

Universidad Jaume I
Proyecto Final de Máster.
Tutor- Carlos Ferrer Torregrosa
Curso 2012/2013

Auditoría Energética

Empresa de procesados cárnicos

Carlos Aragón Roca

índice.

1. Planteamiento inicial.
2. Datos básicos de la empresa.
3. Balance de consumos energéticos.
4. Coste energético.
5. Puntos ya existentes que favorecen el ahorro energético.
6. Medidas de ahorro energético.
 - 6.1 Instalaciones eléctricas.
 - 6.1.1. Ajuste del contrato de suministro eléctrico.
 - 6.1.2. Presencia de armónicos.
 - 6.1.3. Sustitución de motores eléctricos.
 - 6.1.4. Instalar variadores de frecuencia.
 - 6.1.5. Instalar arrancadores suaves.
 - 6.1.6. Impedir el funcionamiento en vacío.
 - 6.1.7. Control y mantenimiento la instalación de aire comprimido.
 - 6.1.8. Control de ventiladores por variador de velocidad en cascada.
 - 6.1.9. Mejoras en el alumbrado.
 - 6.1.9.1. Espacios alumbrados por fluorescentes.
 - 6.1.9.2. Espacios alumbrados por lámparas halógenas.
 - 6.1.9.3. Otras tecnologías de iluminación utilizadas en instalaciones.
 - 6.1.9.4. Iluminación exterior.
 - 6.2 Instalaciones térmicas.
 - 6.3 Instalaciones frigoríficas.
7. Resumen de resultados.
8. Bibliografía.

1. Planteamiento inicial.

Como consecuencia de las distintas crisis energéticas a lo largo del siglo XX, se ha empezado a tener conciencia de la necesidad de tomar medidas que nos encaminen hacia un nuevo modelo energético y que tiendan a la independencia de las energías fósiles y al desarrollo de energías alternativas y al ahorro energético. Conscientes de la relevancia que ha tenido en los últimos años el cambio climático y sus consecuencias. El mundo, en diferentes ámbitos, intenta prepararse y buscar soluciones para evitar consecuencias desastrosas para las futuras generaciones.

Para ello, son muy importantes las políticas de concienciación para reducir el consumo de energía en nuestros hogares, empresas y edificios públicos, en definitiva, en nuestras vidas. Además, los costes energéticos han crecido exponencialmente en los últimos tiempos y por ello, las empresas se ven obligadas a poner en marcha acciones para reducir estos costes en su fabricación. Este trabajo pretende entrar más profundamente en este último tema; la eficiencia energética en el mundo empresarial.

Son necesarias inversiones y estudios para hacer más eficientes si cabe los diferentes procesos productivos, así como la inversión en los equipos necesarios para la mejora energética de estos procesos. Como punto de partida a estas inversiones es necesaria una auditoría o estudio energético que nos muestre una primera foto del estado del que partimos. Así pues, este es el objetivo de este proyecto de Auditoría Energética realizado en una planta de preparados cárnicos, tener ese punto donde iniciar las diferentes propuestas de mejora.

Este trabajo analiza los diferentes sistemas productivos. Para cada uno de ellos, se estudia con detenimiento los procesos de fabricación, cuáles son sus diagramas de proceso. En una segunda fase, se realiza el estudio actual de consumo de energía y sus costes asociados para cada uno de los procesos.

Una vez obtenidos estos datos, se analizarán las oportunidades de mejora y las acciones a llevar a cabo para conseguir la mejor eficiencia energética posible.

Con este proyecto se pretende dar solución a una serie de problemas energéticos así como a una mejora de siguientes aspectos:

- Mejorar la sostenibilidad energética.
- Investigar modos de implantar mejoras de instalaciones y procesos para un mejor aprovechamiento de las respectivas energías contratadas.
- Estudiar el impacto del ahorro económico que pueden suponer dichas mejoras.

La metodología de investigación será:



2. Datos básicos de la empresa.

Proceso productivo.

A continuación se describen todas las etapas de los procesos productivos de la empresa y las instalaciones en las que tienen lugar.

El proceso completo de elaboración y procesado de la carne es el siguiente:

Se recibe la carne por la planta principal, donde se clasifica por rango (peso y % de grasa), en este momento se inspecciona y controla la temperatura de la materia prima así como su pH, desechándose el que no cumple con el rango establecido, y almacenándose en la cámara de recepción los que han pasado el control, donde permanecerán 24 horas a una temperatura próxima a 0°C.

Salazón.

Una vez que el producto haya conseguido la temperatura óptima, se pasa por el tren de sangrado y por el bombo de nitrificación para seguidamente entrar en la cámara de salazón donde permanecerá tantos días como kilos pesa el jamón menos uno, a una temperatura comprendida entre 0 y 3 °C y una humedad próxima al 100 %.

Al final del tiempo marcado, el producto habrá tenido una merma del 5%.

A continuación se realizará el lavado y prensado del producto para colgar en palets de 66 unidades y ser trasladado a las cámaras de post-salado.

Post-salado.

Al finalizar la salazón el producto es lavado, prensado y colgado en palets y llevado a las cámaras de post-salado. Esta operación tiene dos ciclos: el primero de 10 días donde el producto es llevado al post-salado húmedo donde las constantes de temperatura y humedad son del 85 % para la humedad y del 3 % para la temperatura, la merma que sufre el producto es del 5 %. Una vez terminado estos diez días el producto pasa al post-salado común donde permanece 40 días a temperaturas de 3 a 8 °C y una humedad aproximada del 75 %.

| TIEMPO | TEMPERATURA | HUMEDAD | MERMA |
|---------|-------------|---------|-------|
| 10 días | 3°C | 85% | 5% |
| 40 días | 3°C – 8°C | 75% | 7% |

Al término de este proceso el producto tiene una merma del 17 % y está preparado para ir a la bodega controlada.

Bodega.

El producto llega con una merma del 17 %, en ella se eleva la temperatura de 8 a 13 °C y se rebaja la humedad hasta el 70 % progresivamente. Permanece aquí 45 días y alcanza una merma del 9 %. Finalmente queda con un 26 % de merma.

| TIEMPO | TEMPERATURA | HUMEDAD | MERMA |
|---------|-------------|---------|-------|
| 15 días | 8°C – 12°C | 70-75% | 3% |
| 30 días | 13°C | 70% | 6% |

Una vez finalizado este proceso el producto se transforma en jamón y puede llevar distintos caminos dependiendo del tipo que se quiera sacar a la venta, estos son:

Jamón primer precio: Estufaje-Venta
Jamón calidad alta: Secadero Natural-Estufaje-Venta
Jamón D.O.: Secadero Natural-Estufaje-Secadero Natural-Venta

Los tiempos varían según el tipo de jamón desde los 16 meses del D.O. hasta los seis u ocho meses del jamón primer precio.

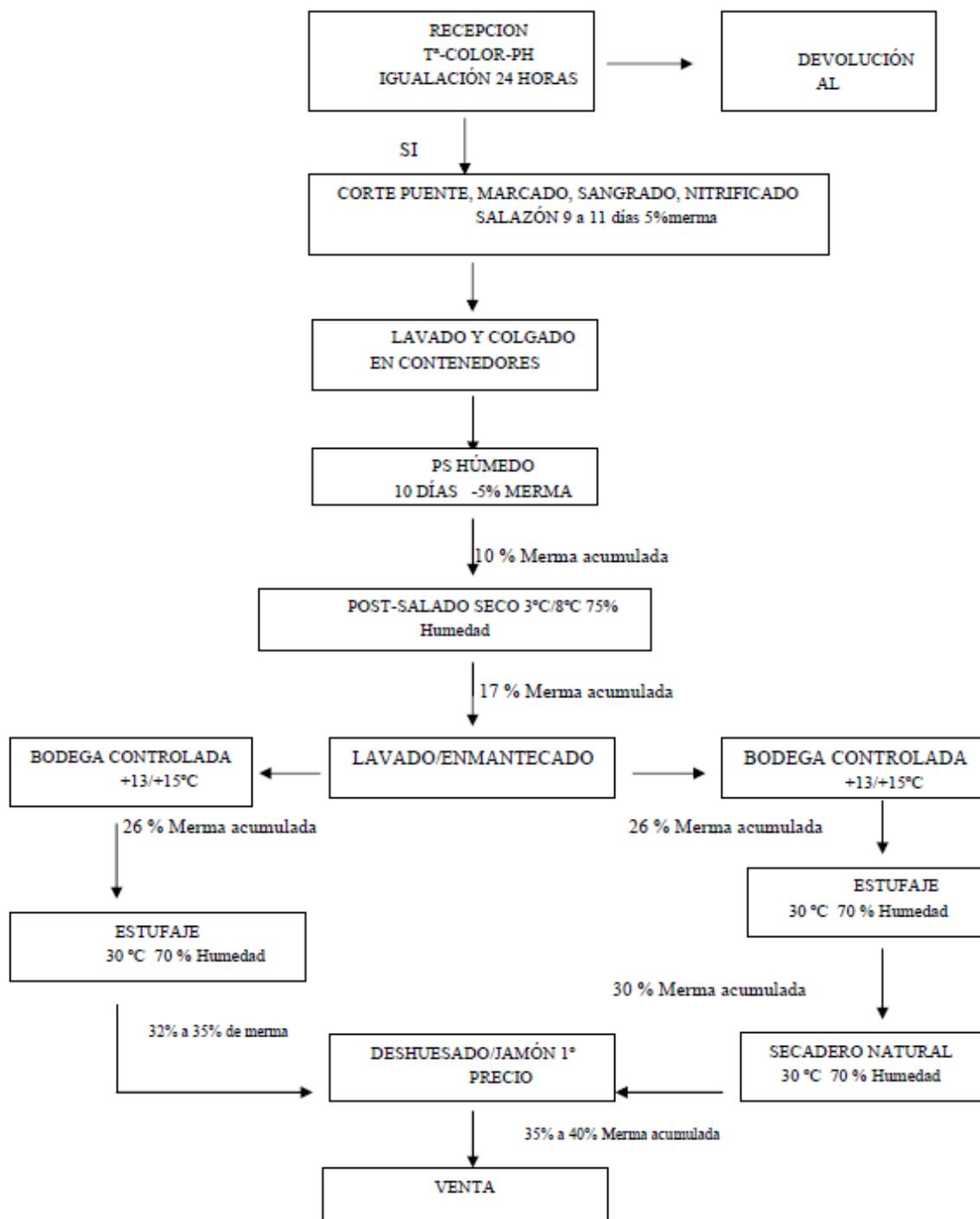
Secadero natural – estufaje.

El jamón, una vez sacado de la Bodega, permanece en el Secadero Natural de tres a seis meses para seguidamente ir a Estufaje donde se le da un golpe de calor de 28-30 °C y con una humedad inferior al 70 %, aquí permanece de 20 a 30 días. Una vez terminado el jamón vuelve al Secadero Natural donde permanece como mínimo otros seis meses si es jamón D.O., sino se van sacando según el tamaño, los más pequeños los primeros.

Durante este proceso el jamón se en manteca para evitar el ataque de ácaros y sobre todo controlar la merma. La merma ideal se mueve alrededor del 35 %.

Para la venta el jamón puede sufrir otras manipulaciones como son el deshuesado, fileteado o troceado.

El proceso de trabajo se resume en el siguiente esquema:



Relación de receptores eléctricos.

La distribución de potencias de los receptores es la siguiente:

CUADRO GENERAL: Se emplaza en un local específico para el mismo, junto a la sala de máquinas.

CUADRO CS-1: Situado en la sala de recepción alimenta los receptores de la misma así como los equipos de alumbrado de esta sala y colindantes a la misma.

CUADRO CS-2: Situado en la sala de expedición alimenta los receptores de la misma así como los equipos de alumbrado de esta sala y colindantes a la misma.

CUADRO CS-3: Situado en la oficina alimenta los receptores de la misma así como los equipos de alumbrado de esta dependencia, de recintos auxiliares, alumbrado exterior y tomas de corriente y alumbrado de los recintos de la planta piso.

CUADRO CS-4: Situado en la zona de bodegas y secaderos de la planta baja alimenta los receptores de alumbrado de estos recintos y accionamientos de puertas automatizadas situadas en esta zona.

CUADRO SOTANO: Situado en la planta sótano alimenta todos los receptores de la misma así como los equipos de alumbrado de esta planta.

CUADRO SALA MAQUINAS: Situado en la sala de máquinas frigoríficas centralizada alimenta todos los receptores frigoríficos de esta sala así como los ventiladores del condensador exterior y de los evaporadores de las salas de trabajo y cámaras de congelación.

Desde el cuadro general se alimentan los cuadros secundarios y los receptores a continuación relacionados.

| Elemento | Potencia W |
|---------------------------------|-------------------|
| Cuadro Sala máquinas | 347028 |
| Compresor Aire | 11040 |
| Estufaje 1 | 1500 |
| Estufaje 2 | 1500 |
| Descongelación | 4000 |
| Cuadro 1 | 64246 |
| Cuadro 2 | 71680 |
| Cuadro 3 | 34746 |
| Alumbrado Sala máquinas | 640 |
| Alumbrado Sala calderas | 320 |
| Alumbrado Taller | 320 |
| Cuadro Sótano | 106316 |
| Alumbrado Vigilancia | 1040 |
| Cuadro NH3 | 3000 |
| Armario PSE 1 | 7500 |
| Armario PSE 2 | 7500 |
| Armario PSE 3 | 7500 |
| Armario PSE 4 | 7500 |
| Armario PSE 5 | 7500 |
| Armario PSE 6 | 7500 |
| Armario PSE 7 | 7500 |
| Armario PSE 8 | 7500 |
| Armario PSE 9 | 5500 |
| Armario Bodega 1 | 7500 |
| Armario Bodega 2 | 550 |
| Armario Bodega 3 | 7500 |
| Potencia Total Instalada | 728426 |

Relación de generadores térmicos.

La empresa dispone de dos calderas para la producción de agua caliente de uso industrial y sanitario situadas en local exclusivo para las mismas junto a la sala de máquinas frigoríficas. Las características de cada una de ellas es la siguiente:

| Descripción | Marca-Modelo | Potencia nominal |
|---|---------------|------------------|
| Caldera de producción a agua caliente para uso industrial | ROCA-CPA-250 | 290,7 kw |
| Caldera de calefacción y producción de ACS | ROCA G-100/70 | 79 kw |
| | TOTAL | 369,70 kw |

Número de trabajadores.

El personal necesario a plena producción en la actualidad es:

| | |
|-----------------|-----------|
| TÉCNICOS | 1 |
| ADMINISTRATIVOS | 1 |
| OPERARIOS | 10 |
| TOTAL | 12 |

Régimen de funcionamiento proceso productivo.

La organización funciona durante 40 horas semanales durante 5 días a la semana

El ritmo de trabajo normal de la empresa es 1 turno de 8 horas y no existen paradas por mantenimiento o vacaciones. El personal va rotando a lo largo de todo el año en su periodo vacacional.

Estructura de costes.

Las principales materias primas que son consumidas por la empresa en sus procesos son:

| Descripción | Unidad | Coste anual | % Total |
|--|--------|---------------------|----------------|
| Compra de mercaderías | € | 885.843 € | 6,46% |
| Materias primas | € | 7.859.939 € | 57,31% |
| Envases, embalajes y otros | € | 519.787 € | 3,79% |
| Trabajos externos | € | 94.886 € | 0,69% |
| Servicios profes., bancarios y transportes | € | 239.250 € | 1,74% |
| Gastos variables | € | 3.623.000 € | 26,42% |
| Otros costes | € | 491.292 € | 3,58% |
| | | 13.713.997 € | 100,00% |

Tabla 1 Estructura de costes anuales, cantidad y coste

Producción anual.

La producción anual es la siguiente:

| Descripción | Unidad | Anual |
|-------------------------------|--------------|---------------------|
| Venta de mercaderías | € | 1.015.626 € |
| Venta de productos terminados | € | 13.343.766 € |
| Otros ingresos | € | 440.850 € |
| | TOTAL | 14.800.242 € |

Tabla 2. Producción anual.

3. Balance de consumos energéticos.

Se consume básicamente dos tipos de energía en su proceso productivo:

Energía eléctrica: compra la electricidad a 20kV, transformándola a 400V para su consumo en un centro de transformación de 630 kVA.

Energía térmica: la empresa consume GLP (gas propano) desde un depósito aéreo de propiedad particular en las calderas de producción de agua caliente para uso industrial y ACS.

Para obtener los consumos energéticos de la empresa, se parte de los recibos de electricidad y GLP proporcionados por la empresa, correspondientes a 12 meses. El resultado que se obtiene es el siguiente:

| Fuente de energía | Unidad | MWh/año | % Total |
|-------------------|--------|-----------------|----------------|
| Energía eléctrica | kWh | 1.552,81 | 88,5% |
| Gas propano | kWh | 214,22 | 11,5% |
| | | 1.767,03 | 100,00% |

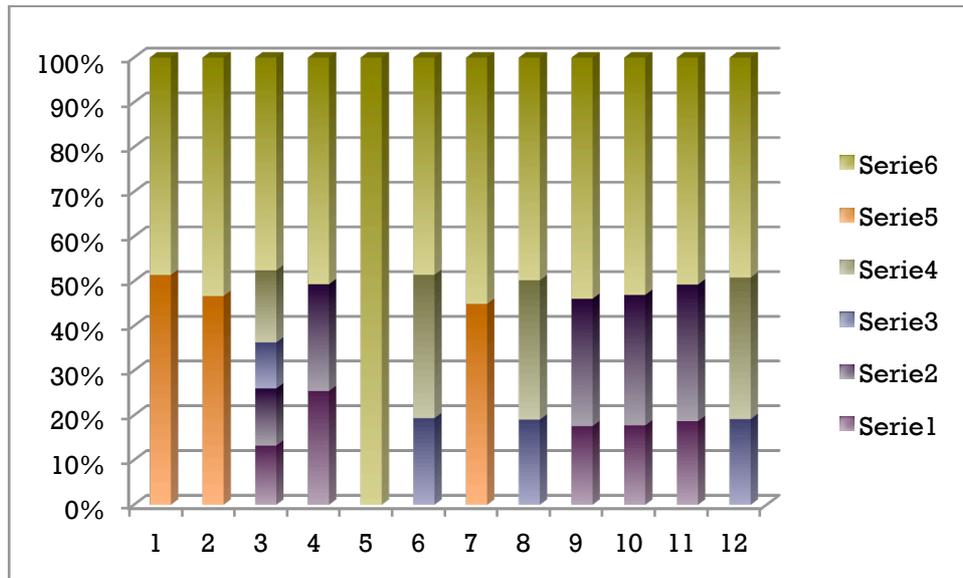
Tabla 3. Distribución consumo energético.

A partir de estos datos se verifica la importancia del consumo eléctrico, un 88,5% sobre el total del consumo energético de la empresa.

Consumo eléctrico.

La empresa compra energía a 20kV transformándola a 400V para su consumo en el proceso productivo. El consumo anual del periodo abril 2010 - marzo 2011 deducido de los recibos asciende a 2.071,58 Mwh/año, según la siguiente distribución mensual:

| CONSUMOS | | | | | | |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | TOTALES |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 90533 | 85631 | 176164 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 85651 | 97873 | 183524 |
| 24631 | 23802 | 19165 | 30016 | 0 | 88642 | 186256 |
| 52982 | 49734 | 0 | 0 | 0 | 105556 | 208272 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 192960 | 192960 |
| 0 | 0 | 33955 | 56300 | 0 | 85262 | 175517 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 71653 | 87840 | 159493 |
| 0 | 0 | 25174 | 41250 | 0 | 65881 | 132305 |
| 24324 | 39399 | 0 | 0 | 0 | 74601 | 138324 |
| 30339 | 49914 | 0 | 0 | 0 | 90723 | 170976 |
| 30974 | 50671 | 0 | 0 | 0 | 84122 | 165767 |
| 0 | 0 | 34857 | 57647 | 0 | 89522 | 182026 |
| 163250 | 213520 | 113151 | 185213 | 247837 | 1148613 | 2071584 |



A partir de las mediciones realizadas y recogidas en el Anexo 2 y del análisis de los diferentes receptores se obtiene la distribución del consumo eléctrico por cuadros generales en el periodo de medición:

| Cuadro | Consumo electr. kWh | % Total |
|---|------------------------|----------------|
| Cuadro general (equipos alimentados directamente) | 78.779 | 29,48% |
| C.S.1 | 98 | 0,04% |
| C.S.2 | 1.744 | 0,65% |
| C.S.3 | 496 | 0,19% |
| C.S.4 | 1.956 | 0,73% |
| C.S.Sotano | 36.158 | 13,53% |
| C.Central Frigorifica | 148.037 | 55,39% |
| TOTAL | 267.268 | 100,00% |

Tabla 5. Consumo eléctrico por cuadros

Se observa que el mayor consumo viene determinado por los cuadros que incorporan receptores frigoríficos o ventiladores para renovación de aire de las cámaras refrigeradas, por lo que cualquier actuación de ahorro energético que se haga sobre estos receptores será de gran importancia.

Consumo térmico.

Los consumos de energía térmica utilizados en la planta a partir de los consumos de gas propano del año se encuentran descritos a continuación:

| Periodo | Unidad | Cantidad | Potencia(Kw) |
|--------------|--------|---------------|----------------|
| Mayo 2010 | Kg | 4.693 | 56.316 |
| Agosto 2010 | Kg | 4.437 | 53.224 |
| Febrero 2011 | Kg | 4.081 | 48.972 |
| Abril 2011 | Kg | 4.641 | 55.692 |
| TOTAL | | 17.852 | 214.224 |

Los gastos totales por este concepto ascienden a **22.548 €**.

Consumo específico.

En este apartado se calcula el consumo específico de la empresa, es decir, el consumo de energía por € de producto comercializado.

| Producto | Electricidad kWh/cent€ | Gas propano kWh/cent€ | Total kWh/cent€ |
|----------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------|
| Productos terminados | 15,52 | 2,28 | 17,80 |

Tabla 6. Consumo específico por producto

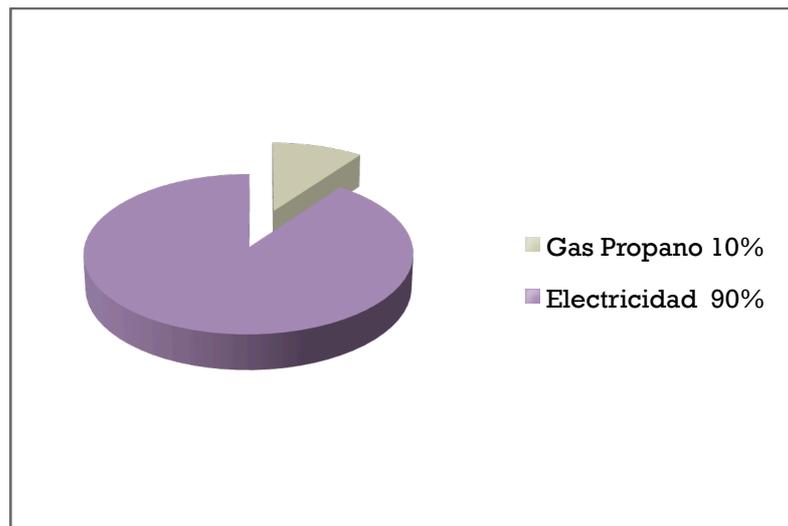
Como se puede observar en los consumos específicos, esta industria no es excesivamente intensiva en consumo de energía destacando, como ya se ha comentado, la importancia determinante de la energía eléctrica entre los dos tipos de energía consumidos.

4. Coste energético.

Para obtener el coste de la energía eléctrica y del gas propano, se parte de los contratos suscritos con Endesa y Repsol Gas y los precios correspondientes a los años 2010 y 2011 en el periodo estudiado entre ambos años:

| Energía | Coste €/año | Coste unit cent€/kWh | % Total |
|--------------|-------------------|-------------------------|------------|
| Electricidad | 239.743,91 | 11,57 | 90 |
| Gas propano | 22.548 | 10,5 | 10 |
| TOTAL | 262.291,91 | | 100 |

Tabla 9. Distribución coste energético



Costes específicos

Para el cálculo de los costes específicos energéticos, igual que en el apartado de consumos específicos, se tienen en cuenta la producción en € de producto terminado y los costes de la energía:

| Producto | Electricidad cent€/energía / € prod terminado | Gas propano cent€/energía/€ prod. terminado |
|----------------------|---|---|
| Productos terminados | 1,79 | 0,19 |

Tabla 10. Coste específico por producto

5. Puntos ya existentes que favorecen el ahorro energético.

La empresa, en la fecha de realización del estudio energético para la búsqueda de mejoras, ya presenta medidas que favorecen el ahorro energético:

Instalación eléctrica.

- Existencia de lámparas de halogenuros metálicos en alumbrado exterior.
- Sectorización de la iluminación.
- Existencia de un encendido automático mediante temporizador en iluminación exterior.
- Renovación en fecha reciente de baterías de condensadores existentes para compensar energía reactiva.
- Existencia de variadores de frecuencia en los motores que ya requieran regulación de velocidad en la planta (compresores frigoríficos).
- Aislamiento térmico de las conducciones que transportan fluidos calientes o refrigerantes.

6. Medidas de ahorro energético.

A continuación se proponen una serie de medidas para la mejora de la eficiencia energética de la empresa.

6.1 Instalaciones eléctricas.

6.1.1. Ajuste del contrato de suministro eléctrico.

Tras el análisis de la facturación del último año se observa que la potencia contratada en cada uno de los 6 periodos es de 500 Kw.

La tabla siguiente muestra las lecturas del maxímetro en cada uno de estos periodos a lo largo del año, remarcándose en ella los valores máximos alcanzados:

| MES | MAXÍMETRO | | | | | |
|------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 |
| ABRIL | 0 | 0 | 0 | 0 | 404 | 348 |
| MAYO | 0 | 0 | 0 | 0 | 456 | 436 |
| JUNIO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| JULIO | 468 | 416 | 0 | 0 | 0 | 440 |
| AGOSTO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 400 |
| SEPTIEMBRE | 0 | 0 | 468 | 396 | 0 | 352 |
| OCTUBRE | 0 | 0 | 0 | 0 | 364 | 360 |
| NOVIEMBRE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DICIEMBRE | 388 | 352 | 0 | 0 | 0 | 388 |
| ENERO | 424 | 460 | 0 | 0 | 0 | 348 |
| FEBRERO | 384 | 380 | 0 | 0 | 0 | 364 |
| MARZO | 0 | 0 | 400 | 384 | 0 | 352 |

Se observa que el pico de máximo consumo alcanza los 468 kw en los periodos 1 y 3.

Se propone, a la vista de lo expuesto, reducir la contratación para cada uno de los 6 periodos de consumo hasta 450 kw. Con este valor se podrían alcanzar puntas, sin recargo alguno, de $450 * 1,05 = 472,5$ kw., inferiores en cualquier caso a las máximas registradas.

Tras esta variación, teniendo en cuenta los costos de la energía en cada uno de estos periodos en el periodo de estudio, se indica a continuación los resultados de la facturación actual y los resultantes tras la reducción propuesta.

| PERIODO | VALOR KW | POTENCIA ACTUAL | COSTE ACTUAL | POTENCIA PROPUESTA | COSTE RESULTANTE |
|----------------|-----------------|------------------------|---------------------|---------------------------|-------------------------|
| P1 | 1.626.869 | 500 | 8134.35 | 450 | 7320.91 |
| P2 | 8.141.386 | 500 | 4070.69 | 450 | 3663.62 |
| P3 | 5.958.152 | 500 | 2979.07 | 450 | 2681.16 |
| P4 | 5.958.152 | 500 | 2979.07 | 450 | 2681.16 |
| P5 | 5.958.152 | 500 | 2979.07 | 450 | 2681.16 |
| P6 | 2.718.489 | 500 | 1359.24 | 450 | 1223.32 |
| TOTAL | | | 22501.50 | | 20251.35 |
| | | | | AHORRO | 2250.15 € |

El ahorro es en consecuencia de **2.250,15 €/ año** y el plazo de amortización es inmediato a partir del momento de cambio de tarifa. Se observa durante el periodo estudiado la existencia de un consumo de energía reactiva. Dicho consumo no se tiene en cuenta en este estudio debido a que recientemente ha sido eliminado al instalar una nueva batería de condensadores, tal y como se observa en la última factura emitida del periodo considerado.

6.1.2. Presencia de armónicos.

Con relación a los armónicos, en la normativa correspondiente, se establecen límites que sirven para conocer los valores, porcentuales o absolutos, en cuanto a la amplitud de cada armónico, a partir de los cuales se pueden presentar efectos perjudiciales en las instalaciones de la planta. Independientemente de lo anterior, se puede considerar que los límites para la tasa de distorsión armónica a partir de los cuales se puede presentar efectos perjudiciales en las instalaciones de una planta se sitúan entre un 15% y un 20% para los armónicos de corriente.

En general la presencia de armónicos puede provocar diversos efectos en los diferentes elementos de la instalación, como por ejemplo:

- En los conductores puede producir un calentamiento que en ocasiones puede resultar peligroso.
- En los motores, además de pueden producir pares pulsantes o ruido. Todo ello puede reducir la vida útil de la instalación.

Como medidas de protección contra los armónicos podemos encontrar desde sobredimensionamiento de los equipos y las secciones de los cables hasta la utilización de filtros.

No se detectó la presencia de armónicos en la mayoría de los puntos medidos salvo en los cuadros que suministran a máquinas con variadores de frecuencia (cuadro de compresores frigoríficos). Estos son:

- Cuadro maquinaria frigorífica: Se presentan unas T_{hd} de corriente muy variables entre el 6% y 62%, con equilibrio de fases. Aproximadamente la distorsión se produce por la presencia en un 61% del quinto armónico, 35% del séptimo y el 4% restante del tercer armónico. La causa de la aparición de armónicos y con este espectro, es por la existencia de un variador de frecuencia trifásico para un compresor frigorífico de 180 CV. No existe filtro de armónicos en este equipo.

Para la minimización de las perturbaciones en las redes a causa de la presencia de armónicos de intensidad, se recomienda instalar filtros activos en los cuadros descritos, que actúen sobre todo, en las frecuencias del quinto y séptimo armónico.

Estas recomendaciones no entrarán como medidas de ahorro energético, sino más bien como actuaciones a llevar a cabo para el correcto mantenimiento de la instalación eléctrica y sus

equipos. Con estas medidas no cabe duda de que se aumenta la eficiencia energética, pero este ahorro resulta poco relevante y en consecuencia despreciable.

6.1.3. Sustitución de motores eléctricos.

Según se desprende de las tablas anteriores, la mayoría del consumo eléctrico de la planta se produce como consecuencia de la existencia de dichos motores, que accionan elementos de gran potencia como los compresores frigoríficos, y ventiladores de las diversas cámaras refrigeradas, y otros de menor capacidad que accionan los elementos complementarios. La presencia de elementos resistivos es prácticamente de tal manera, es necesario el estudio de posibilidades de ahorro energético en este tipo de elementos.

Se ha considerado como la más viable, la sustitución de los motores existentes por otros nuevos de mayor eficiencia y si es el caso, por motores de menor potencia nominal para elevar el factor de carga del motor.

Según la literatura, se considera rentable (amortización en tres años) el sustituir un motor estándar por otro de alta eficiencia si funcionan:

- Más de 2500 horas/año: entre 7,5 y 55kW
- Más de 4500 horas/año: otras potencias

Para calcular el ahorro energético al sustituir un motor estándar por otro nuevo de alta eficiencia es preciso tener en cuenta que, incluso en los motores estándar, el rendimiento ha ido mejorando con los años y no se pueden aplicar los valores de rendimiento de los motores estándar actuales a motores antiguos. Además, el rendimiento de un motor puede haberse reducido si ha sido sometido a reparaciones, especialmente a rebobinados. Esto hace que aún sea más interesante la sustitución por un motor de alta eficiencia.

En consecuencia, la instalación de motores de alto rendimiento resulta especialmente interesante en el caso de renovación o compra de nuevos equipos, ya sea por averías o por cambios en los requisitos de la máquina accionada.

Por otro lado, las ventajas de los motores de alto rendimiento no son solo energéticas.

Estos equipos poseen sistemas de refrigeración más eficientes y menores cargas electromecánicas, por lo que son mucho más silenciosos. Adicionalmente, su factor de potencia es mayor que en los motores convencionales, con el consiguiente ahorro económico en la facturación eléctrica en el tamaño de los dispositivos de compensación de energía reactiva necesarios.

Muchos motores están sobredimensionados y se ahorra energía y dinero sustituyéndolos por motores más pequeños.

A veces se sobredimensiona un motor por falta de datos sobre su ciclo de carga o en previsión de futuras ampliaciones. Esto hace que muchos motores funcionen permanentemente con una carga inferior al 60% y, en consecuencia, con un rendimiento bajo. Normalmente el coste de cambiar un motor por otro más grande cuando se produce una ampliación de la carga es pequeño frente al gran coste de estar funcionando sobredimensionado durante años.

Se considera interesante sustituir un motor por otro más pequeño si se da alguna de estas situaciones:

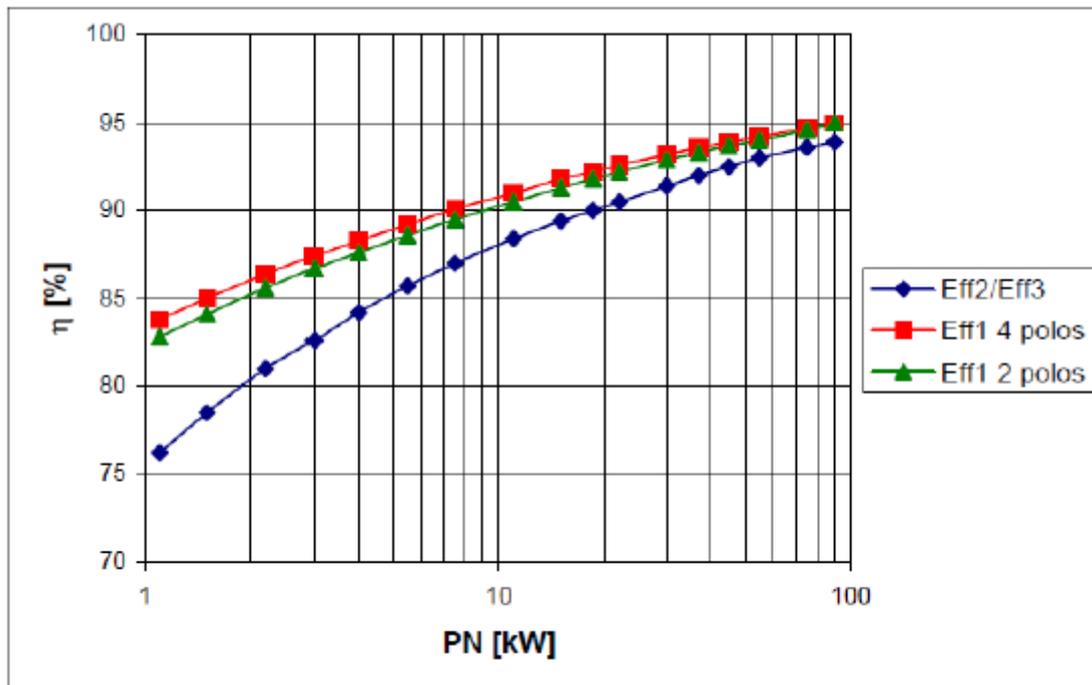
- Siempre funciona por debajo del 50% de la potencia nominal o asignada.
- Funciona por debajo del 60-75% de la potencia nominal y mueve una carga de potencia cúbica.

Normalmente un motor de alta eficiencia tiene un deslizamiento menor (mayor velocidad) y esto puede hacer que se incrementen las pérdidas en la carga si ésta aumenta con la velocidad (Fig. 16). En el caso de accionamientos con cargas de potencia cúbica, como ventiladores o bombas, el sustituir un motor por otro más eficiente pero de mayor velocidad puede dar lugar a que el aumento de pérdidas en la carga (debidas a que la velocidad es más alta) sea mayor que la

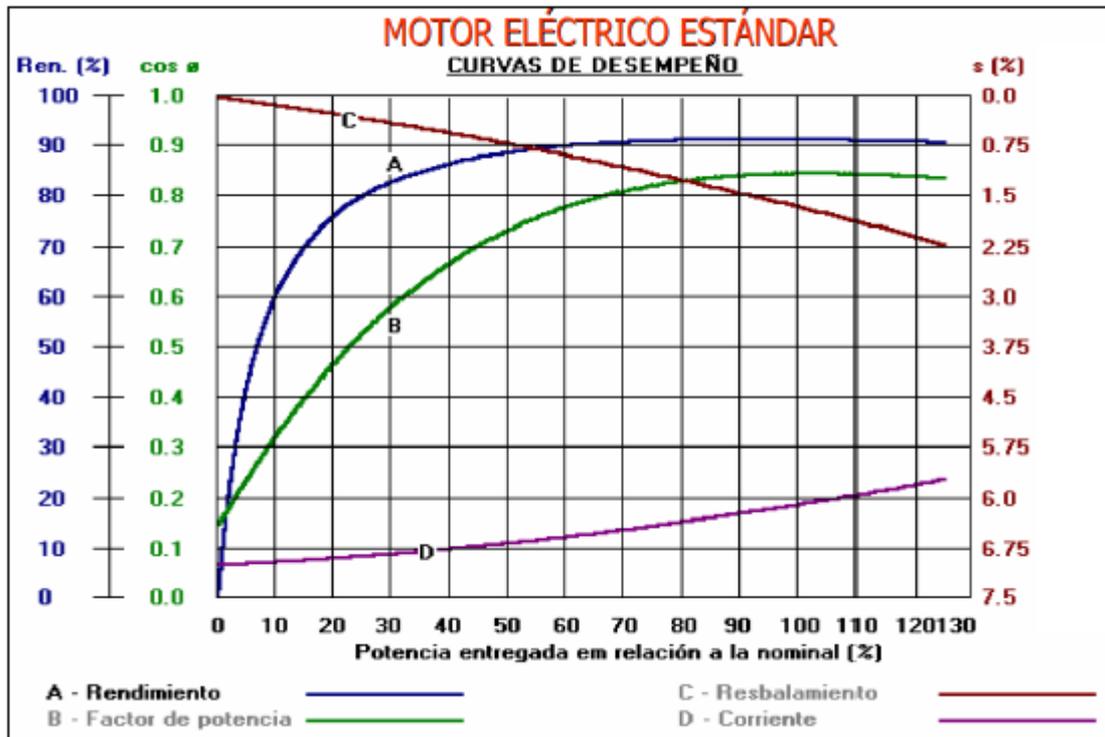
disminución de pérdidas en el motor. En estos casos hay que buscar motores de alta eficiencia cuya velocidad asignada no sea mayor que la del motor estándar que reemplazan.

Estas medidas en rasgos generales proporcionan las siguientes ventajas en eficiencia energética:

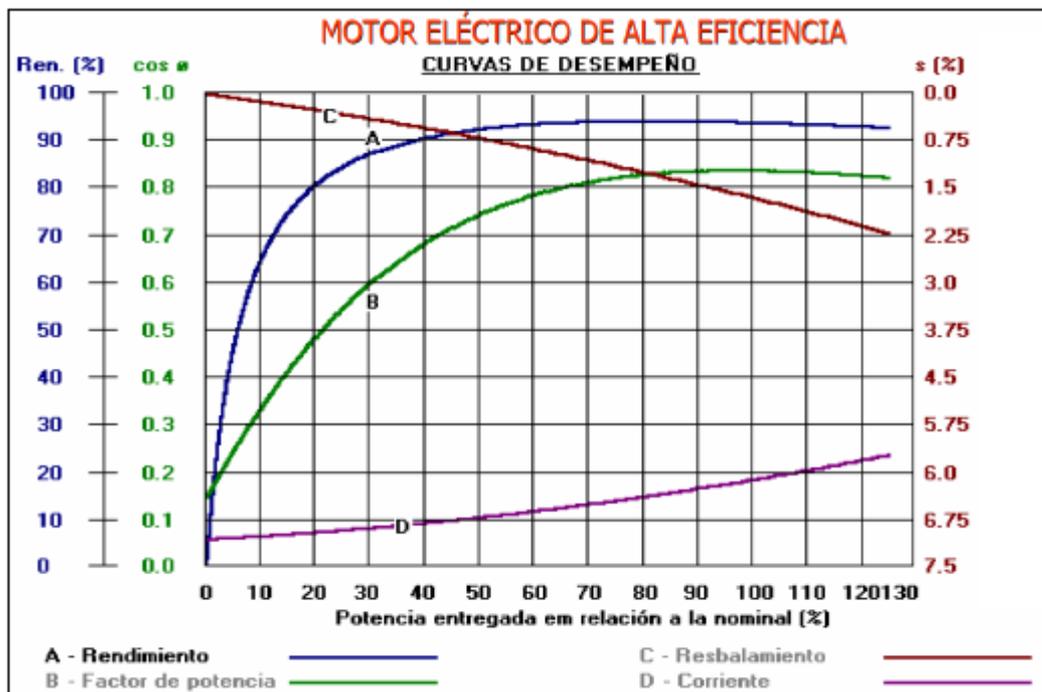
- La sustitución de los motores tipo EFF3 o EFF2 por los de mayor eficiencia tipo EFF1 (según IEC 60034-30), supone un incremento de la eficiencia eléctrica del motor que va desde el 1% en motores de 90kW, al 6% en motores de 1,5 kW.
- Además, si se sustituye por un motor de menor potencia nominal, para que el factor de carga se sitúe entre 80-95% (solamente en motores sobredimensionados), la eficiencia eléctrica del motor puede aumentar hasta un 14%, en motores que actualmente trabajan al 20% del factor de carga. Este aumento va disminuyendo a medida que el motor trabaje a plena carga.
- Este aumento de la eficiencia eléctrica, unido a un incremento del factor de potencia debido al funcionamiento a plena carga del motor, producen que la corriente consumida se vea reducida del orden del 30% (dependiendo del factor de carga y la potencia nominal del motor). Esta reducción en la corriente consumida, disminuye las pérdidas por efecto Joule en las líneas de alimentación de los motores. Se estima el incremento de la eficiencia energética global en 1%.



Relación potencia nominal / rendimiento en motores estándar y de alta eficiencia.



Parámetros eléctricos en función del factor de carga, en motores estándar.



Parámetros eléctricos en función del factor de carga, en motores de alta eficiencia.

A continuación se muestra los resultados del cálculo del ahorro energético y retorno de la inversión, que supone la sustitución de motores existentes por de mayor eficiencia y si es el caso,

elegir dichos motores con menor potencia nominal. Se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- Se han tomado los motores con potencia nominal igual o mayor a 5,5kW, exceptuando los de los compresores frigoríficos por su especial ejecución. Para motores de menor potencia también es válida la medida si éstos tienen un funcionamiento superior a 2.000 horas al año.
- La eficiencia resulta ser la de motores de 2 polos. No existe gran variación entre ésta con la de 4 o 6 polos.
- Los precios de los nuevos motores corresponden con el catálogo de Siemens para motores trifásicos de dos polos modelo 1LE1 tipo EFF2.
- Se ha considerado como se ha mencionado anteriormente, el ahorro producido por el cambio de motor a mayor eficiencia, si es el caso por el aumento del factor de carga, y por la disminución de las pérdidas por efecto Joule en las líneas (menor corriente de alimentación).
- El precio de la energía es de 11,57 cent€/kWh, extraído de los precios medios marcados en las facturas, en los últimos 12 meses.
- Los cálculos han sido realizados con el programa informático SINASAVE de Siemens.

| CUADRO | MOTOR | Situación actual | | | | Cambio motor | | | | | | |
|-------------|-------------------------|------------------|------------------------|----------------|----------------------|--------------|----------------|--------------|--------------|-------------------|---------------------|------|
| | | Pn actual KW | Sistema arranque motor | Carga actual % | Funcionamiento h/año | Pn cambio KW | Carga cambio % | Ahorro kWh % | Ahorro año € | Inversión motor € | Tiempo retorno años | |
| C.S.SOTANO | PSE 2 | 5,5 | Directo | 75% | 2000 | 5,5 | 75% | 2,20% | 27,83 € | 182 € | 6,54 | |
| | PSE 4 | 5,5 | Directo | 75% | 2000 | 5,5 | 75% | 2,20% | 27,83 € | 182 € | 6,54 | |
| | PSE 5 | 5,5 | Directo | 75% | 2000 | 5,5 | 75% | 2,20% | 27,83 € | 182 € | 6,54 | |
| | PSE 6 | 5,5 | Directo | 75% | 2000 | 5,5 | 75% | 2,20% | 27,83 € | 182 € | 6,54 | |
| | PSE 7 | 5,5 | Directo | 75% | 2000 | 5,5 | 75% | 2,20% | 27,83 € | 182 € | 6,54 | |
| | PSE 8 | 5,5 | Directo | 75% | 2000 | 5,5 | 75% | 2,20% | 27,83 € | 182 € | 6,54 | |
| | PSE 9 | 5,5 | Directo | 75% | 2000 | 5,5 | 75% | 2,20% | 27,83 € | 182 € | 6,54 | |
| | PSE 10 | 5,5 | Directo | 75% | 2000 | 5,5 | 75% | 2,20% | 27,83 € | 182 € | 6,54 | |
| | BODEGA 1 | 7,5 | Directo | 75% | 2000 | 7,5 | 75% | 2,40% | 41,40 € | 235 € | 5,68 | |
| | BODEGA 2 | 7,5 | Directo | 75% | 2000 | 7,5 | 75% | 2,40% | 41,40 € | 235 € | 5,68 | |
| | BODEGA 3 | 5,5 | Directo | 75% | 2000 | 5,5 | 75% | 2,20% | 27,83 € | 182 € | 6,54 | |
| | BODEGA 4 | 5,5 | Directo | 75% | 2000 | 5,5 | 75% | 2,20% | 27,83 € | 182 € | 6,54 | |
| | BODEGA 5 | 5,5 | Directo | 75% | 2000 | 5,5 | 75% | 2,20% | 27,83 € | 182 € | 6,54 | |
| | CUADRO GENERAL | PSE1 | 7,5 | Directo | 75% | 2000 | 7,5 | 75% | 2,40% | 41,40 € | 235 € | 5,68 |
| | | PSE2 | 7,5 | Directo | 75% | 2000 | 7,5 | 75% | 2,40% | 41,40 € | 235 € | 5,68 |
| PSE3 | | 7,5 | Directo | 75% | 2000 | 7,5 | 75% | 2,40% | 41,40 € | 235 € | 5,68 | |
| PSE4 | | 7,5 | Directo | 75% | 2000 | 7,5 | 75% | 2,40% | 41,40 € | 235 € | 5,68 | |
| PSE5 | | 7,5 | Directo | 75% | 2000 | 7,5 | 75% | 2,40% | 41,40 € | 235 € | 5,68 | |
| PSE6 | | 7,5 | Directo | 75% | 2000 | 7,5 | 75% | 2,40% | 41,40 € | 235 € | 5,68 | |
| PSE7 | | 7,5 | Directo | 75% | 2000 | 7,5 | 75% | 2,40% | 41,40 € | 235 € | 5,68 | |
| PSE8 | | 7,5 | Directo | 75% | 2000 | 7,5 | 75% | 2,40% | 41,40 € | 235 € | 5,68 | |
| PSE9 | | 5,5 | Directo | 75% | 2000 | 5,5 | 75% | 2,20% | 27,83 € | 182 € | 6,54 | |
| BODEGA1 | | 7,5 | Directo | 75% | 2000 | 7,5 | 75% | 2,40% | 41,40 € | 235 € | 5,68 | |
| CUADRO FRIO | BOMBA GLICOL 1 | 7,5 | Directo | 75% | 8000 | 7,5 | 75% | 2,40% | 165,60 € | 235 € | 1,42 | |
| | BOMBA GLICOL 2 | 7,5 | Directo | 75% | 8000 | 7,5 | 75% | 2,40% | 165,60 € | 235 € | 1,42 | |
| | BOMBA 1 NH3 | 5,5 | Directo | 75% | 8000 | 5,5 | 75% | 2,20% | 111,32 € | 182 € | 1,63 | |
| CUADRO FRIO | BOMBA 2 NH3 | 5,5 | Directo | 75% | 8000 | 5,5 | 75% | 2,20% | 111,32 € | 182 € | 1,63 | |
| | CONDENSADOR (4 MOTORES) | 7,5 | Y-D | 75% | 4000 | 7,5 | 75% | 2,40% | 331,20 € | 940 € | 2,84 | |
| | TOTALES | | | | | | | | 1,743,63 € | 6,960,00 € | | |

De la tabla se desprende que, los tiempos de retorno más bajos se tienen en los casos en que se ha podido sustituir el motor existente por otro de igual potencia, y en motores que superan las 2.000 horas al año de funcionamiento

Resulta evidente que la sustitución de algunos de los motores no es viable por los elevados tiempos de retorno de la inversión. De modo que se tomará el cambio de motores como medida de ahorro energético, en los casos en que el retorno de la inversión sea inferior a 6 años, resultando la siguiente tabla:

| CUADRO | MOTOR | Situación actual | | | | Cambio motor | | | | | |
|----------------|-------------------------|------------------|------------------------|----------------|----------------------|--------------|----------------|--------------|--------------|-------------------|---------------------|
| | | Pn actual KW | Sistema arranque motor | Carga actual % | Funcionamiento h/año | Pn cambio KW | Carga cambio % | Ahorro kWh % | Ahorro año € | Inversión motor € | Tiempo retorno años |
| CUADRO GENERAL | PSE1 | 7,5 | Directo | 75% | 2000 | 7,5 | 75% | 2,40% | 41,40 € | 235 € | 5,68 |
| | PSE2 | 7,5 | Directo | 75% | 2000 | 7,5 | 75% | 2,40% | 41,40 € | 235 € | 5,68 |
| | PSE3 | 7,5 | Directo | 75% | 2000 | 7,5 | 75% | 2,40% | 41,40 € | 235 € | 5,68 |
| | PSE4 | 7,5 | Directo | 75% | 2000 | 7,5 | 75% | 2,40% | 41,40 € | 235 € | 5,68 |
| | PSE5 | 7,5 | Directo | 75% | 2000 | 7,5 | 75% | 2,40% | 41,40 € | 235 € | 5,68 |
| | PSE6 | 7,5 | Directo | 75% | 2000 | 7,5 | 75% | 2,40% | 41,40 € | 235 € | 5,68 |
| | PSE7 | 7,5 | Directo | 75% | 2000 | 7,5 | 75% | 2,40% | 41,40 € | 235 € | 5,68 |
| | PSE8 | 7,5 | Directo | 75% | 2000 | 7,5 | 75% | 2,40% | 41,40 € | 235 € | 5,68 |
| | BODEGA1 | 7,5 | Directo | 75% | 2000 | 7,5 | 75% | 2,40% | 41,40 € | 235 € | 5,68 |
| | BODEGA3 | 7,5 | Directo | 75% | 2000 | 7,5 | 75% | 2,40% | 41,40 € | 235 € | 5,68 |
| CUADRO FRIO | BOMBA GLICOL 1 | 7,5 | Directo | 75% | 8000 | 7,5 | 75% | 2,40% | 165,60 € | 235 € | 1,42 |
| | BOMBA GLICOL 2 | 7,5 | Directo | 75% | 8000 | 7,5 | 75% | 2,40% | 165,60 € | 235 € | 1,42 |
| | BOMBA 1 NH3 | 5,5 | Directo | 75% | 8000 | 5,5 | 75% | 2,20% | 111,32 € | 182 € | 1,63 |
| | BOMBA 2 NH3 | 5,5 | Directo | 75% | 8000 | 5,5 | 75% | 2,20% | 111,32 € | 182 € | 1,63 |
| CUADRO FRIO | CONDENSADOR (4 MOTORES) | 7,5 | Y-D | 75% | 4000 | 7,5 | 75% | 2,40% | 331,20 € | 940 € | 2,84 |
| TOTALES | | | | | | | | 1,299,04 € | 4,124,00 € | 3,17 | |

Con esta tabla se tiene los resultados definitivos para el cambio de motores que resulta viable realizar de forma inmediata, consiguiendo un ahorro de energía de 11.296 kWh al año, y un tiempo total de retorno de la inversión variable entre un máximo de 5,6 y un mínimo de 1,63 años.

Aun así se recomienda la sustitución a motores de mayor eficiencia de forma paulatina a medida que éstos fallen.

6.1.4. Instalar variadores de frecuencia.

Los variadores ofrecen grandes ventajas de ahorro energético, al instalarse en motores que requieren según el proceso, la regulación de su velocidad. Sobre todo en bombas y ventiladores, en los que el caudal debe ser controlado por la velocidad del motor y no por el estrangulamiento de los conductos.

En la planta, existen variadores ya instalados en motores donde se requiere esta regulación de velocidad como es el caso de uno de los compresores frigoríficos. En este caso no se considera la posibilidad de mejora introducida por esta medida. Ahora bien, en motores que no requieren regulación de velocidad, que son la mayoría de los existentes en la planta, puede resultar interesante el variador de frecuencia, ya que éste ajusta el par nominal del motor (variando la tensión y frecuencia), al par que requiere la carga. De este modo el motor siempre funciona en su rendimiento máximo y con un factor de potencia cercano a 1.

De este modo, se ha estudiado la posibilidad de introducir variadores de frecuencia en todos los motores de más de 5,5 kW que accionan los ventiladores de las bodegas y PSE, independientemente del tipo de carga.

Hay que comentar el ahorro producido en ventiladores al introducir variadores de velocidad, debido al mejor comportamiento de los motores en el arranque y a una buena regulación del caudal requerido. Este ahorro según la literatura puede alcanzar el 30% ya que son los equipos con más intermitencia de puesta en marcha y la potencia consumida por el motor aumenta con el cubo del caudal. A fin de corroborar lo expuesto en este tipo de equipos se realizó en otra industria similar una prueba de funcionamiento en un mueble frigorífico equipado con un motor de 7,5 kw. Los resultados tras un periodo prolongado de funcionamiento (mas de 3 meses) han sido totalmente satisfactorios en lo concerniente a la calidad del producto almacenado sin apreciarse variación alguna sobre el estado del producto antes de la instalación del variador.

La frecuencia de funcionamiento de los ventiladores ha sido reducida hasta un máximo de 43 Hz, y ha sido muestreado el funcionamiento del motor en continuo durante 24 horas seguidas con el mismo contenido de producto en proceso en su interior en primer lugar tal y como se encontraba el mueble frigorífico y posteriormente instalando un variador de frecuencia con rango 3~10 Kw.

Los resultados obtenidos para cada caso han sido los siguientes:

| | <i>Sin Variador de Frecuencia</i> | <i>Con Variador de Frecuencia</i> |
|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Periodo de muestreo | 24 horas | 24 horas |
| Potencia Total Consumida (kW) | 47.81 | 20.91 |
| Precio de kW | 0,1150 | 0,1150 |
| Coste Total por día de trabajo | 5,50 | 2.40 |
| Coste anual (300 días/Año) | 1.759,41 | 877.70 |
| Ahorro Obtenido | 881,71 | |
| Porcentaje de Ahorro | 50,11% | |

Los resultados obtenidos en este caso han sido muy satisfactorios, pero para ser prudentes con el porcentaje de ahorro se adopta un valor conservador del ahorro energético del 25% para esta industria.

Con lo expuesto, el ahorro obtenido para la instalación de variadores de frecuencia en cada motor es el siguiente:

| | MOTOR 7,5 kW | MOTOR 5,5 kW |
|--|---------------------|---------------------|
| Precio Variador Instalado | 1,247.28 | 1,149.98 |
| Coste Energético anual SIN Variador | 1,759.41 | 1,290.23 |
| Porcentaje ahorro estimado | 25% | 25% |
| Coste Energético anual CON Variador | 1,319.56 | 967.67 |
| Ahorro Previsto por motor | 439.85 | 322.56 |
| Cantidad de motores | 12 | 13 |
| Ahorro Total Previsto kW | 5,278.22 | 4,193.26 |
| Periodo Amortización (meses) | 34,03 | 42,78 |

6.1.5. Instalar arrancadores suaves.

Una solución más económica de ahorro de energía en los arranques de los motores, puede ser la instalación de arrancadores electrónicos suaves. Esta medida es viable sobre todo en motores con elevado factor de intermitencia como son las bombas y ventiladores, con arranques estrella-triángulo o directo.

Estos arrancadores proporcionan en el arranque el par requerido por la carga, con un factor de potencia cercano a la unidad. Esto hace que la eficiencia eléctrica del motor sea máxima en todo el periodo de arranque. Asimismo estos dispositivos permiten el frenado regenerativo con el cual, vierten energía a la red en la fase de frenado (ventiladores).

Esta solución es recomendable en general para todos los equipos con potencia superior a 5,5 kW con arranque directo o estrella-triángulo. Se pueden conseguir ahorros del 5% de la potencia consumida dependiendo del número de arranques diarios.

Por tanto solamente se recomiendan por el elevado grado de intermitencia, instalarlos en las bombas y ventiladores de la planta con arranques directos o estrella-triángulo, y que no esté prevista la instalación de variadores de velocidad.

No son equipos excesivamente caros, aunque para este caso difícilmente se consiguen tiempos de retorno inferiores a 5 años. Es una solución opcional en tener a tener en cuenta por la dirección de la empresa.

6.1.6. Impedir el funcionamiento en vacío.

En la revisión de la instalación no se ha detectado la existencia de motores que trabajan en vacío (sin carga) o con cargas significativamente pequeñas.

Esto significa que el motor consume energía que no es aprovechada (caso de funcionamiento en vacío), o que en el caso de bajas cargas, el rendimiento del motor disminuye significativamente según se ha demostrado en los apartados anteriores.

Ese hecho puede solucionarse en parte considerando las siguientes medidas:

- Introduciendo equipos control automático, que impidan el funcionamiento en vacío (detectores de carga, accionamientos automáticos).
- Mejorando la regulación del flujo de material a través de la planta (reguladores electrónicos y variadores de frecuencia).
- Instalando más tolvas intermedias de material, posibilitando el funcionamiento a plena carga de los motores.
- Impartiendo y poniendo en práctica planes de trabajo, que hagan que los operarios de la planta actúen manualmente sobre las máquinas que no se encuentran en funcionamiento.

Estas medidas las cuales pueden aplicarse todas de forma íntegra o parcial, se consideran también como recomendaciones a considerar por la dirección. Dependiendo del grado de implantación de éstas y dadas la características de la planta, se puede conseguir un ahorro energético de aproximadamente un 3%.

6.1.7. Control y mantenimiento la instalación de aire comprimido.

Dado el pequeño tamaño del compresor de aire instalado las pérdidas de aire comprimido no es un factor de excesiva importancia dentro del consumo de la planta. Esta red da servicio principalmente a la maquinaria de proceso del jamón que requiere de accionamientos neumáticos así como para presurizar la central de limpieza.

El compresor es de pistón con motor de 10 CV de potencia e incorpora en el mismo equipo un calderín de 100 litros que almacena aire comprimido a una presión de 8 bar. La red de aire comprimido es metálica y discurre sobre los paneles de techo de toda la planta. Sobre la misma se dispone cerca de los puntos de suministro de aire de bajantes de acero inoxidable o plásticas flexibles. Revisada esta red se ha encontrado en un buen estado de conservación, con fugas despreciables.

En líneas de aire comprimido en mal estado de conservación se pueden producir pérdidas muy elevadas por fugas, de hasta un 30%. La eliminación total de las fugas es prácticamente imposible, pero con un mantenimiento adecuado dichas pérdidas pueden llegar a reducirse hasta aproximadamente un 5%.

Normalmente, en las fábricas apenas se presta atención a las fugas de aire comprimido, sin embargo, el coste de mantenimiento para evitarlas es muy bajo en comparación con el ahorro que se consigue.

Otra estrategia de control para reducir el consumo de los compresores es la parada de aquéllos que trabajen en vacío. El trabajo en vacío supone unos consumos de energía innecesarios que se puede evaluar en un 20 – 25%, en función de la potencia de los equipos. Por otra parte, el trabajar en vacío se traduce igualmente en un mayor consumo de energía reactiva, con la consiguiente incidencia en el coste de la energía eléctrica, a través de penalizaciones en la facturación.

Por ello, habría que analizar la posibilidad de desconectar los compresores cuando trabajen en vacío, teniendo en cuenta el número de arranques y paradas que tendría que soportar el motor. Otra medida fácilmente aplicable es mantener la mínima presión posible en la red de aire comprimido, con lo que se consigue disminuir el consumo por una doble vía: reducción de la potencia necesaria para la compresión y disminución de las fugas. Como regla general, una reducción del 20% en la presión de trabajo significa una disminución del 15% en el consumo de energía del compresor.

Al igual que ocurre con muchos equipos industriales, las acciones de mantenimiento y la frecuencia con que se realizan tienen una clara repercusión en su consumo energético.

En el caso de los compresores, puesto que son dispositivos que trabajan con un fluido en movimiento, cualquier tipo de resistencia al paso del aire implica pérdidas de energía que se disiparán en forma de calor.

A continuación se indican unas operaciones básicas de mantenimiento para compresores alternativos, aunque también son aplicables a otros tipos de compresores:

- Reducir las pérdidas en la aspiración. Para ello hay que elegir convenientemente el filtro, el diámetro de la tubería de aspiración y la longitud de la misma.
- Revisar los filtros. Las pérdidas en ellos no debe exceder el 0,5% del volumen del compresor.
- Comprobar la refrigeración. Para un buen funcionamiento, el calor producido debe eliminarse tan rápidamente como se produzca.
- Comprobar pérdidas por accionamiento mecánico. Si el accionamiento es por correas se deberá comprobar la tensión y el estado de las mismas. Algunos compresores disponen de sistemas de tensado automático de correas.
- Lubricar adecuadamente.
- Comprobar las válvulas de entrada y salida. Durante la admisión debe cerrar perfectamente la válvula de salida, y durante la expulsión la de entrada.
- Mantener la tubería de descarga en buenas condiciones.
- Eliminar tiempos muertos. Hay momentos en los que el motor trabaja, pero el compresor no comprime el aire en las mejores condiciones, en función de la carga de su depósito.
- Mantenimiento preventivo. En cualquier caso, deberán seguirse las normas especificadas por el fabricante.

Estimado el caudal requerido de aire comprimido y el caudal que suministran los compresores, resulta evidente que existen pérdidas de presión (fugas) en la red de aire, escapes provocados, o ineficiencias en los diferentes accionamientos.

Se recomienda se estudie con más detalle la causa de estas pérdidas, para poder actuar sobre ellas y así poder minimizarlas. Se cree que esta acción resulta de gran importancia dado el elevado consumo de estos equipos.

6.1.8. Control de ventiladores por variador de velocidad en cascada.

En la planta existe como caso particular, un aerocondensador dotado con cuatro ventiladores de 7,5 kW cada uno. Este equipo se encarga de condensar el amoníaco del circuito frigorífico centralizado.

Estos ventiladores son accionados cada uno por motor eléctrico de 7,5 kW, con arranque directo y con un control simple de todo o nada. Las horas de funcionamiento anuales es de aproximadamente 3.500 horas, con un consumo de 84.526 kWh.

Se propone instar un control más eficiente para los cuatro ventiladores que consistiría básicamente en un variador de frecuencia dotado de tarjeta multimotor o en cascada, para el control de los cuatro ventiladores accionando cada uno de ellos según la demanda, con control de velocidad de uno solo.

La velocidad variable del ventilador se controla desde la tarjeta multimotor y proporciona el arranque directo de las restantes según necesidades.

Asimismo el sistema debe dotarse de sondas de presión temperatura, contactores y arrancadores electrónicos suaves para los ventiladores sin control de velocidad.

Se esta forma se puede conseguir un ahorro energético del 10% ya que el variador proporciona únicamente la energía que requiere el sistema. Los resultados se observan en la siguiente tabla:

| | Ahorro kWh % | Ahorro año kWh | Ahorro año € | Inversión Equipos € | Tiempo retorno años |
|---|--------------|----------------|--------------|---------------------|---------------------|
| Control de Ventiladores por variador de frecuencia en cascada | 10% | 8.452 | 972 | 2.145 | 2,2 |

Debe comentarse que la rentabilidad de la inversión no es excesivamente elevada y requiere la previa revisión y consulta al frigorista para evaluar posibles inconvenientes causados sobre el funcionamiento de la instalación frigorífica debidos a la marcha de los ventiladores a velocidad reducida.

6.1.9. Mejoras en el alumbrado.

6.1.9.1. Espacios alumbrados por fluorescentes.

• Edificio de administración.

Las lámparas fluorescentes están presentes en casi todas las dependencias de trabajo presentando aproximadamente un 95% del total de las lámparas de este tipo existentes en la empresa. También son las que mayor número de horas anuales de utilización poseen.

Se reserva la instalación de proyectores equipados con lámparas de descarga de vapor de mercurio para el alumbrado del almacén central interior y del alumbrado exterior de la parcela. Asimismo se dispone de pequeños halógenos decorativos de 50 w. en aseos y hall de entrada. La distribución de las luminarias en cada planta es la siguiente:

Planta baja:

- 522 pantallas fluorescentes estancas de 2x36 w con balasto convencional.
- 9 pantallas fluorescentes estancas de 1x36 w con balasto convencional.
- 6 proyectores de halogenuros metálicos con equipo de encendido convencional.
- 18 brazos murales con luminarias de vapor de mercurio de 125 w con equipo de encendido convencional.
- 9 proyectores halógenos con lámpara de 50 w. con encendido mediante transformador individual de 21 V.

Planta semisótano:

- 128 pantallas fluorescentes estancas de 2x36 w con balasto convencional.

Conviene tener en cuenta que muchas de estas unidades se encuentran emplazadas en el interior de las bodegas y PSE climatizados por lo que su grado de utilización es muy bajo.

Se propone como medias de ahorro energético:

Sustitución de los balastos convencionales existentes por balastos electrónicos. Las principales ventajas de la utilización de balastos de alta frecuencia son:

- Ahorro de energía. Producido por dos efectos principalmente.
- Incremento de eficacia luminosa de la lámpara al circular por ella corriente a alta frecuencia (30 kHz), lo que permite conseguir la misma iluminación con un 25% menos de corriente.
- Pérdidas por inducción mínimas, lo que se traduce en bajas pérdidas por efecto Joule. El ahorro energético total respecto a los sistemas convencionales puede alcanzar hasta un 40%.
- Factor de potencia elevado, prácticamente $\cos\phi = 1$.
- Encendido instantáneo y sin relámpagos.
- Mayor vida útil de las lámparas.
- Ausencia de vibraciones sonoras y mecánicas.
- Baja disipación de calor.
- Fácil instalación. No es necesaria la instalación junto con el balasto de cebadores, condensadores, ni otros dispositivos.
- El nivel de flujo se puede ajustar automáticamente o manualmente en un intervalo que va desde el 100% hasta el 25% del flujo nominal. Durante la regulación, la frecuencia varía hasta los 45 kHz. A medida que la frecuencia aumenta, la potencia absorbida por la lámpara decrece y, por tanto, también lo hace el flujo luminoso.

Situación actual:

| | |
|--|--|
| Ubicación | Despachos y zonas de trabajo |
| Horas anuales de funcionamiento | 2560 horas/año |
| Modo de encendido | Manual |
| Tipo de iluminación | Luminaria adosada reflectante, 1ó 2 fluorescentes de 36W |
| Tipo de encendido | Balastro Electromagnético convencional (Reactancia +cebador) |
| Potencia consumida por lámpara | 43 W |
| Número total de luminarias | 398 |
| Número total de lámparas | 787 |
| Vida útil de las lámparas | 10.000 horas |
| Consumo anual | 34.653 kWh/año |
| Coste anual | 3.985 €/año |

La frecuencia a la cual trabajan normalmente las reactancias o balastos de las lámparas fluorescentes es igual a la de la red eléctrica, es decir, 50 Hz. Operando con este valor de frecuencia, el rendimiento luminoso (flujo luminoso/energía eléctrica consumida) es inferior al que se obtendría trabajando con una frecuencia más elevada. Por otra parte, el balasto convencional consume una determinada cantidad de energía y requiere un condensador de compensación para mejorar el factor de potencia del conjunto del sistema.

Situación futura:

| | |
|--|--|
| Ubicación | Despachos y zonas de trabajo |
| Horas anuales de funcionamiento | 2560 horas/año |
| Modo de encendido | Manual |
| Tipo de iluminación | Luminaria adosada reflectante, 1 ó 2 fluorescentes de 36W |
| Tipo de encendido | Balastro Electromagnético convencional (Reactancia +cebador) |
| Potencia consumida por lámpara | 32 W |
| Número total de luminarias | 398 |
| Número total de lámparas | 787 |
| Vida útil de las lámparas | 15.000 horas |
| Consumo anual | 25.788 kWh/año |
| Coste anual | 2.965 €/año |

- Ahorro energético : 8.865 kWh / año
- Ahorro económico : 1.020 € /año
- Inversión : 10.985 €
- Tiempo de retorno : 10,70 años

• Otras posibles líneas de actuación:

- Sustitución paulatina de las lámparas fluorescentes existentes por otras de las llamadas “ahorradoras” o “ecológicas”. Estas lámparas tienen las mismas características en cuanto a vida útil y flujo luminoso pero ahorran aproximadamente un 10 % de energía eléctrica.
- Existen actualmente en el mercado soluciones tecnológicas que proporcionan importantes ahorros energéticos, basados en sistemas de control digital (necesitan balastos electrónicos compatibles) que mediante múltiples sensores (presencia/movimiento, nivel de luz natural) pueden conseguir ahorros energéticos entorno al 50 %.

6.1.9.2. Espacios alumbrados por lámparas halógenas.

Las lámparas halógenas están presentes principalmente en el hall y en pasillos. El uso diario de este tipo de luminarias es reducido, estimándose en 1 hora al día.

Se propone:

Sustitución de las lámparas halógenas dicróicas convencionales por lámparas halógenas de bajo consumo. Estas lámparas se basan en la utilización de un revestimiento especial que funciona como un espejo y que utiliza el propio calor producido por la lámpara para generar más luz.

Ventajas de la utilización de lámparas halógenas de bajo consumo:

- Ahorro energético cercano al 50 %
- Encendido instantáneo.
- Mayor vida útil de las lámparas.
- Flujo regulable.

Situación actual:

| | |
|--|--|
| Ubicación | Hall |
| Horas anuales de funcionamiento | 260 horas/año |
| Modo de encendido | Manual |
| Tipo de iluminación | Luminaria empotrada, 1 lámpara halógena microica 50W/12V x lamp. |
| Tipo de encendido | Transformador individual para acondicionar tensión a 12V. |
| Potencia consumida por lámpara | 50W |
| Número total de luminarias | 9 |
| Número total de lámparas | 9 |
| Vida útil de las lámparas | 2.000 horas |
| Consumo anual | 117 kWh/año |
| Coste anual | 13,45 €/año |

Situación futura:

| | |
|--|---|
| Ubicación | Hall |
| Horas anuales de funcionamiento | 260 horas/año |
| Modo de encendido | Manual |
| Tipo de iluminación | Luminaria empotrada, 1 lámpara halógena B/C 30W/12V x lamp. |
| Tipo de encendido | Transformador individual para acondicionar tensión a 12V. |
| Potencia consumida por lámpara | 26W |
| Número total de luminarias | 9 |
| Número total de lámparas | 9 |
| Vida útil de las lámparas | 5.000 horas |
| Consumo anual | 64,84 kWh/año |
| Coste anual | 6,99 €/año |

- Ahorro energético : 56,16 kWh / año
- Ahorro económico : 6,46 € /año
- Inversión : 174 €
- Tiempo de retorno : 26,9 años

Al tratar de equipos con poca utilización, el ahorro económico obtenido es bajo y el tiempo de retorno elevado. Se propone la sustitución paulatina de estas lámparas a medida que estas fallen.

• Otras posibles líneas de actuación:

- Sustitución de las lámparas halógenas microicas de 50 W / 12 V por lámparas fluorescentes compactas de 10 W / 230 V. El precio de estas lámparas es relativamente bajo. Esta solución implica la eliminación del transformador individual para acondicionar la tensión a 12 V, e incluso puede ser necesario la sustitución de parte del equipo existente de la luminaria debido a los diferentes casquillos de las nuevas lámparas, lo que encarecería la inversión.

- Sustitución de las lámparas halógenas dicróicas de 50 W /12 V por lámparas compatibles de 12 V, basadas en tecnología LED. Estas lámparas serían, para un grado de iluminación equivalente, de unos 10 W de potencia. La vida útil de las mismas también es superior a las halógenas convencionales. El ahorro energético es importante, pero actualmente su precio todavía es elevado, lo que unido a baja utilización hace que el período de retorno de la inversión sea del orden de 25 años.

6.1.9.3. Otras tecnologías de iluminación utilizadas en instalaciones no industriales.

En el edificio de administración y en los vestuarios se utilizan también 43 luminarias empotradas tipo “downlight” (pasillos, vestuarios, comedor) equipadas con 2 lámparas compactas fluorescentes de bajo consumo de 26 W cada una. El uso de este tipo de lámparas de bajo consumo frente a las tradicionales de tipo incandescente ya constituye una solución eficiente por sí misma.

Una posible mejora energética sería la incorporación de un sistema de regulación de la intensidad lumínica de estos equipos, aunque dependiendo de la tecnología utilizada es posible que sea necesaria la sustitución de las lámparas existentes con cebador incluido por otras con balasto electrónico para realizar la regulación, lo que podría implicar también cambios en los equipos de la luminaria.

También sería interesante la sustitución por lámparas de bajo consumo de las lámparas incandescentes existentes en los aseos de la nave de producción.

6.1.9.4. Iluminación exterior

En el exterior de los edificios existe una instalación de alumbrado formada por:

- 18 brazos murales con 1 luminaria cada una. Cada luminaria posee lámpara de VMCC (Vapor de mercurio color corregido) de 125 W, reactancia y balastro de simple nivel. La programación del encendido de estas luminarias es mediante fotocélula y reloj astronómico que limita el periodo de encendido a 8 horas/día.

Estas soluciones de alumbrado suponen una solución poco eficiente desde el punto de vista de las tecnologías de alumbrado existente.

Una alternativa consiste en la sustitución de todas las lámparas de vapor de mercurio existentes y su equipo de encendido por otras de vapor de sodio y su equipo de encendido mediante balasto electromagnético de potencia adecuada, siendo esta potencia la equivalente para un flujo similar, que en el caso de las lámparas de vapor de mercurio de 125 w un flujo de 6.250 Lm, por lo que podremos sustituir ambas por una lámpara tubular de vapor de sodio de alta presión de 70 w de potencia, con un flujo de 6.650 Lm. En todos los casos estarán equipadas con un equipo de encendido con reactancia electromagnética.

El resultado de esta propuesta será,

Situación actual:

| | |
|--|---|
| Ubicación | Perímetro exterior del edificio |
| Horas anuales de funcionamiento | 2900 horas/año |
| Modo de encendido | Fotocélula y reloj astronómico |
| Tipo de iluminación | Luminaria sobre brazo mural con lámpara VMCC 125W |
| Tipo de encendido | Mediante balasto individual |
| Potencia consumida por lámpara | 138 W |
| Número total de luminarias | 18 |
| Número total de lámparas | 18 |
| Vida útil de las lámparas | 12.000 horas |
| Consumo anual | 7.203,6 kWh/año |
| Coste anual | 828,40 €/año |

Situación futura:

| | |
|--|--|
| Ubicación | Perímetro exterior del edificio |
| Horas anuales de funcionamiento | 2900 horas/año |
| Modo de encendido | Fotocélula y reloj astronómico |
| Tipo de iluminación | Luminaria sobre brazo mural con lámpara SAP 70 W |
| Tipo de encendido | Mediante balasto individual |
| Potencia consumida por lámpara | 81 W |
| Número total de luminarias | 18 |
| Número total de lámparas | 18 |
| Vida útil de las lámparas | 16.000 horas |
| Consumo anual | 4.228,2 kWh/año |
| Coste anual | 486,24 €/año |

- Ahorro energético : 2.975,4 kWh / año
- Ahorro económico : 342,15 € /año
- Inversión : 1.591,2 €
- Tiempo de retorno : 4,65 años

6.1.9.5 Análisis de niveles lumínicos en zonas de trabajo:

- PARAMETROS DE ILUMINACION RECOMENDADOS. NORMATIVA.

Es necesario especificar los requisitos mínimos de forma que se satisfagan las necesidades de confort y prestaciones visuales. Los requisitos visuales deben ser estudiados en función de las tareas que se vayan a realizar, ya que pueden variar significativamente de unas a otras.

La Norma Europea UNE-EN 12464-1 impulsa la consecución de la mayor eficiencia energética posible en todas y cada una de las instalaciones que concurren en un edificio, entre las cuales se encuentra la iluminación. Tal y como se indica en sus capítulos, se trata de reducir los consumos excesivos de energía hasta en un 22%, obligando a la adopción de medidas de ahorro y

recuperación energética, y se aconseja la sustitución de ciertas fuentes de energía escasas y contaminantes por otras renovables y menos agresivas con el medio ambiente.

Pero no debe nunca olvidarse que, en paralelo con este deseo de ahorrar energía, coexiste una obligación, que es la de conseguir satisfacer los criterios de calidad precisos para que las instalaciones de iluminación proporcionen no sólo los niveles suficientes, sino también la satisfacción de todos aquellos parámetros que contribuyen a crear un ambiente confortable y seguro en los lugares de trabajo.

En septiembre de 2002, se aceptó la redacción, por parte de la Comisión de Normalización Europea, de la Norma UNE 12464-1 relativa a "Iluminación de los lugares de trabajo en interior". Esta nueva Norma, a la que debe acudirse en el origen de todos los proyectos de iluminación para lugares de trabajo en interiores, recomienda el cumplimiento no sólo cuantitativo, sino cualitativo, de dos aspectos de la tarea visual que se resumen brevemente:

Confort visual. Dentro del confort visual, estarán englobados parámetros tales como la relación de luminancias entre tarea y entorno, el control estricto del deslumbramiento producido por las fuentes de luz o, incluso, el modo de evitar deslumbramientos reflejados en las pantallas de ordenadores.

Rendimiento de colores. Existen una serie de fuentes de luz, masivamente empleadas en la iluminación de interiores por razones exclusivamente crematísticas, que no cumplen con unos índices mínimos de reproducción cromática, y lo que esta Norma plantea es la prohibición de dichas fuentes de luz en iluminaciones de tareas visuales. Estas prescripciones, recogidas convenientemente en esta nueva Norma, contribuirán a diseñar y ejecutar instalaciones de iluminación en interiores mucho más "humanas" y protectoras de la calidad de vida y condiciones de trabajo en el quehacer cotidiano.

Los requisitos de iluminación se determinan con el fin de satisfacer tres necesidades humanas básicas:

Confort visual, en el que los trabajadores tienen una sensación de bienestar. De un modo indirecto también contribuye a un elevado nivel de la productividad.

Prestaciones visuales, en el que los trabajadores son capaces de realizar sus tareas visuales incluso en circunstancias difíciles y durante períodos más largos.

Seguridad. Las tablas siguientes muestran los parámetros recomendados por la norma para distintas zonas de Edificios Industriales

| Lugar o Actividad | Em (lux) | UGRL | Ra | Observaciones |
|---|----------|------|----|--|
| Oficina (Puestos de recepción) | 300 | 22 | 80 | |
| Pasillos y vías de circulación | 100 | 28 | 40 | A nivel del suelo. Si hay circulación de vehículos, aumentar a 150 lux |
| Muelles de carga descarga | 150 | 25 | 40 | |
| Vestuarios, servicios, aseos | 100 | 25 | 80 | |
| Salas de calderas, interruptores etc. | 200 | 25 | 60 | |
| Salas de almacén y cámaras refrigeradas | 100 | 25 | 60 | 200 lux si están ocupados normalmente |
| Industria de alimentación | | | | |
| Clasificación, lavado de productos y expedición | 300 | 25 | 80 | |

Donde:

Iluminancia mantenida (Em). Los valores dados en las tablas son iluminancias mantenidas por debajo de los cuales no debe caer la iluminancia media de una tarea. Estos valores tienen en cuenta aspectos psico-fisiológicos como el confort visual y el bienestar, ergonomía visual, experiencia práctica, seguridad y economía.

En la fase de diseño de un sistema de iluminación es recomendable establecer un nivel de iluminación inicial superior al Em recomendado, ya que con el tiempo el nivel de iluminación va decayendo debido a la pérdida de flujo de la propia fuente de luz, así como a la suciedad acumulada en luminarias, techos y suelos.

Índice de Deslumbramiento Unificado (UGR). Los valores dados en las tablas se corresponden con el valor límite del Índice de Deslumbramiento Unificado (UGRL), que va de 10 a 31, para cada una de las tareas con el fin de evitar el deslumbramiento molesto. El valor del UGR de las distintas áreas de una instalación de iluminación no debe superar estos valores.

Este índice es una manera de determinar el tipo de luminaria que debe usarse en cada una de las aplicaciones teniendo en cuenta el posible deslumbramiento que puede provocar debido a la óptica y posición de las lámparas.

El deslumbramiento tiene especial importancia en aquellos lugares donde la estancia es prolongada o donde la tarea es de mayor precisión.

Propiedades de color (Ra). Las propiedades de color de un sistema de iluminación son muy importantes debido a que las personas responden a los colores que ven a su alrededor.

Las propiedades de color de una fuente de luz están definidas por:

La apariencia de color de la lámpara o Temperatura de Color (Tc), o impresión recibida cuando miramos la propia luz.

El índice de reproducción cromática (Ra) o capacidad de la fuente de luz para reproducir con fidelidad los colores de los objetos que ilumina.

La norma establece un Ra > 80 para iluminar cualquier zona en la que haya permanencia de personas, y no ocasional como podría suceder en corredores o pasillos.

La altura de la medición variará según el puesto de trabajo a medir. Por ello, en mesas y puestos de trabajo similares, la altura de medición ha sido de 75 centímetros respecto al suelo; en pasillos y lugares de trabajo en los que el trabajador tenga que estar de pie y erguido, la altura de medición será de 160 centímetros; y en aquellas máquinas que exijan una determinada posición del trabajador, la altura de la medición será aquella a la que se estime que es su altura de visión más frecuente.

Realizadas las mediciones en la empresa la situación actual es la siguiente:

| Recinto | Valor Obtenido (Lux) | Valor Exigido (Lux) | Resultado |
|--|-----------------------------|----------------------------|------------------|
| Cámara de recepción | 20 (llena) - 108 (vacía) | 100 | Adecuado |
| Cámara de recepción y salazón | 125 | 100 | Adecuado |
| Cámara de salazón | 70 | 100 | Defectuoso |
| Sala de recepción y clasificación | 70 | 300 | Defectuoso |
| Almacén de cajas | 52 | 100 | Defectuoso |
| Sala de limpieza | 90 | 100 | Adecuado |
| Oficina | 290 | 300 | Adecuado |
| Estufaje | 73 (llena) | 100 | Adecuado |
| Pasillo de circulación | 104 - 140 | 100 | Adecuado |
| PSE | 75 (llena) - 113 (vacía) | 100 | Adecuado |
| Bodegas | 43 (llena) - 115 (vacía) | 100 | Adecuado |
| Recorte y preparación de pedidos | 108 | 300 | Defectuoso |
| Expedición | 120 | 300 | Defectuoso |
| Cámara conservación despiece | 20 (llena) - 108 (vacía) | 100 | Adecuado |

Se observa una falta de nivel de iluminación en la mayor parte de las zonas de trabajo habitual. Las pantallas fluorescentes instaladas son ya antiguas y el mantenimiento realizado a las mismas es escaso por lo que se recomienda un programa de limpieza periódica de la carcasa exterior y del reflector, además de la sustitución de la regleta fluorescente cuando se acerque al final de su vida útil.

Por el contrario, en las naves de almacén, salas de máquinas y determinados pasillos de uso no habitual la iluminación en muchas ocasiones permanece encendida innecesariamente y los trabajadores tienen que estar pendientes de su encendido y apagado.

Por ello, se recomienda la instalación de programadores horarios o de células fotosensibles en dichas zonas.

Las cámaras frigoríficas de almacenamiento disponen de pilotos luminosos junto a sus puntos de encendido que indican si el interior de las mismas está encendido. Se ha observado que algunas de ellas permanecían encendidas sin haber personal en su interior.

Se recomienda concienciar a los trabajadores de tal modo que cuando circulan junto a las cámaras observen el estado de la iluminación de las mismas y obren en consecuencia.

Propuestas de mejora en el mantenimiento.

Durante la vida de la lámpara de sodio a alta presión, aumenta su tensión de arco sobre el valor inicial hasta que alcanza valores en torno a 140 V, para los cuales la lámpara deja de ser estable, produciéndose apagados intempestivos de la misma, y la lámpara se considera agotada.

Resulta deseable que la vida de las lámparas sea lo más larga posible ajustándose a los valores fijados por los propios fabricantes. En las lámparas de vapor de sodio a alta presión para lograr dicho objetivo, hay que tener muy en cuenta todos los elementos y causas que influyen en el crecimiento de la tensión de arco de la lámpara, procurando paliar en lo posible sus efectos, lo que requiere considerar lo siguiente:

• **Balasto**

En el caso de instalar un balasto electromagnético la impedancia será lo más ajustada posible a la nominal y con buena regulación, de forma que su característica deberá estar dentro de los límites de trabajo establecidos para cada lámpara.

• **Tensión de la Red**

Debido a su limitada capacidad de regulación, un 10% de aumento de la tensión de la red, ocasiona un incremento de potencia en lámpara entre el 20 y 25%, pudiéndose alcanzar incluso un 30%, lo que supone un considerable exceso de consumo energético.

Es deseable que no existan desviaciones en la tensión de alimentación superiores a un 5% sobre el valor para el que está previsto el balasto. Se puede paliar este problema exigiendo a las Empresas suministradoras de energía eléctrica el control de la tensión de la red, como mínimo a los valores establecidos en la reglamentación vigente.

• **Tensión de Arco de la Lámpara**

Las lámparas a lo largo de su vida útil, sufren un envejecimiento natural, que se manifiesta en incrementos de la tensión de arco, a la vez que una disminución del desfase entre la tensión de arco y la tensión de red.

Cuando la tensión de reencendido de la lámpara iguala o supera el valor instantáneo correspondiente en la tensión de red, se produce la extinción del arco de la lámpara y se alcanza el final de la vida útil de la misma que pasa a ser una "lámpara agotada".

• **Eficiencia Energética del Equipo Auxiliar**

En los equipos auxiliares (balasto, condensador y arrancador) necesarios para el funcionamiento de las lámparas se generan pérdidas que, solamente en los balastos electromagnéticos estándar, pueden evaluarse entre el 8 y 25%. A ello hay que añadir las pérdidas que corresponden al condensador que oscilan entre un 0,5 y un 1%, y las que son achacables al arrancador que varían entre un 0,8 y un 1,5%.

Si se efectúa una estimación ponderada en función del tipo de alumbrado, potencia utilizada y componentes del equipo auxiliar, el consumo real de potencia en la red, debido a las pérdidas

originadas por dicho equipo, se incrementa entre un 9,3% y un 27,5% sobre la potencia nominal de la lámpara.

• **Luminaria**

La instalación de lámparas de potencias superiores a las nominales para las que se han diseñado las luminarias, aumenta la temperatura y tensión de arco de la lámpara considerablemente, acortándose la vida útil de la misma.

6.2 Instalaciones térmicas

6.2.1 Descripción de las Instalaciones existentes

La planta tiene como generadores térmicos dos calderas para producción de agua caliente de las siguientes características:

| <i>Especificaciones</i> | <i>Caldera 1</i> | <i>Caldera 2</i> |
|---------------------------|------------------|------------------|
| <i>Marca</i> | ROCA | ROCA |
| <i>Modelo</i> | CPA-250 | G-100/70 |
| <i>Potencia nominal</i> | 290,7 kW | 79 kW |
| <i>Presión máxima</i> | 5 bar | 5 bar |
| <i>Temperatura máxima</i> | 100 °C | 100 °C |
| <i>Año fabricación</i> | 2000 | 2000 |

La caldera nº 1 está prevista para generar calefacción de determinados recintos y general agua caliente de uso industrial. La caldera nº 2 proporciona agua caliente sanitaria (ACS) para todos los puntos de consumo de la planta.

El circuito de producción de agua caliente para uso industrial., parte de la caldera a un distribuidor general desde el que es impulsada el agua por medio de las bombas circuladoras a dos circuitos independientes. Por una parte a un intercambiador de placas, previo equipo de regulación de temperatura, para proporcionar agua caliente para el servicio industrial de limpieza y por otro para calentar el agua que servirá para elevar la temperatura en los secaderos y estufajes cuando así lo requiera el proceso industrial. Los retornos se recogen de nuevo en un colector que los lleva a caldera.

La instalación de calefacción para el módulo de oficinas se realiza con sistema bitubular sobre radiadores de aluminio con retorno directo. Cada instalación individual se realizará con tubo de cobre en instalación bajo el suelo o empotrada en las paredes.

Del mismo modo que en los circuitos de ida, son recogidos los retornos de cada zona en un colector de retorno, que discurren sobre los paneles, paralelo al de ida, cierra el circuito de nuevo con la caldera. Sobre orificios previstos para ellos en la caldera, se conectan a la tubería de llenado de la instalación, el vaso de expansión y la válvula de seguridad.

Para el suministro de A.C.S. se ha instalado en la sala de calderas un interacumulador de 500 litros de capacidad, capaz de producir 850 l/h a 45°C con un tiempo de preparación de 2 horas. Desde el mismo parte un colector a lo largo de la zona industrial, sobre los paneles de techo de las cámaras, desde el que, por lo huecos de instalaciones de cada local que requiera A.C.S., derivan los suministro a todos ellos.

La tubería de ida se une al final de la misma con otra de retorno que a su vez cierra el circuito con el acumulador general.

Para compensar las pérdidas de carga de este circuito se sitúa una bomba de circulación a la entrada del retorno al interacumulador.

Para mantener la temperatura deseada del agua en el interacumulador se ha previsto un circuito primario comunicando el intercambiador existente dentro del interacumulador con los colectores de ida y retorno de la sala de calderas, comunes al circuito de calefacción. La pérdidas de carga de este circuito se compensan por medio de bomba de circulación, que va controlada por termostato situado en el interacumulador de modo que se mantenga una temperatura del A.C.S. preparada en el mismo, no superior a 50° C.

6.2.2 Consumos energéticos

Los consumos de energía térmica utilizados en la planta a partir de los consumos de gas propano del año se encuentran descritos en el Apartado 4 de este documento y se relacionan a continuación:

| Periodo | Unidad | Cantidad | Potencia (Kw) |
|--------------|--------|---------------|----------------|
| Mayo 2010 | Kg | 4.693 | 56.316 |
| Agosto 2010 | Kg | 4.437 | 53.224 |
| Febrero 2011 | Kg | 4.081 | 48.972 |
| Abril 2011 | Kg | 4.641 | 55.692 |
| TOTAL | | 17.852 | 214.224 |

Los gastos totales por este concepto ascienden a 22.548 €.

Para un periodo de trabajo anual de 320 días/año con un aprovechamiento de 8 horas/día, la potencia horaria media consumida resulta ser de 83,68 kw.

Se observa una potencia instalada en generación elevada (369,7 kw) debida a consumidores puntuales de potencia elevada con poco periodo de uso diario, como es el caso de la central de limpieza que consume 115 kw y trabaja únicamente al final del turno diario de producción.

6.2.3 Rendimiento de combustión de instalaciones existentes.

Se ha realizado una analítica de la combustión de la caldera existente CPA-250 con un equipo MSI modelo EM-200.

EL resultado se adjunta en el anexo nº 1. Se observa un rendimiento de la combustión del 93,5% y un nivel de emisión de CO2 de 9,9%.

De acuerdo con la las recomendaciones del IDAE expuestas en la Guía técnica sobre procedimiento de inspección periódica de eficiencia energética para calderas los valores mínimos exigibles a una caldera estándar de 300 KW alimentada con gas propano son los siguientes:

Nivel de CO2 > 9%
Rendimiento > 84%

Se observa por tanto que los parámetros de la combustión superan los mínimos requeridos. La caldera se encuentra fabricada en el año 2000. Al tratarse de una instalación destinada a uso industrial no le es de aplicación el RITE a la misma, no obstante se recomienda la adopción de las medidas recomendadas en el mismo para fomento del ahorro energético.

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), recogiendo el mandato de la Directiva Europea 2002/91/CE de 16 de diciembre de 2002 relativa a la eficiencia energética de los edificios, establece entre uno de sus objetivos la evaluación del estado de aquellas instalaciones de generación de calor equipadas con calderas de más de 15 años de antigüedad.

En su IT 4.2.3, el RITE establece que esta inspección comprenderá como mínimo las siguientes actuaciones:

- a) Inspección de todo el sistema relacionado con la exigencia de eficiencia energética regulada en la IT.1 de este RITE.
- b) Inspección del registro oficial de las operaciones de mantenimiento que se establecen en la IT.3, para la instalación térmica completa y comprobación del cumplimiento y la adecuación del “Manual de Uso y Mantenimiento” a la instalación existente.
- c) Elaboración de un dictamen con el fin de asesorar al titular de la instalación, proponiéndole mejoras o modificaciones de su instalación, para mejorar su eficiencia energética y contemplar la incorporación de energía solar. Las medidas técnicas estarán justificadas en base a su rentabilidad energética, medioambiental y económica.

6.2.4 Medidas de ahorro energético en instalaciones térmicas.

6.2.4.1 Sustitución de calderas.

Las dos calderas tienen una antigüedad de 12 años por lo que se propone la sustitución de ambas por una única caldera de biomasa con una potencia de 300 kw. Este tipo de combustible aporta las siguientes ventajas:

- La biomasa vegetal es la materia constituida por las plantas. La energía que contiene es energía solar almacenada durante el crecimiento por medio de la fotosíntesis. Por esta razón, la biomasa, si es utilizada dentro de un ciclo continuo de producción-utilización, constituye un recurso energético renovable y respetuoso con el medio ambiente.
- Quemando gas o gasóleo para la calefacción, se transfiere y se acumula en la atmósfera carbono extraído del subsuelo profundo, alimentando así el efecto invernadero. Por el contrario, la combustión de biomasa no contribuye de ninguna manera al efecto invernadero, porque el carbono que se libera quemando la madera procede de la atmósfera misma y no del subsuelo.
- Actualmente, la contribución de la biomasa a la necesidad de energía primaria está muy por debajo del potencial disponible, y se produce fundamentalmente por la utilización de leña para quemar en chimeneas y estufas, a menudo obsoletas y poco eficaces. No obstante, las tecnologías para la utilización de combustibles vegetales en sistemas de calefacción doméstica han experimentado un gran desarrollo en los últimos años y han alcanzado niveles de eficiencia, fiabilidad y confort muy parecidos a los de los sistemas tradicionales de gas y de gasóleo.
- Actualmente se reciben subvenciones por la implantación de esta tecnología. Básicamente hay tres tipologías, según las tres principales categorías de combustibles vegetales:

- leña para quemar en tarugos;
- madera desmenuzada (astillas); y
- pastillas de madera molida y prensada (pellet).

Se plantea como combustible para esta instalación el pellet, por su facilidad de manejo y comodidad de almacenamiento.

El pellet es un combustible de madera virgen seca y prensada en pequeños cilindros, sin aditivos. El peso específico del pellet a granel es de aproximadamente 6-700 kg/m³, mucho más alto que el de otros combustibles no prensados de madera (astillas). El poder calorífico alcanza las 4.200

kcal/kg, con una densidad energética de 3000 – 3.400 KWh/m³. Basándose en el poder calorífico del pellet y en los rendimientos de conversión, el consumo horario de combustible a la potencia nominal de la caldera es de aproximadamente 0,25 kg/h (0,35 dm³/h) por KW. El precio actual del pellet de buena calidad es de 0,23 €/Kg.

El pellet está disponible en el mercado en diferentes formas:

- bolsas pequeñas de 15 kg, utilizadas para estufas, chimeneas y pequeñas calderas con depósito de carga manual; - bolsas grandes de 800 – 1000 kg (“big bags”), se pueden utilizar con la inserción de un alimentador de tornillo sin fin o en sistemas con silo de almacenaje enterrado.

- a granel, transportado mediante un camión cisterna especialmente equipado para bombearlo directamente en un silo de almacenaje.

El sistema basado en la entrega del pellet a granel es parecido al que se utiliza para suministro del gasóleo y por su rapidez y simplicidad es el más adecuado para todos los sistemas de calefacción de pellet.

El suministro se puede realizar hasta unos 20 – 30 metros desde el lugar donde se para el camión. Para evitar la difusión de polvo en el aire, los camiones cisterna tienen un dispositivo que aspira el aire del silo durante el bombeo del pellet y lo hace circular.

Los humos resultantes de la combustión de biomasa se componen básicamente de CO₂, cuyo ciclo es neutro, y vapor de agua; la presencia de compuestos de nitrógeno, azufre o cloro es muy baja. No obstante, la emisión de partículas es importante, aunque es fácilmente controlable a través del control de la combustión y de la colocación de ciclones. Además, en caso de que la combustión sea deficiente, puede emitirse CO, aunque en bajas cantidades.

Las calderas de biomasa deben respetar, al igual que otras clases de instalaciones de combustión, unos límites de emisión de contaminantes a la atmósfera, que generalmente vienen marcados por las normativas de ámbito local. Cuando no exista normativa local al respecto, las emisiones de partículas no deberán exceder de 150 mg/Nm³ y las de CO no deben superar los 200 mg/Nm³ a plena carga.

Con estos datos de partida el resultado de la propuesta de sustitución de caldera es la siguiente:

SITUACION ACTUAL:

Potencia térmica consumida (periodo de referencia): 214.224 Kw
Consumo anual de gas propano (periodo de referencia) 17.852 Kgs.
Precio actual del gas propano: 1,3054 €/Kg.
Costos anuales: 23.304 €

SITUACION FUTURA:

Potencia térmica consumida: 214.224 Kw
Consumo anual de pellets (0,25Kg/ Kw): 53.556 Kgs.
Precio actual del pellet incluyendo transporte: 0,23 €/Kg.
Costos anuales: 12.317,88 €
Ahorro conseguido: 10.986,12 €/año

La inversión requerida para esta sustitución es la siguiente:

| Componentes instalación | Coste € |
|---------------------------------|----------------|
| Caldera Biomasa | 27.278 |
| Silo Pellet lona 5,3 T | 4.116 |
| Transporte Pellet 10m | 1.915 |
| Depósito inercia 2000 L | 2.394 |
| Bomba primaria | 918 |
| Bomba anticondensación | 635 |
| Conexión salida de gases | 656 |
| Conexión hidráulica y eléctrica | 5.141 |
| Total | 43.055 |

Periodo de amortización, 3,92 años

El precio de amortización ha sido calculado sin tener en cuenta la subvenciones que se pueden obtener.

6.2.4.2 Aislamiento de tuberías.

Ha sido comprobado “in situ” el buen estado de los aislamientos de tuberías, tanto de calefacción como frigoríficas, pudiendo observarse el estado en las fotografías que se adjuntan:











A partir de la siguiente tabla de emisión de calor de tuberías

| Temperatura diferencia steam to air °C | Pipe size (DN) | | | | | | | | | |
|--|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|
| | 15 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 65 | 80 | 100 | 150 |
| 60 | 60 | 72 | 86 | 111 | 125 | 145 | 172 | 210 | 260 | 351 |
| 70 | 72 | 87 | 102 | 132 | 147 | 177 | 209 | 253 | 311 | 432 |
| 80 | 85 | 104 | 125 | 155 | 171 | 212 | 248 | 298 | 376 | 519 |
| 90 | 100 | 121 | 146 | 180 | 196 | 248 | 291 | 347 | 443 | 610 |
| 100 | 119 | 140 | 168 | 207 | 223 | 287 | 336 | 400 | 514 | 706 |
| 110 | 132 | 160 | 193 | 237 | 251 | 328 | 385 | 457 | 587 | 807 |
| 120 | 148 | 181 | 218 | 268 | 282 | 371 | 438 | 517 | 664 | 914 |
| 130 | 168 | 203 | 247 | 301 | 313 | 417 | 490 | 581 | 743 | 1 025 |
| 140 | 187 | 228 | 278 | 337 | 347 | 464 | 547 | 649 | 825 | 1 142 |
| 150 | 208 | 250 | 306 | 374 | 382 | 514 | 607 | 720 | 911 | 1 253 |
| 160 | 229 | 276 | 338 | 413 | 418 | 568 | 670 | 794 | 999 | 1 380 |
| 170 | 251 | 302 | 372 | 456 | 457 | 629 | 736 | 873 | 1 090 | 1 521 |
| 180 | 275 | 330 | 407 | 499 | 497 | 675 | 805 | 955 | 1 194 | 1 658 |
| 190 | 299 | 359 | 444 | 544 | 538 | 736 | 877 | 1 041 | 1 261 | 1 800 |
| 200 | 325 | 389 | 483 | 592 | 582 | 795 | 951 | 1 130 | 1 381 | 1 947 |

Tabla: Emisión de calor para tuberías horizontales con aire en calma a 70-20 °C

Se obtiene que por ejemplo para un salto térmico de 60 °C y tubería no calorifugada de 2" se emiten 165 W/m. Si se tiene en cuenta que mediante el aislamiento se evita aproximadamente un 90% de la pérdida térmica, estamos ahorrando 148,5 W/m, que por 10 metros de tubería no calorifugada son 1.485 W.

Se insiste en la vigilancia de este aspecto ya que conforme la instalación va envejeciendo y fundamentalmente debido a reformas y operaciones de mantenimiento, este aspecto queda descuidado en muchas industrias.

6.2.4.3. Recomendaciones generales de ahorro energético en las instalaciones térmicas.

Calderas.

- Se recomienda la instalación de recuperadores de energía en la salida de humos de las calderas.
- Se recomienda ajustar la potencia máxima de los quemadores para que no lleguen a superar en más de un 10% a la potencia instalada en las unidades terminales.
- En calderas de más de 35 kW se recomienda la instalación de pirostatos en el conducto de humos para el corte del funcionamiento del quemador cuando detecte que la temperatura de los humos exceda la máxima indicada por el fabricante de la caldera.

Aislamiento térmico.

- Se recomienda aislar cuerpos de bomba, válvulas, bridas y todos aquellos elementos que puedan perder calor en zonas no calefactadas, incluida la sala de calderas, máxime si la diferencia de temperatura del fluido con el ambiente que le rodea pueda superar los 40 °C.
- Se recomienda aumentar el aislamiento de los acumuladores de agua caliente sanitaria hasta 100 mm de espesor.

Regulación y control

- En instalaciones centralizadas se recomienda la instalación de sistemas de regulación programables y de telegestión, con el fin de poder realizar un mejor seguimiento energético de la instalación.
- En instalaciones centralizadas se recomienda la instalación de, al menos, dos sondas de ambiente en el interior del edificio, como complemento de regulación a la sonda exterior y la sonda de impulsión.
- Se recomienda que los elementos de regulación de temperatura ambiente estén tarados a una temperatura máxima de 23 °C.
- Se recomienda la instalación de sistemas de equilibrado hidráulico, que garanticen que los caudales en los distintos circuitos y elementos terminales sean los adecuados.
- Se recomienda la instalación de válvulas termostáticas o cualquier otro sistema de regulación de temperatura en cada dependencia calefactada.
- Se recomienda que las instalaciones térmicas de potencia nominal mayor que 70 kW cuenten con dispositivos que permitan efectuar la medición y registro del consumo de combustible y de la energía eléctrica de forma separada al consumo debido a otros usos o servicios del edificio.
- Se recomienda que las instalaciones térmicas de potencia nominal mayor que 70 kW cuenten con un dispositivo que permita registrar el número de horas de funcionamiento de cada caldera.

6.3 Instalaciones frigoríficas.

6.3.1 Descripción de la instalación.

La instalación frigorífica es el mayor consumidor de energía eléctrica de la empresa (55,36% de la energía eléctrica consumida solamente debido a la instalación centralizada). Según MI-IF-002, el refrigerante utilizado es del grupo segundo R-717. No existe ninguna cámara de “atmósfera artificial”. El sistema de refrigeración, atendiendo a la clasificación que se realiza en MI-IF-003, es un sistema directo.

La Central frigorífica estaba compuesta por un compresor de tornillo de una potencia de 281.220 Kcal/h a la temperatura de -10°C/+35°C, accionado por un motor eléctrico de 150 CV a 2.950 rpm, 380 V y 50 Hz, un compresor de tornillo de 390.182 Kcal/h a la temperatura de -10°C/+35°C, accionado por un motor eléctrico de 180 CV con variador de frecuencia de rango 1.000-6.000 rpm, 380 V y 50 Hz, alimentados con refrigerante R-717. Posteriormente se amplió con otro compresor de tornillo de 110 Kw a 2.959 rpm. 380 V. y 50 Hz. preparado para trabajar en simple etapa de presión, de las siguientes características técnicas y prestaciones:

- Refrigerante: R-717
- Temperatura evaporación: -10 °C
- Temperatura condensación: +35 °C
- Capacidad frigorífica: 281.220 kcal/h
- Potencia absorbida: 90,1 kW
- COP: 3,63

Toda la instalación frigorífica está equipada con un condensador evaporativo con una capacidad nominal de 1.296.880 Kcal/h a una temperatura de +35°C, un caudal de aire de 94.320 m³/h y un caudal de agua recirculado de 24.3 l/seg, construido en chapa de acero galvanizada y provisto de 4 ventiladores de dos velocidades de 7,5 KW cada uno.

La central proporciona refrigerante a todos los servicios de la planta (salas de trabajo, bodegas y PSE) mediante tuberías distribuidas sobre los falsos techos de los distintos locales.

Ha sido comprobado el aislamiento de las tuberías (ver fotografías en páginas anteriores) encontrándose en un perfecto estado de conservación debido fundamentalmente al escaso nivel de intervenciones realizadas sobre esta instalación.

6.3.2 Medidas de ahorro energético propuestas.

Recientemente la propia firma que suministró e instaló la planta (Jhonson Controls) ha patentado un sistema de ahorro energético en instalaciones frigoríficas que se adapta a las instalaciones que además de la demanda de frío existe una demanda de calor a temperaturas moderadas (entre 40 y 70°C).

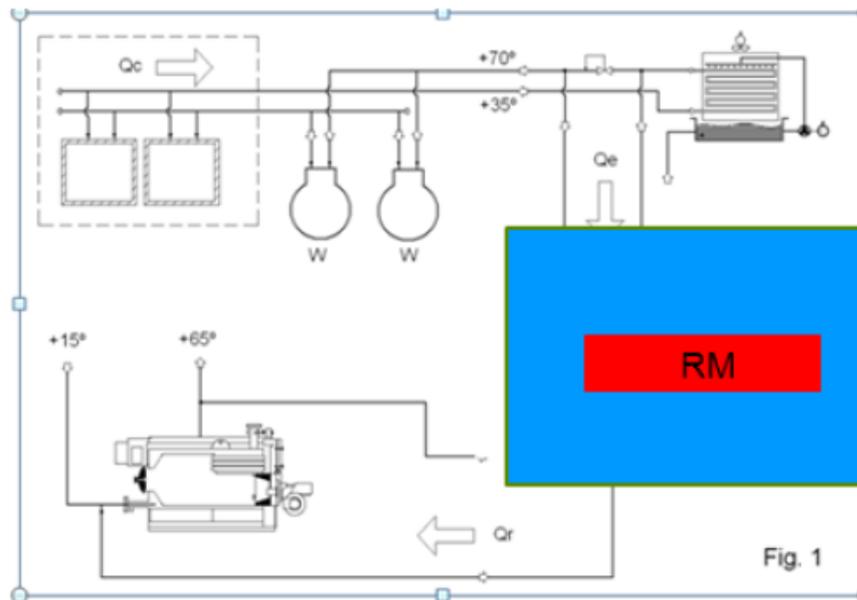
El sistema está basado en la recuperación del calor del gas caliente que procedente de la descarga de los compresores llega al condensador evaporativo. Para ello se inserta el equipo en la tubería que comunica compresores con condensador.

Este equipo, denominado comercialmente (EXERGY+), mediante los complementos adecuados enriquece el gas de descarga y lo hace circular a través de unos intercambiadores de calor. El calor disipado en ellos se aprovecha para el calentamiento del agua, bien para uso industrial o bien para generación de ACS.

Puesto que la industria que nos ocupa posee estas características (consumo frigorífico elevado y necesidades térmicas constantes para diversos usos (producción de ACS, calefacción de cámaras de secado de jamón, calefacción de locales de trabajo, limpieza de utensilios de trabajo con agua caliente, etc.).

El esquema de principio es el indicado en el siguiente esquema de funcionamiento:

La implantación básica del sistema – P&ID



La propia firma que ha patentado el sistema ha realizado un estudio basado en los consumos térmicos de la industria en el periodo analizado en este documento (214.224 Kw/año), para un periodo de utilización anual de 295 días/año. Esto da lugar a un consumo térmico diario de 726,2 Kw/día.

EL precio del combustible ha sido evaluado en 1,30 €/Kg, que es el valor actual del gas propano a granel suministrado a la empresa.

Con los datos anteriores y mediante el programa informático de la empresa que tiene patentado este sistema se ha realizado un preestudio del ahorro energético resultante de incorporar este sistema a la planta frigorífica analizada. Dicho estudio tiene en cuenta la potencia eléctrica instalada en compresores, el grado de carga de los mismos, Para mayor precisión en los resultados se requiere una toma de datos "in situ" sobre los equipos que componen la instalación frigorífica durante un periodo de funcionamiento prolongado. Por la experiencia en plantas ya en funcionamiento con el equipo de recuperación de calor, los resultados obtenidos por las mediciones reales ha diferido de los reflejados en este estudio en no más de un 5%.

Los resultados del estudio comparativo del funcionamiento en el estado actual y tras instalar el recuperación de calor, aplicados a esta planta frigorífica arrojan los siguientes valores.

ANÁLISIS DE COSTES EN EL ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA FRIGORÍFICA:

| CONSUMO ENERGÉTICO GLOBAL Y COSTE DIARIO DEL SISTEMA | |
|---|--|
| Energía consumida al día como electricidad por el EXERGY+: | $\Sigma_{kWh,Exergy} = 0$ [kWh/día] |
| Energía consumida al día como combustible complementario: | $\Sigma_{Ecomb,dia} = 726,2$ [kWh/día] |
| Tipo de combustible complementario utilizado: | Propano |
| Volúmen de combustible consumido al día: | $Volumen_{consumido,dia} = 58,95$ [kg/día] |
| Coste del combustible consumido al día: | $Coste_{combustible,dia} = 76,63$ [Eur/día] |
| Coste de la electricidad consumida al día por EXERGY+: | $Coste_{kWh,Exergy} = 0$ [Eur/día] |
| Reducción de demanda energética en condensación: | $\Sigma_{cond,red} = 0$ [kWh/día] |
| Reducción consumo por menor demanda condensación: | $Coste_{diario,cond,red} = 0$ [Eur/día] |
| Reducción consumo diario agua condensación: | $\Sigma_{Agua} = 0$ [m ³ /día] |
| Reducción coste diario del agua consumida: | $Coste_{diario,Agua} = 0$ [Eur/día] |
| Energía eléctrica consumida por la compresión frigorífica: | $\Sigma_{kWh,Compresión} = 3477$ [kWh/día] |
| Coste electricidad consumida por compresión frigorífica: | $Coste_{kWh,Compresión} = 340,8$ [Eur/día] |
| COSTE GLOBAL DIARIO SISTEMA ACTUAL: | $COSTE_{eco,global} = 417,4$ [Eur/día] |
| Emissiones diarias de CO2 contaminante a la atmósfera: | $CO2_{dia} = 1,901$ [tCO2/día] |
| ESPACIO DESTINADO A LA EDICIÓN DE NOTAS POR EL USUARIO | |

ANÁLISIS DE COSTES DE LA PLANTA FRIGORÍFICA TRAS LA INCORPORACIÓN DEL RECUPERADOR DE CALOR:

| CONSUMO ENERGÉTICO GLOBAL Y COSTE DIARIO DEL SISTEMA | |
|---|--|
| Energía consumida al día como electricidad por el EXERGY+: | $\Sigma_{kWh,Exergy} = 116$ [kWh/día] |
| Energía consumida al día como combustible complementario: | $\Sigma_{Ecomb,dia} = 0$ [kWh/día] |
| Tipo de combustible complementario utilizado: | Propano |
| Volúmen de combustible consumido al día: | $Volumen_{consumido,dia} = 0$ [kg/día] |
| Coste del combustible consumido al día: | $Coste_{combustible,dia} = 0$ [Eur/día] |
| Coste de la electricidad consumida al día por EXERGY+: | $Coste_{kWh,Exergy} = 11,37$ [Eur/día] |
| Reducción de demanda energética en condensación: | $\Sigma_{cond,red} = 5,188$ [kWh/día] |
| Reducción consumo por menor demanda condensación: | $Coste_{diario,cond,red} = 0,5084$ [Eur/día] |
| Reducción consumo diario agua condensación: | $\Sigma_{Agua} = 1,469$ [m ³ /día] |
| Reducción coste diario del agua consumida: | $Coste_{diario,Agua} = 2,643$ [Eur/día] |
| Energía eléctrica consumida por la compresión frigorífica: | $\Sigma_{kWh,Compresión} = 2584$ [kWh/día] |
| Coste electricidad consumida por compresión frigorífica: | $Coste_{kWh,Compresión} = 253,2$ [Eur/día] |
| COSTE GLOBAL DIARIO SISTEMA ACTUAL: | $COSTE_{eco,global} = 261,4$ [Eur/día] |
| Emissiones diarias de CO2 contaminante a la atmósfera: | $CO2_{dia} = 1,347$ [tCO2/día] |
| ESPACIO DESTINADO A LA EDICIÓN DE NOTAS POR EL USUARIO | |

Los resultados anteriores se resumen en los siguientes valores:

- Reducción del consumo de gas propano: 214.224 Kw/año
- Reducción del consumo eléctrico: 281.804 Kw/año
- Reducción del consumo de agua en el condensador: 532.9 m3/año
- Reducción de la emisión directa de CO₂: 219 Tm/año

Trasladados a valores monetarios estos ahorros toman los siguientes valores:

- Ahorro en gas propano (1,3 €/Kg) 23.207 €/año
- Ahorro en consumo eléctrico (0,1552 €/Kw) 43.736 €/año
- Ahorro en consumo de agua (0,56 €/m³) 952 €/año

TOTAL AHORRO ANUAL 67.895 €/año

El costo de la instalación totalmente montada y en funcionamiento es el siguiente:

- Coste de los equipos de recuperación 216.000 €
- Coste de la instalación de los mismos y puesta en marcha 48.000 €
- Coste del mantenimiento anual 4.105 €

TOTAL COSTES DE INSTALACION 268.105 €

Por tanto la amortización de la inversión se realiza al cabo de **3,95 años**

7. Resumen de resultados.

7.1 Instalación eléctrica.

Se muestran de forma resumida las medidas de ahorro energético de las instalaciones que consumen energía eléctrica.

1. Filtrado de armónicos: instalar filtros de armónicos de 5° y 7° orden o revisar los existentes en el cuadro de equipos frigoríficos. Ésta es más bien una medida de mantenimiento para incrementar la vida de la instalación. No se consiguen ahorros energéticos significativos.
2. Sustitución de motores eléctricos: Se recomienda la sustitución de motores eléctricos por motores de mayor eficiencia tipo EFF1. Esta sustitución puede hacerse inmediatamente en los motores allí descritos o esperar a que estos fallen o presenten averías. Ver resultados en la siguiente tabla resumen.
3. Instalar variadores de frecuencia: Según los cálculos del apartado 7.1.3. resulta viable en la mayoría de los casos en que hay equipos con ventiladores en las bodegas y PSE. Se ha cuantificado la instalación de estos equipos.
4. Instalar arrancadores electrónicos suaves: Se recomienda en todos los motores de accionamiento de bombas y ventiladores con arranque directo o estrella-triángulo y que presentan funcionamiento muy discontinuo con gran número de arranques (ver punto 7.1.4.). Se consiguen ahorros del 5% en estos casos con tiempos alrededor de 5 años.
5. Impedir el funcionamiento en vacío: Aplicando medidas de control de proceso (descritas en el punto 7.1.5.), se pueden evitar los funcionamientos de vacío o a baja carga de los motores eléctricos. El ahorro estimado después de aplicar estas medidas es del 3% de la energía consumida por estos equipos.
6. Control y mantenimiento de la instalación de aire comprimido: Se ha detectado pequeñas ineficiencias en la instalación de aire comprimido de la planta. Se pueden conseguir elevados ahorros energéticos adoptando medidas de inspección, control y mantenimiento de dicha instalación.
7. Control de ventiladores por variador de frecuencia en cascada: Se recomienda la instalación de un variador de frecuencia para regular eficientemente el caudal de aire de los cuatro ventiladores del aerocondensador. Con esta medida se consigue que el equipo opere en las condiciones más eficientes, aportando únicamente la energía que requiere el proceso de condensación de amoníaco. Se consigue un ahorro energético del 10%, sobre el consumo actual del equipo.
8. Control en el alumbrado: Se propone la sustitución de balastos convencionales por balastos electrónicos de alta frecuencia, en las luminarias con tubos fluorescentes instaladas en todas las dependencias de trabajo. Se consigue un ahorro del 25,5%, sobre el consumo actual del equipo (ver punto 7.1.8.). Asimismo se proponen otras medidas a tener en cuenta en la sustitución por fallo de luminarias, siempre condicionadas a la decisión de la dirección.
9. Otra medida no comentada, es la ejecución de un mantenimiento adecuado en todos los motores y accionamientos de la planta, consistente principalmente en la limpieza de los equipos y engrase de elementos mecánicos. Esta es una medida que además de proporcionar ventajas en eficiencia energética, evita roturas o fallos inesperados en dichos elementos.

A continuación se presenta una tabla resumen con las medidas de ahorro propuestas, su coste y el retorno de la inversión:

| | Ahorro kWh % | Ahorro Anual kWh | Ahorro Anual € | Inversión equipos € | Tiempo retorno /año |
|---|--|------------------|----------------|---------------------|---------------------|
| 1. Ajuste de Potencia Contratada | | | 2.250,15 | 0 | Inmediato |
| 2. Filtrado de Armónicos | Recomendación para la calidad del suministro eléctrico. No proporciona ahorro. | | | | |
| 3. Sustitución motores eléctrico | 2,38% | 9.136 | 1.299,04 | 4.124 | 3,17 |
| 4. Instalar variadores de frecuencia | 25% | 82.361 | 9.471,48 | 29.917,10 | 3,16 |
| 5. Instalar arrancadores electrónicos | Recomendación opcional debido al poco ahorro conseguido (5%) y ser preferible en esta instalación los variadores de frecuencia | | | | |
| 6. Impedir funcionamiento en vacío | Recomendación opcional debido al poco ahorro conseguido (3%) y ser preferible en esta instalación los variadores de frecuencia | | | | |
| 7. Control y mantenimiento de instalación de aire comprimido | No se tiene en cuenta dada la poca entidad de la instalación y su excelente estado de conservación. | | | | |
| 8. Control de ventiladores por variador de frecuencia en cascada | 10% | 8.452 | 972 | 2.145 | 2,2 |
| 9. Control alumbrado interior | 25,60% | 8.865 | 1.020 | 10.985 | 10,7 |
| 10. Control alumbrado interior II | 48% | 56.16 | 646 | 174 | 26,9 |
| 11. Control alumbrado exterior | 41,30% | 2.975 | 342 | 1.591 | 4,65 |
| TOTAL | | 111.845 | 15.362 | 48.936 | 3,18 |

7.2 Instalación térmica.

A continuación se detallan las medidas que favorecen el ahorro de energía térmica.

| | Ahorro Anual kWh | Ahorro Anual € | Inversión equipos € | Tiempo retorno /año |
|-----------------------------|------------------|----------------|---------------------|---------------------|
| 1. Cambio de Caldera | 0 | 10.986,12 | 43.053,75 | 3,92 |

7.3 Instalación frigorífica.

A continuación se detallan las medidas que favorecen el ahorro de energía térmica.

| | Ahorro Anual kWh | Ahorro Anual € | Inversión equipos € | Tiempo retorno /año |
|--|------------------|----------------|---------------------|---------------------|
| 1. Recuperación de calor de gas de descarga de compresores frigoríficos | 496.028 | 67.895 | 268.105,00 | 3.95 |

8. Bibliografía.

- *“Pack Eficiencia Energética”*. Antonio Carretero Peña y Juan M. García Sánchez . Editorial: AENOR.
- *“Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores”*. Antonio Carretero Peña y Juan M. García Sánchez . Editorial: AENOR.
- *“Como realizar una Auditoría Energética”*. Piedad Fernández Herrero Fundación Confemetal.
- Directiva Europea 2002/91/CE de 16 de diciembre de 2002. Reglamento de Instalaciones Térmicas.
- Norma UNE-EN ISO 50001:2011 Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso.
- Norma UNE 216501:2009 Auditorías energéticas.
- Ley 1/2013 de 21 de Mayo, de la Generalitat, (DOCV nº 7030, de 23.05.2013).

<http://www.docv.gva.es/>

<http://www.aven.es>

<http://www.minetur.gob.es>

<http://www.amf.uji.es>

<http://www.aenor.es/aenor/normas>

<http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/>