

■ ANTECEDENTES

La empresa Jugos del Valle, S.A. de C.V., pertenece a la rama industrial alimenticia y su giro principal es la producción de jugos, néctares y bebidas de frutas naturales, en una diversidad de sabores y presentaciones. Su planta Tepotzotlán se encuentra ubicada en Av. Insurgentes No. 30, Barrio de Texcacoa, en Tepotzotlán, Edo. de México. Produce en promedio 11,000 m³ mensuales laborando tres turnos de trabajo.

La planta está compuesta por las siguientes secciones:

- Area de concentrados.
- Area de jarabe.
- Area de preparación.
- Area de soplado.

- Area de envasado (botella, frutsi, galón y brick).
- Area de servicios y fuerza (vapor, bombeo de agua de servicios, distribución eléctrica y generación de agua helada).
- Planta de tratamiento de aguas residuales.
- Otros (almacén y embarque, oficinas administrativas e ingeniería, talleres y baños).

La planta recibe energía eléctrica de una acometida en 23 kV y cuenta con 4 transformadores: 1 de 2,000 kVA, 2 de 1,500 kVA y 1 de 1,000 kVA. La tarifa en que se encuentra conectada la empresa es HM y tiene los siguientes consumos de energía eléctrica:

Concepto	Valores promedio mensuales
Demanda máxima promedio mensual (kW)	2,394
Consumo de energía eléctrica promedio mensual (kWh)	1,066,148
Facturación eléctrica mensual, (\$)	479,270.00
Factor de carga (%)	61.85

DESCRIPCION DEL PROCESO

La primera etapa del proceso consiste en obtener la pulpa de las frutas, para lo cual éstas se seleccionan, enjuagan, escaldan y muelen, depositando finalmente la pulpa en tambos.

La pulpa puede ser enviada directamente a las pailas para su preparación o dirigida al concentrador para que obtenga condiciones adecuadas de enfriamiento y luego se deposite en cámaras de congelación externas a la planta, en donde se mantienen hasta que se necesitan; cuando esto ocurre, se inicia la descongelación de los tambos colocándolos al sol, después se rehidrata el concentrado en pailas, bombeándolo luego a pilas de preparación, en donde se le adiciona agua, jarabe, conservadores y vitaminas, con lo que queda preparado el jugo.

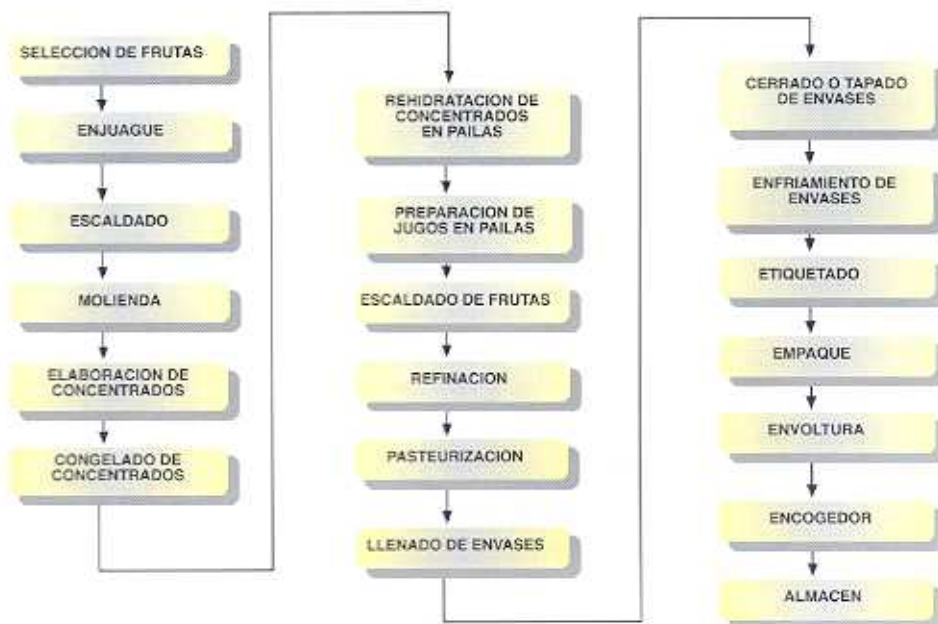
Una vez aprobada la calidad del jugo pasa al refinador, luego al homogeneizador, y posteriormente se pasteuriza mediante un choque térmico producido con el vapor generado en el cuarto de máquinas y con agua helada

proveniente del cuarto de chillers.

El siguiente paso es el envasado en botellas de vidrio, polietileno o en tetrapack.

Los productos envasados en polietileno y tetrapack no requieren enfriamiento adicional, por lo que se envían directamente al proceso de empaque y almacenado. Los productos embotellados pasan por túneles de enfriamiento, donde a la salida son etiquetados, empacados, envueltos, encogidos y almacenados.

DIAGRAMA DE PROCESO



DIAGNOSTICO

La empresa realizó un diagnóstico energético de segundo nivel con sus propios recursos, para lo cual se estipularon las siguientes estrategias:

- Determinar el grado de eficiencia en la utilización de la energía eléctrica en los principales equipos, sistemas y procesos productivos.

- b) Identificar las medidas de ahorro de energía eléctrica.
- c) Calcular los potenciales de ahorro de energía eléctrica.
- d) Analizar desde el punto de vista energético, los procesos productivos de la empresa.
- e) Especificar las medidas de inversión de plazos inmediato, corto y mediano, así como la rentabilidad de cada medida propuesta, con base en los ahorros de energía eléctrica obtenidos.

■ AREA DE OPORTUNIDAD

Una vez concluido el diagnóstico energético de segundo nivel en las instalaciones de Jugos del Valle, se encontraron las siguientes áreas de oportunidad:

Optimización del sistema de refrigeración en el proceso de soplado

La planta cuenta con 12 máquinas sopladoras de plástico para la fabricación de su envase, las cuales requieren en forma permanente de agua helada para el enfriamiento de los moldes.

Para llevar a cabo el enfriamiento, se cuenta con 4 compresores tipo tornillo de 125 HP cada uno, que comprimen amoníaco y los cuales están equipados con sistemas de intercambio de calor de casco y tubo, condensadores evaporativos y sistemas de bombeo para la recirculación de agua helada.

Los equipos se operan en forma manual, por lo que se propuso la instalación de un sistema de control electrónico, que permita la re-

gulación en la producción de la energía frigorífica en función de las máquinas que realmente están operando, ya que en ocasiones los compresores trabajan en forma simultánea, conjuntamente con 4 bombas de agua helada de 40 HP cada una, aún cuando sólo operen 1 ó 2 máquinas sopladoras.

El sistema de control propuesto, permitirá trabajar exclusivamente con las necesidades reales de energía frigorífica mediante el censo de la temperatura real de retorno de agua helada, es decir, si el agua retorna con casi la misma temperatura a la que se mandó al proceso, es posible trabajar con menos compresión de amoníaco y menos potencia en los sistemas de bombeo.

En el caso de las bombas de agua helada, se propuso la instalación de un variador de velocidad para modular el gasto de agua de alimentación a las mismas máquinas, lo cual permitirá operar a dicha bomba a un 60 % de su capacidad.

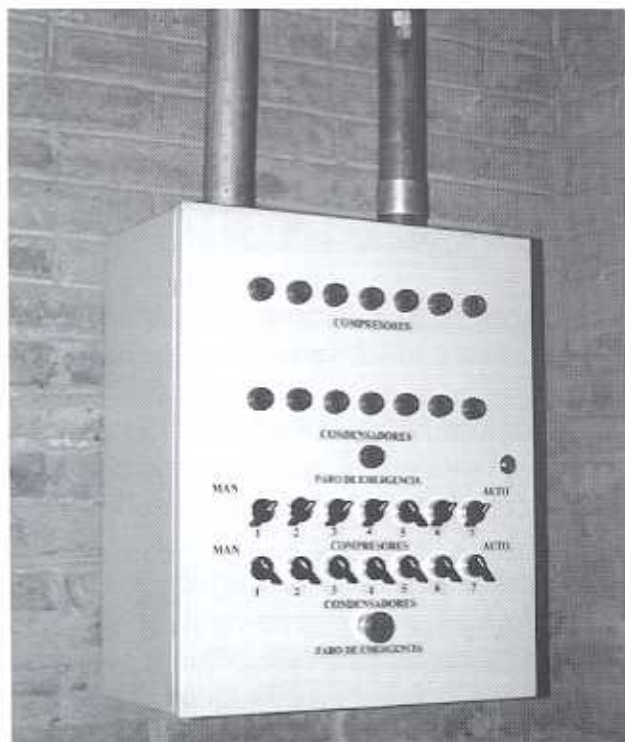
Con la aplicación de ésta medida se tendrá un ahorro de energía eléctrica de 169,308 kWh/año, un ahorro en demanda de 9.86 kW, así como un ahorro económico de \$80,433.22 anuales, lo que permitirá recuperar la inversión en 2.03 años.

Sustitución de motores convencionales por motores eléctricos de alta eficiencia

De los motores eléctricos instalados en la empresa, se seleccionaron para el diagnóstico energético aquellos con el mayor número de horas de operación al año, con más antigüedad así como con el mayor número de reembobinados a lo largo de su vida. Se analizó la posibilidad de sustituir 22 motores eléctricos por motores eléctricos de alta eficiencia, los cuales son diseñados y fabrica-

dos para operar con menos pérdidas mediante la utilización de acero de mejores propiedades magnéticas y con laminaciones más delgadas, logrando reducir las pérdidas por histéresis y por corrientes parásitas, empleando un acero con alto contenido de silicio, así como conductores eléctricos de mayor calibre, reduciendo las pérdidas debidas al efecto Joule. Estos motores también cuentan con ranuras mejor diseñadas, mejor sistema de aislamiento, rodamientos de mejor calidad para reducir las pérdidas por fricción, un ventilador de enfriamiento más eficiente, así como un aluminio de mejor calidad en el rotor.

Los beneficios por la sustitución de motores convencionales por los de alta eficiencia son un ahorro en energía eléctrica de 203,193.40 kWh/año, de 25.33 kW en demanda y un ahorro económico de \$107,700.00 anuales, lo que permitiría recuperar la inversión en un tiempo de 2.94 años.



Optimización del sistema de iluminación

A través del estudio realizado en la planta, del levantamiento de equipos y mediciones de flujo luminoso en las diferentes áreas, se determinó que en las oficinas y en los talleres se presentan importantes potenciales de ahorro de energía eléctrica.

El sistema de alumbrado en esas áreas se compone de lámparas fluorescentes de 2 x 75 W, de los cuales se seleccionaron un total de 247 gabinetes para sustituirlos por lámparas de 2 x 32 W con lámparas fluorescentes de alto rendimiento y que operan con los mismos gabinetes, con balastro electrónico y reflector especular de aluminio, incrementando en algunos casos el flujo luminoso actual. Asimismo, se seleccionaron 194 luminarios de 2 x 39 W para ser sustituidos por sistemas de 1 x 32 W, desplazando la mitad de la carga instalada actual de estos sistemas, incluyendo también balastro electrónico y reflector especular de aluminio, y manteniendo el mismo flujo luminoso.

La realización de éste proyecto implicará un ahorro de energía eléctrica de 167,102.88 kWh/año, un ahorro en demanda de energía eléctrica de 26.68 kW, así como un ahorro económico de \$92,915.80 anuales, lo que significará recuperar la inversión en un tiempo de 2.55 años.

Optimización del sistema de almacenamiento de agua helada (Thermal storage).

De acuerdo a las características del proceso de la empresa, se hace imprescindible el lavado de los equipos de pasteurización para mantener las condiciones sanitarias y la correcta elaboración de sus productos. La generación de agua helada en la planta de Juegos del Valle se realiza mediante un ciclo de

refrigeración por compresión, pero no se cuenta con sistemas de almacenamiento de energía frigorífica.

En cada corrida de producción se deben llevar a cabo lavados en los sistemas de pasteurización, o en algunas ocasiones, cuando existen paros imprevistos en el suministro de energía eléctrica, es necesario llevarlos a cabo para mantener las condiciones biológicas y sanitarias dentro de las normas de calidad establecidas por la empresa. Dado lo anterior, se observó que los sistemas de generación de agua helada tienen enormes dispendios de energía eléctrica.

Con base en el diagnóstico energético realizado, se propuso que en lugar de hacer trabajar la planta enfriadora durante los períodos en los cuales las líneas de producción operan, se puede almacenar energía frigorífica mientras se llevan a cabo los lavados de los equipos, con las siguientes ventajas:

- a) Fuerte reducción en la capacidad de compresión del sistema de enfriamiento.
- b) Consumo de energía escalonado.
- c) Reducción de la demanda máxima en el horario punta.
- d) Mayor confiabilidad en la producción, ya que la energía frigorífica proviene de 2 fuentes: un sistema dinámico (planta enfriadora) y un sistema estático (tanque de acumulación).

La acumulación térmica de energía frigorífica propuesta utilizaría agua helada y hielo, basándose, en el caso de agua helada, en el calor sensible entre los 2 niveles de temperatura, y en el del hielo, en el calor latente del cambio de fase de sólido a líquido. La

disminución en la facturación eléctrica se basa en la utilización de un sistema de mayor eficiencia que está equipado con un sistema de intercambiador de calor a base de placas de alta eficiencia, en lugar de los chillers que actualmente están enfriando el agua de proceso, los cuales son 5 equipos bastante viejos que operan con un nivel de eficiencia muy bajo, por lo que se puede utilizar un sistema de almacenamiento de agua helada, en donde el equipo de más alta eficiencia sea el que suministre la energía frigorífica requerida en el proceso productivo, sin afectar las condiciones actuales ni la calidad del producto elaborado.

Los ahorros de energía por la implementación del sistema propuesto serían de 245,257 kWh/año de consumo, lo que equivale a un ahorro económico de \$141,023.00 anuales, presentando un tiempo de recuperación de la inversión de 2.37 años.

Administración de la energía y control de la demanda máxima.

El conocimiento de las fluctuaciones en la demanda de potencia eléctrica es de gran utilidad para definir las posibilidades de administración y control de la misma; con un control adecuado de cargas es posible realizar las mismas actividades productivas reduciendo los picos de demanda; las demandas máximas medidas en los distintos períodos se determinan mensualmente por medio de instrumentos de medición que indican la demanda media en kW, durante cualquier intervalo de 15 minutos del período en el cual la demanda sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el período de facturación correspondiente.

Para evaluar el comportamiento de la demanda en la planta, se requirieron las esta-

dísticas de los consumos de energía eléctrica y del comportamiento de los equipos y se realizaron mediciones de los parámetros de operación en la subestación principal, así como en los equipos más representativos de la planta. Se observó que existe una demanda eléctrica muy variable durante cada turno y en el mes, por lo cual se propuso la implementación de un control de demanda eléctrica que incluye un software de administración y manejo de energía, el cual desarrolla las estrategias de control de la demanda y rolado de cargas para 15 equipos diferentes, tomando la señal de pulsos del medidor de la compañía suministradora de energía eléctrica, integrando su señal al controlador de aplicación específica que reportará a una computadora los valores de demanda que se vayan teniendo a lo largo del día de operación. Con base en esta información, se pueden generar curvas de comportamiento de cargas, a partir de las cuales se pueden tomar decisiones vía programación y cortar o delimitar el valor de la demanda de acuerdo a un valor fijado inicialmente.

Los beneficios por la instalación del control de demanda en la planta serían: una reducción en la demanda máxima facturable de 95.53 kW, lo que representaría un ahorro económico de \$70,945.31 anuales para la



empresa, con un tiempo de recuperación de 1.92 años.

Reducción de temperatura de proceso

La pasteurización consiste en un proceso térmico en el cual existe una variación abrupta de temperatura, que permite destruir la totalidad de los agentes microbianos patógenos. Se estudiaron las combinaciones de tiempo y temperatura óptimos para conseguir este objetivo y se observó que las temperaturas reales de operación con las que se están programando los equipos son mayores a las especificadas originalmente en los registros de la planta. Dado lo anterior, se recomendó ajustar las temperaturas de operación a los valores especificados originalmente en sus registros de proceso, lo que significaría reducir la temperatura de pasteurización en 3°C, logrando reducir la energía eléctrica en el proceso de compresión del refrigerante que se utiliza para generar enfriamiento, así como una reducción de energía térmica para calentamiento, lo que presenta un beneficio en ahorro de energía eléctrica de 127,711 kWh/año y un ahorro económico de \$50,957.00 anuales, con una inversión nula.

Eliminación de infiltraciones en cámaras de refrigeración.

Las cámaras frías están equipadas con cortinas aislantes, que permiten minimizar las infiltraciones de aire caliente; sin embargo, en los periodos en los cuales se mantienen las puertas abiertas, se ocasionan pérdidas de frío considerables y con ello un alto consumo de energía eléctrica.

La solución propuesta para esta problemática es instalar mecanismos para el cierre automático de las puertas, o bien, la construcción de exclusas que permitan formar un

dispositivo aislante entre el interior y el exterior de las cámaras.

Los beneficios por realizar este proyecto corresponderán 50,652 kWh/año, con un ahorro económico de \$20,255.00 anuales, los cuales se recuperarían en un tiempo de 2.32 años.

Esta medida no requiere inversión y proporcionaría un ahorro de energía eléctrica de 25,782 kWh/año y un ahorro económico de \$10,287.00 anuales, con una inversión nula.

A continuación se presenta la tabla resumen de las medidas de ahorro de energía eléctrica evaluadas en Jugos del Valle:

TIPO DE MEDIDA	AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA (kW/año)	AHORRO EN DEMANDA (kW)	AHORRO EN FACTURACION (\$/año)	INVERSION (\$)	PERIODO SIMPLE DE RECUPERACION (años)
Optimización del sistema de refrigeración del área de soplado.	169,308.00	9.86	80,433.22	163,581.00	2.03
Sustitución de motores convencionales por motores eléctricos de alta eficiencia.	203,193.40	25.33	107,700.00	316,917.00	2.94
Optimización del sistema de iluminación	167,102.88	26.68	92,915.80	236,720.00	2.55
Optimización del sistema de almacenamiento de agua helada.	245,257.00	---	141,023.00	334,380.00	2.37
Administración de la energía y control de la demanda máxima.	---	95.53	70,945.31	135,976.00	1.92
Reducción de la temperatura de proceso.	127,711.00	---	50,957.00	MINIMA	INMEDIATO
Eliminación de infiltraciones en cámaras de refrigeración.	50,652.00	---	20,255.00	47,003.00	2.32
Desenergizar el sistema de compresión de vapores de la cámara No. 3.	25,782.00	---	10,287.00	MINIMA	INMEDIATO
TOTAL	989,006.28	157.40	574,516.33	1,234,577.00	2.15

Desenergizar el sistema de compresión de vapores de la cámara No. 3.

De acuerdo a las temperaturas que se manejan en las cámaras frías y a la secuencia en su utilización, se ha comprobado que los concentradores que se utilizan en los procesos subsecuentes se someten a un proceso de descongelamiento a través de su paso por las cámaras frías, por lo que es posible operar la cámara No. 3 utilizando únicamente el aire de recirculación que es impulsado por los ventiladores de los difusores, sin necesidad de operar el compresor del sistema de refrigeración.

■ CONCLUSIONES

Como se puede apreciar en los resultados del diagnóstico energético realizado en Jugos del Valle, el proyecto es altamente rentable, ya que con una inversión de \$1,234,577.00 se tendría un ahorro en el consumo de energía eléctrica de 989,006.28 kWh/año, con una disminución en la demanda de 157.40 kW, lo que significa un impacto económico de \$574,516.33 con un tiempo de recuperación de 2.15 años.



FIDEICOMISO PARA EL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA
Mariano Escobedo No. 420, 1er piso, Col. Anzures, México, D.F.
C.P. 11590 Tel.: 5545 2757 Consulte nuestra página web:
<http://www.fide.org.mx>