

Auditoria Energética

CONTENIDO

ANALISIS DE PROYECTO

Introducción.

Resumen.

Bases de Cálculo.

Indice Energético.

Situación Energética Actual.

- **Compresores de Aire.**
- **Maquinas de Coagulación.**

Proyectos de Ahorro de Energía.

1. Sustitución de los Compresores Reciprocantes por Compresores Tornillo con Variador de Velocidad.
2. Instalación de Variadores de Frecuencia en Maquinas de Coagulación

ANEXO Catálogos de Equipos Propuestos.

ANALISIS DE PROYECTO.

Introducción.

El presente reporte muestra los resultados obtenidos de las evaluaciones efectuadas a los sistemas de aire comprimido y de frecuencia variable, instalados en las áreas de R.A.V., Coagulación y Recubierto respectivamente de **Masterpak, S.A. de C.V., Planta Celorey**, realizadas por personal de **Empresas ESM, S.A. de C.V.** con el fin de elaborar la propuesta técnica financiera bajo el esquema de *Outsourcing*.

Resumen.

Después de analizar los sistemas de aire comprimido y los equipos de frecuencia variable instalados en las torres de recubierto y las máquinas de coagulación, las oportunidades de ahorro atractivas a implementar vía el esquema de financiamiento *Outsourcing* son las siguientes:

PAE	Nombre
-----	--------

- | | |
|---|--|
| 1 | Sustitución de Compresores Reciprocantes por Compresores Tornillo c/Variador de Velocidad. |
| 2 | Instalación de Variadores de Frecuencia en Máquinas de Coagulación. |

Como resultado en conjunto de las oportunidades de ahorro se podrán obtener como beneficios un ahorro económico de **\$ 615,721.08 M.N.** de forma anual. Lo cual equivale al **4.45 % de la F.B.M.** (Facturación Básica Mensual) de PEGI-Copropiedad.

Esto representaría una disminución de **171.73 kW** en demanda y de **131,439.65 kWh** totales de consumo.

Bases de Cálculo.

Empresas ESM, S.A. de C.V.

Para la realización de los análisis presentados en este reporte se tomaron como base los datos de placa y diseño de cada motor y equipo, así como los datos de medición realizadas por Empresas ESM, S.A. de C.V. Donde para obtener la Demanda eléctrica de cada equipo, se consideraron los valores promedio de voltaje, corriente y factor de potencia. Con el fin de obtener el porcentaje de carga actual del motor y su valor real de eficiencia de operación. De igual manera se tomaron como base los datos de horas de operación por período de consumo eléctrico mensual mostradas en las tablas correspondientes.

Masterpak, Planta Celorey, opera con dos acometidas. Una acometida es de PEGI y COPROPIEDAD, las cuales su facturación se basa principalmente en el consumo de energía eléctrica de una planta (kWh). Otro parámetro importante que se factura en estos suministradores es la capacidad de kVA de la empresa.

Los costos promedios de la energía para 1998 de cada suministrador y la promedio total en base a la facturación de Masterpak, S.A. de C.V., Planta Celorey son los siguientes:

\$ M.N./kWh PEGI	\$M.N./kWh Copropiedad	\$M.N./kW Total
0.38104	0.40108	0.39037

La Facturación Básica Mensual promedio de Masterpak, Planta Celorey en el año de 1998 ha sido de **\$1,153,014.00 M.N.** El consumo promedio anual de energía es de **2'955,270.00 kWh.**

Con base a estos costos se realizaron los cálculos y las estimaciones de ahorro para la evaluación de cada oportunidad de ahorro.

El detalle de las facturaciones se desglosa en la siguiente tabla anexa.

Índice Energético

El índice energético de una empresa es un indicativo fiel de la eficiencia energética de la empresa, ya que nos indica la cantidad de energía requerida por la misma para producir una unidad de producción.

El índice energético de Masterpak, S.A. de C.V., Planta Celorey, desde 1997 a la fecha se ubica en un promedio de **3.329 kWh/ton** producida.

Su mejor índice energético lo alcanzo en agosto de 1998 registrando **3.895 kWh/ton** producida, mientras que el índice energético mas bajo se presento en enero de 1997 y fue de **2.962 kWh/ton** producida.

Con los datos de producción y consumo de energía se construye la gráfica de índice energético, en donde se traza una línea de tendencia para observar la energía dependiente e independiente del sistema.

Para una producción independiente de la producción se observa que se tiene un consumo de 1,481.559.764 kWh para una producción teórica de 0 ton. Mientras que la producción dependiente el consumo varía por la expresión $\text{kWh} = 1.725 * \text{ton}$. Producidas.

El consumo específico de la planta determina e comportamiento del índice energético con respecto a la producción. En esta gráfica se muestra que se mejora el índice energético de la empresa conforme aumenta la producción.

A continuación se muestran los datos tabulados de producción, consumo de energía e índice energético, así como las gráficas antes comentadas.

Situación Energética Actual

- Compresores de Aire.

Se cuenta en la planta con un arreglo de 6 compresores en operación. De estos 3 operan en forma constante las 24 hrs. de día, y dos son intermitentes en su funcionamiento. Estos 5 son compresores del tipo recíprocante.

Hay un compresor más de la marca Worthington del tipo de tornillo, este último se encuentra prácticamente en stand-by, ya que opera cuando alguno de los otros 5 recíprocantes se encuentra en mantenimiento.

A estos equipos se les realizaron una serie de mediciones de voltaje, corriente y factor de potencia y potencia por fase y trifásica. Esto con el fin de determinar la demanda y consumo de energía de los mismos, resultando con una demanda en conjunto de **244.46 kW** y de **146,457 kWh** de consumo.

Dadas las condiciones de antigüedad y el estado físico de los mismos estos causan elevados costos de mantenimiento a la empresa, con lo que es fácil determinar que sus condiciones actuales de operación están por debajo de sus condiciones nominales, por lo que su sustitución sería rentable y justificable desde el punto de vista energético. (4.10 cfm/Hpnom vs 3.70cfm/HP real).

- Maquinas de Coagulación.

Se tienen en la planta 4 maquinas de coagulación. Estos equipos requieren de frecuencias específicas, ya que forman parte importante del proceso, por lo que el control de la velocidad en las mismas es de suma importancia.

Estos equipos actualmente se alimentan con un conjunto motor-alternador, el cual varía su velocidad basándose en la intensidad del campo en el alternador. Según las mediciones realizadas a los equipos a la entrada del motor y a la salida del alternador de voltaje, corriente y factor de potencia y potencia por fase y trifásica, se determinaron las eficiencias del conjunto las cuales resultaron menores al 50%. Presentan una demanda en conjunto de **182.12 kW** y de **131,127 kWh** de consumo, mientras que la energía requerida por el conjunto de maquinas en total es de **62.74 kW**, con lo que se determina que la eficiencia global es de **34.45%**.

La impactante baja eficiencia de los equipos representa una oportunidad de ahorro de energía evidentemente rentable, por lo que se evaluó la instalación de equipos variadores de frecuencia y eliminar los sistemas motor-alternador actuales.

PROYECTO DE AHORRO DE ENERGIA 1

Sustitución de Compresores Reciprocantes por Compresores Tornillo c/Variador de Velocidad.

TABLA RESUMEN

Instalación	:	R.V.A.
Costo de Implementación	:	\$ 1,471,680.00 M.N.
Retorno de Inversión	:	6.56 años
Ahorro Económico Mensual	:	\$18,682.00 M.N. (1.62% de la F.B.M.)
Ahorros de Energía Mensual	:	55.65 kW 47,859.34 kWh

1. ACCION CONCRETA.

Se pretende sustituir los equipos de compresión de aire reciprocantes por compresores de 1 tipo tornillo los cuales cuentan con variador de velocidad.

La acción propone instalar 1 compresor de 500 cfm y 2 compresores de 300 cfm, los cuales podrán abastecer al total de la línea, dejando el compresor *Worthington* actual como respaldo del sistema.

Con esta implementación se lograra tener un suministro continuo del servicio de aire comprimido de mejor calidad que el actual, con un consumo menor de energía.

2. DESCRIPCION Y ANTECEDENTES.

Como se menciona en este documento las condiciones de operación de los equipos actuales son muy deficientes y por debajo de sus condiciones nominales, además del alto costo por mantenimiento que representan (8lts de aceite/ turno).

La instalación de equipos del tipo de tornillo de la marca *Atlas Copco*, representaría un beneficio global al sistema ya que se podría obtener niveles de hasta 4.5 cfm/HP de capacidad, además de que estos equipos cuentan con equipos de variación de velocidad que modulan la presión del sistema de acuerdo a la presión prefijada en el set-point.

Por estas razones este equipo se presenta como la mejor opción para la sustitución del sistema de compresión de aire disminuyendo los costos de energía y elevando la calidad del aire actual.

Empresas ESM, S.A. de C.V.

3. BENEFICIOS.

El ahorro económico a obtener es de \$ **18,682.85 M.N.** mensualmente que representa el **1.62%** de la F.B.M. con una disminución en consumo de energía de **47,859.34 kWh** aprox.

Los beneficios que se obtendrán al aplicar esta medida se determinan a partir del calculo del consumo de energía que se ahorra en relación de las condiciones actuales con las condiciones posteriores de los compresores basadas en suministro de la cantidad de flujo de aire a la red.

Las Fórmulas utilizadas para el calculo de ahorro de energía por la sustitución de compresores es la siguiente:

Energía Consumida:

$$\text{kW} = 3 * V_f * I_f * F.P._f$$

$$\text{kWh} = \text{kW} * \text{Horas de operación al mes.}$$

Ahorro de Energía:

$$\text{Ahorro en kW} = \text{kW}_{\text{actual}} - \text{kW}_{\text{propuesto}}$$

$$\text{Ahorro en kW} = \text{kW}_{\text{actual}} - \text{kW}_{\text{propuesto}}$$

$$\text{Ahorro en kWh} = \text{kWh}_{\text{actual}} - \text{kWh}_{\text{propuesto}}$$

$$\text{Ahorro Económico Mensual} = \text{kWh ahorro} * \text{costo de energía } \$ \text{ M.N./kWh}$$

El costo por kWh promedio en 1998 considerado es de \$ 0.39037 M.N./ kWh

La facturación básica mensual promedio de energía eléctrica en 1998 es de \$1,153,014 M.N.

El % de ahorro con respecto a la facturación básica mensual de energía eléctrica es de:

$$\% \text{ F.B.M.} = (\text{Ahorro Económico Mensual} / \text{F.B.M.}) * 100$$

$$\% \text{ F.B.M.} = (\$ 18,682.85 \text{ M.N.} / \$ 1,153,014 \text{ M.N.}) * 100$$

$$\% \text{ F.B.M.} = \mathbf{1.62}$$

4. COSTO DE INVERSION.

En este caso la inversión requerida por la adquisición de los equipos será de aproximadamente **\$1,471,680.00 M.N.** Considerando \$10 M.N. / USdlls. Y se describe a continuación:

Partida	Concepto	Cantidad	Costo Unitario USD	Costo Total USD
1	Equipo Atlas Copco de Tornillo Lubricado de velocidad variable Mod. GA90 VSD-145 529 cfm a 109 psig. Motor 3F Siemens 120 HP TCCV, F.S. 1.15	1	66,240.00	66,240.00
2	Equipo Atlas Copco de Tornillo Lubricado de velocidad variable Mod. GA50 VSD-175 315 cfm a 109 psig Motor 3F Siemens 67 HP TCCV, F.S. 1.15	2	40,464.00	80,928.00
	TOTAL			147,168.00

- Costos LAB Planta Celorey.
- No incluye I.V.A.
- Estos costos incluyen los equipos descritos, así como la instalación y los materiales requeridos para la misma.

5. RENTABILIDAD FINANCIERA.

El retorno simple de inversión de la implementación de este proyecto de ahorro de energía es de

$$R.D.I = \frac{\$ 1,471,680.00 \text{ M.N.}}{\$ 18,682.85 \text{ M.N.} * 12 \text{ meses}}$$

$$R.D.I. = 6.56 \text{ años}$$

Esta rentabilidad contempla solo el beneficio económico, pero hay que considerar la disminución de costos de mantenimiento de los equipos actuales y el mantenimiento a los equipos de control, por el aumento de la calidad de aire.

6. CONTEXTO TECNICO.

No existe riesgo alguno asociado con la implementación de la medida de ahorro sino por lo contrario y como ya se ha mencionado, se mejoraría del todo la red de aire comprimido con una mejor calidad de aire y una mejor administración en el consumo de energía. Otro punto importante es que se disminuirán los decibeles de ruido en el área la cual esta muy contaminada en este punto.

7. PLAN DE ACCION.

Se recomienda la implementación de esta medida de ahorro de energía a un corto plazo, ya que la medida es del todo rentable y los beneficios se verán reflejados de forma inmediata.

Se propone el seguir el siguiente plan de acción:

Actividad	Tiempo (Semanas)
Afinar cotización	½
Requisición de equipos	9
Instalación de equipos	3
Pruebas a equipos	1
Aprobación de la instalación	½

Total	14 Semanas
--------------	-------------------



Equipo Atlas Copco de Tornillo Lubricado

Empresas ESM, S.A. de C.V.

PROYECTO DE AHORRO DE ENERGIA 2

Instalación de Variadores de Frecuencia en Maquinas de Coagulación.

TABLA RESUMEN

Instalación	:	Coagulación
Costo de Implementación	:	\$ 940,896.00 M.N.
Retorno de Inversión	:	2.4 años
Ahorro Económico Mensual	:	\$ 32,627.24 M.N. (2.83% de la F.B.M.)
Ahorros de Energía Mensual	:	116.08 kW 83,580.31 kWh

1. ACCION CONCRETA.

Instalar equipos de variación de frecuencia de la marca Hitachi, con el fin de reemplazarlos en lugar de los equipos de motor-alternador utilizados en las maquinas de coagulación.

2. DESCRIPCION Y ANTECEDENTES.

Se tienen cuatro conjuntos de motor-alternador en la planta para la alimentación a las maquinas de coagulación. Estos equipos requieren de velocidades específicas en su proceso para obtener los niveles deseados de calidad del producto.

Al realizar el análisis a los equipos estos mostraron grandes deficiencias por lo que se propone instalar equipos variadores de frecuencia los cuales pueden llegar a tener eficiencias de entre 95% al 96% de eficiencia.

3. BENEFICIOS.

El ahorro económico a obtener es de \$ **32,627.24 M.N.** mensualmente que representa el **2.83 %** de la F.B.M. con una disminución en consumo de energía de **83,580.31 kWh** aprox.

Los beneficios que se obtendrán al aplicar esta medida se determinan a partir del calculo del consumo de energía que se ahorra en relación de las condiciones de consumo de los equipos actuales con las condiciones posteriores a la instalación de los equipos variadores de frecuencia.

Las Fórmulas utilizadas para el calculo de ahorro de energía por la sustitución de compresores es la siguiente:

Energía Consumida Actual:

$$kW_{\text{actual}} = 3 * V_f * I_f * F.P._f$$

$$kWh = kW * \text{Horas de operación al mes.}$$

Nota: Se tomaron mediciones de potencia a la entrada de los motores y a la salida del alternador.

Eficiencia de Equipos Actuales:

$$\text{Eficiencia} = \frac{kW_{\text{requeridos}}}{kW_{\text{consumidos}}} * 100$$

Energía Consumida Propuesta:

$$kW_{\text{propuesto}} = \frac{kW_{\text{requeridos}}}{\text{Eficiencia}_{\text{propuesta}}} * 100$$

Se considera una eficiencia del 95% para los equipos variadores de frecuencia propuestos.

Ahorro de Energía:

$$\text{Ahorro en kW} = kW_{\text{actual}} - kW_{\text{propuesto}}$$

$$\text{Ahorro en kW} = kW_{\text{actual}} - kW_{\text{propuesto}}$$

$$\text{Ahorro en kWh} = kWh_{\text{actual}} - kWh_{\text{propuesto}}$$

$$\text{Ahorro Económico Mensual} = kWh_{\text{ahorro}} * \text{costo de energía } \$ \text{ M.N./kWh}$$

El costo por kWh promedio en 1998 considerado es de \$ 0.39037 M.N./ kWh

La facturación básica mensual promedio de energía eléctrica en 1998 es de \$1,153,014 M.N.

El % de ahorro con respecto a la facturación básica mensual de energía eléctrica es de:

$$\% \text{ F.B.M.} = (\text{Ahorro Económico Mensual} / \text{F.B.M.}) * 100$$

$$\% \text{ F.B.M.} = (\$ 32,627.24 \text{ M.N.} / \$ 1,153,014 \text{ M.N.}) * 100$$

$$\% \text{ F.B.M.} = 2.83$$

4. COSTO DE INVERSION.

En este caso la inversión requerida por la adquisición de los equipos será de aproximadamente **\$940,896.00 M.N.** Considerando \$10 M.N. / USdls. Y se describe a continuación:

Partida	Concepto	Cantidad	Costo Unitario USD	Costo Total USD
1	Variador de frecuencia Mca. Hitachi Mod.J300-750HF3, 100 HP.	4	23,522.40	94,089.60
	TOTAL			94,089.60

- Costos LAB Planta Celorey.
- No incluye I.V.A.
- Estos costos incluyen los equipos descritos, así como la instalación y los materiales requeridos para la misma.

5. RENTABILIDAD FINANCIERA.

El retorno simple de inversión de la implementación de este proyecto de ahorro de energía es de

$$R.D.I = \frac{\$ 940,896.00 \text{ M.N.}}{\$ 32,627.24 \text{ M.N.} * 12 \text{ meses}}$$

R.D.I. = 2.4 años

Esta rentabilidad contempla solo el beneficio económico, pero hay que considerar la disminución de costos de mantenimiento de los equipos actuales.

6. CONTEXTO TECNICO.

No existe riesgo alguno asociado con la implementación de la medida de ahorro ya que los equipos propuestos tienen una capacidad de variación de frecuencia superior a los actuales. Al igual que en el caso de los compresores es importante mencionar que se disminuirán los decibeles de ruido en el área.

7. PLAN DE ACCION.

Se recomienda la implementación de esta medida de ahorro de energía a un corto plazo, ya que la medida es del todo rentable y los beneficios se verán reflejados de forma inmediata.

Se propone el seguir el siguiente plan de acción:

Actividad	Tiempo (Semanas)
Afinar cotización	½
Requisición de equipos	2
Instalación de equipos	4
Pruebas a equipos	1
Aprobación de la instalación	½

Total	8 Semanas
--------------	------------------

2. Beneficio Ecológico: Por el ahorro de 131,439.65 kWh

Por cada kWh de energía producida hay 0.64 kg. de Co₂ emitidos, así como 0.0529 kg. de So₂ y 0.0279 kg. de No_x.

Contaminantes no emitidos al medio ambiente:

- 84,121.376 kg de Co₂
- 6,953.157 kg de So₂
- 3,667.166 kg de No_x

3. Beneficios adicionales por implementación del proyecto de ahorro de energía en Masterpak, Planta Celorey.

Habiendo analizado con el personal de la planta los beneficios del proyecto de ahorro de energía por la sustitución de equipos compresores de aire y la instalación de variadores de frecuencia en las máquinas de coagulación, los beneficios adicionales que proporcionará el proyecto de **Empresas ESM, S.A. de C.V.** propuesto a **Masterpak, S.A. de C.V. - Planta Celorey** y con los cuales esta última los obtendrá de una manera tangible en un cien por ciento son los siguientes:

A) Sustitución de sistemas de compresión de aire.

No.	Concepto	Beneficio Económico Mensual \$ M.N. (*)
1	Gasto por mantenimiento de compresores de RAV: -Refacciones -Aceite -Mano de Obra (inc. Torre de enfte.)	\$ 57,080.00
2	Gasto por mantenimiento de limpieza en equipos filtrantes para obtener buena calidad de aire en instrumentación.	\$ 6,000.00
3	Gasto de material filtrante -Material - Mano de obra	\$ 9,500.00
4	Disminución de costos de químicos para el tratamiento de agua de torre al 50%.	\$ 2,500.00
5	Ahorro energético adicional por operación de torre de enfriamiento al 50%. Incluye Bomba de 15 HP Ventilador 10 HP	\$ 5,240.00
	Total	\$ 80,320.00

Empresas ESM, S.A. de C.V.

B) Variadores en Maquinas de Coagulación.

No.	Concepto	Beneficio Económico Mensual \$ M.N. (*)
1	Mantenimiento de 4 juegos de motor-alternador de 100 HP	\$ 80,000.00
2	Mantenimiento de los siguientes equipos auxiliares. 3 equipos enfriados por agua 1 torre de enfriamiento 5 HP 3 Bombas de 5 HP 1 cisterna c/bombas de 3 HP	\$ 30,000.00
3	Químicos para tratamiento de agua	\$ 5,000.00
	Total	\$ 115,000.00

Con lo cual los beneficios económicos adicionales que obtendrá **Masterpak, S.A. de C.V. Planta Celorey** con la adquisición del proyecto y que recibirá de forma directa mensualmente serán de:

\$ 195,320.00 M.N.

(Ciento noventa y cinco mil trescientos veinte pesos 00/100 M.N.)

Aún más y adicional a esto se tendrá los siguientes valores agregados:

- Mejor calidad de aire en las líneas de distribución (libre de humedad).
- Mejor control en los equipos de coagulación y por lo mismo aseguramiento de la calidad del producto.
- Disminución del ruido generado por los compresores recíprocos actuales.

(*) Estos datos fueron proporcionados por el Ing. Genaro Galván quien es el Jefe de Mantenimiento del Area de Coagulación.

4. Costos incurridos por ESM, S.A. de C.V.:

a) Auditoria Energética	\$53,200.00 M.N.
b) Costos por elaboración de Contratos	\$87,550.00 M.N.
c) Ingeniería de detalle y mano de obra	\$22,321.00 M.N.
d) Elaboración de Reporte Final	\$16,497.00 M.N.

Empresas ESM, S.A. de C.V.