

LOS TANQUES DE REGULARIZACIÓN, ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN AL SERVICIO INTERMITENTE DE AGUA POTABLE EN EL SECTOR “BACHILLERES”, CHETUMAL, QUINTANA ROO, MÉXICO

WATER STORAGE TANKS, AN ALTERNATIVE SOLUTION TO “BACHILLERES” SECTOR’S INTERMITTENT WATER SUPPLY AT CHETUMAL, QUINTANA ROO, MEXICO

Mena Rivero, Roberto; Cruz Argüello, Julio César; Hernández Serrano, Adriana Nayali; Rivero Vega, Gonzalo¹

Resumen

La falta de continuidad del servicio es una problemática común en los sistemas de agua potable en México, donde la mayor parte de las redes opera mediante *tandeos* o *tandeadas*, como se le conoce coloquialmente en México. Esta deficiencia es influenciada por diversos factores, tanto directa como indirectamente: crecimiento descontrolado de los asentamientos humanos, mantenimiento inadecuado, falta de monitoreo de las redes, interrupción de la energía eléctrica. Los horarios de servicio están también estrechamente vinculados con políticas de operación internas de los organismos de agua y saneamiento, y con los costos de energía eléctrica a lo largo del día. Con la finalidad de entender ese fenómeno se analizó la operación del sector de abastecimiento de agua potable “Bachilleres” de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo, el cual presenta servicio intermitente en dos zonas, una con dos periodos al día y otra con cuatro. Para ello se llevó a cabo el examen físico de la infraestructura, se evaluaron los tiempos de operación, se obtuvieron las curvas de variación horaria del sector, se estimaron los volúmenes disponibles y utilizados, y se realizó el análisis del costo de bombeo. Los resultados indican que la forma de operar los tanques ocasiona que éstos sólo se aprovechan parcialmente, ya que el diseño interno y/o los accesorios de los equipos de bombeo incumplen las recomendaciones para ese tipo de instalaciones, lo que provoca que aun cuando el nivel del tirante de agua del tanque sea superior al 40%, los equipos se detengan, y con ello el suministro de agua. El realizar adecuaciones para corregir esta problemática y aprovechar el máximo volumen disponible incrementaría el tiempo de suministro continuo de agua al sector en un 73%, lo cual permitiría postergar inversiones en nueva infraestructura y reducir la explotación de los recursos hídricos y energéticos.

Palabras clave: Tanque de regularización, aprovechamiento óptimo de tanques de regularización, solución al servicio intermitente de agua

Abstract

Intermittent service is a common problem in Mexico’s potable water systems, where most of the distribution networks operate via *tandeos* or *tandeadas*, as it is colloquially known. This deficiency is influenced by various factors, both directly and indirectly: human settlements’ uncontrolled growth, inadequate maintenance, water networks’ lack of monitoring, electrical power outages. Service schedules are also closely linked to water and sewerage utilities’ internal policies, and to electricity costs throughout the day. In order to understand this phenomenon, the operation of water network sector “Bachilleres”, from Chetumal City, Quintana Roo, was analyzed, as it showcases intermittent operation in two areas, twice a day in the first one, and four times a day in the other. The study included the physical examination of the infrastructure, the assessment of operating times, the estimation of the sector’s time variation curves, the appraisal of volumes both available and used, and the analysis of pumping costs. Results indicate that the prevailing method of operation entails tanks’ underuse, as their internal design and/or the pumping equipment’s accessories do not meet the recommendations for such installations, making the equipment stop, and thereby the water supply, even when the tank’s water depth is over 40%. If some adjustments are made to correct this problem and take advantage of the maximum available volume, the sector’s hours of continuous water supply would increase by 73%, which also would delay investments in new infrastructure and reduce the exploitation of water and energy resources.

Key words: Water storage tanks, optimum use of water storage tanks, solution to intermittent water supply

INTRODUCCIÓN

La falta de continuidad del servicio de agua es una problemática que presentan los Organismos Operadores de los Servicios de Agua y Saneamiento en México (Centro Virtual de Información del Agua 2010). Un gran porcentaje de las redes operan de manera intermitentemente, por *tandeos* o *tandeadas* como se le conoce en México (Comisión Nacional

del Agua 2007). Este tipo de servicio es ocasionado por diversos factores que influyen directa e indirectamente; como el crecimiento descontrolado del sector, el déficit en el mantenimiento, la falta de monitoreo de la red (Tavera 2013) y la interrupción de energía eléctrica de los equipos de bombeo (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Dirección

¹ División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Chetumal, Quintana Roo, México. E-mail: romeri-72mx@yahoo.com.mx

General de Inversiones Públicas 2010). El horario de bombeo está estrechamente vinculado con las políticas de operación y los costos de energía eléctrica a lo largo del día (CONAGUA 2007). La intermitencia del servicio de agua resulta ventajosa porque se reducen las pérdidas físicas debido a que la presión en la red es generalmente baja e inclusive nula y se puede realizar el mantenimiento de la red en forma programada en los momentos sin servicio (K.Elango 2002) y es desventajoso para el sistema porque opera fuera de los parámetros establecido en el diseño inicial, por lo tanto la capacidad de la infraestructura es a veces subutilizada, genera pérdida en la calidad del servicio debido a que el agua no alcanza los puntos alejados de la red, afectando los aparatos de macro y micro medición que suelen estar más propensos al desajuste, aumentando gradualmente las pérdidas comerciales (Tavera 2013).

Uno de los principales problemas asociados al servicio intermitente es que el agua que recibe la población se restringe. Para captar el agua de la red municipal y disponer de ella en cualquier momento, los habitantes colocan un tanque de agua en la azotea de su casa, u otro depósito permanente llamado en México "tinaco", cuando está en el techo de la edificación, o cisterna cuando está al nivel del piso (J.A. Cabrera Bejar, 2012) y también recurren a la compra de agua en pipa, el almacenamiento de agua de lluvia y la perforación de pozos, entre otros. Por su parte, el Organismo Operador suele enviar pipas de agua de manera continua a esos sectores. Si el problema se agudiza se recurre a la búsqueda y aprovechamiento de nuevas fuentes de abastecimiento y/o la construcción de nueva infraestructura propiciando la necesidad de buscar recursos económicos para invertir en esas acciones así como una mayor explotación del recurso agua y el incremento del consumo de recursos energéticos para la extracción, conducción y distribución; esto se refleja en el incremento de los costos de operación del sistema.

Este trabajo de investigación tiene como finalidad, contribuir al aprovechamiento óptimo de los recursos hídricos, energéticos y económicos en un sistema de abastecimiento de agua potable. Se estudia como inciden en el tiempo de suministro de agua la infraestructura de regulación existente en un sector de distribución de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo, México y se presentan algunos resultados que se podrían alcanzar aprovechando al máximo la capacidad instalada para mitigar los problemas generados por el servicio intermitente.

METODOLOGÍA

Localización de la zona de estudio

El Estado de Quintana Roo se ubica al sureste de la República Mexicana, colindando al norte con el Estado de Yucatán, al sur con Belice y parte de

Guatemala, al este con el Mar Caribe y al oeste con el Estado de Campeche. Quintana Roo está dividido políticamente en diez municipios. La capital del estado es la ciudad de Chetumal, ubicada al sur de la entidad, tiene una población de 151,243 habitantes que crecen a razón de 3.73% cada año. Ver figura 1.



Figura 1. Localización de Ciudad de Chetumal

En el estado de Quintana Roo, la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (LACAPA) es el organismo público descentralizado responsable de garantizar la prestación de los servicios públicos de agua y saneamiento en la entidad, así como de establecer las políticas y acciones de planeación y desarrollo de los sistemas de agua potable (Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo, 1996) LA CAPA establece como una estrategia en El Programa Institucional de Infraestructura Hidráulica y Sanitaria 2011-2016 de Quintana Roo "Garantizar la distribución del agua potable con continuidad y eficiencia"; ya que –solamente 3 localidades de la entidad tienen servicio continuo de 24 horas todos los días.

La capital del estado está integrada por 116 colonias y el 93.34% de los 51,141 usuarios del servicio de agua potable son domésticos y el restante están clasificados como hoteleros, comerciales, industriales y de servicios generales. La distribución de agua potable está dividida en cinco sectores: Aeropuerto, Insurgentes, Bachilleres Solidaridad y Arboledas; que tienen instalados 14,100 m³ en tanques de regularización.

Descripción del sector de estudio

El sector Bachilleres está constituido por 36 colonias, brindándoles servicio a 14,177 usuarios, que corresponden a 50,657 habitantes, Figura 2.

El 95.8% de los usuarios del sector son domésticos con una cobertura de Micromedición del 62.78%. De acuerdo al trabajo de campo realizado se estima que el 95% de los usuarios poseen en sus domicilios un depósito de almacenamiento con capacidad entre 100 y 1200 litros en promedio. En la Cuadro 1 se puede apreciar la composición de usuarios del sector, su consumo y la medición instalada.



Figura 2. Delimitación del sector Bachilleres, Ciudad de Chetumal Quintana Roo 2013

Cuadro 1. Usuarios pertenecientes al Sector

Tipo de Usuario	Usuarios				Consumo Unitario m ³ /mes	Total Usuarios
	Con Medidor	%	Sin Medidor	%		
Doméstico	8,538	63	5,043	37	10.95	13,581
Hotelero	2	100	0	0	199.01	2
Comercial	321	61	203	39	18.93	524
Industrial	0	0	2	100	112.7	2
Servicios Generales	40	59	28	41	94.52	68

Fuente: CAPA 2013

Los registros del área comercial del organismo operador indican que el consumo facturado a los usuarios del sector es de 6,144.48 m³/día, mientras que el equipo de medición electrónico modelo RSG30-Endress+Hauser instalado por el organismo operador en la salida del tanque, indica que se entrega en promedio 13,438 m³/día, por lo que se estima un nivel de pérdidas del 54.28% y una dotación de 265.28 l/hab/día.

Características del tanque y su operación

La CAPA proporcionó información de las características físicas externas e internas de los tanques y los equipos instalados; el tiempo de servicio a las diferentes zonas del área de influencia detallando el número de equipos que opera cada hora y los niveles del tirante de agua a los cuales entran y salen de operación, así como algunas acciones utilizadas para vigilar la operación del tanques.

Curvas de Variación Horaria Operativa

Se utilizaron los registros de los gastos de entrada y salida, el niveles agua del tanque y la presión entregada al sector almacenados en el equipo de medición, el cual registra información en

intervalos de 15 minutos a lo largo de todo un año, y se determinaron las curvas de variación horaria (CONAGUA b, 2007), (López Alegría, 2006) las cuales, por la intermitencia del servicio y el porcentaje de los sistemas de almacenamiento individual en las viviendas, representan la operación de los equipos y no la demanda del sector (Tzatchkov, y otros 2005).

Las ecuaciones 1 a 4 fueron utilizadas para determinar los promedios de las presiones entregadas al sector (PP), los niveles del tanque (PNT) y los gastos de entrada (PQE) y salida (PQS).

$$PP = \frac{\sum_{k=1}^n Pk}{n} \quad (1)$$

$$PNT = \frac{\sum_{k=1}^n NTK}{n} \quad (2)$$

$$PQE = \frac{\sum_{k=1}^n QEk}{n} \quad (3)$$

$$PQS = \frac{\sum_{k=1}^n QSk}{n} \quad (4)$$

Donde Pk, NTK, QEk y QSk son los valores registrados cada 15 minutos durante un año de las presiones entregadas, los niveles del tanque y los gastos de entrada y salida respectivamente y el número total de registros (n).

Para obtener las variaciones horarias de las presiones entregadas (VHPk), los niveles del tanque (VHNTk) y los gastos de entrada (VHQEk) y salida (VHQSk) se utilizaron las ecuaciones 5 a 8.

$$VHP_k = \frac{\sum_{k=1}^{24} PP_k}{PP} \quad (5)$$

$$VHNT_k = \frac{\sum_{k=1}^{24} PNT_k}{PNT} \quad (6)$$

$$VHQE_k = \frac{\sum_{k=1}^{24} PQE_k}{PQE} \quad (7)$$

$$VHQS_k = \frac{\sum_{k=1}^{24} PQS_k}{PQS} \quad (8)$$

Donde PPK, PNTk, PQEk y PQSk representan el promedio de las presiones, entregadas, los niveles del tanque y los gastos de entrada y salida respectivamente, cada hora a diferentes horas del día.

Aprovechamiento del Tanque

El aprovechamiento del volumen del tanque (AVt) se obtuvo como el cociente del volumen de regulación operativo (VRo) entre el volumen de regulación instalado (VRi), tal como lo muestra la Ecuación 9.

$$AV_t = \frac{VR_o}{VR_i} * 100 \quad (9)$$

El VRo se determinó a partir de las curvas horarias de entrada del tanque y los horarios de suministro a los mismos, aplicando el método analítico para el diseño de Tanques de Regulación (CAPA a, 2012), (CONAGUA a, 2007), (López Cualla, 2003) y (César Valdez, 1994). El VRi fue obtenido a partir de las dimensiones de los tanques obtenidas en planos proporcionados por la LACAPA e información de campo.

Análisis del costo de bombeo

Se analizó el consumo eléctrico por la operación de los equipos de bombeo utilizando las tarifas establecidas por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) durante el 2013. El costo de energía eléctrica por volumen de agua suministrado CEVs, se consideró como el cociente del consumo anual de energía eléctrica de los equipos de bombeo CEEb entre el volumen suministrado en el mismo periodo de tiempo Vs (CONAGUA d, 2012), resultando la ecuación 10.

$$CEVs = \frac{CEEb}{V_s} \quad (10)$$

El CEEb considera los horarios en los que opera el equipo, además del número de arranques de las bombas y el sobreconsumo de energía eléctrica generado cada vez que entra operación un equipo (López Geta, Rubio Campos y González Ramon 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Características físicas del tanque

La estación de bombeo del sector Bachilleres está integrada por dos tanques superficiales de forma rectangular, con capacidad instalada de 1000 m³ cada uno y dos tanques elevados de 20 m de altura y un volumen de 500 m³ cada uno. Solo un tanque superficial tiene instalados los equipos de bombeo y el otro tiene la función de alimentar al primero mediante una tubería subterránea de 10" de diámetro.



Figura 3. Izquierda: Tanques elevados; Derecha: Tanque superficial #1 y #2

Uno de los tanques superficiales tiene instalado cinco equipos de bombeo, tres de 75 HP, uno de 100 HP y otro de 10 HP utilizado para el llenado de pipas. Los 5 equipos son de tipo vertical. En el tanque se tiene instalado un equipo electrónico de medición para registrar los gastos de llegada y salida, presión y niveles de agua en esta infraestructura. Las columnas de succión son 12" de diámetro con una válvula de pie. En el interior del tanque existe una fosa de succión o trinchera de forma rectangular que abarca todo el lado corto del tanque, un ancho de 2 m y una profundidad de 1.06 m como se presenta en la Figura 4.

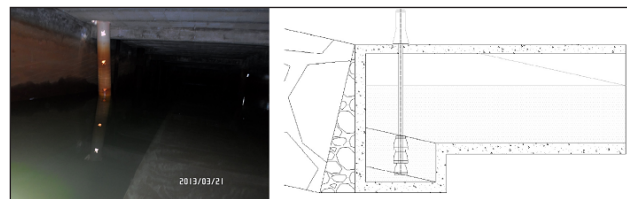


Figura 4. Columna de succión dentro de la trinchera de bombeo

Operación y tiempo de servicio

El Tanque Bachilleres brinda el servicio de agua potable al sector en cuatro períodos diferentes al día y solamente el 78% de los usuarios reciben agua las 24 horas del día; el 0.8% de los usuarios reciben un servicio continuo de 17.5 horas y el resto de la población es atendida mediante tandeos de tal forma que el 20.3% de la población recibe agua en cuatro tandas de 07:00-12:00, 15:00-18:30, 21:00-01:30 y de 05:00-06:00 totalizando 14 horas y el 0.3% de los usuarios durante total de 16 horas en dos períodos de 05:00-13:00 y de 15:00 a 23:00; finalmente, el 0.6%

restantes se encuentra operado por la SEDENA². El tiempo máximo de bombeo continuo, en los casos donde existen tandeos es de 8 h.

La operación se realiza de la siguiente forma: el equipo #1 opera las 24 horas del día y es remplazado en ocasiones por el equipo #3, el cual permanece en stock mientras opera el primero. El equipo #2 opera en promedio un total de 14 horas, el cual se enciende cuando el nivel del tirante de agua en el tanque es igual o mayor al 88% y se detiene cuando el nivel alcanza el 48% para evitar la cavitación. Los operadores manifestaron verificar los niveles de agua en la pantalla del equipo de medición. Los tanques elevados se llenan durante la madrugada (04:00 a.m.) y alcanzan su nivel máximo en aproximadamente 1 hora y 40 minutos; y son descargados diariamente en el horario de las 08:00 h a las 12:00 h.

Curvas de Variación Horaria Operativa

En la Figura 5 se presentan los registros históricos de la curva de variación horaria operativa del gasto de salida del tanque de regulación del sector Bachilleres, en él se puede apreciar un comportamiento similar en los últimos años. Existen tres periodos de valores máximos, el primero a las 9 h, el segundo a las 15 h y un último a las 21 h. Alcanzando picos máximos respecto al promedio de 170% por la mañana, 140% por la tarde y 138% por la noche.

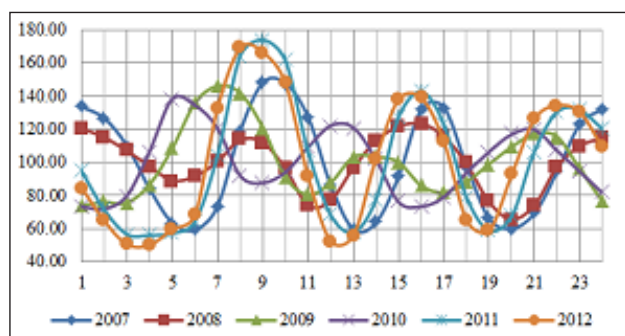


Figura 5. Curvas Históricas de Variación Horaria Operativa

El gasto medio de entrada al tanque es de 176.85 lps, mientras que el suministrado al sector es de 236.32 lps con un nivel medio de 1.71 m de tirante de agua y una presión media de 0.7 Pa. En la Figura 6 se observa que el gasto de entrada no presenta variaciones importantes a lo largo del día por lo que se puede considerar constante. La presión entregada al sector varía de forma paralela al suministro de agua; mientras que a mayor gasto de salida se reduce el nivel del tirante de agua.

Las curvas de variación horaria operativas del suministro al sector fueron comparadas con las curvas sugeridas por la CONAGUA (2007) cuando se carece de registros, y se aprecia una variación

significativa debido a que el sector bachilleres cuenta con tres picos, mientras que los valores sugeridos nada más uno, este fenómeno puede ser originado debido a que el 95% de los usuarios tienen algún tipo de depósito de almacenamiento de agua y las curvas de variación horaria del gasto entregado al sector reflejan el modo en el cual se llenan estos y la manera de operar el tanque. (Cabrera Bejar, y otros 2012) (CONUEE 2011) (Tzatchkov, y otros 2005).

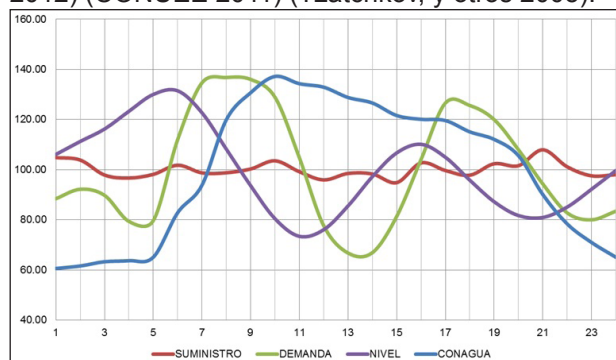


Figura 6. Curva de Variación Horaria de Niveles, Presiones, Gastos de Suministro y Demanda

Aprovechamiento del Tanque

El nivel de aprovechamiento del tanque desde que fueron instalados los equipos de medición ha variado considerablemente. En 2012 se alcanzó un máximo de 78% mientras que en 2008 solamente se aprovechó el 27% y puede ser el resultado de cambios en la política de operación. Se identificó que el tanque de regulación presenta dos tipos de volúmenes de operación (Figura 7), el primero es el volumen regulado y entregado a los usuarios, el segundo es un volumen no utilizado que se presenta de dos maneras

- Volumen no disponible por nivel mínimo que se encuentra definido por el nivel mínimo del tanque y el piso del mismo.
- Volumen no disponible por vacío que se localiza por encima del espejo de agua, y no representa el colchón de aire recomendado en el diseño de tanques (CEPIS /OPS 2005) (CONAGUA a 2007), sino que se encuentra vacía al no poder alcanzar la capacidad máxima instalada en el tanque (1000 m³ para Bachilleres).

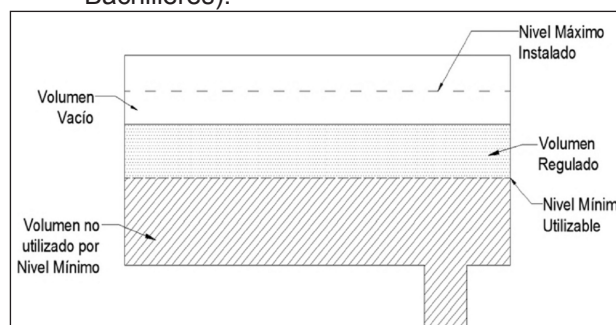


Figura 7. Niveles y Volúmenes de Operación

² Secretaria de Defensa Nacional

El volumen no disponible por nivel mínimo utilizable es de 480 m³ y un volumen vacío de 120 m³. Para determinar las posibles causas que originan esos volúmenes, se revisó la sumergencia de los equipos de bombeo y las características de la trinchera del tanque; y se encontró que incumplen las recomendaciones sugeridas por (CONAGUA c 2007) (OPS/OMS 1966) (Cafaggi Félix, Rodal Canales y Sánchez Huerta 2011) y (César Valdez 1994).

Para aprovechar el volumen de agua sin utilizar se requiere adecuar la estación de bombeo. Si se utilizara el mismo equipo u otro de características similares, no se podría modificar la trinchera; por lo que se analizó la construcción de un cárcamo externo unido al tanque existente que cumpla con las recomendaciones para ese tipo de instalaciones y se podría aprovechar hasta en un 96 % el volumen instalado del tanque; además de una continuidad del servicio; aunado a ello, si el Organismo Operador instalara micromedidores en corto plazo podría reducir las pérdidas en un 15.75%, lo cual se vería reflejado en el incremento del tiempo de servicio alcanzando una continuidad de al menos 16 horas en las dos zonas donde existe mayor intermitencia. Considerando la tasa de crecimiento de la población y la dotación actual, un horizonte de proyecto de 20 años; los valores propios del sector para los coeficientes de variación diaria y de regulación de 1.35 y 5.78 respectivamente, se obtiene una capacidad de regulación demandada de 1270 m³ en veinte años, lo cual indica que la capacidad instalada es suficiente para ese período. Sin embargo, el volumen de regulación demandado deberá establecerse en función de las políticas de operación que se establezcan para el tanque.

Análisis de los costos de bombeo

La operación actual genera costos por energía eléctrica de \$ 839,542 M.N. al año; los resultados al incrementar la continuidad en el servicio, manteniendo los equipos actuales y estableciendo una nueva forma de operar, aprovechando los horarios en que las tarifas de CFE son bajas, indican que se obtiene una reducción en el costo por energía eléctrica del 8% anual, y si el Organismo Operador reemplaza los equipos, además de aplicar acciones de recuperación de agua por pérdidas físicas, los resultados pueden ser más satisfactorios (BIT 2011).

CONCLUSIONES

Una causa del servicio intermitente de agua potable en el sector analizado es la subutilización de los tanques de regularización generada por la forma de operar los equipos. Establecer las curvas de variación horaria de la zona de influencia de esa estación de bombeo permitió determinar el volumen regulado en la operación. El nivel de aprovechamiento de ese tanque, que tiene una trinchera y opera con equipos verticales, está estrechamente vinculado al

cumplimiento de las recomendaciones para el diseño de cárcamos y su incumplimiento propicia que parte del volumen disponible del tanque no se aproveche. Si se construye un cárcamo externo unido al tanque existente que cumpla con las recomendaciones para ese tipo de instalaciones es posible pasar de cuatro periodos de servicio al día con un total de 14 horas discontinuas y de 2 lapsos de tiempo de 8 horas cada uno a un sólo periodo continuo de 16 horas en el sector, aprovechando el volumen subutilizado, realizando las adecuaciones necesarias en las instalaciones y estableciendo nuevas políticas de operación de los equipos instalados en función del máximo volumen aprovechable; además, al reducir los paros y arranques de los equipos y aprovechando las horas con la tarifa más baja por consumo de energía eléctrica se reducen los costos de bombeo al menos en 8%. Si aunado a ello se sustituyen los equipos actuales y se implementan acciones de recuperación de agua se incrementan más los beneficios. Es recomendable realizar un análisis hidráulico de las redes y líneas de alimentación del sector para mejorar más las condiciones de servicio y la implementación de las acciones por realizar deben ser producto de un análisis costo beneficio; determinar el tiempo de servicio de agua que reciben los usuarios antes y después de realizar modificaciones en la operación actual y/o por adecuaciones en las instalaciones. Antes de realizar inversiones, para el aprovechamiento de nuevas fuentes y/o nuevas infraestructura de regulación para incrementar la continuidad del servicio de agua o la disponibilidad de agua, hay que evaluar el nivel de aprovechamiento de los tanques existentes para postergar las inversiones, generando un ahorro de recursos económicos, hídricos y energéticos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Licenciada Enriqueta Odette Ruíz Martínez en la revisión técnica de la traducción.

REFERENCIAS

- Alegría, P. López. 2006. Abastecimiento de Agua Potable y disposición y eliminación de excretas, 138-149.
- Análisis y Proyectos de Ingeniería, S.A. de C.V. 1994. Proyecto ejecutivo de tanques de regularización de 15 a 20 m de altura y de 500 a 1500 m³ de capacidad en Chetumal, Quintana Roo.
- ANEAS. 2008. El Agua Potable En México. Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México, D.F. 332.
- BIT. 2011. Evaluación para sistemas de bombeo de Agua: Manual de eficiencia energética, Banco Interamericano de Desarrollo. Washington D.C. 29-56.

- Cabrera Bejar, J.A. Palma Carro, B. Cerón Romero, y B. D. Tolentino Martín. 2012. Suministro intermitente de agua potable: caso Chilpancingo. XXII CONGRESO NACIONAL DE HIDRÁULICA. Acapulco, Guerrero.3-4.
- Cafaggi, F., Rodal C., Sánchez H. 2011. Sistemas de Bombeo. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F.203-232.
- CAPA. 2011. Programa institucional de infraestructura hidráulica y sanitaria. Comisión de Agua Potable y Alcantarillado. Chetumal, Quintana Roo.
- CAPA a. 2012. Consumo de Usuarios de la Ciudad de Chetumal, Quintana Roo., Comisión de Agua Potable y Alcantarillado. Chetumal, Quintana Roo.
- Centro Virtual de Información del Agua. 2010. Guía para organismos operadores, Agua potable, alcantarillado y saneamiento, 18-27.
- CEPIS /OPS . 2005. Guías Para el Diseño de Estaciones de Bombeo de Agua Potable, Lima, Perú.4-11, 21-33.
- César Valdez.1994. Abastecimiento de Agua Potable. Univercidad Nacional Autonoma de México. D.F. 179-201.
- Comisión Nacional del Agua . 2007. Sectorización en redes de agua potable. Tlalpan, México, D.F.: Grupo Editor de México.
- CONAGUA a. 2007. Cárcamos de Bombeo para alcantarillado, Funcional e Hidraulico. México D.F, 19-24.
- CONAGUA b. 2007. En Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. México D.F. 10-15, 22-29.
- CONAGUA c. 2007. Manual de Diseño, Construcción y Operación de Tanques de Regulación Para Abastecimiento de Agua Potable. México D.F.12-13.
- CONAGUA d. 2012 Manual de Incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable. México D.F.
- CONUEE. 2011. Estudio Integral de Sistemas de Bombeo de Agua Potable Municipal.Secretaría de Energía, México D.F.
- Guaycochea Guglielmi, 1999. Máquinas Hidráulicas: Turbobombas, Universidad Autonoma Metropolitana México D.F. 113,127,135-138.
- K.Elango, K.Vairavamoorthy. 2002.Guidelines for the design and control of intermittent water distribution systems. Waterlines 21, nº 1 19-21.
- López Cualla, 2003. Diseño de Acueductos y alcantarillados, Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá Colombia.211-232.
- López Geta, J. A., J. C. Rubio Campos, y A. González Ramon. 1998. Guía Para La Evaluación De Extracciones De Aguas Subterráneas Mediante Contadores Eléctricos, Rendimientos Y Coste Del Agua, 10-17.
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Dirección General de Inversiones Públicas. 2010.Metodología de Preinversión para Proyectos de Agua y Saneamiento, 14,16,18.
- OPS/OMS. 1966. Bombas Para Agua Potable. Washington, D.C. 1-24, 151-157.
- Tavera, M. 2013. Metodología para la gestión y planificación de un sistema de agua potable con suministro intermitente. Aplicación a la Ciudad de Tegucigalpa.Honduras, 50-52.
- Tzatchkov, V., V. H. Alcocer, F. I. Arreguín, y D. Feliciano. 2005. Medición y caracterización estocástica de la demanda instantánea de agua potable. Ingeniería Hidráulica en México XX. 67-76.