

FICHA INFORMATIVA DE PROYECTOS

Coordinación: HIDRAULICA
Subcoordinación: HIDRAULICA URBANA
Jefe de proyecto: CARLOS EDUARDO MARIANO

Clave: HC 0857.3
Título del proyecto: BALANCE HIDRÁULICO E IDENTIFICACIÓN DE ACCIONES DE MEJORA PARA EL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN TIJUANA, BAJA CALIFORNIA, B.C.

Problemática:

En Tijuana, dada la disponibilidad limitada del recurso hídrico, la comisión estatal de servicios públicos de Tijuana (CESPT) realiza anualmente trabajos de recuperación y control de pérdidas volumétricas en el sistema de distribución de agua potable de la ciudad. La CESPT requiere se realice una investigación calificada con fines de validación de los resultados de eficiencias físicas. Otro aspecto relacionado es que a medida que la eficiencia física lograda se acerca a valores elevados, el efecto de las acciones realizadas es menos impactante y en consecuencia mantener niveles elevados de eficiencia física se torna una tarea más compleja que el logro de niveles elevados partiendo de niveles bajos de eficiencia.

Objetivo:

Realizar un balance hidráulico para el periodo 2007 en el sistema de distribución de agua potable de Tijuana y revisión de la confiabilidad de la información producida por proceso relacionado con la eficiencia física en el sistema.

Resultados y/o productos:

1. Determinación del volumen suministrado al sistema de Tijuana y estimación de errores de medición por fuente de producción.





2. Determinación del consumo medido facturado mediante la revisión de los registros en el padrón de usuarios y la verificación de errores de medición en conexiones de servicio.



3. Determinación del consumo facturado no medido a través de una muestra aleatoria de conexiones bajo cuota fija.

RESULTADOS DE LA VERIFICACION DE CONSUMOS EN CUOTA FIJA		
	CODIGO 10 Y 16	PROMEDIO
TOTAL	24	268
DIFERENCIAS DE CONSUMO ESTIMADO (MAYO) Y MEDIDO (SEPT) m3	(33%) 5 m3 X CUENTA SOBRE ESTIMADOS	4.73 m3 X CUENTA SUBESTIMADO
NUMERO MEDIO DE CUENTAS CON CODIGO DE ENERO A AGOSTO	45,106	20,104
PROPORCION	14,884.86	
VOLUMEN GENERADO POR EL ERROR AL MES	74,424	95,092
	SOBRE ESTIMADO	SUB ESTIMADO
VOLUMEN TOTAL GENERADO POR EL ERROR (ENE - AGO)	595,394	760,735

- Determinación del nivel de consumo no facturado medido autorizado por la CESPT a través de la verificación de los registros del padrón de usuarios e inspecciones físicas.
- Determinación del nivel de consumo no medido no facturado autorizado por la CESPT, a través de la verificación de los registros en el padrón de usuarios e inspecciones físicas.

12	USO DE AGUA NO MEDIDA AUTORIZADA		
	12A	USUARIOS DOMESTICOS CON CUOTA FIJA	8,456.34
	12B	REPARACION DE TUBERIAS PRUEBAS HIDROSTATICAS	1.71
	12C	PROCESOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO SE OBTIENE DE LOS CONSUMOS DE RETROLAVADO	
	12D	ESCUELAS	
	12E	PARQUES PUBLICOS	
	12F	AGUA PARA INCENDIO	
	12G	OTROS SERVICIOS	
13	CONSUMO TOTAL NO MEDIDO AUTORIZADO (SUMAR 12A HASTA 12G)		8,458.06 8,458.06
14	PERDIDAS TOTALES DE AGUA (11 -13)		14,090.20

- Determinación del consumo no autorizado por la CESPT, mediante el conteo de conexiones en regiones de la ciudad seleccionadas de manera aleatoria y comparada contra los registros incluidos en el padrón de usuarios para esas mismas regiones.
- Determinación del nivel de pérdidas reales en el sistema, por diferencia de conceptos y en apego a la concepción de la IWA.

AWWA WLCC Water Audit Software: Reporting Worksheet				Back to Instructions	
Copyright © 2006, American Water Works Association. All Rights Reserved. WASv3.0					
Water Audit Report for: TIJUANA BAJA CALIFORNIA					
Reporting Year: 2008					
Please enter data in the white cells below. Where possible, metered values should be used; if metered values are unavailable please estimate a value. Indicate this by selecting a choice from the gray box to the left, where M = measured (or accurately known value) and E = estimated.					
All volumes to be entered as: MEGALITRES (THOUSAND CUBIC METRES) PER YEAR					
WATER SUPPLIED					
Volume from own sources:	<input type="checkbox"/> M	<input type="text" value="74,451.260"/>	Megalitres/yr (or ML/Yr)		
Master meter error adjustment:	<input type="checkbox"/> M	<input type="text" value="631.430"/>	under-registered	ML/Yr	
Water imported:	<input type="checkbox"/> M	<input type="text"/>		ML/Yr	
Water exported:	<input type="checkbox"/> M	<input type="text"/>		ML/Yr	
WATER SUPPLIED:		<input type="text" value="75,082.690"/>		ML/Yr	
AUTHORIZED CONSUMPTION					
Billed metered:	<input type="checkbox"/> M	<input type="text" value="51,957.450"/>		ML/Yr	
Billed unmetered:	<input type="checkbox"/> E	<input type="text" value="8,456.340"/>		ML/Yr	
Unbilled metered:	<input type="checkbox"/> M	<input type="text" value="0.000"/>		ML/Yr	
Unbilled unmetered:	<input type="checkbox"/> E	<input type="text" value="1.714"/>		ML/Yr	
AUTHORIZED CONSUMPTION:		<input type="text" value="60,415.504"/>		ML/Yr	
Pcnt: <input type="radio"/> Value: <input type="text" value="1.714"/> Use buttons to select percentage OR value					
WATER LOSSES (Water Supplied - Authorized Consumption)					
		<input type="text" value="14,667.186"/>		ML/Yr	
Apparent Losses					
Unauthorized consumption:	<input type="checkbox"/> E	<input type="text" value="0.000"/>		ML/Yr	
Customer metering inaccuracies:	<input type="checkbox"/> M	<input type="text" value="576.980"/>		ML/Yr	
Systematic data handling errors:	<input type="checkbox"/> M	<input type="text" value="165.340"/>		ML/Yr	
Apparent Losses:		<input type="text" value="742.320"/>		ML/Yr	
Real Losses					
Real Losses = (Water Losses - Apparent Losses):		<input type="text" value="13,924.865"/>		ML/Yr	
WATER LOSSES:		<input type="text" value="14,667.186"/>		ML/Yr	
NON-REVENUE WATER					
NON-REVENUE WATER:		<input type="text" value="14,668.900"/>		ML/Yr	
SYSTEM DATA					
Length of mains:	<input type="checkbox"/> M	<input type="text" value="3,130.0"/>	kilometers		
Number of active AND inactive service connections:	<input type="checkbox"/> M	<input type="text" value="479,621"/>			
Connection density:		<input type="text" value="153"/>	conn./km main		
Average length of customer service line:	<input type="checkbox"/> M	<input type="text" value="10.0"/>	metres	(pipe length between curbstop and customer meter or property boundary)	
Average operating pressure:	<input type="checkbox"/> M	<input type="text" value="33.0"/>	metres (head)		
COST DATA					
Total annual cost of operating water system:	<input type="checkbox"/> M	<input type="text" value="\$1,164,159,145"/>		\$/Year	
Customer retail unit cost (applied to Apparent Losses):	<input type="checkbox"/> M	<input type="text" value="\$18.06"/>		\$/1000 litres	
Variable production cost (applied to Real Losses):	<input type="checkbox"/> M	<input type="text" value="\$15,640.00"/>		\$/Megalitre	

8. Determinación de metodología para la cuantificación de caudales recuperados por reparación de fugas en líneas y conexiones de servicio.
9. Balance hidráulico para el periodo anual del 2007.
10. Identificación de oportunidades de mejora en cada uno de los procesos revisados.

Metodología y desarrollo:

1. Determinación del volumen suministrado al sistema de Tijuana y estimación de errores de medición por fuente de producción

Se parte de revisar la información propiedad de la CESPT sobre volúmenes producidos por cada una de las fuentes de suministro de agua a la ciudad de Tijuana para los periodos 2006, 2007 y lo que va del 2008. En el caso de las potabilizadoras se realizará un balance entre la cantidad de agua cruda que se suministra al proceso de potabilización y el volumen de agua tratada que se suministra al sistema. En el caso de pozos se considera el volumen producido por cada pozo y que

se suministra al sistema. Para el caso del agua que se exporta fuera de la zona de evaluación, si así fuera el caso, se considerará la medición existente de la misma forma que cualquier aportación.

Los errores de medición de volúmenes producidos se estimarán mediante la instalación de un medidor portátil calibrado (testigo), en serie con el medidor propiedad de la CESPT. La instalación de los medidores portátiles estará a cargo del personal del IMTA y se requiere del apoyo del personal de la CEPT para facilitar las tareas de acceso a los sitios. En los casos en los que las condiciones de instalación de los medidores testigo no sean las adecuadas con base en las recomendaciones para instalación de medidores ultrasónicos tipo velocidad de tránsito, se solicitará a al CESPT la realización de trabajos adicionales como excavaciones en sitios aguas abajo sobre la línea, a fin de ubicar sitios adecuados de medición.

Una vez instalado el medidor testigo, se iniciará la prueba de verificación tomando lecturas simultáneas de volumen acumulado de ambos medidores (testigo y verificado) para intervalos de tiempo de 10 minutos y a lo largo de dos horas de evaluación. Los volumen acumulados se integraran en intervalos de media hora, a fin de obtener seis intervalos. Para cada uno de los seis intervalos se calculará un error aplicando la ecuación siguiente:

$$\text{error } \% = \frac{V_v - V_t}{V_t} \times 100$$

Donde V_t es el volumen medido a través del medidor testigo; V_v es el volumen medido a través del medidor evaluado.

Los seis volúmenes para los intervalos de media hora se promediarán para todo el intervalo de evaluación, lo que dará el valor de desviación de las lecturas de los medidores. Valores negativos de desviación se deberán interpretar como sub-medición del medidor evaluado, valores positivos implicarían sobre-medición, respecto al medidor testigo empleado.

El valor aceptable para el error estimado mediante el procedimiento anteriormente descrito será a lo más el valor de exactitud del medidor testigo empleado. El valor de error estimado para cada uno de los medidores verificados, además de la revisión de los registros y el procedimiento aplicado para el levantamiento de los registros de volumen por parte de la CESPT permitirá establecer los niveles de incertidumbre asociados a la cuantificación del volumen producido para el sistema.

Como resultado de este análisis se denominará volumen suministrado al sistema y tomará el sitio mostrado en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, de componentes a considerar en el balance hidráulico.

2. Determinación del consumo medido facturado mediante la revisión de los registros en el padrón de usuarios y la verificación de errores de medición en conexiones de servicio.

Para la determinación del valor del consumo facturado en el periodo de análisis se considerará la sumatoria de los consumos unitarios para cada una de las conexiones en el padrón de usuarios facturadas bajo el esquema de consumo medido. Los valores de volumen a considerar serán el producto de la lectura de los medidores, antes de ser procesados por el sistema de facturación. Se analizará en conjunto con la CESPT los casos identificados que resulten del proceso de verificación de consumos y que el proceso de validación de lecturas que arroje el proceso de validación de consumos del sistema comercial. La sumatoria total resultante en este proceso se denominará consumo medido facturado en el esquema mostrado en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Con la finalidad de establecer un nivel de certidumbre para el consumo medido facturado se realizará la selección aleatoria de 400 conexiones de servicio de entre el total de registros en el padrón de usuarios propiedad de la CESPT. El proceso de selección se hará considerando como variables de decisión la edad y la marca de los medidores, y se buscará que su distribución sea uniforme sobre todas las regiones geográficas de la ciudad. El muestreo realizado en apego a lo anterior permitirá discernir el efecto de los errores potenciales entre las variables más representativas en el funcionamiento de los medidores como es: edad, marca o tecnología y condiciones de operación.

El total de conexiones de servicio seleccionadas se someterá a un proceso de verificación de medidores instalados. La verificación consistirá en comparar los volúmenes circulantes por el medidor y un medidor testigo calibrado, ambos conectados en serie y validados a través de una medida volumétrica calibrada, para tres regímenes de gasto. Se considera como primer gasto de prueba al gasto circulante con válvula de paso completamente abierta, el segundo gasto de verificación es el resultante de considerar el 50% del primer gasto de verificación, y el último de los gastos el correspondiente al 4% del primer gasto de verificación. Los tres gastos de verificación pueden variar en función de las condiciones de operación de los medidores, sin embargo la intención de considerar los gastos manifestados es el apego a la normatividad, en este caso la NOM-012-SCFI-1994. El número de repeticiones para cada gasto considerado será de dos, a fin de evitar errores sistemáticos que pudiesen ocurrir a lo largo de las pruebas de verificación.

El procesamiento de la información resultado del estudio de evaluación se hará por marca de medidor, edad de instalación y condiciones de operación (niveles de presión), se presentarán las gráficas de comportamiento del error para cada uno de los medidores evaluados, y se harán conglomerados de error por edad y marca.

Los valores de error encontrados por marca, edad y condiciones de operación, servirán para estimar un valor de certidumbre de la información manejada para el proceso de cuantificación de consumos medidos. Este valor será afectado por el valor estimado de errores por concepto de manejo de información que será evaluado como parte de este estudio.

3. Determinación del consumo facturado no medido a través de una muestra aleatoria de conexiones bajo cuota fija.

Determinar si los valores de consumo facturado no medido es el adecuado, requiere establecer un valor de referencia, que de antemano se sepa es correcto, es decir un valor para el cual se tenga la certeza de que su distancia respecto al valor real de consumo de una conexión es muy próximo. Esto de inicio es un punto muy complicado de lograr ya que si quisiéramos tener la mejor aproximación, tendríamos por fuerza que medirlo, lo cual haría que las conexiones pasarán a formar parte del conjunto de los consumos medidos. Ahora bien, tradicionalmente se ha establecido el muestreo como la alternativa con la que se han logrado los mejores resultados.

Con base en lo anterior, y considerando que los universos de conexiones bajo esquemas de facturación por cuota fija en Tijuana reportados por la CESPT son: 17,932 conexiones domésticas, 574 conexiones comerciales, 47 industriales, y 19 de gobierno; y considerando que el universo es finito, con un error no superior al 5% y una cobertura del 95% para la muestra, que el número de conexiones a ser seleccionadas para conformar la muestra deberá ser de: 73 conexiones domésticas, 65 comerciales, 29 industriales, y 15 de gobierno, para hacer un total de 182 conexiones en la muestra de consumos a cuota fija.

Para las conexiones seleccionadas para muestreo se considera la instalación de medidor, a fin de verificar su consumo. El medidor a instalar será suministrado e instalado por la CESPT, a fin de que los medidores instalados se apeguen a los requerimientos propios de la CESPT para el cumplimiento de sus estándares de calidad. De esta forma el IMTA proporcionará el listado de medidores seleccionados para el proceso de verificación del nivel de consumo por cuota fija,

CESPT validará cada una de las conexiones incluidas en el muestreo, en el caso en que alguna de las conexiones seleccionadas presenten algún problema para la instalación de medidor, la CESPT lo notificará al IMTA para la selección de una conexión de reemplazo. Concluida la instalación de medidores, el IMTA levantará lecturas iniciales y cerrará el ciclo de lectura un mes después, a fin de contar con los valores de consumo para la muestra fijada. Con los valores de consumo y las características de los predios en el muestreo, se dictaminará un valor para los consumos por cuota fija y se determinará el nivel de error incurrido por la CESPT para la facturación de los consumos por cuota fija.

Adicionalmente al muestreo de cuantificación de consumos por cuota fija planteado, se identificará en sitio un número suficientemente grande de las conexiones registradas en el padrón de usuarios que obedecen a este tipo de facturación, con esto se busca verificar la calidad de la información en el padrón de usuarios.

4. Determinación del nivel de consumo no facturado medido autorizado por la CESPT a través de la verificación de los registros del padrón de usuarios e inspecciones físicas.

Este rubro corresponde a las conexiones de servicio activas autorizadas por la CEPT y que en consecuencia están incluidas en el padrón de usuarios, que cuentan con medición y que en consecuencia se les toma lectura y existen registros de sus consumos, y que por alguna causa no son facturadas por le CESPT. La identificación de este tipo de conexiones y del volumen consumido debería ser tarea sencilla, dadas las características de las conexiones. Su localización se debe hacer por simple identificación en el padrón de usuarios dentro del rubro de cuentas bajo servicio medido.

A fin de verificar la existencia de este tipo de rubro en la CESPT, se solicitará al área comercial la identificación de este tipo de conexiones en el padrón de usuarios y su localización en sitio, considerando el valor de volumen medido como dato inicial de volumen para el balance. Estas conexiones se verificará la exactitud del medidor instalado a través de la aplicación del método descrito para verificación de micro medidores.

5. Determinación del nivel de consumo no medido no facturado autorizado por la CESPT, a través de la verificación de los registros en el padrón de usuarios e inspecciones físicas.

De la misma forma que el rubro anterior, la verificación se hará con base en la información contenida en el padrón de usuarios y con la información explícita del área comercial sobre las conexiones de servicio de su conocimiento y control no medidas y no facturadas reconocidas por la CESPT y que por alguna causa no se miden y facturan.

Identificadas las conexiones en este rubro se les aplicará instalación de micro medidor de acuerdo al criterio definido para las conexiones facturadas no medidas para estimar el nivel de consumo por cada conexión.

6. Determinación del consumo no autorizado por la CESPT, mediante el conteo de conexiones en regiones de la ciudad seleccionadas de manera aleatoria y comparada contra los registros incluidos en el padrón de usuarios para esas mismas regiones.

Con la finalidad de identificar conexiones clandestinas, se recorrerán calles a lo largo de zonas seleccionadas al azar, previa identificación del total de conexiones incluidas como registros en el padrón de usuarios. Los recorridos permitirán contar el total de conexiones en las zonas seleccionadas, las conexiones de servicio se correlacionarán con los medidores de Comisión Federal de Electricidad a fin de tener una referencia externa a la CESPT. La densidad de conexiones se representará a nivel de manzana, a fin de poder identificar con mayor facilidad las conexiones no autorizadas. La identificación de las conexiones no autorizadas se hará mediante la

comparación de totales de conexiones con registro y conexiones identificadas en sitio. Los dos totales de tomas, el contado y el registrado, se entregará a la CESPT en conjunto con las densidades marcadas en planos a fin de que la CESPT pueda iniciar acciones para su regularización.

Para fines del balance hidráulico, a cada una de las posibles conexiones clandestinas se les asignará el valor del volumen medio medido de la zona para el tipo de uso identificado como irregular.

De los resultados obtenidos se calcularán indicadores del nivel de clandestinaje por zona, a fin de iniciar el control por este rubro.

7. Determinación del nivel de pérdidas reales en el sistema, por diferencia de conceptos y en apego a la concepción de la IWA.

Una vez identificados los volúmenes para cada uno de los rubros marcados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y determinados a través de la verificación de los medidores tanto en macro como en micro medición los errores respectivos, y tras concluir la verificación que sobre el manejo de la información se realizará y que se describió en los rubros anteriores, se establecerá por diferencias el nivel de pérdidas reales del sistema.

La diferencia encontrada se discutirá con la CESPT, toda vez que se presentará el margen de aportación por cada uno de los rubros que la conforman, es decir y a manera de ejemplo, se integrará la aportación de la pérdida real por concepto de manejo de información clasificado por levantamiento de lecturas, captura de lecturas, cálculo de volúmenes consumidos, facturación, compensación de consumos, etc.. Con ello se busca identificar plenamente las acciones de mejora más relevantes por rubro y con ello encausar los recursos de la CESPT hacia su mejora.

8. Determinación de metodología para la cuantificación de caudales recuperados por reparación de fugas en líneas y conexiones de servicio.

Los componentes considerados dentro de las pérdidas reales se analizarán por separado a fin de encontrar una justificación y metodología de estimación de volúmenes perdidos por tipo de fuga. Esto con base en la información histórica propiedad de la CESPT. El análisis será de tipo estadístico y por ocurrencia de acuerdo con los registros históricos mencionados.

Como resultado de esta evaluación se entregará un método validado con los registros históricos de la CESPT y los resultados del balance hidráulico para la cuantificación de volúmenes perdidos por tipo de fuga.