de instalación de micromedidores en las instalaciones prediales que no cuenten con los mismos.
3. Programa de cambio y recuperación de micromedidores según una programación bien definida, con el objetivo de reducir los errores de la micromedición.
4. Programa de adecuación del sistema de micromedición con el objetivo de que se instalen micromedidores más compatibles con la clase de consumos que miden.
5. Programa de búsqueda de las instalaciones prediales conectadas clandestinamente a la red. Crear sanciones severas que desestimulen la realización de nuevas conexiones clandestinas o la conservación de las ya existentes.
6. Programa de mejoría del control de abastecimiento, con miras a la minimización del rebosamiento de los tanques de almacenamiento del sistema de distribución.
7. Programa de implementación y control de calidad de los datos oriundos del sistema de macromedición.

Tabla 6.0 Equilibrio del sistema de distribución

PARTE SISTEMA DE DISTRIBUCION	ITEM	CONCEPTO	AGUA FACT. (VF)	AGUA NO FACT. (NF)	TOTAL
S I S T E M A P R I V A D O	1	Instalaciones con micromedición: a) Medida del volumen micromedido (V_m) b) Error de micromedición (E_h)	750.000	211.538	750.000 211.538
	2	Instalaciones prediales catastradas sin micromedición: a) Estimaciones de consumos (V_{es}) b) Error de estimación (E'_h) c) Estimación de pérdida de agua en instalaciones sin micromedición (P_{ca})	210.000	0 140.000	210.000 0 140.000
	3	Instalaciones prediales clandestinas: a) Estimación de los consumos de las instalaciones clandestinas (V_c) b) Error debido a hidrómetros imprecisos utilizados para la estimación de consumos (E''_h) c) Estimación de la pérdida de agua en las instalaciones clandestinas (P_{cl})		3.840 1.083 3.282	3.840 1.083 3.282
S I S T E M A P U B L I C O	4	Consumos especiales: a) Medida de los consumos especiales obtenida por medidores de caudal (CEM) b) Estimación de los consumos especiales no medidos (CEM) c) Estimación de los consumos especiales clandestinos (CEC)	23.000 0	21.600	23.000 0 21.600
	5	Consumos operacionales: a) Estimación de los consumos operacionales (CO)		67.000	67.000
	6	Pérdida de agua en el sistema público: a) Estimación de la pérdida de agua por rebosamiento (PE) b) Estimación de la pérdida de agua por fugas visibles (PI) c) Estimación de la pérdida de agua por fugas invisibles (PI)		123.700 81.000 157.500	123.700 81.000 157.500

PARTE SISTEMA DE DISTRIBUCION	ITEM	CONCEPTO	AGUA FACT. (VF)	AGUA NO FACT. (NF)	TOTAL
ANÁLISIS	7	Totales sistema público y privado	983.000	810.543	1'793.543
	8	Medida del volumen entregado (VE_m)			1,850.000
	9	Diferencia $8 - 7 = D$ La existencia de $D \neq 0$ indica una mayor o menor precisión en las medidas y estimaciones de volúmenes		56.457	56.457
	10	Total: $9 + 7$	983.000	867.000	1,850.00
	11	Pérdidas: $(\text{no facturado} / \text{total}) \times 100$		46.9%	
	12	Volumen facturado: $(100 - \text{pérdidas})$	53.1%		
	INDICADORES DE EFICIENCIA	13	Pérdidas en el sistema privado Error de micromedición $\frac{(E_h + E''_h)}{VE_m} \times 100$		11.5%
14		Pérdidas en conexiones sin micromedición $\frac{(P_{co} + P_{cl})}{VE_m} \times 100$		7.7%	
15		Consumos prediales $\frac{V_c}{VE_m} \times 10$		0.2%	
16		Consumos especiales clandestinos $\frac{CEC}{VE_m} \times 100$		1.2%	
17		Consumos operacionales $\frac{CO}{VE_m} \times 100$		3.6%	
18		Pérdidas en el sistema público Pérdida de agua por fugas visibles en la red $\frac{PV}{VE_m} \times 100$		4.4%	
19		Pérdida de agua por fugas invisibles en la red $\frac{PI}{VE_m} \times 100$		8.5%	
20		Pérdida de agua por rebosamientos $\frac{PE}{VE_m} \times 100$		6.7%	
21		Errores de estimación de consumos		3.1%	

OBJETIVO PARTICULAR

Mostrar las diferentes clases de sistemas de macromedición y los criterios de selección de Macromedidores para un sistema de abastecimiento de agua potable.

3.1 INTRODUCCION

Macromedición: Es la medición de caudales generales entregados a la red de distribución, es decir es la medición de volúmenes entregados a los diferentes sistemas y sectores de distribución, con la finalidad de disponer de los datos precisos necesarios conjuntamente con los de micromedición, para evaluar con precisión el Índice de Agua No Contabilizada el cual es un parámetro de control por medio del cual se puede conocer la relación entre los volúmenes del agua producida y consumida en cada zona, lo que permite acometer con precisión en aquellos que muestren un incremento injustificado de este parámetro, logrando la optimización de recursos.

Se define como Macromedidor el elemento de medición del flujo de agua a partir de un diámetro de 2” que no excede normalmente las 10” para los fraccionamientos y condominios.

Todo proceso de administración y gerencia, ya sea de empresas de duración finita o de empresas permanentes, requiere la utilización constante de información sobre los factores que intervienen y a través de los cuales se toman las decisiones que caracterizan el proceso.

Por ello, conocer los datos que identifican una cierta realidad constituye una preocupación constante de cualquier administrador. Si esto se aplica a un servicio de agua y alcantarillado, es fácil reconocer situaciones en que la necesidad de información se manifiesta con evidencia. No sólo el administrador, sino también los demás profesionales y las instituciones involucradas, precisan conocer el estado real de sus redes de abastecimiento, para poder ejercer adecuadamente sus funciones.

La administración eficiente de un organismo operador de agua potable, que tiene la misión de suministrar el líquido a la población actual y futura satisfaciendo requerimientos de: Cantidad, Continuidad, Calidad, Confiabilidad, y Costo, depende en gran medida de la información que se obtiene de las mediciones realizadas a lo largo de todo el sistema. **“La Macromedición es utilizada principalmente para conocer volúmenes de captaciones que son destinados a la red de distribución”.**

Un importante número de sistemas de agua potable y alcantarillado del país no disponen de adecuadas instalaciones de macromedición y cuando existen estas, en ocasiones son obsoletas o no están en grado de medir con exactitud.

Por lo tanto, es evidente que la situación actual impone la adopción de medidas que permitan a las empresas prestadoras del servicio de agua, un aprovechamiento óptimo de sus sistemas de abastecimiento de agua. Una de estas medidas es la implantación, en cada empresa prestadora del servicio de agua, de un sistema de macromedición, fundamental para una gestión empresarial (operación, mantenimiento y administración).

3.2 OBJETIVOS DE LA MACROMEDICIÓN

La macromedición es fundamental en la operación de un organismo operador, pues permite desarrollar las siguientes actividades, (IMTA, 1989):

- a) Obtener la dotación real del sistema de abastecimiento de agua.
- b) Determinar los volúmenes y caudales de agua entregados en los sectores de producción y comparar la disponibilidad con la demanda de agua.
- c) Obtener caudales, presiones y niveles en puntos significativos de los sistemas de agua potable.
- d) Generar información que permita evaluar el equilibrio en el suministro de agua en las diferentes zonas de presión, así como la homogeneidad de presiones en la red de distribución.
- e) Evaluar las condiciones hidráulicas reales de funcionamiento del sistema.
- f) Generar información para la planeación y ejecución de los programas de mantenimiento tanto preventivo como correctivo en las líneas de conducción, redes de distribución, instalaciones y equipos electromecánicos, plantas de potabilización y tanques de almacenamiento.
- g) Evaluar el tiempo de saturación de los sistemas en función del desarrollo demográfico, socioeconómico y cultural de las comunidades.
- h) Determinar los volúmenes de agua no facturados.
- i) Determinar los componentes de las pérdidas en el sistema público de producción y distribución de agua.
- j) Facilitar la generación de datos útiles para la evaluación del sistema de macromedición existente, incluyendo el grado de adecuación de los medidores domiciliarios al régimen de demanda de los usuarios, grado de precisión y sensibilidad de los equipos, eficiencia de mantenimiento, plan de sustitución, grado de eficiencia de lecturas y procesamiento de datos.
- k) Generar información para la formulación, implantación y control de las políticas tarifarias de los organismos operadores.

- l) Generar datos estadísticos de las mediciones que permitan evaluar los programas de operación, mantenimiento y del uso eficiente del agua.
- m) Implantar el sistema de información operacional y el proyecto de control de la operación.

Un problema muy común relacionado con la *macromedición* es la poca utilización de los datos obtenidos, es decir existe poca relación entre la medición y la operación de los sistemas. Para superar este problema se recomienda ligar la macromedición con un sistema de información adecuado.

En la etapa de procesamiento de datos, estos se deben validar, almacenar, procesar y recuperar en la forma adecuada para satisfacer las necesidades del área de operación, de otras áreas del mismo organismo o aún de áreas externas al mismo, por ejemplo informes rutinarios para el control del sistema, informes para llevar a cabo los trabajos de operación y mantenimiento, proyectos de ahorro y optimización de la operación y reportes gerenciales, entre otros.

Otro aspecto importante para hacer un uso eficiente de los macromedidores es el programa de mantenimiento que puede ser de dos tipos: preventivo y correctivo.

El primero de ellos permite obtener mediciones constantes y de buena calidad, evaluando técnicamente los medidores y haciendo las sustituciones periódicas de los accesorios que pudieran tener desperfectos por el uso. Dado que el mantenimiento correctivo es accidental, no es posible establecer una programación para ello.

Una forma eficiente de controlar los macromedidores son los sistemas de automatización, que permiten concentrar en un sitio determinado en forma automática la información de los medidores, procesarla y ligarla a la operación del sistema de agua potable y alcantarillado.

De esta manera el Organismo operador, puede tener una visión amplia de la red, lo que le permitirá tomar decisiones correctas con respecto al sistema. Esto último puede reforzarse si el sistema de automatización puede recibir comandos del operador y traducirlos en órdenes ejecutables a control remoto (DDF, 1991).

Se puede citar el caso del sistema de macromedición y automatización de distribución (simad) es una solución de desarrollo tecnológico en electrónica, S.A. de C.V. (dte) para apoyar los esfuerzos de los organismos operadores de agua potable en su misión de distribuir de una manera eficiente el agua disponible.

Este sistema se implementó en Nuevo Casas Grandes, Chihuahua, Tradicionalmente, SU sistema hidráulico, como el de muchas ciudades del país, consiste en zonas cubiertas por estructuras pozo - tanque elevado con control local de arranque y paro del pozo por niveles en el tanque. Sin embargo, con el tiempo, los pozos se han abatido y se hace necesario buscar perforar nuevos pozos en las afueras de la ciudad.

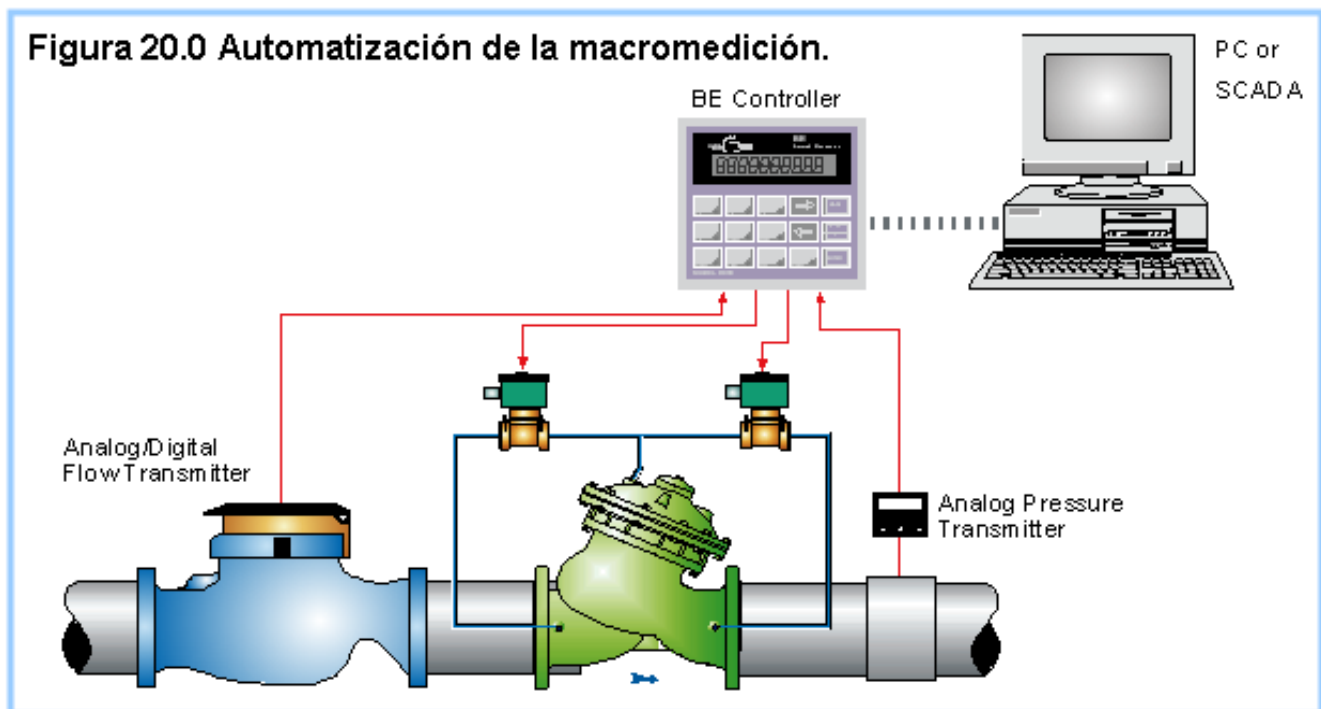
El **simad** se aplicó en un subsistema que consiste en un nuevo pozo cuya conducción en 10" entrega en tres puntos de la red, donde a partir de cada punto se abastece una zona de la ciudad en 8". Cada zona cuenta con su propio tanque de excedencias.

Se equipó tanto el pozo como cada uno de los tres puntos de distribución con equipo tipo aquaserver, donde cada punto de distribución funciona en forma autónoma de acuerdo a sus parámetros propios. En cada punto de distribución, el equipo controla una válvula tipo "y" de diafragma de 8" con monitoreo de presión solo en el lado de servicio (aguas abajo).

Cada zona se regula en función de su presión característica y al llegar al máximo programado, su válvula de regulación se cierra. Cuando las tres válvulas se han cerrado, típicamente en las horas de menor demanda por la noche, el equipo del pozo detecta el incremento en la presión a su descarga con lo que este para.

Cuando cualquiera de los puntos de distribución identifica una caída de su presión de servicio producida por la demanda y el abatimiento de su tanque, se comanda la apertura de su válvula con lo que la presión a la descarga del pozo se ve reducida por debajo de su límite programado, lo que ocasiona que éste encienda.

En la **Figura 20.0**, se muestra un esquema de un sistema automatizado de macromedición.



(Sistema de macro medición y automatización de distribución (SIMAD) 2004)

3.3 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y DE LOS SISTEMAS DE MACROMEDICIÓN

El proyecto de macromedición debe estructurarse de tal forma que contemple la cantidad, tipo y características de los equipos, adquisición de los mismos, mantenimiento, uso de la información, contratación preparación del personal que administre, opere mantenga el sistema de macromedición; lo cual lleva a la necesidad de diferenciar la macromedición de cada sistema de abastecimiento de agua, de acuerdo con las necesidades y limitaciones de las empresas.

Para solucionar el planteamiento presentado se establecieron clases de sistemas de abastecimiento de agua; para cada una de los cuales se estandarizaron procedimientos de prediseño, proyecto, implantación y uso de los respectivos sistemas de macromedición.

La clasificación de los sistemas de abastecimiento de agua debe admitir el agrupamiento de sistemas semejantes en términos de macromedición, en una misma clase, de manera tal que un mismo tratamiento pueda ser aplicado a los sistemas de la misma clase.

Teóricamente es posible establecer tantas clases como grupos de arreglos de factores intervienen en el proceso de selección de la macromedición.

Existe un número indefinido de arreglos, tanto en lo referente a equipos de medición (existe una gran variedad de instrumentos puede abarcar desde el elemental, pasando por el mecánico, eléctrico, electrónico, hasta tener un puesto central automático para medición y control de caudales, presiones y niveles), como en lo referente a la capacidad de adquisición, de operación y mantenimiento de la empresa.

Sin embargo, se debe simplificar la clasificación para que sea posible plantear soluciones prácticas.

En el mercado internacional las opciones en términos de tipos de equipos de macromedición son muy amplias. Sin embargo, los equipos que emplean alta tecnología, presentan inconvenientes importantes, como son: alto costo, dificultades para adquisición de piezas de repuesto, dificultades de mantenimiento, además, dado que son equipos un tanto desconocidos, se sufre una carencia de mano de obra correctamente capacitada para la instalación, operación y mantenimiento de los mismos.

Enfoque conceptual de la clasificación

El agrupamiento de los sistemas de abastecimiento de agua en clases debe efectuarse con base en:

- Todos los sistemas de abastecimiento de agua pertenecientes a una misma clase deben tener los mismos sistemas de macromedición, proyectados y operados siguiendo las mismas reglas básicas.

- Los niveles técnico, gerencial y administrativo del personal de la empresa principalmente el personal involucrado con la operación y mantenimiento de los sistemas de macromedición pertenecientes a una misma clase, deben ser aproximadamente equivalentes.
- La complejidad de operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua y los sistemas de macromedición pertenecientes a una misma clase debe ser aproximadamente la misma.
- Los datos generados por los sistemas de macromedición de una misma clase tendrán el mismo tipo de procesamiento y análisis.

El significado de estos principios básicos, así como el tratamiento de las variables a medir, la forma de transmisión de los datos, el análisis de la disponibilidad de elementos primarios y secundarios, permite definir las cuatro clases de los sistemas de abastecimiento de agua que se indican más adelante, las cuales dependen de la población abastecida.

Cada clase se caracteriza por los principios establecidos, lo que permite la estandarización de los elementos básicos de proyecto y operación de los sistemas de macromedición, compatiblemente con cada clase.

La asignación de cada sistema de abastecimiento de agua a una clase determinada debe tener en consideración su estado actual, caracterizado por el manejo gerencial de la empresa, por el sistema físico de abastecimiento, por el sistema de macromedición existente y por otras variables relevantes.

El conocimiento y análisis de las siguientes variables podría permitir la determinación de la clase de cada sistema de abastecimiento de agua:

Sistema gerencial – administrativo de la empresa

- Funciones de la organización que afectan o pueden afectar la eficiencia de la macromedición.
- Nivel de autoridad y autonomía del personal involucrado.
- Procedimientos escritos y en vigencia.
- Eficiencia en la resolución de problemas de aspecto técnico.
- Flujo de los datos de la empresa.

Instalaciones y mantenimiento de sistemas de macromedición

- Revisión de los medidores de caudal, presión y nivel en campo.
- Revisión y calibración de los medidores en el taller de instrumentación.

Política de recursos humanos en la empresa:

- Selección de personal
- Motivación
- Formación de personal

Uso de la macromedición por el personal de operación del sistema de abastecimiento

- Operación con base en los datos generados por la macromedición.
- Calidad y cantidad de los medidores de flujo, presión y nivel de agua.
- Forma de transmisión de datos.

Posición de la empresa en relación a otros organismos

- Apoyo de la empresa al sistema de abastecimiento de agua considerado.
- Existencia y facilidades en la adquisición de piezas de repuesto de los equipos empleados en la macromedición.

Sistema de abastecimiento de agua

- Condiciones físicas, químicas y biológicas del agua captada para el abastecimiento, así como el caudal captado en función de la demanda.
- Eficiencia de las plantas de tratamiento de agua.
- Funcionamiento de las plantas de bombeo en función de lo previsto en el proyecto.
- Capacidad de almacenamiento de agua tratada, considerando las fluctuaciones del consumo y demandas de emergencia.
- Características hidráulicas de tuberías y flujos.
- Características de la red de distribución en lo referente a pérdidas de agua, presiones en los conductos, válvulas de paso y de incendio.
- Características del sistema de micromedición.
- Características de la captación, conducción y distribución del agua.

Población existente y población abastecida

La investigación basada en todos los elementos ya vistos, llevó a seleccionar la variable población, la cual, correlacionada con las demás variables, permitió identificar las siguientes clases de sistemas de abastecimiento:

- CLASE I: Sistemas de abastecimiento para ciudades con población urbana hasta 20,000 habitantes
- CLASE II: Sistemas de abastecimiento para ciudades con población urbana entre 20,000 y 100,000 habitantes.
- CLASE III: Sistemas de abastecimiento para ciudades con población urbana entre 100,000 y 500,000 habitantes.
- CLASE IV: Sistemas de abastecimiento para ciudades con población urbana entre 500,000 habitantes.

En estas clases se consideran los siguientes puntos, relacionados con los sistemas de macromedición:

- Criterios válidos para todos los sistemas de abastecimiento que pertenezcan a una misma clase, relativos a localización de los puntos de medición de caudal, presión y nivel del agua.

- Tratamiento de las variables de medición para cada clase, como son las frecuencia de obtención de datos, tipo de medidor, forma y frecuencia de transmisión de datos para el personal de operación.

Concepto de nivel mínimo necesario y nivel deseable

En rigor, la clasificación de los sistemas de abastecimiento de agua debería ser tal que en cada clase estuviesen implícitas las bases para implantar los sistemas de macromedición deseables para los sistemas de abastecimiento respectivos.

El concepto de “sistemas de macromedición deseables para cada clase” debe contemplar soluciones que permitan se alcancen integralmente los objetivos de la medición.

Por otro lado, frecuentemente las empresas no disponen inmediatamente de recursos para adquirir, implantar, operar, dar mantenimiento y uso adecuado a los sistemas de macromedición deseables, por lo cual se ideó la concepción de sistema de macromedición de nivel mínimo requerido en cada clase.

Los sistemas de macromedición de nivel mínimo se caracterizan por tener equipos de medición en cantidad y calidad mínimos, para que los objetivos principales de macromedición sean atendidos y que sean compatibles con los recursos gerenciales, administrativos y técnicos disponibles financieras, necesidades y capacidad de operación y mantenimiento.

El nivel deseable puede ser implantado de inmediato si la empresa lo juzga conveniente. Sin embargo se recomienda que la empresas que no cuenten con un sistema de macromedición, empiecen por el nivel mínimo.

Requisitos Generales

Definidas las clases de los sistemas de abastecimiento de agua, así como los niveles correspondientes de macromedición, es necesario definir las características que debe presentar la empresa y definir las características de los usuarios de los datos generados por la macromedición para que el aprovechamiento de la información sea el máximo posible.

En realidad, los índices de eficiencia de la macromedición, medidos en función de la comparación entre los beneficios obtenidos y los recursos empleados en su implantación, son más favorables a medida en que la empresa apoya el sistema, confía en él y lo utiliza adecuadamente.

Sistemas costosos y complejos muchas veces presentan la misma eficiencia de sistemas simples y de fácil implantación debido a que las unidades usuarias o de apoyo de la empresa no son compatibles con el sistema de macromedición que administran y operan.

Por lo anterior es necesario que sean compatibles las unidades usuarias y de apoyo con los sistemas de macromedición respectivos.

3.4 CRITERIOS PARA LA LOCALIZACIÓN DE MACROMEDIDORES

La localización de los medidores depende de la clase y nivel en el cual está clasificado el sistema de abastecimiento de agua considerado.

Para una misma clase y un mismo nivel, independientemente de las particularidades de los sistemas de abastecimiento de agua, existen puntos comunes en los mismos donde es importante medir.

Existen determinados criterios que toman en consideración los usos y las aplicaciones de las variables a medir, compatibilizándolas con el tamaño y complejidad del sistema de abastecimiento de agua, lo que permite definir el sistema de abastecimiento, válidos para todas las clases y niveles, y criterios específicos que son válidos únicamente para cada nivel de cada clase.

Los criterios generales pueden, en algunos casos, anular determinados criterios específicos cuando los mismos sean conflictivos.

Criterios generales para definir la localización de medidores

Definiciones de las variables a medir

Para satisfacer las finalidades de un sistema de macromedición, es necesario efectuar mediciones de caudal, presión y nivel de agua obtenidas de equipos instalados en puntos estratégicos del sistema de abastecimiento de agua.

La combinación de los tres parámetros suministra información muy valiosa para el funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua. Esta información obtenida de otra forma, puede llevar a errores considerables de evaluación de los sistemas.

La medición del caudal permite evaluar, desde el punto de vista de distribución de agua por las tuberías y demás Unidades operacionales), el comportamiento del sistema en función de su configuración física y en función de las demandas de agua.

La medición de los niveles de agua es importante para efectuar operaciones de rutina, para evitar derrames o falta de agua en tanques, para controlar manantiales, etc.

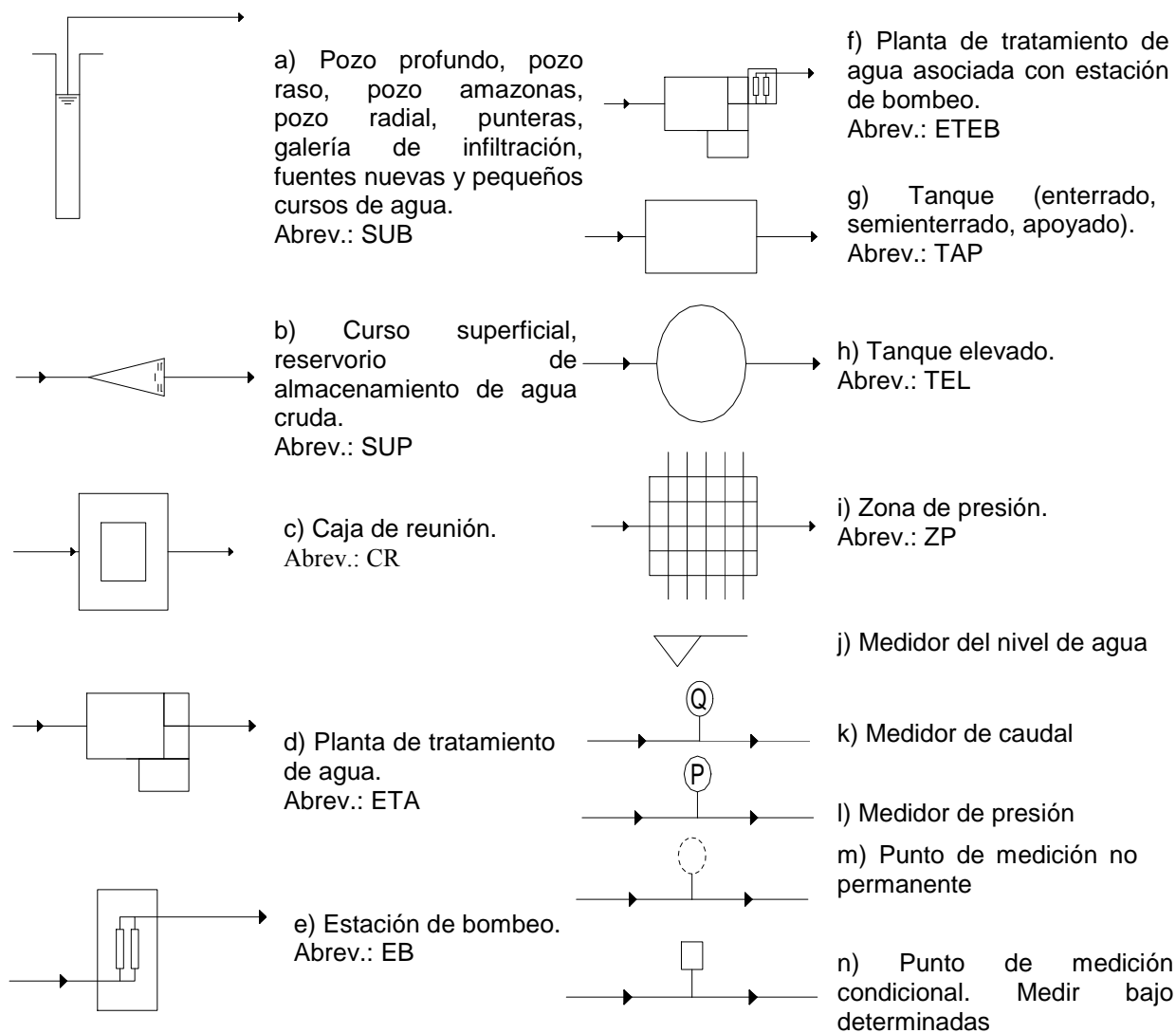
Las medidas de la presión identifican la falta o disponibilidad de agua en un punto del sistema de abastecimiento. Para identificar estos puntos y las principales partes de un sistema de macromedición, se utiliza la simbología mostrada en la **Figura 21.0**.

Criterios generales para localización de medidores de caudal

En la aplicación de criterios específicos, cuando queden definidos dos puntos de medición en serie en una misma tubería se mide solamente en uno de ellos cuando no hay derivaciones o distribución entre los mismos.

Figura 21.0 Simbología en la macromedición

SIMBOLOGÍA



Si se tuviesen los dos medidores en serie se obtendrían los mismos caudales en cada instante. Se podría argumentar que la adopción de los dos puntos sirve para controlar las pérdidas de agua en el conducto, principalmente cuando el mismo es de gran longitud o tiene cajas de paso. En tanto el control permanente, a pesar de ser deseable en estos casos, puede incrementar exageradamente el costo del proyecto de macromedición.

Además, las pérdidas grandes son fácilmente perceptibles por inspección directa, en tanto que las pequeñas (hasta el 5% del caudal conducido) son difíciles de identificar por los equipos usuales de medición debido a los límites de precisión de los mismos.

- a) Cuando la aplicación de criterios específicos fija puntos de medición en conductos que salen de nudos, suprimir los puntos que no sean necesarios para determinar los caudales de todos los conductos.

Además de las uniones de tuberías, considerar como nudos, para fines de macromedición, tanques o estaciones de bombeo que no tienen salida directa para redes de distribución o tanques elevados.

La utilización de “n - 1” medidores para identificar los caudales en “n” conductos permite suprimir un medidor en estos casos, sin perjuicio para el control operacional del sistema.

La preferencia de localizar los medidores en las salidas de ETA y EB (ver **Figura 22.0**) se debe a la prioridad de medir directamente los caudales producidos o a presión. Hay que tomar en consideración además que el equipo será mejor controlado ya que existe mano de obra de nivel adecuado en la ETA y EB (ver **Figura 22.0**)

La preferencia de localizar los medidores en la salida de las EB (ver **Figura 22.0**) se debe también a la necesidad de la medición para evaluar el funcionamiento de las bombas.

- b) En todas las entradas de zonas de presión, inicio y fin de conducciones y salidas de estaciones de bombeo, no contempladas con medidores permanentes después de aplicar los criterios específicos de localización de los puntos de medición, prever puntos de medición de caudal no permanente.

Estos puntos no se instrumentarán permanentemente con medidores de caudal, sin embargo, en ellos deben instalarse dispositivos que permitan la instalación rápida de medidores portátiles.

La información proveniente de la medición permanentemente de caudales en las entradas de las zonas de presión es de valor extraordinario ya que permite evaluar continuamente las pérdidas de agua en cada zona de presión y los coeficientes de horas de mayor consumo, entre otros.

Sin embargo, debido a la elevación significativa que tendrían los costos de los sistemas de macromedición provistos de tal recurso, es conveniente la medición no permanente en las entradas de las zonas de presión.

Esa medición efectuada con una frecuencia compatible con cada zona de presión y con cada sistema de abastecimiento de agua puede proporcionar aproximadamente los mismos parámetros que serían obtenidos con una medición permanente.

- c) Cuando el sistema de abastecimiento de agua de una localidad se abastece de agua de otra localidad, ubicar medidores de caudal, de ser posible, en línea limítrofe de municipios, para medir el caudal transferido de una localidad a otra.

Esta medición de caudal proporcionará una elevación de demanda de agua al municipio, con la determinación consecuente de todos los parámetros ya vistos anteriormente.

En los casos en que la transferencia de agua se cobra en función de los volúmenes de agua entregada, la medición de caudales es fundamental para que la facturación sea correcta.

- d) Cuando la aplicación de los criterios específicos indique un punto de medición sujeto a presiones elevadas en comparación con los límites admisibles para los medidores usuales, escoger otro punto, de preferencia en la misma tubería, midiendo el mismo caudal.

Criterios generales para la localización de medidores de presión

- a) Localizar puntos de medición en las tuberías de succión de las bombas con eje horizontal, midiendo cada bomba de las estaciones de bombeo. La instalación del medidor puede ser efectuada en la propia brida de succión de las bombas.

La medición de presión en las tuberías de succión suministra información de las pérdidas de carga en todo el conducto de succión, las cuales, no siendo normales, llevan a investigaciones detalladas de la criba, válvula de pie, etc.

Auxilia en la operación de la estación de bombeo, alertando a los operadores que las bombas funcionen en puntos de trabajo expuestos a cavitación.

- b) Localizar puntos de medición en las tuberías de presión inmediatamente aguas debajo de cada bomba de una estación de bombeo. La instalación del medidor puede ser efectuada en la propia brida de descarga de las bombas.

La medida de presión en la descarga, analizada con el caudal descargada y la presión de succión, suministra el punto de trabajo de la bomba (gasto x altura manométrica total).

Es importante que esta información se obtenga en forma permanente para que se puedan detectar eventuales problemas de desempeño inadecuado de las bombas.

En caso de que la estación de bombeo descargue directamente a la red de distribución, la presión de descarga suministra elementos para decidir el funcionamiento o paro de equipos de bombeo.

Centro de control operacional

En las ciudades pertenecientes a las clases III y IV se justifica la implantación de un centro de control a nivel local, que se recibirá información del sistema de macromedición para fines de operación del sistema de abastecimiento de agua.

La función de estos centros es permitir que la toma de decisiones operacionales de rutina se haga en función de los datos que son suministrados a cada intervalo de tiempo por el sistema de macromedición. De esta manera las decisiones son racionales y permiten optimizar la operación del sistema.

Consideraciones acerca de los criterios específicos para localización de medidores

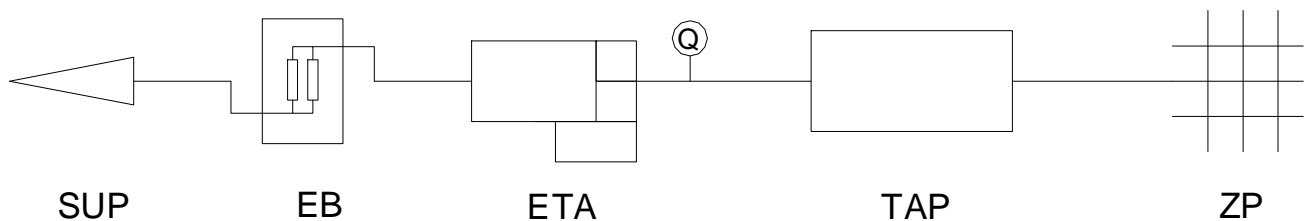
La localización de los puntos de medición debe ser de manera tal que los instrumentos proporcionen elementos para que los objetivos de macromedición, compatibles con un sistema de abastecimiento de agua, sean alcanzados.

La definición de los puntos de medición de caudal, por ejemplo, en sistemas de macromedición, de pequeñas comunidades, deberá dirigirse básicamente a obtener datos que permitan determinar índices de pérdidas de agua y para proporcionar elementos que faciliten la formulación de proyectos de aplicación del sistema.

A medida que los sistemas de abastecimiento crecen en capacidad y complejidad, asumen una importancia cada vez mayor los datos provenientes del sistema de macromedición que facilitan el control de operación del sistema de abastecimiento. De esta forma los criterios específicos para la localización de medidores son establecidos para que los sistemas de macromedición sean compatibles con las demandas de datos caracterizados por cada clase y cada nivel en que estén clasificados los sistemas de abastecimiento del agua.

Naturalmente, la aplicación de los criterios específicos, conjuntamente con los nuevos criterios generales, dejará de contemplar en algunos casos esporádicos puntos del sistema de abastecimiento de agua. En estos casos el criterio o juicio del proyectista del sistema de macromedición decidirá la adecuación de dichos puntos a pesar de los criterios establecidos. Los criterios específicos se establecieron en forma tal, que con el menor número posible de puntos de medición se garantizarán los datos necesarios para que puedan cumplirse los objetivos de la macromedición.

Figura 22.0. Sistema de distribución con una zona de presión sistema cuantitativo mínimo



3.5 PLANIFICACIÓN PARA LA IMPLANTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE MACROMEDICIÓN

El objetivo de esta sección es proporcionar orientación general compatible con los criterios establecidos en los capítulos anteriores. Naturalmente, cada empresa deberá interpretar las sugerencias contenidas en este subcapítulo, considerando las particularidades de su propia realidad administrativa, funcional, estructural y económica financiera.

Etapas de la planificación para la implantación

1.) Levantamiento de las características de los sistemas de abastecimiento de agua

Para la ejecución de todas las etapas de implantación de los sistemas de macromedición, es necesario obtener informaciones básicas respecto a los sistemas de abastecimiento de agua (y particularmente en lo que respecta a la macromedición) administrados por la empresa, que serán contemplados en el proyecto de macromedición.

2.) Definición de los conjuntos de sistemas de abastecimiento

En función de la disponibilidad de la empresa, ésta deberá programar las etapas de implantación de los sistemas de macromedición para conjuntos de ciudades, definiendo por tanto, los recursos compatibles con la programación, dando especial atención a los recursos humanos necesarios.

3.) Definición de los recursos necesarios de pitometría

Entendiendo por pitometría al conjunto de equipos, elementos y actividades para obtener, procesar, analizar y divulgar los datos del sistema de abastecimiento relativos a caudales, volúmenes, presiones y niveles de agua, con el objeto de tener diagnóstico específico de las condiciones reales o simuladas del funcionamiento de los componentes de un sistema de abastecimiento de agua.

Considerando, por tanto, que la pitometría representa una infraestructura básica de los sistemas de macromedición, es indispensable que la empresa organice su servicio de pitometría.

Elaboración de los proyectos de sistemas de macromedición de las ciudades seleccionadas

a) Elaboración de los esquemas físicos de los sistemas de abastecimiento de agua.

Para cada ciudad seleccionada se prepara un croquis en planta, conteniendo la representación esquemática del sistema de abastecimiento, de acuerdo con la simbología establecida. En la mayoría de los casos esta actividad es sencilla.

En los casos más complejos (probablemente los sistemas III y IV), es necesario más cuidado, de modo de definir bien, los arreglos y el flujo del agua en los conductos de interconexión de las unidades operacionales.

b) Clasificación de las ciudades en cuanto a macromedición

Las ciudades seleccionadas deben ser clasificadas de acuerdo con los criterios ya descritos.

c) Detalles de los proyectos de los sistemas de macromedición

El proyecto de un sistema de macromedición para una ciudad queda determinado cuando se definen los siguientes elementos:

- Localización de los puntos de caudal, presión y nivel de agua.
- Nivel de información que proporcionarán los equipos de medición (indicador, totalizador, registro, transmisor, receptor).
- Equipos y materiales que se usarán (especificaciones detalladas).

- Diseño detallado de los puntos de medición (materiales, equipos, piezas, accesorios, instalación física, dimensiones y especificaciones constructivas).
- Periodicidad de lectura, retiro de los registros gráficos, anotación, acondicionamiento, así como el presupuesto correspondiente.
- Recursos humanos necesarios.

d) Análisis del aprovechamiento de los equipos existentes

En función de los datos obtenidos del sistema de macromedición existente, se debe efectuar un estudio para determinar la forma de utilizar al máximo los equipos existentes, buscando el mínimo costo de los sistemas de macromedición.

El estudio debe hacer un levantamiento del total de la infraestructura existente, incluyendo una descripción detallada del estado en que se encuentra. De esta forma se podrá decidir de manera correcta las medidas necesarias para la renovación de los equipos existentes, teniendo como prioridad aprovechar hasta el fin de su vida útil aquellos que sigan funcionando adecuadamente en su mecanismo físico de obtención de datos. Con ello en vez de la renovación total de todos los medidores, podrán hacerse una instrumentación con equipos modernos para la recolección de datos.

3.6 ADQUISICIÓN DE MATERIALES Y EQUIPOS DE PITOMETRÍA Y DE MACROMEDICIÓN, Y EJECUCIÓN DE SERVICIOS DE MANTENIMIENTO

Los diversos tipos y tamaños de medidores actualmente disponibles en el mercado, se distinguen por las especificaciones siguientes:

- a) **Especificaciones de dimensión.**- Son las magnitudes “nominales” referidas a los valores típicos de su diseño y operación óptimos.
- b) **Especificaciones hidráulicas.**- Definen la cantidad de caudal con su correspondiente principio de funcionamiento hidráulico.
- c) **Especificaciones de exactitud en la medición.**- Establecen la calidad de la exactitud del medidor, mediante una curva de error.
- d) **Especificaciones de Resistencia y desgaste.**- Determinan el número de horas en que el medidor puede operar sin alterar sus características anteriores.

Organización del sistema de información

Cualquier iniciativa referente a la implementación de la macromedición, debe ser respaldada por la existencia de un sistema de información que garantice el manejo adecuado de los datos, generados por los aparatos. Se debe definir con cuidado y precisión los datos que se desean producir, para que se les pueda utilizar como herramientas de gestión empresarial. Se debe evitar la generación de datos en exceso, los cuales, en lugar de ser elementos facilitadores, complican el proceso de gestión.

Elaboración de manuales de operación de los sistemas de macromedición

Se considera operación de un sistema de macromedición al conjunto de las siguientes actividades:

- Lectura de medidores
- Retiro y colocación de registros gratis
- Chequeo y verificación rutinaria del funcionamiento de los equipos
- Anotación de datos
- Acondicionamiento de hojas de datos
- Registro de datos
- Transporte de datos
- Procesamiento de datos
- Análisis de datos
- Preparación de informes
- Envío de informes a las unidades interesadas
- Archivo de datos e informes

Deben elaborarse rutinas escritas para cada actividad, formando manuales de operación de los sistemas de macromedición, considerando los arreglos estructurales y la organización funcional establecidos. Características de los recursos humanos disponibles y definición de las necesidades de entrenamiento correspondientes

Básicamente habrá cuatro tipos de profesionales involucrados con la macromedición, a saber:

Profesional del nivel superior

La cantidad de funcionarios de este nivel dependerá del tamaño y complejidad del sistema de macromedición.

Se encargará de las siguientes funciones básicas:

- Elaborar proyectos para la implantación de sistemas de macromedición, como se ha indicado en el presente capítulo.
- Instalación de equipos.
- Análisis de datos y preparación de informes para las unidades interesadas.
- Elaboración y orientación en la ejecución de programas de mantenimiento mecánico, revisión y calibración de equipos.
- Auxilio a las unidades beneficiarias de la información generada por la macromedición, como son las áreas de planeamiento, operación, mantenimiento.
- Planificación de los diversos sistemas de abastecimiento.
- Colaboración en la elaboración de manuales de operación de sistemas de abastecimiento en función de los datos y condiciones obtenidos a través del tiempo por la macromedición.
- Inventario y control de equipos de medición.

Debe ser ingeniero civil o mecánico, con experiencia en saneamiento básico, y tener conocimiento de pitometría.

Técnico de nivel medio

Debe auxiliar a profesional de nivel superior en las actividades de campo y ejecutar mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos e instrumentos. Debe ser entrenado en pitometría a nivel técnico.

Auxiliar de la unidad de macromedición

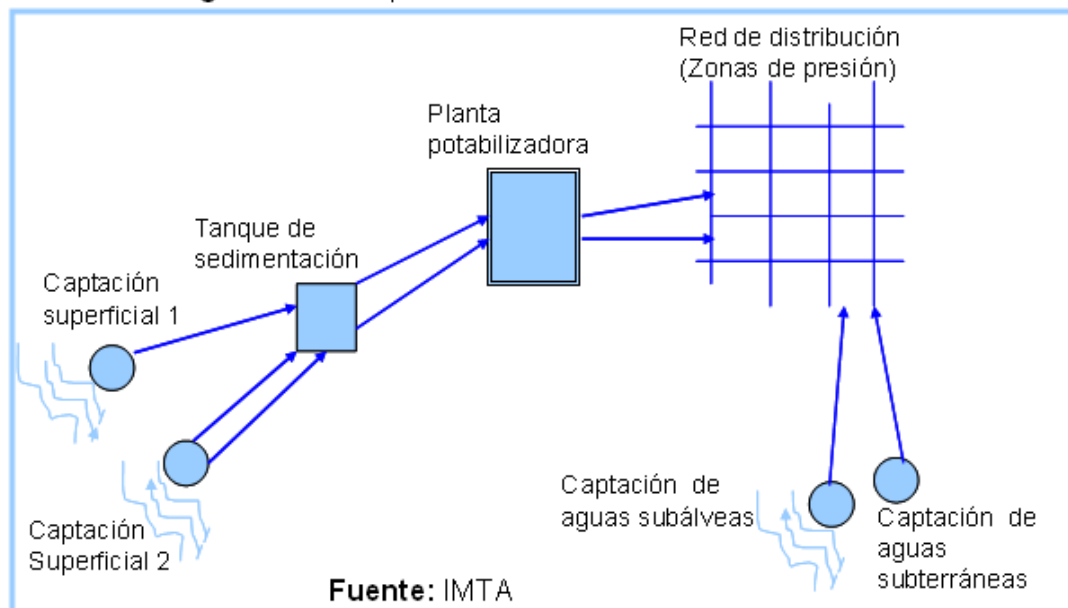
Es el encargado de las funciones de procesamiento, preparación de informes, envío de informes interesadas y archivo de datos. La cantidad de personal dependerá del tamaño y organización del sistema de macromedición de la empresa, debe estar calificado para ejecutar cálculos simples, utilizar las tablas de conversión, unidades de medida y formularios. Debe actuar como auxiliar del personal del nivel superior responsable del sistema de macromedición. Su entrenamiento es simple.

Personal de las unidades de operación de los sistemas de abastecimiento de agua a nivel de la propia localidad

Se encarga de las funciones de lectura, retiro y colocación de registros gráficos, verificaciones rutinarias, anotación de datos, acondicionamiento de los datos y envío a las unidades de procesamiento que estén en la propia localidad o fuera de éste. La clasificación para esta función es muy simple, no requiere entrenamiento especial. Elaboración de la relación total de materiales, equipos, servicios y presupuestos correspondientes Debe incluir, además de los materiales, equipos y servicios, los recursos necesarios para montar la unidad de mantenimiento, (bancos para mantenimiento de medidores, vehículos, etc.) entrenamiento del personal.

La **Figura 23.0** muestra el esquema del sistema de abastecimiento, en donde se muestran las partes donde tiene injerencia la macromedición.

Figura 23.0. Esquema del sistema de abastecimiento



3.7 ORGANIZACIÓN ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DE LOS SISTEMAS DE MACROMEDICIÓN

En este subcapítulo no se pretende establecer un modelo absoluto de organización estructural y funcional de los sistemas de macromedición que sea aplicable a todas las empresas, ya que aunque tienen semejanzas típicas inherentes al objetivo empresarial común que las caracteriza, ellas poseen características que las distinguen unas de otras, en función de las peculiaridades de los respectivos contextos fisiográficos, geopolíticos, socioeconómicos y socioculturales.

La posición que se asume en este subcapítulo se basa en el hecho de que los Sistemas de Macromedición poseen objetivos claros y bien definidos, lo que permite su absorción estructural y funcional de forma compatible con las características propias de cada empresa, respetando, sin embargo, el requisito indispensable de considerar esta actividad como instrumento de gestión empresarial.

En este sentido, no está demás afirmar que el eventual desprestigio de esta actividad representaría un síntoma inequívoco de desinterés por parte de la dirección de la empresa en lo que se refiere a los objetivos y eficacia de la macromedición.

El primer impulso que se le presenta al que se propone realizar esta tarea es el de copiar organigramas típicos de empresas de saneamiento. Tal método con seguridad causaría confusión en quienes están encargados de organizar la macromedición en las empresas. Por este motivo, se ha preferido tipificar las funciones básicas de una empresa de saneamiento cualquiera y extraer criterios de organización, cotejando tales funciones con las actividades y objetivos de la macromedición.

Funciones básicas de una empresa de saneamiento

Las circunstancias que generalmente condicionan la actuación de una empresa de saneamiento determinan tres objetivos principales:

- Operar y administrar sistemas existentes de abastecimiento de agua y alcantarillado sanitario.
- Construir sistemas para las ciudades que aún carecen de los servicios básicos de saneamiento.
- Ampliar y mejorar las instalaciones existentes.

Principios básicos de la organización estructural y funcional del sistema de macromedición de una empresa

- Las actividades del sector control operacional deben estar vinculadas al área de operación de la empresa.
- El sector de control operacional debe estar vinculado con la máxima autoridad del área de operación.

- Se debe entender como “sector de control operacional” a: macromedición, pitometría, control de pérdidas de agua, y operación del sistema de abastecimiento de agua, propiamente dicha.
- Los medidores de los sistemas de macromedición generan datos que deben dirigirse, inmediata y directamente, a las unidades de operación; y datos que se deben enviar al sector de control de operación para su procesamiento, análisis y elaboración de informes, así como para su envío a las áreas interesadas de la empresa. De este modo, a nivel de operación, la macromedición produce datos para el control de operación inmediato, y datos para el planeamiento operacional.

Las áreas de mantenimiento y verificación de los equipos de pitometría, macromedición y control de pérdidas de agua deberán estar vinculadas con el área de operación de la empresa; esto debido a que las actividades correspondientes van a ser desarrolladas, por el sector de control operacional o bajo su supervisión.

3.8 SISTEMAS DE INFORMACIÓN OPERACIONALES

En esencia, un sistema de abastecimiento de agua está constituido, por unidades operacionales, interconectadas e interdependientes, siendo que, a partir de la operación de este conjunto de unidades, se consigue conducir y distribuir el agua de manera de alcanzar y cumplir los siguientes requerimientos.

- | | | |
|------------|-----------------|---------|
| ➤ Cantidad | ➤ Regularidad | ➤ Costo |
| ➤ Calidad | ➤ Confiabilidad | |

Cabe resaltar que para cumplir estos principios es necesaria la existencia de un sistema de información operacional que ofrezca subsidios al proceso decisorio, respecto a ajustes de variables en las UO (unidades operacionales), con base en informaciones técnicamente consistentes.

Objetivo de un sistema de información operacional

El objeto de un sistema de información operacional es facilitar el proceso de gestión operacional. Se consideran relevantes los siguientes aspectos:

- Debe generar información confiable
- Debe contribuir a la consolidación de la experiencia en operación
- Debe permitir la formación de recursos humanos calificados
- Debe permitir la detección de la falta de equipos necesarios al control.
- Debe facilitar el proceso de toma de decisiones y adecuación de inversiones

Información operacional: En la operación de un sistema de abastecimiento de agua se dispone, entre otras, de la siguiente información referida a los aspectos de cantidad del agua.

- | | | |
|--------------|------------|------------|
| • Gasto. | • Volumen. | • Nivel. |
| • Velocidad. | • Tiempo. | • Presión. |

Bajo el aspecto de calidad de agua

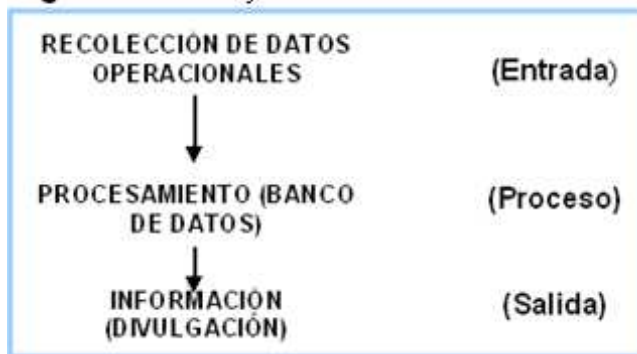
Respetar a las particularidades de cada tipo de sistema de abastecimiento de agua y con respecto a la calidad del producto final, es posible obtener la siguiente información:

- Parámetros fisicoquímicos
- Parámetros bacteriológicos
- Parámetros hidrobiológicos
- Parámetros cromatográficos (pesticidas)

Sistema de información operacional

Si se considera que la eficacia operacional de un sistema de abastecimiento de agua está estrechamente vinculada a la evaluación continua del desempeño operacional de sus unidades, es de suma importancia sistematizar el flujo de información de modo que abarque genéricamente, las siguientes fases (**Figura 24.0**):

Figura 24.0. Flujo de la información



Recolección de datos

El hecho de instalar un instrumento de control, por sí solo, no es relevante; estos instrumentos deben servir de ayuda de operación de las unidades operacionales de los sistemas de abastecimiento de agua que, a partir de la fase de LECTURA, generan información operacional, la que una vez validada y comparada con patrones preestablecidos, permite evaluar el desempeño de las referidas unidades.

De esta forma, la recolección sistemática de datos en todas las unidades, hace viable el control y la evaluación operacional sistemática del sistema como un todo.

Frente a lo expuesto, y a fin de que puedan ser controladas y optimizadas las normas y los patrones operacionales se recomienda usar los “formularios de control operacional”, cuya finalidad básica es la de obtener datos para la evaluación continua del desempeño de las unidades operacionales.

Formularios de control operacional

Tipos:

- Según su forma de llenado:
 - Manual (llenado a mano)
 - Automático
- Según la duración
 - Horarios
 - Diarios
 - Semanales
 - Quincenales
 - Mensuales
 - Anuales

- Según la cantidad
 - Formularios individuales por unidad
 - Formularios para un grupo de unidades
- Según el número de lectura (frecuencia)
 - Una vez/ hora
 - Una vez/ día, etc.

El tipo de formularios que se adopte estará condicionado por las características de cada sistema bajo aspectos de: tamaño y complejidad operacional. Frente a lo expuesto, se puede correlacionar la “clase” de los sistemas con el tipo de formulario de control.

Características

- Los formularios de control no deben ser impersonales; es decir, debe figurar en ellos el código de la unidad a la que pertenecen.
- Deben favorecer la toma de decisiones, bien sean éstas “in situ”, o “a posteriori” (control operacional en tiempo real y tiempo posterior).
- Los formularios no existen porque existe una macromedición, sino porque existe la unidad operacional. En resumen, la macro medidores existen como instrumento de evaluación operacional de las unidades y de los sistemas.
- En su mayoría, la existencia de los formularios parte de la premisa de la existencia del elemento humano, asignado a la unidad en carácter permanente o no, dependiendo de la parte del sistema de abastecimiento de agua.
- La forma de llenar formularios debe indicarse en los “Manuales de llenado”.
- El área de adiestramiento debe incorporar en los cursos de capacitación de operadores, una guía sobre cómo llenar los formularios, ya que éstos serán llenados por los operadores de la estación de tratamiento de agua, de bombas, etc.
- En la medida de lo posible, los formularios de control deben ser uniformizados; cada excepción debe ser tratada por separado, sin generalizarla.

Fases de implantación de los formularios

Debe de obedecerse a la siguiente secuencia:

- Esquematización gráfica de los sistemas de abastecimiento de agua.
- Codificación de las unidades operacionales a través de códigos alfa-numéricos.
- Clasificación de los sistemas de abastecimiento de agua.
- Codificación de las unidades “in situ”, tomando en cuenta los códigos alfa-numéricos que figuran en los esquemas gráficos.
- Determinación de los recursos humanos disponibles.
- Definición del tipo de formulario en consonancia con el tamaño de la unidad.
- Capacitación del operador, “in situ” y en las fases de adiestramiento específicos.
- Definición del flujo de la información.
- Implantación propiamente dicha, evaluación y control.

PROCESAMIENTO DE DATOS (Banco de datos)

La necesidad de organizar los datos, dispersos en todo el ámbito de la empresa, es sentida por todos, pues tal situación genera los más diversos problemas, desde la divulgación de informaciones diferentes para la misma solicitud, hasta la duplicación, triplicación, etc.; en la determinación de algunos datos.

Frente a la importancia del control operacional de los sistemas de abastecimiento de agua, que preconiza la recolección sistemática de datos operacionales de rutina y su procesamiento, es recomendable organizar un Banco de Datos con el objeto de integrar el flujo de información que él puede generar.

La creación de un banco de datos puede verse como una de las herramientas básicas necesarias para que se pueda tener un sistema de información integrado, que trate de organizar, integrar y racionalizar el uso de información en la empresa.

Contenido

El banco de datos preconiza también la integración de diversas áreas de la empresa, de una manera organizada, como por ejemplo:

- Control de pérdidas
- Control de energías eléctrica
- Control de macromedición
- Medición de la demanda
- Planeación operacional
- Diagnóstico y optimización operacional
- Diseño y mantenimiento
- Catastro técnico, etc...

Sistema de procesamiento

Además de su finalidad básica de almacenar sistemáticamente los datos de una manera organizada, integrada y racional, el Banco de datos debe prever una difusión de la información en todas las áreas afines, de tal forma que sirva de orientación para la toma de decisiones; en resumen, el Banco de Datos no debe atenerse solo a almacenar los datos sino más bien, y principalmente, a la divulgación de datos, a través de informes específicos.

Dependiendo de las características del banco de datos concebido, así como de las peculiaridades de la empresa, el tipo de procesamiento que se adopte pueden ser: manual o por medio de computadoras.

Características

- Debe haber racionalidad en el número y calidad de la información.
- El banco de datos debe ser específico para cada área, respetando las interfaces.
- Para cada dato, o agrupamiento de datos, se debe tener "indicadores operacionales" para la evaluación de los resultados operacionales de las unidades de los sistemas de abastecimiento de agua.

- Deben evitarse los extremos; esto es en lo que se refiere al exceso o a la carencia de datos, ya que ambos son perjudiciales.
- Debe existir una concentración de esfuerzos iniciales donde haya una mayor coincidencia de solicitudes de información.

Fases de implantación del banco de datos

Una vez definida la sistemática del almacenamiento y procesamiento de datos, es necesario que se definan:

- ¿Cuál es el área crítica de información?
- ¿Cuáles son los datos a ser enviados mensualmente?
- La definición de cada uno;
- Forma de cálculo, cuando hubiera necesidad de que éste sea definido;
- Forma de presentación;
- Cancelación de todos los demás informes paralelos;
- Definición de las unidades de la estructura, responsables por el análisis y consistencia de la información.

Informes operacionales

Finalidad: El banco de datos, en su concepción, procura el recibo de la información operacional proveniente de los sistemas, para fines de procesamiento, bien sea por vía manual o por computadora.

La referida a información, una vez almacenada en el banco de datos, servirá de subsidio para:

- Emisión de informes rutinarios;
- Emisión de informes especiales;
- Estudios especiales

Tipos

- Según su forma de obtención:
 - Manuales
 - Vía computadora
- Según la frecuencia de emisión:
 - Diarios
 - Mensuales
 - Quincenales
 - Anuales
- Según la concepción:
 - Informes gráficos
 - Informes grafo-numéricos
 - Informes numéricos

➤ Según el origen:

- Por unidad del sistema de abastecimiento de agua
- Por sistema
- Por región
- Por estado / departamento

Características

- Los informes operacionales deben contemplar áreas específicas o sea, control de pérdidas, control de energía eléctrica, control de macromedición, etc.
- Es indispensable que haya racionalidad en la información contenida en los informes.
- Las áreas específicas deben recibir información correcta, o es importante que se establezcan flujos adecuados de documentos.
- Los informes deben ser continuos y frecuentes.
- Estos informes deben ser esencialmente instrumentos de gestión, en todos los niveles (operacional, táctico estratégico).

Fases de implantación

- Evaluación de las áreas críticas
- Definición de los tipos de informes: su origen y destino
- Definición del flujo de los documentos
- Implementación de los sectores de validación de la información (“feed back”)

Aplicabilidad

- Al control de pérdidas
- Al planteamiento operacional
- A diseño
- A la macro dimensión
- A diagnostico y optimización operacional
- A la precisión de la demanda

Operacionalización del sistema de información

A fin de consolidar la implementación del sistema de información de los sistemas de abastecimiento de agua, se deben desarrollar las siguientes fases:

Diagnóstico

- ¿Existe un sistema de recolección, registro, transporte, análisis y divulgación de datos de operación, debidamente implantados?
- ¿Cuáles son los formularios, informes, etc.... existentes, y cuál es la facilidad operativa de los mismos? ¿existe armonía en el proceso?
- ¿Cuáles son las áreas críticas, bajo el aspecto de recolección, procesamiento y divulgación de la información?
- ¿Qué información se pretende obtener?
- ¿Existe terminología específica?

- ¿Hay personal capacitado?
- ¿Existen, de manera detallada, criterios de análisis y planteamiento de la operación de cada sistema de abastecimiento?
- ¿Hay facilidades para concienciar a las áreas?
- ¿Las unidades operacionales disponen de equipos de control adecuados?
- ¿Están codificadas las unidades?
- ¿Existe una representación grafica de los sistemas de abastecimiento de agua?

Concepción general

Una vez definidas las áreas críticas, la información necesaria para la gestión de estas áreas, la terminología específica, etc....., se pasa a establecer las siguientes acciones:

- Definición de los tipos de instrumentos de control necesarios;
- Formatos e informes;
- Frecuencia de la información;
- Elaboración de manuales que indiquen como llenar los formatos;
- Institución del banco de datos.

Implantación

El éxito del sistema de información no radica primordialmente en la forma (estética) de presentación racionalidad y veracidad de los formularios e informes, además de la formación y capacitación de los recursos humanos involucrados, creando una cultura de la medición y el análisis de ésta, ya que esta será la espina dorsal del sistema. De ésta forma será importante:

- Adecuación de las unidades con equipos de control;
- Adiestramiento de personal;
- Divulgación de lo que ofrece el sistema de información (concientización de las áreas)
- Implantación propiamente dicha.

Evaluación y control

- Definición de los mecanismos de control, a través del uso adecuado de documentos;
- Fijación de fechas límites;
- Sistematización en la consistencia de la información (validez);
- Evaluación periódica del sistema de información bajo el aspecto de calidad de la información almacenada y divulgada;
- Definición de los mecanismos de evaluación del desempeño de los equipos e instrumentos de control.

Consideraciones finales

- La implantación del sistema de información operacional no presume la existencia de macro medidores; sin embargo, lo inverso no debe considerarse como verdadero.

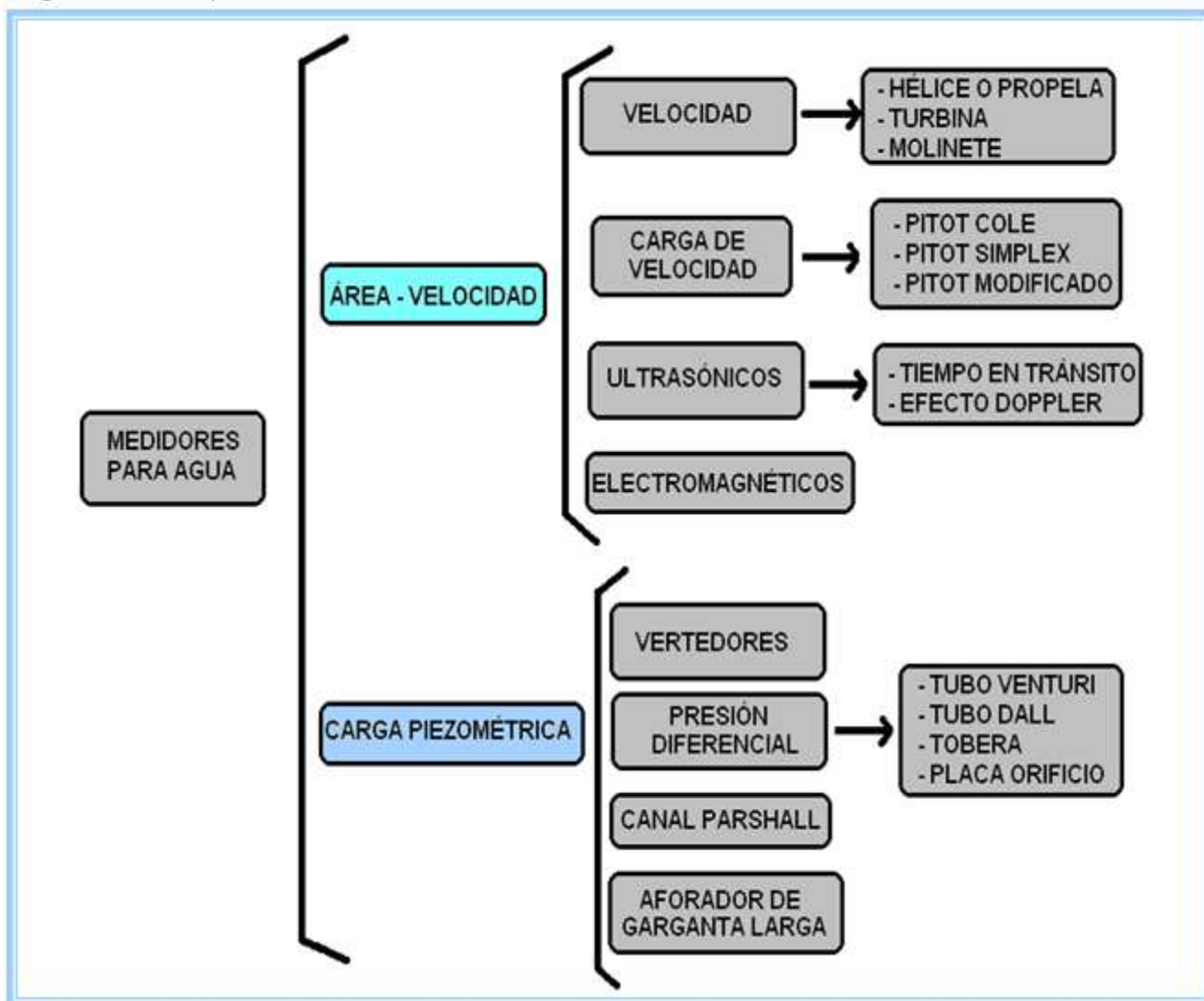
- La macro medición debe ser entendida como un instrumento de control de una primordial importancia para la consolidación de un sistema de información.

3.9 CRITERIOS GENERALES PARA LA SELECCIÓN, ESPECIFICACIONES E INSTALACIÓN DE MEDIDORES

En este capítulo se presentan los criterios generales y requisitos específicos que deben ser observados para la selección, especificación e instalación de medidores, en función del tipo y procedencia de los mismos. Así mismo y considerando la carencia que se ha observado en cuanto a manuales de instrucción para los equipos disponibles, se incluye, como sugerencia, un modelo de manual de instrucción que podría exigirse a los fabricantes al momento de adquirir los medidores.

Como se puede observar en la **Figura 25.0** existe una gran variedad de medidores, es fundamental encontrar el tipo de medidor que más se adecue a las necesidades del sistema. En este subcapítulo se darán criterios para tomar una decisión correcta.

Figura 25.0. Tipos de medidores



Criterios generales para la selección de medidores

La selección de medidores tal vez sea el factor determinante del éxito de unos sistemas de macro medición. Esta selección está condicionada a una serie de factores que, debidamente ponderados, van a determinar la selección del medidor más apropiado en cada caso. Aunque no existan normas establecidas, se presentan aquí algunas a este respecto.

De un modo general, la selección de un medidor consiste en determinar el tipo y la capacidad más adecuado para cada caso. Sin embargo, la determinación de estos dos parámetros se correlaciona directamente con los siguientes factores:

- Condiciones de la ciudad donde el medidor debe ser instalado;
- Condiciones del lugar de instalación;
- Características físicas y calidad del agua del sistema de abastecimiento;
- Condiciones hidráulicas del flujo de agua;
- Objetivos específicos del sistema de medición;
- Características nominales de los medidores disponibles en el mercado – calidad de los medidores;
- Costos.

Factores que influyen en la selección de los medidores

Condiciones de la ciudad donde se instalara el medidor

La selección de medidores para comunidades de gran tamaño debe ser distinta de las de pequeño tamaño. En el primer caso, la comunidad dispone de los recursos necesarios para la operación y el mantenimiento de los más sofisticados medidores, mientras que en una pequeña comunidad, son diversas circunstancias (técnicas y económicas) que determinan la preferencia por equipos más simples

Condiciones del lugar de instalación

Las condiciones del lugar de instalación también deben ser tomadas en cuenta en la selección del medidor.

Entre estas condiciones se pueden destacar:

- Amplitud;
- Agresividad del medio ambiente;
- Disponibilidad local de la fuente de alimentación del aparato (energía eléctrica);
- Diámetro de las tuberías;
- Tipos y patrones de las bridas;
- Bases para su fijación y anclaje;
- Cubiertas de protección;
- Facilidades para su montaje de conformidad con las exigencias para la instalación del aparato.

Características físicas y calidad del agua del sistema de abastecimiento

La calidad del agua constituye uno de los factores que mejor debe analizarse cuando se realiza la selección de los medidores. Siempre se debe tener en mente que la precisión y sensibilidad del aparato pueden verse afectados por ese factor.

Por otro lado, también es importante que el aparato se encuentre perfectamente compatibilizado con las condiciones físicas del agua en lo referente a:

- Peso específico;
- Viscosidad;
- Temperatura;
- Agresividad;
- Material sólido en suspensión.

Condiciones hidráulicas de flujo del agua

- Caudales de trabajo;
- Velocidades;
- Presiones;
- Sentido de flujo del líquido;
- Características del flujo (continuo, intermitente, etc.)

Objetivos del sistema de medición

Los siguientes elementos deben ser compatibilizados con los objetivos del sistema de medición:

- Precisión requerida;
- Facilidad de intercambio entre aparatos (conexiones, pesos, dimensiones y tolerancias, lubricaciones, piezas de repuesto);
- Normalización de las condiciones de manejo (operación, mantenimiento, verificación, calibración, transporte, almacenaje, embalaje, instalación, inspección);
- Facilidades para la fácil remoción del aparato;
- Facilidades para la reposición de sus piezas.

Características nominales de los medidores disponibles en el mercado – calidad de los medidores

La decisión sobre uno u otro medidor debe tomarse teniendo también en cuenta aspectos diferentes en cuanto a las características nominales de los aparatos disponibles en el mercado, compatibilizándolas con las condiciones de campo, así como con aspectos relacionados con la calidad de los productos. En cuanto a las características nominales, se destacan aquellas que se refieren a la especificación de los aparatos:

- Diámetro nominal;
- Tamaño;
- Tipo;
- Serie;
- Clase;
- Rango de trabajo;
- Caudal nominal y columna diferencial correspondiente;
- Desempeño;
- Precisión;
- Sensibilidad;
- Accesorios.

Por otro lado, la calidad del aparato debe ser muy bien definida en cuanto a:

- Precisión y sensibilidad (curvas de presión)
- Desempeño y funcionamiento;
- Vida útil;
- Accesorios;
- Conexiones de acople;
- Materiales de los componentes;
- Acabado;
- Protección del aparato, del operador y del proceso.

Costo de medidores

Al finalizar el costo de los medidores se debe considerar no solamente el costo de adquisición de los mismos, si no también el costo total de las acciones para instalarlo, protegerlo y equiparlo para las funciones necesarias a lo largo del periodo de vida.

Se deben considerar los siguientes costos:

- De adquisición;
- De instalación;
- Consumos (energía eléctrica, materiales para su mantenimiento);
- Piezas de repuesto;
- Gastos de mantenimiento y reparación;
- Vida útil.

Criterios para la instalación y montaje de medidores

Medidores de caudal

La instalación y montaje de estos medidores es relativamente simple. Sin embargo, deben tomarse las siguientes precauciones:

- Cuando se ponen en funcionamiento nuevas instalaciones, o después de que se han hecho reformas, se debe dejar drenar el sistema antes de instalar los medidores;
- Al pasar el líquido por el medidor, no debe alterarse ninguna de las características físicas del fluido;
- El medidor debe limpiarse cuidadosamente antes de instalarse;
- Los medidores no deben instalarse en el punto más alto de la tubería, donde puede acumularse aire;
- Los medidores siempre deben estar llenos de agua. En el caso de salida libre, aguas del medidor, la tubería debe elevarse hasta la cabeza del mismo;
- Al instalar un medidor en la tubería, se debe tener el cuidado de que las juntas de las bridas no se proyecten en la tubería;
- El medidor debe instalarse correctamente en relación al sentido del flujo del líquido;
- El medidor debe ubicarse concéntricamente a la tubería, sin forzar el medidor ni la tubería;
- En el lugar donde se instala el medidor deprimido debe existir siempre una presión superior a la diferencial producida por el medidor;

- El medidor debe colocarse en un tramo de tubería libre de perturbaciones en el flujo, tales como pulsaciones u ondulaciones;
- El medidor debe ubicarse en el eje horizontal de la tubería, entre dos tramos rectos y cilíndricos, en los cuales no haya obstrucciones o derivaciones, aunque no hay flujo de agua o para tales derivaciones. Las únicas conexiones que se admiten en el caso de los medidores diferenciales, son los drenajes y las tomas de presión;
- El medidor debe instalarse entre dos bridas de la tubería;
- Cuando existen conexiones y / o accesorios en la tubería, se debe asegurar entre estos y el medidor una tubería rectilínea del mismo diámetro del medidor. Las longitudes mínimas de la tubería se indican en el siguiente cuadro en función del tipo de medidor.

Es recomendable para realizar la macromedición tener toda la información de los siguientes tipos de medidores:

- | | |
|---|--------------------------------------|
| ➤ Medidor Parshall para Canales. | ➤ Medidores de Velocidad. |
| ➤ Medidor Ultrasónico Para Canales. | ➤ Medidor Ultrasónico. |
| ➤ Vertedores. | ➤ Placa Orificio. |
| ➤ Medidor Ultrasónico Tiempo en Transito. | ➤ Tubos Pitot. |
| ➤ Medidor Electromagnético. | ➤ Tubos Ventura, Dall y Toberas. |
| | ➤ Elementos Secundarios de Medición. |

3.10 ORGANIZACIÓN PARA LA MEDICIÓN

A continuación se mencionan algunos principios importantes para la gestión de la medición.

- Las actividades de “control operacional” deben vincularse al área de operación de la empresa.
- El “control operacional” debe vincularse con la máxima autoridad del área de operación.
- Se debe entender como “control operacional” al conjunto de: macromedición, pitometría, control de pérdidas de agua, y la propia operación del sistema de abastecimiento.
- Los datos de los macromedidores deben dirigirse, inmediata y directamente, a las unidades de operación; al igual que al “control de operación” para su procesamiento, análisis y elaboración de informes; y a cualquier otra área interesada. Es decir, los datos sirven al control de operación inmediato, y al planeamiento operacional.
- Las áreas de mantenimiento y verificación a equipos de pitometría, macromedición y control de pérdidas de agua deben vincularse al área de operación; para que sus actividades y la supervisión correspondiente se coordinen con el “control operacional”.

3.11 COSTO DE LA MEDICIÓN Y RELACIÓN CON LA PRECISIÓN

Una búsqueda y esfuerzo continuo de la administración de empresas es poder evaluar el desempeño al integrar y armonizar cosas relativamente disimilares, para sumarlas como un todo y luego compararlas contra alguna referencia.

Es decir, si se compró cuero, se fabricaron zapatos, se dispone de algunos vehículos, pero algunos se descompusieron, hubo quejas de algunos clientes, se remodelaron oficinas, etc. ¿Cómo integrar todo eso para saber si se está bien o mal, o mejor o peor que el mes pasado?

Existe forma de convertir pulgadas a centímetros, o gramos a toneladas; modernamente se estila emplear una convención llamada “dinero” para intentar transformar las cosas a una sola unidad homogénea (*que desde luego no es siempre perfecta, pero es un intento*).

Se puede establecer cierta equivalencia entre metros de tubería, ausencias del personal, volúmenes de agua, confiabilidad de las bases de datos, o rapidez de procesamiento de facturas.

De esta forma, se puede pensar que hay un beneficio (*mayor ingreso, menos esfuerzo, mayor precisión, más confianza del usuario en la empresa, etc.*), o un castigo (*menor vida útil, descomposturas, imprecisión, quejas, menor facturación que la debida, etc.*) por elegir determinado modelo de medidor, en lugar de otro.

Similarmente si se capacita o no al personal; se le exige uniforme y se le surte de buenas herramientas, o no; se instalan medidores dentro de las casas o afuera; se instalan válvulas expulsoras de aire, etc. Todo tiene sus ventajas y sus desventajas; lo importante es plantear buenas, completas e imparciales ecuaciones de balance, para comparar y decidir antes de actuar.

En tales evaluaciones el tiempo, un horizonte de planeación o plazo de amortización, juegan un papel primordial. Similarmente hay que ver hasta cuando en el futuro se van a sumar los beneficios y se restarán los costos. Puede ser que en los primeros años, sean solo gastos y dificultades, pero después vienen los frutos positivos; más adelante pueden venir nuevamente problemas y gastos, cuando los medidores u otros elementos vayan requiriendo mantenimiento mayor o reemplazo.

El buen jefe de lecturistas deberá saber negociar, con argumentos convincentes, cualquier solicitud de apoyo para: más personal, nuevos vehículos, reemplazo de medidores, equipo electrónico, procesos internos, etc.

Para ello deberá poder manejar las técnicas de análisis económicos (*costos y beneficios*), así como evaluar y argumentar en términos de energía, ambientales, o de satisfacción del público contratante.

Aparte de los varios argumentos que se han dado, y de otros que aparecerán luego en este manual, a manera de ejemplo de argumentos a favor de medir, contra el no medir (*servicio medido contra el de cuota fija*), están:

- ▶ El contador es una manera adecuada y equitativa de distribuir los costos de abastecimiento entre los usuarios, y ayuda a evitar el desperdicio de agua, como acontece cuando no está instalado el aparato.
- ▶ El servicio medido proporciona información necesaria para estadísticas de consumos, esenciales proponer y estructurar las tarifas.

El servicio basado en cuota fija, es inconveniente tanto para el usuario como para la empresa de aguas. Para el *usuario* porque la cuota se establece hasta un determinado límite, consumido o no, en el mes y puede ser menor el consumo, pagando de todas maneras el faltante. Para la *empresa* porque la cuota fija deja de coincidir con el valor real del metro cúbico de agua servido.

Saber los volúmenes de agua consumida, a fin de relacionarla con la que se produce, permite definir los ingresos (*monetarios*) presentes y futuros, así como evaluar los niveles reales de pérdidas de agua y la eficiencia verdadera de la empresa.

¿Que relación tienen la eficiencia, la calidad y la medición?

En el mundo del “control de calidad” se escucha frecuentemente esta frase:

“Lo que no es medible no es perfectible”

Similarmente en asuntos de evaluación de desempeño, monitoreo de eficiencia y “sistemas de información”, una verdad interesante es esta:

“Dime que me mides y te diré como me voy a comportar”

3.12 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

La finalidad de este rubro es obtener mediciones constantes y de buena calidad, evaluando técnicamente los medidores y haciendo posible la sustitución periódica de algunos accesorios que pudieran tener desperfectos por el uso, en periodos tales, a fin de que su precisión no quede en duda.

Llevar a cabo el mantenimiento preventivo en forma eficiente, ofrece los siguientes beneficios:

- Economía
- Confiabilidad
- Posibilidad de planificar acciones, minimizando la cantidad necesaria de piezas de repuesto y distribuyendo la demanda de servicios.
- Minimizar la necesidad de mantenimiento correctivo y sus desventajas.

Frecuencia del mantenimiento

La eficiencia de cada medidor está en función de la calidad de las actividades de mantenimiento. Por otro lado, cada medidor tiene su propia vida útil, con base en la cual se debe establecer la frecuencia del mantenimiento. A lo largo del tiempo, por medio de las informaciones históricas, se empieza la búsqueda de los parámetros óptimos para ejercer el mantenimiento preventivo, como se indica en el cuadro siguiente (**Tabla 7.0**).

Tabla 7.0. Frecuencia de mantenimiento de macromedidores

Instrumento	Mantenimiento
a) Medidores de caudal <ul style="list-style-type: none">● Hidrómetro (de 5 a 15 cm)● Hidrómetro (más de 15 cm)● Medidores Diferenciales	una vez por año dos veces al año tres veces al año
b) Medidores de presión <ul style="list-style-type: none">● Manómetros y vacuómetros	una vez al año
c) Medidores de nivel <ul style="list-style-type: none">● Reglas, Tubo piezométrico, Flotador, etc.	una vez al año

Procedimientos para mantenimiento

a) Medidores de caudal-volumen

A excepción de los medidores con diámetro menor o igual 76 mm, en donde no es posible el aforo a través de la pitometría, los procedimientos de mantenimiento son los siguientes:

- Medidores con diámetro menor o igual a 76 mm. En estos casos es recomendable, según la frecuencia de mantenimiento establecida, cambiar un juego ("kit") de medidor.
- Medidores con diámetro mayor de 76 mm. Con el objeto de generar un historial de mantenimiento se recomiendan las siguientes actividades:

Inspeccionar todas las instalaciones de macromedidores para comprobar si se mantienen de acuerdo al catastro técnico. Inspeccionar la estación pitométrica para comprobar si las condiciones para aforo son adecuadas.

Calcular la precisión del macromedidor a través de la pitometría, comparándose los gastos del pitot (Q_p) con los del macromedidor (Q_m).

Como ejemplo, para los hidrómetros deberá respetarse la siguiente condición:

$$0.96 \leq Q_m/Q_p \leq 1.04$$

Donde: Q_m = gasto del macromedidor
 Q_p = gasto del pitot

En el caso que la precisión no sea aceptable se tiene que:

- Para hidrómetros: intentar hacer la calibración y aforo en el campo. En caso de no tener la precisión recomendada se procederá a la sustitución del "kit" requiriéndose, por lo tanto, un nuevo aforo para evaluar su precisión. Es importante recalcar que la sustitución deberá ser lo más rápida posible, para lo cual deberá programarse con el área de operación.
- Para medidores diferenciales: en los primarios se deberán considerar las recomendaciones proporcionadas por los proveedores, que normalmente se refieren a remover obstrucciones en las tomas de presión. Antes de la limpieza de las tomas es recomendable el aforo del primario para evaluar su constante (K).

La remoción de obstrucciones será necesaria en caso de que la constante haya cambiado con relación al elemento secundario. También, después del aforo por medio de la pitometría se evaluará la necesidad de una posible calibración en campo o un sencillo cambio de constante.

En algunos casos es necesario sacar el elemento secundario para que sea calibrado en laboratorio, de preferencia en el laboratorio del propio organismo operador. En estos casos se necesitará establecer un proceso de medición provisional hasta que el secundario esté listo para ser instalado.

b) Medidores de presión

Con el fin de generar un historial de mantenimiento se recomiendan las siguientes actividades:

- Inspeccionar todas las instalaciones del macromedidor para comprobar si se mantienen de acuerdo al catastro.
- Sacar el medidor y evaluar su precisión a través de una balanza hidrostática (comparadora o de peso muerto), la cual está incluida en el equipo de una brigada de pitometría. En caso de que los errores sean mayores que los admisibles se deberá sustituir el medidor para calibrarlo, dejándose otro (reserva) en operación.

Importante: la calibración podrá ser hecha en el taller de medidores del organismo o con el propio proveedor, según la política administrativa vigente.

c) Medidores de nivel

Con el fin de generar un historial de mantenimiento se recomiendan las siguientes actividades:

Inspeccionar todas las instalaciones de macromedidores para comprobar si se mantienen de acuerdo al catastro.

Verificar la precisión de los medidores empleando patrones de medida. En caso de que las mediciones no estén de acuerdo a los patrones, se deberá sustituir el medidor para calibrarlo, dejándose otro (reserva) en operación.

Planeación del mantenimiento preventivo

Un aspecto importante a considerarse se refiere a la capacidad del organismo para arreglar los medidores en sus propias instalaciones, es decir, en su taller de medidores.

Obviamente la capacidad del taller corresponderá a la realidad económico-financiera de la institución. En algunos casos es recomendable que la reparación de los medidores se lleve a cabo en los talleres de los proveedores. Por lo tanto, hay que asegurarse de que esto sea factible antes de comprar el medidor.

A partir de la frecuencia de mantenimiento establecida por el área encargada de macromedición, se podrá elaborar el programa de mantenimiento preventivo para lo cual se debe considerar lo siguiente:

- Reserva suficiente de "kits" que integran los hidrómetros, para ofrecer un mantenimiento lo más oportuno posible. La cantidad en el almacén de piezas que integran el medidor será menor, en función de la eficiencia de reparación en el taller de medidores.
- Adquirir medidores del mismo tipo para evitar la diversidad de piezas de repuesto. Por lo tanto, la búsqueda de instrumentos homogéneos deberá considerarse en la fase de proyecto.
- Tener diversas piezas de repuesto para el mantenimiento de los medidores.
- Contar con equipos adecuados para el mantenimiento.
- Tener equipos para aforo en campo (pitometría) y en laboratorio. Para los secundarios de medidores diferenciales, el área encargada de macromedición deberá tener, por lo menos, un banco de prueba y aforo, cuya implantación sea sencilla y útil.

Observaciones: la existencia de elementos secundarios en medidores diferenciales presupone la existencia del banco, obligatoriamente.

En caso de que no exista banco de prueba, o no sea posible obtenerlo por falta de mano de obra especializada o por problemas financieros, es recomendable que el organismo operador opte por otro tipo de medidores, de acuerdo a su realidad institucional vigente.

3.13 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El mantenimiento correctivo de macromedidores será ejecutado en dos casos básicos:

- a) En cualquier medidor que durante el mantenimiento preventivo presente desperfectos.
- b) Los medidores que, fuera de programación, presenten desperfectos.

Frecuencia del mantenimiento

Debido a que el mantenimiento correctivo ocurre aleatoriamente, no es posible establecer una programación para ello; lo ideal es que a través del historial de mantenimiento correctivo, se vayan adecuando las frecuencias del mantenimiento preventivo.

Planeación del mantenimiento

Con base en lo antes indicado, la planeación posible en este caso sería:

- a) Medidores de caudal.- El área de mantenimiento asignará una cantidad mínima de "kits" para las urgencias; ésta podrá ser menor desde el momento en que exista un taller de medidores en el organismo operador.
- b) Medidores de presión y nivel.- El área de mantenimiento asignará una cantidad de manómetros (presión) y medidores (nivel) de reserva para las urgencias, y piezas de repuesto para las actividades de mantenimiento. En caso de no disponer de recursos para crear un taller de medidores, el mantenimiento quedará a cargo de los proveedores. Aún cuando se usen los servicios de los proveedores, es necesario adquirir medidores de reserva.

Tiempo máximo para el mantenimiento

Considerando que el mantenimiento correctivo es imprevisible y que al detenerse los medidores no es posible evaluar caudal, presión y nivel, se recomienda:

Establecer los mecanismos y procedimientos necesarios para lograr que el tiempo comprendido entre la comunicación (del daño o desperfecto del aparato) al área de mantenimiento y la reparación del medidor, sea inferior a 72 horas.

3.14 SECTORIZACIÓN DE RED URBANA DE AGUA POTABLE. (SECUENCIA GRÁFICA)

La gran extensión de la red de distribución, no permite el control adecuado de los gastos y presiones, tanto en la red primaria como en la secundaria y complica la operación de las mismas. Para reducir pérdidas por fugas, se bajan las presiones en la red primaria por medio de la operación de válvulas, situación que limita la conducción del agua a las zonas más desfavorecidas del abastecimiento. La sectorización del sistema de distribución, propone una división de la red de distribución de agua potable, en sectores que permitan un control de caudales tanto en la entrega como en la distribución, haciendo más eficiente la red.

Con esta acción se busca obtener los siguientes resultados:

- ◆ Distribuir equitativamente entre la población de la localidad, los caudales disponibles de fuentes de abastecimiento propias y externas.
- ◆ Cuantificar los caudales suministrados a la red en un periodo de tiempo determinado con el fin de conocer con exactitud las pérdidas.
- ◆ Priorizar zonas de rehabilitación de redes y obtener una mayor efectividad en reparaciones futuras.
- ◆ Un rango más amplio de planeación al conocer detalladamente el estado de la red por Sectores Hidrométricos.
- ◆ La operación en conjunto o separadamente de la red primaria y de la red secundaria.
- ◆ Prolongar la vida útil de la red de distribución ya que impide la formación de sobre presiones.
- ◆ Realizar programas efectivos de recuperación caudales (abatimiento del índice de fugas).
- ◆ Adicionalmente el ahorro se capitaliza como aumento de agua disponible para mejorar el servicio en zonas con déficit.

La **Tabla 8.0**, muestra la secuencia de los trabajos para la instalación de válvulas que permiten cerrar los sectores.

Tabla 8.0. Secuencia gráfica de la sectorización



Foto No. 1 Muestra el acuerdo de las cajas de medición de gasto y control de presiones.



Foto No. 2 Muestra la ubicación y trazo de las cajas de medición de gasto y control de presiones.

Continúa Tabla 8.0. Secuencia gráfica de la sectorización



Foto No. 3 Muestra el corte de la carpeta asfáltica, para la construcción de las cajas de medición de gasto y control de presiones.



Foto No. 4 Muestra la demolición de la carpeta asfáltica para la construcción de las cajas de medición de gasto y control de presiones.



Foto No. 5 Muestra la excavación con medios manuales, observe los cuidados a la tubería de agua potable a medir.



Foto No. 6 Muestra la plantilla de concreto pobre, sobre la cual se realiza el desplante de la losa de piso de las cajas de medición de gasto y control de presiones.



Foto No. 7 Muestra el habilitado del acero de refuerzo de la losa de piso de las cajas de medición de gasto y control de presiones.



Foto No. 8 Muestra la losa de piso y el armado del acero de refuerzo de los castillos de las cajas de medición.

Continúa Tabla 8.0. Secuencia gráfica de la sectorización



Foto No. 9 Muestra el levantamiento del muro perimetral de la caja de medición, se observa que los muros son de doble hilada de tabique.



Foto No. 10 Muestra el acero de refuerzo, ya habilitado y colocado, correspondiente a la dala perimetral de la caja de medición.



Foto No. 11 Muestra el acabado interior de la caja de medición de gasto y control de presiones, aun no se instala el tren de piezas especiales.



Foto No. 12 Muestra la Utilización de una grúa, para bajar todo el equipo y piezas especiales que serán instalados en la caja de medición.



Foto No. 13 Muestra parte del equipo y piezas especiales listas para su instalación en el interior de la caja de medición.



Foto No. 14 Muestra la utilización de una grúa, también se puede utilizar para sostener las piezas especiales a instalar, mientras el personal calificado realiza dichos trabajos.

Continúa Tabla 8.0. Secuencia gráfica de la sectorización



Foto No. 15 Muestra la Instalación del tren de piezas dentro de la caja de medición de gasto, obsérvese el medidor de flujo electromagnético.



Foto No. 16 Muestra una de las condiciones de trabajo que se pueden presentar durante la instalación de las piezas especiales de las cajas de medición de gasto y control de presiones.



Foto No. 17 Muestra otra de las condiciones que se pueden presentar durante la instalación de las piezas especiales.



Foto No. 18 Muestra el habilitado del acero de refuerzo, correspondiente a la losa tapa de la caja de medición.



Foto No. 19 Muestra el tren de piezas especiales en el interior de la caja de medición de gasto, el cual está formado de derecha a izquierda por: una válvula de compuerta, una válvula de admisión y expulsión de aire y un medidor de flujo electromagnético.

Continúa Tabla 8.0. Secuencia gráfica de la sectorización



Foto No. 20 Muestra el tren de piezas especiales de la caja de control de presiones, el cual está formado de derecha a izquierda por: una válvula de compuerta, un filtro, una junta de alta tolerancia, una válvula reguladora de presión y finalmente por otra válvula de compuerta.



Foto No. 21 Muestra una losa tapa ya colada y lista para instalarse.



Foto No. 22 Muestra una vista general de las cajas de medición de gasto y control de presiones ya terminadas.

3.15 COBERTURA DE LA MACROMEDICIÓN EN MÉXICO

A continuación se reporta la información de las fuentes de abastecimiento, tanto las que operan como las que no, y su capacidad instalada total.

La cobertura de macromedición en función del caudal medido respecto a la capacidad instalada de la propia fuente de abastecimiento. Aquí se reporta la cobertura bajo dos criterios:

- La cobertura de macromedición en función del caudal medido respecto al caudal producido.
- La cobertura de macromedición en las fuentes de abastecimiento podrían reportarse en términos del caudal o bien en cuanto al número de medidores. (*Comisión Nacional del Agua, 2004*)

Cobertura de macromedición en las fuentes de abastecimiento en algunas localidades con población mayor a 50 mil habitantes

EDO.	LOCALIDAD	CAUDAL PRODUCIDO (L/s)	FUENTES DE ABASTECIMIENTO						
			EN OPERACIÓN		CAPACIDAD INSTALADA (L/s)	MACROMEDICIÓN			
			sí	no		FUNCIONA		COBERTURA (%)	
					(L/s)	(L/s)	respecto a la producción	respecto a la cap. Instalada	
AGS	AGUASCALIENTES	2,652	174		3,549	3,549		100	100
BC	ENSENADA	673	34		673	673		100	100
	MEXICALI	2,842	14		4,372	4,372		100	100
	TECATE	245	22	23	369	369		100	100
	TIJUANA	3,296	19	4	7,264	7,264		100	100
BCS	PAZ, LA	680	20	2	1,020	480	200	71	47
	SAN JOSE DEL CABO	733	22	6	733	13	2	2	2
CAMP	CIUDAD DEL CARMEN	308	9	3	528				
CHIH	CHIHUAHUA	2,366	95	21	3,365	3,365		100	100
	CUAUHTEMOC	222	10	2	364	354	10	100	97
	DELICIAS	551	17	5	980	980		100	100
	HIDALGO DEL PARRAL	369	18	2	418	418	13	100	100
	JUAREZ	2,783	169	13	6,790	4,896		100	72
	NUEVO CASAS GRANDES	193	12	1	435	385	18	100	89
COAH	CIUDAD ACUÑA	650	2		650	650		100	100
	FRANCISCO I. MADERO	150	7	14	225	157		100	70
	MATAMOROS	210	6	4	320	3	1	1	1
	MONCLOVA	1,217	21	5	1,550	753	664	62	49
	PIEDRAS NEGRAS	830	3		1,080	830		100	77
	SABINAS	438	7		533				
	SALTILLO	1,578	64	13	2,398	1,543		98	64
	SAN PEDRO	204	7	11	380	204		100	54
	TORREON	2,400	60	6	2,500	2,280		95	91
COL	COLIMA	922	58	24	2,380	44	5	5	2
	MANZANILLO	636	19		811	128	682	20	16
	TECOMAN	835	38	4	951	2	2		
D.F.	IZTACALCO	32,828	993	125					
DGO	GOMEZ PALACIO	894	34	7	1,650	529	721	59	32
	SAN FELIPE	246	11	3	257	240	17	98	93
	VICTORIA DE DURANGO (DURANGO)	2,421	76	11	2,655	2,284	371	94	86
GTO	DOLORES HIDALGO CUNA DE LA INDEP. NAL.	230	11	3	275	275		100	100
	LEON DE LOS ALDAMA	2,580	112	8	3,787	3,628		100	96
	SALAMANCA	422	25	10	468	468		100	100
	SAN FRANCISCO DEL RINCON	272	13	2	385	385		100	100
	SILAO	152	30	1	215	166	50	100	77
GRO	ACAPULCO DE JUAREZ	2,280	18	5	3,370	3,370	50	100	100
	CHILPANCIINGO DE LOS BRAVO	260	18	2	345				
	IGUALA DE LA INDEPENDENCIA	285	12		285				
	TAXCO DE ALARCON	141	8		370		370		
	ZIHUATANEJO	367	18	1	367				
HGO	PACHUCA DE SOTO	1,281	32	2	1,438	31	31	2	2
	TULANCINGO	380	17	1	579	221	299	58	38
JAL	CIUDAD GUZMAN	350	17		440				
	GUADALAJARA	8,702	176	16	13,480	7,758	944	89	58
	OCOTLAN	372	7	5	372		372		
	PUERTO VALLARTA	969	31	5	1,220	1,220		100	100
	TEPATITLAN DE MORELOS	436	33	4	633	400	113	92	63

Cobertura de macromedición en las fuentes de abastecimiento en algunas localidades con población mayor a 50 mil habitantes

EDO.	LOCALIDAD	CAUDAL PRODUCIDO (L/s)	FUENTES DE ABASTECIMIENTO						
			EN OPERACIÓN		CAPACIDAD INSTALADA (L/s)	MACROMEDICIÓN			
			sí	no		FUNCIONA		COBERTURA (%)	
					(L/s)	sí (L/s)	no (L/s)	respecto a la producción	respecto a la cap. Instalada
MEX	CHALCO DE DIAZ COVARRUBIAS	683	11		643				
	CHICOLOAPAN DE JUAREZ	439	13		439				
	CIUDAD LOPEZ MATEOS	1,440	36	3	1,828	1,440		100	79
	CUAUTITLAN IZCALLI	1,653	50	5	1,299				
	EJIDO TULYEHUALCO (TABLA NUMERO NUEVE)	630	7	1	630		100		
	IXTAPALUCA	805	24	1	808	393	211	65	49
	METEPEC	582	36		790	14	4	2	2
	TAJUERO, EL	200	7		200				
	TOLUCA DE LERDO	2,036	74	13	2,550	43	23	2	2
MICH	APATZINGAN DE LA CONSTITUCION	540	14	2	810	464	348	86	57
	HEROICA ZITACUARO	260	11		355	260		100	70
	MORELIA	3,581	110	27	3,581	30	27	1	1
	PATZCUARO	243	6		243	243		100	100
	PIEDAD DE CABADAS, LA	265	16		360	277	83	100	77
	SAHUAYO DE MORELOS	188	11		480				
	URUAPAN	650	18		870		870		
	ZAMORA DE HIDALGO	630	42	3	854	41		7	5
MOR	CUERNAVACA	1,252	76	7	2,577	341		27	13
	JIUTEPEC	261	30		367				
	TEMIXCO	132	13		270				
NAY	TEPIC	1,874	51	17	1,876	1,287	589	77	89
NL	CADEREYTA JIMENEZ	224	34	14	292				
	CIUDAD MONTERREY	10,669	123		10,669	10,669		100	100
	LINARES	262	42	15	348				
OAX	SALINA CRUZ	300	10	4	300	2	8	1	1
PUE	ATLIXCO	310	20	1	410	275	35	89	87
	CHOLULA DE RIVADABIA	138	6	1	180	180		100	100
	HEROICA PUEBLA DE ZARAGOZA	3,801	181	3	3,801	3,801		100	100
	HUAUCHINANGO	180	6		180	1	4	1	1
	SAN MARTIN TEXMELUCAN DE LABASTIDA	170	6		255	170		100	87
	TEHUACAN	944	18		944	944		100	100
	TEZIUTLAN	170	3		170		170		
QRO	AMEALCO	89	24	3	225	207	18	100	92
	COLON	156	42	4	358	280	28	100	78
	SAN JUAN DEL RIO	488	24	3	702	364	310	78	52
	SANTA ROSA JAUREGUI	174	24	6	278	135	39	78	49
	SANTIAGO DE QUERETARO	2,169	73	2	2,634	2,604	30	100	99
	TEQUISQUIAPAN	144	19		248	222	26	100	90
QROO	BACALAR	695	17	1	805	416	178	70	52
	CANCUN	1,853	141	4	2,000	2,000		100	100
	COZUMEL	134	146	129	212		134		
	PLAYA DEL CARMEN	278	16	7	415	124	154	45	30
SLP	CIUDAD VALLES	412	1		800	1			
	MATEHUALA	214	8		260	5	2	2	2
	SAN LUIS POTOSI	2,708	116		2,708	1,875	422	69	89
SIN	CULIACAN ROSALES	2,255	47	1	2,800	2,255		100	87
	GUAMUCHIL	214	13	2	315	90		42	29
	GUASAVE	218	6		290	218		100	75
	MAZATLAN	1,268	39	5	1,505	1,103	134	88	73
	MOCHIS, LOS	708	2		1,850	708		100	43

Cobertura de macromedición en las fuentes de abastecimiento en algunas localidades con población mayor a 50 mil habitantes

EDO.	LOCALIDAD	CAUDAL PRODUCIDO (L/s)	FUENTES DE ABASTECIMIENTO						
			EN OPERACIÓN		CAPACIDAD INSTALADA (L/s)	MACROMEDICIÓN			
			sí	no		FUNCIONA		COBERTURA (%)	
					sí (L/s)	no (L/s)	respecto a la producción	respecto a la cap. Instalada	
SON	SAN LUIS RIO COLORADO	1,280	16	3	1,280		1,280		
TAB	CARDENAS	350	1		500				
	NACAJUCA	166	2		503				
	VILLAHERMOSA	2,630	3		2,630				
TAMPS	CIUDAD MANTE	318	2		318				
	CIUDAD VICTORIA	821	13		821				
	HEROICA MATAMOROS	1,800	1		1,800				
	NUEVO LAREDO	1,800	1		1,800				
	REYNOSA	1,800	1		1,800				
	TAMPICO	2,700	2		2,700	2,700		100	100
	VALLE HERMOSO	416	2		416				
VER	COATEPEC	235	2		245	235		100	96
	COATZACOALCOS	1,106	4	13	1,130	1,106		100	98
	CORDOBA	643	4	1	788				
	MARTINEZ DE LA TORRE	185	2		250				
	MINATITLAN	551	11	3	1,380	1,244		100	91
	PAPANTLA DE OLARTE	138	3	2	180	40		29	22
	POZA RICA DE HIDALGO	612	1		1,000		612		
	SAN ANDRES TUXTLA	228	7	1	228				
	TIERRA BLANCA	153	18	2	153	88	65	58	58
	TUXPAM DE RODRIGUEZ CANO	390	5		580				
	VERACRUZ	2,194	46		3,024	1,880	1,144	86	62
YUC	MERIDA	3,208	87	15	3,500				
ZAC	FRESNILLO	371	15		437	100	75	27	23
	ZACATECAS	732	46	2	1,023	275	435	38	27

Cobertura de macromedición en las fuentes de abastecimiento en algunas localidades con población mayor a 20 mil y menor a 50 mil habitantes

EDO.	LOCALIDAD	CAUDAL PRODUCIDO (L/s)	FUENTES DE ABASTECIMIENTO						
			EN OPERACIÓN		CAPACIDAD INSTALADA (L/s)	MACROMEDICIÓN			
			sí	no		FUNCIONA		COBERTURA (%)	
					(L/s)	sí (L/s)	no (L/s)	respecto a la producción	respecto a la cap. Instalada
AGS	JESUS MARIA	151	35		151				
	RINCON DE ROMOS	151	22		151	151		100	100
BCS	CIUDAD CONSTITUCION	198	10		218	137	61	69	63
CAMP	CHAMPOTON	40	4	2	80				
	ESCARCEGA	83	5		125				
CHIH	JOSE MARIANO JIMENEZ	101	9	2	146	87	55	98	60
	MANUEL OJINAGA	109	5	1	285	285		100	100
	PEDRO MEOQUI	83	5	2	178	178		100	100
	SANTA ROSALIA DE CAMARGO	218	8	3	345	345		100	100
COAH	CASTAÑOS	89	8	4	104				
	PARRAS DE LA FUENTE	209	3		209				
	RAMOS ARIZPE	158	12	2	168	54	79	34	32
DGO	SALTO, EL	63	1		102	63		100	62
	SANTIAGO PAPASQUIARO	108	7	1	194	28	67	28	14
GTO	APASEO EL ALTO	115	7		134	7		6	5
	JARAL DEL PROGRESO	70	8		123	123		100	100
	MOROLEON	148	12		160	112	48	78	70
	SALVATIERRA	132	7	1	227	134	93	100	59
	SAN LUIS DE LA PAZ	115	8	1	126	19	107	17	15
	URIANGATO	165	16	3	198	160	38	97	81
	YURIRIA	98	5		137	65	72	68	47
GRO	ATOYAC DE ALVAREZ	70	1		70				
	CHILAPA DE ALVAREZ	75	4		75				
	CIUDAD ALTAMIRANO	180	1		180				
	PETATLAN	122	4		122				
	TEOLOAPAN	45	2		45				
	TIXTLA DE GUERRERO	42	3		79				
	TLAPA DE COMONFORT	99	5	1	120				
	ZUMPANGO DEL RIO	40	4		48				
HGO	ACTOPAN	150	8		220	120	30	80	55
	APAN	87	6		149				
	ATITALAQUIA	80	7		70				
	CUAUTEPEC DE HINOJOSA	103	14		139	17	122	17	12
	HUICHAPAN	91	15		178		178		
	SANTIAGO TULANTEPEC	75	6		91				
	TEPEAPULCO	199	10		333	27	308	14	8
	TEPEJI DE OCAMPO	125	10		204	9	1	7	4
	TEZONTEPEC DE ALDAMA	120	2		390	90		75	23
	TIZAYUCA	130	10		325	186	139	100	57
TULA DE ALLENDE	230	18	3	307	14	4	6	5	
JAL	AMECA	174	11	1	320				
	ARANDAS	117	13	1	168		168		
	ATOTONILCO EL ALTO	215	3		395		3		
	AUTLAN DE NAVARRO	275	10	5	320	200	120	73	63
	BARCA, LA	298	24		457		457		
	CHAPALA	100	7	3	120		120		
	JALOSTOTITLAN	104	10	6	226				
	JOCOTEPEC	251	16	4	251	37	214	15	15
	PONCITLAN	260	21		310		310		
	SAN JUAN DE LOS LAGOS	286	20		343		243		
SAYULA	222	7	1	309		308			

Cobertura de macromedición en las fuentes de abastecimiento en algunas localidades con población mayor a 20 mil y menor a 50 mil habitantes

EDO.	LOCALIDAD	CAUDAL PRODUCIDO (L/s)	FUENTES DE ABASTECIMIENTO						
			EN OPERACIÓN		CAPACIDAD INSTALADA (L/s)	MACROMEDICIÓN			
			sí	no		FUNCIONA		COBERTURA (%)	
					sí (L/s)	no (L/s)	respecto a la producción	respecto a la cap. instalada	
JAL	TALA	162	8		212		207		
	TEOICALICHE	120	6	1	140		140		
	TEQUILA	165	5		209		209		
	ZAPOTILTIC	93	4		127		127		
	ZAPOTLANEJO	191	16		267		267		
MICH	JIQUILPAN DE JUAREZ	211	9	1	211	95	116	45	45
	MARAVATIO DE OCAMPO	105	6		300	220	80	100	73
	NUEVA ITALIA DE RUIZ	45	4	1	77		77		
	REYES DE SALGADO, LOS	120	2		220				
MOR	EMILIANO ZAPATA	82	8	1	133	121	12	100	91
	YAUTEPEC DE ZARAGOZA	125	4	1	220				
	ZACATEPEC DE HIDALGO	98	8		180				
NAY	IXTLAN DEL RIO	67	9		87	22	48	33	25
	TUXPAN	80	3		94		94		
	VALLE DE BANDERAS	241	22	2	293	241		100	82
	XALISCO	148	4	1	148	148		100	100
NL	CIUDAD DE ALLENDE	133	26	7	183				
	CIUDAD SABINAS HIDALGO	135	6	11	296				
	MONTEMORELOS	203	39	13	293				
	SANTIAGO	157	26	4	184				
PUE	ACATZINGO DE HIDALGO	48	4		48				
	AJALPAN	49	7		49				
	CIUDAD SERDAN	80	5		120				
	HUEJOTZINGO	67	4	1	134	67		100	50
	IZUCAR DE MATAMOROS	200	4		342	200		100	58
	SANCTORUM	28	2		45				
	SANTA MARIA MOYOTZINGO	78	2		187	38	40	49	20
	TEPEACA	82	2	2	82	35		58	56
	XICOTEPEC DE JUAREZ	62	1		62				
ZACATLAN	70	2		70	70		100	100	
QRO	CADEREYTA	112	9	5	188	148	5	100	88
	CAÑADA, LA	97	22	5	146	141	5	100	97
	EZEQUIEL MONTES	78	12		96	86	3	100	90
	HUIMILPAN	49	9	1	88	57	31	100	65
	PEDRO ESCOBEDO	107	16	3	245	191	6	100	78
SLP	CIUDAD FERNANDEZ	34	2		34	1	1	3	3
	EBANO	95	1		100				
	RIOVERDE	151	9		151		151		
SIN	COSTA RICA	71	1		115	71		99	62
	ESCUINAPA	104	7	1	135				
	GABRIEL LEYVA SOLANO (BENITO JUAREZ)	90	2		120				
	JUAN JOSE RIOS	90	1		140				
	LIC. BENITO JUAREZ (CAMPO GOBIERNO)	72	2		108				
	NAVOLATO	105	3		131	40		38	31
SON	MAGDALENA DE KINO	128	8		188		188		
TAB	COMALCALCO	135	6		135				
	FRONTERA	100	1		100				
	HUIMANGUILLO	95	4		95				
	MACUSPANA	250	1		250				
	PARAISO	100	3		100				

Cobertura de macromedición en las fuentes de abastecimiento en algunas localidades con población mayor a 20 mil y menor a 50 mil habitantes

EDO.	LOCALIDAD	CAUDAL PRODUCIDO (L/s)	FUENTES DE ABASTECIMIENTO						
			EN OPERACIÓN		CAPACIDAD INSTALADA (L/s)	MACROMEDICIÓN			
			sí	no		FUNCIONA		COBERTURA (%)	
					sí (L/s)	no (L/s)	respecto a la producción	respecto a la cap. Instalada	
TAB	TENOSIQUE DE PINO SUAREZ	200	1		200				
TAMPS	GONZALEZ	95	8		95				
	SAN FERNANDO	97	9	10	97				
TLAX	CALPULALPAN	89	4	1	104				
	CHIAUTEMPAN	83	4	2	83				
	CONTLA	35	2		61				
	HUAMANTLA	117	6		128				
	PAPALOTLA	45	2		60				
	ZACATELCO	42	4		100				
VER	AGUA DULCE	85	3	1	85		4		
	ALAMO	38	2		38				
	CERRO AZUL	100	1		100				
	CHOAPAS, LAS	103	4	2	103		103		
	CIUDAD MENDOZA	120	1		120				
	COSAMALOAPAN	187	2		187				
	COSOLEACAQUE	109	6		109				
	HUATUSCO DE CHICUELLAR	80	3		80				
	ISLA	81	4		81				
	JALTIPAN DE MORELOS	50	3	3	50	50		100	100
	JOSE CARDEL	150	10		255	10		7	4
	MISANTLA	52	2	1	52				
	NANCHITAL DE LAZARO CARDENAS DEL RIO	75	8	1	80		80		
	RIO BLANCO	151	3		194				
YUC	HUNUCMA	37	2		74				
	MOTUL DE CARRILLO PUERTO	74	2		104				
	OXKUTZCAB	98	4		130				
	TEKAX DE ALVARO OBREGON	114	6		183				
	TICUL	83	3		166				
	TIZIMIN	120	3		144	80		67	56
	UMAN	95	4		120				
	VALLADOLID	142	7		300	142		100	47
ZAC	JEREZ DE GARCIA SALINAS	139	7	1	276	276		100	100
	RIO GRANDE	152	4		152				
	VICTOR ROSALES	114	6	1	163	114		100	70

Cobertura de macromedición en las fuentes de abastecimiento en algunas localidades con población mayor a 2,500 y menor a 20 mil habitantes

EDO.	LOCALIDAD	CAUDAL PRODUCIDO (L/s)	FUENTES DE ABASTECIMIENTO						
			EN OPERACIÓN		CAPACIDAD INSTALADA (L/s)	MACROMEDICIÓN			
			sí	no		FUNCIONA		COBERTURA (%)	
					(L/s)	(L/s)	respecto a la producción	respecto a la cap. Instalada	
BCS	GUERRERO NEGRO	90	4		90	36		40	40
	LORETO	70	4		120	120		100	100
CAMP	BECAL	53	4		70				
	BOLONCHEN DE REJON	9	2		16				
	CALKINI	60	7		80		80		
	CANDELARIA	41	3		54				
	DIVISION DEL NORTE	8	3		24				
	DZITBALCHE	37	2		49				
	FELIPE CARRILLO PUERTO	7	2		14				
	HECELCHAKAN	41	7		120				
	HOPELCHEN	44	4		70				
	ISLA AGUADA	17			20				
	LEY FEDERAL DE REFORMA AGRARIA	9	2		37				
	NUNKINI	32	2		42				
	PALIZADA	13	2		30				
	POMUCH	47	5		112				
SABANCUY	25			30					
TENABO	41	4		81					
CHIH	JUAN ALDAMA	54	3	1	95	95		100	100
	MADERA	20	4	1	240	4	62	20	2
	SAN JUANITO	43	5	1	47				
	SANTA BARBARA	45	2	1	45	45		100	100
	SAUCILLO	19	4	3	120	67		100	56
COAH	SAN BUENAVENTURA	62	2	3	70	62		100	89
COL	COMALA	55				15		27	
	MINATITLAN	20							
DGO	ANTONIO AMARO (SAUCILLO)	15	1	2	36				
	CIUDAD CANATLAN	51	5		151	30	121	59	20
	CIUDAD GUADALUPE VICTORIA	48	10	1	132	36	96	75	27
	CUENCAME DE CENICEROS	40	3		40	27	13	68	68
	FRANCISCO I. MADERO	24	3		24				
	IGNACIO ALLENDE	12	1	2	36				
	NAYAR, EL	9	1	1	9				
	NOMBRE DE DIOS (LA VILLA)	20	2	1	55				
	NUEVO IDEAL (PATOS)	26	2	1	61	45	15	100	74
	SANTA CLARA	19	2		30				
	TLAHUALILO DE ZARAGOZA	66	6	3	66				
	VICENTE GUERRERO	46	6	1	92		92		
	VILLA UNION	40	2		40	40		100	100
GTO	CIUDAD MANUEL DOBLADO	30	3	2	50				
	CORONEO	10	3	1	23				
	JERECUARO	20	2	2	30	30		100	100
	OCAMPO	21	9		46	5	2	24	11
	PUEBLO NUEVO	15	1	1	35		35		
	ROMITA	33	4	3	97	54	43	100	56
	SANTA CATARINA	6	1		15				
GRO	APAXTLA DE CASTREJON	19	1		19				
	ARCELIA	70	1		70				
	AYUTLA DE LOS LIBRES	25	1		25				
	BUENAVISTA DE CUELLAR	35	3		80				
	CHICHIHUALCO	18	2		18				
	CIUDAD DE HUITZUCO	25	5	1	32				
	COCULA	18	1		18				
	COYUCA DE BENITEZ	90	2	1	90				

Cobertura de macromedición en las fuentes de abastecimiento en algunas localidades con población mayor a 2,500 y menor a 20 mil habitantes

EDO.	LOCALIDAD	CAUDAL PRODUCIDO (L/s)	FUENTES DE ABASTECIMIENTO						
			EN OPERACIÓN		CAPACIDAD INSTALADA (L/s)	MACROMEDICIÓN			
			sí	no		FUNCIONA		COBERTURA (%)	
					(L/s)	(L/s)	respecto a la producción	respecto a la cap. instalada	
GRO	COYUCA DE CATALAN	49	5		49				
	CRUZ GRANDE	15	2		30				
	OMETEPEC	80	1		85				
	PILCAYA	15	1		15				
	QUECHULTENANGO	13	1		18				
	SAN JERONIMO DE JUAREZ	18	1	1	20				
	SAN LUIS ACATLAN	19	1		19				
	TECPAN DE GALEANA	45	1		65				
	TLAPEHUALA	19	5		19				
HGO	ACAXOCHITLAN	11	1		30				
	AJACUBA	55	4		80		44		
	ALFAJAYUCAN	10	2		16				
	ALMOLOYA	16	3		35				
	ARENAL, EL	21		1	28				
	ATOTONILCO DE TULA	27	2		35				
	CALNALI	22		4	24				
	CARDONAL	15		2	43				
	CHAPANTONGO	25		1	25				
	EMILIANO ZAPATA	24	2		51				
	JACALA	9	1		14				
	METZITILAN	9		1	10				
	MOLANGO	9	1		11				
	ORIZATLAN	16	1		16				
	PROGRESO	70	3		120	1		1	1
	SAN AGUSTIN TLAXIACA	50	4		56				
	SAN SALVADOR	42	2		66				
	TECOZAUTLA	30	1		36				
	TEPATEPEC	20	1		28				
	TETEPANGO	30		3	50				
	TEZONTEPEC	18	2		25				
	TLAHUELILPAN	35	4		96				
	TLANALAPA	40	4	1	82				
	TLANCHINOL	12	2		12				
	TLAXCOAPAN	40	2		60				
	TOLCAYUCA	17	2		20				
	ZACUALTIPAN	51	3		51				
	ZAPOTLAN DE JUAREZ	27	1		50				
	ZEMPOALA	30	2		51	11		37	22
	ZIMAPAN	40	5	2	64	56	8	100	88
JAL	ACATIC	33	6		33				
	AJIJIC	60	6		124		124		
	ARENAL, EL	91	11		302				
	AYOTLAN	123	8		225				
	COCULA	88	4		200				
	JAMAY	90	2		90				
	MAGDALENA	89	6		156		176		
	TAMAZULA DE GORDIANO	115	4		208	1	2	1	
	TIZAPAN EL ALTO	93	4		145				
	TOTOTLAN	70	6		150				
	VILLA HIDALGO	106	22	3	142	25		24	18
	YAHUALICA DE GONZALEZ GALLO	82	9		82				
MEX	MALINALCO	34	2		34				
MICH	ARTEAGA	25	4		50	3	35	12	6
	CUITZEO DEL PORVENIR	40	2		40		2		
	HUANDACAREO	26	5	1	64				
	NAHUATZEN	14	2		29	26		100	90

Cobertura de macromedición en las fuentes de abastecimiento en algunas localidades con población mayor a 2,500 y menor a 20 mil habitantes

EDO.	LOCALIDAD	CAUDAL PRODUCIDO (L/s)	FUENTES DE ABASTECIMIENTO						
			EN OPERACIÓN		CAPACIDAD INSTALADA (L/s)	MACROMEDICIÓN			
			sí	no		FUNCIONA		COBERTURA (%)	
						sí (L/s)	no (L/s)	respecto a la producción	respecto a la cap. Instalada
MICH	TINGAMBATO	14	3		20				
MOR	AMACUZAC	20	4		43				
	ATLATLAHUCAN	18	4		31				
	AXOCHIAPAN	33	2		46				
	CD. AYALA	56	6		95				
	JANTETELCO	6	2	1	20				
	MAZATEPEC	22	4		65				
	TEPALCINGO	20	4		52				
	TLALTIZAPAN	31	3	1	85				
	TLAQUILTENANGO	40	2		100				
	TLAYACAPAN	20	2	1	20				
	YECAPIXTLA	25	1		36				
	ZACUALPAN DE AMILPAS	5	3		16				
NAY	ACAPONETA	100	3		100	73	27	73	73
	COMPOSTELA	77	5		98	4		5	4
	RUIZ	40	1	1	40		40		
	SAN BLAS	61	1		90				
	SANTIAGO IXCUINTLA	42	2		50		50		
NL	ANAHUAC	80	2		97				
	CHINA	50	1		60				
	CIENEGA DE FLORES	70	9	7	89				
	CIUDAD CERRALVO	43			43				
	DOCTOR ARROYO	70			70				
	HIDALGO	85	8	2	104				
OAX	SANTA GERTRUDIS	8	1	2	20		20		
PUE	ACATLAN DE OSORIO	30	6		52	30		100	57
	CHIETLA	20	1		20				
	CIUDAD DE CHIGNAHUAPAN	40	1		107	1		3	1
	CIUDAD DE CUETZALAN	17	4		17				
	CIUDAD DE LIBRES	18	3		22				
	CIUDAD DE TLATLAUQUITEPEC	37	2		37				
	GUADALUPE VICTORIA	63	2	1	151				
	PALMARITO TOCHAPAN	35	2		53				
	QUECHOLAC	11	1		18				
	SAN ANTONIO TLATENCO	8	1		8				
	SAN HIPOLITO XOCHILTENANGO	10	1		20				
	SAN JOSE TUZUAPAN	19	1		57				
	SAN JUAN CUAUTLANCINGO	73	5		110	38	35	52	35
	SAN JUAN IXCAQUIXTLA	12	1	2	12		12		
	SAN JUAN XIUTETELCO	19	1		19				
	SAN PABLO DE LAS TUNAS	16	1		21				
	SAN SALVADOR HUIXCOLOTLA	22	3	1	24		22		
	SAN SEBASTIAN ZINACATEPEC	43	5		87				
	SAN VICENTE BOQUERON	9	1		14				
	SANTA MARIA LA ALTA	9	2		20				
	SANTA RITA TLAHUAPAN	23	2		55	16		70	29
	TLACOTEPEC DE BENITO JUAREZ	30	3		60				
	TLANEPANTLA	5	2		20				
	ZACAPOAXTLA	38	2		38				
	ZONGOZOTLA	6	2		6				
QRO	JALPAN	61	14		91	83	9	100	91
QROO	JOSE MARIA MORELOS	38	3		70		38		

Cobertura de macromedición en las fuentes de abastecimiento en algunas localidades con población mayor a 2,500 y menor a 20 mil habitantes

EDO.	LOCALIDAD	CAUDAL PRODUCIDO (L/s)	FUENTES DE ABASTECIMIENTO						
			EN OPERACIÓN		CAPACIDAD INSTALADA (L/s)	MACROMEDICIÓN			
			sí	no		FUNCIONA		COBERTURA (%)	
						sí (L/s)	no (L/s)	respecto a la producción	respecto a la cap. Instalada
SLP	CIUDAD DEL MAIZ	28	3		28	3		11	11
SIN	ANGOSTURA	16	1		25				
	BADIRAGUATO	15	2		25				
	COSALA	21	4		40				
	CRUZ, LA	43	2		60				
	FUERTE, EL	41	4		60				
	REFORMA, LA	25	3		70				
	SAN IGNACIO	15	4		44				
	SINALOA DE LEYVA	22	2		55				
	TOPOLOBAMPO	31	1		60				
SON	BACOBAMPO	80	3	1	120		120		
TAB	BALANCAN	85	1		100				
	BENITO JUAREZ (SAN CARLOS)	100	1		100				
	CUNDUACAN	100	2		140				
	EMILIANO ZAPATA	170	1		200				
	JALPA DE MENDEZ	70	2		70				
	OCUILTZAPOTLAN	95	9		95				
	TACOTALPA	59	1		59				
	VENTA, LA	25	2		25				
TAMPS	ABASOLO	45	1		45				
	ALDAMA	57	3	1	57				
	NUEVO PADILLA	23	2	1	23				
	SANTANDER JIMENEZ	29	3	1	29				
	SOTO LA MARINA	39	2		39				
TLAX	APETATITLAN	22	3		45				
	MAGDALENA TLALTELULCO, LA	19	2		38				
	TEOLOCHOLCO	25	2		57				
	TLAXCO	16	3		19	3		19	16
	XALOZTOC	36	4		54				
VER	ANGEL R. CABADA	81	4		100				
	CARLOS A. CARRILLO	62	62		62	62		100	100
	GUTIERREZ ZAMORA	47	3	2	60				
	JAMAPA	26	26			11		42	
	NAOLINCO DE VICTORIA	27	27						
	SANTIAGO TUXTLA	65	2		65		65		
YUC	ACANCEH	39	3		52				
	AKIL	45	3		90				
	BACA	18	1		35				
	BUCTZOTZ	34	2		48				
	CACALCHEN	15	1		40				
	CANSAHCAB	7	1		10				
	CELESTUN	32	1		43				
	CENOTILLO	18	1		36				
	CHEMAX	15	3		29				
	CHICXULUB PUEBLO	10	2		20				
	CHOCHOLA	18	1		30				
	CHUMAYEL	10	3		32				
	DZAN	15	1		25				
	ESPITA	33	2		60				
	HALACHO	19	1	1	37				

Cobertura de macromedición en las fuentes de abastecimiento en algunas localidades con población mayor a 2,500 y menor a 20 mil habitantes

EDO.	LOCALIDAD	CAUDAL PRODUCIDO (L/s)	FUENTES DE ABASTECIMIENTO						
			EN OPERACIÓN		CAPACIDAD INSTALADA (L/s)	MACROMEDICIÓN			
			sí	no		FUNCIONA		COBERTURA (%)	
					(L/s)	(L/s)	respecto a la producción	respecto a la cap. Instalada	
YUC	IXIL	14	2		20				
	IZAMAL	84	3		112				
	MAXCANU	77	2		97				
	OPICHEN	12	1		25				
	PETO	80	7		137				
	TEKIT	43	3		85				
	TEMAX	27	2		46				
	TIXKOKOB	57	2		80				
	TZUCACAB	37	5		74				
	XOCHEL	9	2		35				
ZAC	JALPA	107	9	2	177	23	12	21	13
	JUAN ALDAMA	82	3		82	70		85	85
	JUCHIPILA	48	4		88	4		8	6
	LUIS MOYA	40			40		40		
	MONTE ESCOBEDO	20				17		85	
	NIEVES	21							
	OJOCALIENTE	80	3		80				
	PINOS	20							
	SAN PEDRO PIEDRA GORDA	33	3		33				
	SOMBRETE	78	5		85	78		100	92
TEPECHITLAN	25								
VILLA GARCIA	12			14					

OBJETIVO PARTICULAR

Establecer las bases para el diseño de un programa ejecutivo de instalación de micromedidores. Estructurar los procedimientos para la lectura y emisión de boletas de consumo de agua; así como el muestreo de la calidad del funcionamiento de la micromedición.

4.1 INTRODUCCION

Para eliminar las desigualdades de suministro entre la población y permitir un adecuado funcionamiento en el servicio de agua, se requiere un consumo más eficiente. En otras palabras, la solución no está únicamente por el lado de la oferta - aumentar la cantidad de agua disponible -, el problema se debe afrontar también desde el lado del consumo. Una alternativa para ello, es adoptar el sistema de **“cargo por consumo”**.

El cargo por consumo convierte al agua en un bien económico, que puede ser adquirido a un precio determinado, creando así una relación directa entre el consumo de agua y un valor monetario a pagar. Esta solución supone varios aspectos:

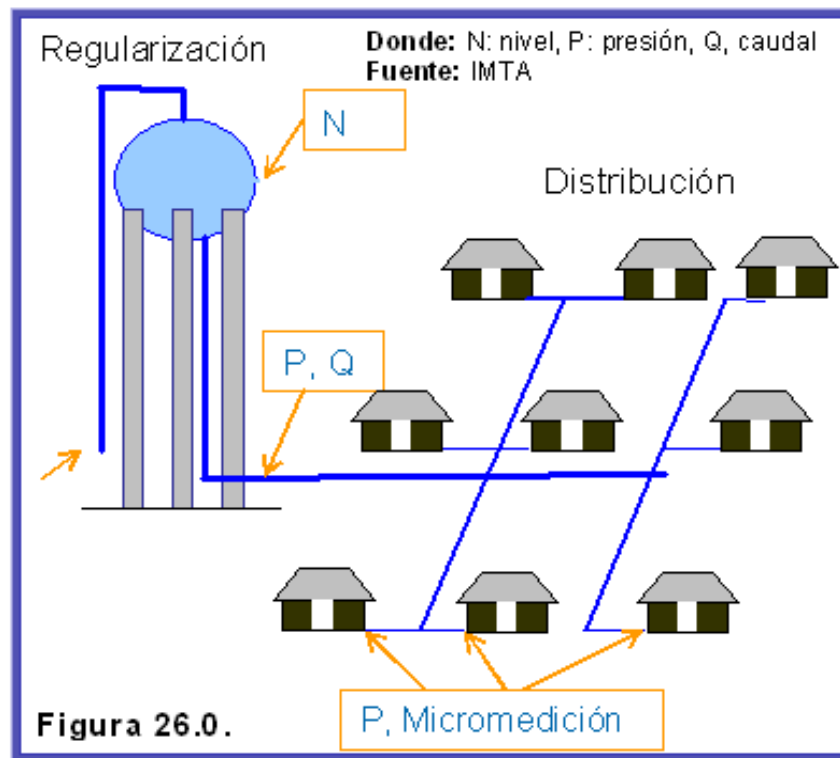
- Adopción de medidores domiciliarios.
- Una organización capaz de llevar a cabo los procesos de registro, control, lectura de consumos, facturación, cobro, contabilidad, administración financiera, etc.
- Implantación de una tarifa diseñada cuidadosamente para cada comunidad.
- Tenencia de un marco legal e institucional que incluye la personalidad jurídica de la administración local (asociación de agua), sus estatutos y un reglamento de servicio.

Para ello, se propone en este capítulo lo siguiente:

- Dar elementos de juicio sobre cuando la medición puede ser útil y financieramente atractiva, y cuando sería mejor otra opción.
- Proveer guías para análisis de factibilidad de opciones de cobranza del agua en áreas urbanas, incluidos los barrios bajos (zonas pobres, marginadas).
- Listar las tareas, cuidados y precauciones en un sistema de cobro volumétrico.
- Hacer una liga comprensible entre los aspectos técnicos, administrativos y sociales involucrados en la medición domiciliaria (micromedición).
- Presentar el desarrollo numérico del dimensionamiento de muestras que permitan la inspección de calidad de funcionamiento de los micromedidores.

En la **Figura 26.0**, se muestran los puntos dentro de la red de agua, en donde tiene injerencia la micromedición.

Esquema de un sistema de distribución con micromedición.



4.2 FACTIBILIDAD DE MEDICIÓN DE CONSUMOS DOMICILIARIOS

4.2.1 Objetivos de la Medición de consumos

Las razones y prioridades de mejorar la micromedición variaría con el sitio y el tiempo, sin embargo en muchas ciudades de México las prioridades suelen ser:

- Ahorro de agua.** Inducir a los Usuarios y personas a consumir menos agua mediante cargos volumétricos. El agua preservada permitirá: extender el sistema, mejorar la calidad del servicio, o proteger el medio ambiente.
- Recuperación** de costos buscando la salud **financiera** de la empresa del agua. Ingresos apropiados para todos los gastos (abastecimiento, drenaje sanitario y pluvial, u otro servicios) y provisión para futuras inversiones.
- Equidad y justicia individual** a cada Usuario. Evitar prácticas discriminatorias asociadas a sistemas de tarifas fijas, mediante un cobro conforme a volúmenes realmente usados.
- Reducción de pérdidas** de agua (físicas y financieras), al disminuir el número de conexiones clandestinas y las fugas físicas, mediante una mejor información sobre consumos.
- Abatimiento de demandas pico** (crestas). Reducir algunos usos no indispensables, al tener tarifas estacionales o según la hora del día.

- f) **Equidad social.** Favorecer a los consumidores pobres, desempleados o ancianos, o a los que usen menos agua, con tarifas económicas mediante subsidios transparentes.
- g) **Mejor operación** y planeación de nuevas áreas de servicio del sistema a través de mejores datos sobre demandas y variaciones.

4.2.2 Opciones “con” y “sin” medición.

Antes de cualquier comparación de opciones, deben asentarse claramente las respectivas prioridades y necesidades de un proyecto (renovación de la cobranza en el sistema, extensión de la red, mejora del servicio, identificación y evaluación del agua no contabilizada etc.)

Diferentes estrategias pueden lograr algunos de los objetivos, y raramente una sola opción alcanzará todo.

La medición puede cubrir varios objetivos, pero también es costosa. Cuando existe un claro y urgente objetivo, posiblemente las opciones “sin-medición” resultarán mejores y más baratas.

Según su origen, las medidas pueden clasificarse en:

Del consumidor, como: fiabilidad del pago, reducción de demanda o picos, uso de dispositivos ahorradores, mejora de la calidad de plomería.

De la empresa de agua, como: políticas tarifarias; eficiencia del desempeño; reducción de pérdidas comerciales; reducir estándares de calidad (*tandeos del servicio, bajas presiones, tuberías sub-dimensionadas*); renovación de la red hidráulica, educación al consumidor; penalidades, incentivos, prohibiciones, reglamentación legal; programas de sustitución de aparatos domésticos.

De otras fuentes, como: legislación, educación, planificación familiar, descentralización, subsidios, cooperación institucional, mejora a los materiales en el mercado.

Según su objetivo, algunas opciones son:

Mejora al sistema de cobros, como serían: tarifas por colonia (vecindario), nivel de socioeconómico, número de residentes, etc. (*mientras más justo sea el sistema, será más costoso y difícil de mantener actualizado*).

Recuperación de costos, como: incremento de tarifas, mejora de eficiencias, reducción de erogaciones, detrimento de normas (calidad) del servicio, reducción de agua no contabilizada, ahorro de agua, actuación legal contra derroches de agua.

Abatimiento de picos de demanda, como: *tandeos (cortes rotativos de suministro)*, incentivos, sobrecargos, restrictores de flujo, prohibiciones, racionamiento, cisternas domésticas obligatorias.

Conservación del agua, con medidas agrupadas en: estructurales (*aparatos de bajo consumo*); operativas (*fugas, presiones, cortes, calidad de productos*); financieras (*tarifas motivacionales, medición aleatoria o comunitaria*); y sociológicas (*educación, motivación, legislación, inspección*).

Emergencias para reducir demandas (*en casos de sequías, contaminación de acuíferos, etc.*) la mayoría de las medidas antes mencionadas pueden servir, con una implementación más estricta, y a la vez para un corto periodo.

4.2.3 Medición domiciliaria

Esta situación orientó los trabajos de apoyo de la Comisión Nacional del Agua a tres temas principales:

- 1.) actualización de las normas mexicanas para medidores domiciliarios;
- 2.) elaboración de guías para la compra de medidores y para evaluar en forma rigurosa las propuestas de los proveedores;
- 3.) impulsar el equipamiento de un laboratorio capacitado para evaluar el cumplimiento de las normas internacionales por los medidores ofrecidos.

Como resultado de reuniones con diversos organismos operadores, a propuesta de la Comisión Nacional del Agua y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua se generaron dos documentos, uno como “Guía para el comprador de medidores domiciliarios”, para que defina con precisión sus requerimientos y especifique con claridad lo que le deben ofrecer y cotizar los proveedores, y el otro documento es una “Metodología para evaluar técnica y económicamente las propuestas de medidores domiciliarios”.

Estos documentos sirven como base para las adquisiciones que en ese sentido se hacen con fondos provenientes del programa nacional.

Para evaluar el comportamiento y las características técnicas de los diversos medidores domiciliarios que se están ofreciendo en el país, se elaboró un convenio con el IMTA y la Universidad Autónoma de San Luis Potosí para aplicar las pruebas señaladas en la norma internacional ISO 4064.

Esta acción permite disponer de un laboratorio equipado y entrenado para aplicar pruebas de cumplimiento de las normas, con lo que se cubre un déficit que registraba el país en este sentido, ya que no hay laboratorios acreditados por la autoridad federal para realizar estas pruebas.

En una primera etapa se evaluaron 34 medidores nuevos y distintos (**Ver *Tabla 9.0***). Los resultados obtenidos, sin validez estadística por el número de medidores probados, se han puesto del conocimiento de fabricantes y proveedores, para incorporarlos al proceso de certificación de calidad de sus productos.

Tabla 9.0 Relación de medidores que se han enviado para prueba a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Número	Marca	País	Diámetro	
01	YT	Taiwán	13	Quimomex
02	Precimag	Francia	13	Paribas
03	Neptune	Estados Unidos	15	Sist. Advance
04	WMW(BR)	China	15	CNA Hgo.
05	Azteca	México	15	Med. Azteca
06	Kent PSM	Puerto Rico	15	Inelco
07	Delaunet	México	15	CICASA
08	Tulam	México	20	MIMYMSA
09	Schlumberger	Francia	20	Sist. Advance
10	Andrea L.	Alemania	13	Quimomex
11	Delaunet	México	13	CICASA
12	Maipo	Chile	15	Quimomex
13	S/M	Italia	15	Sist. Advance
14	Azteca	México	13	Med. Azteca
15	S/M	Italia	19	Sist. Advance
16	Kent	Puerto Rico	15	Inelco
17	Cori	Italia	15	DGCOH
18	Arad	Israel	19	V. T. Represent
19	Woltex	Francia	50	Paribas
20	Chih	Cheng Taiwán	15	DGCOH
21	Neptune	Estados Unidos	50	Sist. Advance
22	Lecomte	Canadá	15	DGCOH
23	Arad	Israel	15	V. T. Represent
24	Iberconta	España	15	CICASA
25	Iberconta	Méx-Alemania	15	CICASA
26	Petrich	Bulgaria	19	Ing. Gastón L.
27	Rockwell	Estados Unidos	15	Ing. Meléndez
28	Badeger	Estados Unidos	15	DGCOH S.U.
29	CicasaAndr	Méx-Alemania	13	Qro.-IMTA
30	Tecnobras	Brasil	15	Gob. Edo. Chis.
31	Ningbo	China	13	Don Bernstein
32	Prema	Checoslovaquia	19	Mavar, S. A.
33	Badger M.	Estados Unidos	15	Inova, S. A.
34	Mexicano	México	15	Raúl Juárez

Fuente: IMTA

4.2.4 Impacto de la micromedición en el consumo.

Los organismos prestadores del servicio de agua, se enfrentan a graves problemas para proporcionar un servicio adecuado. Entre ellos destacan la falta de recursos económicos que impacta directamente en: la disponibilidad suficiente de personal calificado, para labores de lectura y mantenimiento mínimo del parque actual de medidores instalados, por tanto la falta de información para evaluar con certidumbre la eficiencia de los sistemas de medición. Lo anterior, restringe la ampliación de cobertura de los servicios medidos. Ello provoca a su vez, fallas en el suministro y desperdicios de agua.

Al desperdicio de agua en las ciudades, también contribuyen los usuarios. Es innegable que la gran mayoría de los que disponen de agua en sus domicilios en forma regular y permanente, no muestran conciencia y solidaridad con los que carecen de este privilegio.

El mal uso del agua no es sólo producto del desperdicio, también tiene que ver la tecnología empleada. Desde los diseños de los muebles y accesorios domésticos hasta los procesos industriales que se requieren. En consecuencia, es imprescindible tomar acciones que permitan regular el consumo por parte de los usuarios.

Una de estas medidas es el incremento en la cobertura de la micromedición, se lleva a cabo con la instalación de equipos en las tomas domiciliarias. El objetivo es conocer el consumo real de los usuarios, de esta forma, evaluar cuanta agua no contabilizada existe en el sistema.

Al existir medición de consumos; el sistema de cobro a los usuarios tiende a ser más equitativo, se paga lo que se consume y se reduce el volumen de pérdidas comerciales.

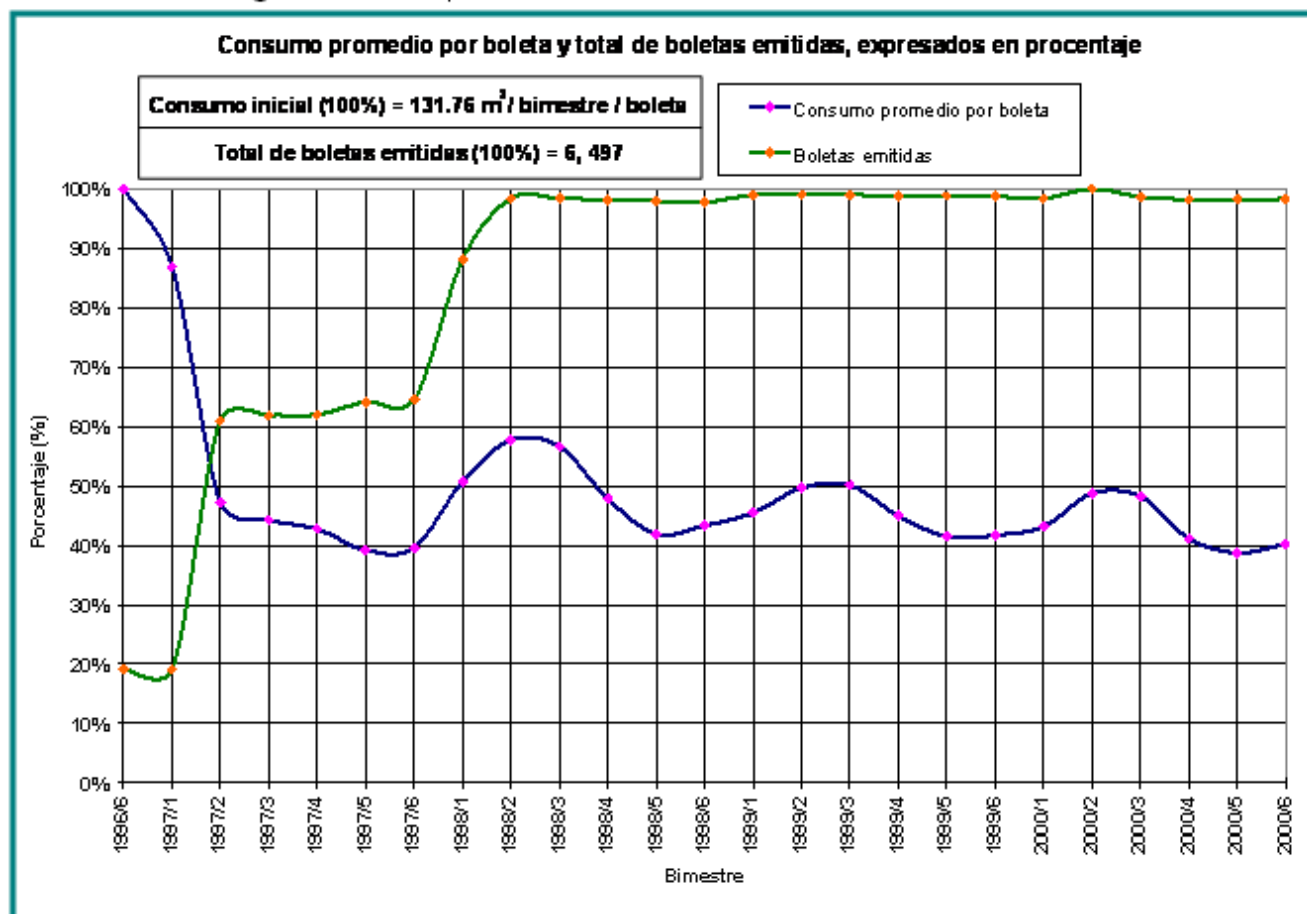
La instalación de la medición y el cobro del de acuerdo al consumo, provoca en la mayoría de los usuarios una reducción en el consumo, la cual una parte es estacionaria; es decir; depende de las condiciones de producción y el clima, el resto ya no regresa ciclicamente, y representa el dispendio del usuario en el uso del agua.

Esta hipótesis, se puede observar en los resultados obtenidos en una localidad, en la que se llevaron a cabo trabajos de incremento en la cobertura de la micromedición. **La figura 27.0**, muestra el comportamiento que tuvo el consumo por boleta (usuario) a raíz del incremento en la cobertura de la micromedición, así como el avance de la cobertura.

En dicha localidad se tenía una cobertura de micromedidores, al inicio de los trabajos, de aproximadamente un 19 %, el objetivo fue llegar a tener una cobertura de micromedición y de emisión de boletas emitidas del 100% de los usuarios.

El impacto de poder medir los volúmenes consumidos y por lo tanto cobrar en función del consumo, generó una fuerte reducción en el consumo promedio por boleta (usuario) hasta de menos del 50%.

Figura 27.0. Impacto de la micromedición en el consumo



4.3 ORGANIZACIÓN Y LOGÍSTICA PARA LEER Y REPORTAR CONSUMOS

4.3.1 El catastro de consumidores, su estado actual y el deseable

¿Qué es el padrón o catastro de usuarios?

El “catastro de consumidores” (*padrón de usuarios*) es esencial para las principales funciones que realiza cualquier empresa de servicios de agua potable y alcantarillado. Sirve para conocer quiénes son, y donde están, los diferentes clientes que han contratado servicios con la empresa de aguas, bajo qué circunstancias, cuando, y cuál es su clasificación como usuario del agua (*gran consumidor, industria, comercio, servicio turístico, escuela, residencia, vivienda marginal, etc.*); así como las tarifas que se les cobran.

Asimismo indica si pertenecen a grupos con derechos o descuentos especiales (*personas ancianas, servicios de emergencia*), o son acreedores a cargos extras (*generan contaminación en sus descargas por grasas, químicos, etc.*).

¿Quién es el responsable de elaborarlo?

El padrón o censo de usuarios es tan solo una de las varias “bases de datos” con que debe interactuar el departamento de lecturas de medidores.

Por lo mismo, como su manejo y actualización en oficina requiere de analistas dedicados de tiempo completo, y su confiabilidad afecta a varios otros departamentos; es mejor que no sea una responsabilidad de control directo o exclusivo del área de lecturas.

El aporte de información para mantener al día tal censo debe ser más bien una **responsabilidad compartida** entre varios departamentos, principalmente los del área de “contratos”, apoyados en el área de “sistemas”. Otros ejemplos de intervención son, por ejemplo:

- los letrados pueden aportar maneras de retroalimentar y revisar ese inventario, al observar nuevas construcciones o modificaciones, tanto en destino como en tamaño de las viviendas ya registradas; o cuando notan que lo descrito en el inventario no coincide con lo que observan en campo.
- el departamento de atención a reportes de fugas de agua, en ocasiones puede aportar datos al padrón, sobre diámetros o materiales de conexiones. Ello puede ser importante para revisar que tan apropiados son determinados medidores.

¿Cada cuando se revisa el censo de clientes?

El padrón de clientes nunca es un documento o inventario “terminado”, ya que siempre habrá nuevos contratos, cambios de propietarios o inquilinos, cambio de actividades del comercio o local, bajas, etc. Por lo mismo, debe dársele mantenimiento, complementos y mejoras diarias, o al menos muy frecuentemente (*amerita que mínimo cada 6 meses se haga una revisión exhaustiva*).

¿Para qué sirve el padrón a los letrados?

El Padrón es el sustento para conocer cuales medidores son los apropiados para cada consumidor, y llevar un control de las lecturas registradas, boletas emitidas y pagos efectuados por el cliente.

¿Qué datos o información debe contener?

Los principales son: el nombre del cliente, su domicilio, datos sobre su conexión (*diámetro, material, fecha de instalación*). Otros datos que pueden ser importantes pero no suelen considerarse esenciales son: *número de pisos construidos, presencia de cisternas o tinacos, existencia de albercas o jardines, número de baños, cantidad de personas que ahí habitan o trabajan, etc.* Es importante que, a través de cualquier padrón de usuarios, exista manera de conocer o investigar cosas como: *número de cuenta, fecha del contrato, nombre usuario, giro, tarifa, identificador único y tipo de medidor, fecha de instalación, clave del plano donde puede verse ese domicilio, etc.*

Mientras más completo y detallado sea el inventario es mejor. Sin embargo no debe perderse nunca de vista el aspecto costo y tiempo para generarlo y conservarlo en buen estado. Hay que equilibrar funcionalidad con costo, sin olvidar sus aplicaciones futuras.

Debe poder aportar información tal como: *Clave única de contrato, Fecha en que realizó su contrato inicial, nombre del propietario o inquilino responsable del pago del servicio, domicilio completo, diámetro de la conexión giro comercial o actividad principal, tipo de construcción, notas relevantes y particularidades de la casa o de sus ocupantes (número de baños, tiene alberca, tiene jardín, número de ocupantes, ha instalado muebles de bajo consumo, o colabora con campañas de ahorro de agua, es jefe de manzana, crea conflictos, etc.).*

Mucha otra información y datos que pudieran considerarse poco relevantes para el padrón de usuarios, pudieran formar parte de otra base de datos, relacionadas con otras prestaciones ofrecidas por la Empresa de servicios de agua. Desde luego, la informática y paquetería de cómputo moderna permite fácilmente enlazar bases de datos independientes, unas con otras, a través de claves de control, número de contrato, domicilio o coordenadas planimétricas.

De acuerdo con lo anterior, algunos de los datos que pueden requerirse en el padrón son: *número de serie, modelo y marca del medidor de agua, fecha de instalación, presión máxima y mínima de servicio en la calle, bitácora de fechas y lecturas al medidor, estadísticas de consumos máximo, mínimo o promedio mensual de cada cliente, estadísticas de sus pagos, rezagos, etc.*

También debe haber otros inventarios con la ruta de lectura asignada a cada domicilio, fechas cuando se hicieron verificaciones o ajustes a cada medidor. Estos inventarios incluirán el diámetro, material y profundidad de cada tubería frente a las casas, etc.

¿Evoluciona el padrón o sus aplicaciones?

El catálogo de clientes puede desarrollarse y perfeccionarse gradualmente. Algo muy deseable es que interactúe con una representación gráfica a través de un GIS (*sistema de información geográfica*).

El estado del padrón de usuarios puede variar mucho actualmente de una empresa de aguas a otra, según los procesos empleados para la captura y validación de datos; así como el paquete de cómputo utilizado para hacer búsquedas, impresión de listados, etc.

Asimismo los campos o caracterizadores de cada usuario pueden ir desde los muy elementales o codificados (*resumidos*), hasta otros altamente detallados y completos; como sería por ejemplo el incluir fotografías de la construcción, copia electrónica de la firma del usuario, su número de teléfono o fax en casa u oficina, correo electrónico, etc.

No es posible imponer alguna regla general, pues cada empresa de agua tiene su propio presupuesto, características, y grado de desarrollo.

Lo que sí es un hecho, es que todas en un futuro muy próximo deben manejar su catastro mediante buenos paquetes de cómputo, y enlazados directamente a sistemas de información geográfica (*GIS*).

¿Hay una secuencia para aprovechar el catastro?

Existen al menos estas **seis etapas**: para aprovechar el padrón de usuarios dentro del organismo operador, en actividades relacionadas a la lectura o instalación de medidores de consumos:

1. Contar con un buen y completo inventario (catastro) de clientes, manejado por computadora.
2. Sistema de facturación y cobranza (registro de lecturas de medidores, cálculo de consumos, derechos y rezagos, emisión de boletas de cobro, control de pagos, etc.)
3. Inventario para control de medidores volumétricos, y para apoyo en análisis tarifarios; evaluación de desempeño de medidores, etc.
4. Planimetría digitalizada, con catastro de infraestructura y otros elementos propios de la red de distribución y traza de calles. Controlado mediante coordenadas u otros criterios (“campos”, “objetos”) de búsquedas, como nombre de usuario, calle, número de serie del medidor, etc.
5. Diseño y revisión de rutas de lectura mediante análisis de optimización, considerando particularidades del vialidad, personal, equipos, vehículos, rendimientos, costos, etc.
6. Sistema para la captura automática, directa o remota (pistola lectora, radio o teléfono) de lecturas, y emisión directa de boletas de cobro.

4.3.2 Gerencia de servicios de lectura, e interacción con otros departamentos

Cualquier servicio o institución que se precie de buscar la eficiencia y la calidad de su trabajo, debe administrarse bajo algunas bases sólidas, mundialmente conocidas y probadas.

Los servicios de lectura de medidores y la función del jefe del departamento, no son ajenos a tales principios. Ellos son muy sencillos y lógicos de entender, sin embargo no todos lo aplican realmente, aunque de palabra lo digan. Cuando se respetan estas cuatro etapas, se está en el camino de una buena gerencia del servicio, estas etapas se muestra en la **Tabla 11.0**.

Se trata de una secuencia de ciclos continuos de trabajo, cada uno formado por esas cuatro etapas; donde se va evolucionando en el tiempo como en una espiral. Siempre será esencial iniciar cada ciclo con planeación, lo cual requiere buscar y emplear información apropiada y confiable.

Dicho de otra forma, hay que partir de tener un cabal diagnóstico del estado actual y sus deficiencias, y conocer que se quiere mejorar. Todo de acuerdo a una clara “misión” y “visión” para el departamento.

Para hacer una buena gerencia de algo, lo primero es conocer ese “algo” que se va a administrar, al igual que las herramientas con las que se cuenta. Tratándose de lecturas a micromedidores, lo que se va a administrar (*manejar*) son: datos (*lecturas de consumos*), personal, medidores, vehículos, tiempos, y voluntad de los clientes.

Entre los elementos importantes e indispensables que deben conocerse lo mejor posible están:

- Los clientes (*padrón de usuarios*),
- Las calles de la ciudad (*planimetría*)
- Los tipos de medidores ya instalados (*censo de medidores*).

Varios otros elementos que influyen en las decisiones relacionadas a selección de medidores y a procedimientos de lectura y facturación de consumos, son: las interrelaciones con otros departamentos de la empresa de agua, como el entorno social y ambiental.

Independientemente de cualquiera que sea la división organizacional de una empresa de aguas, existe una continua y estrecha relación entre: las lecturas; la adquisición, instalación y prueba a medidores; la emisión de boletas de cobro, las cobranzas y cortes a morosos; y la informática para controlar y actualizar bases de datos, planos, y estadísticas.

La **tabla 10.0** representa las principales intervenciones e interacciones, entre los actores arriba mencionados.

Tabla 10.0 Área de trabajo o de responsabilidad

Acción o proceso	Área de trabajo o de responsabilidad						
	Usuario	Lecturas	Medidores	Facturación y cobranza	Sistemas	Técnicas	Relaciones públicas (atención telefónica)
Especificar y adquirir medidores	X		X	X	X	X	
Probar, instalar, mantener medidores			X				
Inspeccionar y renovar medidores		X	X		X	X	
Mantener y actualizar padrón de usuarios				X	X		
Mantener y actualizar planimetría		X			X	X	
Diseñar y mantener rutas de lectura		X			X	X	
Cada mes imprime listados y figuras para cada ruta		X			X		
Lectura mensual o bimestral de consumos de los usuarios en cada ruta		X					
Capacitación a letristas		X	X	X		X	X
Validación de lecturas		X			X		
Capturar y procesar lecturas				X	X		
Supervisión y muestreo aleatorio, directo en campo, de algunas lecturas		X		X		X	
Estadísticas y estudios de consumos		X			X	X	
Emitir boletas de cobro				X	X		
Entregar boletas de cobro	X	X			X		
Pagos de consumos	X			X	X		
Solicitudes o aclaraciones	X	X					X
Revisa y actualiza tarifas	X			X		X	
Emite informes periódicos sobre consumos y medidores		X	X		X		
Revisa informes, toma decisiones		X	X	X		X	
Asesoría en general y orientación sobre formas de ahorrar agua	X	X			X		X

4.3.3 Consecuencias de una mala organización

Sin duda es indeseable que existan fallas de organización. Frecuentemente las fallas no son tan evidentes, y menos cuando no se quiere reconocer que existen, pues no se les busca, o se les oculta (una manera es no llevando estadística de las solicitudes, o quejas del público, como si no existiesen), y se piensa que el desempeño y la organización es correcta.

Desde luego no hay organización perfecta, ni única. Normalmente debe ir evolucionando y adaptándose a los avances tecnológicos, a los estilos de comercialización del agua, a las demandas de la sociedad, a los conocimientos y habilidades del personal, etc.

Algunas de las mejores formas de saber cuando y donde hay fallas, son: a través del análisis de informes periódicos; de compararse contra el desempeño de empresas de agua similares; y revisando que tan confiables y completas son las bases de datos (catastro de clientes) y la planimetría. Algunas de las consecuencias de las fallas de organización son:

- a) Retrasos en las lecturas y mala imagen ante los clientes.
- b) Imprecisión y errores en lecturas de aparatos, o errores de cálculo.
- c) Confusiones y fallas al identificar clientes y medidores.
- d) Mala sincronización, duplicidad de tareas, omisión de tareas.
- e) Errores contables, desconocimiento de clientes, fallas en recaudación.
- f) Medidores en mal estado, atascados, rotos, viejos.
- g) Aparatos instalados inapropiados al tipo de cliente o al tipo de toma domiciliaria.
- h) Mala comunicación entre departamentos, violaciones a acuerdos y fechas establecidas.
- i) Órdenes y solicitudes sin atender. No hay coordinación entre departamentos.
- j) No se reparan o no hay refacciones para medidores.
- k) Impuntualidad o ausentismo del personal.
- l) Flojera, invención de datos, corrupción, deshonestidad entre el personal.
- m) Costos excesivos, desperdicio de recursos humanos o materiales.
- n) Malestar entre el personal,
- o) Desigualdad en cargas de trabajo, injusticias.
- p) Excesivas cargas de trabajo para el personal disponible.
- q) Demasiado personal de campo y poco para coordinar y supervisar.
- r) Mucho personal "directivo" y poco para campo.
- s) Falta de claridad en la misión y las funciones del departamento.
- t) Lo escrito como funciones y responsabilidades, no es acorde con las nuevas responsabilidades, o con los avances tecnológicos de que ahora se dispone.
- u) Inapropiada selección del personal, falta de conocimientos; o funciones asignadas no congruentes con el perfil de la gente.
- v) Falta de vehículos u otro equipo y material de apoyo.
- w) Software y procesos obsoletos o inapropiados.
- x) Otras...

4.3.4 Estrategias para mejorar la organización

Para mejorar la manera como se hacen las cosas, hay que guiarse por el “ciclo básico” de gestión.

Tabla 11.0 El Ciclo: planear -> organizar -> ejecutar -> evaluar

Planear	Primero conocer y tener inventarios indispensables: que tipo de consumidores tengo, tipos de calles, vehículos, sistema de lectura y facturación actual, flujos y canales de comunicación actuales, planes (de la empresa, crecimiento de la ciudad, calidad del agua, etc.).
Organizar	Requisiciones, normas de los medidores, estándares de prueba, calibración, sustitución, fechas críticas y rutas de lectura. Diseño o adquisición de nuevo software. Mejoras al padrón de clientes y a la base cartográfica. Manuales de procedimientos entre departamentos.
Ejecutar-implantar	Cursos de capacitación, pruebas e implantación de rutas de lectura. Rutinas de trabajo diarias: instrucciones y listados, lecturas en campo, captura de datos, procesamiento, emisión de boletas, entrega a usuarios, elaboración de reportes, mantenimiento a equipos. Hacer los cambios gradualmente, pero con firmeza, (a veces un poco de intento y error... pero sin gastar demasiado, y sin riesgos de quedar mal con el público o los empleados).
Evaluar	Costos, rendimientos, efectividad, quejas, errores, fallas de medidores, fugas detectadas o apoyo a otros departamentos, aumento en la recaudación, disminución en los consumos, etc.

Como parte de la planeación, algo fundamental es tener claramente definidas las funciones y obligaciones del departamento. O más brevemente, "la misión" particular del departamento de lecturas a los consumos volumétricos domiciliarios. Aunque la **misión** y los **objetivos** pueden tener algunas variantes entre las diferentes empresas de agua, posiblemente los siguientes recuadros de ideas puedan servir preliminarmente en caso que no los tengan bien establecidos:

Misión del departamento de lecturas a medidores

- Efectuar la captura periódica de las cifras que marcan los contadores volumétricos en cada conexión de agua, con la periodicidad y precisión más apropiada a los fines de eficiencia, economía y control de la empresa.
- Asegurar la veracidad e imparcialidad de las cifras capturadas y de los cálculos efectuados.
- Mantener una buena imagen de la empresa ante el público mediante un trato amable, y la conservación en buen estado de los aparatos.
- Aprovechar plenamente los avances tecnológicos, técnicos de organización y potencial del personal disponible.

Principios y objetivos del departamento de lecturas a medidores

- Motivar a que el usuario promedio tienda a usar menos agua (a fin de disminuir la contaminación y preservar los recursos naturales para generaciones futuras);
- Conservar e impulsar mecanismos de cobranza justos e imparciales;
- Evitar desperdicios de agua por los consumidores;
- Impulsar la instrumentación y los sistemas informáticos (que faciliten la conservación y operación de los servicios); y
- Generar finanzas justas y suficientes (para enfrentar las renovaciones y mejoras necesarias a los servicios e infraestructura).

¿Cual organización conviene: centralizada o descentralizada?

Dependiendo del tamaño de la ciudad por servir y del estilo de organización adoptado, en ocasiones conviene descentralizar algunos servicios. Es decir, tener oficinas foráneas que realicen, casi de manera autónoma algunas actividades. Especialmente en ciudades muy grandes (mayores a un millón de habitantes) es muy conveniente la descentralización, tanto por eficiencia y economía de recursos, como para mejorar y mantener una buena calidad del servicio y presteza para atender las solicitudes de cualquier cliente. Afortunadamente la informática actual y los sistemas de telecomunicación permiten hoy en día trabajar de manera versátil, y para algunos aspectos ser descentralizados, mientras que para otros hay un control central, con respuestas rápidas y oportunas.

Un ejemplo claro de lo que es la descentralización, son el tener oficinas de recepción de pagos distribuidas en diferentes puntos de la ciudad. Similarmente las centrales de distribución y recepción de órdenes de servicio a cuadrillas de trabajadores y de lecturistas, pueden estar en tres o más puntos diferentes de la ciudad. Tener talleres de reparación de medidores y almacenes de refacciones distribuidos en diferentes puntos puede ser muy conveniente. En cambio no conviene descentralizar cuestiones como planimetría, catastro de clientes, estudios de consumos, etc.

4.3.5 Planeación y diseño técnico del programa de medición

Cuando se requiere un programa intensivo de reemplazo o instalación de aparatos contadores, en lugar de una rutina para instalarlos sólo en los nuevos contratos, es necesario tener una planeación y diseño cuidadoso de los aspectos logísticos y financieros.

Las etapas son: definición del objetivo, planificación, investigación y preparación, diseño ejecutivo, instalación de aparatos, operación de medidores y su mantenimiento, mejora y renovación (*reemplazo al concluir su vida útil*).

Las características del aparato aforador de consumos, el "contador", requiere atención particular. Actualmente, los nuevos materiales y la electrónica tienden a mejorar y hacer más económicos los equipos, por lo que la selección del nivel tecnológico y sus mejoras subsecuentes es importante.

Por ejemplo, pueden ser benéficas las conexiones prefabricadas y pre-ensambladas (*tubos, válvulas, medidor, caja y acoplamientos como una unidad*), al igual que la “medición remota”.

4.3.6 Puntos cruciales a investigar en un proyecto de medición

Los puntos principales al planificar la adopción o mejora de medidores domésticos son:

- cambios deseados y sus prioridades.
- urgencia de los cambios requeridos.
- virtudes y desventajas de la medición respecto de otros sistemas.
- papel (*obligación o misión*) de la empresa de agua, respecto a objetivos sociales o políticos (*lo mejor es que no tuviera nada que ver en eso*).
- fuerza real (*legal u otro tipo*) de la empresa de agua para imponer esas medidas.
- estándares de servicios actuales y deseados, al igual que niveles de cobertura.
- tipo de tarifas necesarias (estructura) y gastos a incluir en ella.
- aptitud y características de casas para instalarles medidores (*aparatos contadores*).
- precisión requerida en los contadores.
- logística, procedimientos y cuidados para instalación, lectura (operación) y mantenimiento de los aparatos.

4.3.7 Aspectos y elementos a evaluar al planear

Cobrar por el suministro de agua en las ciudades es un tópico que afecta y es afectado por muchos factores. Van desde aspectos macro-económicos hasta los de economía familiar, envuelve cuestiones de salud, costumbres, justicia social, política, desarrollo organizacional, estándares de servicio, y muchas más. El planear los esquemas de cobranza implica una completa visión de todos ellos.

Es difícil dar explicaciones detalladas de todos esos elementos, especialmente porque son muy numerosos, inter-mezclados y cambian con tiempo y lugar. Algunos puede ser modificados con políticas de la empresa de agua y otros están fuera de su control, pero de cualquier manera afectan las decisiones y resultados.

La **tabla 12.0** es un recordatorio de los grupos de elementos a evaluar al planear un proyecto de micromedición (consumos domésticos). Las evaluaciones deberán cubrir la siguiente información:

- Explicaciones, ideas, escenarios y necesidades de la información.
- Pertinencia del elemento en las decisiones.
- Variaciones, casos, ejemplos y bibliografía recomendada.
- Relación o interacción con otros elementos.
- Rango de costos e importancia económica y financiera.

Tabla 12.0 Aspectos y subgrupos de elementos para planear la medición de consumos de agua

ASPECTO	ELEMENTOS EN EL SUBGRUPO
Interrelaciones sociales y cultura del agua	Costumbres, usos del agua; participación social; campañas, regulaciones, incentivos y multas; cultura del agua; movimientos voluntarios; prácticas positivas; prácticas negativas; trampas y fraudes de algunos consumidores; estilos de pago; malos manejos - peculado - del personal; quejas de consumidores; predisposición o deseo de los consumidores a la medición.
Socioeconomía, demandas de agua.	Tasa de marginalidad, pobreza, voluntad de pago, elasticidad de la demanda; pagos; equidad, justicia social; marco legal y estilo de organización de la empresa de agua.
Características de las casas	Usos exteriores (jardín, recreación); plomería y dispositivos para consumo; conexiones internas e instalación del medidor; aptitud física para colocar medidores.
Legal	Estructura legal de la empresa; conservación y valor ambiental del agua; cobro de tarifas; instalación de medidores y sus cuidados; adquisición de medidores.
Economía	Relaciones oferta-demanda; ambiente económico; valor económico de agua; balance económico; opción de medir; consumidores
Finanzas	Inversiones, fondos, desempeño financiero; fuentes de fondos; ingresos (ventas del agua y otro ingresos); erogaciones; cargos por abastecimiento y otros servicios; contratos especiales; costos de la medición; costo de opciones sin-medir; cooperación ciudadana para reducir costos; impactos especiales sobre la recaudación.
Precios y contabilidad	Procedimientos de contabilidad, pagos y derechos del agua; recaudación del dinero; multas e incentivos; interacción y cooperación con organismos.
Organizativos e institucionales	Tipo de institución; servicios y funciones; estructura; objetivos; información y estadísticas; políticas; planeación; autonomía; consejeros, patrocinadores; colaboración con otras instituciones; apoyos legales.
Gestión (<i>administración, dirección, gerencia</i>)	Solidez técnica; aceptación social y prestigio de la institución; confiabilidad del servicio; políticos y malas prácticas; equipos y habilidades.
Control de demandas y planeación	Políticas de conservación; relaciones públicas; centro de información; publicaciones y reportes; capacitación; supervisión, auditorías de desempeño; control de desperdicios, inspección, investigación, planeación.
Técnico operativo	Necesidades, objetivos, metas, calendarios y programas; normas de servicio; niveles de medición; experiencias previas; investigación; preparación; diseño ejecutivo; logística; instalación de medidores; operación (facturación, lectura, inspección); control a consumidores (avisos, recargos, cortes); mejora a la tecnología y a los servicios.

4.3.8 Demandas y tarifas

El papel de las tarifas es balancear la disponibilidad de agua con el costo de suministrarla. Aunque es muy claro éste propósito, no es sencillo alcanzarlo dada la complejidad y subjetividad de: ayudar a los consumidores pobres mediante subsidios (*normalmente “cruzados” con tarifas diferenciales a distintos usuarios, y no por subsidios directos*), privilegios o derechos históricos; o necesidad de reservar dinero por inversiones en nuevos suministros (expansiones).

En la mayoría de ciudades el consumo de las viviendas es el principal respecto a los demás usos. Esta demanda resulta de los hábitos de las personas y el tipo de instalaciones hidráulicas en las casas.

Los hábitos de consumo pueden modificarse mediante educación y tarifas apropiadas. Sin embargo, a veces es más sencillo modificar las instalaciones físicas. Los nuevos materiales permiten tener mejores y más baratos diseños. Los suministros medidos y las tarifas apropiadas, directamente ayudan a los propósitos de ahorro de agua. Pudieran concebirse otros tipos de “tarifas motivacionales no-volumétricas”, pero usualmente su manejo es más complejo.

4.3.9 Estadísticas y estudios de consumos

Un importante empleo de los datos recolectados por los lecturistas, es generar estadísticas. Éstas se pueden producir de diferentes tipos y para distintas finalidades, tales como:

- para balance general de toda la ciudad, y comparación entre épocas del año.
- por zonas de la ciudad, o por sectorización piezométrica (rangos de presiones en líneas de distribución, o continuidades u horarios del servicio).
- para determinado distrito hidrométrico de la ciudad.
- sectores de usuarios (industrial, comercios, vivienda).
- tipologías de usuarios (clase alta, clase baja, viviendas proletarias).
- para grupos específicos (quienes tienen alberca, más de tres pisos, con jardín mayor a 100 m², con fosa séptica, condominios, tintorerías, etc.).
- para grandes usuarios de forma individual (fabrica de refrescos marca XYZ, hospital WMN, escuela GHT, etc.).
- por tipo de medidor, grupo tarifario, diámetro o material de conexión, etc.

Usualmente idear tales agrupamientos y procesar los datos le corresponde al área “técnica” junto con la de “sistemas”, sin embargo, eventualmente, pudiera ser que tales responsabilidades queden bajo la supervisión del jefe de lecturistas, por lo cual al menos se trata de hacer mención del asunto aquí en este trabajo.

Pueden ser muchas y variadas las razones y motivos para hacer esos agrupamientos, estadísticas y estudios. Algunos ejemplos son:

- Generar reporte periódico interno, o informar al público u otra autoridad externa.
- Revisiones a leyes, reglamentos y tarifas.
- Evaluar impacto y éxito de **programas de ahorro**, o de campañas de conscientización.
- Revisar clasificación de algunos usuarios.
- Efectuar balances de agua (*auditorias*), y detectar posibles zonas de fugas de agua ocultas.
- Detectar posibles tomas clandestinas, o verificar que el comportamiento de los usuarios cumpla con normas.
- Revisiones a precisión y desempeño de medidores, y planear renovaciones.
- Estudiar impactos y comportamientos de usuarios (*“elasticidades”*) ante cambios de factores (*precio del agua o estilo de tarifas, presiones, clima, tener o no tener medidor, tandeos o continuidad del servicio, etc.*).
- Calibrar modelos de predicción de demandas.
- Generar criterios y políticas de operación de la red de agua potable, o de la de alcantarillado.
- Etc.

¿Cuales usuarios requieren algún monitoreo especial?

Hay varios tipos de consumidores donde es importante mantener una vigilancia más estrecha, quizá con menores frecuencias de mantenimiento, o con la instalación de medidores más sensibles. Algunos ejemplos son:

- Viveros, huertos familiares u hortalizas en predios urbanos
- Establos, embotelladoras de refrescos, baños públicos, deportivos
- Industrias de alto consumo o con descargas residuales muy concentradas o peligrosas
- Hospitales, escuelas, cuarteles
- Autolavados, centros comerciales de autoservicio, mercados, rastros, etc.

¿Cómo prestar atención especial a algunos, sin descuidar a la mayoría?

Se pueden diseñar rutas de lectura específicas para determinados clientes, a cargo de un supervisor o lectrista exclusivo para ello. Asimismo conviene instalarles medidores más sofisticados, para registrar determinados rangos de consumos (*por ejemplo “medidores compuestos” cuando el cliente varía mucho sus consumos*).

Se pueden intentar cosas como el reporte voluntario de consumos por el mismo gran consumidor (*“autodeclaración” por vía telefónica o correo electrónico*), con visitas de inspección aleatorias (*sin previo aviso*).

La electrónica permite resolver con sencillez y economía las necesidades de monitoreo individualizado. Una opción es instalar medidores que envíen señales a un acumulador de datos (*un “chip” o “data logger”*) cercano, donde se conserven los datos de flujos o consumos minuto a minuto durante todo un mes o más.

En la visita del lectorista al final del periodo, se puede vaciar toda la información con facilidad a una computadora portátil; o reemplazar el dispositivo almacenador por otro limpio. Ya en oficina se bajan (*copian*) los datos a la computadora principal.

Otra forma, igualmente confiable y relativamente sencilla y económica, es mediante telemetría, donde desde un sitio remoto se está consultando, cada que conviene, al medidor, y se registran las lecturas directamente a la computadora. La lectura puede ser vía teléfono, radio, o Internet. En la **Figura 28.0**, se muestra los elementos de la lectura vía telefónica.

Figura 28.0. Lectura vía telefónica



Fuente: Sensus Metering

¿Cómo conviene reportar los consumos de agua?

Especialmente para estudios y análisis detallados, no siempre conviene reportar los consumos en valor absoluto en un periodo (*por ejemplo metros cúbicos mensuales*), sino en unidades que permitan, tal vez, la comparación entre dos o más usuarios similares. Por ejemplo:

- hospitales, en “litros por paciente al día”, o “metros cúbicos por cama al año”
- hoteles: “litros / huésped-noche”, o “litros/costo de hospedaje”, o “litros/cuarto-mes”
- escuelas: “litros/alumno-día laborable”, “litros-pupitre-año”
- oficinas: “lt / empleado-día laborable”
- parques y jardines públicos: “m³ / m² al año” (*lo que equivale a la lámina de riego anual expresada en metros*)
- tintorerías: “lt / kg. de ropa”
- vapores y baños públicos: “lt/cliente-visita”

4.3.10 Densidad de medición, costos e impactos

El impacto más importante de los contadores del agua consiste en la reducción de consumos, comparado a una situación en donde no hay medidores. Varias referencias y como se ha mostrado antes, divulgan las reducciones de los consumos que se extienden a partir del 5% hasta el 54% cuando el precio del agua aumenta; y hay un sistema tarifario volumétrico. Esto se conoce como "elasticidad de precio de la demanda" por toma.

Es fácil financiar la instalación de un medidor. Su costo se puede recuperar como parte del honorario de la conexión. Sin embargo, no siempre es así, se deben encontrar alternativas adecuadas para cada problemática.

La medición voluntaria, al azar, selectiva o temporal, son formas de evitar medir todo el universo de tomas y por tanto se evita una inversión fuerte de dinero. Es posible realizar estos muestreos, cuando se planean de manera adecuada, pueden conducir a mejorar los resultados presupuestarios para la empresa y así a la misma conservación del agua, con un margen de error aceptable, como se vio en el capítulo 2 de este manual.

4.3.11 Complejidad de la justicia en tarifas y objetivos

El agua ha moldeado el comportamiento social de cualquiera asentamiento humano desde hace miles de años, por lo que los administradores de servicios de agua juegan un papel importante en la justicia social. Existen razones históricas y propósitos de salud, socioeconómicos y políticos que han generado servicios de agua gratuitos o con tarifas muy bajas. En ocasiones eso ha sido lo mejor y le ha dado una connotación humanitaria a los servicios de agua; sin embargo, frecuentemente, las razones o justificaciones no han sido claras o incluso malintencionadas y han llevado a servicios altamente subsidiados, ineficientes, ineficaces y francamente malos; muy caros en términos reales.

Los bajos precios del agua han alentado el consumo y las actitudes derrochadoras, aun en sitios donde no hay suficiente líquido. También han impedido mejorar los estándares de servicio, aun cuando las personas bien podrían pagar más por ello, y estarían dispuestas a hacerlo.

Es difícil valorar el costo económico global de abastecer agua ya que muchas inversiones corresponden a trabajos antiguos que aun sirven; muchos gastos son soportados directamente por los consumidores (*plomaría, retretes, tinaco, captador de lluvias, tanque séptico, etc.*); y otros costos se cubren mediante impuestos indirectos y subsidios, además de los pagos de los consumidores. Similarmente los beneficios como salud, comodidad, seguridad, fiabilidad, son imposibles de cuantificar en dinero.

La dificultad aumenta aún más cuando se involucran los costos y beneficios de desagüe sanitario y pluvial, ya que éstos usualmente se deben incluir en la tarifa de agua.

El diseño de tarifas es complejo debido a lo subjetivo de la equidad y justicia sobre: quien necesita subsidios y cuanto; a quien se le cobrará, y cómo, para compensar esos subsidios; cuánto tiempo deben o pueden persistir algunos privilegios o derechos; cuan lejos hacia el futuro debe ser la provisión de nuevas obras y quien los usará y cuáles son las oportunidades de diferir inversiones con restricciones en el uso y desecho de aguas.

4.3.12 Uso de otras experiencias e investigaciones conjuntas

El estudio de experiencias previas conduce a soluciones apropiadas, ahorra recursos y tiempo, al no repetir investigaciones o equivocaciones similares. Varias empresas de agua en una región economizarían y mejorarían su calidad mediante apoyos mutuos, así como con la asesoría de algún instituto o asociación.

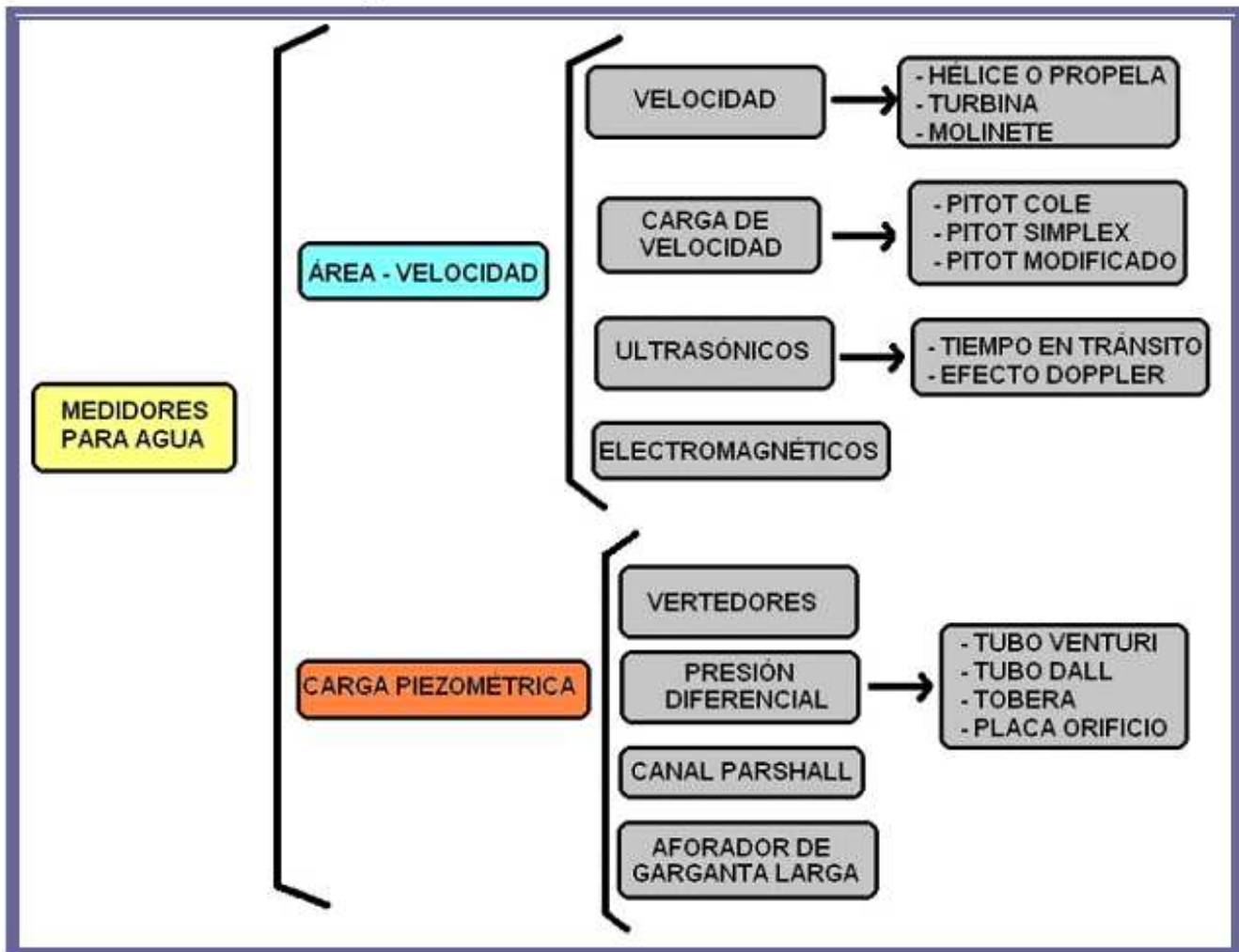
Algunas de las tareas de tal asociación serían: edición de manuales y enseñanza; certificación sobre productos, procedimientos y habilidades del personal; revisión de normas, investigación, pruebas especializadas; desarrollo de sistemas o software de apoyo a la contabilidad y al catastro de usuarios.

Los ensayos y estudios locales (reacciones de los consumidor *-elasticidades-*, patrones de consumo, fugas) deberían hacerse localmente, por el organismo operador interesado. En caso de contratarlos, debe existir una supervisión e involucramiento estrecho del contratante.

4.4 TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE MICROMEDIDORES

Los medidores de flujo funcionan con principios físicos e hidráulicos básicos, como el principio total de la conservación o de la masa (Ecuación de Continuidad) y el principio de la conservación de energía (pérdidas principales) debidas al fluir. Una primera clasificación de los medidores se puede apreciar en la **Figura 29.0**.

Figura 29.0. Clasificación de medidores.



Fuente: CNA.

En la **Tabla 13.0** se muestran vistas generales de un medidor domiciliario (micromedidor).

Tabla 13.0. Medidor domiciliario



Foto No. 1 Muestra la vista general de un micromedidor domiciliario, de izquierda a derecha tenemos: una válvula de compuerta, seguida de esta se encuentra el micromedidor, posterior a este observamos, una llave de nariz inmediatamente a esta podemos observar una válvula de compuerta, finalmente encontramos la alimentación al domicilio.



Foto No. 2 Muestra a detalle el micro medidor y el totalizador de dicho micromedidor, este tipo de micromedidores ya no requiere de realizar la lectura visual, ya que es posible realizarla en forma remota.

Los medidores pueden ser de varias clases, por ejemplo: volumétrico, propela, entre otros; todos éstos tienen diversos estándares de la precisión y de fabricación, así como costos diferentes. Su operación, por supuesto, rendirá réditos distintos y beneficios a la empresa de servicios del agua.

4.4.1 Parámetros hidráulicos y unidades de medida

Un aparato para contabilizar el volumen de agua potable que entra por una toma domiciliaria a una vivienda, industria o comercio, normalmente tiene principios de funcionamiento apoyados en las siguientes premisas:

- El tubo está totalmente lleno de agua (es decir, el tubo va a sección transversal llena).
- El agua ejerce una presión positiva sobre las paredes internas del conducto.
- La velocidad del agua es suficiente para mover los instrumentos mecánicos empleados para contar el agua que por ahí pasa.

No es materia de este trabajo involucrarse ni en física, ni en hidráulica u otras ciencias; sin embargo sí es importante ayudar a entender algunos conceptos y palabras de frecuente uso en asuntos de medidores: A continuación se mencionan y describen algunos de ellos:

Diámetro.- en tuberías circulares se mide, viendo la “sección transversal del tubo”, como la distancia de un extremo a otro pasando por el centro. Existe un diámetro interno, y otro externo.

El primero siempre es más pequeño, y más importante para fines de selección de medidores, diseño de acoplamientos, etc. El diámetro externo es igual al interno, sumándole dos veces el espesor del tubo. *Unidades apropiadas: mm o cm.*

Sección transversal.- Es la forma geométrica del tubo viendo hacia el “hueco” por donde circula el agua. Normalmente en agua potable la sección tiene forma circular.

Área de la sección.- Equivale a la superficie que mide la sección transversal. Si es circular es igual a $3.1416 \times (D)^2 / 4$. Donde **D** es el diámetro interno del tubo. Si **D** se expresa en cm, el resultado estará en centímetros cuadrados. *Unidades apropiadas: mm² o cm².*

Espesor.- O grosor del tubo, lo que mide la pared del tubo. *Unidad apropiada: mm.*

Volumen de agua.- Espacio tridimensional que ocuparía toda la cantidad de agua que ha pasado por el medidor durante un periodo de tiempo. Es decir, es agua que pasó por ahí entre dos fechas de lectura, o desde que se instaló el contador. El volumen de agua puede medirse en un recipiente apropiado a su magnitud (*probeta, cubeta, tinaco, cisterna, presa, etc.*). *Unidades apropiadas: dm³ (igual que litro) o m³.*

Volumen de un recipiente.- Capacidad para contener determinada cantidad de aire o líquido, en el interior del recipiente. O volumen de líquido actualmente almacenado en un vaso, cubeta, tubería, tinaco, cisterna, represa, etc. *Unidades apropiadas: l (litros), m³ (metros cúbicos) o hm³ (hectómetros cúbicos).*

Nivel del agua.- También llamado **tirante** o **altura**. Dimensión vertical del volumen de agua encerrado en algún recipiente o tubería (*siempre hay que aclarar sobre que referencia se trabaja “metros sobre el nivel del mar”*). *Unidad apropiada: cm (centímetros respecto al nivel de piso).*

Lámina de riego.- Cantidad de agua equivalente al volumen que se ha aplicado (*regado*) uniformemente en toda la superficie del terreno (*lámina = volumen regado / superficie*), durante determinado periodo de tiempo (*día, mes, temporada de estiaje, año, etc.*). *Unidad apropiada: mm/mes (milímetros al mes).*

Velocidad.- Distancia que en promedio recorre una partícula de agua que atraviesa la “sección transversal” del tubo, durante un tiempo determinado. *Unidad apropiada: m/s (metros entre segundo).*

Periodo, plazo o tiempo.- Lapso de tiempo que se está considerando para el monitoreo o aforo del agua, o entre periodos de facturación de consumos. *Unidad apropiada: minutos, horas, o días (pero siempre especificando entre que horarios, o entre cuales dos fechas).*

Flujo.- Cantidad de agua que en promedio circula por un tubo durante un determinado lapso de tiempo. *Unidades apropiadas: l /min (litros / minuto); o m³/s (metros cúbicos /segundo), o similares.*

Presión.- Cantidad de fuerza que, por unidad de superficie (*digamos contra las paredes internas del tubo*), ejerce la misma agua. Puede entenderse como su “tendencia a escaparse” del recipiente que la contiene. También es la fuerza que permite que el agua suba a los tinacos u otras partes de la casa; o que salga con fuerza para hacer su trabajo (*mover un aspersor de riego, etc.*). *Unidades apropiadas: bares o kg/cm² o metros de columna de agua.*

Pérdida de presión o “pérdida de carga”.- Cantidad de energía potencial o “fuerza” (*presión*), que emplea el agua para poder transitar por una tubería, la cual se pierde como calor. Las mermas usualmente ocurren por la fricción o rozamiento entre las mismas partículas de agua, o contra las paredes del tubo, cuando circulan dentro del tubo. *Unidades apropiadas: similar a las de presión, o expresadas por unidad de longitud (o como un coeficiente, función del diámetro, la longitud, el material de la tubería, y la velocidad del agua. Ver por ejemplo fórmula de Hazen-Williams).*

Precisión o rango de **errores** de un equipo.- Medida de la desviación de un aparato respecto a lo que debería marcar si fuese totalmente certero. Los medidores no miden los volúmenes con total exactitud, especialmente cuando el flujo está muy por arriba o por debajo de su gasto de diseño nominal. *Unidades apropiadas: porcentaje (%) de diferencia respecto a la probable realidad.*

¿Hay unidades de medida obsoletas y complicadas?

Existe un sistema bien pensado y aceptado internacionalmente, y oficialmente establecido para usarse en todo México, respecto a las unidades de medida a emplear. El sistema internacional de unidades (*SIU*) se basa principalmente en el metro, el kilogramo, y el segundo.

Si aun alguien tiene la anticuada costumbre de manejar el sistema inglés de pies, pulgadas, libras, etc. debe abandonarla. Por la cercanía de México a EE.UU., los tubos antiguamente se vendieron e instalaron hablando de tales medidas, pero es mejor acostumbrarse a hablar ahora y en lo sucesivo en el sistema internacional de unidades (*incluso los países que antiguamente tenían unidades inglesas, en sus transacciones importantes, libros de texto, manuales y software ya emplean las unidades métricas*). Los cálculos y el manejo en computadora se llevan a cabo en el SIU, además de que mentalmente es más sencillo imaginar las dimensiones y comparaciones entre magnitudes.

4.4.2 Tipos de dispositivos de aforo

Existen diversas e ingeniosas maneras para aforar o estimar los caudales y volúmenes que transitan por una tubería. Los métodos intrusivos requieren de introducir un mecanismo en la sección del tubo para que el agua lo haga girar, lo cual permite conocer la velocidad o fuerza del agua. Otros emplean aditamentos para captar cambios en ondas de sonido y así calcular la velocidad de las partículas del agua (ultrasónicos). Otros equipos obtienen la velocidad observando las diferencias de presión entre dos puntos de la tubería.

Otros emplean los principios de la inducción electromagnética, usando al agua como un transmisor de corriente que a mayor velocidad genera más voltaje. La elección del método y tipo de medidor depende de varios factores como: precisión requerida, costos tolerables, para inversión y mantenimiento, frecuencia de lectura, resistencia a la intemperie, o riesgos de vandalismo.

La siguiente tabla sugiere cual modelo de medidor es apropiado, según el tipo de consumidor al que se destine:

Tabla 14.0 Tipos de medidores domiciliarios sugeridos, según su tipo

Tipo de medidor	Uso sugerido
De desplazamiento positivo, entre 6 mm y 76 mm	<ul style="list-style-type: none"> - Consumidores con demandas normales - Departamentos residenciales pequeños o medianos - Negocios pequeños (salones de belleza, moteles) - Gasolineras - Restaurantes
De corriente de 50 mm a 305 mm	<ul style="list-style-type: none"> - Hoteles y moteles grandes - Consumidores con fuertes demandas o con flujos continuos - Procesos de manufactura, refinerías, petroquímicas. - Riego público de parques, o similares. - Edificios o inmuebles gubernamentales grandes.
Compuestos de 50 a 250 mm	<ul style="list-style-type: none"> - Hoteles y moteles medianos. - Consumidores especiales con oscilaciones de demandas, altas y bajas. - Escuelas. - Edificios públicos. - Lavanderías. - Multifamiliares, condominios grandes.
En líneas contra incendio	<ul style="list-style-type: none"> - Hidratantes y servicios contra incendio.
Registradores gráficos o electrónicos	<ul style="list-style-type: none"> - Descargas de bombas (pozos) - Distritos hidrométricos - Clientes con demandas especiales. - Trabajos de investigación, estudios de demandas y de variaciones horarias.

FUENTE: AWWA “ Sizing Water Services Lines and Meters”, Manual of Water Supply Practices, pg 44.

Una descripción detallada de cada medidor, modelo o marca, sale del alcance de este trabajo; sin embargo, en algunas de las prácticas diseñadas para ésta sección, se verá que existe mucha bibliografía, fácilmente accesible, que describe con lujo de detalles y figuras los diferentes modelos y principios de medición.

Por otra parte, el medidor o contador resulta incompleto sin algunos de los aditamentos que actualmente se emplean para facilitar y hacer más segura la captura de los datos.

Debe quedar muy claro que **poseer y usar los datos es la finalidad esencial, no el tener medidores instalados**. Así que cualquier apoyo o aditamento que asegure la rápida y ordenada captura de lo que marcan los medidores debe ser bien recibida y apoyarse. Hay infinidad de combinaciones posibles entre aditamentos de lectura y aparatos medidores. Algunos de los **apoyos a la lectura** pueden ser: carátulas digitales, carátulas de agujas, pistolas lectoras, transmisores y receptores de radio, terminales de teléfono, chips o data-loggers, etc.

Algunas ideas innovadoras, tecnología novedosa o avanzada

Los equipos y técnicas de organización para leer medidores de consumos de agua y comunicarse con los clientes y cobrarles, deben evolucionar rápidamente. No usar o posponer emplear telemetría, software o tecnología moderna, sería equivalente a preferir hacer negocios en carreta en lugar de automóvil, o comunicarse por telégrafo en lugar de teléfono o correo electrónico.

Debe tenerse muy presente que los avances tecnológicos en electrónica, telecomunicación y sistemas de información, han modificado y están modificando radicalmente las rutinas de trabajo en el campo de lectura de medidores. En lo sucesivo será más frecuente ver concesiones (*contratos*) del servicio de lecturas a compañías particulares que lo hagan mediante equipos electrónicos sofisticados y con software de proceso muy especializado y completo.

La siguiente lista tiene algunos ejemplos de múltiples ideas y alternativas que en un momento dado pueden intentarse. Muchos de ellos ya están en el mercado, y en aplicación por algunas empresas de agua del mundo. Solo es una muestra, ya que cada día hay más y más novedades, y muchas de las “antiguas novedades” se han convertido ya en prácticas corrientes en varios sitios.

- Pagos anticipados de agua, tipo tarjetas de débito.
- Medidores que permiten solo cierto consumo, y luego bloquean el paso.
- Oficinas (*empresas de agua*) sin manejo de papel.
- Facturación domiciliaria, inmediata a lectura del medidor, con impresión incluyendo imagen del aparato.
- Dictar a una grabadora de sonidos las lecturas para su captura posterior.
- Válvulas para uniformar presión y lograr distribución de agua más equitativa.
- Monitoreo especial a grandes usuarios (sistema Sentinel y similares).
- Monitoreo para horarios de consumo restringido o con tarifas más caras.

Selección y puesta en marcha de medidores

Muchas condiciones se deben considerar en la selección y puesta en marcha de los medidores, con la precisión adecuada y sin altas pérdida. Otros factores deben considerarse como son: protección especial requerida contra el tiempo, vandalismo, el tratar de forzar, o provisiones particulares para la lectura.

Cuando seleccionamos un medidor es necesario determinar: las tarifas de la demanda del consumidor del probable (flujo medio, flujo máximo), diámetro y materiales de la pipa existente, impactos de la calidad del agua (corrosión, presencia de la arena o de otros sólidos suspendidos, escalamiento, aire disuelto, temperatura), efectos de la agresión del suelo y del ambiente (temperaturas, humedad, nieve), sistema y frecuencia de la tarifa para la lectura, rutinas de la inspección o del reemplazo, riesgos en transporte o debido a la instalación y a las malas prácticas de instalación (posición incorrecta, flujo invertido, el tratar de forzar de la gente).

Otras condiciones que afectan en la decisión de elegir el medidor siguen siendo:

1. Acción conveniente para los reemplazos (número de medidores, modelos y sus piezas de repuesto que se mantendrán reserva).
2. Presupuesto disponible (adquisición, certificación, almacenaje, transporte, instalación, inspección, pruebas, visitas, contratos y facturas al consumidor).
3. Fuentes del financiamiento, y ajustes legales y contractuales.

4.4.3 Pérdidas de carga inducidas

En cualquier tubería ocurren pérdidas de presión cuando circula el agua por ellas. Los codos y válvulas son elementos que producen fricción puntual, mayor a la equivalente a tramos de tubería de similar longitud y diámetro.

El medidor domiciliario es un elemento que genera importantes reducciones de presión, por tanto es conveniente, dentro de lo posible, elegir medidores que las hagan mínimas. Un medidor produce mermas de presión. Evidentemente son función de la velocidad del agua a través de la tubería (a mayor velocidad más pérdida de carga).

4.4.4 Especificaciones y recomendaciones para instalar medidores

Hay varias recomendaciones que establece cada fabricante sobre como instalar su equipo. Similarmente cada departamento de lecturas debe establecer sus propias reglas y criterios. Las principales suelen ser:

- Debe instalarse en un lugar visible, de preferencia en el exterior de la propiedad, o con un acceso libre. No debe presentar riesgo de ser golpeado ni obstruir el paso y comodidad de los inquilinos o trabajadores en ese domicilio.
- El medidor debe estar lo más separado posible de codos (*cambios de dirección*), cambios de diámetro, u otras condiciones que afecten un régimen regular del flujo del agua. Suele pedirse que este al menos a una distancia de 10 veces el diámetro del tubo, respecto a cualquiera de esos obstáculos.
- No debe estar inclinado o en posición deferente a la establecida por el fabricante. Algunas empresas de agua acostumbran inclinar el medidor para facilitar las lecturas, especialmente cuando esta “pegado” a alguna pared. Sin embargo es una práctica poco recomendable, ya que produce fallas en la precisión del aparato.

- En algún sitio y en una posición que haga mínimas las pérdidas de presión del agua. Es recomendable que sea subterráneo con una caja protectora prefabricada (*los codos del “cuadro” típico no son muy recomendables por las pérdidas de carga que generan*). Antes se hacía un “cuadro” para la entrada de la tubería a un domicilio, por facilidad de lectura y montaje del medidor; pero ahora es posible tener sensores, con lo que el medidor no necesita visitarse realmente (*sólo de vez en cuando*). Además en el mercado existen cajas protectoras prefabricadas de plástico de buena calidad y precio.
- En el caso de edificios de varios departamentos, donde deba instalarse un medidor a cada inquilino, es importante tener criterios apropiados y estándar sobre como debe hacerse la instalación.

4.4.5 La norma oficial mexicana de medidores y las normas ISO

Existen diversas normas relacionadas a la medición y a los medidores. Algunas de ellas dependen del Estado, municipio o ciudades específicas donde se trabaje, y algunas otras son de carácter nacional, o hasta internacional.

Tal vez la más importante, tratándose de adquisición y prueba a los medidores es la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCFI-1994 (FEP: 1997-10-29 cancela a la NOM-012-SCFI-1993 y NOM-012-SCFI-1004) sobre “medición de flujo de agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos - medidores para agua potable fría” -. Una copia de la norma puede obtenerse en este sitio Internet:

http://www.imta.mx/otros/uso_eficiente/decretos/012-scfi.doc

El equivalente internacional para la anterior norma es la de la ISO (*International Standards Organisation*), con número **ISO-4064**.

Aunque no habla de medición, otra norma muy importante, que guarda algo de relación, es la NOM-002-CNA-1995 “Norma para tomas domiciliarias para abastecimiento de agua potable - Especificaciones y métodos de prueba”. Ver sitio Internet:

<http://www.cna.gob.mx/SGT/GIBNT/002-cna.html>

Existen, o son factibles y necesarios, varios otros tipos de normas o criterios relativos a cómo deben adquirirse e instalarse los medidores, o para la frecuencia de su verificación y reemplazo, y desde luego cómo deben ser leídos y las características necesarias del personal responsable y los proveedores de productos. En México desafortunadamente nos encontramos en este proceso de formalizar al respecto.

4.4.6 Pruebas de precisión y resistencia a los medidores

La precisión es una indicación del probable error. Mientras más preciso es un aparato sus mediciones son más confiables o cercanas a la realidad.

A continuación se describirá como son algunas especificaciones para verificar la precisión o exactitud que deben cumplir los medidores. Podremos observar cómo, para un mismo medidor, la exactitud cambia dependiendo de la relación entre el flujo que circula y el “gasto nominal” del medidor.

4.4.6.1 Pruebas de la precisión para los medidores

Todos los medidores de flujo tienen piezas móviles, estas se desgastan, alteran, las incrustaciones arruinan el medidor, y es necesario hacer pruebas o reemplazos periódicos para asegurar su exactitud y funcionamiento apropiados.

En el siguiente conjunto de fotografías (**Figura 30.0**), se muestran instalaciones típicas utilizadas por el IMTA, en macromedidores para verificar el funcionamiento correcto de los equipos.

Figura 30.0. Verificación de medidores



a) Laboratorio para realizar pruebas a micromedidores



b) Equipo de laboratorio que se ocupa para realizar la verificación de micromedidores.



c) Vista general de un micromedidor

Los nuevos y recientemente adquiridos medidores, se prueban generalmente aleatoriamente en el laboratorio o en un banco de pruebas, contra el estándar aceptado (por ejemplo ISO 4064-1).

Una vez que esté instalado, con algunos años, o cuando un cliente se queja por cargas excesivas, o hay un informe de inconformidades, el aparato se puede desmontar y llevar el laboratorio para probar su funcionamiento y ser reparado; aunque es preferible realizar pruebas en el terreno (in situ, sin desmontar el medidor de la casa) con un kit portable de la prueba del medidor. Hay los equipos comerciales que proporcionan todo lo necesario para probar correctamente a los medidores de agua domésticos.

Los medidores del agua, como la mayoría de dispositivos, se calibran, incluso cuando es nuevo, y es probable que no sea siempre exacto y confiable. La mayoría de los medidores, no operan bien con flujos muy bajos, y con flujos excesivos, también tienen errores.

Tienen un rango de trabajo apropiado, donde está alta la precisión, y fuera de él, los errores aumentan exponencialmente.

Los medidores de "clase D" solucionan el problema de submedición, presentado por otros tipos de medidores, cuando son utilizados en casas con bajo flujo o tandeo, por ejemplo, estas viviendas tienen en general un tanque de almacenaje, válvula de bola, o flotador en la entrada.

Estos medidores pueden ser 10% más costosos que la "clase C". Los medidores "clase C" no son exactos para los flujos debajo de 25 litros /hora.

En la sección anterior se vio que existen imprecisiones en los medidores debidas a que el agua circule en regímenes muy diferentes a lo supuesto, según las características del cliente. Igualmente la edad, las incrustaciones, oxidación, etc. influyen en la merma de exactitud, por lo cual hay que calibrar o reemplazar los medidores oportunamente

Influencia del aire

Cuando el servicio es "tandeado", con interrupciones frecuentes, que equivale a llenar las tubería de la red de distribución con aire en lugar de agua, y éste aire ingresa a la toma del usuario y de allí al medidor; por ello, una bien fundada preocupación de los abonados que se les está cobrando el aire que se desaloja cuando se llenan nuevamente las tuberías.

Esta práctica del tandeo es poco recomendable por diversas razones (*principalmente por razones de seguridad y salud pública*), pero desde el punto de vista medición y lecturas es indeseable, pues genera mediciones falsas.

Puede ser que se esté midiendo entre el 20 y 30 % más del volumen real que se entrega al usuario. En esta situación las válvulas expulsoras de aire, instaladas un poco antes de cada micromedidor, pueden ser un remedio (aunque no la mejor, que sería evitar las interrupciones del servicio, y que las tuberías siempre estén a presión)

Las imprecisiones por sensibilidad, regulación e inclinación, generan pérdidas en función de la sensibilidad se sitúan en una banda entre el 8 al 12% , por ejemplo para medidores magnéticos de 19 mm y caudal nominal de 1.5 m³/h, cuando el contador opera en viviendas que tenga reserva (*aljibe, depósito, cisterna, tinaco*) individual con bajo consumo medio mensual en torno de 10 a 15 m³, y una presión de abastecimiento en orden de 30 m.c.a.

El hecho de que la vivienda tenga depósito individual acarrea que el caudal medio de trabajo del contador sea de 40 litros por hora, o sea, que trabaja en la faja inferior de medición donde los errores pueden y son mayores; siendo estos función de la sensibilidad del medidor. Así, siendo la pérdida por sensibilidad también función del consumo, puesto que cuanto menor consumo, menores serán los caudales y mayores las pérdidas.

Si el edificio no tiene reserva de agua, el medidor trabaja con caudal medio próximo de 500 litros por hora, hasta un máximo de 800 l/h, situándose en la faja superior de las mediciones, donde la variable sensibilidad no afecta la medición del agua y si hubiera pérdidas, se deben a la regulación del aparato.

"Es frecuente el abrigo muy bajo, que dificulta o impide la lectura, exigiendo que el aparato sea puesto de forma inclinada. El contador pasa a trabajar en condiciones inadecuadas, haciendo que la turbina sufra desgastes laterales, por la inclinación en que se encuentra, provocando pérdidas de cargas y afectando en mucho a la sensibilidad" (Linus, 1992).

4.4.7 Verificación, mantenimiento y reemplazo de aparatos

¿Los “aparatos” a cuidar o reparar sólo son los micromedidores?

Puede haber muchos tipos de equipos a cargo de las áreas de lecturas o de medidores, que requieren inspección, mantenimiento, calibración y renovación cada determinado tiempo.

Además de las muchas marcas y modelos de aparatos medidores (contadores volumétricos) que pueden existir, hay varios otros equipos en uso rutinario que igualmente se desgastan o descomponen.

Entre ellos están: pilas eléctricas, pistolas lectoras, transmisores magnéticos, cables, data-loggers, graficadores (plumas, tintas), conexiones telefónicas, manómetros, etc.

¿Por qué se descomponen, o hay que dar servicio a los micromedidores?

Hay infinidad de causas y efectos del deterioro o del daño a los equipos, algunas son:

- desajustes por desgaste o falla de alguna pieza.
- envejecimiento natural, término de la vida útil.
- Carátula, borrosa, vidrio roto, desarticulada.

- mala calidad de los aparatos instalados originalmente.
- entra agua a cámaras o mecanismos que deberían ser herméticos.
- arena, basura u objeto que se introdujo al aparato.
- cedazo taponado.
- caja protectora de piso difícil de abrir (*atorada, zafada, enterrada*) o rota, medidor cubierto de tierra.
- desgaste por velocidades muy fuertes del agua en el interior o arena en el agua.
- golpes de ariete, expansiones de aire, cavitación, etc.
- vandalismo, daños intencionales.
- envejecimiento de algunas partes que pueden renovarse sin cambiar todo el aparato.
- corrosión o incrustación por la misma calidad del agua.
- intemperismo y cambios climáticos bruscos.
- efectos externos (*electricidad estática, magnetismo inducido*), que aceleren corrosión, o daños a componentes magnéticos o electrónicos.
- golpes, mala instalación, desgaste por mala posición.
- tecnología anticuada que conviene mejorar.
- lograr afinidad o compatibilidad con refacciones o tecnología disponible actualmente.

¿Cuál sería la logística de interacciones y procedimientos de trabajo?

El siguiente cuadro, muestra con mayor detalle las actividades e interacciones relacionadas a la inspección, prueba, mantenimiento o reemplazo a medidores.

Tabla 15.0 Actividades de inspección, prueba, mantenimiento o remplazo de medidores

Acción o proceso	Área de trabajo o de responsabilidad						
	Usuario	Lectorista	Supervisor o jefe de Depto. Lecturas	Unidad móvil de verificación y/o plomero especializado	Taller de medidores	Almacén de medidores o refacciones	Informática y/o Relaciones públicas
A) Caso de reparaciones producto de inspección directa							
a1) Durante visita y lectura, hace anotaciones sobre estado del medidor (<i>buen estado, atascado, roto, goteando, mal instalado, etc.</i>)		X					
ax) Muestreos aleatorios o programados de desempeño de medidores, y elaboración de reportes			X	X			X
a2) En oficina se capturan y analizan reportes de estado de medidores, y se hace lista de los que presentan problemas							X
a3) Se hace listado de medidores que hay que verificar o darles mantenimiento correctivo			X				X
a4) Se genera ruta para plomero especializado o unidad móvil de verificación			X				X
a5) Unidad móvil hace recorrido y visitas, y limpia y verifica. Quita medidores que están en mal estado y hace certificado para usuario.	X			X			
a6) Entrega medidores para ajuste o verificación en taller.				X	X		
a7) Repara, calibra, prueba medidores en taller					X	X	
a8) Reinstala medidores y notifica	X	X	X	X			X

Tabla 15.0 Actividades de inspección, prueba, mantenimiento o remplazo de medidores

Acción o proceso	Área de trabajo o de responsabilidad						
	Usuario	Lectorista	Supervisor o jefe de Depto. Lecturas	Unidad móvil de verificación y/o plomero especializado	Taller de medidores	Almacén de medidores o refacciones	Informática y/o Relaciones públicas
B) Caso de reemplazos programados							
b1) Programa de reemplazo programado (<i>antes de vencerse vida útil, o por mejora tecnológica</i>).			X				X
b2) Selección de medidor apropiado a perfil del usuario.			X				X
b3) Calendario de trabajo semanal, control de avances.			X				X
b4) Adquisición, prueba de laboratorio (<i>normas</i>), y entrega de medidores.			X		X	X	X
b5) Desmontaje de medidor viejo, instalación y verificación en campo de medidores nuevos.	X			X			
b6) Supervisión y muestreo de instalación.		X	X	X			
b7) Alta en el sistema y notificación.	X						X
b8) Rediseño de rutas de lectura.			X				
C) Caso de verificación o mantenimiento por queja o cambio de uso							
c1) Se recibe queja de usuario, o solicitud de modificación a toma domiciliaria.	X						X
c2) Se programa visita, se expiden órdenes de servicio, se preparan refacciones que pudieran requerirse.			X	X		X	
c-3) Realiza inspección en campo, o visita de confirmación		X	X	X			
similar a a5), a6), a7) ya8)	X	X	X	X	X	X	X

¿Qué es lo principal que hay que hacer en una inspección de campo?

La secuencia de pasos en inspecciones visuales son:

- a) Confirmar que el domicilio e identificación del medidor coincidan con la orden de trabajo que se recibió (*o con el listado de la ruta de lectura a atender ese día, o con reporte y solicitud que hizo el mismo usuario*).
- b) Ver que se mueva la aguja del medidor cuando hay flujo de agua (*que gire el indicador*).
- c) Revisar el estado general del aparato, ver que no tenga golpes, goteos, los sellos no hayan sido violados, no haya señales de que fue desinstalado, etc.
- d) Si es un equipo con transmisión magnética, o sólo se tiene acceso al receptor de señales (*caja terminal*) para pistola lectora, revisar que haya señal correcta, que no se vean signos de daños; que estén en buen estado los cables, contactos, tapa de protección, etc.
- e) En caso de observar o sospechar de algún problema, o cambio respecto a lo que debería ser, llenar el formato correspondiente. (*llenar reporte o bitácora, anotando todas las observaciones, datos del medidor, del domicilio, que luego debería entregarse al supervisor para que a su vez lo integre a las bases de datos y ordenes de reparación o visita que se programen próximamente*).
- f) Observar con atención la carátula del medidor (*o insertar despacio el dispositivo lector automático*), y cuidadosamente anotar las cifras de volumen acumulado en el formato correspondiente.
- g) Nuevamente verificar que lo recién anotado (*o lo que registró el lector automático*), coincida con que dice el medidor. Solo puede haber una ligera variación en caso de haber fuertes consumos en ese instante; sería muy extraño que en esos pocos segundos hubiesen variaciones mayores a 5 litros. Cuando exista duda anotar el nuevo dato, y volver a verificar después.
- h) Si hubo alguna dificultad para tomar la lectura, o se requiere entregar algún aviso (*boleta de cobro o similar*) al inquilino del lugar. Llamarlo a la puerta y entregar lo que proceda. Si no hay quien reciba se puede dejar en el buzón (*si no hay instrucciones en otro sentido*).
- i) Integra informe resumido junto con otras inspecciones de la ruta (*sumar cuantos medidores no se pudieron leer, subtotales por cada tipo de problema, etc.*).
- j) Entregar el reporte resumen y los datos de detalles y lecturas, al supervisor asignado; en el lugar, fecha y hora convenidos.
- k) Recoger confirmación o firma del supervisor, relativa al material (*listados de lecturas*) recién entregado.

¿Si procede dar servicio al medidor, que hay que hacer?

La rutina de trabajo, para desmontar o reparar un aparato no es propiamente para un “Lectorista”, sino quizá para el supervisor o para algún especialista en: plomería, en pruebas de verificación hidráulica, en electrónica, en telefonía, etc. (*desde luego frecuentemente un*

mismo Lecturista puede tener habilidades y conocimientos de esas otras especialidades y puede “jugar dos o más posiciones”, en diferentes días).

Cualquiera de estos trabajos debe haber sido programado anticipadamente por el área de “sistemas”, y tener el visto bueno del jefe del departamento o del supervisor. Sin embargo, el plazo máximo para atender cualquier queja o solicitud de un cliente nunca debe ser mayor a tres días hábiles, contados desde el primer instante que se recibió la solicitud y hasta que se concluye el trabajo domiciliario. Solamente cuando es una motivación y solicitud interna (*por ejemplo reporte de inspección de un lectorista*), el plazo puede ser mayor.

Aun en trabajos relativamente simples debe siempre llevarse la herramienta y equipo apropiado (*pinzas, llaves, tuercas, uniforme, credencial, guantes y otros implementos de seguridad y de trabajo*), refacciones de buena calidad, y la orden específica. Además deberá siempre avisarse al usuario para tener su permiso de hacer el trabajo.

Cuando se desmonte algún medidor para su traslado al taller o al laboratorio, deberá dejarse un comprobante al interesado, y generar un formato donde se den los detalles del medidor y su domicilio, el motivo original de la visita trabajo, el resultado de la inspección, y qué se recomienda hacer con el equipo desinstalado (*algo similar se hará para el reemplazo o renovación de medidores*).

¿Cómo es, y para qué sirve un banco de pruebas de medidores?

Un banco de pruebas es una mesa, usualmente metálica, con instalaciones adosadas de tuberías, recipientes y motobomba, que en su conjunto pueden ocupar una superficie de aproximadamente 12 m², aunque el área de trabajo para operarlo debe ser mayor, quizá de unos 50 m².

Es un elemento muy útil y necesario para efectuar diferentes pruebas a los medidores. Esencialmente para verificar si para sus rangos de trabajo recomendables, de flujo y presión, el volumen de agua que registra la carátula del medidor que se está probando, coincide con el volumen que, con toda precisión, se sabe que se hizo circular en la mesa de pruebas.

Un banco de pruebas sirve para asegurar si un contador de volúmenes de líquido cumple o no con las normas establecidas. La ventaja del banco es que, en condiciones de trabajo totalmente controladas, y cómodas para el operador, pueden efectuarse tantas pruebas y verificaciones como sean necesarias. Otras ventajas son que simultáneamente se pueden estar probando y llevando registros independientes para varios medidores (*hasta 4 o 6 de ellos*), y que se adapta fácilmente a diferentes diámetros, modelos y materiales de medidores. Incluso se pueden estar probando diferentes modelos simultáneamente. Su operación es relativamente simple con algo de capacitación, sin embargo lo importante es el cuidado, la constancia y el apego a reglas establecidas para efectuar cada prueba.

Es recomendable que exista el menos un banco en cada empresa de aguas que sirva a más de 5,000 contratos de servicio.

El banco también sirve para verificar la calidad de lotes de medidores nuevos. Opcionalmente habrá que contratar los servicios de alguna empresa certificadora privada. Asimismo conviene apoyarse en los catálogos de proveedores confiables o certificados, que publican algunas instituciones. **(Ver Figura 31.0)**

Figura 31.0. Banco de verificación



a) Tren de piezas especiales en donde se lleva a cabo la verificación de micromedidores



b) Instrumentación que se ocupa para recabar datos de micromedidores ensayados.

4.4.8 El taller y el almacén de micromedidores

Por conveniencia y eficiencia es importante que toda empresa de aguas donde haya instalados más de 5,000 medidores, o donde próximamente habrá programas masivos de instalación o reemplazo de ellos, cuente con espacios físicos, instalaciones y personal exclusivo para el almacenaje, control, verificación y reparación de medidores. Hay dos importantes espacios físicos que conviene que sean independientes, pues cumplen funciones diferentes: el taller (o laboratorio) y el almacén.

El taller o laboratorio de medidores, es el lugar a donde se remiten los lotes de medidores recién adquiridos para sus pruebas de calidad. Tales exámenes, dependiendo de la confiabilidad (calificación de certificación) del proveedor, pueden hacerse para cada aparato, o solamente para algunas muestras aleatorias.

Otra función del taller es guardar temporalmente los medidores retirados de algún domicilio, para su reparación o diagnóstico de desempeño. El taller debe disponer de algunas piezas de refacción nuevas (ya liberadas por el almacén), o incluso puede aprovechar partes de medidores viejos para reparar algunos otros. En cambio la mayoría de las refacciones nuevas o medidores nuevos deberán estar bajo el control del almacenista general.

El almacén. Normalmente no hay necesidad de un almacén exclusivo para los medidores, sino que el control puede hacerlo el almacén general de la empresa.

Es muy importante que haya una buena planificación sobre la cantidad y diversidad de medidores y refacciones que deben mantenerse como reserva en almacén. Por un lado para no tener “dinero estancado”, ocupando espacio, y requiriendo vigilancia y limpieza, y con riesgo de volverse equipos anticuados u obsoletos antes de haberse siquiera ocupado. Por el otro lado, tener con rapidez suficiente material de trabajo para cualquier ampliación, nuevos contratos, etc. Decidir el “stock” mínimo apropiado de contadores volumétricos y refacciones es una tarea importante, en la que debe participar el jefe del departamento de lecturas.

4.5 SECTORIZACIÓN, RUTAS DE LECTURA Y EFICIENCIAS

4.5.1 Factores que influyen en la estructuración de rutas de lectura

En las ciudades o colonias donde el agua se cobra por volumen consumido, la lectura de los aparatos medidores es un trabajo vital previo al proceso de facturación; por tanto las empresas de agua deben poner especial atención en instrumentar sus programas de lecturas y en mantener permanentemente actualizados los recorridos convenientes, así como en aportar capacitación constante al personal que desarrolla este trabajo.

La finalidad de establecer rutas fijas de lectura de medidores es asegurar que todos los aparatos (*acumuladores, contadores, totalizadores, o nombre equivalente*) se midan con seguridad y agilidad, y con frecuencias preestablecidas. En todo momento se debe garantizar cargas de trabajo equitativas (*iguales*) entre el personal; y ofrecer al usuario lecturas correctas y cobros justos e imparciales por los servicios prestados.

El diseño y revisión adecuados de las rutas de lectura es una labor importante que demanda **conocimientos** y **responsabilidad**. Se debe complementar con una apropiada asignación de claves de identificación y localización de clientes, y satisfactorios mecanismos administrativos internos de apoyo y control.

La definición de rutas y la eficiencia de las lecturas están estrechamente ligadas a la modalidad administrativa que exista. Por ello es necesario estar periódicamente revisando resultados y evaluando el propio desempeño (*auto-evaluación*), respecto de estándares y metas.

Entre los principales factores que influyen para definir las rutas por recorrer están: el nivel tecnológico y aparatos de apoyo a la lectura; las características físicas del terreno, la cercanía a las oficinas centrales, vías de acceso y medios de transporte para el trabajador Lecturista, la densidad de servicios, los factores o cambios climáticos, la ubicación del medidor dentro de las propiedades, y las preferencias de rutinas de recorrido para los lecturistas.

A continuación veremos estos factores con mayor detalle.

Aparatos de lectura y captura, y sistema administrativo... ¿Ayuda el tener listados pre-impresos, o “calculadoras” pre-programadas?

Seguramente existe gran variabilidad y heterogeneidad de situaciones tecnológicas en empresas de agua nacionales. Posiblemente la mayoría aun cuenta con procesos tradicionales, pero que pueden mejorarse substancialmente con solo hacer mejores listados de computadora (depende de tener mejor el catastro de usuarios) y enlaces con GIS, aun cuando pueden ser relativamente simples.

- La captura de señales vía radio no requiere de dar dos pasadas por cada calle.
- La captura con pistola lectora (*“touch pad”*) ahorra mucho tiempo, y se abarcan más casas en cada ruta, aunque requiere pasar por ambos lados de la acera.
- Aun para lecturas y anotaciones directas, se gana tiempo y se da seguridad al dato si se llevan listados de computadora, con los datos de consumos probables (*históricos*) y un pre-llenado de las mayores cifras de lo que seguramente reportará la carátula del medidor.
- Disponer de buenas bases cartográficas y croquis impresos de las rutas a seguir para cada Lecturista, con la lista precisa de domicilios a visitar, también favorece la eficiencia.
- El reporte de lecturas voluntario por el cliente (*“autodeclaración”*), implica mucho mayor holgura para hacer las lecturas (*periodicidad más espaciada*) y se acude únicamente a verificar la veracidad de algunas cifras.

Zonificación... ¿Cómo influye la facilidad de acceso a la colonia por leer en el desempeño del trabajador?

La “zonificación” de un sector de la ciudad sirve para representar a la combinación de factores característicos o predominantes ahí, tales como: actividad socioeconómica, tipo de construcciones, particularidades de vialidad, etc. Algunas estadísticas para el método de lectura y anotación tradicional (manual antiguo, “a pie”) indican que:

- Para zonas compactas sin dificultades para el recorrido se pueden efectuar unas 300 lecturas de medidores en el exterior, o 200 lecturas en el interior.
- Para zonas de baja densidad y/o de difícil acceso se hacen 150 lecturas en el exterior; o entre 75 a 100 lecturas en el interior.

Densidad de servicios... ¿Es mejor que estén juntos o muy distantes los medidores?

Por “densidad” se entiende la cantidad de medidores que hay por unidad de superficie (hectárea o similar), o por kilómetro de recorrido dentro de la ruta de lectura.

- Usualmente en las zonas del centro de la población existe mayor cantidad de edificios y casas de apartamentos respecto de la periferia.
- Donde hay más densidad de oficinas y de viviendas o departamentos suele existir también mayor cantidad de tomas de agua, y por tanto, de medidores.
- En las zonas periféricas, así como en las colonias residenciales de clase rica, los predios se encuentran más espaciados y por lo mismo el recorrido se lleva más tiempo, dado que normalmente cada predio tiene un sólo medidor.

Clima... ¿Afecta en las lecturas el que haga calor, lluvia, viento?

Cuando no se empleen equipos modernos de lectura (vía radio o similares), al programar las rutinas de lectura deberá considerarse la probabilidad de días de lluvia, intenso calor, etc., donde el rendimiento baje o no se pueda laborar; de manera de dejar días de **holgura** donde posteriormente puedan recuperarse los medidores omitidos, o bien prever los mecanismos para emitir boletas con consumos promedio históricos, y las aclaraciones pertinentes a los clientes. Es importante considerar las condiciones climatológicas que imperan en las poblaciones, y la evolución de los aparatos de apoyo disponibles, ya que esto influye en el rendimiento de los lecturistas al efectuar su recorrido. Considerar eso acertadamente permitirá al jefe de oficina diseñar adecuadamente las rutas de lectura de medidores, y hacer una acertada programación de actividades.

Topografía y traza urbana... ¿Influye el ancho de calles y la geometría de las manzanas?

La topografía del área (desniveles, cruce de ríos) y la traza urbana de la población (forma y tamaño de manzanas), constituyen otros factores a considerar al estructurar las rutas de lectura. Conociendo las zonas de fácil y difícil acceso y otras condiciones del terreno se podrán integrar bases de datos realistas, que posteriormente sirvan para alimentar a los modelos o “software” de apoyo para encontrar la mejor programación de rutas de lectura.

Localización de los medidores dentro o fuera del predio... ¿Si el medidor está dentro del predio y no hay nadie, regresamos otro día?

Otra situación que influye en el rendimiento de la toma de lecturas es la localización de los medidores. Una ruta se recorre con mayor rapidez si los medidores (*de modelo antiguo*) se encuentran fuera de los predios, resguardados y protegidos con cajas especiales que agilicen leer el consumo.

El mismo efecto, o mejor aún, es cuando el medidor está en el interior pero cuenta con cables que transmiten la señal magnética hasta el exterior del predio y se captan, sin error, mediante una “pistola lectora” o por un receptor de ondas tipo radio. Por su confiabilidad y economía desde hace unos años estas prácticas de lectura digital se emplean cada vez más en las empresas de agua. (**Ver Figura 32.0**).

Figura 32.0. Lectura digital



Por el contrario, si los medidores se localizan dentro de los predios y son de modelos antiguos, la lectura se llevará más tiempo.

En cualquiera de los múltiples casos y combinaciones posibles (*de ubicación de medidor y de tipo de dispositivos auxiliar para la lectura*) es importante que las **bases de datos** y la **planimetría** con el **catastro de usuarios**, en que se apoye el departamento de lecturas, contengan la mayor información posible, que permita precisar: la ubicación exacta del medidor, su modelo, número de serie, forma en que debe realizarse la lectura, e incluso el tiempo probable para leer el aparato específico y registrar su lectura.

4.5.2. Procedimientos para diseñar rutas de lectura de medidores

Existen varios criterios y procedimientos para establecer las rutas de captura de volúmenes registrados por cada medidor domiciliario; que el Lecturista deberá recorrer rutinariamente cada mes, cada dos meses, o cada periodo preestablecido. Tal información permitirá luego emitir las correspondientes boletas de cobro por el servicio volumétrico de agua. El criterio depende, entre otras cosas, de la manera y equipo con que se hará el recorrido (caminando, o con vehículo receptor de señales de radio). El objetivo será siempre efectuar el recorrido más corto, o más rápido, o menos costoso; evitando lo posible cruces viales peligrosos y respetando las reglas de circulación de la ciudad.

El jefe de lecturistas, de preferencia apoyado por personal de los departamentos de: informática, planimetría (GIS) y planeación, debe elegir cuidadosamente el criterio más apropiado a las características de la traza urbana y de su equipo de lectura.

Es importante que al recorrer la ruta puedan leerse y capturarse los datos de todos los medidores incluidos en la ruta.

Cada ruta debe abarcar una cantidad similar de medidores, equivalente al estándar de aparatos que puede visitar cada Lecturista, con un apropiado nivel de eficiencia en un día normal de trabajo. Aquí es donde los aparatos auxiliares (“periféricos”) tienen gran influencia.

Por ejemplo un recorrido a pie, con lectura visual y registro manual, puede capturar máximo de 250 a 300 contadores; mientras que una camioneta con un módulo de radio recepción tiene un rendimiento de 24,000 capturas diarias (8 horas de trabajo).

El diseño de las rutas debe hacerse sobre planos de la ciudad, y si es posible aplicar algún modelo o software de optimización, especialmente en caso de manzanas o calles de geometría desigual o heterogénea.

Posteriormente hay que codificar y capturar la información de cada ruta establecida, para luego poder imprimir listados de catastro de usuarios e inventario de medidores, que guíen al Lecturista en su recorrido.

SECUENCIA PARA DISEÑAR LAS RUTAS DE LECTURA

a) Sectorización en planos

Lo primero es contar con una buena base planimétrica (*conjunto de planos que cubran toda la ciudad, a una escala apropiada*). Los planos deben señalar la delimitación de calles, manzanas y lotes en la ciudad (*planos catastrales*); y, de preferencia, tener enlaces o referencias al padrón de usuarios y al inventario de medidores instalados (*un GIS que relaciones imágenes con las bases de datos de clientes y medidores*).

Cuando no existe algún sistema predefinido para sectorizar la ciudad, en los planos puede decidirse el criterio, considerando: calles principales, vías de ferrocarril, ríos, desniveles topográficos, u otras situaciones que no cambien. Se debe buscar tener zonas relativamente pequeñas, y describirlas mediante algún código apropiado. Complementando ese código con claves y números progresivos, se podrán identificar cada lote y manzana perteneciente a determinado sector de la ciudad.

b) Identificar tomas con medidor en los planos

Cuando se dispone de un buen GIS (*interacción, mediante coordenadas cartesianas, entre una representación gráfica, y bases de datos*), la identificación de conexiones domiciliarias con totalizador volumétrico se logra con alguna simple petición a la computadora para que señale cuales lotes cuentan con ese aparato. Si no hay un GIS apropiado, habrá que hacer la representación de forma manual, paso a paso. Si fuese conveniente se puede desglosar esa misma información, para diferenciar donde hay lotes baldíos, comercios, o industrias; o diferentes rangos de diámetros de conexión, marcas, modelos o edades de medidores, etc.

c) Sumar cantidades de medidores en cada sector

La misma computadora puede obtener los totales de medidores que hay en cada sector establecido. En caso de no contar con algún “software” apropiado, habrá que contarlos manualmente. El propósito es saber cuántos medidores quedaron asignados a cada sector, como insumo a lo que sigue, que es proponer la cantidad de rutas necesarias para cubrir cada sector.

d) Propuesta y selección de rutas diarias

La ruta de lectura es el recorrido que debe efectuar un Lecturista de medidores en un día normal de trabajo. Se determina tomando en cuenta los rendimientos probables considerando los factores que influyen

El total de medidores a visitar cada día debe acotarse a una cifra razonable, producto de experiencias previas en la misma localidad. Si no se disponen de datos propios pueden tomarse, como preliminares, los siguientes (*caminando y lectura y anotación manual*): mínimo 100, normal 200, y máximo 250 a 300 lecturas diarias.

e) Dibujo del recorrido en planos, y captura de rutas

Cuando se demuestre que cada ruta elegida resulta sencilla, rápida y de bajo esfuerzo; se pasa en limpio en algún plano donde se traza la secuencia de recorrido (*mediante líneas continuas y flechitas para indicar el sentido del trayecto*). Deberán existir tantos planos o diagramas como rutas sean necesarias para cubrir toda la ciudad.

También debe existir algún sistema para indicarle a la base de datos a que ruta individual queda asignado cada uno de los contratos (*claves de interrelación con la base de datos del padrón de clientes, y otros archivos magnéticos*).

A continuación se describen tres procedimientos de diseño de rutas, para el caso de que se hagan los recorridos a pie (*caminando*).

Procedimiento de ruta de lectura alrededor de la manzana: Consiste en hacer el recorrido siguiendo el perímetro completo de una manzana, para luego pasar a otra, y así sucesivamente hasta concluir la ruta; no se aconseja por los tiempos perdidos en desplazamientos, ya que cuando mucho comprende hasta cuatro manzanas por grupo.

Procedimiento de ruta de lectura a lo largo de la calle: Consiste en recorrer una misma calle de ida y vuelta, saliendo de un lugar y regresando al punto de partida. El uso de este criterio depende de la traza urbana de la ciudad.

Se recomienda en ciudades con muchas calles y avenidas largas, cuyo terreno sea plano y facilite su recorrido.

Procedimiento de ruta de lectura por serie de manzanas: Este procedimiento de lectura es más sencillo para el Lectorista y facilita la codificación. Consiste en recorrer algunas cuadras en línea recta, para luego tender a regresar siguiendo el perímetro de las manzanas; y posteriormente hacer algo similar por otra calle paralela a la primera; Se procede así sucesivamente hasta volver al punto de partida, después de haber recorrido varias calles.

Este es un procedimiento recomendable ya que produce pocos tiempos perdidos, dado el mínimo de cruces de calles durante el recorrido.

4.5.3 Software y técnicas modernas para diseñar rutas de lectura

En toda ciudad, y para toda empresa de aguas, continuamente hay nuevas construcciones, demoliciones, cambios de propietarios o de giro comercial, cancelaciones de contratos, etc. Por su parte dentro de la empresa de agua también ocurren renovaciones o cambios de los contadores volumétricos de agua, o adquisición de vehículos, motocicletas, etc. de nuevas características. Si a pesar de tantos cambios que ocurren no se quiere, o no se puede, tener un apropiado sistema computarizado (*GIS, bases de datos, etc.*), no hay remedio más que llevar un control “manual” de todo ello; así que el diseño y ajuste de rutas de lectura, evidentemente será una tarea, además de absorbente y complicada, muy propensa a errores e ineficiencias.

Un servicio público tan vital y donde se manejan importantes sumas de dinero, no debe depender de la memoria, la buena intención o los conocimientos de una sola persona o de un pequeño grupo; ya que el día que no esté, no se sabrán los criterios, consideraciones y evaluaciones que hizo para asignar las rutas de determinada manera. Es indispensable contar con respaldos electrónicos confiables y memorias o informes descriptivos apropiados; y, desde luego, con el trazo de las rutas tanto en planos físicos como en planimetría electrónica.

Si de momento algún organismo operador no cuenta con tecnología y medios electrónicos, para llevar su catastro de consumidores debe saber que vive una etapa de transición temporal; y deberá apresurarse para llegar a procesos modernos, que son claramente más eficientes y económicos.

Cuando ya se dispone de mapas digitalizados (*planimetría y bases de datos*), y algún buen paquete de GIS (*software del sistema de información geográfica*), será útil aprovechar ello en el diseño, registro y actualización de las rutas de lectura de medidores.

Existen en el mercado algunos paquetes especializados que permiten aprovechar las bases de datos y GIS disponibles, para proponer y “optimizar” las rutas de lectura rutinarias, o incluso rutas de recorrido especiales, como para el caso de visitas para cambiar medidores, hacer cortes a usuarios morosos, aclaraciones, supervisiones, etc.

Por “optimizar” se quiere decir: lograr que las rutas puedan recorrerse en el menor tiempo posible, dentro de razonables estándares de seguridad, confiabilidad y economía. Evidentemente se busca visitar todos y cada uno de los usuarios sin tener que volver a pasar por alguna calle luego que ya se recorrió alguna vez.

Eso a veces es imposible, pero muchas otras si se logra, especialmente si se emplean conocimientos y algoritmos científicos de “investigación de operaciones” y de “teoría de gráficas”.

4.5.4 Bases de datos y claves de control

Bases de datos

Ya en varias secciones previas en este curso se mencionó la necesidad e importancia de disponer de bases de datos: bien organizadas, completas, actualizadas y pertinentes a las necesidades de las empresas de agua y además acordes a sus planes de mejora y evolución.

Esta sección busca reforzar algunas ideas y ejemplificar:

- Las diferentes bases de datos que tienen relación con el departamento de lecturas.
- Los “campos” o atributos distintivos más importantes que debe contener cada base de datos, para identificar a un “registro” determinado.

- Cómo interactúan las bases de datos al ser empleadas en las diversas aplicaciones y manejos que pueden hacerse de ellas.
- Quiénes deben consultar y manejar los datos y quiénes son los responsables de su captura y actualización.
- Necesidad de validar (corroborar) los datos, y cómo se realizan las pruebas.
- Redundancias para enlazar diferentes archivos o secciones de una base de datos, al igual que para revisar congruencia de la información.
- Que son las claves de control, como se forman y hasta qué grado son importantes, o son prescindibles.

A continuación se presentan seis tablas que ilustran algunas bases de datos necesarias, y sirven de apoyo al ejercicio anterior: Puede verse que son formatos relativamente simples y elementales; se presentan únicamente para ilustrar cómo sería una base de datos real de un servicio de agua. Una verdadera base de datos seguramente contendrá más “campos” y será más rica y extensa.

Los 6 tipos de tablas mostradas (secciones u “hojas de cálculo” en un mismo archivo Excel) sirven cada una respectivamente para lo siguiente:

1. Identificación de domicilios, y usuarios (padrón de usuarios del agua).
2. Inventario y estado de medidores.
3. Estadísticas de consumos de los usuarios (promedio mensual y extremos).
4. Concentrado de lecturas y consumos de usuarios (y eventuales cobros).
5. Análisis de consumos de un usuario particular.
6. Estado de cobros, aclaraciones, recargos para clientes.

Claves de identificación y control

La clave de localización es uno de los varios elementos de control que facilitan identificar las tomas y medidores que va instalando la empresa de servicios de agua.

Se puede capturar una ruta de lectura de medidores, tan solo listando las claves de los contratos incluidos en ella.

Las claves simplifican y acortan la escritura y las referencias a algún sitio; permiten identificar en mapas, de forma única y sintética, a cada toma instalada; y al enlazar, diferentes bases de datos, esto permiten saber cosas como: la marca del medidor instalado, cuando se instaló o reparó, cual es su estadística de consumos o pagos, etc.

Existen varios criterios para asignar claves, y se pueden tener simultáneamente, coexistiendo, varios sistemas que se complementen entre sí, tales como:

- Coordenadas cartesianas (*latitud, longitud, altitud, y claves de planos congruentes con la base cartográfica que oficialmente emplee la empresa de aguas*),
- Claves catastrales,

- Códigos del contrato,
- Número de serie y modelo del medidor instalado,
- Combinación formada por identificadores del domicilio (*integrada por sector, ruta, manzana, predio, número de calle, y número de departamento*)
- Sector, ruta y número progresivo de lectura,
- Estado de la república, municipio o delegación y localidad.
- Compañía concesionaria (*encargada de la lectura, mantenimiento al medidor, o entrega de boletas*), clave del supervisor, e identificador del domicilio.
- Etcétera

Muy ligado al departamento de lectura de medidores, o como integral de él, debe existir una sección de “sistemas” (*bases de datos, cartografía, GIS*), que a su vez debe tener estrecha relación con el área de contratos (*departamento comercial*), de manera que cuando acudan personas a solicitar un contrato de servicios de agua o alcantarillado, se le asigne a cada usuario una **clave única**, que posteriormente facilite enlazar todos sus caracterizadores y descriptores de información.

Algunas de las funciones del área de sistemas son:

- Contar con todos los planos catastrales que integran la población general y por manzanas.
- Mantener actualizados los planos por cambios o modificaciones que sufran.
- Proveerse de los planos de nuevas colonias y fraccionamientos y coordinarse con el departamento de lecturas para sectorizar y asignar claves de localización.
- Coordinarse permanentemente con el Depto. de lecturas para reestructurar rutas y sectores de aquellas que se hubieran saturado, o bien para seccionar algunas que así lo requieran.
- Asignar la clave de localización a las solicitudes y contratos de nuevos usuarios, ordenados por el Depto. de contratos.

4.5.5 Implantación y ajustes de rutas y programa mensual

Se ha visto, como se diseñan y codifican las rutas de lectura por primera vez. Ahora se darán comentarios sobre cómo instruir a los lecturistas y comprobar, en campo, la conveniencia de cada ruta propuesta; sobre la manera de efectuar ajustes a las rutas que no resulten tan satisfactorias, o donde ocurran nuevos contratos, bajas; así cómo para establecer rutas especiales de supervisión, o revisión de la precisión de algunos micromedidores reportados.

a) Contratación, selección y adiestramiento de lecturistas

El complemento para implantar un servicio medido, es contar con personal adiestrado en leer y transmitir los volúmenes consumidos acumulados en cada contador domiciliario. La empresa debe cuidar esmeradamente la selección, contratación y adiestramiento de este personal.

b) Calendario mensual de lecturas y entrega de instrucciones

El programa de lecturas se formula de acuerdo a la cantidad de rutas propuestas y al personal lectorista disponible. Típicamente la meta es recorrer todas las rutas en un mes, o incluso en periodos más cortos (holguras por mal tiempo, asignación de otras tareas al personal). Si los lectoristas harán adicionalmente la notificación o entrega de avisos, y boletas de cobro, en el programa se debe indicar el periodo de lectura y el periodo de entrega de avisos. Todo **calendario** de asignación de rutas a los lectoristas, y los **paquetes** o “libros” de instrucciones a entregar, deberán contener estos datos:

- El mes a que corresponde el programa de lecturas.
- Nombre del lectorista.
- Número de días laborables en ese mes.
- Descripción de cada una de las rutas asignadas. Acompañada por un croquis de cada ruta y un listado de las principales características de los domicilios incluidos, con espacios apropiados donde se anotarán los datos captados, o anomalías detectadas.

c) Prueba a las rutas propuestas

La prueba de las rutas de lectura se realiza conforme al programa formulado, recorriendo todas las rutas, casa tras casa, para verificar o reclasificar las tomas que la integran. El propósito es que al concluir la prueba las rutas sean definitivas, y únicamente sean susceptibles de adicionarles tomas nuevas contratadas. (Cuando sean pocas las nuevas, porque cuando ya son varias habrá que rediseñar las rutas de algún sector de la ciudad).

d) Ajustes a las rutas probadas

Quienes realizan la prueba de rutas de lectura, al concluir cada ruta diaria, entregan a su jefe o al supervisor encargado, sus observaciones relativas a reclasificaciones, correcciones u omisiones de ese trayecto. El supervisor se encargará de verificar lo procedente de tales sugerencias y de ser aceptables, coordinará con el departamento de sistemas la captura y dibujo de las rutas corregidas. Una vez integradas a la base de datos los nuevos trazos, si se imprimirán los croquis y listados correspondientes.

e) Implantación

- Coordinación con las áreas de contratos, facturas y recaudación

La programación de rutas debe ser congruente con las rutinas y planes de facturación y cobranza. Normalmente deben abarcar lapsos de 30 días. Si las lecturas fuesen más esporádicas (mayores lapsos de los de facturación y recaudación), pudiera convenir facturar a algunos usuarios con base en consumos “estimados”, para evitar boletas con periodos irregulares (días de corte en el mes distintos cada vez), ya que además de que estadísticamente generan mayores fluctuaciones en consumos, descontrolan al usuario por la falta de uniformidad en los días que debe pagar.

➤ Formatos de control

Para el trabajo cotidiano de oficina y campo, al igual que para el trato con el público (*teléfono, calle, cajas recaudadoras*) hay múltiples cuestiones que demandan un control ordenado y sistemático. Muchos aspectos administrativos y la eficiencia general de la empresa dependen del buen flujo de información. El llenado de formatos, tanto antes como después de efectuar las distintas tareas, así como la entrega oportuna de tal información es un “mal necesario”, que a la larga genera bienestar y solidez a la empresa. Para ello es indispensable que todo formato esté bien diseñado, y se revise frecuentemente, para que cumpla el propósito para el que se establece.

Para el departamento de lectors, los formatos pueden abarcar aspectos diversos como:

- *control de asistencias de cada lectorista,*
- *conjunto de rutas asignadas en determinado mes,*
- *horarios de entrega y de recepción de los listados de domicilios en sus ruta (con firmas de recibido),*
- *reportes de inspecciones y estados de los medidores leídos en la ruta (roturas, atascamientos, mala posición, goteos, etc.),*
- *medidores a reemplazar o inspeccionar en campo,*
- *renovaciones y reemplazos de medidores efectuados en el mes,*
- *envío de medidores al taller de reparaciones,*
- *salidas de almacén,*
- *resultados de inspecciones o ajustes en taller de medidores,*
- *rutas especiales para supervisión (obtener de nuevo lecturas dudosas, o muestreos aleatorios a cargo del supervisor),*
- *sospechas de tomas clandestinas o fugas ocultas, fuera o dentro del predio,*
- *control de entrega y recepción de notificaciones especiales a los clientes (firmas de quien entrega y quien recibe),*
- *sugerencias de ajustes a rutas de lecturas,*
- *supervisión de tiempos de recorrido de rutas de lectura,*
- *etcétera.*

➤ Programa definitivo de lecturas, con rotación de lectoristas

El programa definitivo es similar al preparado para la prueba de las rutas de lectura, una vez realizadas las correcciones y ajustes pertinentes. Es recomendable que al asignar rutas cada mes haya rotación de lectoristas. Algunas razones son: ☉ *mayor probabilidad de asignar cargas de trabajo justas y equitativas entre el personal;* ☉ *se evita que haya “arreglos” entre usuarios y algún lectorista deshonesto;* ☉ *dos o mas personas pueden reportar algo que el otro no ha observado;* ☉ *mejor conocimiento del área de trabajo por todos los trabajadores* ☉ *asegurar que el procedimiento se vuelva fundamental para lograr la veracidad de los datos.*

f) Actualización y mejora de rutas saturadas o inoperantes

La frecuente revisión y actualización de las rutas de lectura establecidas es una de las principales tareas del jefe del departamento de lecturas. Aun en rutas que inicialmente funcionaron muy bien, puede necesitarse hacer cambios; que pueden ser motivados por: *reajustes en la vialidad, construcción de más edificios de departamentos y por ende mayor cartera de clientes en la zona; baja o cambio de giro de usuarios; reemplazo de medidores con nueva tecnología; modificaciones en la periodicidad o reglas de facturación; etc.*

4.5.6 Procedimientos administrativos de control

El propósito de esta sección es comentar algunas reglas y criterios que permiten administrar las labores relativas a: ★leer medidores, ★calcular consumos, ★analizar consumos de usuarios específicos, y ★generar boletas de cobro por los consumos.

La sección no cubre todos los aspectos del control administrativo, los cuales pueden ser muy diversos (desempeño en oficina, manejo de recursos materiales, atención a solicitudes del público, confiabilidad de datos recabados, etc.); sin embargo puede complementarse, para tener una visión de los principales controles necesarios en torno a la lectura de medidores.

a) Lectura de medidores, su control

Al decir “**lectura de un medidor**” están implícitas varias cosas, y no meramente “ver e interpretar” las cifras que marca la carátula del contador domiciliario. El dato que marque el medidor debe tomarse y registrarse en el formato con sumo cuidado y claridad, verificándolo cuantas veces sea necesario, a fin de garantizar datos certeros, que aseguren cobros justos por los servicios de abastecimiento, alcantarillado y saneamiento.

Evidentemente lo más importante es que el lectorista anote (*capture*) el dato que proporciona el medidor, junto con todas las observaciones que juzgue necesarias, en los formatos que para tal fin se le proporcionaron. Algunas frecuentes y posibles irregularidades son por ejemplo: *sospecha de mal registro del medidor (por edad, arena, etc.), deterioro de la toma domiciliaria, daños en el medidor, goteos en la instalación, casilla protectora en mal estado o difícil de abrir, posible derivación y toma clandestina, necesidad de reclasificar el servicio, codificación incorrecta del cliente o del medidor, etc.*

Es conveniente disponer de un apropiado formato para el reporte de anomalías encontradas al tomar las lecturas, donde se puedan anotar comentarios y omisiones o fallas observadas. Cuando se trabaja con capturadora digital” (*tipo calculadora, o agenda electrónica*) debe tenerse cuidado y calma al teclear las cifras y posteriormente revisar en la pantalla (“*display*”) que coinciden bien con lo que marca el medidor domiciliario.

Si se trabaja con alguna “agenda” tipo “grabadora de mensajes” (*voz del lectorista*), se deben pronunciar despacio todas las palabras y números, y luego accionar el botón de repetición para verificar que la cifra registrada sea correcta. Cuando se opera sobre listados, en papel, de los domicilios a visitar en la ruta; o bien con boletas o tarjetas específicas por usuario, debe tenerse cuidado y claridad al escribir. Anotar correctamente cada cantidad o comentario, en el renglón o casillero apropiado.

Los números deben ser legibles para cualquier otra persona distinta del que captura, y apuntar todas las observaciones y aclaraciones pertinentes, pensando en que todo será capturado y transcrito después, y posiblemente genere órdenes de trabajo para algún otro empleado.

Para facilitar las anotaciones manuales, cuando se tienen medidores compuestos por manecillas independientes (*varias agujas o diales indicadores*), puede convenir que el programa de la ruta de lecturas se haga en un listado que tenga espacios para capturar independientemente lo que marque cada manecilla. La tabla anexa (**Tabla 16.0**) ejemplifica eso.

Tabla 16.0 Reporte de volúmenes domiciliarios consumidos									
Clave de medidor o toma domiciliaria	Consumo anterior (m ³ / mes)	Lectura final el mes anterior = Inicial este mes	Fecha de nueva lectura	Lecturas desglosadas			Lectura acumulada (m ³)	Consumo nuevo	Cambios en consumo (m ³)
				m ³ Enteros	m ³ Decimal	Litros			
Z2-r4-27a5	42.3	1,279.2	12-May-00	1,325	4	83			
Z2-r4-27a9	29.7	321.9	12-May-00	347	0	61			
Z2-r4-28a0	31.2	42,199.7	12-May-00	42,234	7	33			
Z2-r4-33b1	74.9	2,285.2	12-May-00	2,348	0	27			

Fuente: IMTA

La diferencia que resulta de comparar dos lecturas consecutivas corresponde al volumen de metros cúbicos que consumió el usuario durante el mes (*o bimestre, etc.*).

b) Cálculo de consumos, su control

Consecuencia de la toma de lecturas es realizar el cálculo del volumen consumido en el periodo; luego a éste se le aplicará la tarifa vigente para obtener la cantidad que deberá pagar el cliente por el servicio de agua y alcantarillado.

Estos cálculos normalmente ya no son responsabilidad directa del departamento de lecturas, sino del área comercial o de cobranza. Sin embargo es importante para el departamento de lecturas conocer los consumos volumétricos del periodo, a fin de generar reportes, preparar listados para el siguiente día de visitas a la ruta, llevar estadísticas y mejor vigilancia de determinados clientes, especialmente de los “grandes usuarios”.

Lo normal es que las operaciones aritméticas para obtener consumos las haga una computadora, por lo que no es necesario preocuparse de controlar la certeza de los cálculos. Si acaso habrá que ver que los paquetes de software sean confiables y no haya “virus” en las máquinas, o “bugs” en los programas, o fallas en la logística e intercambios entre departamentos. El control radica más bien en analizar los consumos, contrastándolos contra consumos lógicos según el tipo de cliente y contra su propio historial. La misma computadora, mediante algún “sistema experto”, puede hacer un prediagnóstico, marcando a todos aquellos clientes que salen, digamos, en más o en menos de un 10% de su consumo razonable. Ahí procedería tal vez una segunda visita de lectura para verificar el estado del medidor, o si no hubo algún error de lectura.

La revisión crítica de consumos es una de las operaciones más importantes, es propiamente el principal “*control de calidad*” del departamento. La comparación de consumos, no únicamente es entre periodos adyacentes, sino además contra el mismo periodo en años anteriores; por otra parte, la revisión de registros facilitará detectar: consumos elevados, muy bajos, lecturas incorrectas o con error, fallas de medidores, omisiones en las rutas, submedición o sobremedición (*aire en las tuberías*), fugas dentro o fuera de los domicilios, etc.

La crítica de consumos es una de las operaciones más importantes, es propiamente el principal “*control de calidad*” del departamento. La comparación de consumos, no únicamente es entre periodos adyacentes, sino además contra el mismo periodo en años anteriores. Además, facilitará detectar: consumos elevados, muy bajos, lecturas incorrectas o con error, fallas de medidores, omisiones en las rutas, submedición o sobremedición (*aire en las tuberías*), fugas dentro o fuera de los domicilios, etc.

Al detectar los errores se está en posibilidad de efectuar las verificaciones y correcciones correspondientes evitando molestias al usuario y anotando registros incorrectos en la contabilidad del Sistema.

c) Emisión y entrega de boletas de cobro, su control

Al aplicar al consumo de agua una serie de reglas de facturación se obtendrá el importe total que deberá pagar el usuario por el servicio que ya recibió durante el periodo que recién terminó.

La tarifa vigente puede ser simple o compleja, dependiendo del tipo de usuario, sus rangos de consumo, y la manera en que la empresa de aguas tiene autorizado integrar la tarifa. Puede tener una parte como costo fijo (*derechos de conexión y cargos de mantenimiento*), otra por cobro volumétrico de agua, otra por cobro volumétrico de alcantarillado, y algún porcentaje por saneamiento. Además se pueden incluir cobros por servicios especiales, cambio de medidor, recargos, deducciones por pagos anticipados, descuentos o “premios” por disminuir sus consumos promedio, etc.

Evidentemente las reglas de cobranza no son responsabilidad del departamento de lecturas a micromedidores, pero si pudiera tener una intervención importante ya sea en emitir boletas, o al menos en entregarlas al cliente en su domicilio; o en la notificación de adeudos. En algunos casos el personal letrista hace funciones de cortes a morosos, o siquiera de “primera advertencia”.

La emisión de boletas por parte del departamento de lecturas ocurre, por ejemplo, cuando se cuenta con equipo electrónico portátil, pre-programado, que permite introducir el dato de cada medidor e instantáneamente imprimir una boleta de cobro para su entrega inmediata al usuario. Evidentemente al regresar a la oficina habrá que descargar toda la nueva información de este equipo portátil a alguna computadora principal, donde radique el procesamiento comercial central, control de pagos, etc.

La explicación de detalles contables de la empresa cae fuera del propósito de este manual y de este curso, por lo que únicamente se repetirá que es muy importante la interacción entre departamentos bajo reglas y procedimientos claros; y de disponer de sistemas de procesamiento modernos, y bases de datos y planimetría completos y confiables. Otra cosa fundamental es tener sistemas de copia y respaldo frecuente de la información, y su salvaguarda en sitios alternos a las oficinas principales.

4.5.7 Reportes integrados, estadísticas, validación de información

Una responsabilidad fundamental del departamento de lecturas de medidores es generar periódicamente un reporte (deseablemente cada mes), que sirva para varios fines, entre los que están:

- Informar al cuerpo directivo de los trabajos realizados, necesidades y problemática;
- Tener una herramienta de control y gestión interna del propio departamento de medición.
- Servir de insumo importante a otros departamentos muy ligados al departamento de lectura de medidores (agilizar y mejora la comunicación horizontal entre departamentos o secciones de un mismo departamento), como son: Instalación y reparación de medidores; Facturación y cobranza a usuarios; Cortes y reconexiones de servicio; Detección y control de fugas; Estudios y cálculos de tarifas; Catastro de consumidores; Estudios y proyecciones de demandas; etc.

El cuadro adjunto propone algunos de los datos e indicadores de evaluación que debe contener tal reporte:

La importancia y uso de ese reporte es permitir una frecuente comparación entre el desempeño alcanzado en el último mes, y lo realizado el periodo anterior; así como contra las metas que se hayan asignado al propio departamento. Es decir, es una herramienta fundamental para la buena administración (gerencia o gestión) del departamento, ya que permite proponer y evaluar acciones que mejoren el servicio, y lograr mejores decisiones.

Entonces, ese informe ayudará a establecer buenas estrategias para tomar lecturas de micromedidores en el futuro (por ejemplo, decidir capacitar mejor al personal, reemplazar más medidores, optar por determinada marca o modelo, usar lectura por radio, detectar a consumidores fraudulentos, etc.).

4.5.8 Rendimientos en las lecturas y toma de decisiones

Un jefe o supervisor de lectorsitas debe vigilar la calidad del trabajo de varias formas. Entre ellas están la precisión, la veracidad, la oportunidad y la utilidad de los datos; pero algo también fundamental es su costo.

Algunos componentes del costo son: los salarios de lectorsitas y personal de oficina, las bases de datos y mapas, los equipos de cómputo, la papelería, los vehículos y combustibles, los medidores, el deterioro de la imagen y tiempos perdidos por errores, etc.

En la sección anterior se sugirieron diferentes componentes para el informe mensual del departamento, entre los que se incluyen algunos indicadores relativos a la eficiencia y costo del trabajo, y la calidad del lote de medidores instalados.

Debe prestarse especial atención al rendimiento promedio de los lecturistas (cantidad de medidores correctamente al día por empleado), pero además hay que prestar atención a las variaciones de rendimiento al comparar a distintos empleados. Las razones de diferencias pueden ser mal trazo de rutas, falta de capacitación de algunos trabajadores, apatía y flojera, falta de incentivos, enfermedad, falta de herramientas de trabajo o equipos de seguridad, etc.

Hay que investigar el verdadero fondo de los problemas y corregirlo. Lo cual a veces requieren inversiones y desembolsos, que frecuentemente no es sencillo lograr que se autoricen; sin embargo de ser trascendentes o ir en creciente deterioro, hay que insistir para lograr los cambios.

El fondo de los problemas puede ser que no se aprovecha bien la tecnología disponible en el mercado, y se trabaja con métodos antiguos. Pero también puede ser el caso inverso, que se tienen aparatos modernos que no se saben aprovechar o darles mantenimiento especializado. Siempre es importante estarse comparando contra los rendimientos y costos que están logrando empresas vecinas en otras localidades de la región (“competidores”), u otras del país o del extranjero con similar número de contratos. Es conveniente buscar alianzas e intercambios con otras empresas, para cursos de capacitación, generar normas de adquisiciones, o para implantar procesos de “benchmarking”.

Entre las decisiones importantes está el porcentaje y la zonificación de los medidores que deben reemplazarse cada año en la ciudad, que estén próximos a agotar su vida útil, o resulten de tecnología atrasada. Puede decirse que en promedio hay que reemplazar como mínimo el 5 % de los medidores cada año.

4.6 CONFIABILIDAD DE LECTURAS Y TRATO CON USUARIOS

4.6.1 Visitas y recorridos de verificación, aclaración o supervisión

Además de para conocer periódicamente el consumo que marca cada micromedidor, hay diversos motivos para efectuar visitas a algunos domicilios en la ciudad. Entre ellos están:

- Verificar visualmente el estado de los medidores.
- Confirmar reportes de anomalías, descritas anteriormente por el lecturista.
- Detectar posibles conexiones clandestinas.
- Efectuar algunos muestreos aleatorios sobre la veracidad de lecturas capturadas.
- Monitoreo particular a grandes consumidores o clientes especiales.
- Estudios de consumos para caracterización de clientes, o de control de fugas.
- Pruebas a rutas de lecturas.
- Reparar algún medidor, o corregir su posición.
- Atender algún reporte o queja de un cliente relacionado a la precisión de un medidor.

4.6.2 Entrega directa de boletas de cobro

La entrega de avisos a los clientes sobre los importes que adeudan por sus consumos, puede tener varias modalidades, entre las que están:

- Envío directo, por correo o por mensajería especializada (compañía privada), de las facturas impresas por el departamento comercial (sin intervención del departamento de lecturas).
- Entrega de boletas del periodo anterior, por el lectorista al momento de tomar la nueva lectura.
- Recorrido exclusivo de algún lectorista para ir entregando las notificaciones impresas por el departamento comercial.
- Impresión y entrega de facturas “en tiempo real”, al momento de se hace la lectura (que a su vez puede hacerse con alguna varilla o pistola lectora, o con constancia por fotografía digital de estado del contador). Ello requiere de disponer de algún equipo computarizado portátil, con impresora integrada, y desde luego con software especializado pre-programado, y cuyas lecturas y cobranzas serán después vaciadas a la computadora central.
- Pago opcional de cada usuario, declarando y calculando su propio consumo (autodeclaración), con ayuda de alguna página Internet, o con asesoría telefónica. El pago y la lectura pueden ser verificados por la empresa de aguas ocasionalmente, para hacer los ajustes pertinentes.
- Etcétera.

Tabla 17.0 Facturación en Domicilio



Un caso interesante, y que en el futuro muy próximo puede volverse una usanza frecuente en varias empresas de agua, es la de facturación domiciliaria directa, gracias a la tecnología ya disponible.

4.6.3 El trato a los usuarios, dudas, aclaraciones, errores

Aunque cada empresa de aguas sea un monopolio local (lo que no es malo, si el servicio público es eficiente y sin afán de lucro), los clientes son lo más importante y la razón de ser del servicio; y, a final de cuentas, son quienes pagan el sueldo de los empleados del organismo operador.

Se debe fomentar en todo trabajador actitudes de respeto y buena disposición hacia las demandas y solicitudes de cualquier usuario, sin distinción de estrato socioeconómico, edad, sexo, actividad comercial, o tarifa que pague por su servicio.

Desde luego puede haber algunas distinciones cuando se sabe que un cliente roba el agua (tiene una conexión clandestina), o es moroso o abusivo, en cuyo caso se debe actuar sin demora, con rigor y firmeza (siempre apoyados en leyes, y por lo mismo es importante una estrecha relación con el “departamento legal” de la empresa).

Por otra parte debe haber tolerancia y comprensión hacia quienes se retrasan en sus pagos por situaciones o crisis particulares que los afecten de manera temporal. Un caso que merece atención especial, no infrecuente, es cuando al usuario le ocurre alguna falla o fuga y no se percata de ello hasta que recibe una altísima boleta de adeudo por consumo excesivo.

Cada lectorista debe estar al tanto de “todas estas políticas” (las que realmente rijan en su institución), para poder orientar a los clientes que lo consulten. Desde luego también debe saber canalizar muchas de las inquietudes o reclamos hacia el departamento atención telefónica a clientes, que toda empresa debe tener. Así como a hacia la ventanilla de información y relaciones públicas, o al nodo Internet de la empresa.

¿Para qué sirve la oficina de orientación y atención telefónica a clientes?

Este servicio es indispensable en cualquier institución de agua potable, especialmente en aquellas que sirven a ciudades de más de 100,000 habitantes. El personal que ahí labora, de tiempo completo, y posiblemente en turnos para cubrir las 24 horas del día, debe estar excelentemente capacitado y ser suficiente para atender todas las probables llamadas de los clientes en tiempo mínimo.

Esta unidad de atención telefónica a clientes suele depender de la oficina o dirección de “relaciones públicas” de la empresa, sin embargo debe guardar estrecha relación con la mayoría de los departamentos, ya que las solicitudes que se reciben pueden ser de muy diversos tipos. Entre las tareas que tiene están:

- Comunicar cuales son las tarifas de agua vigentes, y ejemplos de cómo calcular los pagos.
- Informe del estado de cualquier cuenta e imprimir estados de cuenta y remitirlos al cliente (puede tener algún costo extra el envío)
- Emitir y enviar duplicado de boletas extraviadas,
- Informar si algún cliente tiene adeudos y su importe
- Recibir reportes de fugas de agua o informar avances (si ya se reportaron, repararon o aun no),
- Solicitudes de cambios de medidores, o verificación de su funcionamiento.
- Información para nuevos contratos,
- Quejas por cobros indebidos o lecturas mal tomadas.
- Reportes de falta de presión en líneas de distribución.
- Reportes y quejas por falta de agua.
- Reportes de color u olor extraño en el agua.
- Dirección Internet del organismo y servicios que ofrece.
- Información general sobre donde efectuar pagos, directorio telefónico interno, etc.

El tener un buen servicio de atención telefónica a los clientes, y un sistema de control con clave o numeración para cada reporte recibido, con fecha que permita su seguimiento, hasta su solución, es uno de los mejores síntomas de eficiencia y calidad de un sistema de agua y alcantarillado. Obviamente debe haber muy buena sincronización y comunicación entre el área de recepción y los demás departamentos (que deben mantenerse invisibles para el cliente). Es mala imagen y mal servicio que un cliente deba llamar a un diferente departamento especializado cada que quiere hacer un reporte o preguntar algo.

Existirá un único número telefónico, de sencilla digitación y memorización, donde sin conmutaciones de oficinas, se atiende y resuelva eficientemente cualquier asunto rutinario de los clientes.

¿Las páginas Internet son un artículo de lujo, un tanto inútil?

Un complemento relativamente barato y rentable para los servicios de asesoría y orientación al público es el "Internet" (*incluso pueden recibirse pagos por servicios con cargo a tarjetas o cuentas maestras*). Deberá ofrecer los mismos servicios que hay en la oficina de asistencia por teléfono (*ya listadas arriba*), y quizá varios otros más. Puede incluso emitir el número de reporte y control para el seguimiento del asunto. Enviado por correo electrónico o medio equivalente al interesado.

Existen ya muchas empresas de agua por todo el mundo (*algunas en México*) que aprovechan bien esa tecnología de manera eficiente y económica brindan una atención de calidad a sus clientes, y cada día se popularizará más eso (*actualmente no sólo a quien dispone de Internet en casa, sino a cualquiera que rente momentáneamente el equipo, por poco dinero, como si fuese un teléfono público*). Evidentemente también sería relativamente sencillo de implantar rutinas para consultar señales de los medidores, y las estadísticas de consumo y estados de cuenta; especialmente para grandes consumidores, asignando a cada uno su propia clave de acceso privada (*password*).

Desde luego algo fundamental para un nodo Internet de este tipo será tener un administrador altamente capacitado, no solo en cuestiones de cómputo, sino, aun más importante, en la logística y funciones de la empresa de aguas. Adicionalmente debe existir personal competente que diariamente revise y canalice todos los reportes y órdenes de servicio que por ese medio se generaron.

Entre varios de los servicios y ayudas que pueden ofrecerse por Internet a la ciudadanía, estaría un catálogo o directorio de productos y servicios confiables (*plomeros, muebles sanitarios, dispositivos ahorradores de agua, servicios de detección de fugas, diseño de reciclaje y reusó, sistemas de riego de jardines, etc.*). Es aun más eficiente y económico si ese tipo de servicios se desarrolla como un proyecto conjunto, con otras empresas de agua de la región; o se crea como una aportación de una asociación como la ANEAS, o la AWWA, o una institución como la correspondiente CEAS (*comisión estatal de agua y saneamiento, o su equivalente*).

Otro servicio Internet muy importante es el de “consejos para ahorra agua” y apoyos similares .Existen varias instituciones que tienen ideas y buenas paginas al respecto, por lo que puede bastar con hacer un buen sistema de descripciones y enlaces a esas otras instituciones.

¿El lectorista o supervisor en campo, como tratarán al público?

Ya se ha dicho que el personal del departamento de lecturas debe siempre tener actitudes de respeto y trato formal con los clientes. Por la misma naturaleza de la labor y en aras de la eficiencia y buen rendimiento del trabajo, es deseable que el trato directo con los usuarios sea mínimo. Sin embargo siempre deberá atender cortésmente a cualquier consulta que se le haga, y cuando el asunto salga de su competencia deberá informar acerca de los servicios de atención telefónica o Internet a su disposición. Si es posible él mismo levantará el reporte relativo a la queja o solicitud del cliente.

Cuando deba atenderse un reporte específico (ya programado y con su correspondiente orden de servicio y número de control), que requiera la visita domiciliaria para aclaración de lectura, inspección, o mantenimiento a algún medidor, de preferencia lo hará un supervisor (aunque el lectorista debe igualmente estar capacitado para hacerlo en caso necesario).

Lo correcto será siempre llamar antes a la puerta al interesado para confirmar el motivo de la petición y dejar constancia del trabajo a realizar.

Cuando un cliente no se encuentre pero haya acceso al medidor o sitio del problema, puede realizarse el trabajo dejando alguna notificación o constancia escrita de lo realizado.

En el caso que en el trabajo normal de rutas de lectura, no haya acceso fácil al medidor y deba llamarse al cliente y éste no se encuentre, se dejará una notificación similar a la aquí mostrada, para autodeclaración del cliente. O un aviso de que se le cobrará por esta ocasión de acuerdo a su consumo histórico.

Cuando no sea posible leer el medidor de agua por cualquier otra razón (medidor roto, obstruido, etc.). Dejará notificación al cliente, además de levantar el reporte correspondiente, para que próximamente se atienda el asunto.

4.6.4 Claridad de la escritura o de la captura digital. Validación de datos

Varias de las ideas y tecnologías que se han presentado a lo largo del curso (comparaciones contra estadísticas históricas, fotos digitalizadas, lectura por contacto, telemetría, data-loggers, grabaciones de voz, radio-señales, etc.), se emplean y proponen precisamente como antídoto contra los posibles errores al leer y al escribir en campo, o al transcribir en oficina los datos; especialmente cuando los procesos son manuales (antiguos).

Posiblemente en un examen de aptitud a todo candidato a lectorista, habrá que revisar que tenga buena y clara escritura, además de buena vista.

Dependiendo del nivel tecnológico y criterios de calidad y supervisión de cada empresa abastecedora, existen diferentes probabilidades de que haya errores en las boletas y cobros a los usuarios. Así que (quizá contrario al sentido común) especialmente cuando hay procesos manuales habrá que tener criterios de calidad y supervisión mucho más estrictos y frecuentes, comparadas a cuando se emplea alta tecnología.

Es una muy mala política esperar y atenerse a que el usuario sea quien reclame por cobros excesivos. O que él tenga que avisar que está descompuesto su medidor.

Sin embargo aun los sistemas de tecnología muy sofisticada no están exentos de errores. Ahí las fallas pueden ser más graves, por ejemplo debido al mal diseño de un programa, o una mala calibración del equipo lector, transmisor o de un lote de micromedidores. Ello pudiera generar en pocos días miles de errores acumulados, normalmente en un solo sentido.

Los mejores remedios para evitar algunos de los errores son:

- Capacitación a los letrados.
- Mucho rigor y disciplina en la manera en que letrados y supervisores deben escribir y llenar sus reportes.
- Supervisión y rutinas de verificación aleatoria en campo.
- Inspección frecuente a aparatos lectores.
- Constante revisión a la lógica de los programas de cómputo.
- Criterios de tolerancias y holguras (permitir autolecturas del consumidor, estimaciones, etc.), complementados con periodos de ajuste y revisión fijos.
- Programas formales de mantenimiento e inspección a micromedidores.
- Reemplazo de equipos antes de que agoten su vida útil.
- Rutinas de validación por comparación contra datos históricos, y estándares de patrones de consumo.

El último punto, la validación de datos, se refiere a una revisión cruzada entre los datos ya capturados, que siempre debe hacerse en oficina. Puede ser manual para los clientes especiales y grandes consumidores, pero definitivamente para la masa de clientes es indispensable tener programas computarizados y sistemas expertos que ayuden en tal labor. Entre las rutinas que pueden implementarse están:

- a) consumo lógico por tipo de usuario y plazo entre lecturas.
- b) consumo comparativo contra misma época del año, de otros años.
- c) tendencias de consumos, considerando periodos recientes.
- d) análisis (*cálculos y modelos*) más sofisticados, considerando elasticidades y tendencias ante: nuevas tarifas, clima, lluvia, presión, continuidad del servicio, tamaño y tipo de predio, etc.
- e) selección aleatoria de domicilios a quienes efectuar una inspección confirmatoria por un supervisor (*segunda visita domiciliaria*).

- f) récord de confiabilidad y veracidad de cada lectorista asignado (*su frecuencia de errores, tendencia a flojear o a faltar y falsear datos, etc.*).
- g) marcas de medidores o aparatos que ya se sabe que fallan o sobremiden o submiden.
- h) conocimiento de reiteradas ocurrencias de escasez de agua, tandeos y aire en las tuberías, etc.

4.6.5 Vigilancia y cuidado especial hacia grandes consumidores

Los grandes hoteles, algunas industrias, balnearios, y otros clientes por el estilo son importantes para la empresa de aguas tanto por los ingresos monetarios que producen, como por los cuantiosos volúmenes de agua que suelen demandar. Por ello es importante mantener una vigilancia estricta y cuidadosa de sus consumos.

Estos clientes, por los fuertes pagos que deben efectuar, pudieran estar más tentados que otros, a incurrir en tomas clandestinas, alterar medidores, o a sobornar al lectorista (incluso les sería rentable pagar a un especialista para que haga tales “ajustes”); especialmente cuando se les aplican tarifas volumétricas unitarias excesivas, que ellos consideran injustas. Tal como ocurre frecuentemente cuando se pretende subsidiar a la masa de usuarios de bajos recursos cargándoles la mano a unos pocos altos usuarios.

Además del riesgo de alentar actos ilícitos (no necesariamente delictivos desde el punto de vista del consumidor), otra posibilidad es que los altos consumidores tiendan a buscar sus propias formas de abastecimiento que no dependan de la empresa de servicio. Pueden perforar sus propios pozos, comprar derechos a otras personas, o implantar sistemas de desalación de agua, o de reusó de la misma en sus procesos. Aunque ello pudiera ser bueno en un sentido puede ser malo en otro, especialmente si se esperaban resolver problemas financieros mediante subsidios cruzados, con los ingresos que de esa manera ya no existirán.

Lo mejor es entonces alentar la honestidad de todas las partes, tanto con eficiencia y buen servicio del sistema de agua; como con tarifas equitativas y bien diseñadas, complementadas con adecuados criterios de monitoreo y supervisión; y de castigos en caso de fraudes.

4.6.6 Sospecha de conexiones clandestinas, o fugas. Algunas pruebas

Las tomas clandestinas pueden ocurrir entre clientes de cualquier estrato socioeconómico. Frecuentemente el motivo no son los altos costos del agua, sino simplemente son ciertas formas culturales (típicas del subdesarrollo), que lamentablemente persisten entre algunas personas, de simplemente abusar y engañar “donde sea que se pueda”. Desde luego tal abuso también tiene mucho que ver con una débil cultura del agua, poca solidaridad social, y baja comprensión de los problemas ambientales que nos afectan en la actualidad.

Pero no siempre la culpa es del consumidor. A veces son propiciadas por la misma mala calidad del servicio, o por las estructuras tarifarias mal diseñadas que generan injusticias reales o “interpretadas” (mala comunicación y malos entendidos).

Asimismo suelen ocurrir por la ineficiencia e ineptitud, o mala organización interna del organismo operador (extravíos de planos, de bases de datos, de contratos), en donde tomas domiciliarias que antes fueron legales, se convierten en “ilegales”.

Por ejemplo cuando se olvida cancelarlas donde se demolió alguna construcción; o si el contratante original se mudó de casa y dejó de pagar y nadie desconectó el servicio; u ocurrieron renovaciones de líneas de distribución y no se eliminaron las tuberías antiguas, etc. Peor aun cuando simplemente por errores de control administrativo se pierde la traza de algunos consumidores, y se les deja de leer o de cobrar.

El conjunto de circunstancias anteriores, más que “tomas clandestinas” son “tomas extraviadas”. Ellas para fines prácticos tienen igual impacto que las conexiones clandestinas y que las fugas físicas de agua en la red, ya que afectan directamente al presupuesto de la empresa de agua. Equivalen a una grave injusticia hacia el resto de consumidores que sí pagan, pues éstos salen pagando más de lo debido, comparado a cuando hay mayor eficiencia, todo mundo paga por el servicio, y son pocas las fugas de agua en la red.

Independientemente de los orígenes de las conexiones ilegales o extraviadas, lo importante aquí es aprender cómo pueden atacarse y resolverse. Existen diversos procedimientos y estrategias que pueden intentarse, por ejemplo:

- Análisis estadísticos a los consumidores, para detectar repentinas y extrañas reducciones en sus patrones de consumos y pagos de agua. Se trataría de averiguar si ha bajado la cantidad de inquilinos, o la producción industrial que ahí se realiza, o han instalado sistemas de reuso, dispositivos ahorradores, etc. En caso negativo puede sospecharse algún fraude, que hay que averiguar con mayor cuidado.
- Revisión cuidadosa de los contratos históricos, padrón de usuarios, inventario de medidores, cartografía aérea reciente, etc. para detectar predios que no se tienen registrados o que no se miden y sin embargo se detecta que tienen servicio de agua.
- Escuchando denuncias de vecinos que saben de malos manejos y actitudes derrochadoras, y falta de cooperación comunitaria de algún colono, que a la vez paga poco por el servicio de agua.
- Observación y reporte directo del lectorista, que nota derroches de agua en la casa, amplios jardines, albercas, muchos trabajadores o habitantes, etc. y sin embargo su medidor marca poco consumo (una posibilidad es que el medidor no sirva, otra que esté siendo alterado, y otra es exista alguna toma clandestina o extraviada).
- Empleando equipos para detectar fugas o tuberías ocultas (técnicas de sonido, de detección de metales, u otras)
- Comparando contra datos e investigaciones de distritos hidrométricos, otros balances y auditorias del agua.

A menos que se trate de un “by-pass” (pequeño tramo de tubería que hace que parte del agua no pase por medidor y luego se una al resto de la instalación), que puede ser relativamente fácil de observar, y cuando ya se han descartado otras posibilidades, la demostración de que existe una toma clandestina puede ser difícil, y requerir de herramientas sofisticadas y/o de apoyo especializado de otras áreas de la empresa de aguas.

El que se requiera equipo moderno y especial no elimina que ocasionalmente el departamento de lecturas deba hacer algunas rutinas de inspección y sepa como operar esos instrumentos. La siguiente práctica de campo trata de dar algunos principios e ideas de en qué consisten los equipos para localizar fugas o tuberías escondidas.

4.6.7 Lecturas fuera de rango

Este apartado sirve de repaso para integrar varias ideas ya mencionadas en algunas partes de este trabajo. Se quiere reforzar la importancia del análisis estadístico de datos de consumos, y de que la función del departamento de lecturas es estar seguro de la veracidad de la información que maneja. Lo cual esencialmente busca establecer cómo y dónde realizar acciones correctivas o preventivas tales como: recomendar al usuario que corrija fugas dentro de su domicilio, renovar medidores, investigar si hay tomas clandestinas. etc.

Para decir si un consumidor tiene consumos o comportamientos relativamente extraños, que ameriten mayor investigación y/o acción correctiva, hay primero que tener una referencia de comparación.

Pueden ser los mismos consumos del usuario y sus boletas de cobro. O comparando contra usuarios similares (hospitales: It por cama, escuelas: It por alumno, etc.). Asimismo pueden hacerse análisis considerando las probables elasticidades (reacciones y comportamientos del consumidor) ante cambios climáticos, modificaciones en la presión de la red, en la tarifa, etc.

Algunas posibles explicaciones de cambios en comportamientos pueden ser las siguientes:

Cambios hacia arriba.- fugas internas, muchos visitantes, nuevos aparatos o maquinas que manejan agua, descuido (llaves abiertas, mangueras abiertas), temporada de mucho calor, alguien robándoles agua, el medidor antes no funcionaba y ahora sí, sobremedición (aire en tuberías).

Cambios hacia abajo.- instalaron dispositivos ahorradores, vacaciones fuera de casa, inmueble abandonado, cambio de inquilinos con familia más pequeña o mejores hábitos, medidor descompuesto o semi-obstruido, medidor inapropiado a nuevo estilo de consumos, cambios en horarios de tandeos, nueva cisterna o tinaco (no registra entradas a velocidades muy bajas... submedición), escasez de agua (racionamientos, mala presión, tuberías taponadas).

Oscilaciones extrañas.- entre un mes y otros (a veces alto, a veces bajo).- Medidor loco (descompuesto), o que trabaja en regímenes muy variables y es inapropiado (cambiar a otro estilo), residencia, escuela que se usa solo por temporadas, industria con producción muy cambiante.

4.6.8 Otros casos frecuentes o especiales

Así como suelen ser miles los contratantes del servicio de cualquier empresa de aguas, y como “cada cabeza es un mundo” y “en gustos se rompen géneros”, existen siempre infinidad de circunstancias y casos que es imposible alcanzar a cubrir en un curso como el presente.

Sin embargo el trabajo y responsabilidad del departamento de lecturas sí es conocer las preferencias de sus clientes, y anticiparse en lo que se pueda, para tener pensadas las soluciones más adecuadas a cada caso.

Entonces la dinámica de trabajo y las tareas del departamento no son meras rutinas de estar leyendo y escribiendo cifras. Debe conocer la red, la topografía, a los clientes, las ofertas tecnológicas del mercado, y la tendencia de evolución de todo ello. Debe planear sus actividades, mantener estrecha coordinación con otros departamentos y tener previstas respuestas y políticas claras para las peticiones de los clientes.

Por ejemplo en relacionadas a:

- El cliente que quiere cambio de cuota fija a tarifa volumétrica o viceversa (esto de preferencia deberá gestionarse con departamento de contratos, no con el de lecturas).
- ¿Quién es el dueño del medidor (quien lo debe pagar inicialmente) el cliente o la empresa?
- Existen muchas quejas por entrada y medición de aire. ¿Quién decide si se instalan o no válvulas expulsoras de aire?, ¿quién las paga? (el consumidor o el departamento) ¿quién las prueba, calibra, etc.?
- Cuando un medidor fue dañado o destruido (no culpa del cliente) como se procede, ¿quién paga la reparación o sustitución o la caja protectora?
- Si se notan señales de que se invirtió el medidor o se desconectó por un tiempo (consumos muy bajos y/o señales físicas), ¿cómo se procede?
- ¿Puede perdonarse el cobro excesivo al usuario a quien le ocurrió una fuga involuntaria que le generó consumos extraordinarios?
- Cuando se requiere plomero especializado para detectar o reparar fugas ocultas dentro de una casa puede el organismo bonificarle esos costos (pagar “mitad y mitad” de honorarios del especialista). Similar ¿si el usuario invierte en reemplazo de muebles sanitarios, por otros de menor consumo?
- Si el mismo cliente esta escéptico de la veracidad del medidor, se hacen pruebas y no se ven problemas (el medidor no es de alta precisión), él insiste, y quiere un medidor más moderno y preciso ¿se acepta la petición, quien y como se paga la instalación?

Similar ¿si se desean contratar servicios de monitoreo y supervisión a una compañía especializada?

- Cuando debe retirarse un medidor reportado con fallas para hacerle pruebas o correcciones en laboratorio, ¿qué se hace mientras: se pone un medidor de reemplazo, se deja sin medidor? ¿Cómo y quién hace el retiro?, ¿Quién llena la bitácora, firma una hoja-compromiso de fecha de reinstalación ante el cliente? ¿Cómo se le cobran los días que queda sin medidor formal?

4.6.9 Estándares de calidad y normas de competencia laboral

Aquí se revisan algunos criterios de calidad y de competencia que deben cumplir los trabajadores dedicados a la captura y manejo de datos de consumos que registren los contadores de consumos instalados en la ciudad. Se comenta sobre capacitación a lecturistas y supervisores; se incluyeron listas de las características deseables para un lecturista y para su supervisor.

Ahí mismo se mencionó que los cursos son importantes, pero que nunca suplen a la práctica real, ni a conocer la ciudad al recorrerla varias veces. Únicamente, a manera de recordatorio, algunos de los conocimientos, habilidades y actitudes convenientes para el personal, son:

- Personalidad y actitudes: limpieza y claridad de escritura, puntualidad, sin tenencia a cometer errores, perseverante, disciplinado, respetuoso, amable, atento a cumplir órdenes.
- Conocimientos importantes, que requieren continua revisión y actualización: Estructura operativa de la empresa donde trabaja (nombres de departamentos, jefes, supervisores, etc.), datos telefónicos de la oficina de atención al público, dirección Internet de la empresa, conocer perfectamente todas las políticas y reglas que rijan en su institución (contratos nuevos, cambios de medidor, reconexiones, castigo a conexiones ilegales, tarifas de agua, etc.).
- Habilidades y conocimientos rutinarios: excelente conocimiento de las calles de la ciudad, identificación visual de tipos de medidores, reconocer y clasificar tipos de casas (residencia, vivienda, etc.), rutas de transporte colectivo (camiones, metro, etc.), interpretación de planos, como calcular consumos, tarifas y razón de ser de las tarifas, trato con usuarios, porque queremos ahorrar agua, tipos de medidores y evolución que debe hacerse, algo de electrónica y telemetría.
- Conocimientos y habilidades complementarios deseables: operar unidad móvil de verificación de medidores, licencia de manejo de automóviles o camiones, hacer pruebas en banco de medidores, computación básica, habilidad para trazo de rutas, plomería, manejo de GPS (sistema de posicionamiento geográfico), equipos detectores de fugas y de ubicación de tuberías ocultas (saberlos operar, o al menos saber los principios con que operan y cuando pueden ser útiles).

No se abundará aquí más en tales características y requisitos, para poder pasar a hacer énfasis en la importancia de la certificación y maneras en que puede establecerse algún sistema formal de normalización - capacitación - certificación (N-C-C) para este importante grupo de trabajadores, indispensable en cualquier empresa de agua y saneamiento.

¿Quién brinda la capacitación, certifica la competencia laboral?

La normalización, la capacitación y la certificación aunque deben ser congruentes unas con otras, lo correcto es que sean realizadas por tres instituciones totalmente diferentes, para que exista una garantía de imparcialidad, formalidad y de una evaluación integral (completa en todos sus aspectos).

Lo anterior es para un esquema formal, especialmente de tipo nacional, sin embargo si la norma es local, la misma empresa que la establece puede encargarse de enseñar a su personal o a los aspirantes; y la certificación o evaluación (examen) puede correr a cargo de un supervisor del mismo departamento.

4.6.10 Normas y criterios de seguridad para los letrados.

Para concluir este capítulo y redondear la cuestión de conocimientos, habilidades y actitudes que cualquier letrado debe tener, conviene hablar de las medidas de protección que el trabajador debe atender, para él mismo y para el público.

La labor del letrado puede considerarse de bajo riesgo, comparada con otras como la inspección de atarjeas, o el operar válvulas o instalar tuberías en arterias con tráfico vehicular. Sin embargo en ciertos casos, por el trato con el público y el riesgo de toparse con personas agresivas, o situaciones inesperadas en las casas, también ofrece sus peligros.

Quizá uno de los principales cuidados y exigencias que hay que tener para con el trabajador y el supervisor (y que frecuentemente ni se toma en cuenta) es su obligación de portar algún uniforme o al menos una identificación del organismo operador en lugar visible, al momento de llamar a cualquier domicilio. Eso es una garantía tanto para el inquilino como para el trabajador. Incluso en caso de desconfianza del cliente, antes de que éste le abra la puerta es prudente entregarle copia de la identificación, con teléfono del organismo, a donde puede llamar para pedir confirmación de los datos, filiación y ruta de lectura asignada ese día.

Si el recorrido de la ruta se hace en vehículo o motocicleta, es indispensable tener licencia de manejo y otros papeles en regla. Se deberá saber y respetar cabalmente el reglamento vial y peatonal de la localidad. Cuando el letrado deba realizar otro tipo de labores además de la simple lectura, tales como: ajustar la posición de un medidor, limpiar el cedazo, limpiar el vidrio, aclarar alguna reclamación con el inquilino, efectuar una prueba de funcionamiento al medidor, etc. deberá ante todo contar con una orden escrita de su departamento para efectuar el trabajo, y una copia para entregar al residente.

Deberá además portar las herramientas apropiadas, entre las que estarán guantes, y botas; y si es un trabajo al atardecer o en la noche, un chaleco reflejante de luces vehiculares.

Si nota que es un trabajo para el que no está preparado ni en habilidades ni en herramientas, debe abstenerse de hacerlo (y en oficina reclamar a quien programó el trabajo por la incorrecta orden de servicio emitida).

Algunas situaciones posibles, para las que hay que estar prevenido y entrenado, son:

- Riesgo de mala instalación eléctrica de la casa, con peligro de alguna descarga al tocar el medidor (algunas instalaciones suelen conectarse a tierra hacia el medidor o instalación hidráulica. Asimismo cuidar posibles daños por ese motivo al medidor de transmisión magnética).
- Perros guardianes que ataquen al intruso, si no se anuncia previamente. Llamar siempre antes al residente, o si no sale, y no se sabe si hay perro o si es agresivo, portar algún bastón con descarga eléctrica tranquilizante (especial contra perros o atacante) y botas.
- Cliente que quiere reclamar algo. De preferencia evitar discutir con ellos, pero si están calmados y razonables dar todas las explicaciones e información pertinente. Si no, levantar el reporte y dejar que el departamento de relaciones públicas resuelva los conflictos.
- En colonias “peligrosas” conviene que el lectorista, porte un radio transmisor y se reporte frecuentemente a una central; o que se trabaje en parejas.
- Cuando recientemente se instalaron medidores o hubo incrementos en tarifas. O en épocas de emergencias, sequías o racionamientos extraordinarios. Debe tenerse cuidado con reacciones de los clientes.
- Evitar asignar a un lectorista en la misma zona donde tiene su morada (como medida “antitentación” y no generar presiones molestas al empleado por familiares o conocidos, de “ayuda” al falsear lecturas). O que acuda un supervisor de vez en cuando a verificar lecturas, y lo sepa el lectorista (que lo va a hacer, aunque no cuando).

La mejor garantía de buenos y seguros trabajos será que el lectorista esté bien entrenado y sepa bien cuál es la secuencia recomendable de pasos que debe seguir en una inspección, o visita rutinaria para leer un medidor.

Adicionalmente siempre debe trabajarse en base a confianza, y procurar reducir al mínimo la “supervisión” de tipo vigilancia; y más bien orientar la supervisión al tipo apoyo y asesoría.

4.6.11 Capacitación y supervisión a los lectras

Leer un contador de volúmenes de agua es algo bastante simple, que hasta un niño (o niña) de primaria puede hacer. Así que instruir a alguien sobre como transcribir el registro del instrumento no tarda más de media hora; sin embargo el trabajo de un lectras no es solo el interpretar y escribir números. Va acompañado de largas caminatas, y de cumplir con disciplina y a tiempo sus instrucciones, día tras día, a veces ante inclemencias del tiempo.

No faltará el perro que le ladre y lo persiga, o los vándalos que lo molesten o se burlen de él. Habrá quien lo culpe de deficiencias en el servicio o de lo cara que está el agua. Algunos le solicitarán que reporte o resuelva una fuga, o vea por que está su tubería tapada. Deberá saber decidir cuando debe ayudar u orientar a la gente, y cuando conviene hacer oídos sordos o incluso huir. Desde luego tales situaciones serán esporádicas y normalmente su trabajo debe ocurrir con relativa tranquilidad. Sin embargo debe estar prevenido para algunas situaciones específicas.

Características de un supervisor: Que tenga todas las cualidades y conocimientos de un lectras y además: que sepa dar órdenes, imponer disciplina, tener buen trato con sus subordinados y con el público, facilidad para detectar probables errores entre su personal, o fallas en los equipos. Excelente conocimiento de la ciudad.

Capacitación: Para los “temarios” recién expuestos pueden diseñarse, e incluso son necesarios algunos cursos de capacitación; sin embargo para este tipo de labores la mejor enseñanza es la misma práctica y experiencia. El entrenamiento principal, se da con la labor real, leyendo medidores en la ciudad; sin embargo debe quedar muy claro que aun con principiantes no se pueden permitir errores y omisiones.

Cualquier posible falla, especialmente de trato con el público, debe ser corregida de inmediato, por tanto es muy importante la vigilancia y supervisión estrecha por un supervisor experimentado, durante los primeros días de trabajo de cualquier nuevo empleado.

Lo ideal será tener personal certificado respecto a su competencia laboral, y ello no ocurre simplemente con tomar cursos. El presente trabajo de tesis (dirigido a jefes de departamento y supervisores de lectras), puede simplificarse, seleccionando algunas de sus partes y prácticas para transferirse en un trabajo dirigido al simple lectras.

4.7 Cobertura de la micromedición en México.

Se presenta ahora la información disponible en cuanto a la cantidad de micromedidores instalados, con lectura o sin ella, funcionando o no, por cada uno de los tipos de tomas de agua potable: domésticas, comerciales, industriales, de servicios, y algunas otras que no pertenecen a ninguno de los rubros anteriores.

Se incluye, tres secciones que muestran la cobertura de micromedición en las tomas registradas, domésticas, comerciales e industriales, bajo dos criterios:

- a) La cobertura de micromedidores instalados respecto al total de tomas registradas.
 b) La cobertura de micromedidores en funcionamiento respecto al total de tomas registradas.

Situación de los micromedidores instalados en las tomas registradas de agua potable y coberturas de micromedición en algunas localidades con población mayor a 50 mil habitantes

EDO.	LOCALIDAD	TOMAS DE AGUA POTABLE CON MEDIDOR INSTALADO												TOMAS DE AGUA POTABLE SIN MEDIDOR INSTALADO				COBERTURA DE MICROMEDICIÓN					
		MEDIDORES CON LECTURA				MEDIDORES SIN LECTURA				MEDIDORES SIN FUNCIONAR				SIN MEDIDOR INSTALADO				INSTALADOS			FUNCIONANDO		
		DOM	COM	IND	OTRAS	DOM	COM	IND	OTRAS	DOM	COM	IND	OTRAS	DOM	COM	IND	OTRAS	DOM	COM	IND	DOM	COM	IND
AGS	AGUASCALIENTES	160,474	4,694	193		9,229	980	10		587	15	2		19,531	1,935	75		90	75	73	89	74	73
BC	TIJUANA	332,727	21,822	2,566	1,166					25,691	1,269	72	172	18,076	446	46	27	95	98	98	88	93	96
CHIH	HIDALGO DEL PARRAL	9,103	1,291	15	83									18,706	582		164	33	69	100	33	69	100
	JUAREZ	252,933	11,862	763	1,039									68,073	1,224	43	158	79	91	95	79	91	95
	NUEVO CASAS GRANDES	15,579	963	15	106									607	83	4	42	96	92	79	96	92	79
COAH	CIUDAD ACUÑA	17,641	1,139	79				731					1,491	10,862	259		11,121	62	81	100	62	81	100
	FRANCISCO I. MADERO	3,200	550			110	20			860	80			9,717	116			30	85	0	24	74	0
	MATAMOROS		32	10						9,504	178	3		5,334		180		64	100	100	0	15	77
	SABINAS	28,427	1,201	33	154	811												100	100	100	100	100	100
	SALTILLO	147,144	6,181	110	1,175	3,422				1,626				1,081				99	100	100	98	100	100
	SAN PEDRO TORREON	3,487	166	69	26	77	12	29		3,890	150	9	6	12,238	109	10	130	38	75	89	18	41	78
COL	MANZANILLO	15,392	758	252						6,129	192	4		14,461	571	33		60	62	89	43	50	87
	IZTACALCO	894,004		55,218	55,082	207,206		19,409	11,929	26,922		1,536	943	543,323		41,379	7,107	67	0	65	66	0	63
DGO	GOMEZ PALACIO (DURANGO)	25,340	1,967	561										38,790	610	38		40	76	94	40	76	94
		59,495	6,185	178	420	7,166				4,459				53,971				57	100	100	53	100	100
GTO	LEON DE LOS ALDAMA	255,977	13,046	2,475														100	100	100	100	100	100
	SAN FRANCISCO DEL RINCON	16,845	1,293	468	133	1,231	134	49										100	100	100	100	100	100
GRO	ACAPULCO DE JUAREZ	47,319	2,929		253	27,142	1,084		375	36,581	751		223	16,001	172		184	87	97	0	59	81	0
	CHILPANCIINGO DE LOS BRAVO		821	9						20,820			255	6,298		4	28	77	100	69	0	100	69
	IGUALA DE LA INDEPENDENCIA	1,007	231											21,845	907	0		4	20	0	4	20	0
HGO	TULANCINGO	3,884	398	130						962	174	32		19,453	1,699	252	0	20	25	39	16	18	31
JAL	GUADALAJARA	586,265	50,136	2,488	2,260	78,559	6,718	330	309	42,614	3,644	178	170	63,838	9,766	135	60,605	92	86	96	86	81	90
	PUERTO VALLARTA	36,973	3,075	297						4,114	300	14		4,091	184	4		91	95	99	83	86	94
PUE	ATLIXCO	3,935	123	28	123	180	2		3	20	2		2	13,213	1,778	163	561	24	7	15	24	7	15
	ZARAGOZA	97,156	4,047	2,192	0	6,648	649	316		1,352	91	55		214,661	19,481	353	23,579	33	20	88	32	19	86
	HUAUCHINANGO	6,895	348	51	9					1,077	8	7		3,840	50	6		67	88	91	58	86	80
	TEHUACAN	5,922	560	26	17									35,414	339	91	78	14	62	22	14	62	22
QRO	AMEALCO	10,409	241	6	210	209	5		4	82	2		2	82	2		2	99	99	100	98	98	100
	SANTA ROSA JAUREGUI	16,059	332	37	198	749	15	2	9	123	3		1	344	7	1	4	98	98	98	97	97	98
	SANTIAGO DE QUERETARO	158,613	7,217	337	1,043	10,825	952	36	55	5,018	228	11	33	4,883	465	28	343	97	95	93	94	92	91
	TEQUISQUIAPAN	11,916	594	11	203	132	21		8	150	30		11	30	3		1	100	100	100	99	95	100
QROO	CANCUN	77,187	6,526	145	651					3,845				39,403	850		141	67	88	100	64	88	100
	PLAYA DEL CARMEN	14,331	1,905	7	262					520	80	2	9	3,804	73	1	68	80	96	90	77	93	70
SIN	CULIACAN ROSALES	152,276	9,450	905	1,271	7,415	480	44	62	182	11	1	2					100	100	100	100	100	100
	GUAMUCHIL	10,628	769	67	72					4,867	352	31	33	665	21	1	67	96	98	99	66	67	68
	GUASAVE	12,350	1,201	104	299									3,599	20	3	7	77	98	97	77	98	97
TAMPS	CIUDAD MANTE	22,227	1,647	157	211					1,106	109	3	8	1,276	155	14	11	95	92	92	90	86	90
	CIUDAD VICTORIA	62,123	4,479	308	682	10,103	722	70	142	2,372	269	17	36	3,771	198	15	89	95	97	96	92	92	92
	HEROICA MATAMOROS	34,103	3,531	900						73,085	1,252	18	260	73,085	1,252	18	260	32	74	98	32	74	98
	NUEVO LAREDO	47,634	2,161	147	0	6,324	251	2		9,880	644	8		22,951	814	15		74	79	91	62	62	87
	REYNOSA	73,676	3,592	520	170	7,897	554	16	4	11,913	672	50	14	31,217	1,879	76	56	75	72	89	65	62	81
TAMPICO	85,110	10,924	1,200	308					21,101	865	55	72		17,280	1,401	79	238	86	89	94	69	83	90
TLAX	APIZACO					2,410	321							13,539	829			15	28	0	15	28	0
VER	COATEPEC	3,480	306	33	62									7,311	129	2	54	32	70	94	32	70	94
	COATZACOALCOS	40,494	3,206	284		67	1							16,202	431	38		71	88	88	71	88	88
	CORDOBA	20,111	1,552	25	10	8,073	553	20	16	2,405	286	3		5,660	897	13	26	84	73	79	78	64	74
	MARTINEZ DE LA TORRE	15,210	691	28	82					20				1,000	123		1	94	85	100	94	85	100
	MINATITLAN	2,411	350	10		9,055	697	20						15,507	398			43	72	100	43	72	100
	PAPANTLA DE OLARTE	8,310	690	98	14					278	6			1,504	84		6	85	99	100	82	88	100
	POZA RICA DE HIDALGO	4,130	822	131										30,382	1,617	15		12	34	90	12	34	90
	TIERRA BLANCA	5,526	613	50									1,061	3,222	109	4		63	85	93	63	85	93
	TUXPAM DE RODRIGUEZ CANO	17,226	891	123	199					194	37	6	17	1,547	34	4	36	92	96	97	91	93	92
VER	VERACRUZ	10,934	2,382	160	48	734	239	22	5	1,704	557	49	15	139,732	3,863	35	5,124	9	45	87	8	37	68
YUC	MERIDA	218,779	11,832		919													100	100	0	100	100	0
ZAC	ZACATECAS	47,265	2,131	488	1,582					5,744	215	32	37	8,045	390	64	124	87	86	89	77	78	84

Situación de los micromedidores instalados en las tomas registradas de agua potable y coberturas de micromedición en algunas localidades con población mayor a 20 mil y menor a 50 mil habitantes

EDO.	LOCALIDAD	TOMAS DE AGUA POTABLE CON MEDIDOR INSTALADO												TOMAS DE AGUA POTABLE SIN MEDIDOR INSTALADO				COBERTURA DE MICROMEDICIÓN					
		MEDIDORES CON LECTURA				MEDIDORES SIN LECTURA				MEDIDORES SIN FUNCIONAR				SIN MEDIDOR INSTALADO				INSTALADOS			FUNCIONANDO		
		DOM	COM	IND	OTRAS	DOM	COM	IND	OTRAS	DOM	COM	IND	OTRAS	DOM	COM	IND	OTRAS	DOM	COM	IND	DOM	COM	IND
AGS	RINCON DE ROMOS	5,545	90	11									4,018	28			58	76	100	58	76	100	
CHIH	JOSE MARIANO JIMENEZ	690	136										7,636	311	1		8	30	0	8	30	0	
COAH	CASTAÑOS	54	50										4,138	102			1	33	0	1	33	0	
GRO	PETATLAN		216			3,907							1,241				76	100	0	76	100	0	
HGO	TEPEAFULCO			2						3,000			5,635	150	23		35	0	8	0	0	8	
	TEPEJIL DE OCAMPO	9,075	350	32	1,481					27			100	100	100		100	100	100	100	100	100	
JAL	ARANDAS	770				3,000				2,000	20		5,106				53	100	0	35	0	0	
	SAN JUAN DE LOS LAGOS		8	1	19								11,724	32			0	20	100	0	20	100	
NAY	IXTLAN DEL RIO	6	115										6,082	28			0	80	0	0	80	0	
	TUXPAN												5,314	168			0	0	0	0	0	0	
NL	CIUDAD DE ALLENDE	5,917	401		246	151	10		6	997	67		233	16		9	97	97	0	83	83	0	
	SANTIAGO	8,578	369	6	132	188	8		7	496	21		48	2			99	100	100	94	94	100	
PUE	IZUCAR DE MATAMOROS	236	64	8						12	13		10,503	295	17		2	21	32	2	17	32	
	TEPEACA	2,919	124	15		310				213	2	4	1,634	3			68	98	100	64	96	79	
	ZACATLAN	4,022	120	50	63	250	5		5	162	2		2,162	11	4	20	67	92	93	65	91	93	
GRO	EZEQUIEL MONTES	6,539	355	8	377	346	19		20	220	12		4				100	100	100	97	97	100	
	HUIMILPAN	4,592	51	3	114	57	1		1	245	3		16			1	100	100	100	95	95	100	
	PEDRO ESCOBEDO	9,278	219	13	115	287	7		4	15		1	134	3		2	99	99	100	98	99	93	
SIN	COSTA RICA	4,129	143	24	20								1,063	3		25	80	98	100	80	98	100	
	GABRIEL LEYVA SOLANO	47	67	3	1								4,585	9	4	1	1	88	43	1	88	43	
	JUAN JOSE RIOS	5,104	144	31	8								732	4		4	87	97	100	87	97	100	
	NAVOLATO	5,256	240	15	12								2,766	86	3	19	66	74	83	66	74	83	
SON	MAGDALENA DE KINO	422	60	11									6,681	285	10		6	17	52	6	17	52	
TLAX	HUAMANTLA	1,246	230	1	15					219	35		8,271	119		47	15	69	100	13	60	100	
VER	CIUDAD MENDOZA	113	68	6									6,498	460	18	71	2	13	25	2	13	25	
	COSAMALOAPAN	1	21	4									6,450	305			0	6	100	0	6	100	
	COSOLEACAQUE	904	37	28		365							3,942	65	13		24	36	68	24	36	68	
	HUATUSCO DE CHICUELLAR	5,890	630	3													100	100	100	100	100	100	
	ISLA	3,555	296	19						1,133	106	1	481	9			91	98	100	69	72	95	
	JALTIPAN DE MORELOS	43	24										3,822	85	1		1	22	0	1	22	0	
	MISANTLA	344	48	2									3,082	49			10	49	100	10	49	100	
VER	CARDENAS DEL RIO	2,085	235	27		3,313	136						198				96	100	100	96	100	100	
	RIO BLANCO	383	57	9	9	25	1			10	2	1	8,666	272	7	8	5	18	59	4	17	53	
YUC	MOTUL DE CARRILLO PUERTO	1,800	195							1,200			2,021				60	100	0	36	100	0	
	TICUL	4,704	363	1		739	16				47		2,090	65			72	87	100	72	77	100	
	TIZIMIN	1,783	32							3,185	191		5,915	355			46	39	0	16	6	0	
	UMAN	2,173	100							309			2,848				47	100	0	41	100	0	
	VALLADOLID					6,800	500						4,291	121		59	61	81	0	61	81	0	

Situación de los micromedidores instalados en las tomas registradas de agua potable y coberturas de micromedición en algunas localidades con población mayor a 2,500 y menor a 20 mil habitantes

EDO.	LOCALIDAD	TOMAS DE AGUA POTABLE CON MEDIDOR INSTALADO												TOMAS DE AGUA POTABLE SIN MEDIDOR INSTALADO				COBERTURA DE MICROMEDICIÓN					
		MEDIDORES CON LECTURA				MEDIDORES SIN LECTURA				MEDIDORES SIN FUNCIONAR				SIN MEDIDOR INSTALADO				INSTALADOS			FUNCIONANDO		
		DOM	COM	IND	OTRAS	DOM	COM	IND	OTRAS	DOM	COM	IND	OTRAS	DOM	COM	IND	OTRAS	DOM	COM	IND	DOM	COM	IND
CHIH	MADERA	337	98		2								3,543	137	5	49	9	42	0	9	42	0	
	SANTA BARBARA	9	47	1									2,148	33		331	0	59	100	0	59	100	
DGO	CUENCAME DE CENICEROS	1,302	71		36								1,033				56	100	0	56	100	0	
GRO	COYUCA DE BENITEZ				8								2,706	45			0	0	100	0	0	100	
	SAN JERONIMO DE JUAREZ	530							800	14			524		1		72	100	0	29	0	0	
JAL	MAGDALENA		30										3,520	175			0	16	0	0	15	0	
NL	ANAHUAC	3,560	105	1	30	128	4		7	469	13		266	7		3	94	95	100	84	84	100	
	HIDALGO	2,404	40	8	43	118	2		7	764	13	2	237	4	1	5	93	93	91	72	71	73	
OAX	SANTA GERTRUDIS					692	10									10	100	100	0	100	100	0	
PUE	CIUDAD DE CHIGNAHUAPAN	5	3										2,797	114	25	13	0	3	0	0	3	0	
SIN	BADIRAGUATO					32	1						793	51	1	19	4	2	0	4	2	0	
	CRUZ, LA	1,591	239	38	10								1,446	23	20	3	52	91	66	52	91	66	
TAMPS	ABASOLO	1,713	81		6								219	70	1		89	54	86	89	54	86	
	NUEVO PADILLA	669	31			269							1,305	38			42	45	0	42	45	0	
VER	GUTIERREZ ZAMORA	16	2		2								2,796	206	19	989	1	1	10	1	1	10	
	SANTIAGO TUXTLA	2	6		4	1	13		2	5	73	12	3,583	244	25		0	27	42	0	6	14	
YUC	IZAMAL	817	67							1,500			1,635				59	100	0	21	100	0	
	TEKIT					332				112			1,706				21	0	0	15	0	0	
	TIXXOKOB									216			2,283		25		9	0	0	0	0	0	
ZAC	SOMBRERETE	4,396	143	36	19	262	13		4	146	3	1	351	10	2	3	93	94	95	90	92	93	

OBJETIVO PARTICULAR

Comprender las normas que regulan la fabricación, instalación y precisión de los diferentes tipos de macro y micromedidores. Se introduce al lector de este presente trabajo los criterios que regulan los Servicios de agua al Cliente.

5.1 INTRODUCCION

Los términos: control de calidad, precisión, confiabilidad, especificaciones, estándares, normas, aseguramiento de calidad, inspección, certificación, etc.; tienen mucha relación con la medición. A la vez la medición es una de las maneras más importantes para vigilar que un proceso cumpla con las normas y calidad esperadas. En la **Figura 33.0**, se muestra un esquema de la normatividad en el tema.

Cada uno de los términos anteriores tiene su propia acepción y ámbito de aplicación, por lo que requieren y tiene definiciones precisas.

Algunas definiciones son:

Normalización.- es el uso de documentos, de referencia de manera sistemática para la selección, adquisición, operación e instalación de componentes; así como para la ejecución de labores internas.

Inspección.- es la constatación ocular, mediante pruebas o análisis de laboratorio del cumplimiento del servicio programado o de la rehabilitación realizada para que el equipo o instalación continúe en operación de acuerdo con los programas de trabajo y dentro de las condiciones normales establecidas.

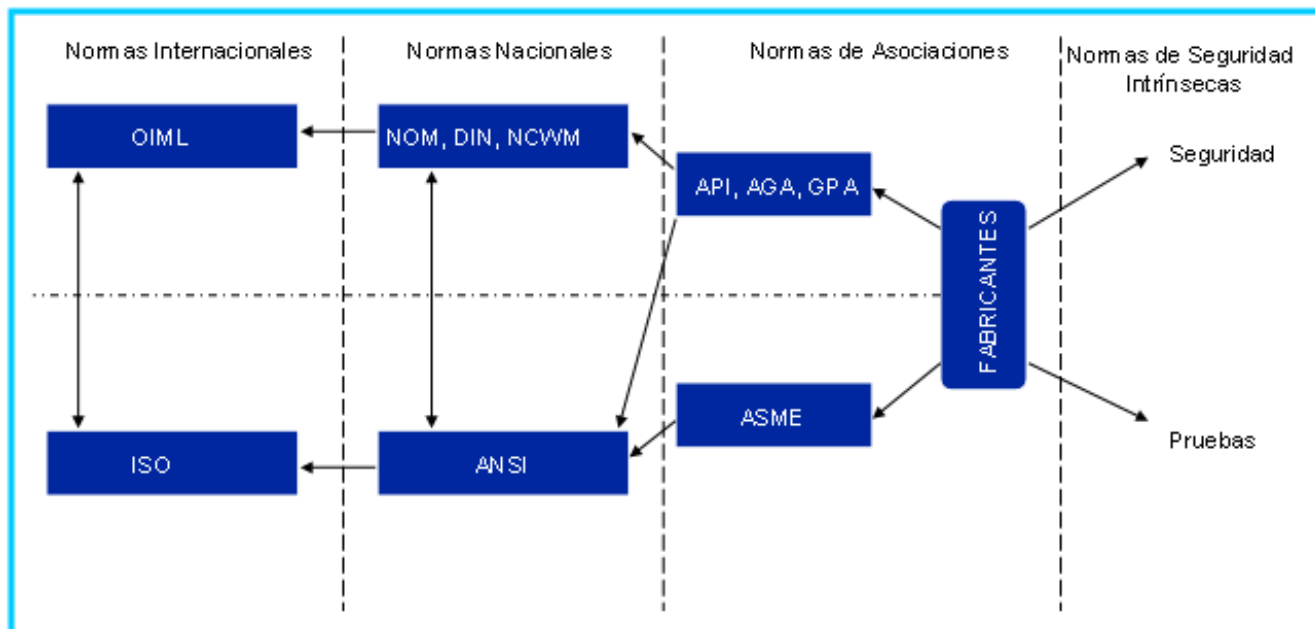
Certificación.- es el conjunto de procedimientos mediante los cuales una organización manifiesta que un producto, sistema o servicio cumple con las normas, lineamientos, especificaciones o recomendaciones.

El tema de estándares y control de calidad es fundamental al hablar de medición, ya que se aplica en muchas etapas y aspectos ella. Se requieren: al decidir que se quiere medir, al planear o diseñar los equipos a usar, al comprar equipo, al hacerles pruebas, al instalarlos, al manejar los datos leídos, al presentar o concentrar resultados, al evaluar otros procesos apoyados en esas mediciones; y al monitorear el desempeño mismo de un proyecto de medición.

Otros términos, también fundamentales al hablar de medición, son: calibración, patrones de referencia, unidades de medida, e índices de control.

Otros aspectos esenciales para que haya adecuados sistemas de medición en instituciones de gran tamaño, como suelen ser los organismos operadores de agua, son los de: logística, organización, desarrollo institucional, jerarquías, tiempos, sincronización, prevención, control, mantenimiento, capacitación. Sintetizando, se puede englobar todo esto bajo el término “*gestión de la medición*” (*entendiéndose por ello la administración, gerencia, o manejo del personal, equipos, procedimientos, etc. que permiten realizar el trabajo*).

Figura 33.0. Regulación legal



Fuente: CENAM

5.2 NORMAS O RECOMENDACIONES PARA INSTALAR MEDIDORES

Un sistema de certificación está incompleto si antes no ha habido una formalización de cuáles son las habilidades o conocimientos u otros criterios con los que se evaluará a cada aspirante a ser certificado y que permitirá decidir si es totalmente apto para ese trabajo específico.

Las normas y reglas para calificación pueden tener diferentes niveles de formalidad y rigor. Pueden tener cobertura a nivel internacional, a nivel nacional con carácter obligatorio (como las NOM), o nacional de tipo voluntario (como las NMX), pueden ser de carácter regional, o promovidas por una asociación como ANEAS, AWWA, o CONOCER (Consejo de Normalización y Certificación de Competencia Laboral); o cobertura estatal (cualquier comisión estatal de agua y saneamiento) o incluso local (establecidas por un particular organismo operador para sus propios fines y conveniencia, especialmente cuando la dinámica de las empresas vecinas es muy atrasada para llegar a acuerdos).

Existen ya algunas normas para trabajadores de sistemas de agua potable, publicadas por diversas instituciones del extranjero. En México, existen algunas normas de competencia laboral desarrolladas por conocer y otras del gobierno de Guanajuato.

Dependiendo del grado de desarrollo y confiabilidad en los procedimientos, con que una institución haga sus labores, se podrá hablar que trabaja bajo normas o simplemente que trabaja bajo criterios, experiencia o recomendaciones de algunos manuales genéricos.

Por ejemplo el manual de “macromedición” de CEPIS, incluye recomendaciones del siguiente estilo, para medidores de caudal:

- Cuando se ponen en funcionamiento nuevas instalaciones, o después de que se han hecho reformas, se debe dejar drenar el sistema antes de instalar medidores.
- Al pasar el líquido por el medidor, no debe alterarse ninguna de las características físicas del fluido.
- El medidor debe limpiarse cuidadosamente antes de instalarse.
- Los medidores no deben instalarse en el punto más alto de la tubería, donde puede acumularse aire.
- Los medidores siempre deben estar llenos de agua. En el caso de salida libre, aguas abajo del medidor, la tubería debe elevarse hasta la cabeza del mismo.
- Al instalar un medidor en la tubería, se debe tener cuidado de que las juntas de las bridas no se proyecten en la tubería.
- El medidor debe instalarse correctamente en relación al sentido del flujo del líquido.
- El medidor debe ubicarse concéntricamente a la tubería, sin forzar el medidor ni la tubería.
- En el lugar donde se instala el medidor debe existir siempre una presión superior a la diferencial producida por el medidor.
- El medidor debe colocarse en un tramo de tubería libre de perturbaciones en el flujo, tales como pulsaciones u ondulaciones.
- El medidor debe ubicarse en el eje horizontal de la tubería, entre dos tramos rectos y cilíndricos, en los cuales no haya obstrucciones o derivaciones, aunque no haya flujo de agua de/o para tales derivaciones. Las únicas conexiones que se admiten, en el caso de los medidores diferenciales, son los drenajes y las tomas de presión.
- El medidor debe instalarse entre dos bridas de la tubería.
- Cuando existen conexiones y/o accesorios en la tubería, se debe asegurar entre éstos y el medidor una tubería rectilínea del mismo diámetro del medidor. Las longitudes mínimas de las tuberías se indican en el siguiente cuadro, en función del tipo de medidor (norma ISO 5167 para orificios, toberas, tobera Venturi ISA, y Venturi) (Ver **Tabla 18.0**).

Ese mismo manual, así como varios otros, contienen diversas recomendaciones y especificaciones, incluyendo las de otros tipos de medidores (magnéticos, de nivel, ultrasónicos, etc.) *Longitudes rectas de acuerdo a la norma ISO 5167 para medidores primarios de presión diferencial (orificios, toberas, tobera Venturi ISA, y Venturi) en diámetros de tubería D múltiples.*

Tabla 18.0. Longitudes rectas de acuerdo a la norma ISO 5167									
Accesorio Aguas Arriba	<i>Dimensión</i>	Aparato	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.75
Codo simple	A tramo recto aguas Arriba	Orificios	14	16	18	20	26	28	36
		Toberas Venturi	—	0.5	0.5	1.5	3	4	4.6
Dos codos en el mismo plano	A tramo recto aguas Arriba	Orificios	14	16	18	20	26	36	42
		Toberas Venturi	—	1.5	1.5	2.5	3.5	4.5	4.5
Dos codos en planos distintos	A tramo recto aguas Arriba	Orificios	34	34	36	40	48	62	70
		Toberas Venturi	—	0.5	0.5	8.5	17.5	27.5	29.5
Reducción	A tramo recto aguas Arriba	Orificios	5	5	5	6	9	14	22
		Toberas Venturi	—	0.5	2.5	5.5	8.5	10.5	11.5
Expansión	A tramo recto aguas Arriba	Orificios	16	16	16	18	22	30	38
		Toberas Venturi	—	1.5	1.5	2.5	3.5	5.5	6.5
Válvula globo totalmente abierta	A tramo recto aguas Arriba	Orificios	18	18	20	22	26	32	36
		Toberas Venturi	—	—	—	—	—	—	—
Válvula compuerta totalmente abierta	A tramo recto aguas Arriba	Orificios	12	12	12	12	14	20	24
		Toberas Venturi	—	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	5.5
Todos los accesorios mostrados	B tramo recto aguas Abajo	Orificios	4	5	6	6	7	7	8
		Toberas Venturi	—	4d	4d	4d	4d	4d	4d

Fuente: IMTA

5.3 NORMAS PARA FABRICAR, ADQUIRIR O PROBAR MEDIDORES

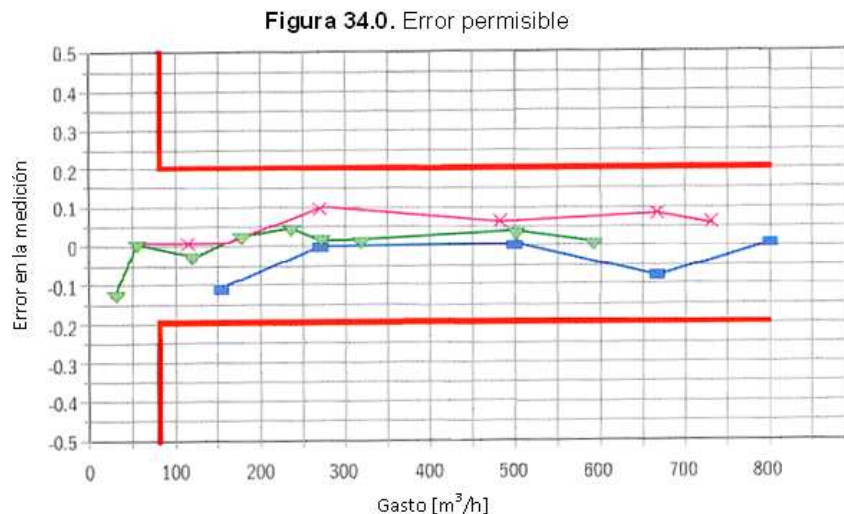
La adquisición de medidores y las pruebas para asegurarse que el fabricante realmente cumple con las especificaciones de sus equipos (*especialmente lo relativo a resistencia física, medidas para acoplamientos, precisión de medición y repuestos o soporte técnico*), debe estar sujeta a diferentes normas, tanto internas del organismo, como a otras más genéricas.

La cantidad, tipo, y dimensiones de los medidores, evidentemente debe seguir un plan o programa de desarrollo propio de la empresa de agua, congruente a la densidad de medición buscada, al tipo de consumidores que se tienen, al tipo de agua y a las condiciones de presión y continuidad en la red. Evidentemente lo que más interesa de un medidor, es que sus lecturas indiquen con fidelidad al fenómeno que se monitoreará. Sin embargo esto tiene su contraparte económica, pues a mayor precisión y exactitud de un equipo, sus costos de instalación y de mantenimiento (calibración), también aumentan. Entonces, se debe decidir, con criterios económicos y prácticos, la calidad de medición esperada. Esta calidad debe ser congruente al uso que se la dará a los datos (*tipo de decisiones o controles que se derivarán de esas medidas*) y a la madurez y logística organizacional para sistemáticamente leerlos y aprovecharlos.

Cuando se tenga bien definido lo anterior (*planes internos, objetivos y precisión*), será cuestión de investigar quien manufactura, y comercializa esos equipos, para adquirirlos. Dado que los medidores de agua, nivel y presión son equipos universalmente empleados, en infinidad de aplicaciones públicas e industriales, existen muchas normas y estándares escritos al respecto, que pueden aprovecharse. Un ejemplo de estas normas es la:

Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCFI-1004 sobre “medición de flujo de agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos - medidores para agua potable fría”, de la Dirección General de Normas.

Las pruebas a los equipos que se adquieran o manufacturas, pueden ser muy estrictas, pieza por pieza, o puede apoyarse en muestreos aleatorios, o incluso pueden dejarse a cargo de una institución certificadora. Esto dependerá del grado de confiabilidad que tenga el proveedor (*uno de miles de ejemplos es el “listado de proveedores confiables” que periódicamente edita el IMTA*). De cualquier manera es recomendable que toda “empresa de agua” tenga sus propios bancos de prueba para medidores domiciliarios; además de equipos de apoyo para verificar otros aparatos como manómetros, macromedidores, etc. Se tienen algunos parámetros para comparar en las pruebas del error de un medidor, en la **Figura 34.0**, se muestra señalado el rango de error permisible, recomendado en las normas.



5.4 CRITERIOS PARA EVALUACIÓN Y CONTROL DE LA MEDICIÓN

Para saber si un programa de medición está resultando benéfico, se pueden implantar una serie de índices de seguimiento, como los que se presentan a continuación, ejemplificados únicamente para el caso de *macromedición*, es decir aparatos para *medir suministros* de agua. Se pueden hacer evaluaciones y controles similares para los sistemas de: *micromedidores* (registro de consumos), seguimiento de *niveles en pozos* de extracción o en tanques de regulación, *presiones* en la red, y otras mediciones hidráulicas importantes.

El sistema de macromedición tiene un carácter dinámico que requerirá estar bajo control. Es importante indicar que en el proceso de evaluación y control, se contará con indicadores de desempeño, los que al variar considerablemente con relación a los patrones ya establecidos, indicarán la necesidad de hacer nuevamente el diagnóstico del sistema de macromedición y en caso contrario, sólo hacer ajustes normales en el sistema.

Estos indicadores de desempeño son coeficientes (porcentajes) que se obtienen del cociente de dos cantidades, alguna de ellas relacionada con la macromedición. Por ejemplo, si se quiere tener la evolución de la instalación de los macromedidores en la captación, se obtendrá periódicamente el coeficiente E_c , que se obtiene al dividir el caudal macromedido captado, entre el caudal total captado (estimado por pitometría). Si en un principio no existieran medidores, el indicador E_c sería igual a cero, y a medida que se fueran instalando más dispositivos crecería E_c hasta tenerse el valor de 100. El valor que se obtiene de los indicadores es relativo, ya que depende del estado actual de cada organismo operador y de los recursos de que disponga; por lo tanto, la comparación del valor de los indicadores debe hacerse en cada organismo con los valores que se obtuvieron en el pasado.

Para hacer sistemático el control y en consecuencia, la evaluación periódica, se sugieren los siguientes indicadores de calidad, cantidad, tiempo, costo y mantenimiento:

a) Calidad (cobertura)

$$E_c = \left(\frac{\text{Caudal macromedido captado}}{\text{Caudal total captado}} \right) \times 100 \dots \dots \dots E_c. (16)$$

En donde E_c evalúa la variación en la medición de los caudales captados (caudal captado es el que se tiene antes de la potabilización).

$$E_p = \left(\frac{\text{Caudal macromedido producido}}{\text{Caudal total producido}} \right) \times 100 \dots \dots \dots E_c. (17)$$

En donde E_p evalúa la variación en la medición de los caudales producidos (caudal producido es el que se tiene después de la potabilización).

$$A = \left(\frac{\text{No. de aforos realizados}}{\text{No. de aforos requeridos}} \right) \times 100 \dots \text{Ec. (18)}$$

En donde **A** evalúa la variación en el número de aforos.

$$A_m = \left(\frac{\text{No. de aforos realizados}}{\text{No. de macromedidores}} \right) \times 100 \dots \text{Ec. (19)}$$

En donde **Am** indica el porcentaje de lecturas hechas a los macromedidores con respecto al total instalado.

$$A_c = \left(\frac{\text{No. de calibradores}}{\text{No. de aforos}} \right) \times 100 \dots \text{Ec. (20)}$$

En donde **Ac** evalúa la variación en las calibraciones.

b) Cantidad

$$C_c = \left(\frac{\text{Volúmen medido captado}}{\text{Volumen captado total}^*} \right) \times 100 \dots \text{Ec. (21)}$$

En donde **Cc** evalúa la variación en la medición del volumen captado. * Estimado con pitometría

$$C_p = \left(\frac{\text{Volúmen medido producido}}{\text{Volumen producido total}^*} \right) \times 100 \dots \text{Ec. (22)}$$

En donde **Cp** evalúa la variación en la medición del volumen producido.

$$F_r = \left(\frac{\text{No. de formatos de recolección}}{\text{No. de unidades operacionales}} \right) \times 100 \dots \text{Ec. (23)}$$

En donde **Fr** evalúa la cobertura de formatos de recolección de datos existentes con respecto al número total, de unidades operacionales.

$$I_o = \left(\frac{\text{No. de informes operacionales}}{\text{No. de unidades operacionales}} \right) \times 100 \dots \text{Ec. (24)}$$

En donde **Io** evalúa la cobertura de informes operacionales con respecto al número total de unidades operacionales.

$$M_r = \left(\frac{\text{No. de medidores instalados}}{\text{No. de medidores requeridos}} \right) \times 100 \dots \text{Ec. (25)}$$

En donde **Mr** evalúa la variación en el No. de medidores instalados.

$$I = \left(\frac{\text{No. de empleados en el àrea de operacion}}{\text{No. de macromedidores instalados}} \right) \times 100 \dots \text{Ec. (26)}$$

En donde **I** evalúa el porcentaje de empleados por la cantidad de macromedidores instalados. Este indicador decrecerá con el tiempo, al aumentar el número de dispositivos de medición instalados.

c) Tiempo

$$T = \left(\frac{\text{Tiempo total empleado para restablecer la macromedición}}{\text{Tiempo patrón para mantenimiento}} \right) \times 100 \dots \text{Ec. (27)}$$

En donde **T** evalúa el tiempo requerido para habilitar uno o varios macromedidores, con respecto al tiempo patrón (promedio) que se requiere para restablecerlo.

$$Tra = \left(\frac{\text{Tiempo sin macromedición}}{\text{Tiempo total}} \right) \times 100 \dots \text{Ec. (28)}$$

En donde **Tra** indica el porcentaje de tiempo en que no se mide. Por ejemplo, si el reporte de la medición se realiza en forma manual cada mes, pero no se hacen mediciones los fines de semana, el valor de **Tra** será igual a 26.7 (8/30).

$$Trb = \left(\frac{\text{No. de días sin macromedición}}{\text{No. de días del mes}} \right) \times 100 \dots \text{Ec. (29)}$$

En donde **Trb** evalúa el porcentaje de días sin medición.

$$Ta = \left(\frac{\text{Tiempo para mantener un medidor}}{\text{Tiempo máximo para mantener un medidor}} \right) \dots \text{Ec. (30)}$$

En donde **Ta** evalúa la eficiencia del mantenimiento de los macromedidores.

d) Costo

$$CM = \left(\frac{\text{Egreso en mantenimiento de macromedidores}}{\text{No. de macromedidores instalados}} \right) \dots \text{Ec. (31)}$$

En donde **CM** evalúa el costo del mantenimiento por medidor instalado.

e) Mantenimiento

$$Mc = \left(\frac{\text{No. de servicios de mantenimiento correctivo}}{\text{No. de servicios de mantenimiento total}} \right) \times 100 \dots \text{Ec. (32)}$$

En donde **Mc** evalúa la eficiencia del mantenimiento preventivo. Si el indicador aumenta con el tiempo, significa que el mantenimiento preventivo es deficiente.

$$Mr = \left(\frac{\text{No. de juegos de piezas (Kits) de reserva}}{\text{No. de macromedidores instalados}} \right) \dots\dots\dots \text{Ec. (33)}$$

En donde **Mr** evalúa la disponibilidad de partes de repuesto por medidor instalado.

$$Mi = \left(\frac{\text{No. de macromedidores en reserva}}{\text{No. de macromedidores instalados}} \right) \times 100 \dots\dots\dots \text{Ec. (34)}$$

En donde **Mi** evalúa la disponibilidad de macromedidores para sustitución por mantenimiento o descompostura.

Estos indicadores sólo son algunos ejemplos de los muchos que se pueden definir. Cada organismo deberá definir o adoptar sus propios indicadores.

Para la aplicación de estos indicadores, se sugiere que el organismo operador establezca los periodos para su utilización, los formatos que los contendrán, así como el origen y destino de los datos o informes que se generen.

En lo que se refiere al **sistema de información para la macromedición**, por ser difícil su control total por medio de indicadores, podrá evaluarse a través de las siguientes acciones:

- Controlar el cumplimiento del flujo de información y las fechas límites, una vez definidos los procedimientos de recolección, procesamiento y divulgación.
- Controlar la calidad de las informaciones almacenadas y divulgadas, a través de métodos sistemáticos de validez manuales o computarizados.
- Controlar el tamaño del banco de datos manual, con miras a identificar la posible necesidad de computarizarlo.
- Programar la realización de encuestas con el personal de operación, para evaluar la eficacia de los formatos de recolección existentes y con los usuarios de los informes, para evaluar la calidad, utilidad y oportunidad de las informaciones generadas, así como la necesidad de otros datos adicionales.
- Controlar la calidad de los datos e informaciones generados, a fin de identificar posibles necesidades de capacitación.
- Controlar la racionalidad de los medios de transporte de datos e informaciones.

En la **Figura 35.0**, se muestra un esquema de la importancia que tiene el sistema de información en el interior de la empresa de agua.

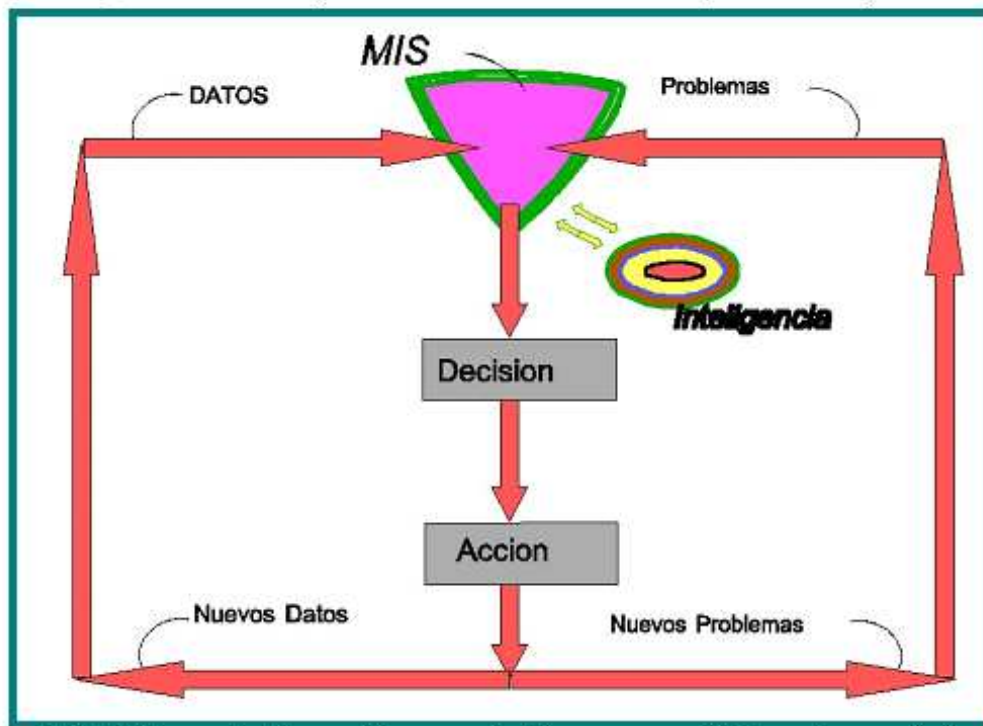
5.5 NORMAS DE CALIDAD DEL SERVICIO AL PÚBLICO

Así como se dice que hay que exigir calidad y cumplimiento de normas a quienes fabrican medidores o le ofrecen cualquier tipo de producto o servicio a la empresa de agua,

igualmente la empresa debe exigirse a si misma, o los ciudadanos (sus clientes) exigirle, que cumpla con ciertos estándares de calidad de servicio.

Entre ellos está la oportunidad en la entrega del agua, sus características de cantidad, presión y pureza. Pero hay muchos otros estándares, como es la rapidez de atención a problemas, la ausencia de errores en la cobranza, la facilidad para que se hagan pagos, etc. La **Tabla 19.0** muestra una oficina de atención al público, de un organismo operador.

Figura 35.0. Flujo de información en la empresa de agua.



MIS: "Sistema de información gerencial" (*management information system*)

Fuente: IMTA, manual "Sistemas de información gerencial y evaluación del desempeño"

Tabla 19.0. Atención al cliente.



Fuente: IMTA.

Definitivamente la medición hidráulica representa tener mecanismos de exploración para conocer y responder algunas de las cuestiones anteriores. Sin embargo un “proveedor confiable” debe cumplir muchos más requisitos, que el disponer de medidores.

En este sentido, internacionalmente se ha adoptado una serie de normas para evaluar la confiabilidad de las empresas, que se conocen popularmente como las “ISO-9000”. Para las empresas de servicio, como serían las de abastecimiento de agua y alcantarillado, es aplicable la ISO-9002, que para el caso de México la Dirección General de Normas tradujo y publicó en 1995 como la: NMX-CC-004: 1995 IMNC “*sistemas de calidad - modelo para el aseguramiento de la calidad en producción, instalación y servicio*”

Estas normas son muy genéricas y básicamente dicen que se deben tener escritos los procedimientos a usar, y seguirlos cabalmente. Por su misma generalidad, son útiles, sin embargo, además de ello, una empresa de agua necesita normas y procedimientos más concretos, y son importantes sus criterios y normas de calidad interna.

Algunos ejemplos de normas de calidad interna serían:

- Tiempo de respuesta a solicitudes o quejas de clientes (consultas o aclaraciones sobre lecturas de medidores).
- Frecuencia y contenido de reportes periódicos al público, o instituciones normativas, que contengan información sobre: volúmenes de agua (*extraídos, desinfectados, vendidos*); aguas negras (*recibidas, tratadas, desechadas*); presiones en la red, niveles en los pozos, etc. Todo tiene que ver con temas de medición, aunque no necesariamente todos los datos los genera y obtiene una misma área de la empresa, sin embargo debe haber sincronización y coordinación para que tales reportes sean congruentes y salgan a tiempo.

En el siguiente apartado se dan otros comentarios sobre calidad y confiabilidad del servicio.

5.6 SINCRONIZACIÓN, NORMATIVIDAD, CONFIABILIDAD Y CALIDAD

Hay instituciones con extensos y complejos organigramas para su funcionamiento interno, donde puede haber muchos departamentos involucrados con la generación o el uso de datos, por lo que debe haber mecanismos (normas, reglas) para asegurar un flujo confiable y rápido de la información, y para precisar las responsabilidades y posibilidades de interacción entre departamentos.

Frecuentemente quienes se encargan de la medición rutinaria, no tienen una liga directa con quienes hacen aforos de verificación. Quienes requieren la información al día para conocer el estado de operación y actuar con prontitud, no tienen línea de mando sobre quienes miden y concentran los datos.

Desde luego nunca podrá haber una organización perfecta, ante las múltiples tareas y problemática que debe atender un organismo de agua y alcantarillado. Hay infinidad de posibilidades de estructura orgánica; y muchas de ellas pueden ser apropiadas, siempre y cuando existan canales de información, formales y bien definidos, para que haya mayor interacción y agilidad en la comunicación entre departamentos.

Otro aspecto importante, relacionado a la logística y al organigrama es lo referente a normatividad o normalización (*definición de funciones, normas escritas, procedimientos de control de calidad*).

Se podría hablar de una lista de cosas a revisar si existen o su nivel de detalle e implementación. En la **tabla 20.0** para chequeo y control de avances se ejemplifican algunos conceptos:

Es recomendable elaborar un diagrama que indique las gerencias, departamentos y secciones que tienen que ver con la medición o el uso de esos datos. Resultará muy útil e ilustrativo si ahí se agrega una representación de los flujos de información de **entrada**, las rutinas de **transformación**, y las **salidas** hacia un nuevo usuario.

Se deberán indicar también los contenidos y características de esa información, sus frecuencias y sus mecanismos de validación o verificación. En otras palabras, hay que especificar cuáles y quienes son “*las materias primas, los proveedores, los clientes internos y los productos*”.

Para finalizar, es conveniente recordar lo que es **confiabilidad**, concepto aplicable tanto a proveedores de servicios (*proveedor confiable*) como a procesos de medición: (*reliability = the extent to which an experiment, test, or measuring procedure yields the same results on repeated trials*)

Confiabilidad es el grado en que un servicio, procedimiento, experimento, prueba, o medición arroja los mismos resultados cada vez que se hace.

Es decir, algo es confiable cuando tiene procedimientos homogéneos, y no dependen de la persona que los hace, su estado de ánimo, el clima, etc.

TABLA 20.0. CHEQUEO Y CONTROL DE AVANCES

Conceptos de normatividad y logística relacionados a la <u>medición</u>	Estado actual (año) en mi empresa	Quien planea o genera normas	Quien opera o respeta normas	Quien supervisa o usa resultados
Existencia de metodología y criterios para evaluar necesidades de equipos o de sistema de información (cantidades, sitios, tipos, precisiones, vida útil, etc.).	ND			
Existencia de normas para <u>adquisición</u> de medidores.	ND			
Existencia de normas para <u>instalación</u> de medidores	ND			
Existencia de normas para <u>calibración, ajuste o mantenimiento</u> de medidores.	ND			
Existencia de normas para <u>lectura y reporte</u> de medidores Volumétricos	NF			
Existencia de normas para lectura y reporte de medidores de PRESIÓN	ND			
Existencia de normas para lectura y reporte de medidores de NIVEL de agua.	ND			
Existencia de normas específicas para <u>otro tipo de mediciones</u> complementarias (consumos eléctricos, temperaturas, posiciones de compuertas, estado de motores, etc.).	ND			
Formatos para lectura y reporte de información, aforo o trabajos de <u>verificación o calibración</u> .	NF			
Definición de fechas y <u>periodicidad</u> de lectura en cada de monitoreo	NF			

TABLA 20.0. CHEQUEO Y CONTROL DE AVANCES (continuación)

Conceptos de normatividad y logística relacionados a la <u>medición</u>	Estado actual (año) en mi empresa	Quien planea o genera normas	Quien opera o respeta normas	Quien supervisa o usa resultados
Definición de fechas o casos y periodos de verificación (aforos de comprobación, o similar) en cada sitio	NF			
Número de parámetros que deben incluirse e cada reporte mensual	ND			
Establecer rangos de valores aceptables para lecturas de cada equipo y sitio, y situaciones de alarma.	ND			
Reglas de <u>validación</u> de datos (confrontación y verificación de datos)	ND			
Definición de estructura y contenido de un <u>informe mensual</u> (revisión y aprobación por diferentes áreas usuarias).	NFI			
Definición de número de ejemplares del informe periódico y sitios de divulgación.	NF			
Periodos para revisión y comentarios a un informe (periodo para enviar sugerencias o aclaraciones de los usuarios, para ser incluidos en siguiente informe).	ND			
Definición de <u>índices de evaluación</u> para los sistemas de: macromedición, micromedición, presiones, calidad del agua, niveles en pozos, etc.	ND			

TABLA 20.0. CHEQUEO Y CONTROL DE AVANCES (continuación)

Conceptos de normatividad y logística relacionados a la <u>medición</u>	Estado actual (año) en mi empresa	Quien planea o genera normas	Quien opera o respeta normas	Quien supervisa o usa resultados
Evaluación de estado del sistema y metas (estado actual de la medición y planes de mejora). Es decir, cuantificar valores de índices de control y proponer metas a diferentes horizontes de tiempo.	ND			
Definición y establecimiento del “sistema de seguimiento a los índices de evaluación”, i.e. sistema de control de calidad de la medición.	ND			
Definición de <u>estructura</u> y contenido de un <u>informe concentrado anual</u> (revisión y aprobación por diferentes áreas usuarias). E.g. incluir gráficas de evolución, tendencias, comparar con metas, etc.	NFI			
Definición de número de ejemplares y sitios de divulgación de informe anual.	NF			
Periodos para revisión y comentarios a un informe previo (periodo para enviar sugerencias o aclaraciones de los usuarios, para ser incluidos en siguiente informe)	ND			
Periodos y reglas para revisar eficiencia y eficacia del sistema de medición (calidad y uso de la información)	ND			

Simbología para notas: **ND** = no disponible.- debe desarrollarse; **NF** = no formal.- existe algo, pero falta definirlo como normatividad más estricta; **NFI** = no formal, y además posiblemente incompleto.

OBJETIVO PARTICULAR

A través de las auditorías de agua y la instrumentación de diversas medidas, una empresa de servicio de agua puede trabajar con los usuarios de agua residencial y comercial, para mejorar el uso eficiente del agua.

6.1 INTRODUCCION



Figura 36.0

La gestión del agua requiere actuaciones que inciden en todos los sectores económicos y sobre todos los agentes sociales. Las medidas normativas y tecnológicas son importantes, pero la verdadera clave de la gestión de la demanda de agua radica en la creación de una nueva cultura del agua, gracias a la cual los ciudadanos y ciudadanas se hagan responsables, voluntaria y desenfadadamente, del buen uso de un recurso escaso y vital. En este punto es donde las auditorías del agua cobran todo su valor.

A través de las auditorías de agua y la instrumentación de diversas medidas, una empresa de servicio de agua puede trabajar con los usuarios de agua residencial y comercial, para mejorar el uso eficiente del agua y la energía. En muchos casos, estas auditorías pueden orientar al usuario final para determinar las principales oportunidades de ahorro y actúan como un catalizador para inducir a la instrumentación de medidas de eficiencia.

Las auditorías del agua residencial pueden producir grandes ahorros de agua. Las auditorías residenciales frecuentemente son críticas para la detección de sanitarios, grifos y tuberías con fugas, así como para informar a los residentes sobre las oportunidades de ahorrar agua con la aplicación de diversas medidas. También es una buena forma de educar a los consumidores sobre muchas de las tecnologías que existen para ahorrar agua.

Sería conveniente enfocar las auditorías de agua a grupos que pudieran obtener el mayor beneficio de ellas, como las casas o departamentos más antiguos que pueden tener más oportunidades de mejoras. Para este tipo de usuarios, es usual que el consumo de agua se distribuya de la forma que se muestra en la **Figura 37.0**.

El agua es un recurso limitado. En promedio una persona que tiene acceso al servicio de agua potable, usa cerca de 739 litros por día, solo para usos del hogar. Mucha de esa agua es desperdiciada.

Figura 37.0. Usos de agua en los hogares



Fuente: Texas Water Development Broad (TWDB)

Por ejemplo, un proyecto piloto de una auditoría de agua de cuatro meses de duración, realizado en el municipio de Thokoza, Sudáfrica, dio como resultado ahorros anuales de 195 millones de litros de agua y 2 millones de rands sudafricanos (US \$250,000) para aproximadamente 2,000 propietarios de casas. Durante este tiempo, 24 empresarios del municipio también fueron capacitados en plomería básica, haciendo posible que continuaran con sus pequeños negocios propios. Las auditorías del agua pueden ayudar a los clientes más grandes de las empresas de servicio de agua, como son los complejos agrícolas, plantas manufactureras, conjuntos de edificios y universidades, a instalar sus propios programas de administración de agua.

Por ejemplo, una auditoría de la energía y el agua utilizada en una fábrica textil en Ecuador, identificó medidas para reducir el uso de agua en casi un 25%. Las recomendaciones incluían la reutilización del agua proveniente de los procesos de enjuague y teñido, la optimización del equipo de lavado, la minimización de las operaciones de bombeo de agua y la sustitución de motores de bombas ineficientes. El costo de la instrumentación de estas medidas para ahorrar agua fue de solamente \$2,652 dólares con un ahorro anual de casi \$22,000.90 dólares. (*Revista Watergy*)

6.2 OBJETIVO DE LA AUDITORÍA.

El término "pérdida de agua", ahora se analiza en dos categorías separadas que permitan a los servicios de agua poner pérdida de la distribución en la categoría de la pérdida y las inexactitudes y el hurto verdaderos del medidor en pérdida evidente. Con el sistema actual de poner todos los tipos de pérdida en una categoría, el organismo no se podía enfocar o dirigir sus recursos al área de la pérdida.

El organismo conjeturaba simplemente en cuanto al área que necesitaba ayuda. Poner auditorías en ejecución en el ciclo de negocio, permitirá la operación para el servicio general llegar a ser más eficiente con cada año que pasa. Los prestadores del servicio necesitan entender que puede tomar tiempo antes de ver resultados, que se esperan de un programa de reemplazo de medidor y/o de un programa de la detección de pérdidas físicas. Inicialmente, redes más pequeñas pueden considerar que la puesta en práctica de auditorías autorizará algunas estimaciones. Sobre varios períodos del año, estos sistemas más pequeños considerarán que la obtención de datos válidos les asiste en bajar sus pérdidas.

Las auditorías de la base son las auditorías de papel que utilizan datos que el organismo debe ya tener sin requerir de trabajo en campo para obtenerla. A éstos se les llama "ejercicios de escritorio". Los datos se transfieren de otros informes al formato de la auditoría del agua, permitiendo al organismo considerar qué áreas autorizan más trabajo en el terreno. Este tipo de auditoría es típicamente menos costosa que una auditoría que tenga una mayor profundidad.

Auditoría a fondo. Los organismos confirman los datos usados en la parte de la base. En las auditorías a fondo se pone en ejecución generalmente solo después que el organismo hace que una comprensión cuidadosa de los resultados de base se revise. La auditoría a fondo es más costosa, debido a la cantidad de tiempo, de horas del personal y de trabajo detallado que se requiere. Incluyen cada aspecto del organismo: expedientes de facturación, sistema de la distribución, principios de contabilidad, y el resto de los programas dentro del organismo.

Esta auditoría identificará todas las ediciones internas que estén evitando que el organismo alcance una eficacia alta. Los organismos pueden poner este método en ejecución una vez que hayan terminado varias auditorías de base. Después de conducir una auditoría base, el organismo debe desarrollar los procedimientos necesarios para aumentar su eficacia total y explicar cómo cada categoría cabe en la comprensión total de un programa de recuperación de pérdidas de agua. Cuando el organismo considere que la pérdida de agua es alta, el primer paso es desarrollar un plan sistemático que reduzca el volumen de pérdida a un nivel aceptable. Como con cualquier negocio, los planes a corto plazo y a largo plazo necesitan ser realizables. Los costos estimados se deben desarrollar e incluir para cada plan. La pérdida de agua no es la gran ciencia; sin embargo; el organismo debe examinar cuidadosamente que realmente se ponderen de las necesidades de cada aspecto de un organismo para identificar las áreas principales de la pérdida de agua.

Cuando el organismo comienza a poner auditorías del agua en ejecución en su plan de negocio, pueden llegar a ser más eficientes centrándose en las áreas problemáticas que fueron identificadas por la auditoría de la base. Con costos que disminuyen y de incrementos de la disponibilidad del agua, del tratamiento de aguas, este tipo de auditoría se utilizará más extensamente. Mientras que los organismos estén más enterados de las circunstancias que afectan pérdida de agua, podrán tratar y disminuir pérdida de agua.

Las auditorías se diseñan para dirigir el organismo a la categoría apropiada de la pérdida de agua de modo que el organismo pueda centrar sus recursos en áreas específicas de la pérdida de agua, de tal modo que puede utilizar sus recursos con eficiencia. Reduciendo al mínimo la pérdida de agua, el organismo disminuirá con eficacia su necesidad de localizar fuentes de agua adicionales. Debe ser observado que la pérdida verdadera representa un recurso perdido, pues el organismo ha gastado recursos financieros en la producción de esta agua. La pérdida de agua reducida al mínimo puede disminuir la búsqueda para que los recursos de agua futuros resuelvan la demanda.

Usando esta metodología, junto con la puesta en práctica de auditorías en las operaciones para uso general; el organismo debe tener una gota incremental en pérdida de agua cada año. Como cualquier plan de negocio, tomará varios años para que los organismos comiencen a ver los efectos de poner este procedimiento en ejecución. Por lo tanto, las metas deben ser a largo plazo pero ciertamente realizables.

6.3 ETAPAS DE LA AUDITORIA.

Además de las actividades propias para cada etapa, es recomendable realizar otras acciones que hemos llamado complementarias. Éstas aportarán los conocimientos necesarios sobre el ciclo del agua y los problemas ambientales asociados a éste. El desarrollo de la auditoría, tal y como se ha organizado en este capítulo, se debe llevar a cabo con el apoyo de un equipo técnico.

Este asesoramiento consiste en la realización de reuniones periódicas y en la posibilidad de poder resolver problemas del día a día o consultar nuevas propuestas, inclusive por teléfono o correo electrónico con las personas que forman el equipo.

Las diferentes fases del programa y sus actividades están planteadas para que sean desarrolladas por los organismos operadores, en todos sus niveles, o incluso en casa habitación o instituciones diferentes. Hay que tener en cuenta que para realizar un uso eficiente del agua en el lugar de estudio, deben de estar implicadas todas las personas que convivan en él.

Para llevar a cabo la auditoría se recomienda organizar y distribuir las actividades desde el comienzo, definiendo cada una de éstas, así como a sus responsables y los agrupamientos más adecuados en función del número de sitios u oficinas que participan en el programa. Para llevar a buen fin el desarrollo de la auditoría del agua se recomiendan los siguientes aspectos:

- Constituir un grupo de trabajo inicial en el lugar en que se realice el estudio. Este grupo será el encargado de coordinar todas las tareas relacionadas con la auditoría del agua, de su programación y ejecución.
- Presentar los objetivos y fases de la auditoría tanto, a los participantes como a los representantes de la autoridad del lugar, llegando a un compromiso compartido de participación y desarrollo del programa.
- En relación a la auditoría inicial es importante concretar el periodo de tiempo que se va a dedicar, respetando los tiempos y las motivaciones de los participantes. Una recolección de datos extendida en el tiempo, así como su correspondiente interpretación, puede conducir a la pérdida de interés y a la necesidad de comenzar de nuevo. Para la elaboración final del informe de auditoría inicial se puede nombrar un representante por grupo de trabajo. El grupo que se haya elegido como autoridad en el ejercicio, desempeñará en este momento un papel importante en cuanto a la coordinación y revisión final de los resultados.
- Es conveniente que el grupo de autoridad intervenga en la redacción del informe final, ya que éste se deberá presentar al conjunto de todos los que conviven en el lugar de estudio.
- Tanto para la elaboración del *plan de acción* como para su ejecución y seguimiento recomendamos constituir una comisión ambiental. Con ello, además de la elaboración, planificación, ejecución, seguimiento y evaluación del propio plan, se garantiza la participación de todo el lugar y, sobre todo, la continuidad del esfuerzo inicial realizado, pudiéndose ampliar con la experiencia la auditoría a otros ámbitos, como los materiales y residuos, la energía, etc.

6.3.1 Definición del problema.

Se propone la búsqueda de noticias relacionadas con la problemática del agua en la región en donde se va a realizar el ejercicio de la auditoría: contaminación, escasez, mal uso, etc., y establecer una relación de causas.

El objetivo de esta actividad es sensibilizar los participantes con la problemática del agua en la región, averiguar sus causas y consecuencias, de forma que la auditoría del agua cobre más sentido para los integrantes del equipo de trabajo y les lleve a propuestas posteriores de participación.

Organización y desarrollo

La actividad se organiza en dos fases. Durante la primera, los participantes, habrán de realizar una búsqueda de artículos, reportajes, noticias de prensa, televisión, Internet u otras fuentes, que reflejen la situación del agua en la región.

La segunda consistirá en la realización de un debate sobre:

¿Cómo solucionar los problemas del agua en la zona?, ¿A quién corresponde su solución?

Para la actividad se sugiere:

- Organizar el total de personas participantes, en grupos de trabajo.
- Visitar las bibliotecas para realizar búsquedas documentales y recopilar la prensa diaria.
- Investigar en Internet, como fuente de información y documentación.
- Al ser una búsqueda de información, se puede mantener el trabajo durante una semana, un mes o el tiempo que se estime oportuno. Para ello se puede encargar de la recopilación a un grupo de trabajo cada semana o mes.

Realizar el resumen temático de la prensa

Se organiza y planifica la búsqueda de información sobre el agua en la región. Se puede distribuir a cada grupo por los diferentes lugares donde obtener la información: bibliotecas, Internet, etc. Las consignas que se les dará son las siguientes:

- Buscar noticias, reportajes y entrevistas que se hayan dado sobre la situación del agua en la región en el último año.
- Fotocopiar, fotografiar, escanear, grabar, resumir o hacer esquemas de dicha información, en función del tipo de formato: prensa, radio, televisión, Internet, etc.
- Realizar un dossier con toda la información y, a partir del mismo, los grupos debatirán las siguientes cuestiones: ¿Existen problemas con el agua en la región?, ¿Qué problemas reflejan o destacan los artículos recopilados?, ¿Podrían enumerarlos?, ¿A qué creen que son debidos los diferentes problemas del agua?, ¿Cuáles son las causas que los originan?

Para responder a estas cuestiones deberán leer y analizar las noticias o documentos recopilados:

- Idea principal del texto o de la noticia.
- Aspecto del agua que refleja o trata: escasez, contaminación, etc.
- Partes implicadas.
- Lugar o lugares afectados, etc.

Debate en torno a las noticias

Una vez que cada grupo ha debatido y respondido a las anteriores preguntas, se exponen sus conclusiones al resto del grupo de trabajo y se debate sobre:

- ¿Qué soluciones se plantean o se sugieren a los problemas del agua?
- ¿Quién creen que es responsable de los problemas?
- ¿Quién creen que es responsable de las soluciones?
- ¿Qué iniciativas conocen o han leído que hayan sido planteadas para solucionar los problemas de escasez y contaminación?
- ¿Qué otras alternativas al problema de la escasez de agua se les ocurren?

Este debate se puede complementar discutiendo en grupos, defendiendo o contradiciendo con argumentos, las siguientes frases:

- Cada persona tiene derecho a hacer un poco lo que quiera con el agua puesto que el agua es de todos y todas.
- La tecnología no puede resolver todos los problemas de contaminación y escasez de agua si las personas no cambian algunas actitudes y comportamientos.
- Tendríamos que cambiar nuestros hábitos de consumo de agua y así no tener problemas en épocas de sequía o escasez de lluvias.
- La comodidad del ser humano es más importante que la protección de la naturaleza.
- Las actividades que se realizan habitualmente en un organismo no inciden de ningún modo en la disposición y estado de los recursos hídricos.
- La solución de los problemas ambientales relacionados con el agua está en manos de la administración, no creo que yo individualmente pueda contribuir a su solución.
- No creo que sea posible mejorar el uso que se hace del agua en el lugar de la auditoría.

Una vez concluido este debate, los encargados de organizar las discusiones, resumen las opiniones y los líderes de cada grupo de trabajo, explican la necesidad de participar en el programa.

Todas estas actividades iniciales ayudan a comprender el problema sobre el que van a actuar, conocer el procedimiento a seguir y tomar conciencia de la necesidad de actuar individual y colectivamente para resolver los problemas ambientales.

6.3.2 Recolección de información.

Consiste en la investigación y el análisis de la situación ambiental del organismo, institución o lugar en donde se está llevando a cabo la auditoría. Es decir, se trata de diagnosticar el consumo, uso y gestión del agua en el sitio. Para ello se obtiene información mediante observaciones, cuestionarios y entrevistas. La recolección de información se puede dividir en dos temas principales, esto facilita la división del trabajo en campo puesto que se pueden cubrir los dos ámbitos al mismo tiempo.

Estas dos partes son:

➤ **Infraestructura existente.**

➤ **Hábitos de consumo.**

A continuación, se detallan las actividades de cada uno de estos objetivos:

6.3.2.1 Infraestructura existente.

Esta fase es muy importante debido a que permitirá detectar los aspectos sobre los que se necesita intervenir en relación a la instalación (grifos, cisternas, sistema de riego, etc.). Se trabajará igualmente sobre el ciclo del agua hasta su llegada al sitio de la auditoría (captación, infraestructuras, potabilización, red de distribución, etc.).

Convendría realizar visitas a la planta de tratamiento de agua potable o desaladora más cercana al municipio pues permitirá ilustrar de manera muy concreta este tema. En primer lugar, es preciso conocer varios datos del sitio de los trabajos para poder realizar posteriormente algunos cálculos. Para ordenar esta información se recomienda usar la **Tabla 21.0**, para cada uno de los edificios que formen el organismo o el conjunto habitacional.

Tabla 21.0. Datos del sitio

Identificación del edificio	
Nombre del organismo:	
Dirección:	
Localidad:	
Municipio:	CP:
Características físicas del edificio	
Superficie total del recinto:	
Superficie construida:	
Superficie impermeabilizada*:	
Superficie de los espacios verdes:	
Fecha de construcción del organismo:	
Fecha de la última reparación, reforma, etc.:	
Organización	
Número de trabajadores / habitantes:	
Número de personas ambulatorias (visitas):	
Número total de personas:	
Observaciones y comentarios	
(*) Se deben sumar las superficies de tejados a las de patios, zonas de aparcamiento, cubiertas con asfalto, losetas, etc.	

El volumen de agua consumida y su costo permitirá obtener datos como el consumo total de agua por persona o el consumo diario de agua por metro cuadrado de zona verde, se recomienda hacer uso de la **Tabla 22.0**.

Para ello será necesario previamente disponer de los recibos de agua del lugar del último año. Estos datos, comparados con el promedio esperado para lugares de características semejantes, permitirán establecer en qué medida nos acercamos o alejamos de ella, si se derrocha o no agua, etc.

También facilitarán las pautas para fijar los objetivos de ahorro de agua. Por ejemplo, reducir nuestro consumo de agua en un cierto porcentaje.

Tabla 22.0. Datos del consumo

Recibo (fecha)	Volumen de agua consumida en m ³	Costo
Primer bimestre		
Segundo bimestre		
Tercer bimestre		
Cuarto bimestre		
Quinto bimestre		
Sexto bimestre		
Volumen total (anual)		
Volumen diario (365 días ¹)		
Volumen diario (254 días ²)		
Coste total de abastecimiento		
Coste unitario medio (\$ / m ³)		

Con estos datos básicos se pueden calcular los siguientes índices

- ☀ Consumo total de agua en litros por persona y día (365 días¹): _____
- ☀ Consumo total de agua en litros por persona y día (220 días²): _____
- ☀ Costo de agua en euros por persona al año: _____
- ☀ Consumo diario de agua por m² de zona verde: _____
- ☀ Coste anual del agua en euros por m² de zona verde: _____

(1) Si el organismo permanece abierto durante los 12 meses del año.

(2) Si el organismo sólo permanece abierto en los días hábiles del año.

Por otro lado, es interesante saber cómo es físicamente el organismo, es decir, conocer sus dependencias, espacios, edificios, etc., e identificar en él los puntos de agua y por dónde discurre en la instalación.

Disponer de planos del organismo ayudará a organizar y distribuir las diferentes tareas que se deben acometer, y permitirá conocer muchas de las infraestructuras y artilugios que se precisan para que al abrir un simple grifo se pueda disponer de agua.

En relación a la descripción de la instalación de agua, una vez situada ésta en el plano del recinto, es importante familiarizarse con los diferentes equipamientos y dispositivos: grifos, urinarios, sistema de riego, etc.

Para ello se deben utilizar formularios diseñados para cada equipo, por ejemplo las **Tablas 23.0 y 24.0**, se muestran algunos ejemplos, en la **Figura 22.0** se muestra un formulario para los sistemas de riego.

Es conveniente que además de identificar los distintos dispositivos se comprenda cómo funciona cada uno de ellos, para poder comprobar su estado, además se puede hacer una clasificación por lugar en donde se encuentren. Con respecto a la realización de observaciones, hay que acordar previamente cuántas se van a realizar, qué días y en qué momento. Una vez hechas se organizarán sus datos en un resumen, que contengan el total de todos los equipos levantados.

Tabla 23.0. Formulario para cuantificar grifos

Tipo	Ruleta	Monomando	Temporizador	Electrónico
Número				
Estado (SF /F /FI)*				
<p>Nº total de grifos: _____</p> <p>Comentarios (grifo estropeado, grifo abierto, objetos o sustancias que se vierten por el sumidero, etc.):</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>				

(*) SF: Sin Fugas, F: Fugas (goteo) y FI: Fugas importantes

Si la auditoría se está realizando a usuarios domésticos, se puede utilizar el formulario mostrado en la **Figura 39.0**. Éste se puede enviar por correo a todos los usuarios registrados en el padrón, se debe fomentar su llenado y envió con algún incentivo.

Al término de los trabajos de campo, se debe tener información suficiente para conocer el ciclo del agua desde sus fuentes de captación hasta su consumo y establecer el estado inicial de la instalación.

Con los resultados obtenidos se debe realizar:

- Un plano de la zona donde se ubica el organismo con respecto a la localidad o municipio, hacer dibujos y/o tomar fotografías de las fachadas exteriores del

organismo. En este plano se pueden situar los nombres de las calles y edificios más representativos, así como aquellos elementos que tengan que ver con el abastecimiento y recogida de agua: canales, planta de bombeo, tuberías, etc.

- Plano del recinto del organismo, en el que aparezcan los diferentes edificios y dependencias (oficinas, área de comedor, biblioteca, baño, etc.). En él se trazarán las entradas de agua, la red de evacuación de efluentes, el recorrido que realizan las tuberías, la red de evacuación de aguas de lluvia y la red del sistema de riego del jardín.

Tabla 24.0. Formulario para cuantificar inodoros

Tipo	Cisterna elevada	Pulsador/Tirador	Fluxómetro
Número			
Volumen de cisterna			
Tiempo de funcionamiento			
Estado (SF/F/FI)*			

Nº total de inodoros: _____

Comentarios (cisterna estropeada, objetos o sustancias que se eliminan por el urinario, etc.):

(*) SF: Sin Fugas, F: Fugas (goteo) y FI: Fugas importantes

Para realizar las observaciones se deben distribuir los diferentes espacios o dependencias entre los grupos de trabajo. A continuación cada grupo completará un resumen de acuerdo al formato designado, con relación al espacio que le ha sido asignado y, por último, recopilarán todos los datos en resumen único, que será parte del primer informe de la auditoría.

Figura 38.0. Formulario para sistemas de riego

Jardín y Patio
 ¿Hay agrupación de plantas en función de las necesidades de agua? sí no
 ¿El tipo de plantas se adapta a la disponibilidad de agua de la zona? sí no

Sistema de riego
 A manta
 Manguera
 Goteo N° de salidas del goteo: _____
 Riego aéreo con aspersores N°: _____ difusores N°: _____
 Programador automático de riego en función del: tiempo Horas/día: _____
 sensor de humedad

Estado: _____
 Causas: _____

Frecuencia de riego
 Número horas/día: _____ Momento del día: mañana tarde noche

Especies	Número de individuos	Superficie
Árboles exóticos		
Árboles/arbustos autóctonos		
Plantas aromáticas		
Césped		
Tapizantes		

Limpieza
 Limpieza con escoba, cepillo u otro utensilio Limpieza con manguera

Comentarios:

Tabla 25.0. Valores del cuestionario de hábitos de consumo

# de pregunta	Respuestas				
	Nunca	A veces	Bastantes veces	Muchas veces	Siempre
1	4	3	2	1	0
2	4	3	2	1	0
3	4	3	2	1	0
4	4	3	2	1	0
5	4	3	2	1	0
# de pregunta	2 a 3 veces	4 a 5 veces	Más de 5 veces		
6	0	2	4		
7	0	2	4		
# de pregunta	Si	No			
8	0	4			
9	0	4			
10	0	4			
11	0	4			

6.3.2.2 Hábitos de consumo.

Es importante saber cómo cada cual utiliza el agua. Se propone, en primer lugar, completar individualmente un cuestionario sobre la forma en que se utiliza el agua, los hábitos, se puede tomar como base el cuestionario y mostrado en la **Figura 40.0**, en la **Tabla 25.0** se muestra la forma de valorar el cuestionario.

En él se plantean cuestiones que pretenden valorar los hábitos previos de las personas acerca del consumo del agua, así como la detección de las buenas y malas costumbres de consumo de agua.

Figura 39.0. Formulario para usuarios domésticos

AUDITORIA RESIDENCIAL DEL AGUA (INTERIOR/EXTERIOR)						
Nombre del Cliente:		Cuenta#:				
Dirección:		No. de meses ocupado/año				
# telefónico	Cantidad de ocupantes:	Adultos:	Niños:			
¿Cuántos inodoros hay en la casa:			¿Hay máquina lavadora de ropa?	Si	No	
Año de instalación del inodoro:			Cantidad de cargas semanales:			
¿Hay algún dispositivo ahorrador de agua instalado?		Si No	Tamaño de la carga: peq., med., o gran			
¿Se detectó alguna fuga?		Si No	¿Fuga en la manguera del agua?	Si	No	
¿Arregló la fuga?		Si No	¿Hay lavadora de platos?	Si	No	
¿Cuántas duchas hay en la casa?			Cantidad de cargas semanales			
¿Hay algún cabezal ahorrador de agua instalado?		Si No	Tamaño de la carga: peq., med., o gran			
Grifos:			¿Hay filtro de agua/purificador por ósmosis inversa?	Si	No	
¿Hay algún dispositivo ahorrador de agua instalado? (baño)		Si No	Válvula de paso	Si	No	
¿Hay algún dispositivo ahorrador de agua instalado? (cocina)		Si No	¿Se detectó alguna fuga?	Si	No	
¿Hay triturador de desechos?		Si No	¿Hay ablandador de agua?	Si	No	
¿Se detectaron fugas?		Si No	¿Hay válvula de paso?	Si	No	
¿Arregló alguna fuga?		Si No	Tipo: Regeneración automática	Si	No	
¿Hay Spa/Jacuzzi?		Si No	Año de la instalación			
Interior	Exterior	Cubierto	¿Hay enfriador por evaporación?	Si	No	
Capacidad (Galones):			Año de la instalación			
¿Se detectó alguna fuga?		Si No	¿Se detectó alguna fuga?	Si	No	
Tipo de sistema de irrigación:		Círculo - Manguera	Irrigador	Goteo	Captación de lluvia/cisterna	Otro, describa
Ubicación:		En el suelo		Por encima del suelo		
Controlador de irrigación:		Manual	Automático	No. de válvulas	Válvula de paso de lluvia	Si No
Frecuencia del uso:		Cantidad promedio de días:		Cantidad promedio de minutos por ciclo de irrigación:		
Meses de irrigación (póngale un círculo a todos los meses pertinentes) Ene. Feb. Mar. Abr. May. Jun. Jul. Ago. Sept. Oct. Nov. Dic.						
Ciclo del uso de agua para irrigación (gal):		Lectura inicial del contador:		Lectura final:	Ciclo total:	
Tiempo del uso de agua para irrigación (gal):		Prom. Día	Prom. Semana	Prom. Mes	Prom. Año:	
(% de uso del agua para irrigación/ áreas		Césped:	Lechos de plantas/ Jardín:			
Escorrentía de la irrigación: (describa)		Si	No	Fugas: (describa)	Si No	
Reajuste de programa del controlador:		Semanalmente	Mensualmente	Temporada	Anualmente	Jamás
Controlador activado por :		Propietario	Contratista de jardines	Mantenimiento/administrador		
Tamaño total del lote (pies cuadrados):		Área del lote irrigada (pies cuadrados):				
Área sombreada: Baja		Mediana	Alta	Área irrigada inclinada (pies cuadrados):		
Área irrigada que es césped (pies cuadrados):						
Tipo de hierba:		Temporada fría	Temporada cálida	Mezcla fría (%)	Cálida (%)	
Área irrigada que no es césped :(describa)						
Altura del corte de la hierba (pulg.)		Paja de exceso	Si No	Puntos secos	Si No	
Zonas de remojo: válvulas:		Separado por necesidad de remojo de plantas/césped			Si No	
Tipo de suelo:		Arcilla	Marga	Marga arenosa	Mezcla (describa):	
Condición:		Buena	Mala	Profundidad de las raíces (pulg.)	Profundidad de la humedad (pulg.)	
Compactación:		Ligera	Mediana	Fuerte	Capote alrededor de las plantas	Si No

Fuente: Palmadale Water District

Figura 40.0. Cuestionario individual de hábitos de consumo

01. ¿Cierras el grifo en el momento que terminas de utilizarlo?
 nunca a veces bastantes veces muchas veces siempre
02. ¿Cierras un grifo si lo ves abierto o goteando?
 nunca a veces bastantes veces muchas veces siempre
03. ¿Avisas al responsable cuando encuentras un grifo, cisterna, etc., estropeado?
 nunca a veces bastantes veces muchas veces siempre
04. ¿Te deshaces de algunos de tus residuos tirándolos por el sumidero o el WC?
 nunca a veces bastantes veces muchas veces siempre
05. ¿Eliminas por el sumidero o WC productos que son tóxicos, irritantes, etc.?
 nunca a veces bastantes veces muchas veces siempre
06. ¿Cuántas veces al día te lavas las manos en el centro?

07. ¿Cuántas veces haces uso de la cisterna del WC en el centro?

08. ¿Conoces algún dispositivo o sistema para ahorrar agua?
 sí no
09. ¿Conoces algún sistema para disminuir el flujo de agua de los grifos?
 sí no
10. ¿Conoces modelos de cisternas de WC ahorradoras de agua?
 sí no
11. ¿Crees que es importante que se organicen campañas, jornadas, actividades, etc., relacionadas con el ahorro de agua en el centro?
 sí no

Valores de comparación

- **Más de 35:** Está gastando agua y no tiene conocimiento suficiente para lograr un uso eficiente.
- **Entre 25 y 34:** Se puede hacer y aprender más para alcanzar un uso eficiente del agua.
- **Entre 15 y 24:** Está bastante bien informado sobre la importancia del agua. Pero aun se puede mejorar.
- **Entre 5 y 14:** Lo está haciendo muy bien, pero puede aprender más.
- **Menos de 5:** No se tiene ni un momento de debilidad. Su información es correcta

Después se realizará una puesta en común con todas las respuestas, lo que permitirá obtener una percepción de la sensibilidad ambiental existente en el grupo de trabajo.

Al ser un programa en el que se implica todo el organismo, es importante distribuir el cuestionario al resto de las personas (trabajadores o no) del organismo, finalmente, se debe lograr un diagnóstico completo sobre la sensibilidad ambiental de la comunidad sobre el uso del agua.

Para ello se organizarán a los participantes en grupos de trabajo que realizarán los cuestionarios a las demás personas del organismo. Eso implica seleccionar una muestra de la población del organismo, si esta es muy numerosa.

Una vez que se han recopilado todos los cuestionarios, habrá que hacer recuento y análisis de los datos obtenidos y dar respuesta a las siguientes cuestiones:

- ¿Crees que se hace un buen uso del agua en el organismo?
- ¿Piensas que se derrocha agua? Explicación de la respuesta.
- En caso de que se derroche, ¿consideras que es posible ahorrar agua y hacer un buen uso de la misma?, ¿cómo se podría conseguir?
- ¿Qué consecuencias puede tener arrojar productos químicos por el desagüe?
- ¿Qué efectos produce la contaminación de las aguas sobre los seres vivos?, etc.

Los datos obtenidos del total de cuestionarios realizados, se puede llenar la **Tabla 26.0**. Para obtener una visión sencilla de los resultados, se puede hacer una representación gráfica por sectores o barras de los resultados de esta tabla.

Tabla 26.0 Resumen de resultados de hábitos de consumo individual.

Escala de edad	Resultados										Total de cuestionarios realizados
	+ de 35		de 34 a 25		de 24 a 15		de 14 a 5		- de 5		
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	
TOTAL											
PROMEDIO											

Al final del análisis de los datos obtenidos sobre los hábitos de consumo, se debe lograr hacer conciencia en la comunidad del organismo sobre sus propias responsabilidades respecto al consumo del agua.

6.3.3 Procesamiento de la información obtenida.

En todo momento, es recomendable que cada grupo de trabajo realice un resumen y una valoración de los datos que va recogiendo, esto ayudará a comprender el trabajo realizado a medida que se avanza la auditoría. Una vez finalizada la recolección de datos se organizará la obtenida y se valorarán los resultados para cada ítem.

Por último, se elaborará un Informe en el que se contemple el agua que se gasta en el organismo, los hábitos y comportamientos en relación al uso del agua, el estado y uso de las instalaciones y la valoración de los usos que se hacen del agua en el organismo. En este Informe ha de ser posible identificar los aspectos sobre los que hay que actuar y aquellos en los que se ha encontrado una buena situación.

6.3.3.1 Interpretación y análisis de los datos obtenidos.

La valoración que interesa hacer en relación a los formularios para la descripción de la instalación de agua (servicios, biblioteca, oficinas, patio, etc.) es tanto cualitativa, como cuantitativa, ya que por un lado se pretende conocer el tipo de tecnología empleada, su estado, si cuenta con dispositivos ahorradores de agua, cómo se realiza su mantenimiento, etc., para proponer mejoras y cambios, tanto en los hábitos y comportamientos como en la instalación y, por otro, saber el número concreto, por ejemplo, de grifos o bombas que se tienen que cambiar. En relación a los datos obtenidos respecto a la distribución de los usos que hacemos del agua hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Cuál es la distribución de los litros de agua utilizados en el lugar, ya que será más fácil identificar propuestas de mejora si se conoce en qué usos se debe o se puede incidir más.
- Qué residuos, sustancias u objetos incorporamos al agua en las actividades cotidianas.
- Si se da algún tipo de tratamiento a las aguas residuales antes de su incorporación a la red de colectores y, en su caso, en qué consiste ese tratamiento.

Con base en los resultados obtenidos, se debe generar un Informe sobre la realidad ambiental del organismo respecto al uso y consumo del agua, en el siguiente subcapítulo se detalla las características informe.

6.3.3.2 Informe de las condiciones actuales.

El informe debe cubrir cada uno de los puntos siguientes complementándolos con los resultados de la recopilación de información.

- **Presentación y justificación:** Descripción del contexto del lugar en donde se llevará a cabo la auditoría, las razones del por qué se debe realizar una auditoría del agua, quiénes van a realizarla y quiénes van a participar, así como los objetivos del proyecto.

- **Datos del organismo:** se deben incluir las características físicas del edificio o los edificios, personas que conviven en el recinto (trabajadores y visitas), planos obtenidos del edificio o los edificios.
- **Compromiso con el agua para el futuro:** Una declaración de los principios a los que se compromete en conjunto la comunidad del organismo para realizar este proyecto.
- **Cuáles son los hábitos y comportamientos en el consumo de agua:** Análisis cualitativo y cuantitativo de la información recolectada, obtener la media con base a la tabla mostrada (**Tabla 26.0**) y relacionarla con los datos de consumo (litros/persona/día), complementar esto, haciendo comparaciones con cifras promedio del país o el mundo, se pueden utilizar las que se han mostrado a lo largo de este trabajo.
- **Datos de consumo:** Volumen de agua consumida en el último curso y su costo, consumo total de agua en litros/persona/día (para 365 y para días hábiles), comparar los datos obtenidos con los de otros años o con los de otros organismos de características semejantes, que estén realizando un proyecto similar.
- **Descripción de la instalación:** Tipología de los aparatos y dispositivos ahorradores de agua y determinar su estado (servicios, biblioteca, oficinas, patio, laboratorios y talleres, instalaciones deportivas, etc.).
- **Distribución de los consumos:** Cuántos litros de agua se utilizan en cada uno de los usos existentes en el organismo: servicios, limpieza, cocina, y otros
- **Conclusiones:** Sobre qué aspectos hay que actuar de manera más urgente, qué aspectos se encuentran en buena situación, se deben mantener, y cuáles quizás solo mejorar.

Una vez elaborado el Informe se comunicarán las conclusiones al total de personas que conviven en el organismo. Esta tarea constituirá por sí sola una acción de sensibilización respecto al buen uso que se ha de hacer del agua en el sitio. Igualmente, el conocimiento de los resultados del estudio, en el que ha participado toda la comunidad, gratificará el tiempo empleado y los esfuerzos realizados.

Se sugiere difundir los resultados obtenidos en la Auditoría Inicial a todo el organismo e incluso otros organismos o instituciones interesados, mediante exposiciones, conferencias, carteles o la publicación de un boletín sobre el agua. En este paso se debe tener en cuenta la necesidad de entregar copias del Informe realizado a todos los niveles de autoridad dentro del organismo,

Con la comunicación de los resultados se motiva a la participación en el uso eficiente del agua a la totalidad de las personas del organismo, a la vez que se valora y da a conocer el trabajo realizado.

6.4 PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO EFICIENTE DEL AGUA.

Los incentivos que tienen las autoridades municipales para mejorar la eficiencia en el uso del agua incluyen reducir costos, garantizar agua y energía seguras, y reducir los impactos ambientales.

Muchas veces el uso eficiente del agua es la forma económicamente más rentable de mejorar los servicios de suministro de agua para los consumidores, al mismo tiempo que se cubren las necesidades de poblaciones cada vez más grandes.

Los esfuerzos globales para hacer más eficiente el uso del agua reducen los costos, aumentan la capacidad de servicio del sistema existente y mejoran la satisfacción del cliente.

Las ciudades pueden suministrar más agua para un consumo creciente con la instalación de mayor capacidad, aunque esto no asegura el suministro puesto que las reservas de agua natural no son ilimitadas. Otra opción es aprovechar más la capacidad instalada mediante la implantación de programas de eficiencia en el uso del agua.

Las autoridades municipales encargadas del servicio de agua no sólo deben considerar los beneficios financieros y los beneficios de contar con un recurso asegurado que pueden alcanzarse con un uso más eficiente del agua, sino que también necesitan reconocer los riesgos ambientales de la extracción excesiva de agua.

El extraer demasiada agua del subsuelo, de los lagos y los ríos puede devastar los ecosistemas locales y llevar a la salinización del suelo e incluso a la desertificación. El Mar Aral en Asia Central es un recordatorio ominoso de los peligros potenciales de una extracción excesiva de agua. El lago y sus fuentes de agua dulce, que en el pasado lejano fueron una fuente inagotable de agua dulce rebosante de vida, se desviaron, se saquearon y se contaminaron, hasta el punto de que el lago se ha reducido a menos de la mitad de su tamaño original. Lo que queda es casi un cuerpo muerto de aguas salobres.

Las autoridades municipales encargadas del servicio de agua que consideren instrumentar medidas para hacer más eficiente el uso del agua y de la energía, las encontrarán todavía más atractivas después de tomar en consideración la reducción de los riesgos e impactos ambientales.

La destrucción del ecosistema del mar de Aral fue repentina y severa. A comienzos del decenio de los sesenta, ese vasto lago de agua salada de Asia Central quedó privado del agua necesaria para sustentarse por causa de las exigencias agrícolas y se redujo rápidamente. Uzbekistán, Kazajistán, y otros estados de Asia Central utilizaron esa agua para cultivar algodón y otros cultivos de exportación, con consecuencias ambientales generalizadas que comprendían, entre otras, la pérdida de pesquerías, la contaminación del agua y el suelo y niveles peligrosos de sedimentos contaminados transportados por el aire.

El mar de Aral es una de las mayores catástrofes ambientales registradas. Los seres humanos utilizaron las aguas de la cuenca del Aral durante miles de años, tomándolas de sus dos ríos principales: el Amur Daria, que desemboca en el sur del mar de Aral y el Sir Daria, que desemboca en el extremo norte del mar. El Canal Kara-Kum se inauguró en 1956. Éste desviaba voluminosas cantidades de agua desde el Amur Daria al desierto de Turkmenistán, y así se suministró riego a millones de hectáreas de tierra a partir de 1960. En tanto que el mar había estado recibiendo cerca de 50 km^3 de agua por año en 1965, para principios del decenio de los ochenta, esa cantidad se había reducido a cero. A medida que el Aral se redujo, aumentó su salinidad y para principios del decenio de los ochenta, se habían eliminado los peces comercialmente útiles, lo que trajo aparejado el cierre de una industria que empleaba a 60.000 personas.



Figura 41.0 La fotografía superior muestra un bote pesquero abandonado en lo que alguna vez fue el mar de Aral.

El nivel del mar en disminución bajó la capa freática de la región y numerosos oasis cercanos a sus costas quedaron destruidos. El riego en exceso provocó la acumulación de sal en numerosas zonas agrícolas. Para principios del decenio de los noventa, la superficie del Aral había disminuido casi a la mitad y su volumen, en un 75 por ciento. Los vientos transportaron sedimentos con sales y plaguicidas, hecho que acarrió consecuencias devastadoras para la salud en las regiones aledañas.

Figuras 42.0 a), b) y c) muestran las imágenes satelitales inferiores ilustran la reducción del tamaño del mar entre 1973 y 1999.



6.4.1 Alternativas de solución.

Ahorro de agua y energía: municipios y empresas de servicios de agua

Construya la infraestructura adecuada para un uso eficiente del agua y reúna los recursos humanos y financieros para promoverla.

- Nombre a un coordinador encargado del uso eficiente del agua y forme un equipo para el uso eficiente del agua.
- Establezca metas y desarrolle una estrategia para alcanzarlas.
- Eduque y haga participar a los empleados en los esfuerzos por lograr mayor eficiencia en el uso del agua.
- Prepare un presupuesto detallado para alcanzar dicha eficiencia.

Analice el sistema actual

- Desarrolle la capacidad institucional para analizar los sistemas y localizar oportunidades de eficiencia.
- Desarrolle un sistema de monitoreo y medición.
- Desarrolle una línea de referencia para el uso de agua y energía.
- Asigne marcas de referencia a los avances internos y externos.

Estimule reducciones en el lado de la demanda

Trabaje con los consumidores para reducir el desperdicio de agua y obtener mayores beneficios de cada litro de agua utilizada. Las reducciones en el lado de la demanda pueden costar tan sólo una tercera parte de los gastos necesarios para construir capacidad adicional.

Precio

- Desarrolle una estructura de precios que refleje el costo real del agua. Asegúrese de que la estructura de tarifas de la empresa de servicios estimula un uso eficiente del agua, o cuando menos no estimula el desperdicio.

Usuario final residencial

Promueva/distribuya tecnologías para el ahorro de agua como son:

- Sanitarios de ultra bajo consumo de agua (6 litros por descarga en lugar de hasta 30 litros)
- Aireadores de llaves de bajo flujo (reduce el flujo de agua hasta en un 50 por ciento, al mismo tiempo que mantiene la presión)
- Regaderas de alta eficiencia (que usan menos de 10 litros por minuto en lugar de 30 litros)
- Tabletas para la detección de fugas (una fuga de sólo una gota por segundo puede desperdiciar 10,000 litros al año)
- Válvulas de repuesto

- Ofrezca programas de instalación y descuentos para los clientes que compren productos de alta eficiencia como son las regaderas de bajo flujo, sanitarios de ultra bajo consumo de agua, lavadoras de ropa, calentadores de agua, etc.
- Es esencial acercarse a los consumidores a través de programas educativos. Incluya consejos para el uso eficiente del agua en las facturas y proporcione material educativo para las escuelas, entre otras cosas.
- Promulgue y aplique códigos de construcción y normas para el equipo que promuevan el uso eficiente del agua.
- Realice auditorías de agua gratuitas para clientes y grandes usuarios.

Usuario final comercial e industrial

- Estimule a las industrias a reducir el uso de agua a través de incentivos.
- Promueva el reuso de las aguas residuales.
- Promulgue y aplique códigos de construcción y normas para el equipo que promuevan el uso eficiente de la energía.
- Introduzca estímulos fiscales para proyectos importantes de eficiencia.
- Ofrezca descuentos sobre el costo instalado del equipo que mejore el uso eficiente del agua, como son torres de enfriamiento más modernas, y cambie el equipo enfriado con agua por equipo enfriado con aire.
- Ofrezca auditorías y estudios sobre el uso del agua.

Tome acciones del lado del suministro

- Mejore las prácticas de operación y mantenimiento para aumentar la eficiencia.
- Instrumente un programa de administración de pérdidas de agua. Concéntrese en las bombas, fugas en válvulas y tuberías, y robos (las pérdidas de agua deben disminuirse a menos del 10%).
- Realice una evaluación de las plantas para identificar oportunidades para ahorrar agua.
- Compre equipo eficiente en el uso de energía del tamaño adecuado:
 - ◆ Bombas
 - ◆ Motores eficientes en el uso de energía
 - ◆ Transmisiones de velocidad regulable
 - ◆ Impulsores
 - ◆ Tuberías y recubrimientos de baja fricción
 - ◆ Válvulas
 - ◆ Capacitores
- Introduzca y exija medición universal.
- Intente la distribución de aguas residuales regeneradas para usos no potables.

Ahorro de agua y energía: industria

Guías sencillas sobre el uso eficiente de agua y energía

1. Forme un equipo para el uso eficiente del agua y nombre a un coordinador encargado de la eficiencia del agua.
2. Identifique e instrumente un sistema adecuado de medición.
 - ◆ Desarrolle un sistema de medición y líneas de referencia.
 - ◆ Establezca marcas de referencia para el avance interno y externo.
3. Realice una evaluación de la planta.
 - ◆ Identifique las mejoras potenciales en el uso eficiente del agua en la planta de que se trate.
 - ◆ Calcule los ahorros de agua esperados y los costos estimados asociados con la instrumentación de los proyectos para el uso eficiente del agua.
4. Establezca un programa de mantenimiento, inspección y evaluación de prácticas de producción.
5. Aumente la conciencia entre los directivos y empleados de la necesidad de hacer un uso eficiente del agua. Haga que los empleados participen en los esfuerzos por mejorar la eficiencia en el uso de agua.
 - ◆ Imparta cursos de capacitación sobre las mejores prácticas.
 - ◆ Verifique con sus colegas los resultados tecnológicos de proyectos similares, y pídale consejo.

Optimice el Sistema de Distribución de Agua

1. Revise si hay fugas.
 - ◆ Revise si hay fugas en tuberías, conectores, bombas y calibradores en cuartos mecánicos y cabezales en todo el edificio. La reparación de las fugas evitará daño adicional a superficies y terminados de madera, tejas del techo y equipo eléctrico. Los ahorros se reflejarán en la factura de agua y también en el pago de una cuota menor por la red de alcantarillado.
 - ◆ Las fugas que se presentan en sistemas cerrados pueden ser todavía más costosas. Por lo general, el agua que circula en los enfriadores, el condensador y la tubería de vapor está tratada químicamente para evitar corrosión y alta dureza. Aquí el programa para evitar fugas evita pérdidas de agua así como de costosos productos químicos y parte de la energía necesaria para calentar o enfriar el fluido circulante.
 - ◆ Inspeccione y repare los sistemas aislantes dañados. Secciones faltantes o deformadas del aislante indican fugas posibles.

2. Sistemas y torres de enfriamiento

- ◆ Mida y registre el uso de agua.
- ◆ Nunca use enfriamiento de agua de proceso directo. Si no tiene otra opción, deberá reutilizarse el agua en otro lado de la planta.
- ◆ Siempre que sea posible, use enfriamiento de aire, en lugar de enfriamiento de agua.
- ◆ Cuando contrate a un proveedor de torres de enfriamiento, establezca especificaciones basadas en desempeño.
- ◆ Investigue el tratamiento de flujo lateral.
- ◆ Investigue el potencial de torres de enfriamiento seco y por agua.
- ◆ Reúse el agua de desecho tratada u otras fuentes de agua para el relleno de la torre de enfriamiento

3. Calderas y agua caliente

- ◆ Las calderas, tanques de almacenamiento y tuberías deberán estar aisladas.
- ◆ Use calentadores instantáneos en lugares remotos.
- ◆ Establezca especificaciones basadas en desempeño cuando contrate a un operador-proveedor de calderas.
- ◆ Verifique regularmente las trampas de vapor; las trampas de vapor defectuosas gastan agua y calor.
- ◆ Siempre que sea posible, reúse el agua condensada de vapor y el agua de extracción de la caldera.
- ◆ Cuando sea posible alimente de nuevo el agua usada a los sistemas.
- ◆ Registre el uso de agua y verifique si tiene fugas.

4. Otros equipos y operaciones que utilizan agua

- ◆ Use válvulas automáticas que cierran el agua cuando el equipo está apagado.
- ◆ Considere minimizar el uso de agua cuando compre equipo nuevo.
- ◆ Cuando sea posible, use sellos mecánicos o de aceite en lugar de prensaestopas en las bombas.
- ◆ Cuando sea posible, recupere el agua rechazada de las unidades de ósmosis inversa y reúsela.
- ◆ Use tecnología computarizada automática de control para regular el uso de agua.

5. Reúse las aguas residuales

- ◆ Trate de cerrar el ciclo de manufactura reutilizando el agua.
- ◆ Trate el agua utilizada sólo si es necesario.
- ◆ Identifique las descargas que pueden ser reutilizadas e instrumente prácticas de reusó.

¿CÓMO AHORRAR AGUA Y ENERGÍA EN CASA?

Con sólo aplicar las medidas presentadas a continuación, un hogar de tamaño promedio puede lograr una reducción del 35% ó más en el uso de agua. El baño es un área clave en la cual debe concentrarse, ya que ahí ocurre casi el 65% de todo el uso interno del agua.

Ahorro de agua dentro de la casa

1. Sanitarios: los sanitarios consumen más agua que cualquier otro equipo en la casa.

- ◆ Revise que no tengan fugas. Ponga unas gotitas de colorante para alimentos o tabletas de identificación de fugas en el tanque del sanitario. Si en 30 minutos aparece el color sin haber jalado el tanque, se tiene una fuga que puede gastar hasta 200,000 litros (52,800 galones) al año. Con frecuencia el arreglo de una fuga puede ser tan sencillo como apretar conexiones flojas, reconectar juntas después de colocar cinta de teflón alrededor de las roscas, o sustituir un flotador gastado, la válvula esférica de hule del tanque o válvula de chapaleta (que sella la abertura entre el tanque y la taza).
- ◆ Descargue el tanque del sanitario con menos frecuencia. No use el sanitario como cenicero o basurero.
- ◆ Dispositivos de desplazamiento/diques en sanitarios. Coloque botellas de plástico llenas de agua en el tanque del sanitario o use un dique económico para sanitario para bloquear parte del tanque. Esto puede ahorrar 40 litros o más (11 galones) de agua al día. Evite el uso de ladrillos que pueden dañar el tanque.
- ◆ Sanitarios de ultra bajo consumo de agua. La instalación de un sanitario de ultra bajo consumo de agua puede ahorrar más de 20 litros (5 galones) cada vez que se usa.

2. Use menos agua.

- ◆ Cierre las llaves completamente y reduzca la cantidad de agua utilizada para lavarse las manos, los dientes, rasurarse y bañarse.
- ◆ Cambie los aireadores de llaves antiguas y de los cabezales de regadera. Los modelos más nuevos tienden a usar menos agua y a proporcionar agua con mayor presión. Cuando sea posible, compre restrictores de flujo económicos para llaves y regaderas.
- ◆ Las regaderas de ahorro de agua, ahorran hasta 20 litros (5 galones) por minuto.
- ◆ Los aireadores de llaves ahorran entre 12 y 65 litros (3 y 17 galones) diarios.
- ◆ Cuando lave los platos en forma manual, no deje correr el agua mientras los enjuaga.
- ◆ Llene por completo la lavadora de ropa y la máquina lavaplatos.
- ◆ Compre máquinas lavadoras más eficientes. Cuando sea posible, compre máquinas aprobadas por Energy Star.

3. Revise si hay fugas

- ◆ Revise que los tubos, mangueras, llaves y coples no presenten fugas. Las fugas pueden ser muy costosas. Una fuga de sólo una gota por segundo gasta cerca de

10,000 litros (2,643 galones) de agua al año. Lea el medidor de agua antes y después de un período de dos horas en el que no se haya utilizado agua. Si el medidor no tiene exactamente la misma lectura, hay una fuga. Por lo general, es menos costoso arreglar las fugas que pagar por agua desperdiciada (hasta 75 litros o 20 galones al día por fuga).

4. Calentador para agua caliente

- ◆ Compre un calentador de agua.
- ◆ Coloque aislante en sus tubos de agua caliente y en el calentador de agua utilizando aislante de espuma para tubo, camisas para calentador de agua o cualquier otro material aislante aprobado.

5. Reúse las aguas residuales

- ◆ Nunca deje escapar el agua por la coladera cuando pueda tener algún otro uso como es riego de plantas o limpieza. Por ejemplo, cuando lave fruta o verduras coloque una cubeta debajo de la llave. Utilice el agua recogida en la cubeta para regar plantas.

Ahorro de agua fuera de la casa

1. Limpieza

- ◆ Use una escoba o cepillo para limpiar los patios, entrada, pisos o banqueta y no una manguera. El uso innecesario de la manguera representa un gasto de 1,000 litros (264 galones) de agua por hora.
- ◆ Cuando utilice una manguera, coloque en el extremo un rociador con cierre automático, y para evitar fugas, cuando termine, cierre la llave no sólo el rociador.
- ◆ Lave su auto sobre el pasto con una cubeta de agua y una esponja.

2. Jardín

- ◆ No riegue demasiado el pasto, y plante plantas que necesiten poco mantenimiento con especies locales adaptadas a sus condiciones climáticas (jardinería ornamental con plantas locales).
- ◆ Riegue las raíces de las plantas, no las hojas.
- ◆ Para reducir pérdidas causadas por la evaporación del agua, riegue el pasto muy temprano en la mañana o al caer la tarde cuando la temperatura y el viento están en su punto más bajo (por lo general se recomienda muy temprano en la mañana para minimizar el rocío, etc.).
- ◆ Ajuste los aspersores para que rieguen el pasto, no el pavimento.
- ◆ Siempre que sea posible, utilice mangueras de riego por goteo en lugar de aspersores, que desperdician agua debido a la evaporación o por su falta de precisión en el riego.

- ◆ No deje los aspersores o mangueras sin atender. Las llaves exteriores pueden dejar salir agua a una velocidad de más de 1,000 litros o 264 galones por hora.
- ◆ Use cronómetros de riego.

3. Colectores de agua

- ◆ 1,000 pies cuadrados de techo o pavimento pueden recoger 1,500 litros de agua (396 galones) de una pulgada de lluvia. Puede utilizarse una cisterna o barriles para agua de lluvia que capten y almacenen agua de lluvia como fuente para riego o para lavado. De la misma manera, conectar las bajantes de agua de lluvia a los sistemas de recolección puede ayudar también a llenar la cisterna.

4. Instalaciones

- ◆ A menos que el agua sea reciclada, evite la instalación de construcciones ornamentales que usen agua (como son las fuentes).
- ◆ Si tiene una alberca considere el uso de un nuevo filtro de alberca para el ahorro de agua. Cubra la alberca cuando no se esté utilizando; se pueden perder hasta 200 litros (53 galones) de agua al día debido a la evaporación. Si se deja descubierta, una alberca de tamaño promedio puede perder más de 3,500 litros (925 galones) al mes debido a la evaporación. **Fuente:** Revista Watergy, 2003.

6.4.2 Plan de Acción.

En función de la realidad ambiental del organismo, respecto al uso del agua, se va a definir y poner en marcha el plan de acción del organismo. Para su elaboración, puesta en marcha, valoración y seguimiento, si bien se puede seguir avanzando como grupo de trabajo, es interesante plantear en este momento la creación de una comisión ambiental que se encargue de coordinar y planificar estas tareas.

El plan debe recoger las siguientes secciones:

- Objetivos.
- Medidas.
- Acciones y cómo vamos a realizarlas.
- Persona o grupo responsable.
- Recursos necesarios.
- Plazos y tiempos.
- Estado (fase en la que se encuentra la medida: ejecutada, en revisión, etc.).

En un primer momento, mediante una “tormenta de ideas”, los participantes en la creación del plan de acción, por grupos de trabajo, pueden hacer un primer listado de las posibles mejoras a introducir, en función de las conclusiones del informe de la auditoría. Después deberán buscar información complementaria en libros, revistas, etc., para completar el listado y hacer un agrupamiento de las acciones posibles según, estas listas se deben organizar con base en el personal necesario para llevar a cabo cada diferente idea.

Con esta primer actividad se lograra tener un panorama amplio de todas las posibles acciones y medidas que se pueden llevar a cabo para mejorar el uso eficiente del agua, y las siguientes etapas se encargaran de determinar cuáles de estas medidas son factibles y en qué momento.

6.4.2.1 Definición de objetivos y valoración de propuestas de solución.

En esta etapa se pretende introducir cambios y mejoras en relación al uso y consumo que se hace del agua en el organismo, a partir de las conclusiones del diagnóstico.

El proceso a seguir llevará la valoración de las deficiencias detectadas, teniendo en cuenta su prioridad, urgencia, facilidad de implantación, presupuesto, etc. Para ello se detectarán aquellas acciones que precisan una urgente intervención, se reflexionará con detenimiento sobre las necesidades de actuación, y determinaremos concretamente los objetivos. Éstos deben ser sencillos y alcanzables, apreciables, adaptados a cada organismo o institución y a sus recursos, deben ser aplicables en acciones concretas.

Los pasos a seguir pueden ser los siguientes:

- Definir los objetivos. Se puede dar el caso de que sea necesario replantear los objetivos recogidos en el compromiso, bien porque no se adapten a las necesidades detectadas, o bien porque sean muy generales o excesivamente concretos.
- Jerarquizar las medidas. Para ello se puede utilizar un código de colores que refleje el orden de urgencia.
- Relacionar cada medida con los objetivos.
- Anotar el uso concreto en el que se pretende incidir (cocina, servicios, etc.).
- Valorar la facilidad de implantación de cada una de las propuestas de mejora.
- Estimar el alcance de las medidas en relación a los litros de agua que se pueden ahorrar anualmente y su valoración en dinero.
- Por último, si las medidas suponen alguna inversión, se estimará su costo y el tiempo que se tardará en recuperarlo.

Para cada una de las medidas o propuestas se debe construir una tabla de valoración que incluya todos los puntos anteriores, para cada uno de los diferentes sitios (servicios, oficinas, etc). En la **Figura 43.0**, se muestra un ejemplo de estos, realizado por una escuela de Zaragoza, España.

Figura 43.0. Caso ejemplo de Valoración de propuestas.

Objetivo	Promover el ahorro y uso adecuado del agua
Uso	Servicios y vestuarios
Medida	Poner aireadores o perlizadores en los grifos Prioridad: urgente
Facilidad de implantación (mucha, normal, ninguna)	Mucha
Consumo de agua antes de la medida (m ³ /año)	Caudal unitario grifos: 15 l/min x 1 uso usuario/día (en función de lo determinado en la auditoría inicial) x 1.090 usuarios x 1/3 (20 segundos/uso) = 5.459 l/día = 5,45 m ³ /día. 5,45 m³/día x 200 días = 1.090 m³/año
Consumo de agua después de la medida (m ³ /año)	Si el disponer de aireadores y perlizadores supone hasta un 40 % de ahorro de agua, en este caso se estima una facturación de 654 m³/año
Reducción/aumento del consumo de agua (m ³ /año)	El consumo se reduce en 436 m³/año
Coste del agua antes de la medida (euros/año)	761,20 euros/año (incluye el coste de los metros cúbicos consumidos, el canon de saneamiento de seis recibos y el IVA correspondiente)
Coste del agua después de la medida (euros/año)	456,70 euros/año
Recuperación de la inversión (anual)	El coste para 50 grifos es de 250 euros (5 euros x 50 aireadores). Teniendo en cuenta que el ahorro es de 304,50 euros al año, este gasto se amortizará en menos de un año

Fuente: "La ecoauditoría del agua en el centro educativo", editada por la Fundación Ecología y Desarrollo en el marco del proyecto "Zaragoza, ciudad ahorradora de agua. 50 Buenas Prácticas"

Al realizar las valoraciones de cada una de las medidas no se debe olvidar que los objetivos han de estar más relacionados con actitudes y comportamientos positivos hacia el medio ambiente, que con intentar reducir el costo de la factura del agua. La motivación principal tiene que ser el hecho de realizar un uso eficiente de un recurso tan escaso y valioso en el planeta.

Al finalizar la valoración de cada una de las propuestas, se podrían identificar objetivos de actuación y valorar las propuestas de mejora consensadas.

6.4.2.2 Definición y aplicación del plan de acción.

Consiste fundamentalmente en ordenar los objetivos formulados y las medidas valoradas en la fase anterior, planificar su ejecución en el tiempo, determinar la persona o grupo encargado de su realización y definir los recursos necesarios. Para su realización se puede seguir el mismo procedimiento que se ha utilizado en la valoración de las propuestas de mejora, aunque en este caso hay que tener en cuenta que el documento final debe ser aprobado para su ejecución y puesta en marcha.

Esto quiere decir que el conjunto del organismo deberá asumir el plan de acción y que los objetivos, medidas y acciones han de incorporarse a las instituciones correspondientes.

Para ello se puede adjuntar al plan de acción, el informe de auditoría realizado, los presupuestos de las medidas (si no se han incluido en el plan de Acción) y los planos y otros trabajos elaborados por los grupos de trabajo.

Una vez definido el plan de acción se deberá realizar un programa de aplicación, para definir las acciones que se llevaran a cabo, así como los plazos en que se realizarán y el personal necesario. Para llevar un adecuado orden del plan de acción, se puede tomar como base la estructura de la **Tabla 27.0**, que se muestra a continuación.

Tabla 27.0. Plan de acción.

Objetivo	Medidas	Acciones	Responsables	Recursos	Plazo	Estado
Se debe relacionar con los objetivos iniciales.	La medida seleccionada de las que fueron valoradas.	Todas las actividades que se requieren para llevar a cabo la medida.	Personas que están a cargo de llevar a cabo o supervisar las acciones.	Trámites, dinero, etc. Que sean necesarios.	Corto, medio o Largo plazo.	Etapa en la que se encuentra la medida: ejecutada, en revisión, etc.

De esta manera se generará un calendario de trabajo y se podrán prever los recursos necesarios, que permitirán una ejecución más sencilla y efectiva del plan de acción del organismo.

6.4.2.3 Seguimiento y valoración de los resultados.

El seguimiento y la valoración del plan de acción facilitarán información sobre el desarrollo del proyecto y la consecución de los objetivos marcados en un inicio, de forma que se pueda valorar la eficacia del mismo, de esta manera se podrían corregir errores, mejorar estrategias y realizar los ajustes necesarios para que el plan de acción pueda llevarse a cabo.

Para ello, se deben identificar previamente aquellos aspectos sobre los que se requiere obtener información o conocer su evolución.

La comisión ambiental o grupo del proyecto, será el responsable de esta tarea y, en función de los indicadores que se establezcan y la metodología para obtener la información, implicarán en mayor o menor medida a más personas del organismo e inclusive a otros organismos.

Algunos aspectos que podemos tener en cuenta para este seguimiento y valoración son:

- El grado de colaboración y participación de los integrantes del organismo, líderes de grupos de trabajo y personal ajeno al organismo.
- Cómo se han llevado a cabo las diferentes etapas de la auditoría, su dificultad, si se han completado, etc.

- En qué medida las personas del organismo y los líderes de grupos de trabajo han aprendido determinados conceptos, hechos, principios, procedimientos, etc., relativos al agua y al medio ambiente en general.
- Si se han cambiado los procedimientos internos del organismo.
- En qué medida han cambiado los hábitos y comportamientos de las personas en relación al consumo y uso del agua.
- En qué medida se han mejorado las instalaciones del agua en el organismo.
- En qué medida se realiza una gestión eficiente de agua en el organismo.
- Si se ha difundido nuestra experiencia a otros organismos o instituciones (en el caso de casa habitación, puede a ser vecinos), qué relaciones se han establecido con el entorno próximo y con el exterior en general.

El plan de acción se estará retroalimentando hasta llegar a la eficiencia en el uso del agua deseada, tomando en cuenta las posibilidades del organismo o institución, de esta forma, con el tiempo, se llegara a un plan de acción que sea meramente de mantenimiento de las medidas tomadas. No se debe descuidar la revisión del plan de acción aunque se hayan cubierto los objetivos iniciales, dado que esto puede originar que se dejen de cubrir algunas áreas y surjan de nuevo los problemas que ya estaban arreglados.

FUENTE: “La ecoauditoría del agua en el centro educativo”, editada por la Fundación Ecología y Desarrollo en el marco del proyecto “Zaragoza, España ciudad ahorradora de agua. 50 Buenas Prácticas”.

6.5 EJEMPLO DE APLICACIÓN.

Zaragoza, ciudad ahorradora de agua (España)

Experiencia seleccionada en el Concurso de Buenas Prácticas patrocinado por Dubai en 2002, y catalogada como BEST. (Best Practices Database.)

Situación de partida

En 1995 había en España 11 millones de ciudadanos con restricciones diarias de agua. Había enfrentamientos entre regiones, ya que las soluciones que se discutían planteaban más pantanos y trasvases de agua que suponían un elevado coste económico, social y medioambiental. A pesar de la escasez, había en España una cultura despilfarradora de agua.

Objetivos: Desde el proyecto se quería demostrar que era posible resolver los problemas de la escasez de agua con otro enfoque más barato, más ecológico y sin enfrentamientos sociales: aumentando la eficiencia en el uso del agua. Zaragoza sería el ejemplo.

La finalidad del proyecto fue promover una nueva cultura del agua con una gestión racional de este recurso.

El proyecto planteaba para la consecución del mismo fomentar entre los consumidores la demanda de tecnología ahorradora de agua, estimular el mercado de estos productos y formar e informar a los profesionales del sector.

Posteriormente se constató la necesidad de reforzar estas actuaciones mediante dos nuevas estrategias:

- Crear 50 modelos de uso y gestión de agua en parques y jardines, en edificios públicos y en industria.
- Crear un consenso cívico para, atendiendo a las directrices de la nueva directiva de la U.E., utilizar el precio del agua como un incentivo para la eficiencia, propiciando así la difusión y generalización de prácticas y tecnologías ahorradoras.

El proyecto plantea un enfoque sistémico: actuar en todos los elementos que conforman la cultura del agua. Por ello, las actuaciones se dirigían a 4 objetivos:

- Prescriptores, profesionales que trabajan en áreas relacionadas con el consumo de agua en usos domésticos: fabricantes, distribuidores, comerciantes, fontaneros, constructores y arquitectos.
- Grandes consumidores: hoteles, restaurantes, bares, gimnasios, centros públicos.
- Público infantil y juvenil: los consumidores del mañana y muy persuasivo en casa.
- Público general: necesidad de implicar a toda la comunidad local.

La respuesta por parte de la sociedad zaragozana ha sido altamente positiva. Las mayores reticencias han venido desde algunos fontaneros que desconocían este tipo de productos o no trabajaban con ellos y planteaban obstáculos al cambio.

Se habían asentado las bases de una nueva cultura del agua fundamentada en el uso racional, el cambio de hábitos fue muy significativo, pero persistía la resistencia a la introducción de tecnología ahorradora.

Para lograr que Zaragoza fuese una ciudad eficiente en el uso del agua exigía trabajar en otras modalidades del consumo urbano. Se amplió la actuación a edificios de uso público, parques y jardines e industrias. En esta nueva fase se plantea lo siguiente:

- Trabajo intensivo de asesoría estimulando a las entidades y empresas que quieran y se comprometan a crear una buena práctica de uso eficiente del agua en alguno de los tres sectores mencionados. La Fundación Ecología y Desarrollo realiza auditorías de las instalaciones consumidoras de agua y se recomiendan medidas para reducir el consumo y convertirse en una buena práctica.
- Proceso de dinamización de las empresas emergentes vinculadas a la industria de la eficiencia del agua, y sensibilización de los prescriptores del agua en Zaragoza.
- Creación de un consenso cívico para usar el precio del agua como incentivo para la eficiencia.

RESULTADOS ALCANZADOS

Impacto

- Zaragoza tiene el rango de consumo doméstico por habitante al día más bajo de España, no alcanzando los cien litros.
- Ahorro en un año de más de mil millones de litros de agua (5,6% del consumo doméstico anual).
- Reducción del desconocimiento sobre medidas de ahorro de agua. Se ha pasado de que más de la mitad de los ciudadanos no conociesen ninguna medida a un poco más de un cuarto de la población.
- Participación casi el 60% de centros educativos zaragozanos en el Programa Educativo.
- Colaboración de 150 entidades: instituciones públicas, ONGs, empresas, sindicatos, comercios, colegios profesionales, asociaciones de barrios, asociaciones empresariales y medios de comunicación.
- Participación del más del 60% de los comercios de saneamientos, griferías, electrodomésticos e instalación de contadores.
- Puesta en marcha de 50 ejemplos de uso eficiente del agua en edificios de uso público, parques y jardines e industria.
- Edición de guías prácticas de autodiagnóstico del consumo de agua para hoteles, hospitales, centros educativos, oficinas y hogares y guía práctica de tecnologías ahorradoras de agua para viviendas y servicios públicos.
- Oferta de un millar de paquetes de productos ahorradores de agua para el hogar.
- Edición de 6,000 del Periódico del Agua.
- Participación de la totalidad de los viveros de Zaragoza.
- Envío de un boletín electrónico a más de un millar de direcciones: información del proyecto y otras noticias relativas a gestión del agua.
- Puesta en marcha de un portal en Internet: recopila información sobre experiencias similares, acceso a tecnología ahorradora, recopila normativa y bibliografía existente en eficiencia, crea un foro de debate y facilita asesoría.
- Colaboración activa de técnicos municipales a través del Comité de Coordinación y Seguimiento.
- Inclusión de eficiencia en la gestión entre las finalidades de la base de la política del agua de la comunidad autónoma.

Sostenibilidad

Se pretende vincular a las empresas dedicadas a la gestión eficiente del agua. Esta vinculación persigue un doble objetivo: crear mecanismos que ayuden a estas empresas a vencer los obstáculos que encuentran a la hora de comercializar productos eficientes en el consumo de agua y encontrar vías para que las empresas reinviertan en el proyecto parte de los beneficios que obtienen gracias al mismo. Se incluyen fabricantes, instaladores, distribuidores, comercios y empresas de servicios.

Por ejemplo, se han producido cambios en la política oficial: el Ayuntamiento de Zaragoza contempla bajar el consumo total de la ciudad de los 80 Hm³ actuales a 65 Hm³.

El proyecto busca lograr una gestión eficiente del agua en Zaragoza a través del cambio tecnológico. Las campañas de ahorro de agua que tradicionalmente se han venido llevando a cabo en España hablaban de cambios de hábitos que se relajaban una vez que la campaña finalizaba y los consumos volvían a subir.

La introducción de nuevas tecnologías que consumen menos caudal de agua que los aparatos tradicionales permiten garantizar los ahorros a largo plazo. Los porcentajes de reducción de consumo (entre un 25 y un 35%) por la introducción de estos mecanismos se mantendrán una vez finalizado el proyecto.

El proyecto pretende crear un consenso cívico para utilizar el precio del agua como un incentivo para la eficiencia. Esto supondría el aumento de la recaudación municipal. Por ello, se propone designar un 1% del presupuesto municipal en materia de agua a la realización de campañas que fomenten un uso más racional del agua.

OBJETIVO PARTICULAR

Explicar los métodos para aumentar la disponibilidad de agua y asegurar que ésta se utilice de manera eficiente y equitativa.

7.1 INTRODUCCION

Este capítulo tiene como base principal y fuente de información, el documento: “*El suministro de agua de la ciudad de México, mejorando la sustentabilidad*”. Desarrollado por: *National research council, academia de la investigación científica, A.C., academia nacional de ingeniería, A.C. National Academy Press, Washington, D.C. 1995.*

Este documento es uno de los estudios más completos sobre la administración de la demanda en México, dado que abarca los temas de manera integral, es un buen ejemplo a seguir para realizar estudios similares en otras zonas. Como fuente de casos de aplicación de distintos programas sobre la administración de la demanda en el mundo, se citan publicaciones de la *revista Watergy*.

En los países en desarrollo, la falta de oportunidades de trabajo en las áreas rurales, la declinación de las economías de subsistencia y la esperanza de acceder a una vida mejor han propiciado el nacimiento de las modernas megalópolis. Desafortunadamente, la infraestructura urbana, las instituciones y los recursos naturales disponibles han resultado a menudo insuficientes para responder al ritmo de expansión de los nuevos asentamientos

El agua es un recurso vital insustituible. Su abastecimiento, localización y desecho presenta numerosos retos, los cuales deben ser enfrentados para satisfacer las crecientes demandas de las existentes y nuevas áreas metropolitanas.

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) ejemplifica estos retos. La demanda de agua para los 20 millones de personas que habitan en el área, significan un desafío formidable para los organismos e instituciones que tienen la responsabilidad de abastecer a esta población.

Como el agua superficial en la Cuenca de México es muy escasa, la principal fuente de abastecimiento para la ciudad es el Acuífero de la Ciudad de México, localizado en el subsuelo del área metropolitana, por lo mismo los estudios realizados en el ámbito del agua deben abarcar mas allá de la zona de estudio, están obligados a tomar en cuenta la situación global de la cuenca y su interacción con las cuencas que la rodean.

Tradicionalmente, los servicios de abastecimiento de agua y de drenaje han recibido importantes subsidios del gobierno federal.

Como resultado, ha sido necesario enfrentar severas pérdidas financieras, así como un constante desperdicio del recurso causado por fugas de agua y un uso ineficiente. El rápido crecimiento urbano y la falta de sustentabilidad financiera han restringido la capacidad del gobierno para satisfacer la demanda de agua, ampliar el sistema de distribución a las áreas donde el servicio es deficiente, así como para proporcionar un tratamiento adecuado a las aguas residuales antes de desecharlas o reutilizarlas.

7.2 QUE ES LA ADMINISTRACIÓN DE LA DEMANDA

Los problemas de calidad del agua y las limitaciones en su abastecimiento en muchas partes del país, y especialmente en la Zona Metropolitana del Valle de México están relacionados principalmente con el crecimiento de la población, así como con las tendencias macroeconómicas y de la economía regional, asuntos que escapan a la competencia de los funcionarios encargados de la planeación de su manejo. La planeación del uso de la tierra juega también un papel importante en el crecimiento de la región.

En la actualidad, se llevan a cabo esfuerzos decididos para proteger de nuevas invasiones las áreas de recarga del acuífero y el espacio abierto restante; sin embargo, los esfuerzos por controlar el crecimiento en la periferia urbana seguirán enfrentando dificultades.

Aunque la amplitud de estos temas sociales rebasa los fines de este reporte, es claro que los costos que implicaría integrar nuevas fuentes de abastecimiento a la Zona Metropolitana del Valle de México, se antojan prohibitivos en un futuro predecible especialmente si son considerados los costos reales y los daños a terceros.

Es claro también que el costo total del uso de agua en la ciudad debe incluir el costo del desarrollo de sistemas de alcantarillado, así como el de instalaciones para el tratamiento de las aguas residuales.

Este capítulo contempla tres problemas no menos conocidos, aunque tampoco menos fundamentales:

- 1) El descuido de las políticas de conservación en la planeación del sector agua;
- 2) Los graves problemas financieros asociados a las tarifas y recaudación tradicionales;
- 3) El difícil y a menudo inadecuado acceso al agua de buena calidad que afecta a las zonas marginadas de la cuenca. Aunque la naturaleza de estos problemas tiende a ser más conductual que técnica, las soluciones propuestas en el presente capítulo (soluciones que pueden describirse como de administración de la demanda) son directas y factibles.

La administración de la demanda tiene dos componentes esenciales:

- 1) La conservación, para preservar las reservas disponibles, y
- 2) La recuperación de costos.

La administración de la demanda es complementaria a las soluciones tecnológicas que buscan aumentar la disponibilidad de agua y asegurar que ésta se utilice de manera eficiente y equitativa. La administración de la demanda no es una reacción ante una situación de crisis, sino una herramienta que puede aplicarse bajo cualquier circunstancia.

Sin embargo, las estrategias de administración de la demanda pueden no resultar populares, pues hacen evidente el precio real del agua al revelar la verdadera distribución de costos y beneficios de un consumo ampliamente subsidiado.

En consecuencia, las tarifas del agua en la mayoría de las metrópolis tienden a mantenerse muy por debajo de los costos reales, dado que los gobiernos locales temen tener que enfrentarse a reacciones adversas. Por lo tanto, las políticas de administración de la demanda se llevan a cabo en raras ocasiones, a menos que la situación se torne muy comprometida, como sucede hoy en la Zona Metropolitana del Valle de México.

7.3 PROBLEMAS Y PRIORIDADES

Reconocer el problema que implica enfrentar demandas crecientes de agua con un nivel de calidad aceptable es una actitud que se ha abordado en México desde 1993 (M. Buenfil), ya que se describieron los principales temas relativos al abastecimiento de agua: conservación; recuperación de costos y solvencia financiera de la entidad que distribuya el agua; equidad en su uso; pérdidas no calculadas en el abastecimiento; necesidad de información.

En muchos sentidos, la recuperación de costos es un asunto más urgente que el de la conservación. En México, los altos subsidios otorgados al abastecimiento de agua han permitido el acceso a volúmenes ilimitados a un costo artificialmente bajo.

Debido a que las industrias consumen grandes cantidades de agua, estos subsidios han servido para alentar el desarrollo industrial en la Zona Metropolitana del Valle de México. Por lo tanto, los subsidios han propiciado un mayor consumo y han contribuido a agudizar la escasez del agua. Esta situación no sólo es propia de México, pues hasta hace poco ofrecer agua a bajo costo era una política común en todo el mundo. Los subsidios para el agua han sido siempre populares cuando los gobiernos han querido promover el desarrollo económico local. También han sido defendidos como políticas para combatir la pobreza.

Dadas las restricciones presupuestales, los niveles históricos de subsidio al sector del agua ya no son sostenibles. Las autoridades del ramo se han percatado de que deben recurrir a los usuarios para recabar fondos que permitan mantener el nivel de servicio existente e invertir para mejorarlo en el futuro. Importantes recursos económicos se invierten en subsidiar el agua y los servicios sanitarios en el Distrito Federal.

A pesar de que las estrategias de administración de la demanda han sido subutilizadas en el pasado, es importante reconocer que este descuido es característico de la planeación del abastecimiento de agua en todo el mundo y, más aún, que las principales reformas relativas a la demanda ya tienen lugar en México.

De hecho, en muchos aspectos México se encuentra a la vanguardia de los países en desarrollo. Cada vez más, se reconoce que el agua es un bien económico, por lo que comienza a implementarse una política de precios adecuados para reducir el gasto y aumentar la recuperación de costos, apoyar la expansión financiera y mejorar los sistemas de abastecimiento de agua en todo el país.

7.4 MARGINACIÓN Y CARENCIAS DE AGUA

En general, son pocos los datos que se tienen relativos a la provisión de servicios públicos para aquellos hogares de la comunidad que no reciben agua entubada. Un estudio realizado por investigadores de El Colegio de México (Schteingart, 1993), encontró tendencias distintas entre sí en cuatro asentamientos irregulares (dos en el Estado de México y dos en el Distrito Federal). Según este estudio, algunos de los habitantes de estos asentamientos se abastecían de agua sin cargo alguno en camiones del gobierno, otros pagaban por una red profesionalmente instalada y con medidor, mientras que otros más pagaban una cuota fija.

La cantidad y la calidad del servicio variaba en forma considerable; por ejemplo, muchos residentes de escasos recursos bebían agua embotellada o refrescos para sustituir el agua de la llave, una alternativa cara pero en su criterio más segura que la de beber el agua entubada, en la que tenían poca confianza. De ser ciertos estos datos, se puede presumir que las estadísticas oficiales con respecto a la expansión del sistema de abastecimiento de agua no reflejan estos comportamientos.

Además del tiempo y el esfuerzo involucrados en trasladar el agua a sus hogares, los habitantes de las zonas marginadas deben enfrentar costos que a menudo les resultan excesivos. Los datos sobre los precios del agua por grupo de ingresos en la Zona Metropolitana del Valle de México no están disponibles. Existe alguna evidencia de que el pago de las cuentas de agua no se hace cumplir con rigor y de que a menudo no se les corta el servicio a quienes no han pagado sus recibos (Comisión Nacional del Agua).

Casi todos los estudios realizados en otras grandes ciudades de los países en desarrollo revelan que los gastos mensuales por concepto de agua representan un porcentaje del ingreso mayor para los pobres que para los ricos (Crane, 1994, Banco Mundial, 1992). Esto es así porque la demanda de agua representa un gasto relativamente poco elástico, y porque algunos usuarios de bajos ingresos se ven obligados a comprar el agua a intermediarios que aumentan el precio.

Se recomienda un estudio posterior para entender a fondo cómo las políticas de expansión en el sistema de distribución, así como las políticas relativas a las tarifas, afectan la salud y el estatus económico de los más pobres.

El hecho de que el agua (que como se ha visto requiere inversiones para su tratamiento y bombeo) no se pague en forma adecuada, es una parte del problema; las fugas en el sistema representan la otra parte.

Las pérdidas causadas por estos problemas son difíciles de cuantificar, debido a la falta de medidores. Sin embargo, las fugas por sí solas pueden llegar a ser del 40 por ciento en la Zona Metropolitana del Valle de México, de acuerdo a cálculos realizados por la Comisión Nacional del Agua. Las fugas en el sistema se pueden detectar de diferentes maneras, por medio de: medición sistemática y segmento por segmento, instalando medidores en las casas habitación, actualizando los registros de las conexiones, así como mediante el mantenimiento y la renovación de las instalaciones deterioradas por el tiempo.

En la Zona Metropolitana del Valle de México, los problemas derivados de la antigüedad de la infraestructura se agravan debido al hundimiento del suelo provocado por el bombeo excesivo del agua subterránea, así como a los daños causados por el terremoto de 1985.

Las fugas y las pérdidas incalculables de agua son problemas que empiezan a abordarse ahora en la Ciudad de México. Las autoridades del ramo han hecho de las reparaciones parte de su esfuerzo de conservación general. En el Distrito Federal se reparan mensualmente un promedio de 2000 fugas en la red de distribución, mientras que en el Estado de México la cifra por el mismo concepto es de 1,800 (Departamento del Distrito Federal). Además, se ha hecho un esfuerzo para eliminar las fugas caseras, especialmente en los multifamiliares.

Cada año son eliminadas aproximadamente 150,000 fugas en el interior de las casas, a través de los programas del SACM (Sistema de Aguas de la Ciudad de México). Estos programas incluyen folletos detallados que explican a los usuarios cómo detectar y reparar las fugas de agua.

7.5 INSTRUMENTOS PARA PLANEACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE LA DEMANDA

Para aproximarse a estos problemas hay que comenzar por reconocer que el volumen de agua utilizado por diferentes personas o empresas es variable. Aunque es sabido que la cantidad de agua que se requiere para cubrir las necesidades de higiene y salud básicas es mínima, en la demanda de agua influye un gran número de factores, muchos de los cuales se encuentran bajo el control de las autoridades.

Estos factores son el precio, la manera en que se cobra el uso, la confiabilidad y calidad del agua, así como las restricciones que se aplican a su utilización. Aunque el Distrito Federal tiende a elaborar sus pronósticos de uso del agua con base a un cálculo per cápita multiplicado por una línea recta de proyección del crecimiento demográfico (Gobierno del Distrito Federal), esta aproximación no proporciona una visión precisa de las conductas de uso reales en los hogares o en las empresas.

El empleo de instrumentos administrativos para controlar el consumo de agua se conoce como administración de la demanda. En contraste con las estrategias de abastecimiento que ponen énfasis en el desarrollo de nuevos suministros para tratar los problemas de escasez, la administración de la demanda está orientada a propiciar un cambio en los hábitos de los consumidores.

Los instrumentos para la administración de la demanda incluyen las políticas involuntarias (obligatorias) y las voluntarias. Las políticas obligatorias son aquellas en cuyo establecimiento los consumidores tienen relativamente poca influencia (Frederick, 1993).

Estas políticas controlan directamente el uso del agua y por lo general consisten en métodos de control, tales como el racionamiento de agua, la reparación de la tubería, nuevos códigos de construcción y normas para el reúso del agua. Desde 1989, el GDF inició un programa para instalar en los grandes edificios de departamentos y oficinas dispositivos para que los retretes pudieran funcionar con depósitos de 6 litros de agua (los normales usan un promedio de 16 litros).

En 1991, el programa había realizado 330,000 instalaciones, con lo que se lograba un ahorro en el consumo cercano a 0.8 mcs. El Estado de México puso en marcha un programa similar, con el que espera reducir el consumo en su área de servicio en 3.7mcs.

Quizás el medio menos utilizado para controlar el nivel del consumo de agua en la Zona Metropolitana del Valle de México es el empleo de instrumentos indirectos o voluntarios, como las tarifas de agua y las campañas educativas.

En parte, esto puede ser reflejo de la planeación del sector orientada al abastecimiento tradicional, que ha puesto poco énfasis en lo relativo a la modificación de ciertos hábitos de uso. La experiencia ha demostrado que se pueden obtener reducciones significativas en el consumo llevando a cabo reformas muy modestas.

En especial, las nuevas políticas de tarifas, así como la atención a algunos principios básicos en el manejo del precio y el cobro del agua, deberían limitar la demanda de las reservas existentes y mejorar la salud financiera del sistema.

Existen tres componentes básicos en la política administrativa de tarifas:

El primer componente, tal vez el más conocido en México, es la "recuperación de costos", o la relación directa entre los gastos y las ganancias del sistema. En un esquema ideal, la recuperación de costos debería abarcar la distribución, el desecho y los costos del tratamiento, así como otros gastos (entre ellos, los provocados por el hundimiento del suelo a causa de la sobreexplotación de los acuíferos que por lo general no son considerados como gastos del sistema y que de hecho no se toman en cuenta. En algunos casos incluso los costos de capital para las instalaciones construidas se ignoran a favor de una política de tarifas que sólo contempla los gastos de recuperación, operación y mantenimiento. Pero esta aproximación, aunque limitada, puede representar un primer paso.

El segundo componente de una política de tarifas es la demanda. La demanda se relaciona con lo que la gente está dispuesta a pagar. Véase, por ejemplo, el debate sobre la evaluación de contingencias en Whittington, 1992; y en *Natural Resources Journal*, volumen 4(1), 1985 para medir la demanda donde no hay datos disponibles. En contraste, una necesidad no depende por lo general del costo.

Si los consumidores están dispuestos o no a financiar un nuevo sistema de abastecimiento de agua, es una cuestión que puede representar un ejemplo de cómo asociar el costo a la demanda. De hecho, esta es la pregunta central que hoy guía las políticas dirigidas a mejorar la infraestructura en los países en desarrollo: ¿está el costo justificado por la demanda?

La tercera consideración relacionada con las tarifas es la equidad, que alude a la necesidad de establecer un justo equilibrio en la distribución de los costos del agua, en hogares con ingresos diferentes. Dentro de las restricciones que la necesidad de mantener este equilibrio implica, la forma actual de establecer tarifas puede ser estructurada de muchas maneras. Los usuarios podrían pagar un solo cargo para cubrir los costos que implica extender el abastecimiento de agua a su propiedad. Asimismo, podrían pagar otro por la conexión al sistema. Podrían también realizar pagos fijos periódicos para conservar este recurso.

7.6 PROBLEMAS DE EJECUCIÓN

Una cosa es hablar de la mejor manera de hacer las cosas y otra muy distinta es llevarlas a cabo. Por ejemplo, aunque elevar las tarifas del agua podría desalentar el desperdicio de agua entre muchos usuarios, esta medida no deja de tener inconvenientes. Los incentivos en los precios sólo operan cuando el uso del agua está medido y la decisión de medir o no medir es en parte un asunto administrativo. Una política de tarifas sólo será efectiva en la medida que cubra dos condiciones:

1. Una administración capaz, lo cual requiere de un alto nivel de competencia en costos, presupuestos y procedimientos de contabilidad para llevar a cabo cálculos realistas de precios y supervisar su ejecución
2. Aplicación de medidas de refuerzo adecuadas contra los infractores. Los programas más efectivos de conservación de agua de uso doméstico han combinado el alza de tarifas con campañas de información al público que refuerzan el mensaje de la necesidad de conservar, junto con la participación del público para generar el apoyo de la comunidad.

En la Ciudad de México sólo el 53 % de los usuarios tiene medidor y no todos los medidores funcionan en forma adecuada. Muchos medidores leen de manera irregular; las medidas de refuerzo para efectuar los cobros de las cuentas han encontrado dificultades en el pasado. Obviamente, la falta de medidores es un impedimento tanto para la recuperación de costos como para la conservación del agua.

Para conseguir una medición óptima, habría que instalar varios millones de medidores adicionales. Los medidores, junto con una tarifa basada en el volumen efectivo y en el sistema de recolección, podrían reducir sustancialmente el uso del agua, ya que los consumidores tendrían un incentivo para conservar y, en particular, para evitar el despilfarro. Además, los medidores permiten detectar de manera más sencilla las fugas del sistema.

7.6.1 Uso Doméstico

Cualquier discusión sobre temas relacionados con la ejecución de las políticas administrativas de uso doméstico del agua, implica considerar los conceptos de equidad y eficiencia de los servicios. Está bien documentado que, cuando ha sido necesario, las clases económicamente menos favorecidas en los países en desarrollo se han mostrado dispuestos a pagar la parte que en justicia les corresponde para un abastecimiento de agua de buena calidad.

En las grandes ciudades del mundo en desarrollo, donde los habitantes de escasos recursos tienen un acceso limitado a las fuentes confiables de agua, la investigación ha documentado que las personas pagan más por el agua que otros habitantes. En la mayoría de los casos, la gente que no tiene un acceso adecuado a las fuentes públicas de abastecimiento se beneficiaría con el pago de servicios, en el caso de que éstos mejoraran sensiblemente.

Aparte de las preocupaciones relacionadas con respeto a la equidad, los obstáculos de ejecución en el sector doméstico incluyen la resistencia general a aceptar tarifas de agua por parte de quienes no tienen un sistema con medición, junto con otras dificultades prácticas asociadas con el diseño de tarifas uniformes y con el uso de los medidores.

La impopularidad de establecer los precios del agua sustancialmente más altos, así como la imposición de un sistema de cobro más riguroso, son asuntos institucionales y administrativos difíciles de resolver en el sector doméstico.

En la práctica, fijar nuevas tarifas es un asunto delicado y complejo. No es necesario explicar por qué cuando a la gente se le pregunta cuánto preferiría pagar (por cualquier cosa), invariablemente responde que preferiría no pagar nada. Aún así, la mayor parte de la gente entiende que ningún sistema se puede sostener a sí mismo bajo este esquema y que algunos bienes, tal vez la mayoría, deben ser sostenidos con alguna forma de pago. Esto es cada vez más cierto respecto al aire que respiramos, por ejemplo, en la Ciudad de México y en otras partes.

Para mejorar, o incluso para mantener la calidad del aire, ha sido necesario pagar más por la gasolina, manejar menos y aceptar muchos otros inconvenientes y costos adicionales. Si se le da tiempo, la idea de establecer precios que cubran los costos del agua tendrá más aceptación, particularmente una vez que la relación costo/calidad y disponibilidad del agua haya sido comprendida.

La tarea consiste entonces en educar al público y a los políticos con respecto a esta relación. No hay duda de que la gente está dispuesta a pagar por un agua de mejor calidad en muchos sentidos ya lo hace, especialmente en las áreas donde el agua se distribuye de manera privada. La cuestión, entonces, es enseñar a los consumidores que tienen pocas alternativas de largo plazo para pagar el precio real del agua.

Los medidores también presentan dificultades de instalación. Por ejemplo, no es aconsejable ponerlos en todas las áreas de la ZMVM. Además del costo básico del medidor, el costo de medir es alto, pues abarca inversiones en instalación, así como el gasto de la lectura regular, mantenimiento, cobros y contabilidad. Los beneficios de medir deben ser considerados junto con estos costos.

Para los grandes consumidores y empresarios, medir siempre será efectivo en términos de costos. Para los pequeños consumidores de las áreas poco desarrolladas y de bajos ingresos, medir probablemente no es apropiado a corto plazo, porque muchos de los usuarios no tienen tubería en casa y usan muy poca agua.

7.6.2 Usuarios Industriales

La experiencia, tanto en países industrializados como en países en desarrollo, muestra por igual que las industrias tienden a utilizar el agua con una mejor relación costo-beneficio que otros sectores de la sociedad. Mientras que la industria no es un gran usuario de agua, comparada con otros sectores, sus instalaciones con frecuencia están ubicadas en las áreas urbanas, donde el consumo de agua aumenta más rápido.

El precio por unidad de agua normalmente se coloca más alto para la industria que para los usuarios domésticos, por razones que por lo general tienen que ver con el financiamiento de capital-costos de infraestructura y los altos costos del tratamiento de aguas residuales industriales. Además, las industrias tienden a ser actores racionales que responden de manera expedita a los incentivos económicos y reguladores.

El potencial para un uso del agua en forma más racional y con mayor efectividad la relación costo-beneficio en el sector industrial ha sido demostrado en los hechos, tanto en los países industrializados como en aquellos que se encuentran en vías de desarrollo.

En muchos casos, el costo adicional por el tratamiento de aguas residuales industriales, o la necesidad para la industria de tratar su agua residual antes de desecharla al drenaje público, es una motivación suficiente para iniciar un programa de conservación de agua.

7.6.3 Obstáculos Institucionales y Administrativos

Los gobiernos tienen dificultades al tratar el tema de la conservación del agua, porque se trata de un asunto que en casi todas partes tiene una fuerte carga política. La gente ve al agua como un bien esencial para la vida y muchos consideran que por esta razón las autoridades están obligadas a ofrecerla a la población sin costo, o a muy bajo costo.

Por lo tanto, hace falta una gran decisión para elevar las tarifas, reforzar el sistema de distribución, instalar medidores y establecer las sanciones que permitan reducir la demanda (Banco Mundial, 1991; Bahl y Linn, 1992).

Además, cuando el abastecimiento es irregular y la gente no recibe agua, o cuando la presión en el sistema es demasiado baja la mayor parte del tiempo, se generaliza una negativa a pagar los precios fijados; al no pagarse estos precios, las instalaciones carecen de los recursos necesarios para su reparación (véase, por ejemplo, Ingram et al., 1995). En consecuencia, el servicio empeora y la situación sufre un deterioro en espiral descendente.

El agua juega un papel importante en la política regional. Las regiones y las ciudades que en ellas se encuentran dependen unas de otras para crecer e invertir, por lo que se resisten a la limitación de cualquier recurso fundamental para el crecimiento, como lo es el agua. Las cifras del crecimiento de la población se exageran a menudo, con el objeto de que determinadas regiones obtengan una mayor participación del presupuesto nacional, así como mayores subsidios para el desarrollo de infraestructura como sistemas de abastecimiento de agua, drenajes y carreteras.

Dado que las inversiones fluyen a determinadas regiones a expensas de otras, lo lógico es que esta emigración ocurra hacia las regiones con mejores servicios. Ciertas regiones y ciudades se convierten en centros de poder e influencia, mientras que la importancia de otras se debilita. A pesar de estas dificultades, México lucha por revertir tendencias del pasado. El presupuesto nacional de 1992 en materia de inversiones para el sector, muestra un descenso del presupuesto federal en la ZMVM, mientras que otras ciudades y otras áreas rurales obtienen mayor atención.

En todo el mundo, las empresas municipales de agua se han dedicado a impulsar proyectos de construcción más que a la administración de la demanda (Ward, 1990; Ostrom et al., 1993). Por tradición y algunas veces por ley, a estas empresas se les pide que ofrezcan un servicio de agua lo más barato posible. Cuando las tarifas están altamente subsidiadas y el acceso a nuevas fuentes de abastecimiento se basa en otras fuentes económicas distintas a las tarifas, el argumento de la conservación para ahorrar costos tiene poca fuerza.

En México, al igual que en muchos países en desarrollo, las instancias de apoyo externo han tendido a centrarse en otorgar dinero para la construcción en la capital, pero no para la operación, el mantenimiento o la administración. La posibilidad de adoptar un programa de administración de la demanda depende de la capacidad de las instituciones responsables del abastecimiento de agua.

En la ZMVM ha existido un alto nivel de centralización de las funciones operativas y, al mismo tiempo, una separación entre las funciones operativas y las responsables de establecer las tarifas y recolectar los pagos.

Por lo tanto, la eficiencia con la que la entidad encargada del agua opera no es congruente con los fines municipales. La creación en 1992 de la Comisión de Aguas del Distrito Federal tiene entre sus objetivos cambiar esos esquemas de organización (Comisión Nacional de Agua, 1992).

7.6.4 Crecimiento de la Capacidad Instalada

Históricamente, las oficinas municipales de agua en todo el mundo han mostrado una preferencia por el desarrollo de nuevas fuentes de abastecimiento, en lugar de procurar una modificación en los patrones de la demanda entre los usuarios. Para cambiar estos patrones se requiere de la participación a fondo de los economistas y otros científicos sociales especializados en el diseño de incentivos económicos y otros instrumentos de persuasión.

A pesar de la evidente importancia de la formación en ciencias sociales para establecer estrategias de demanda de agua, muchas oficinas emplean preferentemente ingenieros. Los economistas y otros científicos sociales se emplean a menudo en los niveles medio y bajo en la jerarquía de estas dependencias por lo que tiene poca influencia en la toma de decisiones. Además, a las oficinas encargadas de la conservación se les otorgan recursos insuficientes para sostener la administración de la demanda y un nivel bajo en la organización.

La ejecución de los planes de conservación es un asunto complejo y requiere capacidad para considerar cuestiones como, por ejemplo, costos administrativos y de organización, políticas, temas ambientales, de desarrollo institucional, desarrollo de recursos humanos, organización de la comunidad, gravámenes del sector del agua, asuntos legales, manejo de la información y contratación.

Los programas de administración de la demanda afectarán a muchos grupos distintos, desde las oficinas administrativas hasta los consumidores. Los incentivos y la falta de ellos que enfrenta cada autoridad municipal del agua deben ser evaluados. Los incentivos incluyen el aumento de la capacidad de abastecimiento y, por lo tanto, la reducción de la inversión y los costos de operación. La posible falta de incentivos se debe a la disminución de las ganancias, la necesidad de ajustes más frecuentes a la tarifa y a la creciente dificultad para prever la demanda futura.

Los efectos que cualquier estrategia de conservación pudieran tener en las dependencias locales encargadas del agua, especialmente las formuladas en los niveles más altos del gobierno, deben estar correctamente orientadas si se espera que estas dependencias acepten el concepto y la práctica de una mayor eficiencia en el uso del agua. Una adecuada relación costo-beneficio, también requiere de capacidad técnica y administrativa para operar un sistema de tarifas en forma eficiente.

Esto requiere de una medición razonablemente exacta del abastecimiento de agua para cada consumidor. Entonces, la instalación inicial de los medidores debe estar respaldada por un sistema adecuado de mantenimiento y reparación (incluyendo la recalibración de los medidores a intervalos apropiados).

La lectura de los medidores debe también realizarse a intervalos claramente definidos. La administración de las cuentas y el envío de recibos deben realizarse con el menor retraso posible después de la lectura del medidor.

Por último, es necesario obligar a que el pago de las cuentas se lleve a cabo en un tiempo razonable, estableciendo sanciones definidas para quien pague con retraso. El desarrollo de la capacidad administrativa y técnica debe acompañarse de innovaciones políticas, como la revisión de las tarifas, para obtener los resultados deseados.

Aquí vale la pena insistir en dos puntos.

Primero, en que las oficinas de conservación deben recibir los recursos necesarios para que operen en forma efectiva, incluyendo los fondos para atraer personal calificado, especialmente de quienes están titulados en áreas pertenecientes a las ciencias sociales. Los científicos sociales tenderán a orientar las políticas relativas al agua menos hacia el control y más hacia la administración de la demanda, puesto que se les asignará un nivel jerárquico adecuado dentro de la organización.

Segundo, para poder llevar a cabo los programas de administración de la demanda por encima de otros intereses creados, las oficinas de conservación del agua deben tener asignado un alto nivel dentro del departamento de aguas y otras oficinas municipales de la ZMVM. Este nivel jerárquico dependerá, en parte, de la capacidad y profesionalismo del personal de la oficina de conservación.

Se ha demostrado repetidas veces que, incluso con los programas más simples de conservación del agua, el uso de la misma se puede reducir de 20 a 30 por ciento sin afectar sustancialmente el bienestar de los habitantes o de los negocios, introduciendo incentivos de conservación o tecnología que genere los mismos servicios de agua con menores costos (Martin et al., 1980; Shaw et al., 1992). Simplemente, el hecho de medir el uso del agua de manera más amplia los reducirá de manera efectiva, particularmente si esta medida se acompaña de una adecuada estructura de precios por ejemplo, una tarifa en bloque que aumente en forma paulatina. Sin embargo, la capacidad institucional adecuada es un prerrequisito para el éxito.

La Ciudad de México puede obtener ahorros como los señalados si se pone suficiente atención en el establecimiento adecuado de estrategias para la administración de la demanda. Por supuesto, las políticas de conservación del agua deben ser diseñadas para un contexto específico y los programas que tuvieron éxito en otras partes pueden no resultar apropiados para la ZMVM. El DDF ha puesto en marcha un ambicioso programa para reducir la demanda de agua en una comunidad, a través de la instalación de implementos para ahorrar agua, como retretes y regaderas de bajo flujo.

En los años recientes, las autoridades del agua de la ZMVM han establecido metas para una mejor administración de la demanda y han dado pasos importantes hacia la consecución de las mismas. Se llevó a cabo una reorganización para descentralizar e integrar mejor las funciones, fueron modificadas las estructuras de las tarifas y, lo que es tal vez más importante, se intentó enfrentar el crecimiento urbano, problema que ha originado muchos de los problemas relativos al agua.

En el documento titulado *Agua 2000*, el jefe del Departamento del Distrito Federal dio reconocimiento oficial a la necesidad de controlar el crecimiento y llevar a la población fuera de las áreas de recarga y hacia las áreas donde existe infraestructura (Departamento del Distrito Federal, 1991). Además, se ha reconocido la necesidad de modificar algunos conceptos muy difundidos entre la población relacionados con el agua.

Estos son pasos que apuntan en la dirección correcta, pero la importancia de una reforma posterior es clara. Los costos de utilizar agua en la ZMVM se han elevado agudamente en los años recientes y continuarán en aumento, ya que la demanda promete sobrepasar las reservas en poco tiempo.

7.6.5 Conclusiones y Recomendaciones

Es necesario prestar más atención al control de la demanda de agua, a través del establecimiento de nuevos mecanismos de precios, así como de programas educativos enfocados a la conservación y el reúso.

Se ofrecen varias recomendaciones de distinta naturaleza, relacionadas con diversos temas: la necesidad de tener una mayor conciencia respecto a los problemas de la hidrología regional; el reúso del agua residual recuperada; la protección de la calidad de los recursos existentes; la forma de lograr una mayor eficiencia en el uso y los cambios institucionales que permitan un mejor abastecimiento de agua. Todas estas recomendaciones han sido diseñadas con el objeto de mejorar el sistema existente.

- *Desarrollar un programa de investigación a largo plazo, para determinar las características hidrológicas, físicoquímicas y biológicas de los acuíferos de la Cuenca de México.* Es necesario llevar a cabo un programa coordinado de investigación a largo plazo para sustentar un control sostenido del sistema acuífero de la Cuenca de México. Este programa debe insistir en que la investigación se desarrolle en forma sostenida; su dirección podría encomendarse a un comité de asesores formado por representantes técnicos de todas las partes afectadas con jurisdicción en el área. El programa debería involucrar a todas las instituciones que regulan el uso del acuífero, para incluir así diferentes puntos de vista-ambientales, de desarrollo, de salud, culturales y científicos.
- *Recomendación: Es necesario determinar el rendimiento óptimo del acuífero de la Ciudad de México.* Después de entender las características del acuífero con algún nivel de confianza, sería conveniente reunir un grupo interdisciplinario con representantes de las diversas instituciones, para determinar el rendimiento óptimo del acuífero de la Ciudad de México sobre la base de una evaluación de objetivos múltiples. Sería útil comprometer en este análisis al mismo consejo de asesores que dirija el programa de investigación a largo plazo.
- *El uso del agua residual recuperada y tratada tiene un gran potencial, por lo que convendría orientarlo cada vez más hacia el abastecimiento urbano e industrial,*

incluyendo la irrigación del paisaje urbano, la irrigación agrícola y la recarga del acuífero. El agua residual recuperada y tratada debería destinarse a cubrir áreas y propósitos específicos en la ZMVM.

- *Poner en marcha un programa ordenado y extensivo de monitoreo y protección del agua. Este programa debe abarcar varios aspectos: la identificación y el mapeo de las áreas vulnerables en la Zona Metropolitana del Valle de México; el análisis del tipo de asentamientos humanos del área; la localización de los pozos de producción; la localización de pozos abandonados; el tipo de servicios de drenaje que se proporcionan; el tipo de industrias en el área; los diversos métodos empleados para el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales; la identificación de otras actividades que contribuyan a la contaminación del agua subterránea.*
- *Deben tener alta prioridad el tratamiento de las aguas residuales antes de desecharlas así como incrementar la vigilancia de la salud pública. Es necesario ampliar y mejorar las plantas de tratamiento de aguas residuales, para manejar mayores volúmenes. De igual forma, se requiere poner mayor atención en el tratamiento de aguas residuales con propósitos de desecho y recuperación, así como dar prioridad a las áreas donde se presentan con mayor frecuencia las enfermedades intestinales infecciosas. Se sugiere desarrollar un programa de monitoreo sistemático, para recolectar los datos apropiados y llevar a cabo los estudios epidemiológicos necesarios, que permitan determinar el origen de estos problemas, además de evaluar el potencial de contaminación. También se requiere de un frecuente monitoreo en las plantas de agua embotellada y las albercas públicas.*
- *El Distrito Federal y el Estado de México deben trabajar de manera conjunta, con el objeto de mejorar sus capacidades para recolectar datos sobre la calidad del agua, organizar la información y reportar los resultados del monitoreo. Información actualizada y confiable debe ponerse a la disposición del público en general, así como de las instituciones gubernamentales y de investigación. Esta información debe presentarse en forma organizada y detallada, de modo que sea posible identificar los reglamentos que no hayan sido cumplidos en áreas específicas del sistema de distribución, así como la repercusión de este incumplimiento para la salud pública.*
- *Es necesario identificar e instalar medidores a los grandes usuarios, sin considerar a los más pobres. Para conseguir una medición adecuada, se pueden instalar varios millones de medidores adicionales. Aunque esto representa una inversión muy importante, ésta no es comparable con los enormes costos que supondría reparar y mejorar la infraestructura existente, o importar agua desde cuencas distantes.*
- *Establecer un método confiable para la lectura de los medidores y el cobro de los recibos. Las tarifas de agua deben establecerse de tal forma que permitan a cada*

administración desarrollar un programa autofinanciable. El establecimiento de precios realistas para el consumo de agua es una de las claves fundamentales del manejo de la demanda. Así mismo, el fijar tarifas reales podría resultar una herramienta de múltiples aplicaciones para influir en los patrones de consumo, satisfacer metas financieras y obtener importantes logros en los aspectos ambiental y social.

- *El servicio de agua debe ampliarse y recibir una adecuada reparación y mantenimiento.* El Departamento del Distrito Federal ha puesto en marcha una campaña intensiva para eliminar las fugas del sistema, acción tan importante para el abastecimiento de agua como el desarrollo de una fuente nueva; este programa debe recibir mayor apoyo. Adicionalmente, es necesario reparar la vieja infraestructura y las averiadas instalaciones del sistema.
- *Deben desarrollarse, mantenerse y evaluarse campañas públicas de educación.* Es importante promover el interés por la conservación del agua entre el público en general, enfocando el mensaje de manera apropiada.
- *Es necesario incorporar profesionistas que se ocupen de las ciencias sociales a las oficinas de administración y regulación del agua, para que contribuyan a desarrollar los programas de control de la demanda.* Uno de los principales impedimentos para mejorar la administración de la demanda de agua es la baja capacitación que los empleados de las oficinas suelen tener para el desempeño adecuado de sus tareas.
- *Los servicios de agua deben seguir ampliándose en beneficio de los más pobres.* Al evaluar los costos y beneficios que resulten de reformas tales como la reestructuración de tasas y la privatización, debe ponerse particular atención en el impacto que pudieran tener sobre la población de escasos recursos.
- *El público debe estar involucrado en las decisiones relativas a la privatización y el control de la demanda de agua.* En la medida en que el agua pase de ser un derecho natural gratuito a representar un servicio por el que se pague un precio justo, los usuarios demandarán mayor participación en las decisiones.

FUENTE: “*El suministro de agua de la ciudad de México, mejorando la sustentabilidad*”. National research council, academia de la investigación científica, A.C., academia nacional de ingeniería, A.C. National Academy Press, Washington, D.C. 1995

En la **Tabla 28.0**, se muestran fotografías que ejemplifican algunos de los trabajos de mantenimiento y sustitución de equipo y en general del sistema.

Tabla 28.0. Trabajos de mantenimiento



Foto No. 1 Muestra el Mantenimiento a líneas eléctricas de alta tensión



Foto No. 2 Muestra el Desazolve de cunetas y ríos paralelos al acueducto de gravedad



Foto No. 3 Muestra el Mantenimiento preventivo a planta potabilizadora



Foto No. 4 Muestra el Desazolve de redes de drenaje.

7.7 MODELOS DE LA ADMINISTRACIÓN DE LA DEMANDA

Con frecuencia, las empresas municipales de servicios de agua, tanto públicas como privadas, no tienen suficiente capacidad institucional para desarrollar enfoques prácticos que maximicen la eficiencia del agua y la energía, incluso después de reconocer sus beneficios potenciales.

La falla está principalmente en las estructuras de administración que no delegan las facultades necesarias a su personal para atender eficiente y directamente las diferentes cuestiones involucradas.

Los modelos de administración utilizados por la mayoría de las empresas de servicio de agua para ser eficientes, sin importar si son públicas o privadas, caen dentro de tres enfoques generales: administración ad hoc, administrador único y equipo.

I. El enfoque *ad hoc*

El enfoque *ad hoc* se caracteriza por una escasez de datos sobre el uso del agua y la energía, falta de coordinación entre los diversos departamentos involucrados, y una limitada asignación de capital a los proyectos de eficiencia. Los directivos no se concentran en el uso eficiente del agua y la energía y no asignan recursos con este fin.

Las empresas de servicios de agua que se basan en respuestas *ad hoc* para promover el uso eficiente del agua y la energía, no tienen la capacidad y el compromiso institucional para aprovechar la gran mayoría de las oportunidades de eficiencia. Es muy probable que las empresas de servicios de agua que operan de esta manera no tengan un plan de administración integral. Por el contrario, la responsabilidad de iniciar mejoras para el uso eficiente del agua y la energía casi siempre recae en el personal que sólo puede reaccionar a los problemas en el momento en que surgen.

Los proyectos de agua y energía con frecuencia son instrumentados sin considerar cuidadosamente su eficiencia, y muchas veces no están vinculados proactivamente con otros esfuerzos para maximizar ahorros. Por ejemplo, la Indore Municipal Corporation antes de sus recientes esfuerzos para crear un equipo encargado de lograr mayor eficiencia en el servicio de agua, no había estado midiendo ni rastreando ninguno de sus datos sobre el uso de energía. En su lugar, dependía de la compañía de electricidad para cuantificar su uso de electricidad en el bombeo de agua. Una de las primeras cosas que descubrió el equipo después de implantar un programa de medición y monitoreo, fue que se le estaba cobrando más electricidad de la que en realidad consumía.

II. Enfoque del *administrador único*

Las autoridades municipales de servicios de agua pueden elegir designar a una persona para atender problemas específicos como son la eficiencia de las bombas, la conservación del agua, o el tratamiento de aguas residuales.

En muchos casos, la designación de un administrador de eficiencia dedicado exclusivamente a ello es un primer paso para atender las cuestiones clave en el uso eficiente del agua y la energía. Una persona enfocada a un solo tema puede significar ahorros importantes para el servicio. De la misma manera, un administrador encargado de la eficiencia estimulará mayores niveles de recopilación y distribución de datos, lo que puede ayudar a otros departamentos a mejorar su eficiencia.

El nombramiento de un administrador encargado de la eficiencia, sin embargo, no llega lo suficientemente lejos como para reunir todos los recursos necesarios para maximizar el uso eficiente del agua y la energía. Una de las debilidades del enfoque del administrador único es una participación limitada de miembros claves del personal en este proceso. La simple contratación de un administrador para el uso eficiente de la energía no estimula un esfuerzo global de múltiples departamentos y del personal necesario para alcanzar los máximos

ahorros. Algunas de las quejas más comunes de los administradores de eficiencia que participan en este tipo de sistemas incluyen:

- No se tiene el control suficiente sobre los recursos y sobre el tiempo de otros miembros del personal, importantes en los esfuerzos encaminados a mejorar la eficiencia.
- Muchos de los interesados de numerosos departamentos con frecuencia son desaprovechados y no tienen facultades en las actividades para el uso eficiente del agua y la energía, porque esta eficiencia no es una parte directa de su trabajo.
- La limitada planeación, coordinación e interacción entre los diversos departamentos no ayuda a la promoción de medidas de eficiencia para todo el sistema.
- Es más probable que fracasen los proyectos de eficiencia si no cuentan con la participación y coordinación de los departamentos.

En Fortaleza, Brasil (**Figura 44.0**), los servicios municipales de agua, la Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) contrató a un administrador encargado de la eficiencia de energía que ha promovido con éxito varios programas. Uno de los logros importantes de este administrador fue incluir el uso eficiente de la energía como un elemento clave en el plan estratégico de mejoras de las autoridades municipales de agua, que incluía el establecimiento de metas en el uso eficiente de la energía.

Figura 44.0. Fortaleza Brasil.



Fuente: Revista Watergy, 2003.

Aun cuando los objetivos mismos son excelentes y se han efectuado grandes mejoras, el administrador encargado del uso eficiente de energía ha enfrentado numerosos obstáculos.

El primer problema que surgió fue la distribución de la información. CAGECE invirtió en un sofisticado sistema de medición y monitoreo, pero la información proporcionada sólo se envió a determinadas personas. El administrador encargado del uso eficiente de energía no recibió los datos necesarios en un formato que pudiera utilizar.

El segundo problema fue la poca información que tenía el administrador para la toma de decisiones claves de inversión que afectaban críticamente el uso eficiente de la energía en todo el sistema.

Por ejemplo, el personal de mantenimiento tomó la decisión de reparar los motores y las bombas basándose exclusivamente en el costo de reparación, en comparación con el costo de comprar un equipo nuevo más eficiente. No tomaron en cuenta el valor depreciado del equipo más viejo y los ahorros potenciales adicionales de modernizarse con un equipo más eficiente.

En efecto, el cambio de un motor ineficiente con diez años de uso que requería la misma reparación que un motor de alta eficiencia de un año de uso, recibió la misma consideración.

Un tercer problema involucraba el hecho de que muchas de las ideas, propuestas y decisiones del administrador de energía no estaban totalmente coordinadas con otras inversiones relacionadas con el suministro de agua, presión del sistema y tratamiento de aguas. Estas inversiones, por lo general, no aprovechaban el máximo potencial de las mejoras de eficiencia.

El nombramiento de un administrador encargado del uso eficiente de la energía ha sido un paso significativo para mejorar la eficiencia de CAGECE. Sin embargo, tanto los altos directivos como el administrador de energía mismo reconocen la necesidad de incluir mayor participación e ideas y recursos adicionales para lograr mayores avances.

III. El enfoque de *equipo para el uso eficiente del agua y la energía*

Con base en las experiencias de numerosas empresas públicas de servicios de agua, y las lecciones aprendidas, en circunstancias similares en el sector privado, las empresas municipales de servicios de agua que hayan adoptado un enfoque administrativo de equipo para lograr el uso eficiente del agua y la energía estarán mejor posicionadas para aprovechar las oportunidades para eficientarse.

Las experiencias de muchas autoridades municipales encargadas del servicio de agua, como son las documentadas en este informe, indican que el enfoque de equipo para lograr el uso eficiente del agua y la energía, es una parte integral del éxito de las estrategias operativas. Aun cuando cada una de las autoridades municipales de servicios de agua presentadas en los casos para estudio tomó su enfoque particular para crear una infraestructura de equipo encargado del uso eficiente del agua y la energía, hay un gran número de similitudes que demuestran los beneficios de esta metodología.

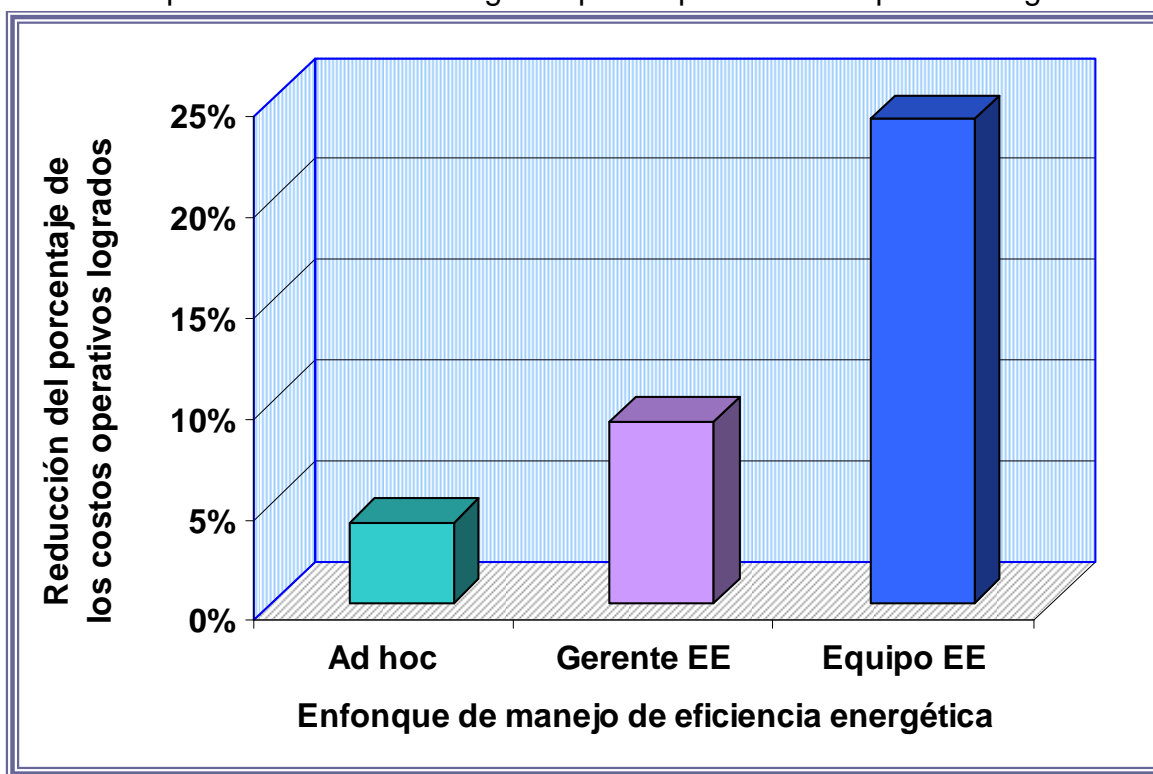
El equipo encargado del uso eficiente del agua y la energía tiene su origen en partidarios decididos o “defensores” a los niveles administrativos medio y alto. Un alto directivo puede identificar la eficiencia global en el uso del agua y de la energía como una función central de las autoridades municipales de los servicios de agua, y asegurar que se asignen los recursos adecuados para alcanzar esta meta.

La administración media proporciona el liderazgo diario y efectúa el trabajo real de incorporar la eficiencia energética en los deberes administrativos del sistema de agua.

Los equipos de eficiencia en el uso del agua y de la energía pueden movilizar una gran variedad de recursos y personal para mejorar la comunicación en toda la organización. Además, los equipos pueden mejorar la identificación e instrumentación del proyecto de eficiencia y asegurar la coordinación de las actividades.

Un equipo que funciona bien hará que el uso eficiente del agua y la energía sea la principal función de una empresa de servicios de agua.

Tabla 29.0: Ganancias en eficiencia proyectadas mediante la adopción de diferentes enfoques de eficiencia energética por empresas municipales de agua



EE, Eficiencia Energética

FUENTE: Revista *Watery*, basado en el documento de ahorros de programas de eficiencia energética destacada en un estudio de la Asociación American de Gas ampliada para el sector de agua municipal.

Características de un efectivo equipo encargado del uso eficiente del agua y la energía

1. Compromiso de los altos directivos.
2. Metas de reducción en el uso de energía claramente definidas.
3. Comunicación de las metas a todos los niveles de la compañía.
4. Asignación de la responsabilidad del proyecto al nivel adecuado.
5. Formulación y rastreo de sistemas de medición del uso de energía.
6. Identificación de todos los proyectos potenciales en forma continúa.
7. Adopción de criterios de inversión en los proyectos, que reflejen sus riesgos y oportunidades.
8. Otorgamiento de reconocimientos y premios al alcanzar las metas.

Uno de los elementos de un equipo efectivo para el uso eficiente del agua y la energía que tiene exactamente la estructura de un CEMP (Corporate Energy Management Program, (Programa Corporativo de Administración de Energía), es el establecimiento de un sistema de medición y monitoreo para detectar cualquier desperdicio de agua y energía.

Este sistema se destina a miembros clave en los departamentos afectados para que tengan una visión integral de la información pertinente. La ciudad de Austin, por ejemplo, ha desarrollado un agresivo programa de monitoreo para dar a su personal la máxima oportunidad de implantar ganancias de eficiencia. La comisión de agua de Austin proporciona un flujo constante de datos específicos a su personal a través del correo electrónico para permitir la acción de sus administradores y empleados.

Datos como son información específica de bombeo, ventas a clientes y funcionamiento del sistema se envían en forma constante al personal correspondiente que puede entonces optimizar sus esfuerzos de eficiencia en el uso del agua y la energía. Estos datos son guardados en bases de datos accesibles, estableciendo marcas de referencia sobre los esfuerzos de eficiencia.

Un ejemplo excelente del éxito del sistema de distribución de datos de Austin se encuentra en el área de reducción de fugas. Al instalar múltiples medidores auxiliares y coordinar el flujo de la información pertinente directamente de los medidores a las cuadrillas que reparan las líneas, Austin ha reducido las pérdidas en el sistema a sólo 8%. Austin también cuenta con un avanzado sistema de monitoreo de los consumidores que ayuda a enfocar los recursos de sus programas de eficiencia en el lado de la demanda. Los empleados pueden diferenciar hasta 30 categorías de usuarios de agua, como son hospitales y escuelas.

Esta información permite al personal de Austin efectuar una mejor asignación de los recursos a los usuarios ineficientes, bien sea comparando sectores o estableciendo marcas de referencia para los clientes dentro de un sector. Por ejemplo, un hospital que use más agua que otros hospitales similares, sería un candidato potencial para una auditoría de agua. Los programas corporativos de administración de energía han sido documentados como vehículos excelentes para alcanzar máximas ganancias de eficiencia.

Así como las industrias han encontrado que este enfoque de administración funciona, las autoridades municipales de los servicios de agua encontrarán algún híbrido del enfoque de equipo de administración que sea la metodología más efectiva para promover el uso eficiente del agua y la energía.

7.8 COMPENDIO DE CASOS PRÁCTICOS

Fuente: *Revista Watergy ; 2003*

MEDELLÍN, COLOMBIA: ADMINISTRACIÓN DEL LADO DE LA DEMANDA

Antecedentes

Las Empresas Públicas de Medellín (EPPM) proporcionan servicios de agua a más de 747,000 consumidores en la ciudad de Medellín, Colombia. La EPPM produce cerca de 8.8 m³ de agua por segundo en diez plantas de agua potable y una planta de tratamiento de agua.

Motivación

EEPPM desarrolló un programa diseñado para retrasar la inversión en proyectos de expansión, evitar suministros insuficientes de agua en el futuro, mejorar la imagen corporativa, y reducir las ventas de agua subsidiada a diferentes niveles socioeconómicos.

El otorgamiento de concesiones para el servicio público de agua está condicionado al cumplimiento con algunos requerimientos legales que incluyen emprender campañas educativas para el uso eficiente y reducir el desperdicio de agua.

Sobre el Programa

A partir de los años 80, EEPPM ha estado instrumentado actividades sobre el lado de la demanda de agua para programas industriales y residenciales, como campañas educativas y programas de prevención de fugas de agua. En julio de 1995 se amplió significativamente el alcance de sus programas educativos para promover el uso racional de agua y energía.

La intención del programa era controlar y minimizar pérdidas en los sectores residenciales, comerciales e industriales en Medellín. EEPPM dirigió sus programas residenciales a los niños, adolescentes, amas de casa y jefes de familia.

Resultados Principales

- Redujo el uso promedio de agua residencial un 3 por ciento anual en un período de diez años.
- Desarrolló un sistema de monitoreo y medición para ayudar a asignar prioridades a las mejoras.
- Creó un equipo de administración de energía.

Objetivos

El principal objetivo del programa educativo es lograr que los usuarios de agua conozcan y aprecien lo que significa el uso adecuado de los recursos de agua y energía. El programa también tiene la intención de promover acciones que lleven a cambios de hábitos, mantenimiento de la instalación, sustituciones de energía, mejorar la eficiencia del equipo, y reducir las pérdidas.

Plan de Trabajo

El plan de trabajo para lograr reducciones del lado de la demanda se centró en tres grupos: niños y adolescentes, amas de casa y jefes de familia, y los sectores de la industria y del agua.

Niños y Adolescentes

EEPPM inició un proyecto piloto dirigido a 2,500 estudiantes del cuarto año de primaria en 50 escuelas. El objetivo general de los programas de educación formal fue promover:

- El uso racional del agua.
- El uso consciente de los servicios públicos
- El mantenimiento de los servicios.
- La evaluación precisa de los servicios.
- El uso legal del agua.

Las actividades incluyeron visitas de campo a cuencas de captación, talleres con los padres, proyectos para ser desarrollados en casa, y preparación de un manual sobre eficiencia en el uso del agua para consumidores.

También se desarrollaron materiales de enseñanza, como videos y juegos educativos como guía para los maestros. EEPPM llevó sus actividades aún más lejos filmando miniserias para televisión de 12 segmentos dirigidas a niños en edad escolar con el propósito de reforzar los conceptos y metas establecidas en los programas escolares.

En múltiples sesiones de media hora llevadas a cabo en diferentes ubicaciones de EEPPM, los niños recibieron clases sobre los valores ambientales y las inversiones realizadas por la empresa para producir y distribuir agua y energía

Amas de Casa y Jefes de Familia

EEPPM inició diversas campañas a través de los medios de comunicación y de información al público para ayudar a cambiar los hábitos de consumo y reducir la pérdida de agua.

La campaña de publicidad se enfocó en los problemas económicos colectivos e individuales relacionados con el desperdicio del agua y la energía. Por medio de esta campaña se proporcionaron instrucciones específicas para el uso racional de estos recursos. La campaña incluyó anuncios en radio y televisión, publicidad en las estaciones del metro, y la impresión de folletos destacando los beneficios del uso racional del agua y la energía, así como describiendo los problemas legales que confrontan las personas que roban agua.

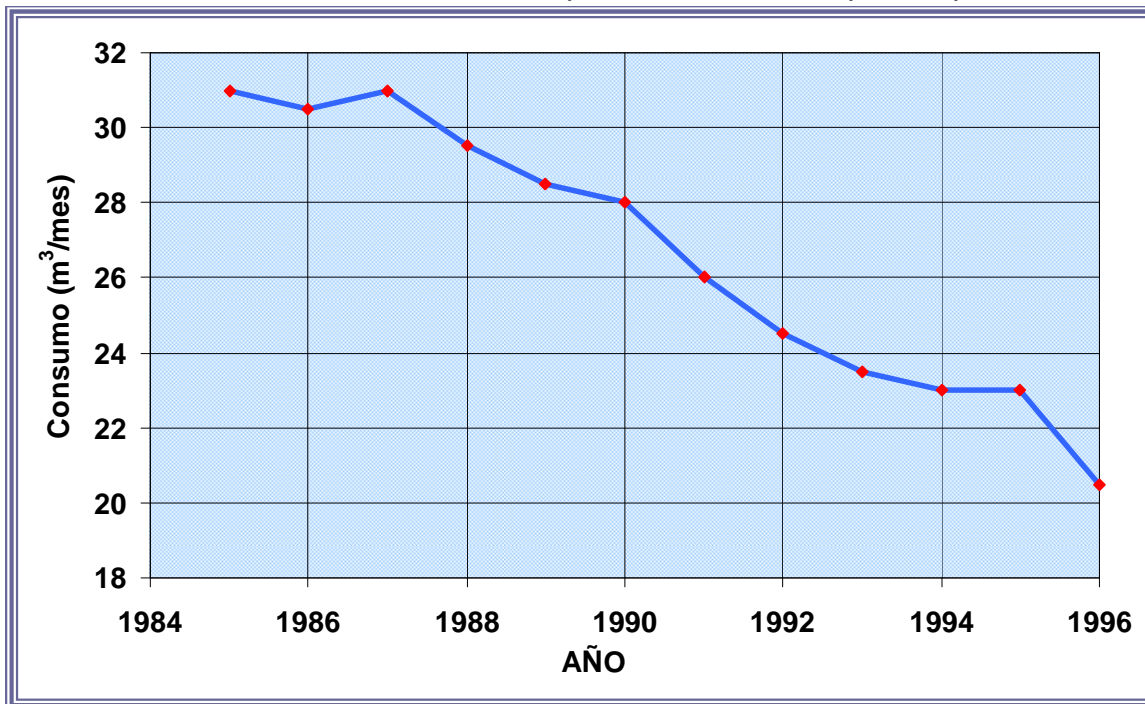
Sector Comercial e Industrial

EEPPM se comunicó con el sector industrial sobre el tema de la reducción de pérdidas de agua y el uso eficiente de la misma, impartiendo una serie de talleres de capacitación. Estos talleres fueron diseñados para educar al sector industrial sobre el valor de reducir el desperdicio de agua y para proporcionar estrategias en la búsqueda de mejoras.

Resultados del Programa Educativo

Como se muestra en la **Figura 45.0**, el nivel promedio de consumo de agua residencial en la década pasada ha disminuido a una tasa del 3 por ciento anual, debido en parte a las campañas para crear conciencia en el uso del agua que fueron desarrolladas por EEPPM. Estas campañas ayudaron a convencer a los consumidores a "pagar por el servicio, no por el desperdicio".

Figura 45.0: Niveles de consumo residencial promedio de las empresas públicas de Medellín



Fuente: Revista Watergy

La reducción en la demanda de consumo de agua ha tenido efectos positivos en los ingresos de la empresa de servicios de agua en lo que se refiere a ventas de agua potable. Los programas de prevención de pérdida de agua instrumentados de manera continua han dado como resultado una reducción en el consumo de agua no facturada del 42.15 por ciento en 1985 al 32.95 por ciento en 1996. Dichos programas han confirmado también que el robo de agua, las fugas internas, y el mal estado de grifos y accesorios contribuyen de manera importante a aumentar la cantidad de consumo no facturado de agua.

SINGAPUR: ADMINISTRACIÓN DEL LADO DE LA DEMANDA

“Reducir la demanda de agua es tan importante como desarrollar nuevas fuentes de suministro. Siempre y cuando los ciudadanos de Singapur conserven el agua, estas medidas a largo plazo asegurarán que siempre tengamos agua suficiente para nuestras necesidades esenciales.”

Antecedentes

El Public Utilities Board (Consejo de Empresas de Servicios Públicos), la autoridad nacional encargada del agua en Singapur, es responsable de proporcionar un suministro confiable y adecuado de agua potable.

El sistema de suministro de agua que maneja comprende 14 depósitos de agua cruda, seis plantas de tratamiento de agua, 14 depósitos de almacenamiento, y alrededor de 4,800 kilómetros de tubería. En el año 2000, el Consejo dio servicio a más de cuatro millones de personas y obtuvo ventas promedio de 1.24 millones de m³ de agua al día.

Motivación

Debido a que Singapur es una isla pequeña y tiene recursos naturales limitados, incluyendo el agua, ha establecido la administración del agua como una de sus prioridades. Los rápidos desarrollos industriales, económicos y sociales que han tenido lugar en Singapur han llevado a un fuerte aumento en la demanda de agua. En 1950, cuando tenía una población ligeramente mayor a un millón de habitantes, la demanda de agua potable era de 142,000 m³ diarios.

En 1995 la población se triplicó pero la demanda de agua aumentó más de ocho veces a 1.19 millones de metros cúbicos diarios. De 1989 a 1995, la demanda de agua en Singapur creció alrededor del 3.5 por ciento al año. El Consejo reconoce que el desarrollo de nuevas fuentes de agua y la administración de la demanda deben ser operaciones simultáneas para lograr el uso eficiente del agua y soluciones a largo plazo.

Resultados Principales

- Desarrolló un plan de conservación de agua y estableció una unidad de conservación de agua.
- Logró una reducción importante de agua desperdiciada: de 10.6 por ciento a 6.2 por ciento en seis años.

Metodología

Para resolver las preocupaciones sobre el aumento de consumo de agua, en los últimos 20 años el Consejo ha desarrollado un plan integral de administración de la demanda. El plan ha adoptado un enfoque con dos vertientes: primera, la administración eficiente de sus sistemas de suministro desde la fuente hasta su red de distribución y, segunda, la implementación de medidas de conservación de agua.

Detalles del Programa

Panorama General

Algunas de las iniciativas para mejorar la eficiencia del servicio de agua enfocadas a la disminución del porcentaje de agua no contabilizada, incluyen la instrumentación de programas educativos y publicidad para la conservación de agua, la promoción del uso de agua reciclada y el uso de agua no potable, como el agua de mar y agua industrial, en su caso, como sustituto del agua potable.

A. agua no contabilizada

En la década de los 80, el Consejo empezó a intensificar sus esfuerzos para instrumentar diversas medidas con el fin de reducir el porcentaje de agua no contabilizada, que en forma general se clasifican en control de fugas, política de medición precisa y completa, registro adecuado del agua consumida, y medidas legales para evitar tomas clandestinas de agua.

Bajo el programa de control de fugas, el Consejo promovió el uso de tuberías y accesorios de mejor calidad, la renovación de tubería, la detección intensiva de fugas, y la reducción del tiempo de respuesta para reparar fugas en la red de distribución de agua. El programa de renovación de tuberías abarcó el cambio de 181 kilómetros de tuberías de hierro colado sin revestimiento de la red de distribución, y 68,400 tubos conectores de hierro galvanizado entre 1984 y 1993.

En un período de 10 años (1985 a 1995), este esfuerzo redujo las fugas en las tuberías de 18,085 a 4,543.110. El Consejo ha continuado su programa para renovar la red de distribución y recientemente inició un programa de 5 años para cambiar las tuberías viejas con más de 50 años de uso.

El programa, a concluirse en 2004, sustituirá un total de 280 kilómetros de tubería vieja. Para una detección más completa y precisa de puntos de fugas, el Consejo adquirió dispositivos de alta calidad, como estetoscopios, geófonos, detectores electrónicos de fugas, y aparatos para detectar fugas por sonido.

Asimismo, llevó a cabo aproximadamente 620 inspecciones diurnas y 280 pruebas nocturnas de detección de fugas, cubriendo toda la red de distribución en el curso de un año. Desde principios de 2001, el Consejo ha introducido localizadores de fugas por sonido, que tienen la capacidad de identificar zonas sospechosas de fugas sin tener que realizar pruebas largas y tediosas.

Se mide el 100% de toda el agua suministrada desde la planta de abastecimiento de agua y de toda el agua consumida por los clientes para asegurar lecturas exactas del consumo de agua de clientes grandes, el Consejo ha invertido en equipo de medición de alta calidad, como son los medidores compuestos. Este esfuerzo de medición ha ayudado al Consejo a facturar correctamente a los clientes y a reducir la cantidad de agua no contabilizada.

Cantidades importantes de agua se usan en la puesta en marcha y llenado de nuevas tuberías maestras, conexiones y depósitos de servicio, para la limpieza y lavado de la red de distribución de agua durante su mantenimiento, y para apagar incendios.

Para evitar una estimación incorrecta del agua usada para dichos fines, el Consejo ha establecido un sistema de informes mensuales que asegura la designación correcta del agua usada. Además, debido a la legislación y a medidas estrictas para aplicar la ley, Singapur tiene pocos casos de tomas clandestinas. Un posible infractor sería castigado con una multa de 50,000 dólares de Singapur (US\$ 27,600 dólares estadounidenses) o hasta 3 años de cárcel.

B. Medidas de conservación de agua

A partir de 1985 se estableció un plan de conservación de agua para verificar la creciente demanda de agua de Singapur y asegurar su uso eficiente. Las diversas medidas instrumentadas bajo este plan se revisan continuamente y se introducen nuevas medidas.

Entre los aspectos cubiertos se incluyen los siguientes:

- Programas de publicidad y campañas educativas.
- Instalación obligatoria de dispositivos de ahorro de agua.
- Auditorías del servicio de agua y exhortación a los clientes para aplicar las prácticas de reciclado de agua.
- Uso de agua no potable, como el agua de mar y agua industrial, como un sustituto del agua potable hasta donde sea factible.

El programa de publicidad y campañas educativas es una actividad continua para educar al público sobre la importancia de la conservación de agua y la necesidad de ahorrarla.

El programa cubre una gama de actividades dirigidas a varios grupos de consumidores, como hogares, industrias y escuelas.

Las actividades incluyen visitas a las plantas de abastecimiento de agua, presentando pláticas sobre conservación de agua en escuelas, llevando a cabo exposiciones con el tema "Ahorre Agua" en centros comunitarios, y distribuyendo folletos con el mismo tema a todos los hogares.

Además, el sistema de educación ha sido identificado como una plataforma útil para educar a los jóvenes sobre la importancia de ahorrar agua, especialmente durante la edad en que son más receptivos.

El programa invitó a los maestros a asistir a seminarios sobre la conservación de agua de modo que ellos puedan difundir el mensaje de la conservación de agua a sus alumnos y colegas. Los maestros recibieron folletos y aparatos de detección de fugas que explican la importancia de utilizar el agua racionalmente; estos materiales ayudarán a los maestros en su proceso de educación y, aún más importante, les ayudarán a transmitir el mensaje de que ahorrar agua debe ser un hábito de toda la vida para todo el mundo.

Las Campañas de Ahorre Agua también se organizaron cuando fue necesario recordar al público la necesidad de ahorrar agua. La última campaña realizada en 1998 se enfocó a lograr un cambio respecto al comportamiento en el uso del agua.

Equipo de Desarrollo y Administración

La Unidad de Conservación de Agua se dedica a la tarea de instrumentar diversas medidas del plan de conservación de agua. A partir de la creación de la unidad en 1979, ha trabajado estrechamente con la División de Relaciones Públicas bajo la guía de los directivos para promover la conservación de agua en todos los sectores de la economía.

Además del personal de la unidad, otros miembros del personal del Consejo también ayudan a difundir el mensaje para la conservación de agua en su trato con el público en general.

Resultados

A. Reducción del agua no contabilizada

El Consejo utiliza la reducción de agua no contabilizada como una medida de la eficiencia de su sistema de suministro de agua y, por lo tanto, de sus programas de demanda de agua. Entre 1989 y 1995, el agua no contabilizada disminuyó de 10.6 a 6.2 por ciento, generando ahorros estimados de cerca de \$47 millones (US \$ 26 millones). Este ahorro, que no se habría tenido de otra manera, compensó los costos de inversión en los diversos programas y difirió las inversiones en nuevos proyectos.

B. Efectividad de las campañas de ahorro de agua y programa sostenido de publicidad

En 1996 el Consejo llevó a cabo una encuesta para obtener retroalimentación del público. Más del 90 por ciento de las personas entrevistadas estaban conscientes de la necesidad de ahorrar agua.

Dichas encuestas sirven como un canal útil para evaluar la efectividad de las campañas y ayudar a determinar el enfoque de campañas posteriores. Basados en información recopilada en la encuesta de 1996, el enfoque de la Campaña Ahorre Agua realizada en 1998 cambió su proyección de crear conciencia sobre la necesidad de ahorrar agua, a lograr un cambio de conducta real en el uso del agua.

Los resultados de una encuesta de seguimiento llevada a cabo en 1999, mostró que el 93 por ciento de las personas encuestadas habían sido, hasta cierto punto, alentadas a conservar agua. Además, el 84 por ciento de las personas encuestadas realmente han hecho un esfuerzo para conservar el agua.

Las campañas educativas y los programas de publicidad han demostrado su éxito para crear conciencia de la necesidad de ahorrar agua así como para llevar a cabo un cambio de conducta sobre el uso del agua.

7.9 EL CATASTRO DE REDES, EL PADRÓN DE USUARIOS Y LA MEDICIÓN COMO INSUMOS DE LA SECTORIZACIÓN

Una vez autorizada la factibilidad y viabilidad de la sectorización, el diseño del plan estratégico es función del número de sectores, extensión y ubicación relativa de los mismos, respecto al equipamiento hidráulico del sistema.

El dimensionamiento y ubicación de los sectores es función primordialmente de la ubicación de la infraestructura de red primaria hidráulica y la configuración topográfica del terreno; sin embargo, la infraestructura urbana como: viabilidad e instalaciones de energía y comunicación, podrían condicionar los límites del sector.

Sin embargo, el tipo de usuarios y los procedimientos de lecturas pueden condicionar los límites del sector.

El diseño final del sector queda a cargo del funcionamiento hidráulico del sector, haciendo uso de los modelos matemáticos que permitan revisar el funcionamiento hidráulico bajo diversas condiciones de presión y gasto, de tal forma que se garanticen las condiciones de presión y gasto de entrega al usuario.

Por lo anterior, el padrón de usuarios, la medición y el catastro de redes constituyen insumos necesarios para el proyecto de la sectorización. Para que el servicio de abastecimiento de agua potable a un núcleo urbano sea eficiente, se requiere proporcionar a la población el caudal necesario para cubrir los requerimientos de cada habitante y que este caudal llegue por la red de distribución con la cantidad y presión adecuada. No obstante a medida que los núcleos urbanos tienen mayor extensión, se incrementa también la problemática en la distribución de agua, con la posibilidad que se presenten variaciones en el gasto y presión espacial y temporalmente.

Actualmente se sabe que uno de los principales problemas que enfrentan los sistemas de abastecimiento a escala nacional y mundial son las *pérdidas* (es decir una baja eficiencia física), ocupando un lugar preponderante, pues se tiene identificado como un fenómeno de ocurrencia en la totalidad de la red y cuantificado en 50% del caudal suministrado en promedio a escala nacional.

Un camino adecuado para mejorar la eficiencia de la red, es dividirla en *Sectores Hidrométricos*, el cual, atendiendo a sus objetivos, puede definirse como: ***“Un área delimitada de la red de distribución de agua potable, por medio de válvulas de seccionamiento, en la cual se busca lograr que el total de usuarios contenidos en el área, tenga igual oportunidad de recibir el servicio de agua potable en cantidad suficiente para satisfacer sus necesidades. Para conseguir esto, el sector deberá estar instrumentado con un conjunto de dispositivos que permitan medir las entradas y salidas de agua y controlar la presión en la distribución. La operación del sector permite la administración de la demanda y la definición de programas para la disminución de pérdidas físicas y comerciales del servicio de Agua potable”***.

La operación diaria y recolección de información de un sector, permite definir políticas para:

- Distribuir equitativamente entre la población los caudales disponibles de fuentes de abastecimiento propias y externas.
- Cuantificar los caudales extraídos y suministrados a la red en un periodo de tiempo determinado, y mediante el balance hidráulico, conocer el volumen de agua no contabilizada.
- Priorizar zonas de rehabilitación de redes y obtener una mayor efectividad en reparaciones futuras.
- Obtener un rango más amplio de planeación al conocer detalladamente el estado de la red por sectores
- La operación en conjunto o por separado de la red primaria y de la red secundaria.

- Prolongar la vida útil de la red de distribución ya que impide la formación sobrepresiones.
- Realizar programas efectivos de recuperación caudales (abatimiento del índice de fugas).
- Adicionalmente el ahorro se capitaliza como aumento de agua disponible para mejorar el servicio en zonas con déficit.

La sectorización deberá plantearse en función de la red secundaria (tuberías con diámetros menores de 20”), conociendo sus conexiones a la red primaria (tuberías con diámetros iguales o mayores de 20”) y sus zonas de distribución. Al conocer las características hidráulicas en las entradas de los sectores se pueden aislar del resto del sistema, lo que permite conocer su funcionamiento hidráulico, proponer mejoras en el uso de la infraestructura, el control de presiones y pérdidas, y una administración del agua acorde al costo del servicio.

Aún cuando la sectorización está reconocida en la experiencia internacional como la estrategia de control más exitosa y aceptada, su implantación se ve determinada por cuatro factores fundamentales que son:

- *el catastro de redes,*
- *el padrón de usuarios,*
- *la medición y su*
- *viabilidad como proyecto.*

7.10 CATASTRO DE REDES

La información topográfica necesaria para la habilitación de un modelo numérico de una red de distribución se clasifica en: *planimetría y levantamiento de las redes hidráulicas*; particularmente para fines de la Sectorización tiene mayor relevancia la red de distribución de agua potable.

7.10.1 Planimetría

La planimetría se refiere al catastro manzanal y describe el territorio del estado, municipio o localidad, conteniendo en consecuencia la traza de predios, manzanas (a paramento de las construcciones), límites físicos, límites de la localidad, límites municipales, límites estatales, calles y avenidas con nombres (toponimia).

La escala de trabajo más usual es 1:10,000. Toda esta información es indispensable para el armado del modelo, ya que sobre su geometría se construirá el esquema del mismo y es de suma de utilidad para conocer el orden de las cargas hidrostáticas esperadas en la red.

A este respecto es importante mencionar que en la actualidad es relativamente fácil disponer de la planimetría de casi cualquier localidad municipio o estado, ya que esta ha sido realizada y publicada por Instituto Nacional Estadística Geografía e Informática, INEGI dependiente del Gobierno Federal.

7.10.2 Catastro de infraestructura hidráulica

La información del catastro de la infraestructura hidráulica, particularmente la red de distribución de agua potable, constituye la principal fuente de información geométrica y materiales que la componen.

De tal forma que es imprescindible que los planos catastro de la red de distribución primaria y secundaria contengan información tal como:

- Tuberías con dimensiones, diámetro, tipos de material y textos.
- Cruceros y cajas de válvulas con descripción del arreglo, elevaciones y demás información asociada a ellos (válvulas de control, no retorno, admisión y expulsión de aire, reducciones, térs, cruces y demás piezas especiales).
- Información asociada a la infraestructura complementaria del Sistema de Agua Potable (tanques de almacenamiento y regulación, plantas cloradoras, plantas de bombeo, pozos, cajas rompedoras de presión, y ubicación de estaciones de medición de gasto y presión permanente).
- Localización de la infraestructura complementaria del Sistema de Agua Potable.

Con objeto agilizar la recolección de la información necesaria para la modelación, sería ideal contar con planos en archivos digitales preferentemente con formato *.dwg, estándar del software AutoCAD de la firma Autodesk.

Aunque es necesario mencionar que dadas las características que tiene esta información, recientemente se ha optado por utilizar un Sistema de Información Geográfica, SIG, para su manejo, (Geographical Information System, GIS, por sus siglas en inglés).

El SIG es un sistema integrador de información de diversas fuentes, tales como archivos de imágenes matriciales o archivos vectoriales con bases de datos, dicha integración es realizada de tal forma que pueda ser analizada, procesada y desplegada en un monitor o impresora.

La ventaja de usar un SIG para toda la información, es que éste hace compatible los sistemas de coordenadas y por lo tanto, la correlación entre diferentes fuentes de información es más sencilla. No obstante, es importante mencionar que la modelación puede realizarse aún cuando la información de la infraestructura hidráulica no esté digitalizada.

Un aspecto importante a considerar es la confiabilidad de la información contenida en los planos, por lo que se procurará que la misma se encuentre actualizada. Puede decirse que esta información será el eje fundamental durante la fase de elaboración del proyecto ejecutivo de los distritos o sectores hidrométricos, ya que los resultados de las simulaciones de la red dependen en gran parte de la precisión de los datos con que se carga en el modelo.

La imprecisión causará, un sin número de replanteamientos del sector, cada vez que se encuentre una nueva información. De tal forma que si no se cuenta con planos; o bien, los que se tienen, no son un reflejo de las instalaciones físicas reales, debido que han ocurrido modificaciones desde la última actualización del catastro de las redes hidráulicas, es necesario analizar la conveniencia de realizar el levantamiento del catastro nuevo o su actualización, antes de continuar en la elaboración del proyecto de la Sectorización.

7.11 PRONÓSTICO DE DEMANDA

Si bien es cierto que la mayoría de los análisis de redes con fines de Sectorización, se realizan a partir de la información de redes que se encuentran en operación, en ocasiones será necesario ajustar el diseño de una red nueva a este criterio, cuando esto sucede, durante el diseño de los Sectores Hidrométricos un aspecto importante de considerar es la capacidad de la red para manejar el gasto que determinaran las demandas futuras.

La demanda de agua depende de factores tales como la importancia numérica de la población servida y su proyección así como de la cultura en el uso del agua, tanto en el organismo como en los usuarios. A la fecha existen numerosos procedimientos sencillos para calcular la futura demanda de agua en zonas urbanas; algunos de los procedimientos consisten en multiplicar la población prevista por el consumo actual o futuro per cápita. El número de habitantes corresponde al que se tendrá al último día del período de diseño que se fijó.

De la mayor o menor aproximación que se logra en la predicción de la población depende que la obra cumpla su cometido futuro, y que al reducirse el grado de incertidumbre en el diseño pueda ser más económica.

Se tienen identificados dos factores básicos del cambio en la población:

- El aumento natural, o sea el exceso de los nacimientos sobre las muertes
- La migración neta, o sea, el exceso o pérdida de población que resulten del movimiento de las familias hacia adentro y hacia afuera de un área determinada.

No obstante, las tasas de natalidad y muerte no son constantes a través del tiempo; es decir, que aún el hacer estimaciones de población de un año a otro encierra cierta incertidumbre e inexactitudes. La interrelación de los dos factores del cambio en la población, puede señalarse diciendo que, generalmente, mientras mayor sea la base de la población con que se trabaje, el crecimiento natural tendrá más peso en el aumento de la población que la migración neta.

Por otro lado las condiciones socioeconómicas tienen una influencia decisiva sobre los factores de crecimiento de la población, tanto en el aumento natural como en la migración neta.

Así que el análisis de las condiciones socioeconómicas es importante en la predicción del crecimiento de las poblaciones. La urbanización de la comunidad, tanto como lugar para vivir, como lugar para trabajar, son también factores importantes en el crecimiento de su población. De tal forma que deben tomarse determinadas precauciones y tener en cuenta algunos factores limitantes para hacer una buena predicción.

Por ejemplo, debe hacerse una estimación de la capacidad que puede admitir el terreno disponible para saber si una predicción determinada resulta o no razonable.

Los mejores parámetros para estimar las tendencias de la población futura de una comunidad es su pasado desarrollo y la fuente de información más importante sobre el mismo en México, son los censos levantados por Gobierno Federal cada diez años a través del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática INEGI

Como es bien sabido la información de los censos de población pueden adaptarse a un modelo matemático, tales como el aritmético, geométrico, parabólico, etc.

7.12 EL PADRÓN DE USUARIOS

“El padrón de usuarios es un catalogo a registro ordenado de los usuarios reales, factibles y potenciales, con sus respectivos elementos de información e identificación. Se puede apreciar que genera información fundamental para poder conocer el consumo de un sector, por lo tanto, tener un padrón de usuarios actualizado y confiable, es una herramienta de mucha utilidad para poder prever el comportamiento de la demanda en un sector, a mediano y largo plazo.”

Para que el sistema comercial de un organismo operador pueda cumplir eficazmente su función, es necesario que exista información precisa, oportuna y confiable sobre cada uno de los usuarios y de las unidades de consumo que permita identificarlos y conocer las características de los inmuebles y de los servicios en todo el ámbito geográfico bajo la responsabilidad de la empresa, tanto en las zonas donde ya existe el servicio como en aquellas que aun no cuentan con este beneficio.

El Padrón de Usuarios es el punto de partida y pilar conceptual del sistema comercial, ya que la información que brinda alimenta a los procesos de medición de consumos y facturación y cobranza señalando a los usuarios reales; apoya al subsistema de comercialización informándole sobre los usuarios reales, factibles y potenciales, y sirve además de base para la planificación global de la empresa.

En caso de no contar con un padrón de usuarios o que el existente no esté actualizado, es muy importante hacer un levantamiento para poder utilizar los datos del padrón de usuarios en el diseño del sector, sin que la falta de información confiable sobre el consumo de los usuarios, ocasione que el diseño se vuelva incorrecto.

7.13 LA MEDICIÓN

Un factor muy importante para poder hacer una correcta proyección de la demanda es conocer el consumo de agua histórico de la zona que se va a sectorizar.

El impulso a la medición en un organismo operador puede tener muchos caminos, incluso variantes en sus propósitos y prioridades. Así como en los plazos para hacerlo y en la cantidad de recursos humanos y financieros que se le destinen.

En México, la mayoría de las empresas tienen poco desarrollo y la medición es un aspecto donde claramente se observan deficiencias.

Por otra parte, no es difícil tener una clara imagen de las que metas a las que se debe aspirar en el ámbito de la medición. Basta con mirar el nivel de desarrollo, control operativo y servicios de los organismos operadores de agua de los países desarrollados. En dichos organismos se tienen ágiles flujos de información y métodos para conocer en tiempo real, en oficinas centrales, lo que sucede en diferentes sitios del sistema; e incluso la posibilidad de operarlos automáticamente o a control remoto.

Todo ello presenta grandes ventajas en cuanto a seguridad y eficiencia, repercutiendo favorablemente en la calidad del servicio y la posibilidad de mantener tarifas bajas o mayores recursos para el organismo.

Teniendo como objetivo final llegar a un sistema de medición y control como en países desarrollados, pueden plantearse varias alternativas para alcanzarlo, como pueden ser:

- a) “cobertura extensa, con evolución gradual”.- La idea aquí es que haya medidores en los puntos más importantes de los acueductos, plantas de tratamiento y red de distribución. Aunque en un principio, su densidad, frecuencia de lectura o precisión no sean muy buenos, esto permitirá conocer mejor el sistema y detectar posibles puntos críticos como: derrames, pérdidas de agua, o fallas de operación. Con esa visión general se podrá ir evolucionando e instalar más medidores, mejorar su precisión o cobertura hasta alcanzar mayores niveles de control. De esta manera, en algunos años, se podría llegar a un GIS (sistema de información geográfica en tiempo real) conjuntamente con un SCADA (sistema de supervisión y actuación a distancia) moderno y confiable.
- b) “actualización completa por subsistemas”.- Esta alternativa propone modernizar por completo, algún acueducto o tramo de la red de distribución. Una vez realizado este trabajo, con todas las modificaciones necesarias, se debe seguir el mismo procedimiento con el siguiente tramo de la red o con otro acueducto, utilizando la tecnología aplicada en la primera parte, hasta lograr un control automatizado en toda la red.

- c) “cobertura extensa y evolución gradual, con automatización estratégica”.- Esta alternativa, en cierto modo, equivale a una combinación de las dos anteriores. Donde la prioridad sería un desarrollo homogéneo y gradual, cubriendo geográficamente a todo el sistema de agua, igual que en el inciso “a”. Adicionalmente se puede adelantar y hacer pruebas con equipo de tecnología sofisticada en algunos sitios selectos, o fracciones pequeñas del sistema, que no impliquen graves riesgos en caso de fallas. La ventaja sería poder, de manera simultánea a la modernización de la infraestructura, capacitar a parte del personal en el manejo de equipos más delicados y desarrollar software apropiado para la etapa final.

En realidad cualquiera de esas alternativas pudiera ser apropiada; depende fundamentalmente de los aspectos logísticos y de la madurez en el manejo y uso de la información, no tanto del ritmo de adquisición e instalación de equipos en campo.

Para la opción del inciso “c”, cabe aclarar que los primeros intentos de telemetría y telecontrol conviene que sean posteriores a tener afianzada la parte logística, e instalado y en operación manual, el equipamiento mínimo indispensable (es importante que se pueda y sepa cómo hacer manualmente cualquier procedimiento, para que no haya riesgos de “caídas del sistema” al emplear tecnología sofisticada, es decir, que haya posibilidad de entenderlo y “levantarlo”, sin depender de especialistas extranjeros).

La opción marcada en el inciso “b”, depende de una selección precisa de los equipos, ya que los resultados esperados no son del tipo cualitativo, si no, cuantitativos. Un error en la selección de los equipos representaría una pérdida de recursos significativa.

7.14 LA MICROMEDICIÓN

Para eliminar las desigualdades de suministro entre la población y permitir un adecuado funcionamiento en el servicio de agua, se requiere un consumo más eficiente. En otras palabras, la solución no está únicamente por el lado de la oferta - aumentar la cantidad de agua disponible -, el problema se debe afrontar también desde el lado del consumo. Una alternativa para ello, es adoptar el sistema de “cargo por consumo”. El cargo por consumo convierte al agua en un bien económico, que puede ser adquirido a un precio determinado, creando así una relación directa entre el consumo de agua y un valor monetario a pagar. Esta solución supone varios aspectos:

- ◆ Adopción de medidores domiciliarios.
- ◆ Una organización capaz de llevar a cabo los procesos de registro, control, lectura de consumos, facturación, cobro, contabilidad, administración financiera, etc.
- ◆ Implantación de una tarifa diseñada cuidadosamente para cada comunidad.
- ◆ Tenencia de un marco legal e institucional que incluye la personalidad jurídica de la administración local (asociación de agua), sus estatutos y un reglamento de servicio.(referencia 10))

7.14.1 Impacto de la micromedición en el consumo.

Los organismos prestadores del servicio de agua, se enfrentan a graves problemas para proporcionar un servicio adecuado. Entre ellos destacan la falta de recursos económicos que impacta directamente en: la disponibilidad suficiente de personal calificado para labores de lectura y mantenimiento mínimo del parque actual de medidores instalados, por tanto la falta de información para evaluar con certidumbre la eficiencia de los sistemas de medición.

Lo anterior, restringe la ampliación de cobertura de los servicios medidos. Ello provoca a su vez, fallas en el suministro y desperdicios de agua.

Al desperdicio de agua en las ciudades, también contribuyen los usuarios. Es innegable que la gran mayoría de los que disponen de agua en sus domicilios en forma regular y permanente, no muestran conciencia y solidaridad con los que carecen de este privilegio.

El mal uso del agua no es sólo producto del desperdicio, también tiene que ver la tecnología empleada. Desde los diseños de los muebles y accesorios domésticos hasta los procesos industriales que se requieren. En consecuencia, es imprescindible tomar acciones que permitan regular el consumo por parte de los usuarios.

Una de estas medidas es el incremento en la cobertura de la micromedición, se lleva a cabo con la instalación de equipos en las tomas domiciliarias.

El objetivo es conocer el consumo real de los usuarios, de esta forma, evaluar cuanta agua no contabilizada existe en el sistema. Al existir medición de consumos; el sistema de cobro a los usuarios tiende a ser más equitativo, se paga lo que se consume y se reduce el volumen de pérdidas comerciales.

La instalación de la micromedición y el cobro del agua de acuerdo al consumo, provoca en la mayoría de los usuarios una reducción en el consumo, una parte es estacionaria; es decir; depende de las condiciones de producción y el clima, el resto ya no regresa cíclicamente, y representa el dispendio del usuario en el uso del agua.

7.15 EQUIPO DE MEDICIÓN A UTILIZAR Y DURACIÓN DE LA CAMPAÑA DE MEDICIÓN

En las fuentes de abastecimiento es común disponer de equipos de medición de gasto y presión del tipo anubar o ultrasónicos con bitácora electrónica integrada. Aunque recientemente debido a su precisión están tomando auge los medidores electromagnéticos.

En los sitios seleccionados dentro de la red, para medición de gasto, los equipos más recomendables, dependiendo el tipo de material de la tubería, son los ultrasónicos y el tubo Pitot, que es de uso más común en los sistemas de abastecimiento, ambos con bitácora electrónica integrada.



Figura 46.0.- Manómetro digital con bitácora electrónica integrada.

Es importante señalar que los tubos de Pitot permiten efectuar mediciones presión simultáneamente a las de gas, con lo cual sin mayor esfuerzo se obtiene más información. En cuanto a los sitios seleccionados dentro de la red para medición de presión, el equipo más recomendable es un registrador de presión continua preferentemente con bitácora electrónica integrada, de uso más común en los sistemas de abastecimiento, el tiempo de medición. Es aconsejable hacer visitas diarias a los equipos durante el periodo de duración de la campaña para verificar que todo funcione adecuadamente. El tiempo de medición en cada punto debe ser de mínimo tres días de operación normal continua y el máximo 7 días, en caso de que se pueda realizar esto último se deberá registrar información de un fin de semana. Resultaría ideal medir simultáneamente, aunque la mayor de las veces no se cuenta con suficientes equipos.



Figura 47.0.- Medidor ultrasónico de tecnología tiempo en tránsito con sensores secos.

Con el propósito de agilizar las mediciones se deberá de disponer del mayor número de equipos, fijando como mínimo 8 y 10 equipos para esta tarea.

7.16 DISEÑO DEL PLAN ESTRATÉGICO DE LA SECTORIZACIÓN

Las redes de distribución de agua potable de las ciudades del país, a través de los años han aumentado su tamaño y la necesidad de capacidad de respuesta, al mismo tiempo que su manejo se ha vuelto sumamente complejo.

Como en otras ciudades del mundo, el desarrollo de una gran red, es acompañado de fuertes problemas relacionados con el deterioro de la infraestructura y las pérdidas físicas (fugas); ocasionando la inequidad en la distribución, por tanto el déficit del suministro.

El marco de problemas descritos, provoca que la disponibilidad futura y calidad en la magnitud del servicio se vea comprometida. Las pérdidas representan, en algunos casos, valores superiores al 37% del caudal suministrado, que podrían ascender a varias decenas de miles de litros por segundo, pudiendo ocurrir en el conjunto de las tomas domiciliarias y en la totalidad de la red. No obstante lo anterior, es fácil concluir que en sistemas dependientes de la extracción de agua subterránea, los costos de energía sean altos y lleguen a representar un porcentaje que oscila del 28 al 35% del costo total de la producción de agua, esto implicaría estar pagando una sobreexplotación de los acuíferos, cuyo destino final del agua sean los drenajes, así como los daños bien conocidos por el exceso de explotación de los acuíferos.

Durante el pasado reciente, se han desarrollado un sinnúmero de metodologías y proyectos encaminados primero a la identificación de magnitud del agua no contabilizada (ANC), y posteriormente a la separación de ésta en sus componentes:

Pérdidas físicas y comerciales. Todos los análisis concurren en las grandes pérdidas debidas al ANC, y a la incidencia de ésta en falta de recursos que permitan reducir su magnitud, invirtiendo en la renovación de la infraestructura y el control de la demanda. Considerando, que una vez recuperado un alto porcentaje del ANC, el paso siguiente sea una mejor operación del sistema de distribución, de esta forma se incidirá en el control de la demanda, por ello, el presente documento, se enfoca principalmente a la Sectorización de redes, ya que permite a futuro una mejor gestión del servicio.

7.17 LA SECTORIZACIÓN

La Sectorización de Redes de Agua Potable, representa la búsqueda de una solución integral y definitiva que considere el fundamento social del problema del abasto de agua, en ciudades medias y grandes del país “igualdad de oportunidades entre usuarios para el acceso al servicio”. La Sectorización constituye la estrategia de eficiencia física más aceptada en la experiencia internacional por su efectividad para distribuir grandes caudales en áreas extensas y simultáneamente controlar y reducir las pérdidas con un bajo costo de inversión

en comparación a otras alternativas. En contraste con las respuestas tradicionales tomadas en algunas ciudades con base en la explotación exhaustiva de los recursos con graves pérdidas económicas y ambientales.

La Sectorización busca subdividir las redes de distribución en distritos hidrométricos, para delimitar la problemática local con válvulas de seccionamiento y después controlar el gasto y la presión, justo como es requerido por la configuración particular del sector, mediante válvulas de regulación de presión.

El paso siguiente

Una vez consumada la construcción y puesta en operación exitosa de los Sectores hidrométricos, los objetivos de la Sectorización, a partir de una medición precisa de la producción y del consumo, van más lejos del exclusivo control de las variables hidráulicas de presión y gasto; es decir se busca una reducción tangible de la magnitud de las pérdidas, para lo cual es necesario realizar diagnósticos por Sector, que permitan, a partir del balance hidráulico de las mediciones de agua entrante, consumo micromedido y volumen saliente de agua del sector, la identificación del ANC, así como, los porcentajes componentes del ANC, es decir: Porcentaje de clandestinaje y fugas físicas.

En éste proceso, el papel del Sistema Comercial será fundamental, ya que permitirá, mejorar la cobertura de la micromedidores, el error en la precisión de los mismos y el clandestinaje, que resultan los componentes de las pérdidas más difíciles de resolver.

Hacia un futuro con agua

La efectividad de la Sectorización, inicia con un mejor control de la presión de suministro, reduciendo -en el sector- en forma inmediata la magnitud de las fugas, iniciando así, la recuperación de caudales, así como también, mejorando el desempeño operativo del sistema de distribución, lo que permitirá, en un futuro a mediano plazo, extender los beneficios del ahorro a la toda la población.

En sistemas de aguas de ciudades medias y grandes, hoy la Sectorización representa la alternativa de mayor beneficio con la menor inversión y es la única que permite aumentar la disponibilidad de agua sin recurrir a fuentes externas ni aumentar la extracción del acuífero local.

7.18 PLANEACIÓN DEL DISEÑO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED.

La planeación de los trabajos de diseño de la Sectorización, dependen en su inicio de la disponibilidad de información mínima, que permita al organismo estimar costos de inversión y tiempos de las siguientes fases, todas acompañadas de un presupuesto estimado y tiempos de ejecución.

- Fase I. Evaluación y justificación de la sectorización.

- Fase II. Anteproyecto de la sectorización.
- Fase III. Proyecto ejecutivo.
- Fase IV. Programa de licitación de obra pública.
- Fase V. Construcción y puesta en marcha.
- Fase VI. Diagnóstico y programación de acciones para la recuperación del agua no contabilizada.
- Fase VII. Operación del sector.

Siendo de principal interés para este capítulo las fases I, II y III.

La primera fase, totalmente realizada al interior de la empresa de servicios de agua, constituye una evaluación de sus índices de eficiencias del servicio de agua potable, así como, de un análisis de proyección de la demanda y los costos de inversión requeridos.

De esta forma, una frontera en la toma de decisiones para decidir el inicio de las inversiones a la sectorización, puede resultar de la comparación entre las necesidades de agua en el futuro mediano y la magnitud de agua no contabilizada o perdida, teniendo en cuenta para esto, que de acuerdo con los indicadores Internacionales de empresas de servicios de agua con alta tecnología, el valor del ANC mínimo registrado es del 8 al 10 %; por lo que no sería razonable la elaboración de planes, cuyas metas de recuperación de agua estén basados en la recuperación del ANC por abajo del 10 %.

Una segunda frontera de comparación, permite contemplar el monto de recursos a invertir en la Sectorización, y el valor a costos de producción del ANC, en ésta última comparación, se estima que un alto porcentaje del ANC, se trate de fugas físicas.

Sin embargo, si a la vez, se estima que el porcentaje de ANC, esté constituido por un importante porcentaje en consumos clandestinos, el valor de las pérdidas económicas, -a precios de venta del servicio- por el ANC, adquiere un valor superior al estimado según los costos de producción. Sin embargo, la práctica común en nuestro país de una falta de planeación, hace posible el escenario de la presencia de “tandeos en el servicio”, con una combinación de “agotamiento del recurso agua de las fuentes propias”, así como la necesidad imperiosa de “traer agua de otras cuencas”; por lo anterior, la planeación de los trabajos de sectorización, estarán acompañados de una presión en los tiempos de ejecución y resultados en la recuperación tangibles del ANC.

En éste capítulo serán abordados las fases diferentes de la realización del proyecto, a nivel de objetivos de planeación, describiendo las metas a cumplirse en cada fase, el impacto en presupuesto respecto de la inversión total, así como los tiempos de ejecución.

Es importante, estimar, a partir de experiencias con otros organismos de servicios de agua, respecto de la inversión total realizadas en los trabajos de sectorización, así como, los

resultados de la misma, los aspectos de mayor cuidado en el proceso, así como, los porcentajes de recuperación de pérdidas y las inversiones directas realizadas para este proceso. Considerando disponibles la información del catastro de redes, entendiendo con esto que se posee la ubicación de:

- Colectores y atarjeas de drenaje, cajas y pozos de visita e inspección.
- Red primaria y secundaria de distribución de agua potable, cajas y cruceros de agua potable.
- Estructuras de drenaje: Plantas de bombeo, tratamientos y puntos finales de descarga, así como, de regulación de avenidas pluviales.
- Estructuras de agua potable: Plantas de bombeo, Tanques de almacenamiento y rompedoras de carga, potabilizadora, pozos.
- Registros de medición de presión y gasto en los sistemas de conducción y distribución, así como, en los puntos de almacenamiento y potabilización.

FASE I. EVALUACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA SECTORIZACIÓN.

Organismos con indicadores de eficiencia física y comercial críticos.

Es frecuente encontrar organismos de servicios de agua con disponibilidad de fuentes, que permiten asegurar la satisfacción de las demandas presente y futura del agua, sin embargo, los costos de producción y comercialización de los servicios del agua, señalan inviable la operación del organismo.

Esto se comprueba con un rezago fuerte en la infraestructura, resultando los indicadores de operación con eficiencias bajas, haciendo que cualquier proyecto de inversión, necesariamente tenga en cuenta las ineficiencias en los factores de diseño, lo que produce un proyecto costosísimo e imposible de ser solventado por el organismo de servicios de agua.

Por lo anterior, resulta en primera instancia y con mayor rentabilidad la consolidación del organismo, a fin de reducir los factores de ineficiencia de operación, y de ésta forma, reducir el monto de inversiones para la expansión del organismo.

Este criterio, representaría en un aparente retraso de acciones para cubrir la demanda futura, sin embargo, atender las acciones, que permitan la disminución de la ineficiencia del Organismo, colocarán al Organismo en una mejor posición para hacer viable sus operaciones.

En el país, existen organismos de servicios de agua en ciudades capitales de estado, con porcentajes de ANC con valores superiores al 75%, generalmente se trata de organismos en esquemas de cuota fija, en el cual se detectan hasta 10% perdidas en error del volumen producido en la facturación, así como un porcentaje de 46% del volumen de fugas en tomas

domiciliarias y 19% del volumen en fugas en la red de distribución. Por otra parte, respecto a los costos de producción del agua, los pagos por suministro de energía eléctrica representan un 26 % de los egresos totales del Organismo de Servicios de Agua.

Considerando el concepto de fugas, esto significa que se está enviando un gasto adicional a la red de suministro del 46%, es decir, se está pagando el gasto de energía por éste flujo adicional, el cual si es gradualmente reducido anualmente en una tasa promedio del 10%, es posible esperar una reducción en la misma tasa de los costos por concepto de pagos de facturas de suministro de energía, o bien, en caso de operarse en zonas de la ciudad con tandeos programados, se dispondría anualmente de un volumen adicional de agua para cubrir las deficiencias en las áreas de tandeos.

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua, este tipo de condiciones en los servicios del agua, sólo serán resueltos con una reorientación de las inversiones en la consolidación de los Organismos, de forma tal que operen con un máximo de ANC cercanos al 10 ó 15%.

La sectorización de las redes de agua potable, equipadas con puntos de medición de gasto y control de presión en el suministro, permitirá mejoras sustantivas en los índices de operación del Organismo; de esta forma, las inversiones en la nueva infraestructura de expansión, será más eficiente y con un porcentaje de ésta dedicada a la calidad del agua tanto en el suministro a la población, como en las descargas residuales.

El concepto básico de la Sectorización de redes es medir y ejercer un control en las variables hidráulicas, en éste sentido, es importante aterrizar en cada caso de estudio, las necesidades de inversión en la implantación de la macro y micro medición, como medidas básicas e iniciales del proyecto. Para el caso descrito, se observaron coberturas de la micromedición en el 47% del total de usuarios, así como, errores de submedición cercanos al 2% del volumen producido y puesto en la red de distribución.

La macromedición, en el caso de existir datos, fueron descartados, ya que los estudios de CNA, optaron por medir el total de las fuentes con equipos ultrasónicos, esto permite concluir en una nula o deficiente y poco confiable macromedición.

Organismos con Indicadores de Eficiencia Física bajos y Limitaciones en la Disponibilidad del Agua.

Por lo general, éste tipo de organismos de servicios de agua, se encuentran con un aparato comercial bien desarrollado, coberturas de micromedición altas, con posibles deficiencias en la precisión de la medición.

Las fuentes de extracción propias no son suficientes para soportar la demanda del servicio de agua, y son medidas con equipos de tecnología atrasada, sin embargo se conoce con buena precisión la capacidad de suministro por fuentes propias, las limitaciones del agua les ha obligado a medir. Con relación a la red de distribución, ésta se encuentra en muy malas

condiciones, principalmente debido a su antigüedad y a las condiciones de alta presión de suministro provocadas por la alimentación directa de los pozos a la red, así como también a las condiciones topográficas de desnivel por formaciones como barrancas.

El crecimiento anárquico de los asentamientos humanos, ha obligado al organismo a la instalación de redes hidráulicas en sitios no planeados, provocando que amplias zonas de la ciudad carezcan de agua potable en la continuidad de los 365 días del año. Adicionalmente, la explosión en los últimos años de unidades habitacionales en puntos extremos de la ciudad o bien en zonas centrales, en donde las condicionantes la presión de suministro, o bien no existen, como es el caso en los extremos o periferia de la ciudad, o bien resultan insuficientes, como es el caso de las partes centrales de la ciudad, plantean, adicional a la recuperación del ANC, de una mejor operación en la distribución del agua.

Por otra parte, las condiciones financieras del Organismo, están sometidas a presiones diarias de posibles limitaciones del suministro de aguas importadas de regiones vecinas, las que están sujetas a su vez, a presiones en la competencia de demanda del agua para otros usos como el agrícola. Por tanto el pago puntual por el suministro de agua de cuencas vecinas, representa constantes negociaciones entre las distintas autoridades estatales y municipales con la competencia de la Comisión Nacional del Agua.

Estas ciudades, como podría estar representadas por las Ciudades de: México D.F.; Monterrey; Nuevo León; Mexicali, Baja California; han desarrollado programas con los mismos objetivos, reducir el ANC, pero con Metodologías distintas. Los esquemas desarrollados en estas ciudades han iniciado y están basados en el objetivo de medir y sujetar a un diagnóstico continuo el funcionamiento del sistema.

FASE II. ANTEPROYECTO DE LA SECTORIZACIÓN.

La creciente demanda de agua potable en las ciudades será atendida por los organismos de aguas municipales, por lo general, mediante grandes y costosas obras hidráulicas cuya finalidad, será incrementar la explotación local de los recursos agua, o bien es la importación de agua desde fuentes distantes. Esto siempre representará un alto costo económico, además de una serie de problemas de tipo político y social debido a que el agua, se obtiene de entidades Municipales, e incluso estatales diferentes.

Buscando evitar, que éste tipo de medidas, sea el último recurso u opción por aplicar, resulta imperativo, como recurrir inicialmente a mejorar primero la eficiencia en el manejo del agua potable en la ciudad o localidad, reduciendo al mínimo las pérdidas por fugas (estimadas en 35%), submedición y tomas clandestinas.

Por lo anterior, los organismos operadores del servicio municipal de aguas, deben recurrir a una serie de acciones tales como:

- Llevar a cabo un diagnóstico de la situación de la red de distribución de agua potable de la ciudad. La finalidad de tal diagnóstico es evaluar la posibilidad de sectorizar la red secundaria en un número óptimo de circuitos sectores independientes. Estos se abastecerían de agua potable desde la red primaria y mediante sitios de control desde donde se mediría el flujo de ingreso y se controlaría la presión con que el agua es suministrada. De llevarse a cabo, la sectorización ofrecería los siguientes beneficios:
 1. Incremento de la capacidad de la red primaria para transportar agua desde el punto o puntos de explotación a los puntos de almacenamiento y consumo, en su defecto, a las zonas con mayores carencias de suministro.
 2. La posibilidad de medir la cantidad de agua que se fuga en cada sector, lo cual permitiría a su vez, priorizar las reparaciones a la red hidráulica en los sectores con más pérdidas.
 3. El control de la presión de la red secundaria y por consecuencia, de la cantidad de agua que fuga de ésta.
 4. Mejoría significativa de la planeación gracias a simulaciones computacionales de la operación de cada sector. Esto permitiría, por ejemplo, diseñar las nuevas tuberías requeridas para un complejo habitacional o calcular si la red existente es suficiente para transportar el agua requerida durante un incendio en un punto determinado.
- Teniendo en cuenta el tamaño del sistema de conducción y distribución, éste puede ser dividido, asignando igual número de responsables del estudio en cada una de éstas zonas.

Los límites que definen los sectores propuestos para cada zona, puede ser proyectado con base en: los límites Municipales en el caso que se trate de organismos intermunicipales, o bien para el caso de un Municipio; se tendrá en cuenta la ubicación y trazo de la red primaria de agua potable; los límites físicos existentes como infraestructura de vías de comunicación terrestres, tales como: carreteras, vías férreas, parques y jardines, zonas habitacionales y zonas comerciales e industriales.

Deberá tenerse en cuenta la oferta y demanda de agua; y por último la presión actual con que se ofrece el servicio de agua. Después de analizar diferentes propuestas de sectorización, podrán ajustarse sus límites finales en función de la población promedio contenida en el sector, así como, una superficie promedio por sector, de forma tal, que el número de sectores tenga en cuenta el número de técnicos operativos de que disponga el Organismo.

De ésta forma, la distribución y número de sectores resultado, permitirá estimar la cantidad de suministros e instalación de:

- ✓ Nuevas válvulas de seccionamiento y;
- ✓ Sitios de control con válvula reguladora y medición de flujo.

Con base en la experiencia obtenida durante la ejecución de este proyecto se propone realizar los trabajos de sectorización en dos pasos.

- *Primer paso.* Elaboración de un diagnóstico o anteproyecto de sectorización utilizando modelos computacionales. Este anteproyecto deberá definir la región geográfica que cada sector contendrá, los puntos de entrada de cada sector con sus respectivas válvulas de control, las válvulas de seccionamiento y las obras especiales requeridas para el adecuado funcionamiento de los sectores. Puede suceder que debido a la falta de precisión en los planos de la red de agua existentes, a la falta de información confiable sobre consumos y fugas, al desconocimiento sobre el estado real de las tuberías (incrustación, obstrucciones, etc.) y a otras incertidumbres que se presentan en un sistema tan complejo como lo es la red de agua de una localidad o ciudad, resulta sumamente costoso realizar un proyecto ejecutivo completo, a partir de ésta fase. Por tal motivo se recomienda que el o los proyectos definitivos, así como las obras a ejecutar descritas en el anteproyecto, se ejecuten bajo una supervisión técnica especializada.
- *Segundo paso.* Ejecución del anteproyecto bajo supervisión técnica especializada. Esta supervisión tendrá la capacidad de desarrollar ingeniería de campo que permitirá diseñar modificaciones menores al anteproyecto asegurando el adecuado funcionamiento de los sectores. El aislamiento del sector requiere de ayuda especializada para detectar posibles conexiones a la red secundaria exterior. La supervisión técnica deberá también asegurar que las consideraciones realizadas en el modelo de simulación del sector sean las que corresponden a la realidad y, cuando no sea así, determinar las modificaciones al modelo.

Considerando que los objetivos finales de la sectorización de la red secundaria son:

- ✓ Mejorar el transporte del agua en la red primaria.
- ✓ Medir la cantidad de agua no contabilizada que se presente en cada sector de la red.
- ✓ Disminuir las fugas, mediante el control sistemático de las presiones en la red de distribución.
- ✓ Disponer de modelos que simulen el comportamiento de la red hidráulica.

Los dos principales objetivos que deberán ser alcanzados en ésta primera fase son:

- ✓ Elaboración de los planos que permiten iniciar las obras requeridas para sectorizar la red secundaria de agua potable. Como ya se mencionó, estos planos podrían no ser definitivos, pero permitirán realizar los principales trabajos sin que sean necesarias modificaciones significativas para adecuar los sectores.
- ✓ Elaboración de modelos computacionales que permiten simular el funcionamiento de la red sectorizada. Estos modelos fueron necesarios para llevar a cabo el proyecto de sectorización, y en un futuro serán útiles a los organismos operadores como apoyo para la planeación de su crecimiento y de acciones preventivas.

FASE III. PROYECTO EJECUTIVO.

Para la consecución de ésta fase, es necesaria la realización de las siguientes actividades con objetivos particulares en cada una de ellas, en donde es necesario señalar la importancia de los trabajos de medición de gasto – presión en la red de distribución.

Considerando que un camino adecuado para mejorar la eficiencia de la red, es dividirla en sectores que permitan controlar mejor gastos, fugas, presiones, válvulas, infraestructura existente, etc.

Estos sectores podrán definirse a través de la red secundaria de la ciudad, conociendo sus conexiones a la red primaria y sus zonas de distribución. Al conocer las características hidráulicas en las entradas de los sectores se podrán aislar del resto del sistema, lo que permitirá, al conocer su funcionamiento hidráulico, proponer mejoras en el uso de la infraestructura, el control de presiones y pérdidas, y una mejor gestión del servicio del agua.

A la par del crecimiento de la mancha urbana de las localidades o ciudades, se produce en consecuencia la ampliación de la red de distribución de agua potable, situación que en la mayoría de los casos, carece de una planeación, por lo que provoca a corto plazo, el inicio de serios problemas para su operación, al extremo de crear la necesidad de tandeos.

Una problemática adicional, es la creada por las altas presiones a las que se somete innecesariamente la red de distribución, debido las conexiones directas de líneas de conducción a altas presiones, así como la de los pozos profundos de extracción de agua.

De esta forma, las condiciones de antigüedad de las tuberías en la red, los diversos materiales, el tipo de unión y junteo entre un mismo tipo de tubería o bien la conexión con distintos materiales, las condiciones de resistencia de las tomas domiciliarias, todo esto conduce a la generación de fugas cuando las conexiones y materiales de la red no son los adecuados.

La representación de las condiciones de funcionamiento de la red general y la del sector en particular, pueden efectuarse a través de simulaciones en modelos matemáticos,

implementados en programas de computadoras; los modelos son formados con los datos geométricos de conductos, es recomendable utilizar para la calibración de éstos modelos hidráulicos, los registros de campañas de medición de gasto y presión provenientes del sistema de distribución y de las políticas de operación.

7.19 INFORMACIÓN QUE DEBERÁ CONTENER EL PROYECTO EJECUTIVO.

El proyecto ejecutivo deberá concluir a partir de la información obtenida con el siguiente contenido:

- Planos del Sector en proyecto, mostrando la ubicación definitiva de válvulas de seccionamiento, puntos de medición y en caso necesario por exceso de presión en la red, la ubicación de las cajas de control de presión.
- Planos con el proyecto hidráulico y de equipamiento de los puntos de medición y control, así como de los seccionamientos. Las condiciones de operación de los equipos para las cuales fueron seleccionados.
- Planos mecánicos con información de detalle y especificaciones de los equipamientos, así como los procedimientos de instalación, calibración y puesta en marcha.
- Planos estructurales para la construcción de las cajas para el alojamiento de equipos de medición y control de gasto, así como las especificaciones de agregados, impermeabilizantes, acabados, así como, los mecanismos de seguridad para el acceso sólo a personal del Organismo. Procedimientos constructivos.
- Manuales de operación y mantenimiento del total de los equipamientos, así como de la puesta en marcha del Sector, políticas de operación para condiciones: Ordinarias, condiciones de mínimo gasto, para condiciones del máximo gasto de suministro, así como, de los procedimientos operativos del sector, durante labores de mantenimiento de los equipos.
- Catálogo de conceptos de adquisiciones, construcción, supervisión del total del proyecto. Especificaciones Especiales para adquisiciones, construcción y supervisión.
- Presupuesto y desarrollo de precios unitarios del total de conceptos de obra. El total de documentos para el proceso de Licitación o Contratación.

Durante la ejecución del proyecto ejecutivo, los resultados de obtenidos del anteproyecto, permitirán una mejor definición y resultados del proyecto, de forma tal, que el presupuesto resultante del proyecto sea de gran precisión.

7.20 EL DISEÑO Y SELECCIÓN DE ESPECIFICACIONES PARA LA SELECCIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN

Es importante señalar, que el suministro e instalación de los equipos para la sectorización, representa un porcentaje elevado de la inversión, el cual puede valorarse hasta el 40%; este valor, se ha observado en sistemas complejos y de grandes dimensiones. Por lo anterior, cualquier inversión de tiempo y costos de estudios para la buena elección y ubicación de los equipamientos, no será desperdiciada, ya que la efectividad de la sectorización depende de esto.

Con base en lo descrito en el inciso anterior y de acuerdo con las mediciones de gasto y presión realizadas en campo y de las corridas de simulación proyectando éstas las nuevas condiciones de operación, se determinará el número de válvulas reguladoras de presión (incluyendo las existentes) que se requieran para mejorar sustancialmente esta zona, así como de los macromedidores a ser instalados en el sector, válvulas de seccionamiento y otros equipamientos complementarios.

7.20.1 Campañas de medición para la selección de equipos

7.20.1.1 Revisión del catastro.

La revisión y análisis del catastro digital de las zonas en las que se programa realizar la medición de presiones continuas en campo son el primer paso para el diseño de la sectorización de la red de agua potable, dicho análisis se basa en la versión existente de la red actual de la zona, esta puede estar digitalizada y ser proporcionada en disco compacto por la Unidad de Planes Hidráulicos del organismo operador correspondiente al estudio para la integración de la información de las redes primarias y secundarias de la infraestructura hidráulica que deben tener los diferentes municipios o delegaciones con base a la información digital contenida en el sistema gerencial del organismo operador.



Figura 48.0.- Infraestructura existente.

Los aspectos que se deben revisar en el catastro son la existencia de cajas de válvulas, derivaciones de las líneas principales, interconexiones entre estructuras y diámetros de las tuberías. A partir de este análisis y con base en los sitios de medición previamente seleccionados en gabinete por la empresa coordinadora correspondiente, se eligen las zonas de interés, de las cuales se imprimen los planos a diferentes escalas principalmente 1:10,000 y 1:2,000 según el grado de detalle que se requiera para realizar la revisión del catastro en campo.

Para la revisión del catastro en campo se realizan recorridos en conjunto entre el personal encargado de la medición y de la empresa coordinadora de cada zona, los cuales tienen la finalidad de evaluar el estado físico de las redes hidráulicas en las zonas potenciales para realizar la medición, en cada sitio se determinan dos o tres opciones que posteriormente se evaluarán para elegir la más apropiada, durante los recorridos además, se entrevista al personal del área de operación, indagando el funcionamiento de las líneas principales para conocer si el flujo es permanente, y si trabajaban por bombeo o gravedad, ya que éstas son consideraciones importantes para garantizar buenos resultados en los equipos de medición.

Otro objetivo de los recorridos de campo es verificar diámetros y materiales de las tuberías en los puntos de medición propuestos, la existencia de válvulas de inserción e identificar posibles sitios para el resguardo de los equipos.

7.20.1.2 Censo del punto de medición de presión.

Antes de proceder a efectuar el censo, el personal técnico encargado de los trabajos de campo debe realizar una prueba puntual en cada sitio de medición de presión, elegido durante los recorridos para la revisión del catastro.

La prueba consiste en realizar una medición con periodos de tiempo cortos, que pueden variar entre 15 y 30 minutos, con la finalidad de determinar los sitios más apropiados para la medición, y de esta manera garantizar el buen funcionamiento de los equipos antes de dejarlos instalados para la campaña definitiva.

Una vez elegidos los sitios para una campaña de medición definitiva, se procede a realizar el censo del punto de medición de presión, el cual se lleva a cabo mediante el uso de un formato diseñado por el organismo operador para este fin, en el que se recaba información relativa a la ubicación, condiciones generales del sitio y trabajos de preparación complementarios previos a la medición.



Figura 49.0.- Punto de medición.



Figura 50.0.- Medición en toma domiciliaria

7.20.1.3 Acondicionamiento del punto de medición

Después de haber analizado y procesado toda la información recopilada durante el levantamiento del censo de los puntos de medición, y previa autorización del personal encargado de la coordinación de los trabajos, se procede al acondicionamiento de los sitios que se consideraron más apropiados para realizar una medición definitiva. Los trabajos de acondicionamiento son particulares para cada sitio, según las características físicas que prevalezcan en cada uno. En general estos trabajos consisten en la limpieza de tuberías, desazolve y achique de cajas y trabajos complementarios para el resguardo de los equipos.

Una situación sobresaliente es la necesidad de proteger los equipos contra las inundaciones, ya que puede darse el caso de que por su ubicación, las cajas de válvulas donde se realizan las mediciones sean propensas a inundarse durante la ocurrencia de lluvias, además de que las presiones por ser excesivas, ocasionalmente pueden provocar fugas en la red o en las conexiones del equipo de medición. En caso de que los equipos trabajen con baterías intercambiables, no se necesitará suministro de energía, lo que puede facilitar su ubicación.

Algunas de las mediciones pueden llevarse a cabo en cajas de válvulas que cuenten con válvula de inserción, en cuyo caso se requerirá realizar la limpieza de dichas válvulas para lograr una correcta conexión del sensor del equipo de medición o en caso de que el diámetro de la válvula no corresponda al del equipo, se puede colocar un adaptador. Por las condiciones de riesgo mencionadas anteriormente, además de que la coordinación del proyecto debe exigir el reporte de las mediciones diariamente, durante el periodo de medición, se tiene la necesidad de realizar la revisión permanente en campo de los equipos. Algunas campañas de medición se realizan conectando el equipo de presión en la llave de manguera de la toma domiciliaria, en cuyo caso se requiere realizar labor de convencimiento con el usuario de la toma para que permitiera colocar el equipo. En cuanto al resguardo del equipo lo más relevante es colocar el equipo de manera que no corriera riesgo de ser golpeado.



Figura 51.0.- Punto de medición.



Figura 52.0.- Instalación de Macromedidores.

7.20.1.4 Recopilación de parámetros de presión durante 24 hrs.

La recopilación de parámetros de presión es la parte más importante, ya que es a través de esta que se obtiene la información en el sitio de medición mediante la instalación temporal del equipo, una vez concluidas las actividades de preparación correspondientes.

Las características del equipo de medición de presión que se empleará en esta actividad deben ser determinadas por el organismo operador, basados en lo que determine el organismo operador, la contratista podrá emplear distintos equipos, por ejemplo: marca Digitron modelo 2086P7, que es un equipo de tecnología de punta que permite la medición continua, almacenando los datos en memoria propia con la capacidad necesaria para guardar registros durante más de 72 horas a cada 15 minutos.

Como se mencionó anteriormente, el equipo empleado en el proyecto funciona únicamente con baterías convencionales, para su instalación se requiere que la tubería cuente con una válvula de inserción en la tubería, o en su defecto se puede instalar a la llave de manguera de una toma domiciliaria.

Para la colocación de estos equipos se puede tener la necesidad de fabricar aditamentos especiales a base de conectores y llaves de paso que permita purgar la manguera que conduce el agua hasta el sensor del aparato, así como su fácil conexión a la válvula de inserción o llave de manguera.

Esta preparación debe contar además con un pequeño filtro que impida el paso de partículas suspendidas en el agua hasta el sensor del equipo, este filtro se debe reemplazar constantemente dependiendo de las condiciones del agua.

En todos los casos las mediciones deberán ser continuas y los equipos se deben programar para que, por lo menos, cada 15 minutos registren el promedio correspondiente a dicho periodo.

Como resultado de la recopilación de parámetros en campo se debe elaborar un formato que contenga los datos generales de la estructura donde se realizó la medición de parámetros, así como del instrumento de medición empleado y los valores registrados, además de fotografías representativas del sitio y el equipo operando. Cada campaña de medición puede tener distinta duración, así como frecuencias de descarga y procesamiento de información, esto lo determinará la Supervisión del proyecto, para cada caso en particular, tomando en cuenta las necesidades y condiciones que se presenten en campo, así como los requerimientos del proyecto de sectorización.



Figura 53.0.- Recopilación de parámetros.

7.20.1.5 Válvulas de seccionamiento

Válvula de seccionamiento tipo compuerta cuña resiliente, encapsulada EPDM, vástago fijo, paso libre y continuado, sello hermético, construcción hierro dúctil ASTM A536, extremos bridados ANSI B16.1 cara plana, clase 125, presión de trabajo hasta 14 Kg/cm² (200 psi),

El control de calidad de fabricación deberá garantizar intercambiabilidad de partes en equipos similares. Cada válvula será sometida a las pruebas de producción, en fábrica, estipuladas requiriéndose resultados certificados.

Previo a la adquisición de la válvula, el fabricante deberá proporcionar la documentación técnica que estipule la dependencia con base en el proyecto.

La válvula cerrará en sentido de las manecillas del reloj, visto desde arriba. En su caso se aceptará válvula de seccionamiento acorde a ANSI/AWWA C509.



Figura 54.0.- Preparación de una válvula de seccionamiento para su instalación.



Figura 55.0.- Modificación de la red con válvulas de seccionamiento. Preparación para una caja de control.

Previo a la adquisición de la válvula, el fabricante deberá proporcionar la documentación técnica.

El Organismo estimará la necesidad fundamental disponer de los resultados de pruebas de comportamiento en banco, destacando lo relativo a hermeticidad de sello en condición de diferencial manométrica de presión con magnitudes de 7 psi y 250 psi.

Así mismo el contratista realizará pruebas de hermeticidad en campo, de la válvula de seccionamiento, garantizando resultados a plena satisfacción de la dependencia.

7.20.1.6 Colador en línea

Colador en línea, disposición geométrica Y, clase 125, extremos bridados cara plana ANSI B16.1, presión hidráulica máxima de operación 16 Kg/cm², canasta cilíndrica removible con perforaciones 3.0 mm para líneas tamaños 76 y 102 mm., barrenos 5.0 mm para diámetros 152 mm. (6") y mayores; salida bridada (inclinada) aplicable a instalación-desmontaje de canasta perforada destinada a captura de sólidos arrastrados en tubería por fluido hidráulico, con tapón purga tamaño 38 ó 51 mm.

Equipado con manómetros 0 – 10 Kg/cm² para mostrar obturamiento de cedazo, mediante magnitud de diferencial de presión hidráulica.

La construcción del colador en línea será en hierro fundido ASTM A126, canasta en placa acero inoxidable 304, empaques buna N, tornillería ASTM A307 cadminizada (ASTM B766)



Figura 56.0.- Colador en línea colocado en el tren de piezas, aguas arriba de la VRP.

7.20.1.7 Válvula reguladora de presión (VRP)

Válvula reductora-controladora de presión hidráulica (VRP), cuerpo Y, dirección de flujo para abrir, diseño diafragma diferencial, característica de flujo inherente tipo igual porcentaje, disco de cierre puerto V o U, servicio control modulante (estrangulamiento), servicio automático mediante flujo de línea y 2 válvulas solenoide tipo enclavamiento, 6–40 VCD (pulsos), esquema vástago-disco autoalineable; arreglo hidráulico diferencial para accionamiento-posicionamiento de disco obturador, velocidad apertura-cierre ajustable, funcionamiento dinámico estable, asiento removible, diferencial hidráulica máxima de 5 MCA para garantizar apertura completa de la válvula, clase 150, extremos bridados ANSI B16.1, cara plana, sello hermético, normatividad funcional revestimiento interior y exterior tipo epóxico, aplicación electrostática, fusión por calor, sujeto a NSF-61 y AWWA C550, destinada a manejo de agua potable. Válvula con carácter operativo, equipada con accesorios como regulador de flujo, (2) filtros Y disposición en paralelo, válvula seccionamiento tipo bola en circuito hidráulico de control, (2) válvulas solenoide, tubing de cobre, etc.

La válvula VRP garantizará el siguiente rango de CV particular, contemplando apertura de 30 – 80% de la carrera total del vástago:

Tabla 30.0

Tamaño nominal válvula	Rango CV (Sistema inglés)
51 mm. (2")	3 – 32
76 mm. (3")	6 – 64
102 mm. (4")	9 – 106
152 mm. (6")	23 – 269
203 mm. (8")	37 – 440
254 mm. (10")	57 – 674
305 mm. (12")	87 – 1036

Las características de diseño de la válvula (VRP) evitarán condición de cavitación al operar en las siguientes situaciones de presión manométrica.

Tabla 31.0

Presión entrada (P₁) a VRP (kg/cm²)	Presión salida (P₂) de VRP (kg/cm²)
7	1.3
6	1.2
5	1.0
4	0.5
3	0.5
2	0.5
1	0.5

Previo a adquisición de la válvula (VRP) el fabricante deberá proporcionar a la dependencia, para autorización, la siguiente documentación técnica certificada:

- a) Normatividad técnica aplicada a diseño, manufactura y pruebas comportamiento funcional en fábrica.
- b) Gráficas gasto-diferencial de presión (Q - $\sqrt{\Delta P}$), CV- % apertura, limitación operativa por cavitación, de válvula prototipo.
- c) Vida útil de válvula solenoide (# ciclos).
- d) Características técnicas de accesorios.
- e) Metalurgia propuesta de VRP y accesorios.
- f) Conocimiento de características del sitio de instalación del equipo.

Con anterioridad a embarque y entrega del equipo el fabricante proporcionará al la dependencia, para aprobación, los resultados de pruebas en banco tales como hidrostática, hermeticidad y demás ensayos de rutina. El contratista demostrará en campo el adecuado comportamiento funcional de la válvula de control de presión hidráulica y accesorios, estableciéndose que los resultados serán a completa satisfacción de la dependencia.

Figura 57.0.- Válvula Reguladora de Presión



a) Vista exterior de la VRP



b) Vista interior de la VRP

7.21 PROBLEMÁTICA EN LA IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO DE SECTORIZACIÓN

Las experiencias reales en la ejecución del proyecto, muestran una frecuente necesidad de ejecutar ajustes que llegan a requerir la ejecución de obras adicionales para el sector, sin embargo, pueden dividirse las causas en dos tipos:

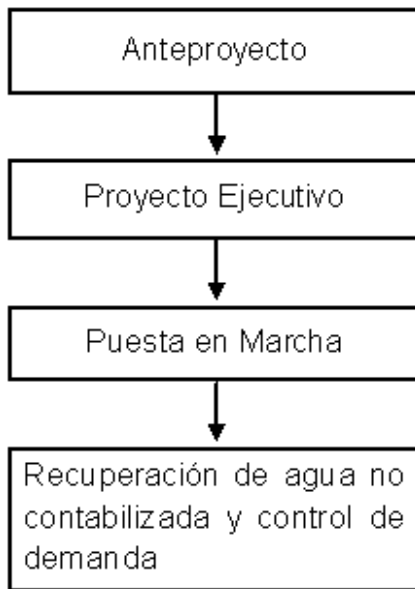
- 1 Aquellas que son función de la calidad de los procedimientos constructivos; estos pueden ser previstos con una supervisión acorde a la calidad requerida de los trabajos.
- 2 Un segundo grupo de deficiencias de la precisión del catastro de redes ya que se observan deficiencias en la hermeticidad del sector.

La puesta en marcha, dependerá entonces de los resultados de verificación de hermeticidad del sector en sus límites. Aun mas, se presentan las experiencias en este sentido y las acciones ejecutadas para u terminación. Se plantea una ruta de orden lógico ejecución, a fin de asegurar una buena construcción.

7.22 PROYECTO EJECUTIVO DE LA SECTORIZACIÓN

Un vez que se ha decidido adoptar la Sectorización como estrategia para el mejoramiento de la eficiencia física en la red de distribución de agua, para controlar y reducir las fugas, además de administrar la demanda del servicio en el sector. Dada la naturaleza y grado de detalle del proyecto, es conveniente abordar el estudio de un Sistema de Abastecimiento, en dos etapas consecutivas preferentemente; inicialmente una etapa piloto que implica la realización de uno o dos Sectores, seguido de la Sectorización del resto de la red de distribución del sistema.

7.22.1 Etapas de la Sectorización



Así pues como toda obra de ingeniería hidráulica, constará de 4 etapas a saber:

Llevar a buen término la Sectorización, implicará un desarrollo conforme a la secuencia general anteriormente descrita, y requerirá la ejecución de diversas tareas que podrán ser guiadas como sigue:

7.22.2 Ruta General de Sectorización

1. Selección de área a sectorizar
2. Levantamiento del catastro de infraestructura hidráulica
3. Formulación de memoria técnica del área seleccionada
4. Formulación de memoria de perfil comercial del área seleccionada
5. Regularización de la micromedición
6. Formulación de anteproyecto de sector hidrométrico

Modelación hidráulica del sector

7. Formulación de proyecto ejecutivo de sector hidrométrico
8. Formulación de campaña de difusión del proyecto a usuarios
9. Ejecución de proyecto de sector hidrométrico
10. Monitoreo inicial del sector hidrométrico
11. Puesta en operación de sector hidrométrico

Verificación del aislamiento y regulación de presiones en la red hidráulica

12. Análisis de balance de agua del sector hidrométrico
13. Formulación del programa de eliminación de fugas y clandestinaje
14. Monitoreo final del sector hidrométrico
15. Análisis "costo-beneficio" de sector hidrométrico
16. Monitoreo de revisión del sector hidrométrico

7.23 SELECCIÓN DE ÁREA A SECTORIZAR

Definir el área a estudiar es responsabilidad del área técnica del organismo operador, los resultados del funcionamiento son expuestos ante el área de operación hidráulica y los futuros ajustes a las políticas de operación son objeto de acuerdo con el área operativa, tomando en consideración características tales como condiciones operativas, presión de servicio, disponibilidad de agua, usos de la misma, densidad de población, índice de fugas, cobertura de macromedición, edad de la red, etc.

Los resultados de la propuesta por parte del área técnica son llevados a campo con el área operativa a fin de establecer:

- Puntos de seccionamiento
- Puntos de posible regulación
- Puntos de entrada / salida de flujo
- Estado de cruceros
- Localización de infraestructura especial
- Determinación de información faltante

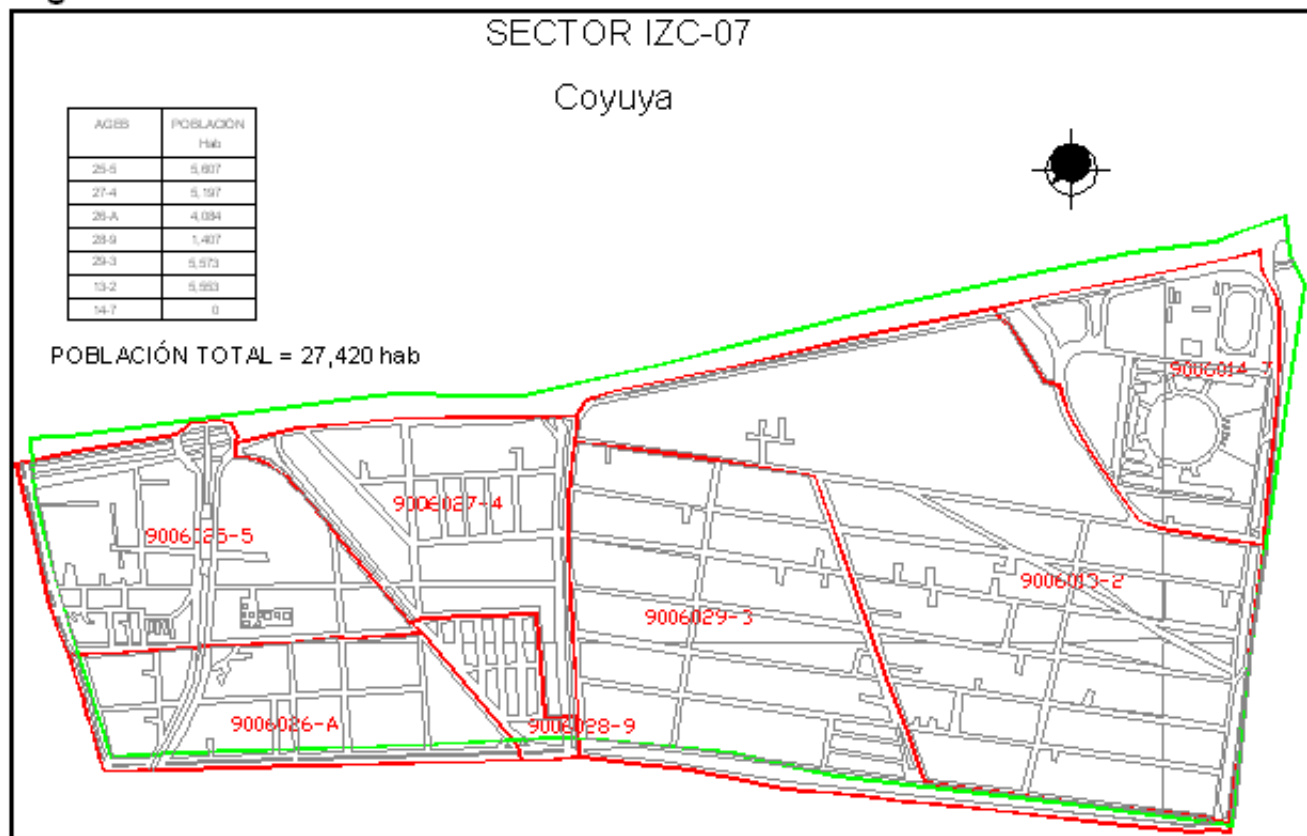
Dependiendo de la extensión del Sistema de Abastecimiento y con la información disponible de la infraestructura de red primaria y secundaria de la Organismo Operador se definirán los sectores, para lo cual se recomienda tomar en cuenta principalmente:

- Área promedio del sector: 2 Km.
- Población promedio del sector: 30,000 hab.
- Límites políticos delegacionales y estatales.
- Vialidades primarias y calles importantes.
- Infraestructura e instalaciones como el sistema de drenaje, aeropuerto, metro, bosques, etc.
- Condiciones de operación de la red de distribución

Población

Como insumo de la sectorización es de gran relevancia contar con la información de las Áreas Geográficas de Estadística Básica (AGEB's) establecidas por el INEGI para su determinación.

Figura 58.0.- AGEBS contenidos en un Sector Hidrométrico.



Levantamiento del catastro de infraestructura hidráulica

En caso de no contar con planos (ya sea en versión impresa o digital) de la base planimétrica y del catastro de la infraestructura de agua potable deberá realizarse un levantamiento topográfico de acuerdo a lo especificado por el Organismo Operador.

Formulación de memoria hidráulica del área seleccionada

El contenido de tal memoria deberá abarcar los siguientes puntos:

- a).-Planos actualizados de la red de distribución: (diámetros, longitudes, materiales, áreas de cobertura)
- b).-Descripción de infraestructura asociada a la red (tanques, cruceros, plantas de bombeo, pozos etc.)
- c).-Definir los nodos donde la zona se alimenta de la red secundaria primaria
- d).-Volumen del consumo del agua en bloque para la zona.
- e).-Descripción de movimientos operativos (manejo de válvulas, tanques, etc.)

Los incisos a y b son los reportes de las tareas correspondientes al levantamiento catastral de la red distribución de agua potable.

Formulación de memoria del perfil comercial del área seleccionada

Consiste en describir la población de usuarios y la cobertura del padrón. Para cualquier incertidumbre de la información disponible, será necesario identificar las zonas sin cobertura del padrón así como la cobertura de la micromedición. La elaboración de una muestra, por medio de la cual se pueda revisar la veracidad de la información; deberá ser realizado por personal externo al Organismo Operador o bien por un grupo bien capacitado y confiable, a fin de evitar un sesgo en los resultados. Una tarea importante es verificar que todo predio de usuario esté registrado en el sistema comercial. El censo al menos debería contemplar las siguientes preguntas:

- a).-Número de viviendas en el sector elegido
- b).-Número de habitantes por vivienda
- c).-Capacidad volumétrica de almacenamiento de agua dentro de predio del usuario, considerando: cisternas, albercas, pozos, piletas, tinacos, tambos etc.
- d).-Uso de suelo del predio del usuario (por inspección visual, reportar giros de alto consumo de agua como: lavado de autos, lavanderías, restaurantes, centros comerciales, jardines grandes -área- plantas potabilizadoras de agua dentro de locales comerciales, etc.)
- e).-Numero de tomas por predio de usuario
- f).- Diámetro de toma del usuario
- g).-Si existe inspeccionar visualmente el estado del medidor

Regularización de la micromedición

Como resultado de la actividad 4, en caso de ser necesario y en función de los recursos disponibles del Organismo Operador, se debe procurar la instalación de micromedidores a fin de incrementar la cobertura del servicio medido, así mismo se realizará el reemplazo o reparación del equipo deteriorado.

Formulación del anteproyecto del sector hidrométrico a partir de los datos de distribución poblacional y de los planos catastrales de uso de suelo.

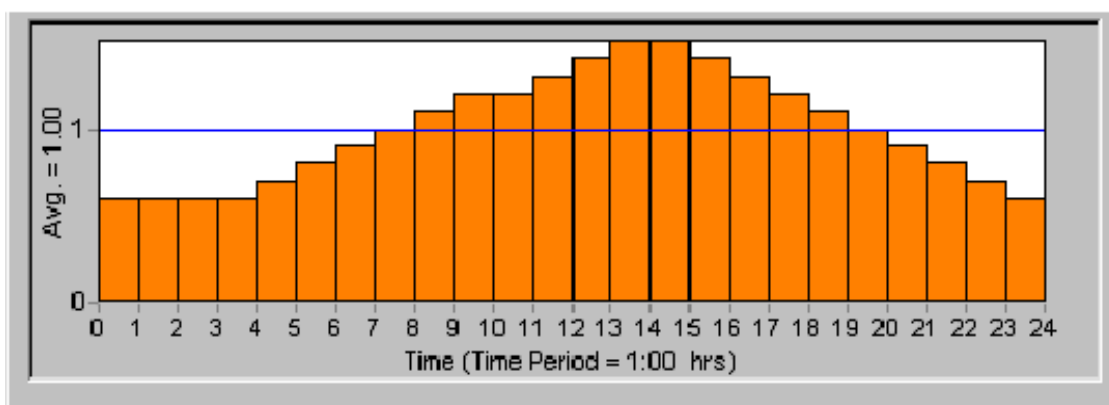
En esta actividad es importante definir los parámetros condicionantes en el diseño del sector, a saber:

- a).-Definir las necesidades del volumen de agua en el sector, según las normas locales vigentes. (presión y caudal).
- b).-Modelar el estado actual de la red.

- c).-Calibrar el modelo en las condiciones actuales de la red.
- d).-Formular propuesta de colocación de válvulas de seccionamiento y de válvulas de regulación de presión.
- e).-Modelación de la propuesta y revisión del cumplimiento de las demandas.
- f).- En su caso replanteamiento de anteproyecto y modelación.

Un aspecto importante a considerar son los patrones de demanda horaria a utilizar en la modelación, los cuales pueden ser determinados a partir de mediciones realizadas en el sitio.

Figura 59.0.- Patrón de demanda horaria



Así, mismo la demanda del sector hidrométrico estará definida como el consumo más las pérdidas (Fugas, clandestinaje, errores de medición).

$$\text{Demanda} = \text{Consumo} + \text{Pérdidas}$$

Para la determinación de los consumos se empleará información proporcionada por el Sistema Comercial. Deberá considerarse un porcentaje de pérdidas de acuerdo a las estimaciones realizadas por el Organismo Operador

7.24 PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DEL ANTEPROYECTO DEL SECTOR HIDROMÉTRICO

De acuerdo a los lineamientos planteados anteriormente, es recomendable llevar a cabo el siguiente procedimiento para realizar el anteproyecto de lo sector:

1 Revisión de fronteras y sitios de entradas

Cada sector se propondrá en forma preliminar, por lo cual en primer término habrá que revisar las fronteras de la red secundaria y los sitios de conexión con la red primaria.

La revisión de las fronteras consiste en que para la condición de gasto y presión nulos en el sector proyecto; se constatará una diferencia de presiones en ambos lados de la línea de frontera; esto es, al cerrar el abastecimiento de agua en el sector, hacia el interior de este la presión y gastos deben ser nulos y hacia el exterior diferentes de cero y con un valor preponderante al sector vecino del que se trate.

Figura 60.0.- Revisión de fronteras y sitios de entrada



2 Recopilación de datos geométricos de la red de distribución

Una vez que se tenga definido el sector, se recabará la información geométrica y de materiales de la red secundaria, para definir los elementos que se simularán en el modelo matemático. En la información se incluirá la planimetría, las características de las tuberías de la red de distribución, tanques de regulación, cajas de válvulas y elevaciones en cruceros y tanques. Con los resultados se procederá a formar los planos base que se requieran para el estudio del sector. De acuerdo a esta información se tomará la decisión de que elementos se incluirán en el modelo matemático.

3 Simulación del sector con un software especializado

Se procesará la información de operación hidráulica y del catastro de redes para aplicar un modelo matemático de simulación del funcionamiento hidráulico (software especializado, ver subcapítulo 3 del capítulo IV) con la información de los planos base del sector a fin de conocer el gasto suministrado ya sea por el agua en bloque o por otra alimentación en la zona y por otra parte, con la información de consumos en los subsistemas, se simulará la pérdida de agua en las fugas de las tomas domiciliarias, obteniendo de esta forma la demanda. Con las simulaciones de la primera aplicación, se podrán fijar los sitios adecuados para las mediciones de presión, asentando los rangos de valores que se tendrán que medir en cada uno de los sitios elegidos.

4 Recorridos de campo

Se harán recorridos de campo por toda la zona en estudio, en compañía de personal del área de Operación del Organismo Operador, abriendo cajas de válvulas para corroborar la información de los planos base, y en su caso se corregirá la información o se complementará con tramos no considerados o inexistentes, cotas en cruceros y otro sitios de interés.

Se elaborará un reporte fotográfico para llevar una memoria descriptiva del desarrollo de los trabajos. Un aspecto que requiere especial atención, serán las entradas y salidas del agua en la red primaria de distribución, tomando en cuenta si hay otro tipo de abastecimiento además del agua en bloque. Se elegirán los sitios más convenientes para realizar la medición de presión, los cuales quedarán plasmados en planos base de la infraestructura, para designarles una clave de control durante el desarrollo del estudio.



Figura 61.0.- Recorrido de campo para verificar la información de la infraestructura hidráulica.

5 Mediciones de gasto y presión

En los sitios seleccionados de la red de distribución se harán mediciones de presión y gasto para conocer éstos parámetros en cada sector. Las mediciones serán continuas en cada sitio y durante una semana; de acuerdo a los equipos que se dispongan, se harán simultáneamente las mediciones en varios sitios. Para la instalación del equipo se harán registros o se adaptarán cajas para que los equipos queden protegidos. Los resultados de las mediciones serán utilizados en la calibración del modelo matemático de la red de distribución.

6 Cálculo de gastos de extracción

Con la información proporcionada por el área comercial del organismo prestador del servicio de agua, se calcularán las demandas de cada sector y con datos de la micromedición y facturación se determinarán los consumos teniendo así una primera idea del gasto perdido en fugas.

7 Funcionamiento hidráulico actual

Con los resultados obtenidos de la medición, tanto de gasto como de presión; así como, el registro de los consumos de los usuarios del sector de la red de distribución en estudio, se procederá a realizar un balance hidráulico con el cual se logrará llegar a un valor aproximado de la cantidad de agua que se fuga. Con la información verificada y corregida de la infraestructura hidráulica, se procederá a integrar y elaborar los archivos de datos que requiere el programa de simulación para efectuar un análisis hidráulico en condiciones actuales de operación, considerando un número conveniente de nodos y tramos, y realizar el armado de la red hidráulica a simular.

Con los parámetros medidos en los diversos sitios de la red de distribución, se procederá a ajustar la información del modelo de tal forma que representen de la manera más fiel las condiciones reales de funcionamiento. Con el modelo matemático ya calibrado, se realizarán diversas simulaciones del sistema de distribución para conocer su funcionamiento hidráulico bajo diferentes formas de operación, proponiéndose mejoras en cuanto a cambios en sus componentes o modificación de las políticas de operación.

Se pondrá atención especial a las líneas principales que en algunos casos funcionan a superficie libre, dado que el agua suministrada muchas veces es menor que la capacidad de diseño de cada tramo de dichas líneas.

Figura 62.0.- Revisión de funcionamiento de un tanque de almacenamiento y regulación



8 Propuesta para mejoramiento en la operación

Primeramente se darán las conclusiones que se obtengan en cuanto al funcionamiento hidráulico de los sistemas de distribución, pero el principal fin será dar recomendaciones en los siguientes rubros:

- Tramos de tuberías o válvulas con operación deficiente.
- Cantidades de agua requeridas en cada sector, para evitar desperdicios.
- Zonas con altas presiones.
- Ubicación de válvulas de control de presiones y de seccionamiento para disminuir la carga sobre el terreno y por tanto fugas.
- Operación de la red primaria de alimentación a tanques.
- Lineamientos generales de operación para mejorar la eficiencia del servicio.
- Se propondrán las acciones a corto y a mediano plazo, para tomar en cuenta las recomendaciones anteriores.

9 Fugas

Se podrá determinar el valor de las pérdidas de agua en la red secundaria, mediante un balance entre la macro y micromedición y la cobertura, de esta última puede estimarse un valor de fugas, el reporte de atención y corrección de fugas permite ubicar la zona con más incidencia.

7.25 FORMULACIÓN DE PROYECTO EJECUTIVO DE SECTOR HIDROMÉTRICO

La documentación que compone el proyecto deberá incluir los siguientes puntos:

- i. Planos del sector hidrométrico con su red definida y posición y tipo de cruceros y registros (ver Figura 7).
- ii. Planos de detalle de caja de registro tipo para válvulas de seccionamiento
- iii. Planos de detalle de caja de registro tipo para válvulas de regulación
- iv. Planos de detalle de caja de registro tipo para medidor de flujo
- v. Catalogo de conceptos
- vi. Especificaciones
- vii. Manual de operación del sector hidrométrico. Contenido:
 - a. Descripción de la red de distribución del sector (memoria hidráulica) geometría de las tuberías, materiales, tipo de válvulas instaladas calendario de construcción, y puesta en operación del sector referencias de nomenclatura dentro del GIS. Personal a cargo de la operación
 - b. Operación sugerida del sector (movimientos de válvulas)
 - c. Bitácora y programa de mantenimiento de accesorios
 - d. Referencias de consulta técnica (fabricantes, proyectistas etc.)

Figura 64.0.- Plano de proyecto ejecutivo de Sector Hidrométrico

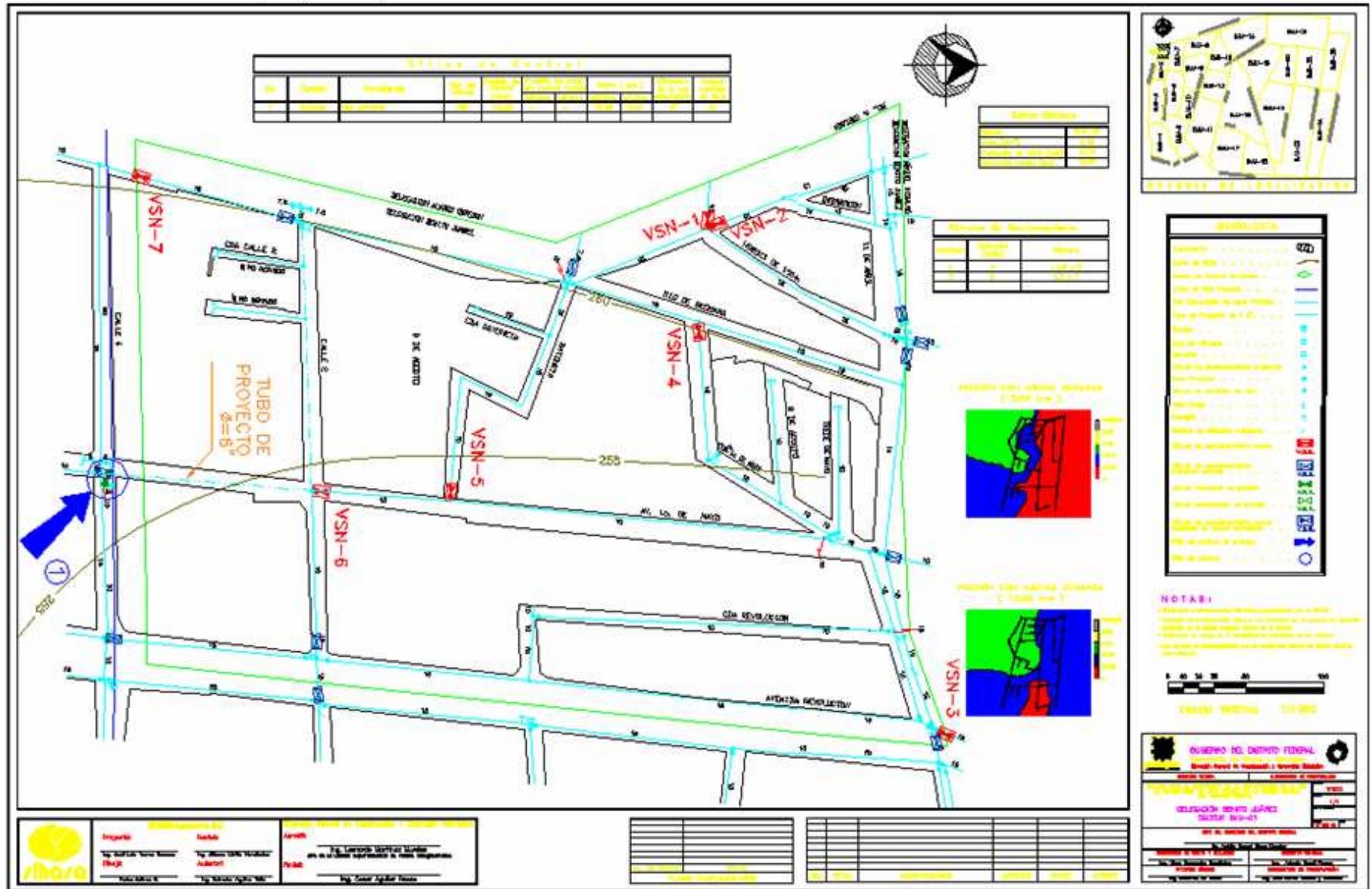
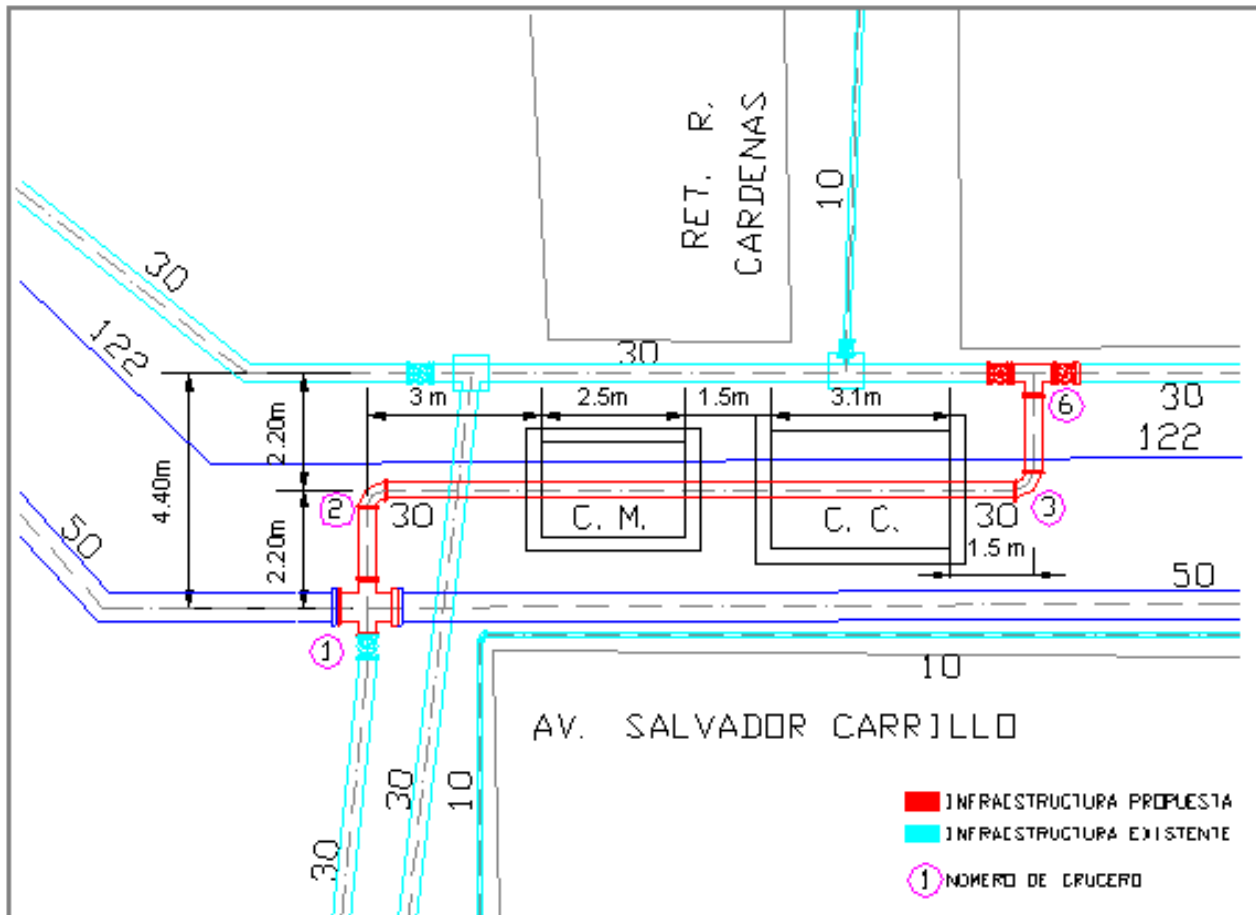


Figura 63.0.- Detalle de entrada de proyecto ejecutivo de Sector Hidrométrico.



7.26 FORMULACIÓN DE CAMPAÑA DE DIFUSIÓN DEL PROYECTO A USUARIOS

El objetivo de tal campaña no es la de propagar una acción política si no la de avisar a los vecinos de la naturaleza y objetivos del proyecto en su beneficio, evitando confusiones que pueden provocar la oposición vecinal.

La campaña debe preparar a los usuarios y vecinos, apelando su paciencia y su colaboración cívica, para soportar las maniobras que requerirá la obra, como los delicados cortes temporales del suministro de agua para la inserción de válvulas, el desplazamiento físico en banquetas y calles que implicará el movimiento de maquinaria y las excavaciones.

Deberá invitar al respeto del trabajo y el equipo de medición que en algunas ocasiones requerirá del movimiento de vehículos estacionados y de visitas domiciliarias. Eventualmente el equipo podría quedar expuesto o al alcance del público lo que requerirá del apoyo logístico los elementos de la Secretaria de Seguridad y Vialidad para su resguardo.

Una tarea de este tipo, está más allá de los alcances de un grupo de Ingeniería Hidráulica. Para su diseño y ejecución, se requiere de un entrenamiento y sensibilidad especial, propia de los publicistas y políticos. Por tal razón el material de la campaña de difusión debería estar coordinada por la Oficina de Relaciones Publicas del Organismo Operador y auxiliada por la oficina respectiva del Municipio.

Podrán utilizarse distintos medios para transmitir la información al público, como los impresos en publicaciones periódicas y postales así como los medios radiales. También son factibles reuniones con comunidades escolares, políticas, civiles, etc. En la siguiente figura, se muestra un ejemplo de los carteles que se ocupan para hacer difusión de los trabajos de sectorización.



Figura 65.0.- Cartel de difusión de los trabajos de sectorización.

7.27 EJECUCIÓN DE PROYECTO DE SECTOR HIDROMÉTRICO.

a).-Contratación de construcción y supervisión.

A partir del proyecto ejecutivo, se deberá generar los documentos: catálogo de conceptos, cantidades de obra y presupuesto, todo ello a partir de los planos del proyecto. La adjudicación de la contratación de construcción y supervisión deberá seguir los lineamientos que marque la ley de adquisiciones y obra pública vigente en la localidad.

b).-Ejecución de obra

- i. Organizar una reunión con los contratistas, los operadores y una coordinación técnica, para la presentación de los planos del proyecto ejecutivo del sector y acordar recorrido de reconocimiento técnico en campo.
- ii. Se buscarán las principales estructuras hidráulicas, la accesibilidad para las maniobras de construcción de registros para las válvulas de seccionamiento y regulación. (En su caso también para la introducción de tubería de sustitución, tomando en cuenta el método de reventamiento <Hydro Burst, disparos de hasta 50m con ventanas a cada 5m>, zanja a cielo abierto, etc.)
- iii. Se rastrearán e identificarán los puntos de alimentación del sector, y si estos se podrán cerrar sin afectar a otras zonas.
- iv. Verificar si los puntos de alimentación cuentan con válvula de seccionamiento para su control. (Se deberá evitar instalar válvulas accesibles al público, para evitar que estas puedan ser operadas por personal ajeno, (al respecto podría consultarse la documentación de las válvulas enterradas en registro de fo.fo. operadas con manuales especiales)
- v. Identificar obras adicionales o interferencias (tubería de PEMEX, CNA, infraestructura de CFE, CLFC, ferrocarril, ríos, infraestructura de telecomunicaciones, etc.)
- vi. Generar planos respectivos, en escala legible para formatos de 120 x 900 mm, imprimir un juego para cada representación (operadores, constructores, supervisores) y distribuir versiones impresas y juego de 2 copias digitales, preferentemente en discos magnéticos o en su defecto discos ópticos.

c).-Entrega de obra terminada

Una vez comprobado el correcto funcionamiento del sector, este será sujeto a la normatividad de la ley de adquisiciones y obra pública vigente en la localidad, en el rubro de entrega-recepción de obra terminada. El sector será entregado al área de

operación hidráulica para su integración al sistema hidráulico, por lo que será necesario la entrega de manuales de operación y mantenimiento del sector.

Figura 66.0.- Ubicación en campo de seccionamientos previos a su ejecución.



Figura 67.0.- Excavación para Estaciones de Medición de flujo y Control de presión



Figura 68.0.- Colado de losa de fondo en caja de medición de flujo.



Figura 69.0.- Construcción de muros a base de tabique rojo recocido



Figura 70.0.- Colocación de fontanería y piezas especiales



Figura 71.0.- Colocación de tapas de concreto armado



1. *Monitoreo inicial del sector hidrométrico*

Realización de una campaña de medición de gasto y presión continuos con $\pm 5\%$ de error tolerado, con registro en intervalos de 15 minutos durante el tiempo que duren los trabajos de la puesta en marcha, utilizando para ello los medidores de flujo tipo electromagnético y los traductores de presión instalados en las estaciones de medición de flujo y control de presión, presentando gráficas gasto-tiempo y presión-tiempo semicontinuas en las cuales se distinguen con claridad ciclos de 24 horas en intervalos de 15 minutos.

La campaña de medición deberá de contener siete días consecutivos de información como mínimo, antes de realizar cualquier movimiento de válvulas de seccionamiento del límite del sector y de calibración de la(s) válvula(s) reguladora(s) de presión.

Una vez concluidos dichos movimientos, en la campaña deberán registrarse nuevamente siete días consecutivos de información.

2. *Puesta en operación de sector hidrométrico (verificación del aislamiento y regulación de presiones en la red hidráulica)*

- Verificación del aislamiento del Sector Hidrométrico
- Calibración de las válvulas de regulación de presión
- Recorrido de entrega del sector en manos de la supervisión ejecutiva a los responsables del área de operación, junto con la documentación del manual de operación del sector.

3. *Análisis del balance de agua del sector hidrométrico*

Se refiere a una primera determinación de pérdidas de agua en el sector, basada en la relación general:

$$\text{Demanda} = \text{Consumo} + \text{Perdidas}$$

Demanda = Volumen de entrada – Volumen de salida

Pérdidas = Clandestinaje + Fugas \pm Errores en la medición

Demanda = Consumo + Clandestinaje + Fugas \pm Errores en la medición

El consumo se determina a partir del volumen consumido medido por usuarios, el clandestinaje puede ser estimado a partir de la diferencia entre la cobertura del padrón de usuarios y el número total de lotes con servicio de agua potable, los errores en la medición se determinan mediante un muestreo de precisión de los medidores instalados, por lo tanto, las fugas se calculan con la siguiente expresión:

$$\text{Fugas} = \text{Demanda} - \text{Consumo} - \text{Clandestinaje} \pm \text{Errores en la medición}$$

4. *Formulación del programa de eliminación de fugas y clandestinaje*

Este programa es esencial para el objetivo de ahorro de la sectorización, debe contemplar primero la detección y enseguida la eliminación tanto de fugas visibles como de no visibles. Para tal fin se debe habilitar una o dos brigadas permanentes, tomando en consideración el personal y equipo disponible en el Organismo Operador.

5. *Monitoreo final del sector hidrométrico*

Aislar el sector y medir el flujo en el sector, simultáneamente en el nodo de entrada del suministro y en otros tres nodos interiores ubicados estratégicamente, durante una semana. La medición debe incluir presión y gasto semicontinuos (en lapsos de 15 segundos con $\pm 5\%$ de error tolerado), con equipo de censo y registro digital, de esta forma se comprueba el correcto aislamiento del sector o se detectan los puntos en que está fallando.

6. *Análisis “costo-beneficio” de sector hidrométrico*

Tomando en consideración los resultados obtenidos, se efectuará una relación de la inversión realizada y los resultados alcanzados, en términos de beneficio económicos, para evaluar el beneficio obtenido de las acciones efectuadas. Una manera de hacerlo, es comparar el costo de producir y distribuir un metro cúbico de agua contra el costo total de inversión por cada metro cúbico recupera.

7. *Monitoreo de revisión del sector hidrométrico*

Revisión del flujo en la red del sector mediante monitoreo de presiones, 5 meses después de la puesta en operación, similar a lo descrito en los punto 10 y 14, con el objetivo de detectar los cambios en el índice de fugas y la modificación de la curva de demanda.

Los resultados esperados, son una reducción en el índice de fugas y una menor cantidad de agua que se queda en el sector; así como un incremento en la presión disponible en las zonas con alto índice de fugas.

7.28 REQUERIMIENTOS DE PROYECTO DE OBRA CIVIL Y LOS PROCEDIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE

El proyecto de obra civil se refiere a la documentación técnica (planos, especificaciones constructivas, boletines técnicos) requerida para la construcción de las estaciones de medición de flujo y de control de presión, los seccionamientos y las obras complementarias tales como interconexiones o conexiones de pozos a la red primaria, así como, las obras mayores del proyecto de telemetría.

En términos generales se distinguen las siguientes obras propias de la Sectorización:

Seccionamientos

Que se refiere al suministro y colocación las válvulas de seccionamiento señaladas en el proyecto ejecutivo. Por la función que desempeñan dentro del la sectorización (abrir/cerrar únicamente) es ideal para ser instalada en los límites del sector, y están constituidas por válvulas de compuerta.

Figura 72.0.- Válvula de compuerta de asiento resiliente.

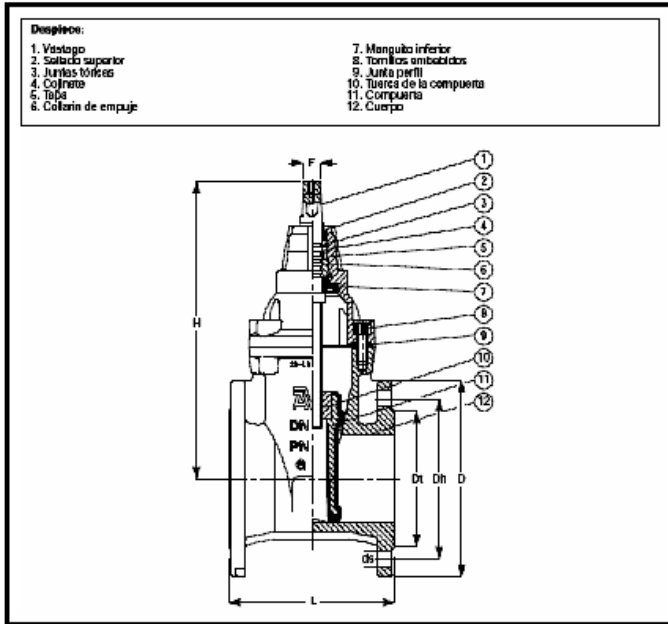
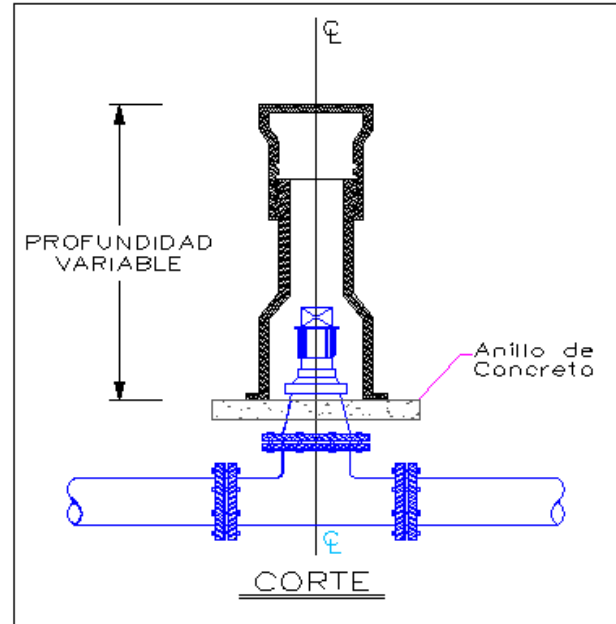


Figura 73.0.- Detalle de seccionamiento



Debido a que son las más numerosas se recomienda instalarlas enterradas con en registros de fierro fundido para su operación y según la localización señalada en el proyecto ejecutivo.

Con el fin de llevar a buen término su instalación será necesario contar con un plano de proyecto funcional tipo que incluya todos diámetros de válvulas de seccionamiento por instalar. A fin de asegurar la completa hermeticidad del las válvulas, se recomienda utilizar las denominadas *Válvulas de Compuerta de Asiento Resiliente*, cuya especificación sugerida podría ser la siguiente:

Especificación para Válvulas de Compuerta de Asiento Resiliente

- i. Las válvulas deben cumplir o exceder la más reciente revisión del estándar AWWA C509 para Válvulas de Compuerta de Asiento Resiliente de Asiento Flexible.
- ii. Las válvulas se caracterizan por que el vástago permanece fijo durante su operación.
- iii. Todas las partes internas deben ser accesibles sin remover el cuerpo de la válvula de la línea.

- iv. La compuerta debe ser de hierro dúctil, completamente encapsulada de hule, incluyendo las guías y el interior donde se introduce el vástago.
- v. La tuerca de bronce del vástago debe estar rígidamente integrada a la compuerta para mantener alineación y mínima fricción.
- vi. La brida de estopero debe ser de hierro dúctil para obtener una máxima resistencia a los sobretorques.
- vii. El vástago debe tener dos o-rings y un sello superior sobre el collar, y un o-ring por debajo del collar. El sello del vástago debe ser reemplazable con la válvula bajo presión.
- viii. El material del vástago debe ser acero inoxidable (AISI-420) y no debe contener plomo.
- ix. El paso del agua en el área del asiento debe ser suave, sin obstrucciones, libre de cavidades para permitir el uso de la válvula en entronques bajo presión.
- x. El cuerpo de la válvula, bonete y brida de estopero deben estar recubiertos interna y externamente con epóxico adherido por fusión electrostáticamente aplicado, con un mínimo de 10 mils. (25 micras). El recubrimiento debe cumplir o exceder los requerimientos del estándar AWWA C550, y debe ser aplicado solamente en las instalaciones del fabricante de la válvula.
- xi. Los tornillos del bonete deben ser de acero inoxidable 304 y no deben estar expuestos al ambiente para asegurar un fácil mantenimiento y prevenir la corrosión.
- xii. Sellos estilo o-ring deben ser usados como empaques del bonete y caja de estopero para prevenir posibles reventaduras del empaque.
- xiii. Todas las válvulas deben ser probadas por presión hidrostática de acuerdo a los requerimientos especificados en AWWA C509 antes de ser enviada por parte del fabricante, que incluye las siguientes pruebas:
 - xiv. Prueba de hermeticidad a válvula cerrada con 250 psi (17.6 kg/cm²) de un lado y cero del otro sin presentar fuga.
 - xv. Prueba de hermeticidad y resistencia al cuerpo de la válvula aplicando 500 psi (35.2 kg/cm²) a la válvula abierta sin presentar fugas.
 - xvi. Prueba adicional de hermeticidad a válvula cerrada a baja presión a 25 PSI (1.8 kg/cm²) de un lado y cero del otro.
- xvii. Las válvulas deberán tener una garantía por escrito de 10 años

7.29 ESTACIONES DE MEDICIÓN DE FLUJO

Se refiere a la construcción de cajas y al suministro y colocación de los medidores de flujo tipo electromagnéticos de carrete; a fin de proteger a los equipos electrónicos, alojados en las cajas.

El equipo instalado, permite registrar los gastos de agua de entrada y salida del sector. Para su correcta ejecución es recomendable contar con proyecto funcional tipo y un proyecto estructural ejecutivo que contemple todos diámetros de medidores por instalar, en cajas de operación construidas a base de muros de mampostería y tapas prefabricadas que puedan instalarse o retirarse sin mayor complicación, pues las cajas se ubican en la vía pública.

a. Componentes principales de la Estación de Medición

Tabla 32.0 Componente de Estación de Medición.

Componentes	Unidades requeridas
Válvulas de compuerta de asiento resilente	2
Válvula de admisión y expulsión de aire	1
Medidor de flujo en tubería presurizada tipo electromagnético bridado	1
Unidad terminal remota	1
Regulador de voltaje VAC	1
Gabinete de acero inoxidable NEMA 4 y base	1
Baterías de respaldo (UPS) para 24 horas	

b. Arreglo de la Estación de Medición

Se montará en un segmento en la línea principal de suministro al sector, en el cual los componentes se ordenarán de la siguiente manera:

Válvula de Seccionamiento → Elemento primario de medidor de flujo electromagnético → Válvula de Seccionamiento

Este arreglo se localizará en una caja subterránea de operación de válvulas. De manera independiente, sobre el nivel del piso y fuera de la vialidad, se instalará un gabinete de acero inoxidable, en el cual se alojará la unidad electrónica (elemento secundario) del medidor de flujo electromagnético, la unidad terminal remota, el regulador de voltaje VAC y las baterías de respaldo (UPS).

Se conectará un cable de señal y energía entre el elemento primario y elemento secundario del medidor de flujo electromagnético. Así mismo entre la unidad de la unidad terminal remota y el elemento secundario del medidor se conecta un cable de control de señal de pulsos.

El tendido de cables entre la caja de operación de válvulas y el gabinete se realiza con tubería conduit eléctrica de PVC para servicio pesado.

Figura 75.0.- Arreglo de una estación de medición de flujo.



c. Especificaciones de los componentes principales de la Estación de Medición

Especificación para Válvulas Válvula de Compuerta de Asiento Resilente. Se recomienda utilizar la especificación utilizada en el punto1 “Componentes principales de la Estación de Medición.

d. Especificación de equipo de macromedición de caudales en líneas presurizadas.

Debido a su alta precisión los medidores electromagnéticos de flujo representan hoy en día uno de los sistemas más universalmente aplicados para la medición de caudal. Por esta razón se recomienda su utilización, la especificación sugerida podría ser la siguiente:

e. Especificaciones del equipo de macromedición

Alcance

La presente especificación aplica para el equipo de macromedición de caudales en líneas presurizadas incluyendo la unidad de medición, la unidad electrónica y los servicios complementarios.

- En esta especificación se definen las características de funcionamiento, los materiales de fabricación, y los requisitos de certificación aplicables a los medidores electromagnéticos de diámetros de 76 mm (3") a 508 mm (20") para usarse en aplicaciones de medición de caudales de agua potable.
- El sistema de medición deberá contar con una unidad electrónica (elemento secundario) para la transducción de la señal, el despliegue de caudal y totalización de volumen.
- El proveedor deberá entregar una carta, emitida por el fabricante, donde indique que sus medidores tienen la capacidad de actualización para el manejo de telemedición y que el mismo fabricante distribuye estos equipos.
- El proveedor deberá entregar una carta, emitida por el fabricante, donde indique que la futura actualización de los medidores a telemedición será responsabilidad absoluta del fabricante.
- El proveedor deberá entregar una carta, emitida por el fabricante, donde indique que cuenta con un sistema de adquisición programada (lecturas diarias, mensuales) y por demanda de volúmenes de suministro, es decir, el fabricante deberá contar con la capacidad de proveer los servicios de telemedición siendo responsabilidad de éste el mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura de telecomunicaciones y de la operación del sistema.

Unidad de medición.

- Los medidores a proveer, de acuerdo con esta especificación, deberán ser fabricados para usos en líneas de agua potable presurizadas.
- Esta especificación se aplica a medidores del tipo electromagnético que operan utilizando la Ley de Inducción Magnética de Faraday, los medidores a proponer deberán de ser del tipo carrete bridado de sección defina, no se aceptarán medidores de inserción que obstaculizan el flujo y requieren de mantenimiento.

- Los medidores a ofertar deberán de ser del tipo de lectura continua, no se aceptarán medidores muestreadores que operan bajo el modo dormido y se despiertan periódicamente para la toma de lecturas.
- Los medidores a suministrar deberán presentar un error de precisión máximo de 0.25% y una repetibilidad mínima: 99.9%.
- Sólo se suministrarán medidores fabricados por compañías que cuentan de manera directa con facilidades de manufactura, servicio, soporte técnico y operaciones de ventas en México.
- El proveedor deberá hacer constar mediante copia que los instrumentos de medición cuentan con la IMTALAB-Certificación realizada por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Los medidores propuestos deberán contar con certificación ISO 9001, el proveedor deberá entregar un documento emitido por el fabricante que avale esta certificación.
- El proveedor deberá proporcionar una declaración emitida por el fabricante, en la que se indique que los medidores propuestos y surtidos cumplen con todos los requisitos establecidos en esta especificación.
- El proveedor deberá proporcionar un certificado redactado por el fabricante de los medidores en el que se establezca como una organización autorizada de almacenamiento y servicio de los productos del fabricante que se hayan cotizado y que el concursante cuenta con toda la capacidad de infraestructura y soporte técnico.
- El proveedor deberá entregar una lista de cuando menos tres clientes (incluyendo el nombre, dirección y número telefónico de la persona de enlace) en México que utilice el tipo de medidor.
- Los medidores a ofertar deberán operar conductividades mayores o iguales a 0.5 $\mu\text{ohm/cm}$.
- Los medidores a ofertar deberán con un error máximo del 0.25% del caudal real, independientemente de la viscosidad, densidad y temperatura del agua.
- Todos los medidores deberán contar con una carcasa dotada de barrenos de entrada y de salida a lo largo de un eje común y con caras paralelas para las conexiones bridadas.
- El medidor no deberá contar en el interior de la carcasa con elementos fijos o móviles que obstruyan el paso del caudal.
- El cuerpo del medidor y sus bridas acopladas deberán ser de acero al carbón y deberá contener internamente un recubrimiento de sello de goma dura que no afecte el diámetro nominal de la línea donde será instalado.
- Los electrodos del medidor deberán ser de Hastelloy C o un material superior.
- El medidor deberá contar con un sensor o electrodo que genere una alarma o señal que indique la condición de tubo no lleno al menos a un 75% de tubería llena.
- El proveedor de los medidores deberá proporcionar una copia de la garantía del fabricante en la que se estipule que el fabricante sustituirá, sin cargo alguno, los

medidores en los que se haya detectado algún defecto en el cuerpo del medidor o en su unidad electrónica dentro de un plazo de treinta (30) días a partir de la fecha de embarque.

- Los medidores a ofertar deberán cumplir al menos los siguientes rangos de operación.

Tabla 33.0

Diámetro de línea		Longitud mm	Rango de operación lpm
mm	pulgadas		
102	4	280	15.0–4,800
152	6	400	35.0–10,500
203	8	400	60.0–19,000
254	10	500	95.0–30,000
305	12	500	135.0–43,500
406	16	600	245.0–75,000
508	20	600	380.0–120,000

Unidad Electrónica.

- La unidad electrónica deberá ser alojada en gabinete fabricado en un material capaz de resistir los daños comunes de intemperie, contando con una clasificación NEMA 4.
- La unidad electrónica deberá estar programada desde fábrica de acuerdo a su aplicación específica.
- La unidad electrónica deberá contar con la posibilidad de ser programada en sitio sin requerir la utilización de computadoras personales lap-top o palm-top, sin embargo, deberá contar con los esquemas de seguridad para que no pueda acceder por el teclado cualquier transeúnte y deberá contar con una clave de acceso (password) al teclado.
- La unidad electrónica deberá contar con la posibilidad de ser instalada de manera remota si las condiciones de instalación así lo requieren.
- La unidad electrónica deberá contar con las siguientes características adicionales.
 - Alarmas: Salida de relevador para caudal bajo y salida de relevador para caudal alto.
 - Salidas analógicas: 4-20 mA.
 - Salidas de pulsos. Escalados a (max 10 Khz).
 - LCD Display: al menos 4 líneas de 16 caracteres por línea, con despliegue de dos totalizadores, caudal y alarmas.
 - Salida de comunicaciones: RS-232C.
- La alimentación del medidor y de la unidad electrónica deberá ser 127 VCA.

Sistemas de Telemedición.

- El proveedor deberá entregar una carta emitida por el fabricante donde se indique que el medidor tiene capacidad de actualización a los siguientes sistemas de lectura automática:
 - Lectura por proximidad o toque.
 - Lectura de radiofrecuencia de medio alcance (hasta 100 m) por interrogación o programación.
 - Lectura por radiofrecuencia de largo alcance.
 - Lectura por línea telefónica.
 - Lectura por infraestructura de telefonía celular.
 - Lectura por satélite.

- El proveedor deberá entregar una carta emitida por el fabricante donde se indique que el medidor tiene capacidad de actualización a los siguientes sistemas de telemetría:
 - Por radiofrecuencia.
 - Por infraestructura de telefonía celular.
 - Por satélite.

Servicios complementarios.

El proveedor deberá suministrar manuales de operación del medidor en español 2 (dos) manuales por medidor y deberá considerar la impartición de un curso, dirigido a tres técnicos, durante una sesión de tres horas.

El contenido de este trabajo será sobre los fundamentos teóricos de operación del medidor y sobre su instalación y operación.

Unidad de telegestión inalámbrica

La unidad de telegestión es un dispositivo de comunicaciones que recibe una señal digital y dos señales analógicas de una gran variedad de medidores y transductores y transmite un pequeño lote de datos a través de una constelación de satélites de órbita baja directamente al servidor del fabricante.

La información transmitida puede ser accesada con cualquier navegador de Internet como Netscape o el explorador de Microsoft.

7.30 ESTACIONES DE CONTROL DE PRESIÓN

Se refiere a la construcción de cajas y al suministro y colocación de las válvulas de control de presión de posicionamiento eléctrico. Para su correcta ejecución es recomendable contar con proyecto funcional tipo y un proyecto estructural ejecutivo que contemple todos diámetros de medidores por instalar, en cajas de operación construidas a base de muros de tabique rojo recocido y tapas prefabricadas que puedan instalarse o retirarse sin mayor complicación, pues las cajas se ubican en la vía pública.

1. Componentes principales de la Estación de Control de Presión

Tabla 34.0

Componentes	Unidades requeridas
Válvulas de compuerta de asiento resilente	2
Válvula de control de presión de posicionamiento eléctrico	1
Traductores de presión diferencial	2
Filtro tipo canastilla	1

2. Arreglo de la Estación de Control de Presión

Se montará en un segmento en la línea principal de suministro al sector, en el cual los componentes se ordenarán de la siguiente manera:

Válvula de Seccionamiento → Filtro tipo canastilla → Válvula de control de presión → Válvula de Seccionamiento

Paralelamente y como parte de este arreglo se habilitará un “by pass” en el cuál se instalará una válvula de seccionamiento, que se utilizará exclusivamente cuando se requiera dar mantenimiento la válvula de control de presión. Este arreglo se localizará en una caja subterránea de operación de válvulas.

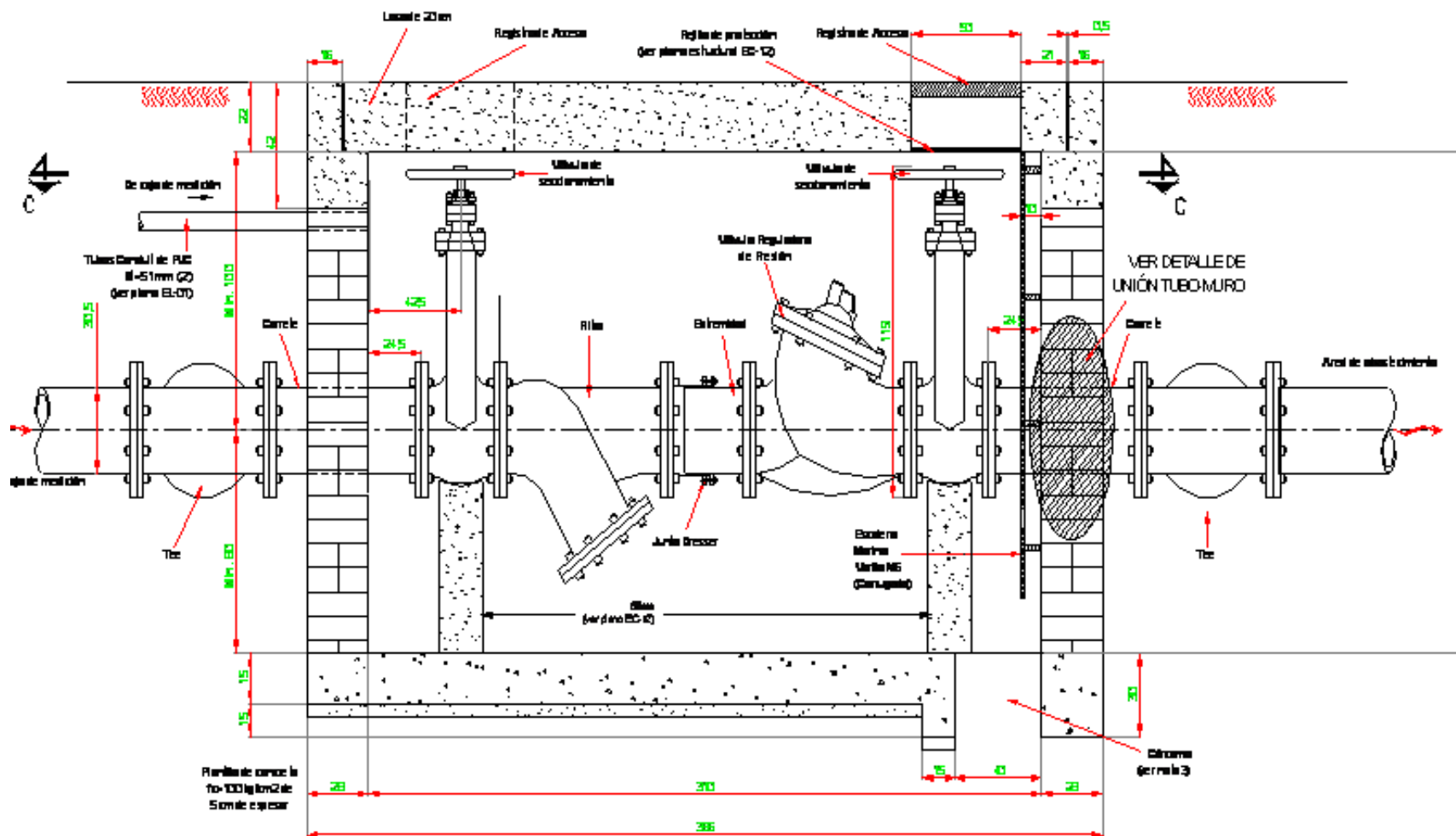
Las cajas de operación tendrán conexión a través de una canalización con tubería conduit eléctrica de PVC de servicio pesado, con los gabinetes de acero inoxidable instalados a nivel de banquetta, ya que los transductores de presión y los solenoides de las válvulas de control se integrarán a la unidad terminal mediante cables de señal.



Figura 76.0.- Instalación de componentes de una estación de control de presión.

ya que los transductores de presión y los solenoides de las válvulas de control se integrarán a la unidad terminal mediante cables de señal.

Figura 77.0.- Detalle en corte de estación de control.



NOTA: La altura mínima de la caja es de 1.80m y la máxima de 2.25m por lo que cuando se adopte una de las distancias mínimas verticales (0.80 ó 1.0m) la otra dimensión será la diferencia.

CORTE A-A

Acot. en cm

SE

7.31 TELEMETRÍA

La telemetría es una tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información hacia el operador del sistema. La palabra telemetría procede de las palabras griegas tele ("lejos") y metron ("medida").

El envío de información hacia el operador en un sistema de telemetría se realiza típicamente mediante comunicación inalámbrica, aunque también se puede realizar por otros medios (teléfono, redes de ordenadores, enlace de fibra óptica, etcétera). Los sistemas de telemetría reciben las instrucciones y los datos necesarios para operar, mediante el telecomando.

La telemetría se utiliza en grandes sistemas, tales como las naves espaciales o las plantas químicas, debido a que facilita la monitorización automática y el registro de las mediciones, así como el envío de alertas, con el fin de que el funcionamiento sea seguro y eficiente. Las agencias espaciales como la NASA, la ESA y otras, utilizan sistemas de telemetría y de telecomando para operar con naves espaciales y satélites. Como en otros campos de las telecomunicaciones, existen estándares internacionales para el equipamiento y para los programas de telemetría.

En la sectorización se refiere a la construcción de gabinetes de acero inoxidable, instalación de postes, canalización eléctrica y registros eléctricos construidos a base de tabique rojo recocido.

Estos trabajos se realizarán en todos los sitios donde se disponga instalar las estaciones de medición de flujo y de control de presión. Para lograr lo anterior es necesario contar con un proyecto tipo electromecánico.

Interconexiones en la red de distribución

Estas interconexiones se encuentran definidas en el proyecto ejecutivo del sector hidrométrico, y tiene como finalidad vincular distintas partes de la red de distribución, con la finalidad de mejorar el funcionamiento hidráulico del sector o subsanar alguna posible falta de agua provocada por alguno o algunos de los seccionamientos propuestos el proyecto ejecutivo.

Figura 78.0.- Trazo inicial de tubería para interconexión.



Las interconexiones consisten en la instalación de tuberías de diversos diámetros con el fin de unir las tuberías de la red existentes y los trabajos complementarios correspondientes. El requerimiento de un proyecto ejecutivo de las interconexiones estará sujeto a la longitud de las mismas.

Conexión de pozo a la red primaria

Cuando en el sector se tengan pozos de alimentación a la red, es recomendable hacer el desvío del caudal hacia un punto de conexión a la red primaria, ya que la existencia del mismo hacia la red de distribución causa altibajos de presión, que para las recomendaciones de operación del sector hidrométrico, no son convenientes.

Para lograr lo anterior es necesario contar con un proyecto ajustado al sitio donde se realizará la conexión con los planos de proyecto ejecutivos. Las conexiones de pozos a la red primaria consisten en la instalación de tuberías de diversos diámetros con el fin de unir la descarga de un pozo profundo de agua potable a la línea de la red primaria de distribución más cercana.

7.32 PROCEDIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA SECTORIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE

De acuerdo con las experiencias en la construcción de las obras que componen a la sectorización, estas no requieren de un nivel tecnológico alto, las fallas que se han detectado son debido a errores en los procesos constructivos básicos, como: compactación, nivelación de muros, colocación de elementos prefabricados, etc. A continuación, se presenta la secuencia descriptiva del orden lógico de construcción.

i. Seccionamientos

Colocar las válvulas de aislamiento señaladas en el proyecto y revisar que las válvulas existentes en el perímetro del sector estén en buenas condiciones y se encuentren cerradas

Figura 79.0.- Instalación de una válvula de seccionamiento



Las válvulas de seccionamiento nuevas se instalarán con registros de fierro fundido arreglo de (botas) y se dejarán abiertas hasta que se ponga en marcha el sector. Las válvulas de seccionamiento existentes se cambiarán por nuevas (para asegurar la hermeticidad del sector) y además para disminuir la posibilidad de manipulación por personal no autorizado no se instalarán en la caja existente sino en un registro de fierro fundido como las nuevas.

Estas válvulas se dejarán abiertas o cerradas de acuerdo a la condición encontrada en campo. Dado que estas válvulas se instalarán enterradas, se debe asegurar que cumplan con la norma C-509-94 de la AWWA.

ii. Construcción de la caja de operación

Se construirá una caja para alojar los equipos de medición de flujo y de control de presión. El dimensionamiento de ésta y el material para su construcción será de acuerdo a lo sugerido en la siguiente tabla:

Figura 80.0.- Caja de operación para estaciones con dala perimetral terminada



Las dimensiones definitivas, la ubicación de la caja con respecto al eje de la tubería, y la profundidad de desplante puede variar de acuerdo a las condiciones propias del sitio propuesto por el contratista.

Se deberán colocar dos registros-hombre con tapas del tipo pesado para agua potable sobre el eje del elemento primario del medidor de flujo, la válvula de control de presión y de ser posible sobre las válvulas de compuerta, además de una escalera marina para poder acceder al interior de la caja.

La profundidad deberá ser de 1.80m como mínimo, considerando que del arrastre del tubo existente al piso terminado de la caja deberá existir una distancia de 0.35 a 0.80 m dependiendo del diámetro. El piso de la caja deberá tener una pendiente de 1% hacia un cárcamo de 0.40 x 0.40 x 0.20 m para la extracción de agua de su interior.

Tabla 35.0 Dimensiones recomendadas para estación de medición de flujo.

Diámetro (pulg)	Largo Total (m)	Largo Efectivo (m)	Ancho Total (m)	Ancho Efectivo (m)	Profundidad Total s/cárcamo (m)	Profundidad Efectiva (m)	Espesor de losa de fondo (m)	Espesor de tapas (m)	Ancho de trabe (m)	Espacio libre entre tubería y losa de fondo (m)
4	2.16	1.6	2.06	1.5	2.12	1.8	0.15	0.17	0.16	0.35
6	2.66	2.1	2.06	1.5	2.15	1.8	0.15	0.2	0.16	0.55
8	3.06	2.5	2.06	1.5	2.15	1.8	0.15	0.2	0.16	0.6
10	3.26	2.7	2.56	2	2.17	1.8	0.15	0.22	0.16	0.75
12	3.66	3.1	2.56	2	2.17	1.8	0.15	0.22	0.16	0.8

Tabla 36.0 Dimensiones recomendadas para estación de control de presión.

Diámetro (pulg)	Largo Total (m)	Largo Efectivo (m)	Ancho Total (m)	Ancho Efectivo (m)	Profundidad Total s/cárcamo (m)	Profundidad Efectiva (m)	Espesor de losa de fondo (m)	Espesor de tapas (m)	Ancho de trabe (m)	Espacio libre entre tubería y losa de fondo (m)
4	1.96	1.4	2.16	1.6	2.12	1.8	0.15	0.17	0.16	0.35
6	2.66	1.7	2.16	1.6	2.12	1.8	0.15	0.17	0.16	0.55
8	2.46	1.9	2.16	1.6	2.15	1.8	0.15	0.2	0.16	0.6
10	2.96	2.4	2.16	1.6	2.15	1.8	0.15	0.2	0.16	0.75
12	3.06	2.5	2.16	1.6	2.15	1.8	0.15	0.2	0.16	0.8

Material

Se construirá una caja con muros de tabique de 28 cm de espesor, desplantados sobre una losa de concreto $f'c=200$ kg/cm² de 0.10 m de espesor armada con acero de refuerzo de $f_y=4,200$ kg/cm² del N° 3 @ 0.15 m en ambas dimensiones, sobre una plantilla de concreto simple $f'c=100$ kg/cm² de 0.05 m de espesor, se aplicará un aplanado pulido de 0.025 m de espesor a los muros y la caja se cerrará con una losa de concreto $f'c=300$ kg/cm² espesor armada con acero de refuerzo de $f_y=4,200$ kg/cm² del N° 3 @ 0.25 m en ambas direcciones con el doble emparrillado.

Figura 81.0.- Construcción de muros en caja de operación de estaciones.



Instalación de medidores de flujo y válvulas de control de presión

El suministro de medidores de flujo y válvulas de control presión, así como la construcción de las cajas de operación donde se alojarán estas se realizará de acuerdo a los planos de proyecto.

Esta actividad solo puede realizarse hasta que se hayan levantado los muros de tabique de las cajas de de operación y se cuente con las piezas especiales que conformarán los trenes donde que componen los arreglos de las estaciones.

Es necesario considerar que debido al peso que tienen las válvulas y medidores de mayor diámetro será necesario recurrir a la utilización de equipo mecánico para alojarlos dentro de la caja de operación. El manejo cuidadoso de los equipos ayudará a conservar su recubrimiento epóxico impidiendo su corrosión pronta. Durante la instalación es importante seguir con las recomendaciones dadas por el fabricante y de ser necesario contar con su apoyo en campo.

Figura 82.0.- Componentes de una estación de control de presión instalados



iii. Telemetría

Construcción de las canalizaciones, base y gabinete

Se construirá una canalización para alojar y proteger los cables de conexión de las señales hidráulicas entre la salida del elemento primario del medidor de flujo y los solenoides de la válvula de control de presión y los transductores de presión a la unidad terminal remota, protegidas por tubería conduit eléctrica de servicio pesado de 50 mm (2") de diámetro, oculto por trayectoria en piso, ya que unidad terminal remota y sus accesorios se ubicarán fuera del arroyo de la vialidad, sobre una base de concreto $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$ en el lugar indicado en un molde de cimbra común de $0.45 \times 0.75 \times 0.40 \text{ m}$ de largo, ancho y alto, respectivamente armada con acero de refuerzo de $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$ del N° 3 @ 0.30 m , en el caso de que la base se encuentre en terreno natural se colocará un firme de concreto simple $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$ de $1.0 \times 1.0 \times 0.10 \text{ m}$ de largo, ancho y alto respectivamente, asimismo, se deberá colocar una plantilla de cartón o triplay con la ubicación de: 4 tornillos-ancla de 5/8" por 0.25 m de largo ahogados en la base, con tuerca y rondana de presión de 5/8" para la fijación del gabinete.

Se suministrará e instalará para alojar los equipos un gabinete de acero inoxidable tipo 430 calibre 14 de $0.45 \times 0.75 \times 1.30 \text{ m}$ de largo, ancho y altura posterior y 1.10 m de frente, con cuatro áreas de ventilación de $0.20 \times 0.18 \text{ m}$ y cinco ventilas cada una acondicionadas de tal forma que se evite la penetración de agua de lluvia, ubicadas en la parte posterior del gabinete, con puerta abatible y desmontable de acero inoxidable tipo 430 calibre 14 con bisagras tipo redondas de 5/8" de acero inoxidable, con chapa Phillips modelo 700 de cilindro y cuerpo de latón acabado en cromo; con la misma combinación de todos los gabinetes. Contara con cuatro asientos en la parte inferior en forma triangular de $0.10 \times 0.10 \text{ m}$ en sus catetos, con una perforación de 0.20 m de diámetro ubicada en el cruce de los vértices de triángulo, con acabado final de acero pulido, la lámina no deberá llevar empalmes y se utilizará soldadura de arco eléctrico para acero inoxidable.

Figura 83.0.- Detalle de gabinete de acero inoxidable

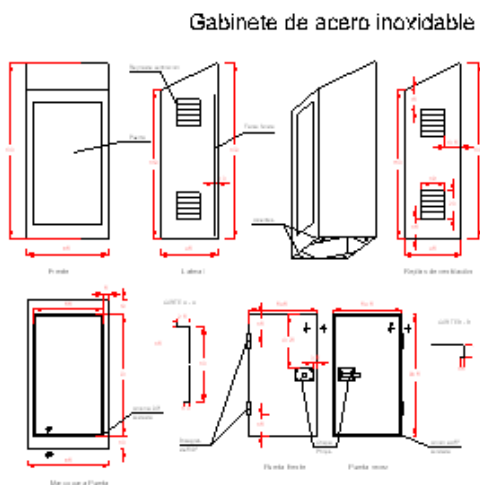


Figura 84.0.- Gabinete de acero inoxidable instalado



Figura 85.0.- Poste instalado y calzado



Figura 86.0.- Canalizaciones a través de la zapata del poste



Figura 87.0.- Caja de control para tubería.

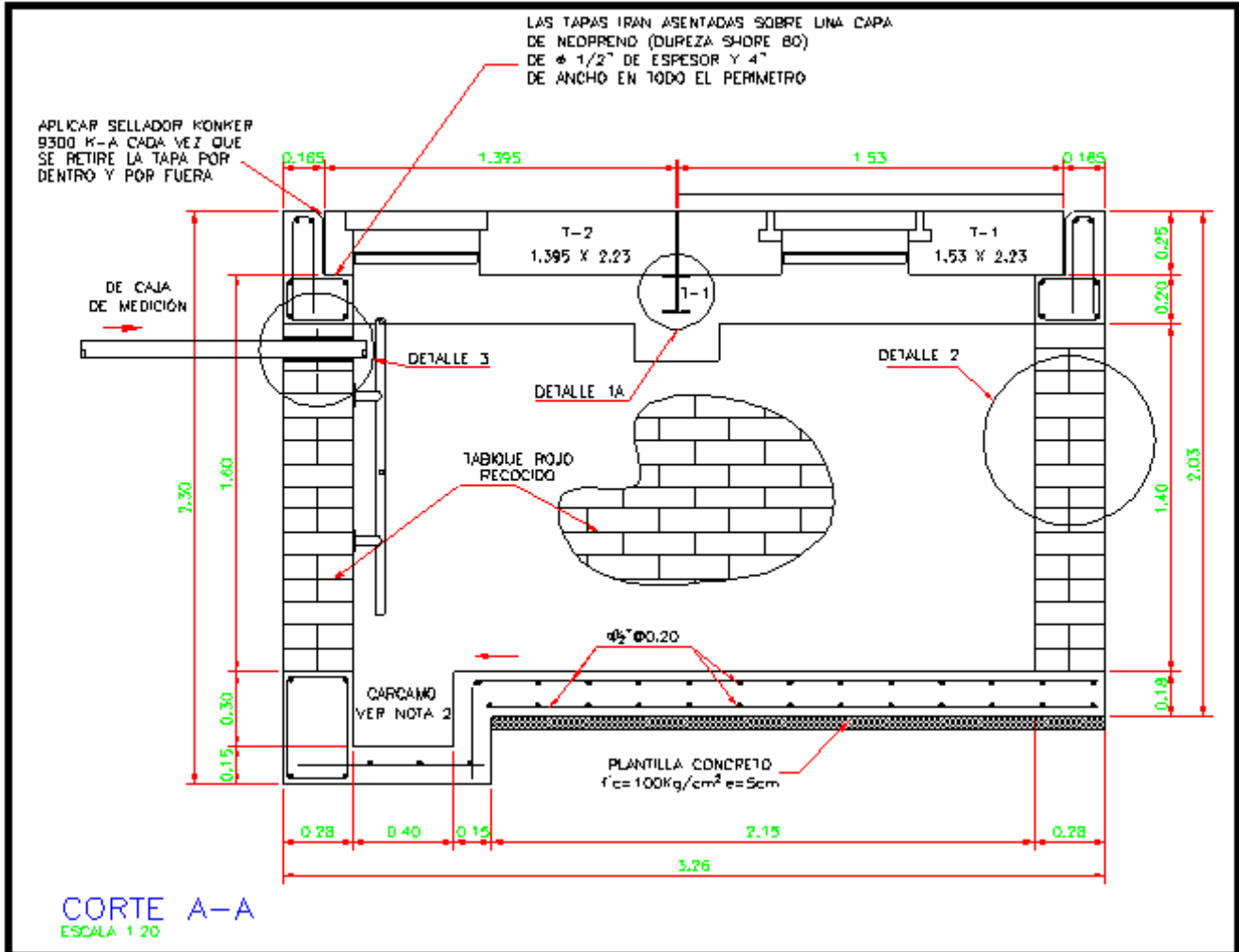
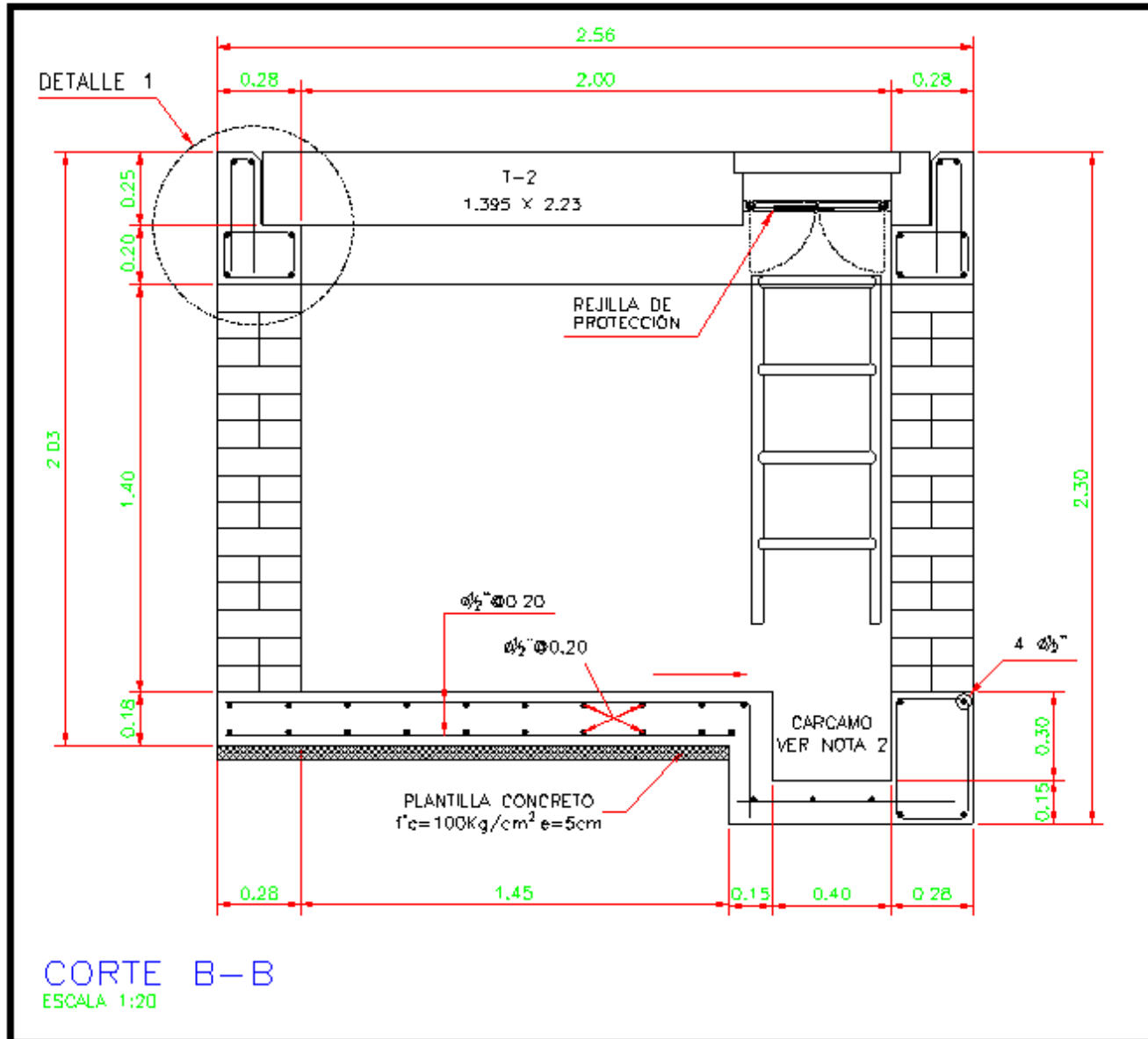


Figura 88.0.- Caja de control para tubería



iv. Interconexiones en la red de distribución y a Red Primaria.

La instalación de la tubería mediante puede ser mediante el método tradicional, es decir es decir excavación a zanja abierta o por el método de revenimiento por introdeslizamiento mediante el uso de equipo hidroneumático. Independientemente del método a utilizar las etapas constructivas que deben seguirse se enumeran a continuación en líneas generales:

1. Trazo y nivelación para obras hidráulicas, con equipo de topográfico.
2. Cortes con sierra de concreto asfáltico.
3. Demolición a mano de pavimento asfáltico.
4. Excavación de zanja por medios mecánicos para diversos materiales y profundidades.

5. Acarreo de camión con carga mecánica de tierra, material mixto y material de demolición de carpeta asfáltica producto de las excavaciones.
6. Suministro e instalación de tubería de acuerdo a especificación.
7. Suministro e instalación de piezas especiales.
8. Relleno de excavación para estructuras con tepetate en capas compactados con pisón, al 90% proctor.
9. Prueba hidrostática para tubería instalada.
10. Desinfección de tuberías con hipoclorito de calcio granular y agua.
11. Riego de liga con emulsión asfáltica.
12. Construcción de carpeta de concreto asfáltico tendido con maquina.
13. Sello con cemento aplicado en concreto asfáltico.

Figura 89.0.- Trabajos de sustitución de tubería por el método de revenimiento e introdeslizamiento de tubería y por el método cielo abierto.



a) Trazo de ejes para el tendido de la red de tubería.



b) Corte con sierra en pavimento de concreto asfáltico.



c) Se observan algunas piezas especiales de Fo. Fo. Que se utilizan para realizar seccionamientos



d) Se observa el estado en el que se encuentra la tubería existente de red secundaria de agua potable en este sitio.

Continuación de figura 89.0.- Trabajos de sustitución de tubería por el método de revenimiento e introdeslizamiento de tubería y por el método cielo abierto.



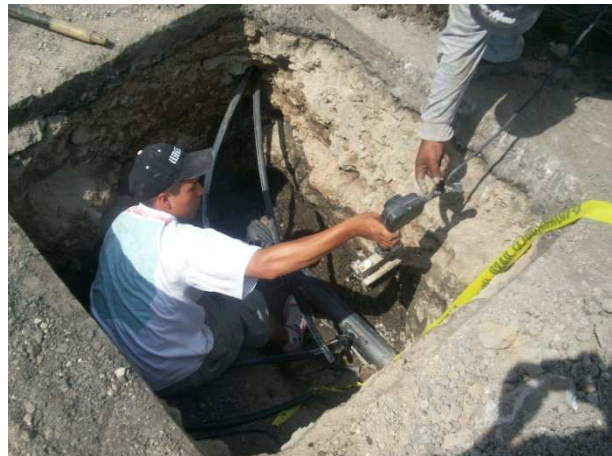
e) Se observa el equipo para realizar reconexiones en tomas domiciliarias.



f) Reconexión de tomas domiciliarias por el método de topeo.



g) Sustitución de tubería por método de rompimiento e introdeslizamiento de tubería



h) Se observa la reconexión de tomas domiciliarias.



i) Se observa el relleno con tepetate de ventanas hechas sobre arroyo vehicular.



j) Se observan las ventanas hechas sobre el arroyo vehicular rellenas de tepetate.

Continuación de figura 89.0.- Trabajos de sustitución de tubería por el método de reventamiento e introdeslizamiento de tubería y por el método cielo abierto.



e) Instalación de tubería de polietileno mediante el método de reventamiento.



f) Rehabilitación de ramal para toma domiciliaria mediante el método de reventamiento



g) Excavación de zanja una vez instalada la tubería



h) Instalación de tubería de polietileno de alta densidad



i) Se observa una de las tomas reconectadas.

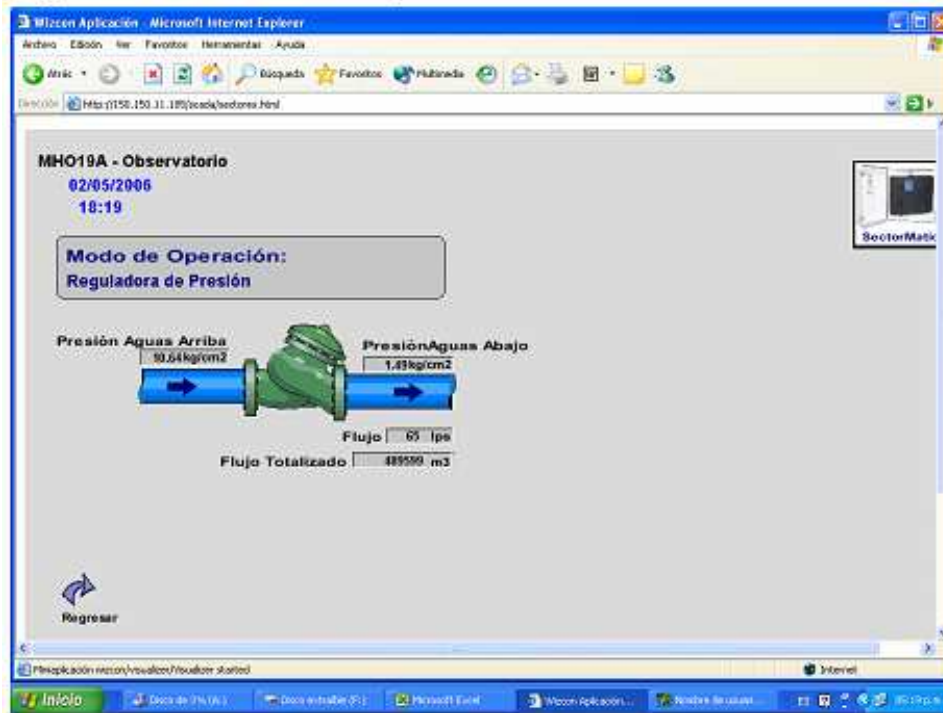


j) Construcción de carpeta de concreto asfáltico

7.33 REQUERIMIENTOS DE PROYECTO ELÉCTRICO, MECÁNICO E INFORMÁTICO PARA LA SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE

En la actualidad gracias a los sistemas de monitoreo y control, los sistemas de distribución de agua potable puede hacerse más eficiente. Esto se debe principalmente a que permite contar a tiempo con información para la toma de decisiones, para lograr esto no es suficiente solo recabar datos, es necesario procesarlos e interpretarlos para que sean de utilidad, para ello se requiere de sistemas integrales de adquisición, procesamiento y almacenamiento de datos. Por esta razón, como parte de la Sectorización comúnmente se decide implementar sistemas de información que le facilitan la toma de decisiones y la operación optima de los sistemas de distribución conocidos como Sistemas de Control Supervisorio Control Supervisorio (SCADA, por sus siglas en ingles)

Figura 90.0.- Pantalla de puesto central de sistema SACDA

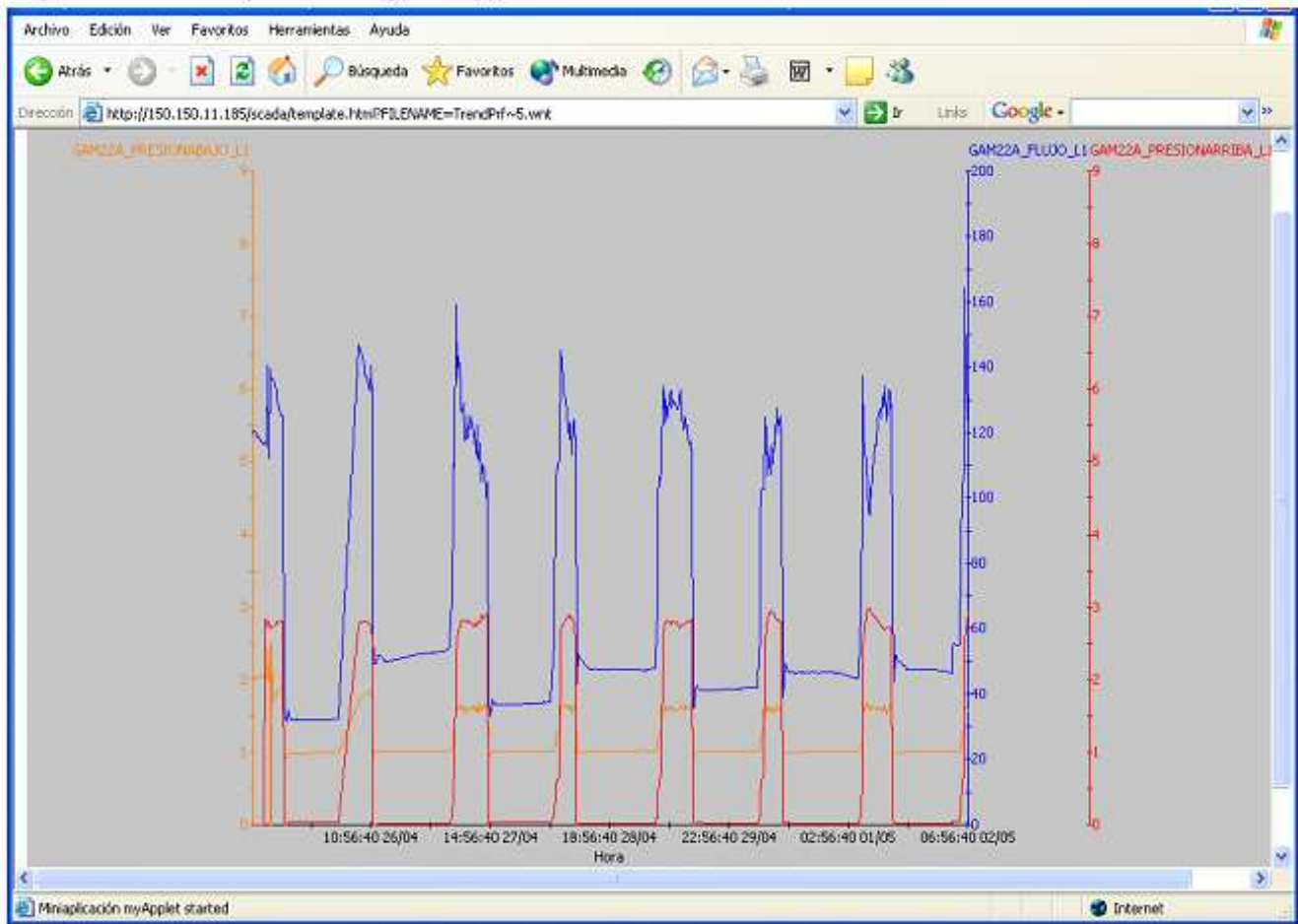


Así pues un sistema SCADA es la tecnología que permite a un usuario coleccionar datos de una o más instalaciones distantes y/o enviar instrucciones de control a estas instalaciones. Los sistemas SCADA permiten que no sea necesaria la presencia permanente o visitas de operadores a instalaciones remotas bajo condiciones normales. SCADA permite a un operador desde una central de un proceso geográficamente distribuido, encender y apagar equipo, abrir y cerrar válvulas, monitorear alarmas y recabar lecturas de instrumentación. En la Sectorización se emplean medidores de flujo para conocer los gastos entrantes / o de salida de un sector, los registros de medición son utilizados en la etapa de análisis y balance hidráulicos; las válvulas de control, son utilizadas para mantener la presión adecuada en la red. Debido a que los rangos de presión varían en el tiempo, se requiere contar con algún elemento que pueda realizar el manejo de la válvula.

Esto se puede lograr con un controlador de presión de operación local o remota, con lo que se podrá operar la infraestructura hidráulica dentro de sus valores de presión óptimos, mejorando el aprovechamiento del vital líquido y alargando la vida útil de la infraestructura.

El control antes descrito puede lograrse mediante una Unidad Terminal Remota (UTR), la cual mantendría el flujo de entrada al Sector en un punto de ajuste, sea por presión o al operar en función de una tabla horaria, adicionalmente podría detectar un flujo por arriba del máximo establecido, que pudiera ser ocasionado por una fuga dentro del sector, y de manera automática realizar un cierre parcial o total de la válvula, notificando al Puesto Central y lo más importante: tener acceso a la medición de presiones y gastos del Sector por medio de una red de comunicaciones inalámbrica, que permita obtener la información en tiempo real, que sirva como base en la toma de decisiones durante la operación y generar reportes.

Figura 91.0.- Reporte del gasto y presión en estación de medición.



Los objetivos de la automatización de Sectores Hidrométricos son:

- Controlar la presión en entorno a “punto de ajuste” parametrizable.
- Monitorear el volumen de líquido entregado en cada sector, con la posibilidad de realizar un cierre en torno a una dotación preestablecida.

- Proteger la infraestructura de la red de distribución al operar bajo parámetros nominales.
- Tener la capacidad de interactuar con la válvula de control principal de los sectores para realizar acciones de control en forma local o remota.
- Tener acceso a los instrumentos de medición de los sectores, vía una red de comunicaciones, de manera que se obtengan los datos de operación en tiempo real y contar con elementos para toma decisiones operativas.
- Contar con registros históricos de datos de flujo y presión para tener una estadística adecuada de los comportamientos de los sectores.
- Contar con información que permita revisar la facturación.
- Contar con información que ayude a detectar oportunamente la aparición de fugas en la red.

7.34 REQUERIMIENTOS DE LA PUESTA EN MARCHA DE UN SECTOR HIDROMETRICO

i. Campaña de medición

En primer instancia, se requiere la realización de una campaña de medición de gasto y presión con duración de 18 días o el tiempo que duren los trabajos de la puesta en marcha, utilizando para ello los medidores de flujo tipo electromagnético y los traductores de presión instalados en las estaciones de medición de flujo y control de presión, presentando gráficas gasto-tiempo y presión-tiempo en las cuales se distingan con claridad ciclos de 24 horas en intervalos de 15 minutos.

Enviando el reporte de medición en archivo electrónico y en versión impresa cada tercer día al Organismo Operador para su análisis e interpretación.

Para la realización de esta actividad será indispensable colocar bitácoras electrónicas (data logger) al interior de los gabinetes de acero inoxidable instalados a nivel de banqueta, aledaños a las estaciones de medición de flujo.

Figura 92.0.- Medidor de flujo electromagnético utilizado en la campaña de medición



En el caso de válvulas reguladoras de presión de funcionamiento hidráulico, se instalarán transductores de presión con bitácora electrónica integrada (data logger), en el interior de las cajas, si el Organismo Operador determina que es necesario realizar medición de flujo en estos sitios, se utilizará un medidor de flujo tipo ultrasónico portátil de tecnología tiempo en tránsito con bitácora electrónica integrada (data logger) realizando la adecuación del sitio aguas arriba mediante una cala de 1.50 x 1.50 m y profundidad variable de acuerdo a la tubería existente, debiendo descubrirla en su totalidad y conservando una distancia mínima de 20 cm por debajo de ella.

La ubicación de este sitio se hará procurando respetar la longitud de tubería libre de accesorios o piezas especiales recomendada por el fabricante para evitar errores en la medición.

La campaña de medición deberá de contener siete días consecutivos de información como mínimo, antes de realizar cualquier movimiento de válvulas de seccionamiento del límite del sector y de calibración de la(s) válvula(s) reguladora(s) de presión. Una vez concluidos dichos movimientos, en la campaña deberán registrarse nuevamente siete días consecutivos de información.

ii. Cierre de válvulas de seccionamiento en la periferia o limite del sector y verificación del aislamiento

Cierre de válvulas de seccionamiento del límite o periferia del sector en coordinación con el personal del área de operación del Organismo Operador, en un tiempo estimado de una jornada como máximo, con el fin de verificar el aislamiento. Para la realización de esta actividad será indispensable contar con la herramienta que permita manipular las válvulas en los registros donde están instaladas.

El cierre de válvulas se realizará una vez que se tenga la información de los primeros siete días de la campaña de medición de gasto y presión. La verificación del aislamiento se basará en la medición de presiones en tomas domiciliarias que se encuentren de un lado y otro de los límites del sector para ayudar a localizar posibles interconexiones no consideradas en el plano de proyecto ejecutivo.

Figura 93.0.- Unidad de visualización electrónica para verificación de gasto instantáneo



Figura 94.0.- Cierre de válvulas de seccionamiento en la periferia del sector.



La medición de los gastos de entrada y la medición de consumos en el sector correspondiente al mes del año anterior, puede ser de utilidad para revisar la congruencia del suministro y consumo y juzgar la posibilidad de que el sector no esté aislado. Si se detectan incongruencias que sugieran que no está aislado, habrá que localizar las posibles interconexiones utilizando detectores de tuberías metálicas o no metálicas y revisar la posible existencia de válvulas “enterradas”.

iii. Calibración de válvulas reguladoras

Calibración de válvula(s) reguladora(s) de presión de funcionamiento hidráulico, en un tiempo estimado de tres jornadas como máximo.

La calibración de válvulas se realizará una vez que se tenga la información de los primeros siete días de la campaña de medición de gasto y presión y de manera paralela al cierre de válvulas de seccionamiento del límite del sector para la verificación del aislamiento.

Esta actividad se desarrollará en el interior de las cajas de control donde están colocada(s) la(s) válvula(s) reguladora(s) de presión (VRP).

La calibración consiste en ajustar el piloto para que en cualquier condición de presión aguas arriba de la VRP mantenga siempre la presión de ajuste aguas abajo.

Deberá tenerse cuidado de que los valores de ajuste propuestos en el proyecto ejecutivo, no afecten el suministro de agua potable a los usuarios que se encuentren dentro del área del sector, de lo contrario deberá proponerse un valor de ajuste que garantice la presión en las tomas por lo menos de 1 kg/cm². Por otro lado se deberá tener cuidado de que al ajustar las presiones de control no se generen problemas de alta presión en algún punto.

Figura 95.0.- Calibración de válvulas de control de presión



Con las presiones controladas se deberá analizar los gastos medidos en las entradas y compararlos con las mediciones previas, con lo cual se podrá sacar conclusiones sobre el efecto del control de la presiones. Con estas mediciones habrá información adicional que permitirá juzgar sobre el aislamiento del sector, como por ejemplo, podrá ocurrir que se cerraran las válvulas de entrada lo que indicaría que existe otra alimentación al sector.

En alguno de los sectores pudiera ocurrir que no se pueda controlar la presión por el efecto de las bajas presiones de la red primaria y las pérdidas de la instalación de control. En ese caso habrá que alimentar al sector sin controlar las presiones a través del by-pass existente y se procederá a controlar las presiones cuando estén terminados todos los sectores alimentados por la misma línea de la red primaria y se pueda aumentar la presión en ella.

El día de la calibración se deberá contar con el apoyo de la empresa que suministró la(s) válvula(s) reductora(s) de presión para realizar su calibración, así como el personal del área de operación que se hará cargo más adelante del sector. Este concepto incluye además revisión y limpieza de las partes que la conforman y el filtro del cruceo.

iv. Aperturas de válvulas de seccionamiento en el interior del sector

Localizar las válvulas de seccionamiento internas del sector y verificar que queden completamente abiertas, en un periodo estimado de tres jornadas. Para la realización de esta actividad será indispensable contar con la herramienta que permita manipular las válvulas en los registros donde están instaladas.

Para el caso de válvulas “enterradas”, una vez localizadas deberán ser referenciadas, entregando un boletín técnico que contenga planos y reporte fotográfico al Organismo Operador, para los trabajos de desasfaltado, desazolve o renivelación de las cajas que los requieran, se cobrarán por separado.

v. Medición de presiones a la hora de máxima demanda

Medición de presiones puntuales, con manómetros analógicos o digitales en tomas domiciliarias ubicadas en diferentes puntos críticos del sector es decir, los puntos donde las presiones sean más bajas, que en general serán los sitios más altos o los más alejados de la(s) entrada(s) y en aquellos puntos que disponga el Organismo Operador.

Esta actividad deberá realizarse antes e inmediatamente después del cierre de válvulas de seccionamiento en la periferia o límites del sector y de la calibración de las válvulas reguladoras de presión, con el fin de verificar que después de realizar estos movimientos no se tengan problemas con el suministro.

Al día siguiente de realizada esta actividad se entregará un reporte al Organismo Operador que deberá contener la ubicación de la toma domiciliaria, así como las horas, el día y las lecturas registradas de la medición de presión.

Figura 96.0.- Verificación de presiones en tomas domiciliarias



vi. Análisis de Eficiencia Física

Análisis de la información del gasto suministrado al sector, así como de la información que describe el comportamiento de las presiones al interior del mismo, tomando como referencia los registros recolectados durante la campaña de medición de gasto y presión, con la finalidad de evaluar, en términos del gasto suministrado, el efecto de la calibración de las válvulas de control instaladas en la(s) entrada(s) y/o si las hay en el interior del mismo.

Para realizar el balance de eficiencia física en el sector hidrométrico, entendido como la relación que existe entre el volumen de agua consumido realmente por los usuarios y el volumen entregado al sector.

El volumen de consumo de los usuarios se determinará a partir de la información de los consumos registrados en los medidores domiciliarios, durante el periodo que dure la puesta en marcha o si así lo determina el Organismo Operador se utilizará el consumo del mismo mes del año anterior.

El volumen entregado al sector se determinará a partir de los registros de gasto y presión recolectados durante la campaña de medición de gasto y presión.

La finalidad de este balance es determinar el volumen de pérdidas de agua potable que existe en la red de distribución del sector.

vii. Elaboración de instructivo de operación

Elaboración de instructivo de operación para cada sector hidrométrico el cual debe contener:

- información general del sector tal como ubicación, colonias que lo integran, límites y importantes, topografía, área, población, consumo medio, porcentaje estimado de perdidas, demanda y descripción de la red de distribución e infraestructura asociada.
- proyecto ejecutivo del sector, entradas, salidas, localización de válvulas de seccionamiento, de control y medidores de flujo por calle.
- parámetros hidráulicos de funcionamiento normal del sector para distintas condiciones: sin válvulas reductoras de presión en operación, con algunas válvulas reductoras de presión en operación, con todas las válvulas reductoras de presión en operación, al implantar una campaña de detección de fugas y al sustituir la red de distribución.
- parámetros hidráulicos de operación extraordinaria provocada por efecto del rompimiento de una tubería, apertura de una válvula de seccionamiento interna, tandeo, disminución del caudal suministrado y cierre de una válvula de seccionamiento interna.
- parámetros hidráulicos de funcionamiento con cambios permanentes, crecimiento de la población, transferencia de caudal a otro sector, aumento de rugosidad en tubos, conexión del pozo a la red secundaria.
- planos definitivos de la red de distribución del sector.

viii. Mantenimiento preventivo y correctivo de las válvulas reguladoras de presión instaladas en los sectores hidrométricos

Mantenimiento preventivo y correctivo de las válvulas reguladoras de presión instaladas en los sectores hidrométricos, con el fin de garantizar su correcta operación. La determinación de los sitios en los cuales se realizarán estos trabajos será responsabilidad del Organismo Operador.

Los trabajos de mantenimiento consistirán en limpieza de los componentes de la válvula y reemplazo de piezas deterioradas por el uso, preferentemente sin retirarla de la línea de suministro. Cuando por alguna razón tenga que hacerse esto último deberá notificarse al Organismo Operador, con el fin de programar los cierres de válvulas necesarios con el fin de suspender el suministro de agua, para de llevar a buen término los trabajos de mantenimiento, con las mínimas afectaciones a los usuarios.

El caso de que se requieran piezas de repuesto, deberá notificarse al Organismo Operador para su aprobación, procurando que los repuestos en la medida de lo posible sean de la misma marca de la válvula en mantenimiento, en caso de que el fabricante o proveedor no cuente con piezas en existencia, se someterá a aprobación del Organismo Operador, la calidad de las piezas por instalar.

Este concepto incluirá la conformación de una bitácora de mantenimiento sistemático para las válvulas reguladoras de presión, mismo que deberá realizarse en coordinación con la con la empresa que suministró las válvulas.

Figura 97.0.- Mantenimiento a válvula reguladora de presión



8.1 PROBLEMAS Y NECESIDADES DE LA MEDICIÓN EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO URBANO

1.1 INTERACCIONES MEDICIÓN - TARIFAS (Elasticidades en consumos y ejemplo de análisis)

1.1.1 Introducción

Ya se menciona de la importancia de relacionar la medición de consumos con las tarifas, pues una medición doméstica sin tarifas apropiadas no tendrá ningún efecto. Si acaso éste será sólo momentáneo (“elasticidad” de la demanda por la presencia de medidores), sin resultados sólidos y continuos.

Para ejemplificar mejor esto, aquí presentarán brevemente los motivos e intereses que originaron un estudio de medición para la ciudad de Irapuato, Guanajuato así como algunas de sus conclusiones. Cabe destacar que en ese estudio se analizaron no solo cuestiones técnicas sino varios de los aspectos de equidad social, y cuestiones legales y económicas.

Además, se hicieron análisis de **sensibilidad** de la alternativa recomendada ante posibles variaciones en los datos de: crecimiento demográfico, demandas de agua, tarifas, elasticidades de consumos, y otros factores.

Se evaluaron varias **alternativas** con distintos **horizontes de planeación**, antes de proponer alguna solución. La cual, por cierto, coincide con el sentido común, al proponerse no un programa de medición intensivo, sino que **gradualmente** se instalen medidores, prioritariamente a grandes consumidores, casas nuevas, y zonas residenciales, acompañadas de una adecuación tarifaria y de un intenso programa interno de desarrollo organizacional.

1.1.2 Panorama y resumen del estudio

Propósito.- El estudio de factibilidad de medición domiciliar para Irapuato, hecho por el IMTA en 1993, buscaba evaluar una combinación apropiada de servicio medido y de cuota fija. El análisis se basó en información estadística y muestreos de consumos reales, para cada tipo de usuario en los diferentes estratos socioeconómicos.

El procedimiento consistió en evaluar opciones y proponer soluciones factibles que mejoren el sistema de medición y cobro de consumos domésticos en esa ciudad.

Irapuato en 1993 tenía una población aproximada de 410 mil habitantes, de los cuales el 74% tenía servicio de agua potable, mediante 55,290 conexiones registradas.

De esas conexiones solo un 13% se facturan por consumos medidos, es decir falta medición en el 87% de los usuarios. Sin embargo, el consumo promedio, calculado considerando la composición de usuarios medidos por estrato socioeconómico, es de 212 l/hab/día.

Método y mediciones.- En función de la muestra de consumos reales medidos en campo, y considerando las tomas clandestinas y las pérdidas por fugas, se estimó una dotación de 233 l/hab/día para los usuarios no medidos.

Al analizar la "elasticidad del consumo", es decir la variación (decremento) en el consumo al cambiarse a un cobro volumétrico cuando hay medición, se determinó que en promedio se reduce un 9% (de 38.4 a 34.9 m³/casa al mes). Con el ahorro promedio mensual de 4.3 m³/casa (ponderado por clase social), se determinó un valor promedio marginal del agua medida mensual de \$ 0.04/m³; es decir, el beneficio marginal de cada medidor es de \$ 0.17/mes, de acuerdo con las tarifas de agua en 1993.

Alternativas de solución.- Se analizaron los impactos en el consumo de agua y su facturación, al cambiar usuarios con régimen de cuota fija a servicio medido. Se propusieron ocho alternativas de mejora, combinando una gran cantidad de opciones relacionadas directamente con el sistema de medición de la Junta de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Irapuato.

En la evaluación económico-financiera de las alternativas se compararon los costos de inversión y operación debidos a la medición, contra los beneficios contabilizados como los costos en que se incurriría de no llevarse a cabo la reducción en el consumo de agua; para lo cual se determinó el beneficio neto del agua ahorrada por medidor, para cada alternativa.

Opción elegida.- La mejor opción de acuerdo con los análisis y el criterio aplicado por el IMTA, resultó la consistente en implantar la medición domiciliar generalizada en las clases socioeconómicas media y alta, además de mejorar el servicio, al proporcionar mayores presiones y regularidad en el abastecimiento y eliminar arenas y aire en las tuberías, mediante la ejecución de algunas obras de ampliación y acciones de mantenimiento, en un plazo de tres años.

El costo de la alternativa planteada (a "valor presente" y con una tasa de oportunidad del 12%), fue de \$ 15 millones, que incluye, además de instalar unos 14 mil medidores, varias acciones de rehabilitación en la red y fuentes de abastecimiento.

Para confirmar la bondad de ésta alternativa se analizó su sensibilidad ante cosas como cambios en: tasa de crecimiento demográfico, tasa de interés bancario, y tarifa del agua.

La opción elegida tiene una relación beneficio / costo de 1.13; es decir, cada medidor aportará 12.48 \$/mes, mientras que su costo es 11.00 \$/mes. El beneficio neto, a valor presente, es de 100.34 \$/medidor, durante los primeros 10 años.

Recomendaciones.- Para implantar la alternativa, debe haber antes un intenso programa de entrenamiento y conscientización dirigido al personal. Además la organización y capacidad técnica y administrativa del Área Comercial de JAPAMI debe reforzarse. Cuando esto se logre, deberá diseñarse cuidadosamente la estrategia de un programa piloto de instalación de medidores (aproximadamente el 10% del total de 14 mil). Sin embargo para implantarlo es fundamental consolidar la organización interna de JAPAMI, para lo cual es importante establecer programas de capacitación.

Es importante iniciar el programa piloto a la brevedad posible, para observar las diferentes reacciones de los usuarios y para evitar que siga creciendo la distancia entre el número de usuarios con tarifa fija y usuarios con servicio medido. Especialmente es prioritario comenzar a medir las nuevas construcciones.

Los medidores recomendados para instalar, son del tipo volumétrico de alta precisión, avaladas por pruebas de exactitud realizadas por un laboratorio certificado.

Conclusión.- Con una inversión aproximada de \$ 15 millones, en un plazo de tres años, es posible mejorar el servicio y medir a 20 mil usuarios, incluyendo los actualmente medidos (de las clases media y alta).

Ello repercutirá en ahorros de agua de 125 m³/año-casa, lo que a su vez representa un beneficio de N\$ 150.00/m³/año-casa. Esto siempre y cuando la tarifa cambie de N\$ 1.00/m³ actual, a N\$ 1.20/m³. Por otro lado si la tarifa actual se mantiene, no se presenta una relación de beneficio / costo favorable.

1.1.3 Características de la medición en Irapuato

Los datos más relevantes de Irapuato que influyen en el establecimiento y análisis de opciones de medición, junto con los problemas relevantes del sistema de distribución de agua de Irapuato y las razones para el proyecto son los siguientes:

Problemas:

- a.- Oposición popular al aumento de las tarifas.
- b.- Muy baja presión (de 1.3 Kg/cm² en promedio) e irregularidad en el suministro, motivadas por equipos e infraestructura insuficiente, que son reflejo de falta de capacidad financiera de JAPAMI para mejorar el servicio.
- c.- Desconocimiento de los consumos reales de un 87% de los usuarios debido a falta de medición. Además del consumo en conexiones clandestinas, ya que es difícil localizarlas.
- d.- Posible existencia de fuertes desperdicios o fugas de agua dentro de las casas. Esto a consecuencia de que los cobros son fijos, es decir independientes de los consumos reales.
- e.- Presión social y necesidad verdadera de un mejor servicio y de ampliaciones a la red, principalmente en las colonias populares.

f.- Falta capacitación al personal de JAPAMI y equipo apropiado para la instalación, prueba y reparación de medidores. Así como inadecuada provisión de medidores y piezas de repuesto para los reemplazos, reparaciones y nuevos contratos.

g.- Actualmente no hay exigencia para las nuevas construcciones y contratos de instalar medidor.

h.- En Irapuato hay muchos medidores instalados que no operan. Algunas razones son: taponamientos por arena acarreada en el agua; incrustaciones; cambios a cobro por cuota fija en respuesta a protestas por sobremedición por tanto aire que circula en las tuberías; y en general, poco control sobre los medidores que se instalan.

i.- No existen programas sistemáticos de reemplazo, mantenimiento y muestreo de precisiones en los medidores. También se carece de un banco de verificación de estos aparatos, taller de reparación y bodega de repuestos.

Razones para realizar el estudio:

j.- Necesidad de disminuir los consumos y así evitar inversiones fuertes en mejoramiento de la red y equipos. Al disminuir los desperdicios domésticos, el consumo medio por habitante (actualmente de 212 l/h/d), puede reducirse del orden de un 9%.

k.- Necesidad de revisar periódicamente las tarifas y procedimientos de cobro. Esto debe ser una rutina permanente de JAPAMI, empleando un sistema y procedimiento bien diseñados, que permitan sustentar y agilizar las gestiones en la aprobación e implantación de las tarifas.

l.- Necesidad de investigar a fondo las causas y frecuencias de fallas de los medidores y evaluar cuándo y con qué instrumentos, la medición puede ser atractiva.

m.- Conveniencia de evaluar para Irapuato, técnicas y equipos de medición, lectura y facturación no convencionales u otros de nueva tecnología.

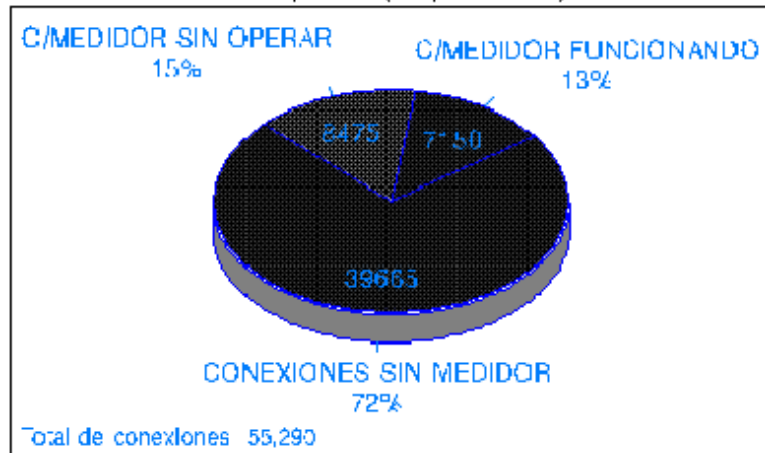
1.1.4 Experiencias de medición y tarifas en Irapuato

Desde 1989 existen en Irapuato medidores domiciliarios y cobro por volumen. **La Figura 98.0** muestra la composición de medidores instalados y operando respecto al total de conexiones contratadas.

Por otra parte, el ritmo de instalación de medidores nunca ha superado al del crecimiento de las conexiones domésticas. Para el año 1993 el 28% de las casas en Irapuato tenía medidores (15,625 medidores), pero de ellos solo 7,150 (46%) se leían regularmente cada mes.

Las experiencias en Irapuato muestran que el facturar por volumen medido **reduce el consumo** promedio en 9% (de 38.4 a 34.9 m³/casa-mes). Se tienen desgloses de esto por grupo socioeconómico. El porcentaje de reducción debido a medición ("elasticidad de la medición") cae dentro del amplio margen mencionado por varias referencias, de 54 a 5%.

Figura 98.0.- Composición de conexiones en Irapuato (Sep. 19993)



Los registros de consumos medidos, sirven de soporte para el cálculo de las tarifas, que en promedio son actualizadas cada año. Se establecen dichas cuotas fijas según la clase socioeconómica o zona de la ciudad. Al hacer cada contrato, la asignación de la categoría o cuota que se le cobrará, se hace a criterio de la Gerencia del Área Comercial de JAPAMI siguiendo algunos lineamientos establecidos de acuerdo con la zonificación tarifaria, que intentan considerar las diferencias socioeconómicas. La **tabla 37.0** muestra los impactos que pueden tener en los consumos y en la facturación el cambio de sistema de cobro de cuota fija a cargo volumétrico.

Tabla 37.0 ELASTICIDADES POR CAMBIO DE CUOTA FIJA A COBRO VOLUMÉTRICO

Tipo de consumidor	CONSUMOS en m ³ /mes-casa (o toma)		Boleta mensual (FACTURACIÓN para pago) \$/mes-casa		Elasticidad del consumo *a	
	Condición inicial (no medida) Q	cambio en el consumo (decremento) ΔQ	Condición inicial (no medida) P	Cambio en la facturación ΔP	(ΔQ/Q) (ΔP/P)	Q/consumo medido
clase alta	58.4	7.6	80.00	4.20	2.48	0.15
clase media	43.9	12.1	40.00	4.60	2.40	0.38
clase baja	40.9	3.7	20.00	14.70	0.12	0.10
clase muy baja	33.7	1.6	10.00	22.10	0.02	0.05
PROMEDIO para viviendas	38.4	4.3	19.80	16.00	0.43	0.17

*a.- Una definición formal de "elasticidad de la demanda" puede encontrarse en ref. ONU, 1980 pág 80. Una relación mayor a 1 es una condición "elástica", donde un aumento en precio trae una reducción en las ventas; y un cociente menor a 1 es una condición "inelástica" en la que los aumentos de precio no afectan los consumos. Sin embargo, los datos usados aquí no se ajustan a la definición formal de elasticidad de la demanda, por eso se utiliza el término "elasticidad del consumo".

La disminución en los consumos al instalar medidores domiciliarios, es mayor en la clase media (del 38 %) y menor en la clase muy baja (del 5 %). Esto indica la conveniencia de implantar el servicio medido, principalmente en las clases media y alta.

1.1.5 Prioridades del estudio

1. Reducir los posibles conflictos con usuarios facturados por cuota fija, principalmente en las épocas en que es necesario aumentar las tarifas.
2. Reducir los consumos de agua y retardar la necesidad de invertir en nuevos abastecimientos. Es decir, usar los ahorros de agua para abastecer a los nuevos contratos hasta donde sea posible.
3. Incrementar la renta de JAPAMI y hacerse de recursos para cubrir todos los gastos normales y prevenir años excepcionales en que la renta baje, así como posibilitar el financiamiento inicial de otras obras, ya sea por sequías u otra causa (abatimiento de mantos freáticos, necesidades de reparaciones muy costosas y de largo tiempo, etc.).
4. Reducir los picos de consumos y las complicaciones de operación en el sistema, así como estar en posibilidades de brindar un servicio más regular, tanto en horarios como en presiones.
5. Ayudar al control del sistema con información de consumos reales y tendencias con el fin de mejorar los distritos hidrométricos de control de fugas y tener mayor precisión en datos para operación y proyectos.

1.1.6 Planteamiento de opciones y análisis efectuados

Las propuestas se armaron considerando diferentes enfoques, que se ejemplifican a continuación, y luego se hicieron diferentes combinaciones entre ellas.

A) Propuestas principales:

- a1.- Medición generalizada y tarifas apropiadas.
- a2.- Similar a lo anterior, acompañado de mejora en el servicio (mayor presión y regularidad en la distribución, eliminación de arenas y aire en el agua).
- a3.- Campaña de motivación y reemplazo voluntario de equipos domésticos y dispositivos ahorradores de agua. Las tarifas de agua tendrían que permitir pagar la sustitución "gratuita" de equipos (WC, regaderas), ayuda financiera a consumidores y campañas de publicidad.
- a4.- Sustitución obligatoria de dispositivos domésticos (excusados de bajo consumo, regaderas, aspersores), y soporte legal para ejecutarlo.
- a5.- Detección y control de fugas, incluyendo en el interior de casas habitación, acompañado de otras acciones, para disminuir el agua no contabilizada, como localización y cobro a conexiones clandestinas.
- a6.- Mantener bajas presiones en la red o instalar reductores de flujo, para aminorar los consumos (es decir reducir o al menos no mejorar la calidad del servicio).

a7.- Mantener los cortes de agua, tandeos y racionamientos de agua, prohibición de regar jardines. Todo esto acompañado de mecanismos de implantación rigurosa de reglamentos y sanciones. Las tarifas y las mismas multas tendrían que cubrir estos gastos.

a8.- Construir nuevas fuentes de suministro para atender las demandas crecientes y compensar las deficiencias del sistema existente (evidentemente no cumple con el objetivo indicado como "segunda prioridad")

B) Selección de casas a medir y períodos de instalación:

b1.- Medición generalizada. Instalar medidores en todas las casas que ahora no lo tienen, incluyendo en las conexiones clandestinas que se detecten y en todas las construcciones nuevas. Meta: hacerlo en un período de cuatro años.

b2.- Semejante a b1 pero excluyendo casas de clase baja y muy baja; y con la meta de cumplirlo en tres años.

b3.- Semejante a b2 pero con medidores electrónicos, excluyendo usuarios de clase baja y muy baja. Cumplir la meta en dos años.

b4.- Semejante a b2 pero dejar con tarifa fija a todos los que actualmente carecen de medidor. Es decir, instalar aparato sólo en construcciones o contratos nuevos y mantener los que ya cuentan con él. La meta es en un año.

b5.- Medición voluntaria para aquel que lo desee y pague su medidor y la instalación. Esto combinado con medición obligatoria a los consumidores de altos ingresos aun sin medir. Programa a concluirse en dos años.

C) Tipos de medidores y procedimientos de lectura:

c1.- Medición y lectura convencional, medidores normales (tales como el CICASA modelo UD/15, se velocidad y chorro único, ó el MD/15 de chorro múltiple)

c2.- Medición y lectura convencional, medidores de buena calidad.

c3.- Medidores convencionales adicionados de filtros contra arena y equipos para eliminar aire antes del medidor (válvulas de expulsión).

c4.- Semejante a c2 pero "auto-lectura" por el consumidor. Confianza y credibilidad en lo que los usuarios expresan y comunicación por correo, con verificación esporádica por un inspector de agua (en promedio una vez un año).

c5.- Medidores de alta de precisión, con lectura convencional (tales como el Kent mod. PSM de pistón oscilatorio, Neptune mod. T-10 de disco nutativo y Precision Magnetic Meter PMM de chorro múltiple, todos volumetricos y magnéticos).

c6.- Semejante a c4, con medidor externo.

c7.- Medidores electrónicos de alta tecnología (y posibilidad de tarifas diferenciales según la hora del día). Lectura indirecta vía radio desde vehículo circulando por la calle (Por ejemplo el Sensus mod. SR-II de pistón oscilatorio).

c8.- Prueba y certificación de medidores (adquisición e instalación del banco de medidores).

c9.- Semejante a c8 pero solo para clase media y alta.

D) Financiamiento de la adquisición, certificación e instalación de medidores:

d1.- Préstamo de banco internacional.

d2.- Préstamo de banco local.

d3.- No requiere financiamiento (por ejemplo, cada consumidor paga todo el costo al hacer su conexión o contrato de medición, o JAPAMI dispone de fondos para financiar y luego lo cobra al usuario).

E) Pago de medidores e instalación:

e1.- Cada conexión volumétrica tiene dos años para pagarlo, con cargos en su misma boleta de cobro de servicio.

e2.- Cargo del 40% del costo, como derecho de conexión, y el resto a pagar en un año, con las boletas de cobro de servicio.

e3.- Distribuir los costos en las tarifas de todas las casas, incluyendo las de cuota fija (servicio no medido).

F) Sistema de facturación:

f1.- Facturar en forma tradicional, empleando sistemas de computadora.

f2.- Facturación domiciliaria. Usando un aparato portátil (pistola de lectura o teclado) generar la factura al momento de lectura. Después se vacían los datos a una computadora principal.

f3.- Sistema totalmente computarizado, con lectura remota de consumos, vía de teléfono o similar.

G) Períodos de facturación y vía de comunicación. Todas las comunicaciones por correo o entrega personal a cada casa:

g1.- mensual

g2.- bimestral

g3.- trimestral

H) Período para saldar inversiones y cargos que deben cubrir las tarifas:

h1.- Incluyendo alcantarillado, tratamiento y toda obra nueva de abastecimiento requerida en los próximos 20 años.

h2.- Semejante pero para inversiones durante los próximos 10 años.

h3.- Semejante pero sólo para los próximos 5 años. Esto es, revisar y fijar nuevas tarifas después de ese tiempo, conforme a las necesidades que se visualicen para otro período igual.

I) Estructura tarifaria:

i1.- Semejante a la existente, procurando mantener el mismo ingreso medio por m³ vendido (esto es, no necesariamente los valores, por clase social, existentes ahora).

i2.- Cargo mínimo fijo, equivalente al 40% del ingreso medio de JAPAMI, y tarifa volumétrica constante.

i3.- Cargo mínimo fijo, equivalente al 50% del ingreso medio y tarifa volumétrica constante.

i4.- Precio, del metro cúbico del agua, en bloque creciente con cargo fijo un poco mayor al actual.

i5.- Semejante a i3 pero tarifa volumétrica 20% menor y cargo fijo mayor, para compensar.

i6.- Tarifas más altas en invierno y primavera (estiaje) que en verano y otoño (lluvias), y lo demás como en i4.

El análisis detallado de cada posible combinación de todas las selecciones de A hasta I sería abrumador y seguramente tendría igual utilidad que hacerlo sólo para las combinaciones más representativas y factibles de aplicación en Irapuato. Finalmente se analizaron solamente ocho alternativas de mejoramiento.

Un término cuyo nombre sugiere su sentido y propósito, es "**valor sombra del agua ahorrada**". La **tabla 38.0** cuantifica los valores sombra para las 4 clases socioeconómicas representativas de la población en Irapuato, es importante señalar que cada clase tiene un valor diferente dependiendo de a donde se canaliza el agua ahorrada.

El "**valor marginal** de agua ahorrada" sería la diferencia entre el precio sombra y el precio de venta del agua.

Los análisis implicaron crear varias tablas y hacer cálculos, finalmente se eligió una opción, se analizó su factibilidad, y posteriormente si la solución era sensible (si se erigía otra) a variantes en algunos de los valores usados.

Tabla 38.0 Precios unitarios y valor sombra del agua ahorrada en Irapuato					
Clases socio-económicas de usuarios	Promedio antes de medir N\$/m³	Después de cargos volumétricos N\$/m³	Relación de consumo (viejo/nuevo)	"precio sombra del m³ medido" (N\$/m³), cuando se vende a:	
				misma clase	la clase muy baja
Alta	1.37	1.49	1.15	1.72	1.57
Media	0.91	1.40	1.38	1.94	1.47
Baja	0.49	0.93	1.10	1.03	0.98
muy baja	0.30	1.00	1.05	1.05	1.05
PROMEDIO	0.49	1.39	1.17	1.43	1.27
DIFERENCIA = (\$/m³) valor marginal		no es comparable	-----	0.04	-0.13

8.2 IMPACTO DE LA MICROMEDICIÓN EN GUAYMAS, SONORA (MÉXICO)

RESUMEN

El impacto de la micromedición en un sistema de distribución de agua potable tiene como objeto determinar la factibilidad de instalar micromedidores domiciliarios en zonas de la población donde no existen aún los aparatos.

En este artículo se presenta el impacto de la micromedición en la ciudad de Guaymas, Son., en donde primero se instalaron, durante dos meses, micromedidores ocultos a tres grupos de usuarios pertenecientes a las clases socioeconómicas baja, media y alta; posteriormente a los mismos usuarios se les instaló el aparato visible.

Según los resultados, la clase socioeconómica media es donde se registró el mayor impacto, reduciendo sus consumos hasta un 48%. Asimismo, el 68% de los usuarios seleccionados consumió menos agua con micromedidor; en el 32% restante no hubo ningún efecto.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, en la ciudad de Guaymas, Son., existen 17,420 conexiones domiciliarias, de las cuales solamente el 17.8% de los usuarios tienen servicio con micromedidor funcionando.

Ante esta carencia de medición domiciliaria, se planteó la necesidad de realizar un programa de instalación de micromedidores en las zonas donde no existen estos aparatos, con el fin de maximizar el uso útil del agua y el beneficio del agua distribuida.

Debido a lo anterior, se hizo un estudio para identificar las zonas de la población en donde conviene iniciar el programa, de tal forma que el desperdicio por parte de los usuarios disminuya y se refleje rápidamente en una mejor distribución y uso eficiente del servicio.

Para llevar a cabo el estudio se instalaron micromedidores ocultos en una primera etapa y, en una segunda etapa fueron instalados visiblemente, en los mismos domicilios de los primeros. Con la diferencia de consumos se determinó la instalación de micromedidores en su domicilio.

En este artículo se presenta el proceso y los resultados del estudio.

TRABAJOS DE CAMPO

La instalación de los micromedidores ocultos y visibles se distribuyó en tres diferentes estratos sociales: clase alta, clase media y clase baja; en lugares donde no existen aparatos.

La ciudad está compuesta por 31 colonias y 11 fraccionamientos hasta el año de 1990, estructurada como se ve en la **Tabla 39.0**:

Tabla 39.0				
Estrato	No. de Colonias	No. de fracc.	Suma Parcial	En %
Clase Alta	3	5	8	19.00
Clase Media	7	3	10	24.00
Clase Baja	21	3	24	57.00
TOTALES	31	11	42	100.00

Después de obtener la estratificación de las clases sociales anteriormente descritas, con sus respectivos porcentajes y considerando que se disponía de 20 micromedidores nuevos calibrados en el laboratorio, se aplicó el porcentaje correspondiente a cada estrato a los 20 aparatos y se seleccionó aleatoriamente el sitio donde se instalaron estos micromedidores.

Una vez definidos los domicilios seleccionados, se instalaron los micromedidores ocultos sin avisarles a los usuarios, para no alterar el consumo de agua que realiza normalmente. El micromedidor se enterró y se protegió con botes de plástico para evitar la entrada de agua a la carátula del medidor y proteger la relojería.

Después de haber instalado los 20 micromedidores en las diferentes clases sociales, se registraron las lecturas de ellos cada quince días durante un período de dos meses, para obtener los consumos de agua.

Una vez terminado el período de dos meses, se procedió a instalar los mismos micromedidores visiblemente, informándole al usuario que a partir de ese momento el pago del servicio lo realizaría de acuerdo con el consumo indicado en el aparato.

Análogamente a los micromedidores ocultos, también se registraron lecturas de los aparatos visibles, para determinar si se recupera el agua con el efecto de la instalación de micromedidores.

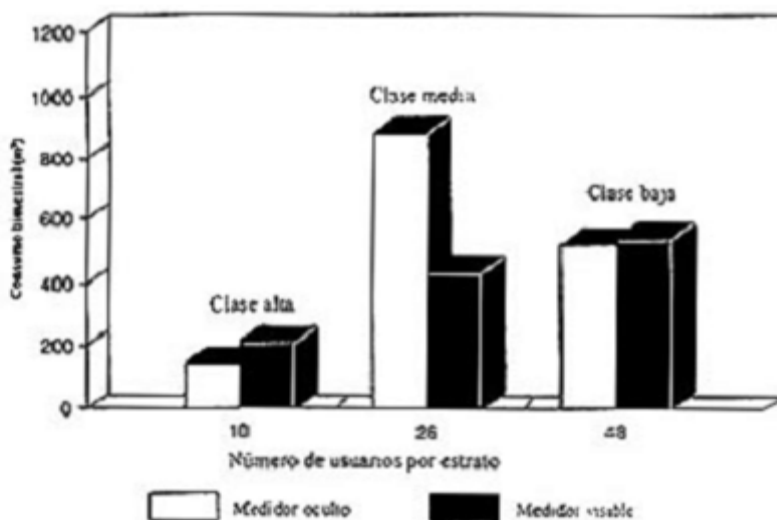
RESULTADOS

Comportamiento de usuarios en el ahorro de agua

Para visualizar el comportamiento de los usuarios en cuanto al ahorro del agua, se determinaron los consumos mensuales y los consumos “per cápita” con y sin micromedidor.

El resumen de la diferencia de consumos por estrato socioeconómico, registrados antes y después de hacer visibles los micromedidores se presenta en la **Figura 99.0**. Se observa que en total se recuperan 392 m³/bimestre en las 19 tomas, lo que representa el 25% del volumen registrado durante los dos primeros meses de prueba.

Figura 99.0.- Ahorro en el consumo de agua de usuarios con y sin medidor.



Si se considera que del total de tomas domiciliarias, 14,327 no tienen micromedidor y que el 24% de la población es de clase socioeconómica media, se calcula que la redistribución global de agua sería de 61 l/s, si se instalaran micromedidores en todas las tomas domiciliarias que tienen micromedidor descompuesto, o que no tienen dicho aparato.

Esto con un nivel de confianza del 85% y un error en la estimación el 15%.

Comportamiento de usuarios en el aspecto social

Durante el tiempo en que se realizaron las instalaciones de los medidores ocultos y visibles, y registros de lecturas, no existieron daños al micromedidor por parte de los usuarios; concluyendo que los tres estratos socioeconómicos se comportaron de manera positiva.

CONCLUSIONES

En el estrato socioeconómico de la clase media se registró el mayor impacto en cuanto a ahorro de agua, reduciendo sus consumos hasta un 48%. Por lo tanto se recomienda iniciar el programa de instalación de micromedidores por la clase media.

“CONCLUSIONES”

En conclusión a este trabajo se tiene lo siguiente:

Como se menciona en el contexto de este trabajo la micromedición es un sistema que asegura el acceso equitativo al recurso agua.

Se tiene que tener en cuenta que si no hay **micromedición** es imposible ni ahorrarla, ni usarla eficientemente, ni facturarla, ni cobrarla, ni nada, por eso la variable tan importante. La eficiencia física de los sistemas, esto es el volumen facturado y la relación del volumen producido; la eficiencia comercial, que es el volumen realmente cobrado con relación con el volumen facturado; la eficiencia global, que es el producto de estos dos últimos indicadores, sigue la eficiencia y la última es la tarifa representativa al consumidor, considerando que tarifas más altas tienden a representar sistemas u organismos operadores que funcionan con mayor eficiencia.

En México la mayoría de los servicios de agua potable no tienen micromedidores de consumos domiciliarios. La evolución histórica ha impuesto el "consumo libre", con un concepto basado solo en aspectos de prevención de la salud, sin sustento de criterios y evaluaciones comerciales. Las excepciones históricas corresponden a servicios prestados desde principio de siglo por compañías privadas

Este panorama tiene que modificar las acciones que se vienen desarrollando hace décadas el gobierno nacional a través de Programas de financiamiento de organismos internacionales, que establecen (en particular para los servicios prestados por Cooperativas) a la instalación de micromedidores como un requisito indispensable. Las actuales concesiones de servicios a empresas privadas también establecen en la mayoría de los casos la micromedición.

En conclusión se puede decir que la instalación de micromedidores es la solución más justa para la facturación de la prestación de los servicios, racionalizando la asignación de recursos, estableciendo criterios de equidad y justicia en la comercialización de los servicios y posibilitando la implementación de subsidios cuantificables. Es, además, conjuntamente con un adecuado sistema tarifario, la forma más eficiente de evitar excesos de consumo y derroches, lo que permite una reducción de las necesidades de nuevas instalaciones de infraestructura.

"Implantar un sistema de facturación basado en los consumos es mucho más complejo que tomar una decisión técnica y licitar la compra de los medidores. Se requiere consenso social, consenso político, compromiso de quienes gestionan el cambio y un diseño técnico adecuado que contemple las restricciones derivadas de estos aspectos. Se requiere además una evaluación permanente de resultados y del comportamiento de todos los sectores involucrados en las decisiones con el fin de poder reaccionar a tiempo".

La instalación de medidores a todos los usuarios asegura un acceso equitativo al recurso agua a toda la población. **“Quien consume menos paga menos”**.



“BIBLIOGRAFIA”

- 1.) *“Diplomado en medición”*, M en I Mario Oscar Buenfil Rodríguez, México 1997.
- 2.) *“Equilibrio Hídrico de un Sistema de Distribución”*, Comisión nacional del agua, Ing. José A. Hueb, México 2004.
- 3.) *“Informe final del proyecto Detección y Control de Fugas e Impacto de Micromedición en Guaymas, Sonora”*, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), OCHOA, A. L., México, 1990.
- 4.) *“Manual de Macromedición Dtiapa No C-9 CEPIS”*, Francisco Javier Rodríguez Ávila, DGCOH/DDF, México 1990.
- 5.) *“Manual de Macromedición Manual DTIAPA No. C-9, Programa de Protección de la Salud Ambiental.”*, Banco Inter-Americano de Desarrollo, México 1990.
- 6.) *“Medición del agua en las ciudades mexicanas: un esfuerzo institucional”*, Comisión nacional del agua, Jorge Carlos Saavedra Shimidzu, México 1990.
- 7.) *“Recomendaciones para ahorrar agua en domicilios, riego e industrias”*, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), Arreguin, C. F y Buenfil R. M, México 1990.
- 8.) *“Teoría del Muestreo”*, Fondo de Cultura Económica de México, Primera Edición en español, DES RAJ, México, 1980.