

■ ANTECEDENTES

Jerome Mezoro es una empresa avícola de la rama industrial alimenticia cuyo giro principal es el sacrificio y comercialización de aves (pollo y pavo), siendo sus principales actividades la producción y distribución de pavo natural y ahumado. Su principal mercado y zona de distribución es la ciudad de Hermosillo, Son. La empresa se encuentra ubicada en el km 3.5 de la carretera a Sahuaripa, en el Parque Industrial, Hermosillo, Son.

El servicio eléctrico contratado en media tensión, de 23 kV y se encuentra conectado en la tarifa HM; sus características de consumo de energía eléctrica promedio son:

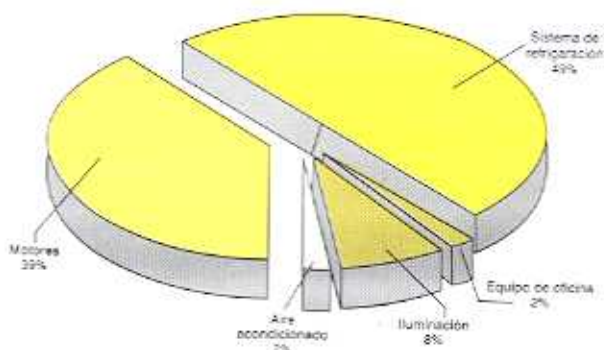
Tabla 1. Características de consumo

| | |
|------------------------------|---------------|
| CONSUMO PROMEDIO MENSUAL | 419,900 kWh |
| DEMANDA PROMEDIO | 879 kW |
| FACTURACION PROMEDIO MENSUAL | \$ 217,017.42 |

En el análisis realizado sobre los consumos de energía eléctrica históricos de la empresa, se puede apreciar que durante los meses de mayo a octubre, se presentan los más elevados, debido al intenso uso de los equipos y sistemas de refrigeración.

Esta empresa tiene una capacidad instalada de 1,628.31 kW, los cuales se encuentran distribuidos en cinco áreas principales, como se aprecia en la siguiente gráfica:

Distribución de la Capacidad Instalada



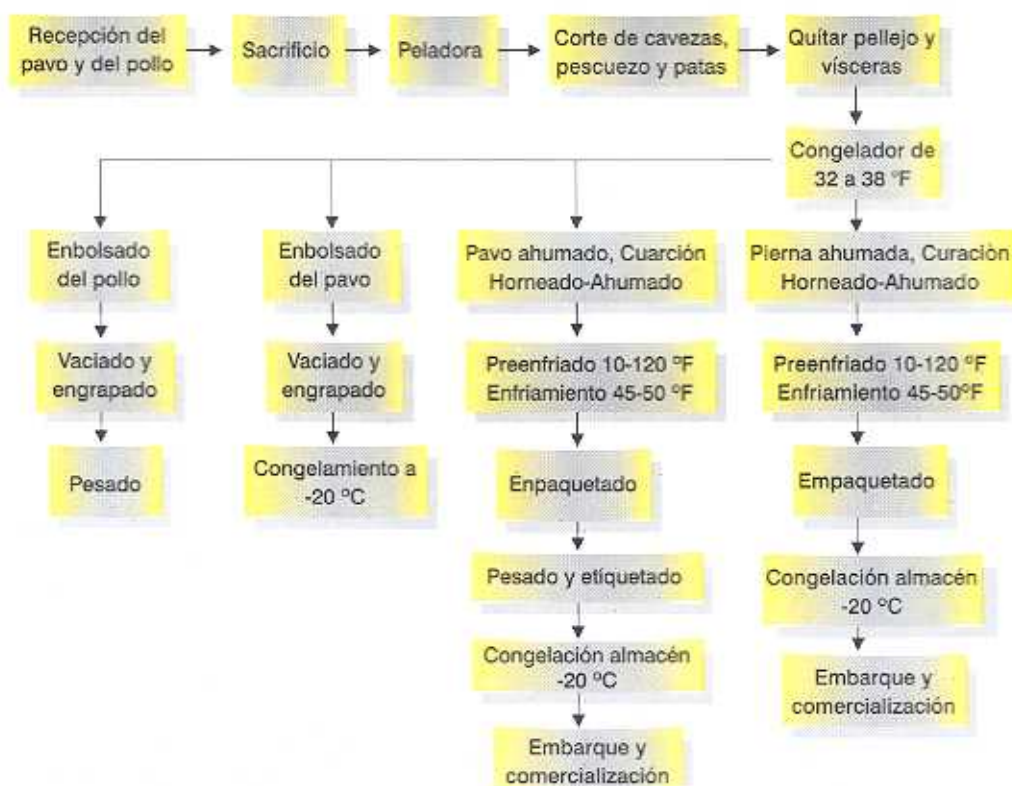
Con apoyo financiero del FIDE, la empresa realizó un diagnóstico energético en sus instalaciones industriales por medio de una firma de ingeniería, con el objetivo de identificar los potenciales y áreas de oportunidad para ahorrar energía eléctrica, evaluando la posibilidad de sustituir los equipos actuales de eficiencia estándar por

tecnologías y equipos de alta eficiencia. Para llevar a cabo lo anterior, se realizó un análisis técnico económico donde se demostró la viabilidad de la inversión para la adquisición de dichas tecnologías. Una vez concluido el diagnóstico energético en la empresa, se llevó a cabo la aplicación de las medidas correctivas de ahorro propuestas más importantes en el estudio, lo cual trajo como consecuencia una reducción en la facturación eléctrica, sin haber afectado la calidad de la producción, ni la seguridad o el confort del personal que labora en esta empresa.

■ DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

La empresa cuenta con cinco áreas de proceso que son: sacrificio, empaquetamiento de pavo y pierna y ahumado de ambos productos.

DIAGRAMA DE PROCESO



■ MEDIDAS DE AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA

El principal potencial de ahorro de energía eléctrica se presentó en los sistemas de refrigeración, electromotrices y finalmente el sistema de iluminación. A continuación se describen las medidas de ahorro de energía eléctrica realizadas en la empresa, indicando la situación en la que se encontraron los equipos de la planta antes y después de llevar a cabo las medidas correctivas.

OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE REFRIGERACION

Es el área donde se demanda el mayor consumo de energía eléctrica de la planta; consta de una sala de máquinas donde se integran todos los componentes necesarios del sistema de refrigeración. Esta sala tiene instalados compresores de refrigeración tipo recíprocante.

En la primera etapa (booster), que es la de baja presión, se cuenta con los siguientes tipos de compresores:

| Cantidad | Potencia | Tipo |
|----------|----------|--------------|
| 2 | 50 HP | Recíprocante |
| 2 | 150 HP | Recíprocante |

Estos equipos elevan la presión del refrigerante (Amoniaco, NH_3) de 0 psi (Libras/pulgada cuadrada) a 32 psi, que posteriormente es descargado en el interenfriador para ser succionado por los siguientes compresores restantes de segunda etapa o alta presión:

| Cantidad | Potencia | Tipo |
|----------|----------|--------------|
| 1 | 150 HP | Recíprocante |
| 1 | 400 HP | Recíprocante |

Estos equipos elevan la presión de 32 hasta 185 psi. Este gas a alta presión se descarga en el condensador, donde se obtiene líquido para alimentación del acumulador de alta temperatura.

Para realizar la condensación del gas de la segunda etapa se tenían cuatro condensadores evaporativos, compuestos por cuatro ventiladores de 15 HP cada uno, una bomba rociadora de 3 HP para cada condensador y dos bombas de recirculación de 25 HP.

El sistema de refrigeración es utilizado para poner en funcionamiento cuatro cuartos de congelación con los siguientes equipos instalados:

- Un LIQUID-FREEZER (congelador rápido)
- Una fábrica de hielo
- Una sala de deshuese y corte
- Dos enfriadores de agua (chiller)
- Dos cámaras de conservación
- Pasillos y andén de embarque

En la etapa de baja presión, se pone en funcionamiento uno de los compresores recípro-



cantes de 150 HP, dependiendo del aumento de carga o de la demanda de frío en el sistema.

El problema más frecuente que se presentaba en el sistema, era la alta presión de descarga de los compresores, debido a que los condensadores se encontraban deteriorados, operando con incrustaciones, oxidación, así como un nivel de ineficiencia bastante elevado, por lo que se tenía una reducción en la capacidad de los mismos y como consecuencia, un incremento en los consumos de energía eléctrica de los compresores de segunda etapa.

Con el objetivo de optimizar el sistema de refrigeración, se sustituyeron los cuatro condensadores evaporativos, ineficientes y obsoletos, por un condensador de tipo compacto de mayor eficiencia, con una capacidad de evaporación nominal de 557.22 toneladas de refrigeración, con lo que se logró optimizar la operación del sistema de condensación.

Anteriormente, los cuatro condensadores evaporativos consumían 77.36 kW de energía, luego de la aplicación del proyecto, el condensador de tipo compacto sólo tomó

31.7 kW proporcionando la cantidad de refrigeración demandada por el funcionamiento de la empresa.

Esta medida requirió una inversión de \$ 927,972.95 pesos, la cual generó a la empresa un ahorro anual de \$ 354,836.35 pesos; un ahorro en consumo de energía de 440,116 kWh/año y un ahorro en potencia de 45.66 kW; dichos ahorros permitieron recuperar la inversión en un tiempo de 2.62 años.

APLICACION DE AISLAMIENTO TERMICO EN EL TECHO DE LA CAMARA CONSERVADORA

La empresa no contaba con un aislamiento térmico en el techo de su cuarto conservador de producto congelado, lo que ocasionaba un consumo de energía eléctrica mayor en los compresores de refrigeración, debido a una ganancia de calor en este cuarto.

De acuerdo a lo anterior, se propuso el suministro e instalación de aislamiento térmico en la cámara conservadora, lo que consistió en la colocación de 335.8 m² de placas de poliuretano forradas con manta y mezcla de cemento-arena. Antes de realizar la medida correctiva se tenía una potencia requerida en el techo de 27.28 BHP y una ganancia de calor de 34.37 T.R.; después de instalar el aislamiento, se requirió una potencia de sólo 5.89 BHP, así como una ganancia de calor de 7.42 T.R., logrando mantener 1.26 toneladas de refrigeración por cada HP.

Para llevar a cabo este proyecto, se requirió una inversión de \$ 179,816.20 pesos, obteniendo un ahorro de energía de 114,884 kWh/año, un ahorro en potencia de 15.96 kW, proporcionando un ahorro económico de \$ 74,417.91 pesos. Esta inversión tuvo un tiempo simple de recuperación de 2.42 años.





AISLAMIENTO TERMICO EN TUBERIAS DE SUCCION DE LOS COMPRESORES

En las líneas de succión del acumulador de baja temperatura (compresores booster)

y del acumulador de alta temperatura (compresores de segunda etapa) el aislamiento térmico se encontraba muy deteriorado en su mayor parte. Lo anterior ocasionaba un sobrecalentamiento en el gas y en consecuencia, una pérdida en la capacidad de refrigeración del equipo, aumentando con ello el consumo de energía eléctrica de los compresores.

Con el objetivo de optimizar la capacidad de refrigeración de los compresores, se sustituyó el aislamiento deteriorado por un aislamiento compuesto por secciones de poliuretano forrado con lámina metálica, evitando la ganancia de calor para el sistema por medio de tuberías de los acumuladores. En estas dos líneas de succión de los compresores, donde existía un sobrecalentamiento del gas proveniente de los acumuladores a los compresores, se requería de 152.84 BHP de potencia con el aislamiento deteriorado. Una vez instalado el nuevo aislamiento, sólo se requirió de 147.13 BHP.

Lo anteriormente mencionado puede apreciarse en las siguientes tablas, donde se muestra el efecto del sobrecalentamiento:

Con aislamiento térmico en las líneas de succión deteriorado.

| | Potencia (BHP) | Temperatura de succión teórica (°F) | Sobre calentamiento (°F) | Temperatura de succión real (°F) |
|--------------|----------------|-------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Lado de baja | 74.40 | -36.0 | 19.0 | -17.0 |
| Lado de alta | 78.44 | 129.3 | 19.0 | 155.7 |
| Total | 152.84 | | | |

Con aislamiento térmico en las líneas de succión en buen estado.

| | Potencia (BHP) | Temperatura de succión teórica (°F) | Sobre calentamiento (°F) | Temperatura de succión real (°F) |
|--------------|----------------|-------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Lado de baja | 71.20 | -36.0 | 0.0 | -36.0 |
| Lado de alta | 75.93 | 129.3 | 0.0 | 129.3 |
| Total | 147.13 | | | |

Debido al supercalentamiento en el lado del booster, hay más evaporación en el interenfriador (+32%). El compresor de lado de alta debe comprimir el vapor generado en los difusores más el evaporado en el interenfriador; por lo tanto, la potencia en el lado de alta se ve incrementada en 3.3%.

Para realizar esta medida se requirió una inversión de \$ 85,000 pesos, logrando un ahorro de 4.26 kW, así como un ahorro anual en consumo de energía de 36,804 kWh; así mismo se obtuvo un ahorro económico anual de \$ 22,614.03 pesos, lo que permitió recuperar la inversión en un tiempo de 3.7 años.

INSTALACION DE VALVULAS MODULADORAS

En las cámaras frigoríficas es común encontrar las siguientes anomalías cuando se ejerce un control manual del sistema, como son: los evaporadores escarchados, no contar con sistemas modulantes de presión de succión, no tener un buen control de temperatura, así como no contar con ciclos de deshielo, por lo que se requiere que los técnicos de mantenimiento estén supervisando estas

variables y se tengan que operar manualmente; esto provoca errores humanos al realizar el control de estas variables. Todas estas ineficiencias provocan un mayor trabajo en el sistema par-motor de los compresores de

refrigeración, los cuales necesitan aumentar su trabajo para disminuir la presión de succión y poder mantener el mismo efecto refrigerante, lo anterior provoca un exceso de consumo de energía eléctrica.

Con la finalidad de evitar estos desperdicios de energía eléctrica, se instaló un lote de válvulas modulantes automáticas de presión de succión y de temperatura interna en las cámaras de refrigeración y filtros para el sistema de deshielo de las cámaras tanto congeladoras como conservadoras. Además, se colocaron 2 válvulas check, 2 reguladoras, 4 solenoides y 4 filtros para solenoides, medida que permitió a la empresa obtener un ahorro en consumo de energía de 181,761 kWh/año, así como un beneficio económico de \$ 81,410.14 pesos. Con una inversión de \$ 74,021.01 pesos se logró obtener un tiempo simple de recuperación de 0.91 años.

SUSTITUCION DE UNA MAQUINA DE HIELO POR UNA MAS EFICIENTE

Para el proceso de producción, contaba con una máquina de hielo que consumía 14.7 kW de potencia eléctrica con una capacidad de



6 toneladas de hielo diarias, la cual era bastante antigua e ineficiente, por lo que se propuso sustituirla por una máquina nueva de mayor eficiencia y con una potencia eléctrica mucho menor, pero proporcionando una capacidad similar de refrigeración.

Comparando algunas características técnicas de los dos equipos se tiene lo siguiente:

| Concepto | Sistema actual | Sistema eficiente propuesto |
|--|----------------|-----------------------------|
| Temp. evaporación (°F) | -25 | -25 |
| Temp. del agua de alimentación (°F) | 60 | 60 |
| Capacidad (Ton. hielo/24 hrs) | 6.00 | 5.5 |
| Potencia requerida por el sistema (kW) | 23.56 | 5.91 |
| Eficiencia T.R./Tonelada de hielo | 2.5 | 1.2 |

Esta medida requirió de una inversión de \$ 348,478.75, con la cual se logró obtener un ahorro económico para la empresa de \$ 97,345.98, un ahorro en consumo de energía eléctrica de 160,987 kWh/año y un ahorro en potencia de 17.54 kW. Este proyecto se logró recuperar en un tiempo de 3.58 años.

OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO

Esta empresa contaba con tres compresores de tipo recíprocante de 10 HP cada uno, con capacidad de diseño de 30 pcm y otro más de 5 HP con capacidad de diseño de 105 pcm de caudal de aire libre, una presión de trabajo de 115 libras/in² y una presión máxima con modulación de 125 libras / in²; dicho equipo se solicitó con un motor de alta eficiencia de 25 HP con una eficiencia de 93.6%, esperando un tiempo de operación del año del 80%.

La inversión necesaria para realizar esta medida fue de \$ 123,452.50 pesos, obteniéndose un ahorro económico en facturación eléctrica de \$ 58,500.72 pesos, un ahorro en el



consumo eléctrico de 96,681 kWh/año, así como un ahorro en potencia de 10.26 kW, logrando recuperar la inversión en 2.11 años.

OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ILUMINACION

En el sistema de iluminación, las áreas donde se sustituyeron equipos de alumbrado de eficiencia convencional por sistemas de alta eficiencia, fueron las siguientes:

Area de Reempaque

Esta área contaba con 19 gabinetes con lámparas fluorescentes de arreglos de 2X75 W T-12, los gabinetes y difusores se encontraban en buen estado, por lo que se procedió a sustituir las lámparas fluorescentes actuales por una lámpara de 1X59 W tipo T-8, sustituyendo el balastro actual de baja energía por un balastro electrónico, así como la instalación de reflectores especulares de aluminio en los 19 gabinetes.

Almacén

El sistema de iluminación anterior al proyecto contaba con 16 gabinetes con lámparas fluorescentes con arreglos de 2X39 W tipo T-12, las cuales fueron sustituidas por arreglos de 1X32 W tipo T-8, operando con balastro electrónico, además de que se instalaron reflectores especulares de aluminio de alta reflectancia en los 16 gabinetes.

Oficinas Generales

El sistema de iluminación en esta área contaba con 59 gabinetes con lámparas fluorescentes y arreglos de 2X75 W tipo T-12, las cuales fueron sustituidas por arreglos de 1X59 W tipo T-8, balastro electrónico y la instalación de reflectores especulares de alu-

minio en los 59 gabinetes con el objetivo de mantener los niveles de iluminación adecuados en las diversas áreas de trabajo.

También se contaba con 4 lámparas incandescentes de 60 W, las cuales fueron sustituidas por 4 lámparas fluorescentes compactas de 20 W con balastro electrónico.

En resumen, en las tres áreas mencionadas se instalaron un total de 94 reflectores especulares de aluminio, se sustituyeron 78 lámparas de 75 W tipo T-12 por lámparas ahorradoras de energía de 59 W tipo T-8, se cambiaron 16 lámparas fluorescentes de 39 W tipo T-12 por lámparas ahorradoras de energía de 32 W tipo T-8, y se sustituyeron 4 lámparas incandescentes de 60 W por 4 lámparas fluorescentes compactas de 20 W. El número total de balastos instalados electrónicos ahorradores de energía fue de 59 unidades.

La inversión necesaria para optimizar el sistema de alumbrado de las tres áreas fue de \$ 65,091.15 pesos, obteniendo beneficios económicos del orden de \$ 36,936.46 pesos en facturación eléctrica, así como un ahorro en consumo de energía eléctrica de 48,817 kWh/año y un ahorro en potencia de 10.47 kW. El tiempo simple de recuperación de la inversión indicada fue de 1.76 años.

RESUMEN DE MEDIDAS APLICADAS Y RESULTADOS

El curso y evaluación del proyecto proporcionó a la empresa los fundamentos necesarios para tomar la mejor decisión sobre la aplicación de medidas, respaldadas por ahorros reales y comprobados.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el diagnóstico energético realizado en las instalaciones, esta empresa decidió aplicar las



medidas descritas anteriormente; cuatro de ellas con financiamiento del FIDE y tres con recursos propios, éstas últimas las realizó con su propio personal técnico y con apoyo de los proveedores de los equipos de alta eficiencia.

Estos ahorros representaron un ahorro en el consumo de energía del 21.97%, un ahorro en potencia del 11.96%, así como un ahorro en facturación eléctrica del 28.72% en promedio anual.

CUADRO RESUMEN DE MEDIDAS APLICADAS

| Concepto | Ahorro en demanda (kW) | Ahorro en consumo (kWh/año) | Ahorro económico (\$) | Inversión FIDE (\$, IVA inc) | Inversión Empresa (\$, IVA inc) | Inversión total (\$, IVA inc) | Periodo de recuperación (años) |
|--|------------------------|-----------------------------|-----------------------|------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Sustitución de 4 condensadores evaporativos por un condensador de tipo compacto de mayor eficiencia. | 45.66 | 440,116 | 354,836.35 | — | 927,972.95 | 927,972.95 | 2.62 |
| Aplicación de aislamiento térmico en el techo de la cámara conservadora. | 15.96 | 114,884 | 74,417.91 | 179,816.20 | — | 179,816.20 | 2.42 |
| Rehabilitación del aislamiento térmico en las tuberías de succión de los compresores. | 4.26 | 36,804 | 22,614.03 | — | 85,000.00 | 85,000.00 | 3.7 |
| Instalación de válvulas moduladoras. | — | 181,761 | 81,410.14 | 74,021.01 | — | 74,021.01 | 0.91 |
| Sustitución de la máquina de hielo actual por una más eficiente. | 17.54 | 160,987 | 97,345.98 | — | 348,478.75 | 348,478.75 | 3.58 |
| Sustitución de cuatro compresores de aire tipo reciprocante por uno de tipo tornillo de mayor eficiencia | 10.26 | 96,681 | 58,500.72 | 123,452.50 | — | 123,452.50 | 2.11 |
| Optimización del sistema de alumbrado | 10.47 | 48,817 | 36,936.46 | 65,091.15 | — | 65,091.15 | 1.76 |
| TOTAL | 104.15 | 1,080,050 | 726,061.59 | 442,380.86 | 1,361,451.70 | 1,803,832.56 | 2.48 |

CONCLUSIONES

Finalmente, los proyectos realizados tanto con apoyo financiero del FIDE como con recursos propios de la empresa, permitieron a ésta obtener una disminución en el consumo de energía eléctrica de 1,080,050 kWh/año, una disminución en potencia de 104.15 kW, así como una disminución en la facturación eléctrica de \$ 726,061.59 anual.

La inversión total de los proyectos requirió un monto de \$ 1,803,832.56, presentando un tiempo simple de recuperación de 2.48 años.