

# Desarrollo de un estudio energético en el sistema de aguas de la empresa CEMONOSA

Francisco G. Valenzuela Cázares, Eduardo Romero A. , Juan José Padilla Ybarra

**Resumen**— El trabajo que se expone tuvo lugar en Cervecería Modelo del Noroeste (CEMONOSA) con la intención de identificar las áreas de oportunidad para el ahorro de energía eléctrica y emprender acciones de control consecuentes. Del estudio energético se desprende como área de oportunidad, el sistema general de aguas, el cual cuenta con aproximadamente el 13% del consumo total de la planta cervecera. Este sistema de aguas comprende la extracción de los mantos subterráneos, las fases de transportación entre etapas y almacenaje, los distintos tratados que recibe dicho líquido dependiendo de la aplicación y su previa recuperación de agua proveniente de distintos procesos en las áreas.

Asimismo después se plantea el objetivo de “disminuir el cobro por concepto de energía eléctrica en el sistema general de aguas, apoyándonos en los resultados del estudio energético”, aplicando técnicas usadas en los proyectos de inversión para validar cada una de las actividades realizadas. En lo que respecta a la implantación de las acciones de control se siguió la filosofía de control distribuido.

**Palabras clave**— Energía eléctrica, control de la demanda, estudio energético, consumo de energía eléctrica.

## I. INTRODUCCION

La energía se utiliza para realizar cualquier actividad o trabajo, ésta puede ser de varios tipos como calorífica, mecánica, hidráulica, eléctrica, entre otras. Si bien es cierto la energía eléctrica es una de las más conocidas en la actualidad, no es difícil poder imaginarse lo que sería del mundo sin ella, ya que gran parte de los satisfactores actuales la requieren.

Es importante mencionar que en los inicios de la energía eléctrica existía abundancia en combustibles, lo cual traía como consecuencia precios bajos en cuestión de generación y por consecuencia precios bajos en el costo de energía eléctrica. Esto alentaba a las grandes ciudades a seguir construyendo industrias y con esto aumentar su demanda

eléctrica y por lo tanto se tenían que construir cada vez más plantas generadoras de energía.

Sin embargo, conforme han ido disminuyendo las reservas de combustibles se ha ido encareciendo la generación y el suministro de energía eléctrica. De tal manera, las grandes industrias a nivel mundial han empezado a prestar atención en el cuidado de la energía eléctrica, siendo su principal motor de cambio la cuestión de facturación en el recibo eléctrico y no el factor ecológico; mismo que se ve grandemente afectado debido a que alrededor del 90% de la producción de energía en el mundo se basa en la combustión de hidrocarburos. De acuerdo a datos de estudios recientes, de continuar con este uso irracional y si para la generación eléctrica se sigue teniendo al petróleo como elemento primario, sólo se podrá cubrir la demanda de los próximos 30 años [1].

En nuestro país la situación es similar, la fuente primaria de generación de energía eléctrica es la quema de hidrocarburos [2]. Asimismo, debido a los pocos recursos invertidos en la generación de energía, no es de extrañar las altas pérdidas que se tiene en la propia generación, las cuales alcanzan valores de aproximadamente 4% (tabla 1), el resto de la generación eléctrica, se utiliza básicamente en el uso residencial e industrial.

Como puede apreciarse en la tabla 1, el consumo residencial contribuye en un 22.7%, a pesar que este tipo de usuarios corresponde a 88.4% del total de usuarios, en contraparte a los clientes industriales, mismos que son el 0.41% de la totalidad de clientes, estos contribuyen con un consumo de casi el 60% del total generado [4].

Queda demostrada la gran presencia que tiene la industria en el consumo total de energía eléctrica, esto debido a la gran cantidad de cargas con las que se cuenta; formadas principalmente por motores eléctricos utilizados para la generación de recursos como el aire comprimido, vapor, compresión de amoníaco para refrigeración, sistemas de enfriamiento, bombeo de agua, etc. Otra proporción aceptable

TABLA 1. USOS DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN MÉXICO [3].

USO	PORCENTAJE
Generación	3.9%
Residencial	22.7%
Comercial	7.6%
Agropecuario	5.9%
Industria y Minería	59.9%

Manuscrito recibido el 3 de agosto del 2005. Este trabajo es respaldado por impulso, revista de electrónica, eléctrica y sistemas computacionales.

Francisco G. Valenzuela Cázares  
email: frankgvc2000@yahoo.com.mx

Eduardo Romero A. actualmente esta en Dpto. de Ing. Eléctrica del Instituto Tecnológico de Sonora. Ave. Antonio Caso S/N Col. Villa ITSON; Ciudad Obregón, Sonora, México; C.P. 85130; (e-mail eromero@itson.mx).

Juan José Padilla Ybarra responsable del programa de maestría en ingeniería en administración de la tecnología del Instituto Tecnológico de Sonora Ave. Antonio Caso S/N Col. Villa ITSON; Ciudad Obregón, Sonora, México; C.P. 85130; Tel: (644) 4109000, ext. 1200; Fax: (644) 4109001; e-mail: jjpadilla@itson.mx.

de consumo eléctrico lo llevan a cabo los equipos electrónicos de control y comunicación. El conjunto de equipos antes mencionados conduce a pagos altos debido a la alta facturación de consumo y también a cobros elevados por demanda máxima.

## II. CONTROL DE LA DEMANDA

La CONAE [4], en la realización de sus estudios ha demostrado que se puede ahorrar sin inversión o bien con inversiones muy rentables, alrededor de 20% en el consumo de combustibles y energía eléctrica de casi cualquier instalación.

Una de las estrategias más recomendables para ahorrar en la facturación de energía con el menor costo es el control de la demanda, la cual consiste en encender la mínima cantidad de cargas posibles en las horas punta, esto con el fin de reducir los cobros por demanda máxima en la facturación de la energía eléctrica. Además también se consigue ahorro en el consumo en horario punta, ya que en este período aumenta hasta tres veces el valor del Kilowatt (kW) con respecto al horario intermedio [5].

A pesar de que el control de la demanda parezca sencillo, se requiere de un gran conocimiento de los distintos procesos y una interacción a fondo con las personas encargadas de los mismos, todo esto con el fin de no afectar en un momento dado la calidad o requerimientos del producto y/o procesos.

La CONAE [6], recomienda los siguientes pasos para controlar la demanda máxima:

- Conocer los horarios punta de acuerdo con la tarifa y región de suministro de energía eléctrica.
- Identificar las cargas eléctricas que operan en período punta y que son posibles de desconectar o trasladar su operación a horarios en donde el costo de energía sea menor que en punta.
- Determinar el tiempo y el horario en que ocurren los picos de demanda.
- Determinar la magnitud de la carga para poder tomar la decisión de restringir o diferir la operación de las cargas.
- Evitar el arranque y la operación simultánea de los motores y otros equipos eléctricos.
- Modificar los turnos de trabajo de tal manera que se utilicen menos equipos eléctricos durante el período punta.
- Emplear equipos de control manual o automáticos que limiten los niveles de demanda eléctrica principalmente en período punta.

El estudio de la energía eléctrica nos permite conocer la naturaleza de la misma, pero en las industrias es necesario la realización de estudios energéticos, con el fin de obtener áreas de oportunidad para el desarrollo de actividades de control.

## III. METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS ENERGÉTICOS

La relevancia del estudio energético en las empresas estriba básicamente en dos grandes objetivos: el primero es saber qué

tipo o comportamiento energético se tiene, es decir cuando entran las cargas más fuertes en una empresa y si éstas se presentan en los horarios punta, tratar de desplazar el encendido de las mismas a un horario de menor costo energético. La segunda cuestión y la más importante, es que, como resultado final del estudio se plantean áreas de oportunidad para ahorrar energía eléctrica.

En esta investigación en particular la metodología que se propone, tiene que sustentarse en la estructura seguida en los proyectos de ahorro de energía, misma que contempla implícitamente metodologías básicas en la elaboración de proyectos de inversión, que incluyen planeación, organización, dirección y control. De igual forma debe complementarse con pasos intermedios para llevar a cabo los proyectos de automatización necesarios. Adicionalmente debe de reforzarse con una etapa de estandarización, la cual básicamente contempla la modificación de instructivos, mismos que pueden ser de calidad, ambiental o seguridad industrial.

Debido a lo expuesto en párrafos anteriores, es evidente el gran esfuerzo que debe desarrollarse para realizar un estudio de esta naturaleza, pero por fortuna puede resumirse en los siguientes pasos.

### 1. Planificación del diagnóstico.

Por principios de cuenta se lleva a cabo la elaboración de un plan de actividades o cronograma, en que se definan los tiempos de realización de cada uno de los pasos que a continuación se mencionan. Se consolida el equipo de trabajo por parte de la empresa, la que será responsable de proporcionar los datos que sean requeridos.

### 2. Recopilación y revisión de datos

Es necesario una revisión de los recibos de energía eléctrica de por lo menos un año atrás y poner especial atención en datos como cobro por consumo, cobro por demanda máxima, cobros o bonificaciones por factor de potencia, tipo de tarifa contratada, entre otros. Por otra parte es necesario analizar también los datos de producción de la empresa.

### 3. Complementar trabajo preparatorio.

En esta parte ya se tiene una perspectiva de la empresa en estudio, de igual forma se cuenta con datos históricos suficientes.

### 4. Trabajo de campo y mediciones.

Esta etapa se basa en la realización de entrevistas, inspección de planta, mediciones no solo en el área eléctrica, sino también mecánica, térmica los procesos de distribución y los horarios de operación.

TABLA 2. CONSUMOS POR ÁREA EN CERVECERÍA [7].

Área	Consumo (kWh)
Sala de máquinas	14,783,734
Envasado	7,026,316
<b>Sistema Gral. de aguas (PRAE)</b>	<b>2,567,719</b>
Salas Frías	2,050,462
PTAR	1,683,974
Cocimientos	1,142,267
Oficinas Grales.	357,675
<b>TOTAL</b>	<b>29,612,147</b>

**5. Sistematización y análisis de datos.**

Los datos recopilados en el paso anterior, son analizados basándonos en horarios energéticos, parámetros eléctricos como factor de potencia, factor de carga, etc.

**6.- Identificación y análisis de oportunidades, y medidas de ahorro de energía.**

Se determinan las áreas de oportunidad y el tipo de control que se debe de realizar en cada una de ellas para lograr un ahorro de energía.

**7.- Elaboración de conclusiones con el personal de la empresa.**

Se analizan las áreas detectadas en el paso anterior, así como la acciones mencionadas anteriormente; todo esto con el personal de la empresa asignado que se mencionó anteriormente.

**8.- Elaboración del informe definitivo.**

Una vez estando de acuerdo personal que realiza el estudio y empresa, se lleva a cabo un informe detallado sobre la situación energética presente, identificación y cuantificación de las pérdidas, medidas correctivas propuestas, ahorro de energía y análisis económico.

**IV. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EN CEMONOSA**

En la búsqueda constante de un mejor control del consumo y a su vez poder identificar las posibles áreas de oportunidad dentro de CEMONOSA, se llevó a cabo un estudio energético, arrojando los siguientes resultados referentes a consumo de energía eléctrica por áreas en el año de 2003 (Tabla 2).

En la tabla anterior podemos ver que el sistema general de agua (PRAE) se sitúa en tercer lugar en cuestión de consumo eléctrico.

**V. DATOS DE ESTUDIO ENERGÉTICO PARA SISTEMA GENERAL DE AGUA.**

Como se planteó en la sección de “pasos para realizar un estudio energético”, se tienen que analizar cada una de las áreas y determinar la de oportunidad. Una de ellas fue la de sistema de aguas (PRAE), en la que su consumo eléctrico durante el 2003 se comportó de la siguiente manera:

En la gráfica anterior se puede observar claramente la fuerte relación que existe entre el agua extraída de los pozos con el consumo total del sistema general de aguas, ya que al momento de extraer una cierta cantidad de agua, que repercute en el encendido de los equipos de tratado, transportación y por su puesto una parte de la misma es recuperada.

Lo siguiente es analizar los subsistemas del sistema de aguas para identificar en cada uno de ellos con claridad las cargas más representativas, realizando un levantamiento de cargas. Posterior a esto, se elaboran a cabo propuestas de control en relación a estas cargas.

Así, como primera actividad se tomaron algunos de los datos sobre consumos de energía y de agua de extracción, con el fin de conocer más a fondo el sistema de estudio. Posterior a esto se realiza la planeación de las actividades que van a llevar a cabo.

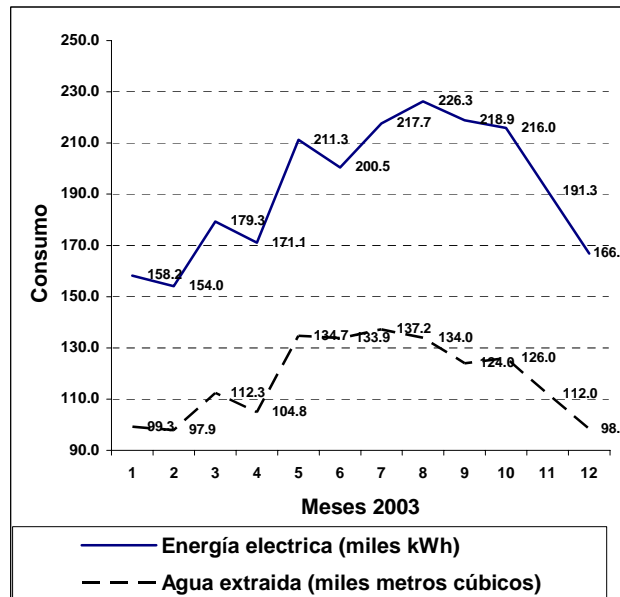


Fig. 1. Relación entre consumo eléctrico y agua extraída en sistema de aguas [7]

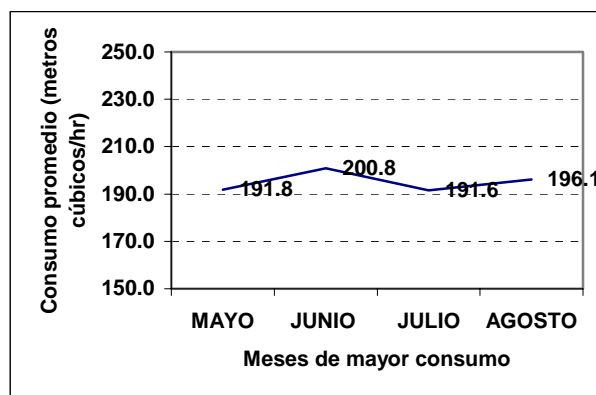


Fig. 2. Gasto promedio de extracción en el subsistema de pozos para los meses de mayor consumo (2003)

El indicador principal del sistema general de agua, como es la cantidad de agua de los distintos tipos por cada kilowatt de energía eléctrica que es consumido, pero para el estudio energético (cuidando seguir los pasos de descritos en la metodología) son necesario los indicadores por subsistemas, mismos que se describen a continuación,

**Subsistema de pozos**

En esta área se cuenta con cuatro pozos para tener un promedio de extracción de los pozos, se analizaron los meses de mayo a agosto del 2003, mismo que es el de mayor consumo por tener mayor producción de cerveza. El resultado fue el comportamiento de la gráfica de la figura 2.

**Subsistema de tanque elevado.**

La cisterna de agua general cuenta con cinco bombas, estas se utilizan para proporcionar agua a la red de tuberías que distribuye agua de servicios y a un tanque elevado, mismo que

cuenta con un arreglo que proporciona agua apoyándose de la gravedad, en caso de no estar encendida ninguna bomba.

#### **Planta de electrodiálisis inversa (PEDR)**

El sistema cuenta con tres plantas de tratado de la marca Ionic's AQUAMITE, de las cuales cada planta cuenta con un procesador lógico programable (PLC), mismo que es el encargado de todas las operaciones de control de la planta, además le proporciona datos de visualización y control al usuario.

A excepción de los voltajes de operación de las etapas, donde el control es totalmente manual, de acuerdo a los voltajes aplicados en cada torre es la cantidad de sales que se remueve del agua tratada. La capacidad de tratado de cada una de las tres plantas es de 48 m<sup>3</sup>/hr y alimentan una cisterna de agua dializada con una capacidad de almacenamiento de 1200 m<sup>3</sup>.

#### **Subsistema tanque elaboración**

Esta área es muy similar a la CAG en cuanto a modo de operación y controles. La cisterna de agua dializada cuenta con cuatro bombas, que se utilizan

para proporcionar agua a un tanque de elaboración mismo que cuenta con un arreglo que proporciona agua apoyándose de la gravedad, en caso de no estar encendida ninguna bomba.

En el área de agua elaboración se unen para este análisis las plantas de tratado con las bombas de envío para tanque elevado. También es representativo en esta sección el consumo de cada una de las tres plantas de tratado si lo vemos como un sólo equipo.

#### **Planta recuperación agua envasado.**

Incluye todos y cada uno de los equipos que demanden energía eléctrica de la planta de recuperación agua envasado (PRAE).

Se determinó que los equipos de mayor consumo en PRAE son las bombas necesarias para transportación entre procesos, seguidas de los ventiladores en torres de enfriamiento.

## VI. ANALISIS Y PROPUESTAS DE ACCIONES DE CONTROL DE LA DEMANDA

Una vez identificados los equipos de mayor consumo en cada una de las áreas se procede a describir las distintas acciones realizadas en cada una de las etapas del proceso general de aguas y las consideraciones previas que llevaron a realizar dichas modificaciones. Las necesidades a resolver para cada una de las etapas, son como ya se ha mencionado el ahorro en el cobro por energía eléctrica, siendo los medios de ahorro la reducción del consumo y el control de la demanda máxima. Para un mejor entendimiento, se desglosarán por cada uno de los subsistemas anteriormente mencionados.

#### **Area de pozos**

De acuerdo al historial en el consumo de agua del 2003, se tiene un gasto promedio de alimentación a cisterna de agua general (CAG) de 183.3 m<sup>3</sup>/hr, pero en los meses de mayor producción (Mayo, Junio, Julio, Agosto), mismos que coinciden con el horario de verano donde se establece el horario punta, el promedio de gasto aumenta a 200 m<sup>3</sup>/hr, por lo que sobre la base de un acuerdo con operación y personal de proyectos se maneja un gasto promedio de 220 m<sup>3</sup>/Hr.

Como ya se ha mencionado la cisterna que alimentan los pozos cuenta con una capacidad de operación de 2300 m<sup>3</sup>, tomando en consideración esto se hizo una corrida de almacenamiento semanal parando todos los pozos en horario punta en dos ocasiones durante la semana, en los demás horarios punta sombreados se puede ver que se considera el encendido de un pozo con el fin de mantener nivel.

Se escoge realizar los cálculos con el pozo 2 como pozo encendido en horario punta ya que tiene un gasto abajo del promedio para el peor de los casos. Además, este pozo en conjunto con el pozo 1 cuentan con un permiso en volumen de extracción mayor y en un momento dado se evitarían problemas de extraer más agua de la establecida en el permiso. En los horarios fuera del punta se consideran encendidos los cuatro pozos con los que se cuenta. Los resultados de la corrida se muestran en la tabla 4.

TABLA 3. CARGAS MÁS REPRESENTATIVAS PARA AGUAS DE SERVICIOS.

EQUIPO	POTENCIA HP	POTENCIA kW	HRS. PROM. SEMANA	kWh TEORICOS	kWh MEDIDOS
Pozo profundo Num.2	60.00	44.76	121.50	5,438.34	
Pozo profundo Num.1	60.00	44.76	108.47	4,854.97	
Pozo profundo Num.4	60.00	44.76	78.10	3,495.76	
Pozo profundo Num.3	60.00	44.76	75.50	3,379.38	
Bomba 3 C.A.G.	30.00	22.38	89.85	2,010.84	
Bomba 4 C.A.G.	30.00	22.38	63.23	1,415.01	
Bomba 2 C.A.G.	15.00	11.19	114.21	1,278.01	
Bomba 5 C.A.G.	30.00	22.38	9.12	204.11	
Destructor de Ozono.	0.50	0.37	148.33	55.33	
Generador de Ozono # 1.	0.33	0.25	46.67	11.59	
Bomba 7 C.A.G.	15.00	11.19	0.73	8.21	
Compresor de Aire.	5.00	3.73	0.00	0.00	
			Total	22,151.54	17,853.00



### Área de tanque elevado

Las bombas encargadas de suministrar agua al tanque elevado basan su encendido en el nombramiento de una bomba líder misma que es la primera en arrancar al momento de disminuir el nivel de agua en tanque elevado por debajo de un valor establecido (segunda columna de la tabla 6), en caso de bajar más el nivel por debajo de un segundo valor también definido, se enciende una segunda bomba llamada seguidor 1 y así sucesivamente hasta llegar a seguidor 7.

Debido a que cuenta con un consumo fijo y existen eventos variables que provocan que baje el nivel de tanque elevado de forma acelerada. Estos provocan el encendido de varias bombas de forma casi continua, a consecuencia de los valores tan cercanos entre el encendido de una bomba y otra.

Para evitar este tipo de problemas se propone el encendido de una bomba líder a un valor menor que el actual mismo que sería de 75%, la siguiente bomba (seguidor 1) a encender sería a un nivel de 65 % y así los demás seguidores como se muestra en la tercera columna de la tabla 6.

Una vez que este encendida la bomba líder y una o más de las bombas seguidores; éstas últimas dejaran de funcionar cuando el nivel supere el valor de encendido de bomba líder, es decir, cuando el nivel este por encima de 75%. Así sólo la bomba líder seguirá operando tratando de mantener el nivel de tanque elevado.

En pruebas realizadas, se pudo observar que para bajar un 25% del volumen actual de operación del tanque elevado es necesario que transcurran alrededor de 24 minutos. Lo anterior nos indica que previo un nivel adecuado de tanque (aprox. 75% de capacidad) fácilmente podríamos prescindir de las bombas de CAG por un intervalo de 20 minutos en lo que baja el valor de demanda máxima sin ningún problema ya que nos llevaría a un nivel de 50%. Todo con el fin de evitar un cobro elevado por demanda máxima.

Por otra parte, analizando la parametrización del tanque elevado se puede observar que es posible aumentar la capacidad de almacenamiento del tanque elevado en un 21%, esto elevando el umbral de paro de las bombas a 95 % y a su vez aumentar el nivel de llenado al 100% de 6.0 m. de nivel de agua que tiene actualmente a 7.0 m. Con solo este volumen ganado de 35.75 m<sup>3</sup>, es posible parar las bombas aproximadamente 10.8 minutos en los días con máxima producción (gasto de 200 m<sup>3</sup>/hr).

TABLA 6. VALORES ACTUALES/PROPUESTOS DE ENCENDIDO DE BOMBAS PARA LLENAR TANQUE ELEVADO.

Equipo a encender	Nivel (Actual)	Nivel (Propuesto)
Bomba líder	85%	75%
Bomba Seguidor 1	82%	60%
Bomba Seguidor 2	78%	50%
Bomba Seguidor 3	75%	45%
Bomba Seguidor 4	70%	40%
Bomba Seguidor 5	60%	35%
Bomba Seguidor 6	50%	30%
Bomba Seguidor 7	45%	25%

### Planta de electrodiálisis inversa

Debido a que dichas plantas trabajan en conjunto con cada una de sus cargas y son diseños sumamente probados, la realización de una mejora debe ser muy cuestionable.

De acuerdo al historial en el consumo de agua del 2003, nos da un gasto promedio de extracción a cisterna de agua dializada (CAD) de 91.66 m<sup>3</sup>/hr, pero en los meses de mayor producción (Mayo, Junio, Julio, Agosto), mismos que coinciden con el horario de verano donde se establece el horario punta el promedio de gasto aumenta a 99.0 m<sup>3</sup>/hr, por lo que sobre la base de un acuerdo con operación y personal de proyectos manejar un gasto promedio de 105 m<sup>3</sup>/Hr.

La cisterna de agua dializada cuenta con una capacidad de operación de 1200 m<sup>3</sup>, tomando en consideración esto se hizo una corrida de almacenamiento semanal, tomando las consideraciones que en las corridas anteriores con los pozos. En los horarios punta requeridos se enciende cualquiera de las plantas ya que las tres tienen el mismo gasto. Se considera que fuera de los horario punta las tres plantas se encuentran operando correctamente.

También el día Lunes antes del primer horario punta que es a las 13:00 hrs, se considera que durante el fin de semana se recuperó nivel y la cisterna tiene el 100% de almacenaje, después de las 4.5 hrs. que dura el horario punta no se mantiene ninguna planta encendida y se sale de este horario con un volumen de 727.5 m<sup>3</sup>, posterior a esto son 2.5 hrs. en que se trabajan las 3 plantas para recuperar nivel antes de entrar al segundo horario de energía del día el cual dura 3.5 hrs.

Al salir de este segundo horario de energía en el que se prende una planta para que no baje tanto nivel, así se puede ver el comportamiento durante la semana. Posterior a esto se lleva a cabo una segunda corrida, sólo que esta vez se considera que el apagado de los equipos será de forma automática, motivo por el cual no es necesario apagar los equipos 15 minutos antes por parte de operación, como se hace actualmente de forma precautoria. Si no que el mismo sistema de control los desconectará 5 minutos antes, siempre y cuando las condiciones de operación lo permitan. La conexión de los equipos será 5 minutos después, y no los 15 minutos que se trabajan actualmente al igual que en el proceso de desconexión.

Es notable la mejoría en cuanto a encendido de plantas en horario punta durante la semana, más sin embargo, al igual que el control de los pozos son necesarias ciertas restricciones:

- Que la CAD cuente con al menos 900 m<sup>3</sup> de agua, a la entrada de horario punta de 13:00 a 17:00 y de 800 m<sup>3</sup> en horario de 19:00 a 23:00 hrs, esto cuando se requieran apagar todas las plantas.
- Que se encuentre en modo automático sistema de control de demanda por parte de operación.

### Área de tanque elaboración

Esta etapa es muy similar a la que se tiene en la CAG, solo que aquí se cuenta con solo cuatro bombas. Mismas que proveen agua dializada a un tanque llamado de elaboración con una capacidad de operación de 46 m<sup>3</sup>.

TABLA 7. VALORES ACTUALES/PROPUESTOS DE ENCENDIDO DE BOMBAS PARA LLENAR TANQUE ELABORACIÓN.

Equipo a encender	Nivel (Actual)	Nivel (Propuesto)
Bomba líder	75%	75%
Bomba Seguidor 1	70%	60%
Bomba Seguidor 2	65%	50%
Bomba Seguidor 3	60%	45%

Estas bombas se basan para su encendido en una bomba líder al igual que en CAG, teniendo una rutina de control con una lógica idéntica. Los valores de encendido actuales y propuestos se engloban en la tabla 7.

En este tanque el consumo es muy variado debido a que el principal proveedor es casa de cocimientos, donde se llenan las ollas para preparar el mosto, se vio que el macerador es el equipo que más consume agua en un evento, siendo de aproximadamente 20 m<sup>3</sup>. De acuerdo a lo anterior, se cambio la lógica de control para que la bomba “seguidor 1” arranque por debajo de 60 %, ya que con respecto a la capacidad de operación en almacenaje hay una tolerancia de 27.6 m<sup>3</sup>, lo cual es suficiente para absorber un evento como el de macerador y con esto tratar de mantener encendida solo una bomba con el fin de evitar encendidos de bombas por tener valores de encendido muy próximos entre si.

**Planta recuperación agua envasado**

Como parte de las modificaciones en esta sección se comprende la automatización de las torres de enfriamiento basándonos en la temperatura del agua de salida, esto se llevará a cabo mediante la instalación de dos elementos sensores de temperatura de tipo RTD, uno para cada de las torres de enfriamiento. Dependiendo de los valores de temperatura para apagado y encendido de los ventiladores definidos en la computadora que se encuentra en la oficina de este proceso. De tal forma que las temperaturas serán definidas por el usuario.

Así, se espera que al momento de bajar la temperatura por un cierto tiempo de un valor definido por operación, el sistema apague el ventilador correspondiente y con esto tener un ahorro en el consumo de energía eléctrica. Por otra parte, el sistema contará con alarmas de tipo visual en computadora en caso de que temperatura exceda de un valor establecido.

Otra de las acciones de control involucran la cisterna de agua filtrada, donde se utilizan bombas para el envío de agua hacia lavadoras de envasado, allí mismo se cuenta con una bomba de 40 HP de capacidad, la cual es utilizada la mayoría del tiempo. Dicha bomba debe mantener una presión en la línea de agua de alrededor de 70 libras, para tener controlada la presión se cuenta con una válvula de desfogue de agua hacia la misma cisterna; revisando los gráficos de historiales se puede observar que la válvula reguladora en la mayoría del tiempo se encuentra abierta al 100 %, además que en ocasiones comenta operación se tiene que ayudar abriendo una válvula de “bypass” manual con la que se cuenta. Por lo que en esta etapa se instalará un variador de frecuencia con el fin de regular el motor y no estar bombeando agua que al final se regresa a la misma cisterna al cuando se encuentra la reguladora abierta completamente. Al tener el variador, este disminuirá sus

revoluciones al aumentar la presión del sistema y a su vez aumentará las revoluciones al disminuir dicha presión.

VII. RESULTADOS

Una evaluación de los resultados obtenidos se expone a continuación, analizando el comportamiento total del sistema de general de aguas basándonos en la cuestión energética. Bajo ese contexto, la figura 3 muestra el comportamiento de la demanda en el sistema de aguas antes y después del estudio energético. También es posible apreciar como el consumo de energía eléctrica en el sistema aumenta en los horarios intermedios y disminuye en los horarios punta, lo cual se refleja en ahorro en cobro de energía eléctrica, ya que como se ha mencionado el costo de ésta en horario punta es hasta tres veces mas el costo en horario intermedio. De igual forma se tiene un ahorro considerable en cuestión de cobro por demanda máxima en horario punta. Donde una disminución en la carga total de la planta de 100 HP repercute aproximadamente un ahorro de \$50,000 pesos en el periodo de verano.

Para analizar el ahorro económico en el sistema de aguas en forma global, nos vamos a basar en el desglose de aportaciones de la tabla 8, donde además se visualiza la aportación promedio de cada área de oportunidad, tanto para demanda máxima, como la energía eléctrica que es consumida fuera de horario punta.

Así, considerando un disminución de 162.34 kWh de nuestra demanda eléctrica máxima, tenemos un ahorro en cobro por demanda máxima calculado de \$21,495.30 para el mes de Junio 2004. Para el caso de energía eléctrica consumida en el mes fuera de horario punta se tiene un ahorro de \$22,040.83 para el mismo mes. Teniendo en cuenta que el sistema general de aguas en el mes de Junio tuvo un cobro por energía eléctrica de \$221,695.57 y siendo la suma de los ahorros anteriores igual a \$43,536.13 pesos. Lo cual, viene a representar un ahorro porcentual del 19.64% en el cobro por energía eléctrica en el mes de Junio de 2004.

En lo que respecta a eficiencia, el consumo eléctrico representa un 13.66% del total de gastos para el sistema general de aguas. La eficiencia se ve mejorada con estas acciones de control en un 2.68 % total como sistema de aguas. Que por los volúmenes de agua tratados impacta en una mejoría considerable en los indicadores departamentales.

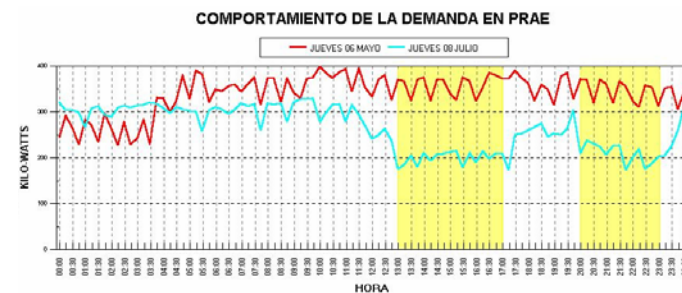


Fig. 3. Comparativo consumo antes y después de implantación de control (JUNIO 2004).

TABLA 8. APORTACIÓN POR AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR ÁREAS.

Área	Aportación (HP horario punta)	Aportación (kW horario punta)	Energía consumida fuera de punta. (kWh)	Observaciones (Equipos que paran)
Pozos	120.00	89.52	12532.80	2 pozos fuera.
CAG	30.00	22.38	3133.20	1 bomba promedio.
PEDR	47.61	35.52	4972.39	1 planta fuera.
CAD	15.00	11.19	1566.60	1 bomba promedio.
PRAE	5.00	3.73	522.20	Abanicos de torres.
<b>TOTAL</b>	<b>217.61</b>	<b>162.34</b>	<b>22727.19</b>	

Por último, al evaluar el tiempo dedicado por operación a realizar los recorridos por los distintos procesos, ya que gracias a la infraestructura de red establecida se pudieron concentrar los datos de equipos remotos en una computadora central. Se puede mencionar que antes se llevaban a cabo aproximadamente cuatro recorridos por turno para el levantamiento de variables y revisión de estado de los equipos con una duración de aproximadamente 15 minutos. El nuevo sistema les permite la visualización en pantalla de estos datos trayendo consigo un ahorro en dos de los recorridos por campo, con una disminución total de veinte minutos en promedio de lo habitual. Esto representa un ahorro en cuestión de tiempo del 33.33 % el cual podrían utilizar para adentrarse más en el funcionamiento de sus equipos y poder proponer mejoras a los mismos.

## VIII. CONCLUSIONES

En esta investigación se planteó una metodología genérica para elaborar estudios energéticos basada en la estructura seguida en los proyectos de ahorro de energía: como se pudo notar a lo largo de este artículo, se contemplan implícitamente técnicas empleadas en proyectos de inversión, que incluyen planeación, organización, dirección y control.

Esta metodología de estudios de energía eléctrica se complementó con pasos intermedios para llevar a cabo acciones de automatización con el fin de disminuir el consumo de energía eléctrica.

Es bien sabido que es imposible controlar algo si no se es medido, debido a esto, la base de los estudios energéticos está en la medición y análisis del comportamiento en el consumo energético de la planta en cuestión. Es muy notorio, de acuerdo a los resultados la efectividad de los estudios energéticos. Ya que nos ayudan a detectar las áreas de oportunidad y poder enfocarnos a las mismas.

Una vez detectadas las áreas de oportunidad, en la mayoría de ellas es posible la implantación de un control de demanda máxima, en el cual se busque encender el mayor número de cargas fuera del horario punta y con esto, encender el menor número de cargas dentro del mismo, con esto no sólo genera ahorro por cobro de demanda máxima en horario punta, sino que como ya se mencionó el costo de la energía eléctrica en este horario es tres veces mayor.

La propia integración de equipos de control deja abierta la posibilidad para proyectos futuros que aumentarían más la productividad al poder concentrar datos operativos (no sólo energéticos), es decir, gracias a la infraestructura establecida es posible concentrar en una sola unidad de monitoreo y control todo el sistema de aguas y desde allí obtener datos de estos, con ello el personal de operación se evita algunos recorridos por los distintos procesos, utilizando este tiempo en otras actividades propias del sistema.

Al aplicar la metodología en el sistema de aguas de la empresa cervecera, pudo apreciarse que el desarrollo del trabajo se enfocó en la integración de los distintos procesos del sistema general de aguas. Gracias a esto se logró una mayor eficiencia en la adecuación de agua y además, un ahorro considerable en el consumo de energía eléctrica.

## REFERENCIAS

- [1] Jiménez, B. 2002. Contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada. Segunda edición. Editorial LIMUSA, S.A. de C.V. México, D.F. pp 33-39, 63-612.
  - [2] Anónimo. (2002). Secretaría de energía. Energía en México. ([http://www.cna.gob.mx/publicaciones/estadisticas03/2\\_Usos\\_agua\\_infraestructura.pdf](http://www.cna.gob.mx/publicaciones/estadisticas03/2_Usos_agua_infraestructura.pdf)).
  - [3] Anónimo. (1997). Comisión federal de electricidad. Energía en México. ([http://www.conae.gob.mx/work/secciones/1357/imagenes/Informacion\\_control\\_demanda.pdf](http://www.conae.gob.mx/work/secciones/1357/imagenes/Informacion_control_demanda.pdf)).
  - [4] Comisión nacional para el ahorro de energía (1997). Control de la demanda eléctrica. ([http://www.conae.gob.mx/work/secciones/1357/imagenes/Informacion\\_control\\_demanda.pdf](http://www.conae.gob.mx/work/secciones/1357/imagenes/Informacion_control_demanda.pdf)).
  - [5] Anónimo. (2004). Comisión federal de electricidad. Precios de las tarifas eléctricas.
  - [6] Comisión nacional para el ahorro de energía (2003b). Recomendaciones para controlar la energía eléctrica.
- Grupo de trabajo "Energía". (2003). Diagnóstico energético en Cervecería Modelo del Noroeste, S.A. de C.V.

**Francisco G. Valenzuela Cázares** candidato al grado de Maestro en Ingeniería en Tecnología Eléctrica en el Instituto Tecnológico de Sonora. Ha tomado cursos de automatización, redes de PLC, ISO 9000 e ISO 14000. Actualmente labora como supervisor en Cervecería Modelo del Noroeste, donde ha participado en diversos proyectos de automatización, control distribuido y de ahorro de energía.

**Eduardo Romero Aguirre** obtuvo el grado de Ingeniero en Electrónica opción Instrumentación en el Instituto Tecnológico de Orizaba en 1995 y el grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica en el área de Sistemas



Digitales, en el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico - CENIDET de Cuernavaca, Morelos, México en 1999. Ha realizado diversos proyectos relacionados con sistemas de adquisición de datos. Actualmente labora como profesor/investigador de tiempo completo en el Departamento de Ingeniería Eléctrica del Instituto Tecnológico de Sonora y es profesor con perfil PROMEP.

**Juan José Padilla Ybarra**, Investigador Nivel I – SNI. Egresó del Instituto Tecnológico de Sonora en 1991 como Ingeniero Electrónico, en 1995 obtuvo el grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Bioelectrónica en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN. En 1999 obtuvo el grado de Doctor del INPL con especialidad en Automatización y Procesamiento Digital de Señales en el Instituto Politécnico Nacional de Lorena, Francia. Desde 1993 hasta la fecha se ha desempeñado como Profesor de Tiempo Completo del Instituto Tecnológico de Sonora en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.