



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

AUDITORÍA ENERGÉTICA DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DE CORTE Y PREPARACIÓN DE GOMAESPUMA

AUTOR: ALFREDO ORTUÑO MARTÍNEZ-MINGOTE

TUTOR: RAFAEL ROYO PASTOR

COTUTOR: JORGE PAYÁ HERRERO

Curso Académico: 2013-14

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO N°1: MEMORIA

DOCUMENTO N°2: PRESUPUESTO

DOCUMENTO N°3: PLANOS

DOCUMENTO

N°1:

MEMORIA

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Introducción	1
1.1. Contexto	1
1.2. Objetivos del proyecto	2
1.3. Metodología.....	3
2.Descripción de la empresa	5
2.1. Emplazamiento y actividad	5
2.2. Proceso productivo	6
2.2.1. Materias primas	6
2.2.2. Fases de la producción.....	7
2.3. Inventario.....	9
2.3.1. Equipos	9
2.3.2. Iluminación.....	14
3.Contabilidad energética	15
3.1. Tarifa energética	15
3.2. Estimación teórica del consumo	17
3.2.1. Hipótesis de trabajo	17
3.2.2. Estimación individual de consumo de equipos.....	18
3.2.3. Estimación de consumo del alumbrado	24
3.2.4. Resultados.....	25
3.3. Medición del consumo	28
3.3.1. Introducción a la medición	28
3.3.2. Procedimiento	28
3.3.3. Resultados.....	30
3.4. Análisis del consumo.....	35
3.4.1. Análisis línea principal	36
3.4.2. Análisis línea secundaria	40
3.5. Comparación y conclusiones	41
4. Medidas de mejora	44
4.1. Medidas contempladas	44
4.2. Optimización tarifa eléctrica	46
4.3. Estudio de las medidas de ahorro	47

4.3.1. Manual de buenas prácticas	47
4.3.2. Reparto del consumo	48
4.3.3. Modificación de horarios en la jornada laboral	53
4.3.4. Iluminación LED	56
4.3.5. Sustitución de máquinas verticales	66
4.3.6. Sustitución de la máquina picadora	68
4.3.7. Ajuste de la potencia reactiva	70
4.4. Optimización de la tarifa eléctrica posterior a la adopción de las medidas.....	71
4.5. Plan de mejoras y rentabilidad global.....	73
5. Conclusiones.....	76
6. Bibliografía.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Horarios de los turnos de personal	5
Tabla 2. Propiedades físicas de la gomaespuma.....	6
Tabla 3. Consumo nominales de los equipos que realizan el proceso productivo	13
Tabla 4. Consumo equipos oficinas.....	13
Tabla 5. Precios del término de potencia.....	16
Tabla 6. Precios del término de energía	16
Tabla 7. Fracción del término de potencia con respecto al importe total.....	17
Tabla 8. Consumo real medido de las máquinas verticales.....	19
Tabla 9. Tiempos de parada y funcionamiento del compresor.....	21
Tabla 10. Relación de consumo teórico con el medido de cada máquina.....	21
Tabla 11. Consumos reales de todos los equipos	23
Tabla 12. Estimación del consumo del alumbrado en invierno.....	24
Tabla 13. Estimación del consumo del alumbrado en verano	24
Tabla 14. Estimación del consumo del alumbrado en los días festivos	25
Tabla 15. Consumo total correspondiente al alumbrado	25
Tabla 16. Resultados medición del consumo en la línea principal.....	37
Tabla 17. Consumo durante el primer turno de la línea principal	37
Tabla 18. Consumo durante el segundo turno de la línea principal	38
Tabla 19. Consumo en kWh durante el tercer turno de la línea principal.....	38
Tabla 20. Resultados medición del consumo en la línea secundaria.....	40
Tabla 21. Cuadro resumen consumo diario	43
Tabla 22. Consumo mensual real, estimado y que aparece en facturas.....	43
Tabla 23. Precio potencia	49
Tabla 24. Precio energía	49
Tabla 25. Máquinas que realizan tareas no críticas	50
Tabla 26. Distribución horaria propuesta para los meses de invierno.....	53
Tabla 27. Distribución horaria propuesta para los meses de verano	53
Tabla 28. Modificación de horarios.....	54
Tabla 29. Modificación horaria de invierno	55
Tabla 30. Modificación horaria de verano.....	55
Tabla 31. Divisiones de la zona de trabajo	59
Tabla 32. Divisiones de la zona de oficinas	62
Tabla 33. Resumen rentabilidad del cambio a iluminación LED.....	65
Tabla 34. Intervalos recomendados para cada potencia contratada.....	73
Tabla 35. Rentabilidad medidas analizadas.....	74
Tabla 36. Rentabilidad medidas recomendadas	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fachada de la nave	5
Figura 2. Proceso productivo completo	8
Figura 3. Máquina vertical.....	10
Figura 4. Máquina carrusel.....	10
Figura 5. Máquina copiadora o de formas.....	11
Figura 6. Máquina picadora.....	11
Figura 7. Compresor y depósito de aire.....	12
Figura 8. Proceso de auditoría energética.....	15
Figura 10. Medidor enchufe de consumo eléctrico	22
Figura 11. Reparto consumo equipos y alumbrado	26
Figura 12. Reparto del consumo de equipos.....	26
Figura 13. Curva de potencia demandada diaria	27
Figura 14. Energía diaria demandada por la totalidad de los equipos.....	28
Figura 15. Contador instantáneo de electricidad instalado en el cuadro secundario	29
Figura 16. Curva de consumo de la línea principal a lunes, 5 de Mayo.....	30
Figura 17. Curva de consumo de la línea principal a martes, 6 de Mayo.....	30
Figura 18. Curva de consumo de la línea principal a miércoles, 7 de Mayo.....	31
Figura 19. Curva de consumo de la línea principal a jueves, 8 de Mayo	32
Figura 20. Curva de consumo de la línea principal a viernes, 9 de Mayo.....	32
Figura 21. Curva de consumo de la línea principal a sábado, 10 de Mayo	33
Figura 22. Curva de consumo de la línea principal a domingo, 11 de Mayo	33
Figura 23. Curva de consumo de la línea secundaria a lunes, 12 de mayo	34
Figura 24. Curva de consumo de la línea secundaria a martes, 13 de mayo	34
Figura 25. Curva de consumo de la línea secundaria a miércoles, 14 de mayo	35
Figura 26. Curva de consumo de la línea secundaria a jueves, 15 de mayo.....	35
Figura 27. Consumo a lo largo del día en la línea principal para los diferentes días de la semana	39
Figura 28. Curvas teórica y reales del consumo diario.....	41
Figura 29. Luminarias de la zona de trabajo	57
Figura 30. Foco fachada	57
Figura 31. Fracción del consumo de las lámparas a cambiar	57
Figura 32. Molino triturador seleccionado	69
Figura 33. Nueva curva de potencia y posibles potencias a contratar.....	72

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento consiste en la memoria del Trabajo Fin de Grado titulado "Auditoría energética de una planta industrial de corte y preparación de gomaespuma". Dicho trabajo tiene como objetivo final la obtención del Grado Ingeniería en Tecnologías Industriales (GITI). En concreto, se ha realizado la auditoría energética de un caso real de la industria. A continuación se muestra una breve contextualización del problema dentro del marco energético, político y económico actual, antes de exponer más en detalle los objetivos y metodología planteados en este trabajo fin de grado.

1.1. Contexto

Hoy en día la sociedad todavía se encuentra sacudida por la crisis económica. La gran mayoría de los ciudadanos de nuestro país se ven afectados directa o indirectamente y la calidad de vida, consecuentemente, ha disminuido durante los últimos años. El poder adquisitivo ya no es el mismo que había hace una década. Por tanto, todo ciudadano medio se ha visto cada vez más condenado a recortar sus gastos por no tener los medios para afrontar lo que antes era un consumo "normal".

Esta misma situación da lugar, irreparablemente, a una crisis en el sector de la industria. Si el consumo es cada vez más austero, la industria deja de producir las cantidades que estaba produciendo anteriormente porque no hay suficiente demanda para absorber toda la producción. Cuando esto ocurrió ya no era necesaria tanta mano de obra y tuvieron lugar una gran cantidad de despidos. Se buscaba disminuir el coste del producto todo lo posible para poder llegar a ser realmente competente en un mercado que cada vez se tornaba más adverso para las empresas.

Quizás una alternativa que algunos empresarios todavía no se han planteado con suficiente profundidad es la de buscar un ahorro energético que les permitiría reducir costes y tener precios más competitivos en el mercado. Sin embargo, para implantar medidas de ahorro energético a menudo es necesaria una inversión adicional y en el periodo actual resulta a menudo inviable.

Según la Unión Europea, el potencial de ahorro energético en Europa hasta el año 2020 es de un 20%. Este dato resulta bastante alentador y demuestra que existen muchas posibilidades para reducir el consumo. El margen de mejora en el ahorro y la eficiencia energética es considerable, lo que incita a estudiar el alcance que puede tener y los distintos modos de conseguir dicha meta.

Cualquier mejora energética sólo tendría repercusiones económicas sino que además tendría repercusión medioambiental. Conviene destacar que uno de los mayores riesgos a los que se enfrenta el planeta es el conocido "**Cambio Climático**". El principal causante de este fenómeno es la acentuación del **Efecto Invernadero**. Los gases que lo causan son principalmente:

- Vapor de agua (H₂O)
- Dióxido de carbono (CO₂)

1. Introducción

- Metano (CH₄)
- Óxido de nitrógeno (N₂O)
- Ozono (O₃)
- Clorofluorocarbonos (CFC)

Los gases anteriores cada vez se encuentran en mayor concentración en la atmósfera terrestre. Estos gases de efecto invernadero permiten que la radiación solar atraviese la atmósfera para entrar a la Tierra; parte de ella es reflejada en la superficie terrestre y sale hacia el exterior. El Efecto Invernadero consiste en la retención de parte de la radiación saliente por acción de estos gases y es un fenómeno necesario para la vida de nuestro planeta. La cantidad de energía que se acumula es cada vez mayor debido al incremento de las cantidades de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Fruto de esto es el **Calentamiento Global**, lo que está originando cambios de temperaturas que, sin duda, tendrán un gran impacto en la vida en la Tierra.

Hoy en día, los cambios de temperatura se están produciendo principalmente por los cambios en el dióxido de carbono de la atmósfera. La industrialización ha sido, en gran parte, causante de las mayores emisiones de este gas durante los últimos cien años. El futuro tampoco es muy esperanzador. Las previsiones son que las emisiones van a seguir aumentando durante los próximos años de forma casi inevitable debido al aumento de la población. Las consecuencias que pueden derivar del Cambio Climático son devastadoras. Ello es motivo suficiente como para plantearse optimizar el consumo de energía porque puede que estemos ante un punto sin retorno para el planeta.

Reducir el consumo energético implica una reducción de las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Si globalmente se aplicaran medidas en el campo de la industria para reducir el consumo, se daría un paso en firme para ralentizar el Calentamiento Global. Ante la complejidad de tal escenario, es importante hacer lo que esté en manos de cada individuo y de cada empresa para lograr este objetivo común.

1.2. Objetivos del proyecto

El objetivo principal es analizar el consumo energético de una instalación industrial y proponer un plan de acción para reducir el gasto energético así como su coste. Para lograrlo se llevará a cabo una **auditoría energética** mediante la cual se evaluará cómo está funcionando la empresa actualmente y se elaborará un plan de acción de medidas de ahorro energético.

La auditoría energética tiene dos partes bien diferenciadas:

- Un estudio de la situación actual de la instalación industrial, con análisis de costes y usos.
- Identificación de las áreas, equipos o instalaciones susceptibles de mejora con una lista de posibles medidas a aplicar.

Con respecto a las medidas de ahorro, no todas las tienen por qué suponer una inversión económica. Algunas de ellas podrían consistir en cambios en la rutina de los operarios, como por ejemplo el orden en que se realizan las diferentes tareas. Cambiar de tarifa

eléctrica tampoco supondría ningún desembolso. Ahora bien, si lo que se desea es reemplazar algún equipo que requiera una inversión, habrá que evaluar cuál es el periodo de retorno para que las soluciones planteadas sean viables. Por tanto, el análisis económico será también clave para evaluar qué medidas se adoptarán y cuáles se descartarán. La decisión dependerá de la política de la empresa y de la situación económica que esté atravesando actualmente.

Los objetivos expuestos al inicio conllevan un **objetivo implícito**, del que no se habla y no por eso es menos importante. Este objetivo es **no disminuir el confort ni la productividad** de la empresa. Se quiere decir que cuando se vayan a aplicar las diferentes medidas, ninguna de ellas conlleve una disminución del confort o de la productividad. En cuanto a confort se refiere a que los operarios deben poder trabajar en un ambiente adecuado y que cumpla la normativa en cuanto a temperatura, humedad relativa, sustancias dañinas, etc. En lo referente a la productividad, es evidente que si se reduce la producción, también se reduce el consumo energético, pero lo que se persigue con el presente proyecto es mantener la misma productividad con un menor consumo energético. Por tanto, no se admite que una medida de ahorro energético conlleve retrasos en otras tareas y que con ello se reduzca la productividad. Se trata pues de diferenciar entre tareas críticas y no críticas. Para el primer tipo no se admite retraso posible, mientras que para el segundo caso se estudiaría el impacto que tendría para la productividad y se optaría por implementarse o no hacerlo dependiendo del supuesto ahorro energético que conllevaría la medida.

1.3. Metodología

A continuación se va a explicar paso a paso pero sin profundizar demasiado el procedimiento a seguir para el desarrollo del proyecto y la consecución de los objetivos establecidos.

1. En primer lugar, se lleva a cabo la elección de la instalación industrial que va a ser objeto de estudio. Se analizará exhaustivamente su proceso productivo y su situación actual. Se hará mediante visitas a la empresa y entrevistas con jefe, oficinistas y operarios.
2. Identificación de todos los puntos de consumo, tanto si es alimentación monofásica como trifásica, así como el consumo nominal y real de los equipos a los que están conectados. Será necesario el estudio y descripción minuciosas de cada uno de los equipos.
3. Una vez que ya se dispone del inventario, se ha de realizar un análisis del proceso que tiene lugar en la propia instalación. De este modo quedará claro el orden de utilización de la maquinaria, los tiempos en los que va a estar trabajando y las paradas. A la vez se contabilizará todas las fuentes lumínicas de las que se dispongan en el interior y el exterior de la nave, así como las horas de encendido de cada una.
4. Cuando se conozcan potencia y tiempo de funcionamiento de todo lo que requiere alimentación eléctrica, se puede estimar la energía total consumida y cómo se desglosa según cada punto de consumo. Esta etapa permitirá detectar cuáles son los equipos que permiten, a priori, un mayor margen de ahorro.

1. Introducción

5. A posteriori, es cuando se analizarán todos los consumos y la curva de potencia de la empresa. Se medirán los consumos mediante un contador conectado en la línea de entrada a la nave. El consumo de cada hora será desglosado y relacionado con los equipos que han estado en funcionamiento en cada momento. Se comparará el consumo estimado teóricamente con el recogido en las medidas y se explicarán posibles diferencias.
6. Finalmente se propondrán una serie de medidas de ahorro energético, analizadas no sólo desde el punto de vista energético sino también desde el punto de vista de su viabilidad económica. Así pues, se determinará la rentabilidad de las medidas, la inversión que requerirán, el tiempo de amortización y las barreras o obstáculos a vencer para adoptar cada una de ellas.

2.DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

2.1. Emplazamiento y actividad

La empresa elegida en esta auditoría energética es "*Flexicon S.L.*". Se encuentra en el municipio de Yecla. Está situada en la Comarca del Altiplano de la Región de Murcia. Limita al este con la provincia de Alicante y al norte y oeste con la de Albacete. En 2013 contaba con una población de 34.404 habitantes, según el Instituto Nacional de Estadística (INE).

Yecla es un importante núcleo industrial donde predomina la industria de la madera y el mueble. Se puede decir que es éste el auténtico motor financiero de la ciudad. Cuenta con cerca de 500 empresas dedicadas a la fabricación del mueble y tapizados.

Flexicon S.L. es una empresa de pequeño tamaño. Como es normal en este municipio, pertenece al sector del mueble y tapizados. Concretamente se dedica a la transformación y comercialización de goma espuma de poliuretano, compraventa de artículos y accesorios relacionados con la fabricación de muebles tapizados.



Figura 1. Fachada de la nave

Los horarios en los que la empresa está produciendo son los siguientes:

Tabla 1. Horarios de los turnos de personal

	Inicio	Fin
1º Turno	7:30	9:30
Descanso	9:30	10:00
2º Turno	10:00	13:25
3º Turno	15:05	19:30

La suma de los tres turnos conforma un total de diez horas, que es lo que se va a tomar como jornada laboral de la empresa. Los empleados se distribuyen durante los diferentes turnos y además están incluidas las horas extras. Como resultado se tienen tres turnos: uno inicial de dos horas, uno intermedio de tres horas y media y uno final de cuatro horas y media.

2.2. Proceso productivo

2.2.1. Materias primas

La materias primas que utiliza la empresa para poder realizar el proceso productivo son:

- Espuma de poliuretano
- Rollos de fibra
- Cola
- Viscoelástica

Destaca la **espuma de poliuretano**, que es sobre la cual se van a centrar casi la totalidad de los procesos. La espuma de poliuretano o goma espuma es un material plástico poroso formado por una agregación de burbujas. Se forma por la reacción química de tres componentes químicos, un polioli (resina hidroxilada), un isocianato y un agente de expansión; aunque su formulación admite variantes. Esta reacción hace que se libere dióxido de carbono, formándose las burbujas. La goma espuma o gomaespuma es un material muy conocido y ampliamente utilizado. Sus principales aplicaciones son las siguientes:

- **en colchones** como relleno principal o como integrante de los acolchados.
- **en muebles** en asientos de sofás y sillas, relleno de acolchados, etc.
- **en la construcción**, como aislante térmico, absorbente acústico o como relleno.
- **en automoción** como elemento principal de salpicaderos, asientos, etc.
- en muchos artículos más como juguetes, prendas de vestir, esponjas, calzados, almohadas, cojines, envases y en general todo tipo de acolchados o rellenos.

Dependiendo de los aditivos y los sistemas de fabricación utilizados, se pueden conseguir propiedades muy distintas y, como consecuencia, espumas destinadas a usos muy diferentes. A continuación se presentan las propiedades de la espuma de poliuretano:

Tabla 2. Propiedades físicas de la gomaespuma

Densidad D-1622 (kg/m ³)	32	40	48
Resistencia compresión D-1621 (kg/cm ²)	1,7	3	3,5
Módulo compresión D-1621 (kg/cm ²)	50	65	100
Resistencia tracción D-1623 (kg/cm ²)	2,5	4,5	6
Resistencia cizallamiento C-273 (kg/cm ²)	1,5	2,5	3
Coefficiente de conductividad C-177 (kcal/mh°C)	0,015	0,017	0,02
Celdas cerradas D-1940 (%)	90/95	90/95	90/95
Absorción por agua D-2842 (g/m ²)	520	490	450

En la Tabla 2 se representan las propiedades físicas para tres densidades distintas medidas bajo las condiciones de ensayo que impone la norma de la ASTM (*American Section of the International Association for Testing Materials*). Las densidades pueden llegar a variar desde 30 hasta 100 kg/m³. En este caso extremo de densidad tan elevada se alcanzaría 10 kg/cm² de resistencia a tracción, 9 kg/cm² de resistencia a compresión, 5 kg/cm² de

2.Descripción de la empresa

resistencia al cizallamiento y 200 kg/cm² de módulo de elasticidad. Este último tiene un valor de 40 kg/cm² cuando la densidad es de 30 kg/m³.

Conviene destacar la elevada resistencia a la absorción de agua. Otras características interesantes son el bajo coeficiente de transmisión de calor (buenos aislantes), larga duración, buena adherencia, dificulta el crecimiento de hongos y bacterias y tiene muy buena resistencia frente a los productos químicos.

Para el caso de *Flexicon S.L.* la producción se centra en colchones, componentes de muebles y derivados como almohadas. Muy eventualmente tienen lugar encargos especiales dirigidos a otros usos, como por ejemplo juguetes o borradores para pizarra.

La goma espuma, dependiendo del uso que vaya a tener posteriormente será de un tipo u otro. Estos tipos se diferencian principalmente en su densidad. Además se busca la mayor duración posible, el precio más económico, buena capacidad aislante, la facilidad de dar forma, la transpirabilidad o la ligereza. Así, cada producto tendrá unas características diferentes que serán específicas para las exigencias de cada cliente.

Una vez descrita la goma espuma, que es vital en el proceso productivo, se va a proceder a una descripción más breve del resto de materias primas.

Las **fibras** son utilizadas para el pegado, como el resto de materias primas que quedan por definir. La fibra que se utiliza es la guata polimerizada. La guata no es más que una lámina gruesa de algodón. Se compran en rollos de diferentes grosores y a diferentes proveedores. Su fin es dotar a los productos de unas propiedades adicionales.

Otro material que se pega a la goma espuma es la **viscoelástica**. Se distingue de las espumas convencionales de poliuretano por sus diversas propiedades que le permiten ofrecer una redistribución efectiva de la presión puntual ejercida sobre ella. Lo que proporciona un alivio de las presiones del cuerpo humano. La viscoelástica se caracteriza por su efecto de recuperación lenta tras una compresión (también llamado efecto memoria) y la absorción de las vibraciones. Otra característica importante de la viscoelástica, hablando en términos de descanso, es su interacción con la temperatura. La viscoelástica es un material termosensible, es decir, se endurece con el frío y aumenta su capacidad de adaptación con el calor.

Con la finalidad de unir los materiales descritos hasta el momento se necesita un producto que sirva de fijación y sea fácilmente aplicable. Este producto es la **cola**. Está en estado líquido y da como resultado una resistencia más que considerable. Se compra en bidones y es aplicada mediante pistolas que utilizan aire comprimido.

2.2.2. Fases de la producción

La goma espuma se compra a proveedores, que son empresas se dedicadas a la fabricación de ésta y llega en forma de grandes bloques. Una vez que son descargados del camión se transportan al almacén hasta que se requiera de ellos en la zona de trabajo.

La primera acción del proceso pasa por alguna de las siete máquinas verticales de las que se dispone en la fábrica. Los bloques son llevados hasta ellas con el toro eléctrico. Allí, el cortador empieza a trabajarlo dándole forma. El paso por la vertical, que al fin y al cabo es

2.Descripción de la empresa

una máquina de corte, es fundamental. El resto de máquinas no pueden tratar con bloques de gran tamaño, por tanto, es imprescindible que todos los bloques sean cortados en las máquinas verticales inicialmente.

Una vez ya cortados con la forma que se le ha especificado al cortador van a ir a parar a distintos lugares. El producto que se obtiene de una vertical es muy variado, desde una pieza lista para la venta hasta un bloque de un tamaño concreto para que sea procesado en otra máquina. Lo que se vende directamente son bases de sofás y núcleos de colchones.

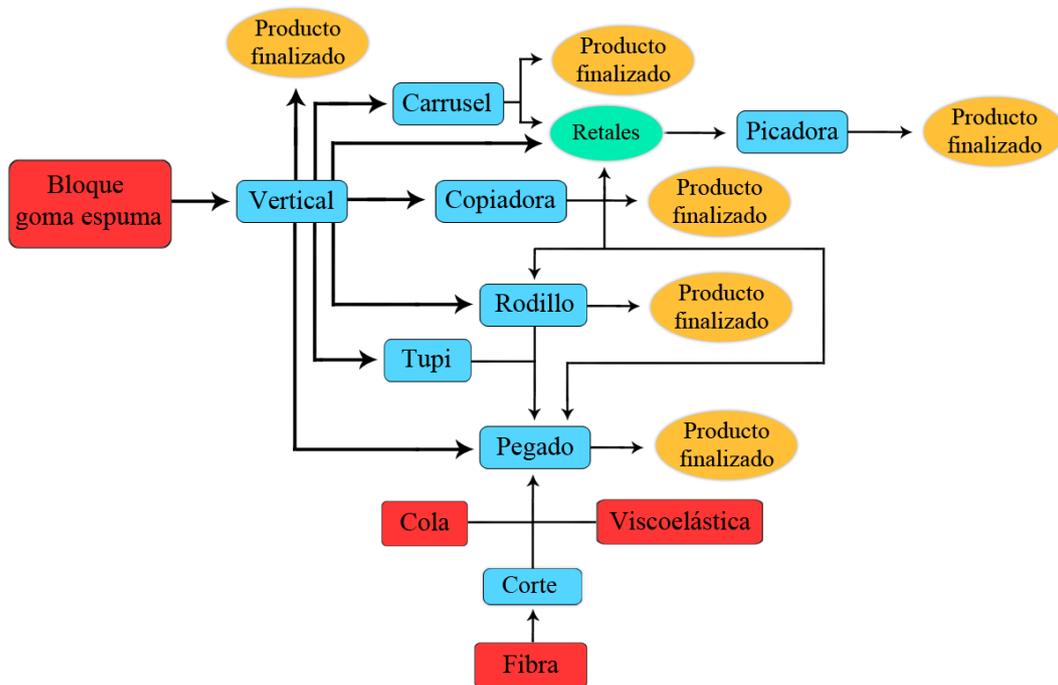


Figura 2. Proceso productivo completo

Uno de los destinos más habituales es la máquina copiadora o de formas. Ésta recibe un bloque de un tamaño específico para que sea transformada con una forma que no se podría obtener a manos de un cortador. Es una máquina profundamente automatizada y de una complejidad considerable. El número de piezas que confecciona es mayor que el que hacen el resto de verticales, lo que la convierte en una máquina importantísima para el funcionamiento de la empresa. Parte de lo que sale de ella es directamente vendido, mientras que la otra porción ha de pasar por la máquina de rodillo. Esto ocurre porque, generalmente, es una pieza que formará parte de un sofá. Se necesita disminuir la dureza de la goma para conseguir algo de rebote y así conseguir un producto más cómodo y agradable.

Por el rodillo no sólo pasan los bloques que vienen de la copiadora. También son procesados algunas piezas que acaban de ser cortadas por las verticales. Las piezas después de pasar por el rodillo se dividen en dos. Unas son atadas para venderlas; y otras pasan al pegado. Proceso que se explicará en último lugar.

2.Descripción de la empresa

Otro destino de la máquina vertical es el carrusel. Los bloques son cortados en planchas que van a ser dedicadas a colchonería. Son vendidas directamente después de ser procesadas.

Todos los procesos de corte (vertical, copiadora y carrusel) no aprovechan del todo el bloque de goma espuma. Para optimizar su aprovechamiento y desperdiciar lo menos posible, se recogen todos los fragmentos no aprovechados. Estos fragmentos son conocidos como retales. Son llevados a la picadora. Allí se trituran y el picado es almacenado en grandes bolsas que salen listas para la venta. El picado es utilizado como relleno para cojines.

En algunas ocasiones se precisa de acabados especiales. Para la obtención de bordes redondeados se utiliza la máquina tupi, que da forma a determinadas piezas procedentes de las verticales.

Una tarea fundamental es el pegado. A ella se dedican aproximadamente algo menos de la mitad de los operarios que trabajan en la empresa. Fundamentalmente consiste en dotar a ciertas piezas ya cortadas de una superficie de fibra o viscoelástica. Esto depende del tipo de encargo que realiza el cliente. La guata es cortada con la máquina cortadora de fibra. De este modo se consigue la forma necesaria para que en última instancia sea pegada.

En esta etapa se trata una cantidad importante de los productos que proceden de todas las máquinas excepto del carrusel y la picadora. Las piezas y la fibra son rociadas con cola para que el siguiente operario pueda llevar a cabo el pegado. Lo mismo ocurriría si es viscoelástica lo que se quiere pegar a la pieza de goma espuma. Al finalizar el pegado, los productos se atan y ya están listos para ser transportados.

2.3. Inventario

El primer paso para llevar a cabo una auditoría energética es obtener un listado de todos los puntos donde existe un consumo de energía. Se va a hacer inventario de todo cuanto está conectado a la instalación eléctrica. Existen dos tipos de consumo: el referido a la energía necesaria para que los equipos funcionen y así poder realizar el proceso industrial; y el que se refiere al uso de energía para la iluminación de la nave y las oficinas.

2.3.1. Equipos

En primer lugar, se ha contabilizado el número de equipos que se encuentran en la nave donde se desarrolla la actividad industrial. Estas máquinas son las empleadas por los operarios para realizar cada una de las tareas que son necesarias para la transformación de la materia prima en el producto final.

La máquina que más se repite en la empresa es la **máquina vertical**, con siete ejemplares. Es una máquina dedicada a la principal tarea que tiene lugar en el proceso, el corte de goma espuma. Las máquinas verticales constan principalmente de una cuchilla móvil y una

2.Descripción de la empresa

superficie donde se coloca el bloque que se desea transformar. Dada la dificultad de su uso, cada una de estas es utilizada por un operario especializado, denominado cortador.



Figura 3. Máquina vertical

Los dos equipos que vienen a continuación tienen la misma utilidad, el corte de goma espuma de nuevo. La **máquina carrusel** es una máquina dotada de una cuchilla móvil y una superficie circular que porta el bloque de goma espuma a ser cortado. Se le llama carrusel porque va girando de forma que el bloque pasa un número preestablecido de veces por la cuchilla. La cuchilla baja cierta distancia en cada vuelta que realiza el carrusel. El resultado es la transformación del bloque inicial en planchas de un determinado espesor. El espesor resultante es fruto del recorrido descendente que va haciendo la cuchilla.



Figura 4. Máquina carrusel

La última máquina de corte de goma espuma es la que se ha denominado **máquina copiadora**. Con diferencia es la más compleja que se encuentra en la empresa. Un operario introduce en un ordenador, que incorpora la propia máquina, las coordenadas y forma de la pieza que se quiere fabricar. Procesa dicha información y mediante una serie de cintas y mecanismos neumáticos recoloca el bloque en todo momento para que mediante una cuchilla sea capaz de transformar y obtener la forma introducida inicialmente. Es utilizada para obtener formas más complejas que para un cortador serían prácticamente irrealizables. Además trabaja con una precisión que con una vertical no se podría lograr.

2.Descripción de la empresa



Figura 5. Máquina copiadora o de formas

La empresa, además de goma espuma, también se provisiona de rollos de fibra. Las verticales, el carrusel y la copiadora exclusivamente están dedicadas al corte de goma espuma. Para el corte de la fibra se utiliza la **máquina cortadora de fibra** y se dispone de una única unidad. Cabe destacar el reducido tamaño de ésta y su facilidad de uso.

Las fibras, una vez cortadas, tienen que pasar por la cabina de encolado. Aquí es necesario un **extractor** para que el lugar de trabajo se encuentre en unas condiciones saludables.

El equipo que se explica a continuación es el que implica el mayor consumo. Es la **picadora** o trituradora. Tiene un total de cinco motores eléctricos que permiten su funcionamiento. Se compone de un molino triturador y una llenadora de espuma picada. El molino triturador consta de cuchillas giratorias precedidas por una tolva donde se introducen los retales sobrantes del proceso de corte. Por aspiración son llevados a la llenadora de espuma picada, que es un silo de grandes proporciones como se puede observar en la Figura 6. Allí se agita la goma para homogeneizarla, pues hay goma de distintos tipos.



Figura 6. Máquina picadora

La **máquina de rodillo** consta de dos rodillos que giran en sentido en inverso. Lo que se realiza es conseguir una goma más blanda. La goma espuma posee una abundante porosidad. Al pasar por los rodillos se reduce la cantidad de poros y se consigue un ablandamiento de la pieza ya cortada. Generalmente se someten a este proceso piezas dedicadas a asientos para aumentar su futuro confort.

Para dar forma después de cortar se utiliza la **máquina tupi**. Consiste en una abrasivo de pequeño tamaño con forma de plato que gira. Lo que se consigue con esta máquina es

2.Descripción de la empresa

redondear los bordes de las piezas que necesitan acabados especiales, generalmente redondeados.

La **máquina atadora** sirve, como su propio nombre indica, para atar todas las piezas acabadas para su posterior transporte y venta. Está provista de hilo y de una plataforma giratoria.

El siguiente equipo es el **compresor**. Es un compresor de pistones y es fundamental para el funcionamiento de otros equipos. Por ejemplo, en la cabina de encolado se hace uso de pistolas de cola que funcionan con aire comprimido. La máquina de formas utiliza un sistema neumático para mover el bloque que se está procesando. Al fin y al cabo todos los sistemas que para funcionar necesitan de aire comprimido están alimentados por el compresor.



Figura 7. Compresor y depósito de aire

Por último, se hace uso de un **toro eléctrico** para transportar los bloques, bolsas de picado, conjunto de piezas, etc. desde el almacén hasta los distintos lugares de la nave, y viceversa. Es un toro eléctrico porque se desplaza todo el tiempo dentro de la nave y se precisa que no expulse gases de combustión.

Para hacer una estimación del consumo que pueden llegar a tener los diferentes equipos se han introducido inicialmente los valores de catálogo de cada uno. En otros ha bastado con observar el valor que aparece en la placa de características que se encuentran en la propia máquina. El valor que aparece, bien en la placa o en el catálogo, representa la potencia nominal. Sería el consumo que tendría un equipo si están funcionando todos los mecanismos y sistemas que formen parte del mismo en funcionamiento normal. La mayoría de los equipos tienen un consumo habitual inferior. En una máquina por ejemplo no es común que trabajen simultáneamente todos los sistemas. Sin embargo, equipos como por ejemplo las verticales o el compresor trabajarán alrededor de su potencia nominal. En el caso de las máquinas verticales únicamente se alimenta el motor que hace funcionar la cuchilla. Al no haber ningún otro mecanismo más que necesite de alimentación eléctrica, siempre que se está utilizando, ronda la potencia que aparece en el catálogo o placa.

La potencia no siempre aparece en vatios en los datos de catálogo o placas de características. En estos casos, se ha realizado la conversión pertinente para que en la

2.Descripción de la empresa

Tabla 3 la unidad que se muestre sea kW. Las unidades más frecuentemente empleadas en placas y catálogos, además de kW, han sido el caballo de potencia (HP) y caballo de vapor (CV).

Tabla 3. Consumo nominales de los equipos que realizan el proceso productivo

Referencia	Equipos	Consumo de catálogo (kW)
1-VertA	Máquina vertical 1 (corte)	2,2
1-VertB	Máquina vertical 2 (corte)	2,2
1-VertC	Máquina vertical 3 (corte)	2,2
1-VertD	Máquina vertical 4 (corte)	2,2
1-VertE	Máquina vertical 5 (corte)	2,2
1-VertF	Máquina vertical 6 (corte)	2,2
1-VertG	Máquina vertical 7 (corte)	2,2
2-Carr	Máquina carrusel	9,7
3-Cop	Máquina copiadora (formas)	9,2
4-Cort	Máquina cortadora de fibra	0,18
5-Ext	Cabina encolado (extractor)	0,3
6-Pic	Máquina picadora	20
7-Rod	Máquina de rodillo	0,75
8-Tupi	Máquina tupi	2,2
9-Atad	Máquina atadora	0,92
10-Comp	Compresor de 500 L	7,5

Independientemente del consumo que demanda toda la maquinaria, también se ha de tener el cuenta el del resto de equipos que no intervienen directamente en el proceso productivo. Su consumo no es excesivo, pero dada la gran cantidad de horas que están encendidos a lo largo del día, van a consumir una energía que no se puede despreciar.

Algunos sólo se ponen en marcha en determinados meses. Como el caso de los aparatos eléctricos de calefacción, los cuales funcionan la mayoría del tiempo durante los meses de verano. En el apartado de contabilidad energética se explicará con más detenimiento el modo en el que se ha estimado los consumos de todos estos equipos. Se encuentran en su totalidad en las oficinas y son los siguientes:

Tabla 4. Consumo equipos oficinas

Referencia	Equipos	Consumo (kW)
11-Cal	Aparatos eléctricos de calefacción	2,5
12-OrdA	Ordenador 1	0,2
12-OrdB	Ordenador 2	0,2
12-OrdC	Ordenador 3	0,2
13-ImpA	Impresora multifunciones (modo espera)	0,05
13-ImpB	Impresora matricial	0,17
14-Maq	Máquina de control horario y máquina de café	0,12

A modo de comentario final, el generador de aire caliente que se encuentra en la empresa actualmente no se usa apenas desde hace dos años. Las temperaturas en el interior no son muy extremas y se llegó a un acuerdo entre la dirección de la empresa y los operarios para hacer el menor uso posible de él. Hay que decir que no está completamente en desuso, activándose únicamente a horas tempranas en días de frío extremo. A fin de cuentas es un consumo que sólo se produce durante unas pocas horas a lo largo de todo el año. Además, dadas las fechas de realización del presente proyecto, ha sido imposible medir las prestaciones del generador de aire caliente ya que no se ha utilizado. Por estos motivos no se tendrá en cuenta en el resto de la auditoría energética.

2.3.2. Iluminación

En este apartado, se van a contabilizar los receptores de alumbrado que se hallan en la empresa. Se puede ver su distribución en el "Documento N°3: Planos", concretamente en el plano número dos.

La mayoría de receptores son luminarias fluorescentes. Cada luminaria cuenta con dos lámparas de vapor de mercurio a baja presión. Este tipo de lámparas destacan por su gran eficiencia energética y se utilizan normalmente para la iluminación doméstica e industrial.

En la zona de trabajo se localizan 32 luminarias fluorescentes, es decir, se dispone de 64 lámparas. Cada una tiene un consumo de 58 vatios. En las oficinas se hallan 6 luminarias conformadas por 12 tubos fluorescentes de 36 vatios.

También se dispone de una luminaria incandescente en el cuarto donde se encuentra el compresor. Su consumo es de 60 vatios.

En la fachada y en la parte trasera de la nave se sitúan seis focos que sirven para iluminación exterior de la nave. Se reparten tres en la fachada y los otros tres en la parte trasera. Son del tipo de halogenuros metálicos de bajo consumo y éste es de 70 vatios por cada unidad.

Por último, las luminarias de emergencia y señalización. Se encuentran repartidas por toda la nave. Hay dos tipos de acuerdo a la normativa: de 15 vatios y 7 vatios.

3.CONTABILIDAD ENERGÉTICA

En este apartado, se ha analizado y desglosado el consumo de energía de la empresa. En los subapartados que lo conforman, se va a tratar cuantificar el consumo de todos los equipos. Para ello, en primer lugar se analizará la tarifa eléctrica contratada actualmente por la empresa. Seguidamente, se realizará un análisis teórico del consumo. Ello consiste en estudiar equipo a equipo y determinar tanto el tiempo de utilización como la potencia que consume cada uno de ellos para calcular el consumo total diario. También se hará un estudio de la iluminación hasta obtener el consumo diario de una jornada típica representativa del funcionamiento habitual de la empresa. Finalmente, se medirá el consumo en la empresa y se contrastará con el consumo que se había estimado a nivel teórico al analizar los equipos individualmente.



Figura 8. Proceso de auditoría energética

3.1. Tarifa energética

El primer paso a realizar para llevar a cabo la contabilidad energética es estudiar el tipo de tarifa que tiene contratada la empresa. Una forma de hacerlo es mirando en las facturas eléctricas. Se recogieron todas las facturas mensuales correspondientes a los años 2012, 2013 y 2014.

La potencia contratada es de 33 kW y la tarifa correspondiente es la 3.1A con discriminación horaria. Establece tres periodos de consumo con diferentes precios. Dependiendo del mes, los periodos se distribuyen de manera diferente. Todos los meses de Noviembre a Marzo, ambos inclusive, pertenecen a los meses de invierno. Por otro lado, los meses de verano van de Abril a Octubre. También influye si es sábado, domingo o festivo. En cualquier día de los tres citados, sólo habría periodo dos y tres.

- El periodo uno (P1) corresponde al precio más caro de la energía y tiene una duración de seis horas diarias. Es el periodo más corto. En los meses de invierno, este periodo se extiende durante la tarde de los días laborables; mientras que en los meses de verano es durante la mañana de los días laborables.
- En el periodo dos (P2), la energía tiene un precio intermedio entre el periodo dos y periodo tres. Su duración es de diez horas diarias, siendo el periodo más largo.

3.Contabilidad energética

- Periodo tres (P3). Se extiende desde las 0:00 a las 8:00, excepto sábados, domingos y festivos que aumenta su duración hasta las 18:00. Es, con diferencia, el periodo más barato de los tres que componen la tarifa.

En cada factura se incluyen tres importes. La cantidad a pagar es la suma de todos ellos.

El primer término en la factura, el *Término de Potencia*, consiste en la cantidad a pagar por la máxima potencia demandada en cada uno de los tres periodos. A más potencia máxima consumida, mayor es la cantidad a pagar. El término de potencia hace referencia al mayor pico de potencia consumida durante cada uno de los tres periodos del mes en cuestión. El control de la potencia demandada se realiza mediante un maxímetro que registra la potencia cuarto horario máxima demandada en cada periodo tarifario, es decir, el cuarto de hora en el que más potencia se ha demandado. En función del máximo de kilovatios alcanzados el importe a pagar será uno u otro.

Las cifras exactas son las siguientes:

Tabla 5. Precios del término de potencia

Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
493,1122 cent.€/kW	304,0891 cent.€/kW	69,7311 cent.€/kW

La potencia a facturar se calculará de la forma que se establece a continuación:

- a) Si la potencia máxima demandada, registrada en el período de facturación, está dentro del 85 al 105 por 100 respecto a la contratada, dicha potencia registrada será la potencia a facturar.
- b) Si la potencia máxima demandada, registrada en el período de facturación, es superior al 105 por 100 de la potencia contratada, la potencia a facturar en el período considerado será igual al valor registrado más el doble de la diferencia entre el valor registrado y el valor correspondiente al 105 por 100 de la potencia contratada.
- c) Si la potencia máxima demandada en el período a facturar es inferior al 85 por 100 de la potencia contratada, la potencia a facturar será igual al 85 por 100 de la citada potencia contratada.

El segundo término de la factura representa la energía consumida en cada periodo. En la factura aparece como *Término de Energía*. La cantidad mensual es multiplicada por el precio al que se factura cada periodo. Este importe corresponde al grueso del importe total de la factura. El importe exacto por cada kilovatio hora no es constante durante todo el año. Este sufre variaciones de un mes a otro. Además se ha de incluir el I.V.A. (21%) y el impuesto sobre la electricidad ó I.E.E. (4,864%). El I.E.E. se calcula sobre el importe total correspondiente a electricidad, pero el I.V.A. se calcula una vez que ya se ha sumado a la factura el I.E.E. Obteniendo una media del mismo durante los meses de todo un año, incluyendo impuestos, se obtienen las siguientes cifras:

Tabla 6. Precios del término de energía

Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
13,5552 cent.€/kWh	11,2074 cent.€/kWh	7,1077 cent.€/kWh

3.Contabilidad energética

En tercer y último lugar vienen cargos adicionales debido a diferentes causas. Los principales motivos corresponden al alquiler del contador, al exceso de potencia reactiva, y ajuste de precios.

En el análisis de las facturas se han reparado en varios aspectos que pueden ser de interés para apartados posteriores.

Conviene destacar el elevado coste de la potencia máxima consumida. Se ha realizado un estudio de tres meses, tal y como se muestra en la Tabla 7. Supone aproximadamente de un 30 a un 40% del importe total mensual, es decir que es una proporción muy importante del coste total, que por tanto no se debe únicamente al consumo de energía sino también a cómo se distribuye ese consumo a lo largo del día (potencia).

Tabla 7. Fracción del término de potencia con respecto al importe total

	Importe (€)		
	nov-13	dic-13	ene-14
P1	191,54	251,45	266,42
P2	127,35	164,3	228,95
P3	20,47	21,18	39,79
Potencia	339,36	436,93	535,16
Total	931,9	1419,1	1354
Porcentaje	36,42%	30,79%	39,52%

También es reseñable las cifras exactas del precio para cada unidad de potencia y de energía. El precio por kW es constante de un mes a otro, mientras que en el caso de la energía las cifras fluctúan de mes a mes. No es un cambio muy significativo, pero pueden suponer una diferencia notable en la factura de dos meses consecutivos.

3.2. Estimación teórica del consumo

Una vez que se conoce todo el proceso productivo de la empresa y todo lo que lo rodea, es momento de hacer una estimación del consumo que va a preceder a la medición del mismo.

3.2.1. Hipótesis de trabajo

Las máquinas tienen distintos funcionamientos. La misma máquina puede tener consumos muy diferentes dependiendo de lo que esté haciendo en un momento dado. Hay momentos en los que un equipo puede estar encendido pero no estar funcionando. No sería coherente contabilizar estos tiempos de parada como si el equipo estuviese consumiendo del mismo modo en que lo hace cuando está en marcha. Para estimar los tiempos de espera y los tiempos de funcionamiento real se va a estudiar cada equipo individualmente y así establecer una serie de hipótesis para determinar el tiempo aproximado de funcionamiento de cada uno de los equipos para más tarde poder calcular el consumo total de cada equipo.

Las hipótesis para cada máquina que se presentan a continuación son fruto de la observación en planta del modo de trabajo de cada uno de los equipos, así como de la consulta a los propios empleados, que son quienes los utilizan cada día. Las horas en que un equipo se encuentra encendido no son exactas porque varían día a día. No se puede decir con certeza que un equipo ha estado encendido de una hora a otra. Dependiendo de los pedidos entrantes se dará más uso a ciertos equipos que, probablemente, si el pedido fuese diferente apenas se utilizarían. Además, dependiendo de la disponibilidad de personal, los equipos son encendidos en horarios muy diversos. Por tanto, se ha buscado un equilibrio y se ha supuesto una producción que se ha considerado habitual según el gerente de la empresa.

Tampoco se puede caer en el error de pensar que todos los equipos tienen el consumo indicado en su placa. El consumo real puede ser mayor o menor, aunque en la mayoría de los casos de esta empresa va a ser algo menor debido a que en pocas ocasiones se activan todos los mecanismos de los que dispone el equipo. Hay otros equipos que sólo disponen de un dispositivo que consuma electricidad, como en el caso de las máquinas verticales que sólo disponen de una cuchilla móvil. Con el objetivo de tener una buena evaluación del consumo de cada equipo se han hecho algunas mediciones. Se medirá en el momento en que los equipos a analizar estén trabajando en su régimen habitual. Estas medidas servirán para posteriormente analizar el consumo total.

3.2.2. Estimación individual de consumo de equipos

A continuación se va a estudiar con brevedad cada equipo de forma individual. Se determinará el tiempo de encendido diariamente y el consumo que se ha estimado.

El modo con el que se han medido las diferentes potencias se explica a continuación. Se ha hecho uso de un contador instantáneo de electricidad conectado al cuadro eléctrico de la nave y procediendo al encendido de un equipo tras otro. Una vez se alcanzaba el régimen habitual de funcionamiento se tomaba nota y se desconectaba el equipo. Esto se realizó al finalizar la jornada laboral con todos los equipos apagados. De esta forma no había ningún consumo que alterase la medida. Habría que exceptuar algunos consumos mínimos como, por ejemplo, el de las luces de emergencia. Por tanto, el consumo se corresponde con el anotado menos el residual que había antes de encender el equipo del que se iba a medir su consumo.

Máquinas verticales (1-Vert)

El único mecanismo que necesita de alimentación eléctrica es su cuchilla. A priori su consumo debería coincidir con la potencia que indica en la chapa. Al realizar las mediciones para cada una de ellas se ha observado que cada una de ellas tiene un consumo diferente que en todos los casos es inferior a los tres caballos de vapor que indica en la placa. Esto equivaldría a 2,2 kW por máquina. Al medir, estos son los resultados:

3.Contabilidad energética

Tabla 8. Consumo real medido de las máquinas verticales

Equipos	Consumo Medido (kW)
Máquina vertical 1 (corte)	1,89
Máquina vertical 2 (corte)	1,51
Máquina vertical 3 (corte)	1,8
Máquina vertical 4 (corte)	1,64
Máquina vertical 5 (corte)	1,7
Máquina vertical 6 (corte)	2,01
Máquina vertical 7 (corte)	2,1

Como se observa, existe un amplio intervalo de consumo entre las diferentes máquinas verticales. Dependiendo de la antigüedad de la máquina el consumo es mayor o menor. Generalmente cuanto más antigua es la máquina más se aproxima a los 2,2 kW. También se midió el consumo de cada una de ellas mientras se procesaba un bloque de goma espuma, pero la potencia requerida no variaba significativamente con respecto a cuando la máquina no estaba cortando goma espuma. Por el presente motivo, se toma como potencia real la medida en un inicio.

Seis de estas máquinas están funcionando todo el día. La número siete está destinada para servir de apoyo en algunos casos de excesivo trabajo al resto de verticales. Se ha estimado un funcionamiento de una hora diaria.

Máquina carrusel (2-Carr)

Este es uno de los casos en que el consumo nominal que aparece en la placa es desproporcionado con respecto a su consumo real. Yendo desde los 9,7 kW de la placa hasta los 2,5 kW que refleja la medición en su régimen de trabajo habitual.

En lo que respecta al tiempo de funcionamiento, éste abarca aproximadamente algo más de la mitad de la jornada laboral.

Maquina copiadora o de formas (3-Cop)

Probablemente sea la máquina más compleja de la empresa. Está encendida permanentemente. Se puede decir que puede encontrarse en dos estados principales. El primero corresponde al momento en que está siendo cargada, lo que conlleva la elección de un bloque de goma espuma del tamaño adecuado, su correcta colocación y la introducción de las instrucciones en un ordenador para llevar a cabo el proceso de corte. El otro estado se corresponde con el corte del bloque que ha sido introducido. La máquina posee un registro interno al que se puede acceder. En él se muestra un historial de las horas de corte que un operario contabiliza cada mes. Si se dividen estas horas por los días laborables de un mes, que se han estimado alrededor de 21, se obtienen las horas diarias de corte. El resultado se comprobó para todos los meses del año 2013 y este fue de 5,5 horas diarias. Estas horas han sido repartidas a lo largo del día, aproximadamente media hora de carga y luego media hora de funcionamiento.

La medición de su consumo indicó 2 kW mientras está cortando, frente a los 9,2 kW que se leen en la placa. Esto ocurre por el elevado número de mecanismos que se pueden activar

en la máquina. De hecho estos mecanismos se activan frecuentemente, pero lo hacen durante segundos y nunca todos al mismo tiempo.

Máquina cortadora de fibra (4-Cort)

Tiene un consumo nominal de 180 vatios. Tras realizar su medición se comprueba que es exactamente la potencia que necesita. De su uso hay que decir que es utilizada prácticamente durante todo el día.

Máquina picadora (6-Pic)

Se estima que está en marcha durante la mitad de la jornada laboral. Al encontrarse encendida, las cuchillas están en movimiento y la aspiración funcionando. A pesar de esto, no tiene un consumo uniforme. En el momento en que está triturando goma su consumo aumenta hasta los 35 o 40 kW. Mientras que el resto del tiempo ronda los 17 kW. Aproximadamente se encuentra triturando goma espuma el 20% del tiempo. Si se considera que cuando la cuchilla está desmenuzando la goma necesita 37 kW y el resto del tiempo 17 kW, se obtendría una media de trabajo de 21 kW. Esta cifra va a ser empleada como el consumo aproximado de la picadora para la estimación del consumo de la totalidad de la empresa.

Máquina de rodillo (7-Rod)

Ronda los 750 vatios. Se trabaja con ella un par de horas al día. No quiere decir que en las dos horas en que un operario la utiliza esté funcionando. Existen tiempos de parada en que se prepara y se retira la pieza tratada.

Máquina tupi (8-Tupi)

Tiene un consumo de 1,6 kilovatios. Es utilizada durante cuarenta y cinco minutos cada día. Suponiendo, como ya se ha dicho, una producción media.

Máquina atadora (9-Atad)

Actualmente se procede a atar las piezas finalizadas manualmente. La máquina se encuentra rota y no hay intención de arreglarla ni de compra un nuevo ejemplar.

Compresor (10-Comp)

El compresor se acciona cuando se necesita un aumento de la presión del aire en el depósito. El compresor se apaga durante la noche y al ser encendido a primera hora de la mañana, comienza a comprimir para compensar la pérdida de presión que tiene lugar durante la noche. Una vez que ya ha alcanzado la presión adecuada, comienza a ponerse en marcha de manera intermitente. Dependiendo de la demanda de aire comprimido, es decir, del uso que estén teniendo los equipos que necesitan disponer de aire comprimido para su funcionamiento, variará la frecuencia con que se acciona. Además lo hará durante un tiempo de mayor o menor duración. Debido a los tiempos de funcionamiento tan aleatorios que tiene, el compresor fue observado durante dos horas. Una de ellas durante la mañana y otra durante la tarde. Estos son los resultados obtenidos:

3.Contabilidad energética

Tabla 9. Tiempos de parada y funcionamiento del compresor

Estado	Mañana	Tarde
Parado (min)	6	1
Comprimiendo (min)	6	5
Parado (min)	4	11,5
Comprimiendo (min)	3,5	3
Parado (min)	14	7,25
Comprimiendo (min)	3	4,5
Parado (min)	9,75	8
Comprimiendo (min)	4	1,75
Parado (min)	5,25	4
Comprimiendo (min)	2,5	3,5
Parado (min)	2	10,5
Total parado (min)	41	42,25
Total comprimiendo (min)	19	17,75
Total (min)	60	60

Según la Tabla 9, la compresión se realiza aproximadamente durante la tercera parte del tiempo. El resto del tiempo el compresor se encuentra apagado.

Extractor (5-Ext)

Se encuentra en funcionamiento durante toda la jornada laboral. Tiene un consumo de 0,3 kW. Dicho consumo fue determinado por el proyectista y es el que aparece en el proyecto de la instalación eléctrica de la nave.

Tabla 10. Relación de consumo teórico con el medido de cada máquina

Referencia	Equipos	Consumo de catálogo (kW)	Consumo medido (kW)	Diferencia
1-VertA	Máquina vertical 1 (corte)	2,2	1,89	86%
1-VertB	Máquina vertical 2 (corte)	2,2	1,51	69%
1-VertC	Máquina vertical 3 (corte)	2,2	1,8	82%
1-VertD	Máquina vertical 4 (corte)	2,2	1,64	75%
1-VertE	Máquina vertical 5 (corte)	2,2	1,7	77%
1-VertF	Máquina vertical 6 (corte)	2,2	2,01	91%
1-VertG	Máquina vertical 7 (corte)	2,2	2,1	95%
2-Carr	Máquina carrusel	9,7	2,5	26%
3-Cop	Máquina copiadora (formas)	9,2	2	22%
4-Cort	Máquina cortadora de fibra	0,18	0,18	100%
5-Ext	Cabina encolado (extractor)	0,3	0,3	100%
6-Pic	Máquina picadora	20	21	105%
7-Rod	Máquina de rodillo	0,75	0,75	100%
8-Tupi	Máquina tupi	2,2	1,6	73%
9-Atad	Máquina atadora	0,92	0,92	100%
10-Comp	Compresor de 500 L	7,5	7,5	100%

En la Tabla 8 se ha realizado una comparativa entre los datos de catálogo y el consumo medido. Son muy pocos los equipos de los que a la hora de medir su consumo se ha comprobado que consumen una potencia semejante a la que proporciona el fabricante. Incluso en el caso de la picadora, la potencia llega a ser algo mayor. En el caso del carrusel y la máquina de formas, la diferencia es enorme, del orden de un 25%. Esto ocurre porque son las dos máquinas que desplazan el bloque y la cuchilla mientras funcionan y eso requiere un mayor número de mecanismos para conseguir la posición adecuada. Dichos mecanismos no se emplean muy frecuentemente y el consumo de potencia se ve reducido en gran medida.

Toro eléctrico (15-Toro)

Habitualmente se pone a cargar al acabar la jornada laboral aunque otras veces se carga durante la misma mientras no se utiliza. Se carga con un cable especial que es conectado a la corriente mediante una especie de adaptador. Este adaptador tiene una pantalla que informa del consumo. La carga no es constante, es decir, no se requiere la misma potencia en las distintas fases de la carga. Se ha llevado a cabo una estimación para la carga del mismo cuando la batería se encontraba aproximadamente en carga a un 50%, consumiendo en ese instante 250 vatios. El tiempo de carga completa partiendo de que está completamente descargado es de seis horas. Es sabido porque aparece en la pantalla del adaptador cada vez que es conectado a la corriente.

El resto de los puntos de consumo, que corresponde a los equipos de las oficinas, se describe a continuación. Todos ellos han sido medidos con un medidor portátil. El medidor consta de un enchufe al que se conecta el equipo a medir. El propio medidor también era conectado al enchufe de la pared. En la pantalla del medidor se indicaba la potencia consumida del equipo conectado.



Figura 9. Medidor enchufe de consumo eléctrico

Este conjunto de equipos comprende los siguientes:

- Tres ordenadores (12-Ord). Dos en las oficinas y uno para la introducción de instrucciones a la máquina copiadora. Todos ellos funcionan durante la jornada laboral completa.
- Aparatos de aire acondicionado (11-Cal). Están en las oficinas. Hay dos unidades. Como es lógico, en invierno no se utilizan y en los meses muy cálidos están encendidos la mayoría del tiempo. Se ha estimado un funcionamiento diario de dos horas, pues durante la mayoría de meses se encuentran inactivos.
- Impresoras (hay dos): una matricial y una multifunciones (13-Imp). La multifunciones también hace de fax, es por este motivo que es preciso que se quede

3.Contabilidad energética

encendida las veinticuatro horas. En cualquier momento puede entrar un pedido. Tiene un consumo mínimo porque se encuentra casi permanentemente en estado de espera. La otra impresora, la matricial, se enciende sólo durante la jornada laboral y su consumo es notablemente mayor que el de la multifunciones en estado de espera.

- Máquina de control horario y de café (14-Maq). Suponen un consumo casi despreciable y están encendidas todo el tiempo.

A modo de resumen, en la Tabla 11 se indica el consumo real de todos y cada uno de los equipos de la empresa. Además se han recogido las horas de funcionamiento de cada de todos ellos con el fin de obtener el consumo de energía correspondiente a cada uno de ellos. Finalmente se calcula el consumo total diario estimado para un día habitual de producción.

Tabla 11. Consumos reales de todos los equipos

Referencia	Equipos	Consumo medido (kW)	Horas al día	Consumo energético (kWh)
1-VertA	Máquina vertical 1 (corte)	1,89	10	18,9
1-VertB	Máquina vertical 2 (corte)	1,51	10	15,1
1-VertC	Máquina vertical 3 (corte)	1,8	10	18
1-VertD	Máquina vertical 4 (corte)	1,64	10	16,4
1-VertE	Máquina vertical 5 (corte)	1,7	10	17
1-VertF	Máquina vertical 6 (corte)	2,01	10	20,1
1-VertG	Máquina vertical 7 (corte)	2,1	1,25	2,625
2-Carr	Máquina carrusel	2,5	5,5	13,75
3-Cop	Máquina copiadora (formas)	2	5	10
4-Cort	Máquina cortadora de fibra	0,18	9,75	1,755
5-Ext	Cabina encolado (extractor)	0,3	10,5	3,15
6-Pic	Máquina picadora	21	4,5	94,5
7-Rod	Máquina de rodillo	0,75	1,5	1,125
8-Tupi	Máquina tupi	1,6	0,75	1,2
9-Atad	Máquina atadora	0,92	0	0
10-Comp	Compresor de 500 L	7,5	3,5	26,25
15-Toro	Toro eléctrico (carga)	0,25	6,25	1,5625
11-Cal	Aparatos eléctricos de calefacción	3	2	6
12-OrdA	Ordenador 1	0,2	10,5	2,1
12-OrdB	Ordenador 2	0,2	10,5	2,1
12-OrdC	Ordenador 3	0,2	10,5	2,1
13-ImpA	Impresora multifunciones (modo espera)	0,05	24	1,2
13-ImpB	Impresora matricial	0,17	10,5	1,785
14-Maq	Máquina de control horario y máquina de café	0,12	24	2,88
	Total	53,59		279,58

El consumo total en un día completo de producción se estima en 279,58 kWh. Los porcentajes del consumo de cada equipo con respecto al total se mostrarán más adelante.

3.2.3. Estimación de consumo del alumbrado

En primer lugar, hay que hacer una diferenciación horaria del tiempo de funcionamiento del alumbrado. Dependiendo de época del año, se hará un uso u otro del mismo. No se puede considerar que funcionan el mismo tiempo porque daría lugar a error. En invierno los días son más cortos y es necesario encender el alumbrado un número de horas mayor. En verano el tiempo de encendido es considerablemente menor pues abundan las horas de sol. Los días en que no se trabaja serán considerados como festivos y no se necesita la iluminación interior. Solamente habría que disponer del alumbrado exterior y alumbrado de emergencia y señalización.

Tabla 12. Estimación del consumo del alumbrado en invierno

INVIERNO

Tipo alumbrado	Potencia	Uds	Total (W)	Horas	Energía (kWh)
L. fluorescentes 2x58w (zona de trabajo)	58	64	3712	6	22,272
L. fluorescentes 2x36w (oficinas)	36	12	432	8	3,456
L. incandescente 1x60w	60	1	60	0,5	0,03
L. fachada 1x70w	70	3	210	13	2,73
L. emergencia y señalización 1x15w	15	8	120	24	2,88
L. emergencia y señalización 1x7w	7	4	28	24	0,672
L. almacén 1x50w	50	5	250	2	0,5
			4812		32,54

Tabla 13. Estimación del consumo del alumbrado en verano

VERANO

Tipo alumbrado	Potencia	Uds	Total (W)	Horas	Energía (kWh)
L. fluorescentes 2x58w (zona de trabajo)	58	64	3712	2	7,424
L. fluorescentes 2x36w (oficinas)	36	12	432	4	1,728
L. incandescente 1x60w	60	1	60	0	0
L. fachada 1x70w	70	3	210	9	1,89
L. emergencia y señalización 1x15w	15	8	120	24	2,88
L. emergencia y señalización 1x7w	7	4	28	24	0,672
L. almacén 1x50w	50	5	250	1	0,25
			4812		14,844

La principal diferencia que se observa entre los meses de verano e invierno es el diferente número de horas en que los elementos de alumbrado se encuentran encendidos. El principal consumo pertenece al de los tubos fluorescentes de la zona de trabajo, y permanecen encendidos, de media, el triple de tiempo que en los meses de verano. Esto es causante de la gran diferencia de energía consumida entre verano e invierno. Lo mismo ocurre pero en menor proporción con el resto de lámparas, como por ejemplo las de la fachada y las oficinas.

3.Contabilidad energética

Tabla 14. Estimación del consumo del alumbrado en los días festivos

FESTIVOS

Tipo alumbrado	Potencia	Uds	Total (W)	Horas	Energía (kWh)
L. fluorescentes 2x58w (zona de trabajo)	58	64	3712	0	0
L. fluorescentes 2x36w (oficinas)	36	12	432	0	0
L. incandescente 1x60w	60	1	60	0	0
L. fachada 1x70w	70	3	210	11	2,31
L. emergencia y señalización 1x15w	15	8	120	24	2,88
L. emergencia y señalización 1x7w	7	4	28	24	0,672
L. almacén 1x50w	50	5	250	0	0
			4812		5,862

Para hacer una aproximación de un consumo medio a lo largo de un año se hará la media entre el consumo de verano e invierno. Con el fin de simular lo que sería una semana completa, la media calculada anteriormente se multiplica por cinco y se le suma la energía de un festivo multiplicada por dos, que son los que tiene actualmente la empresa (sábado y domingo). El resultado obtenido se multiplica por 4,345. Así se conseguiría saber la energía consumida mensualmente debida al alumbrado. Siete días de la semana por 4,345 da un total de 30,415. La media de días de todos los meses del año es de 30,416; por tanto la aproximación es bastante precisa.

$$\text{Consumo mensual} = (\text{Media}_{\text{laborables}} \times 5 + \text{Media}_{\text{festivos}} \times 2) \times 4,345 \frac{\text{semanas}}{\text{mes}}$$

Tabla 15. Consumo total correspondiente al alumbrado

Media (kWh)	23,692
Gasto medio semanal (kWh)	177,568
Gasto medio mensual (kWh)	770,65

Los datos utilizados no son exactos y varían dependiendo las circunstancias que se den cada día, por eso se dice que se está desempeñando una aproximación del consumo. Entre estas circunstancias se encontraría el tiempo meteorológico o el número de horas extras que se realicen fuera del horario habitual de la empresa.

3.2.4. Resultados

En primer lugar se va hacer distinción de qué porcentaje de la energía consumida mensualmente corresponde a la maquinaria y qué porcentaje al alumbrado.

3.Contabilidad energética

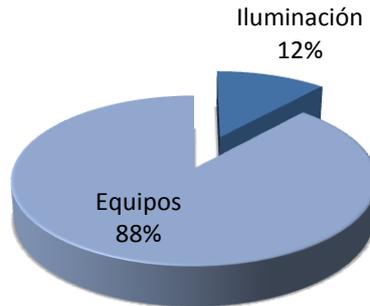


Figura 10. Reparto consumo equipos y alumbrado

En la Figura 10 se aprecia cómo el consumo que suponen los equipos es claramente superior al que supone la iluminación. A pesar de semejantes porcentajes, no se va a excluir los elementos de alumbrado del estudio en las posibles medidas de ahorro energético.

A continuación se representan los resultados obtenidos en lo referente al consumo de los equipos, excluyendo el correspondiente al alumbrado. De este modo, se podrá distinguir qué equipos son los principales causantes de los mayores consumos. Detectar qué es lo que mayor consumo tiene es el primer paso para poder reducir el consumo energético total de la empresa.

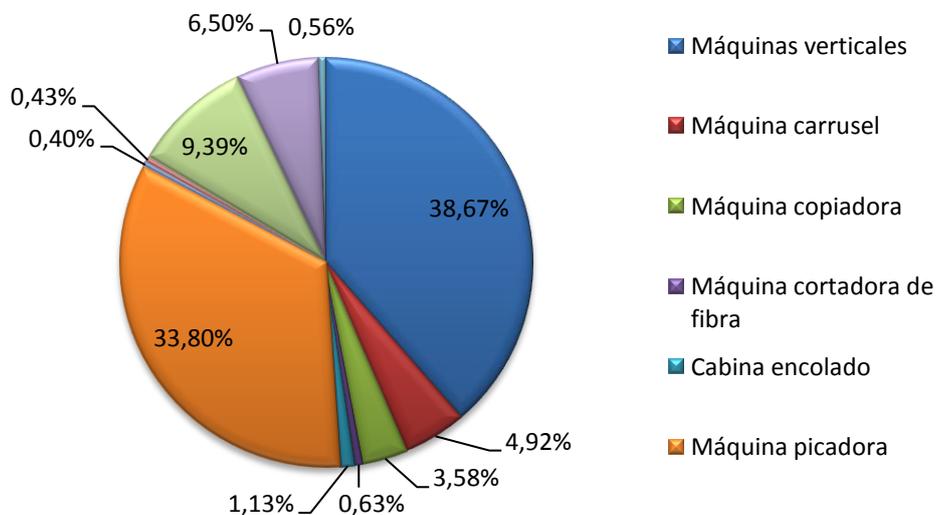


Figura 11. Reparto del consumo de equipos

Como se puede observar en la Figura 11, los equipos que representan la mayor parte del consumo son la picadora, con un 33,8%; el conjunto de todas las máquinas verticales, 38,67%; y el compresor, 9,39%. Todos ellos suman un total de 81,86%. Al suponer un porcentaje tan elevado del consumo, es ahí donde se van a centrar la mayoría de las medidas de ahorro energético que se pondrán en apartados posteriores.

3.Contabilidad energética

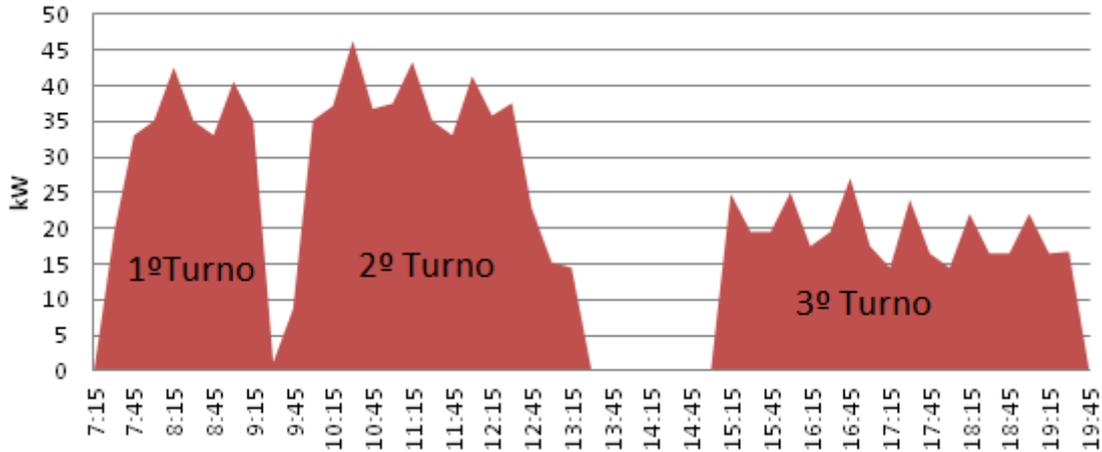


Figura 12. Curva de potencia demandada diaria

En la Figura 12, el área roja corresponde a la suma de toda la potencia que se está demandando por todos los equipos cada quince minutos. Los principales valores se alcanzan cuando se acciona el compresor y está funcionando la picadora. El compresor es el causante de los picos tan pronunciados debido a su funcionamiento intermitente. El proceso productivo condiciona la utilización de la maquinaria y es lo que causa que haya tanta diferencia de consumo entre las diferentes horas durante la jornada laboral.

Se puede diferenciar los horarios en que se realiza el primer descanso. Ocurre de 9:30 a 10:30. Más tarde, se aprecia el cambio de turno de mañana a tarde y el descanso correspondiente. Supone un valle en el consumo, pues toda la maquinaria se encuentra apagada. Finalmente se retoma la actividad industrial y vuelve a haber un consumo similar al de la mañana, a diferencia de que no se considera encendida la picadora durante la mayor parte de la tarde.

Como se verá más adelante, la curva de potencia no siempre va a seguir la distribución anterior, sino que para cada día será diferente. Aquí se han hecho una serie de suposiciones, que ya han sido explicadas detalladamente, que han terminado por moldear la curva de potencia obtenida.

En la Figura 12 sólo se ha representado las potencias de las horas en que la empresa está produciendo. Si se ampliase a la noche, aparecería el consumo nocturno, difícilmente apreciable. Se debe a la impresora multifunciones en estado de espera, la máquina para fichar, la de café y la carga nocturna del toro eléctrico.

A continuación se presenta en la Figura 13 la curva de la **energía consumida** por los equipos diariamente durante la jornada laboral, sin tener en cuenta el alumbrado.

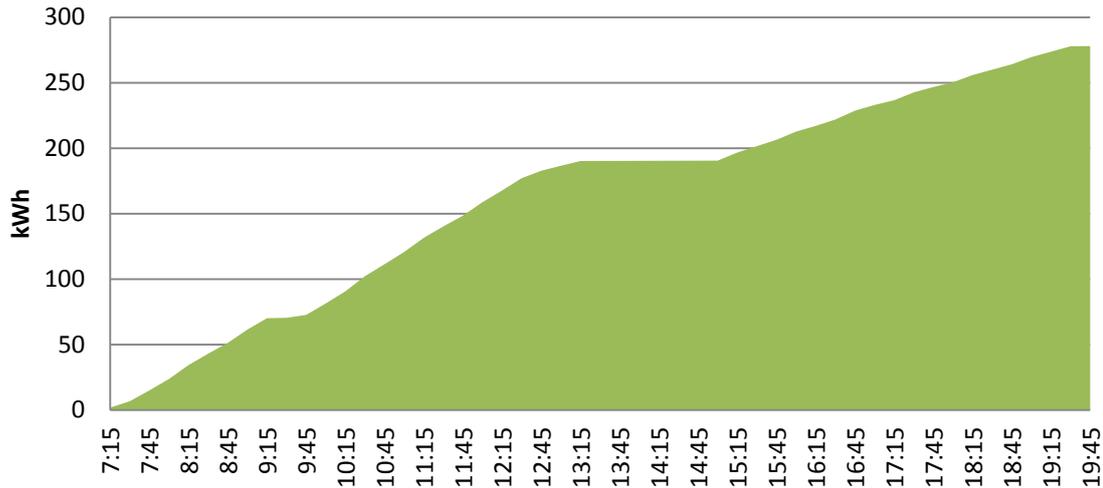


Figura 13. Energía diaria demandada por la totalidad de los equipos

3.3. Medición del consumo

3.3.1. Introducción a la medición

En este apartado se va a llevar a cabo una medición del consumo de la empresa mediante un contador instantáneo de electricidad. No es suficiente con realizar una estimación teórica de lo que podría ser el consumo. Es necesario medir directamente lo que se consume en la empresa cada día.

El contador instantáneo de electricidad consta de:

- Tres sensores que se acoplan a cada una de las tres fases del cuadro eléctrico de la instalación.
- Un transmisor. A él van conectados los tres sensores. Se configuró para que mandase una señal del consumo cada seis segundos.
- Un monitor. Es el que recibe la señal del transmisor y representa en pantalla el valor de potencia que le ha sido enviado.

3.3.2. Procedimiento

Como bien se ha dicho en la descripción de los sensores, el primer paso es acoplar los tres sensores a las tres fases del cuadro de forma que el sensor rodee completamente la sección del cable. En el caso de esta empresa, existen dos líneas de entrada a la nave. Una de ellas alimenta a la máquina picadora y a la máquina de rodillo; la otra alimenta al resto de equipos y a la totalidad de receptores luminosos que se encuentran tanto en el interior como en el exterior de la nave. Debido a la escasez de equipo y que sólo se contaba con un contador instantáneo de velocidad, se ha medido primero la línea que suministra a la mayor parte de la empresa, que será denominada de aquí en adelante línea principal, y la semana siguiente se midió en la línea secundaria, que es así como se ha denominado a la que sólo alimenta a la picadora y al rodillo.

3. Contabilidad energética

En los inicios de la empresa únicamente se disponía de la línea principal, pero posteriormente se realizó una ampliación de la nave y se añadió una segunda línea para alimentar a algunos de los equipos que se encontraban en la zona ampliada. En la entrada de la nave se encuentran los dos cuadros eléctricos donde se van a colocar los sensores. Tal y como recomienda las instrucciones del contador instantáneo de electricidad, la instalación de los sensores en el cuadro eléctrico la ha realizado un electricista profesional debido al riesgo existente. Los cables utilizados en la instalación son de 16 mm, que es lo máximo que pueden abarcar las pinzas de los sensores. Si hubiesen superado este valor, habría que haber optado por otro instrumento de medida.

Una vez instalados los sensores en el cuadro eléctrico de la línea principal, y éstos al transmisor, se coloca el monitor al lado del cuadro y se sincronizan para que se pueda establecer la conexión. Después de esto, en la pantalla del monitor ya aparece la cifra de la potencia que se está consumiendo en cada instante.



Figura 14. Contador instantáneo de electricidad instalado en el cuadro secundario

El tiempo de medición fue aproximadamente de siete días para la línea principal y de cuatro días laborables para la secundaria. La máquina picadora, que consume prácticamente el total de línea secundaria se averió cuando se estaba realizando el cuarto día de medidas. Por este motivo se ha considerado irrelevante el consumo de los tres días restantes en los que se estuvo midiendo ya que el consumo es prácticamente inexistente. Se fue revisando el monitor cada día para evitar cualquier problema, como por ejemplo que éste o el transmisor se quedasen sin pilas y estropeasen la medición.

Una vez cumplido el tiempo de medida establecido del consumo de las líneas, un total de catorce días, se conecta mediante un puerto USB a un ordenador. Mediante el software informático "eLink" se descargan los datos del monitor, que han sido archivados durante todo el tiempo de medida. El propio programa traza la curva de consumo de energía. Se puede visualizar la curva diaria, semanal, mensual y anual de consumo. Dado que el tiempo durante el que se ha medido cada una de las líneas es de una semana no tiene sentido emplear la curvas mensual y anual. Por lo que el estudio se centrará principalmente en la curva diaria. Esta curva muestra la energía consumida durante cada hora del día. Conviene decir que no es exactamente una curva sino un diagrama de barras. Cada barra representa el consumo en una hora. Por ejemplo, la barra de las 10:00 corresponde al periodo de tiempo que va desde las 10:00 a las 11:00. El conjunto de todas las barras se

puede decir que conforma una curva, por lo tanto, a partir de ahora la representación diaria del consumo en el diagrama de barras será denominada curva de consumo diario.

3.3.3. Resultados

Después de transferir toda la información al programa, el consumo se va a representar en las figuras que se van a exponer a continuación:

Línea principal

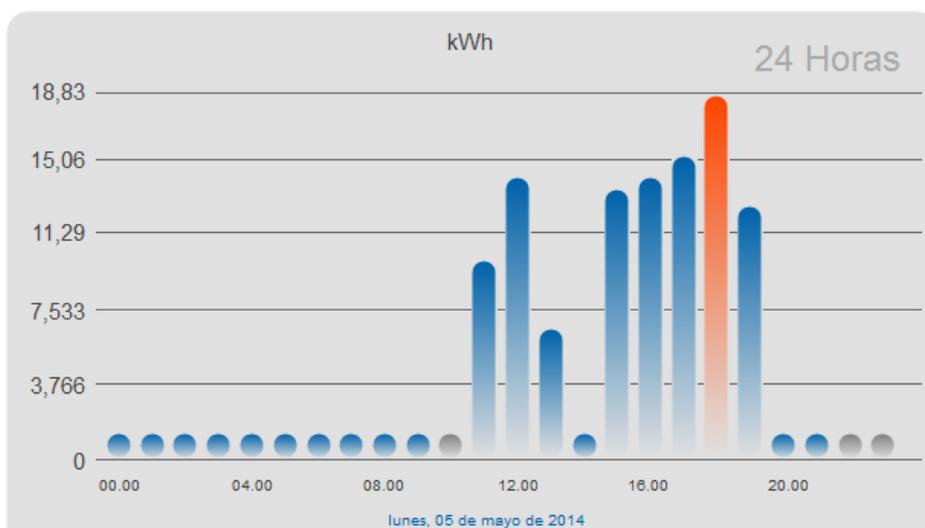


Figura 15. Curva de consumo de la línea principal a lunes, 5 de Mayo

La Figura 15 muestra el primer día de medida. El contador fue instalado un lunes sobre las once de la mañana. Lo ideal habría sido instalarlo a primera hora de la mañana o incluso el día anterior, pero la necesidad de un electricista fue el factor determinante de la hora de instalación. El contador se retiró al final de la jornada laboral, sobre las 20:00, para comprobar que los datos que había medido durante todo el día eran correctos y podían ser procesados por "eLink".

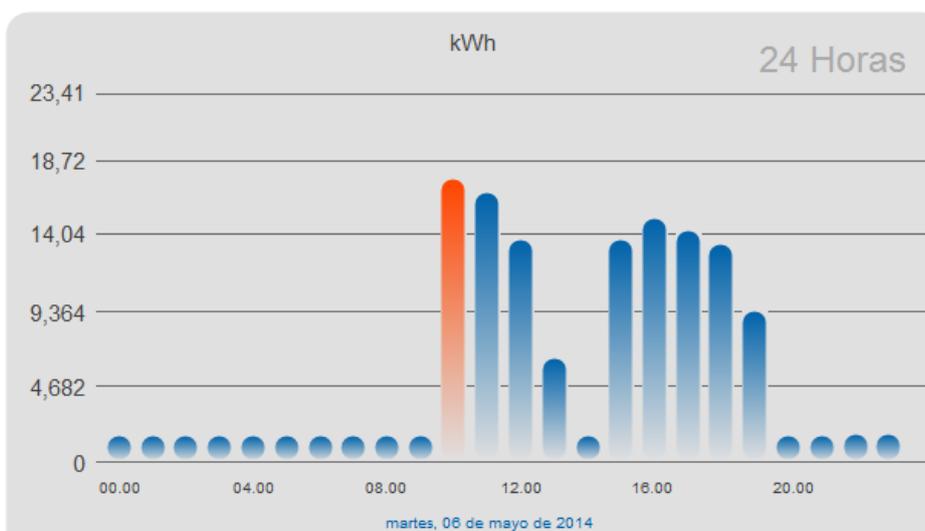


Figura 16. Curva de consumo de la línea principal a martes, 6 de Mayo

3. Contabilidad energética

Para el segundo día de medición ocurre lo mismo que había ocurrido en el primero. Se depende de un electricista para reinstalar el equipo y es imposible hacerlo antes de que comience la jornada laboral. A pesar de que en la Figura 16 no se pueda apreciar lo que ha ocurrido hasta las once de la mañana, con las figuras que vienen a continuación se podrá hacer una estimación del consumo medio a esas horas de la mañana y del de todo el día.

Respecto al resto del día, se observa durante los dos primeros días de la medición que existe un consumo más regular durante la tarde que durante la mañana. El lunes se alcanzó el pico a las seis de la tarde, mientras que el martes lo hizo a las diez de la mañana. Más tarde, en el apartado de análisis del consumo, se verá a qué pueden ser debidos estos picos y valles.

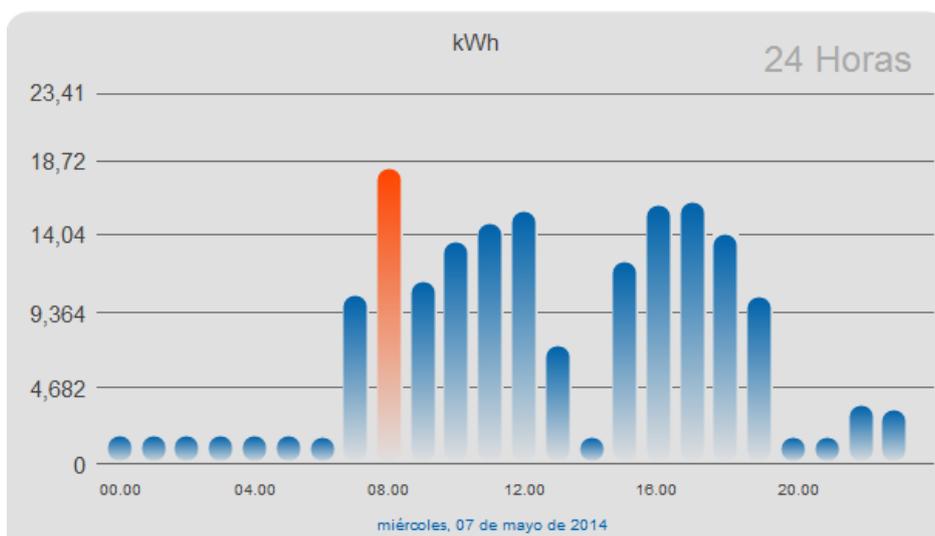


Figura 17. Curva de consumo de la línea principal a miércoles, 7 de Mayo

La Figura 17 representa la primera medición del consumo de un día completo, desde las 00:00 hasta las 23:59. Hay varios puntos destacables en la curva. La jornada laboral comienza a las 7:30. Lo que explica que el consumo que corresponde a las 7:00 sea mucho menor que el de las 8:00. De 7:00 a 7:30, el consumo fue prácticamente nulo y de 7:30 a 8:00 comenzó la actividad en la empresa. Lo mismo ocurre con el descanso de la mañana para el consumo de las 9:00. El descanso tiene lugar de 9:30 a 10:00, los equipos están parados durante ese tiempo y eso hace que el consumo sea bastante menor que el de una hora en la que se ha estado produciendo de principio a fin. Por el mismo motivo el consumo a las 13:00 y 19:00 horas es también inferior al del resto. Las horas de finalización del turno de la mañana y de la tarde son 13:25 y 19:40 respectivamente.

3.Contabilidad energética

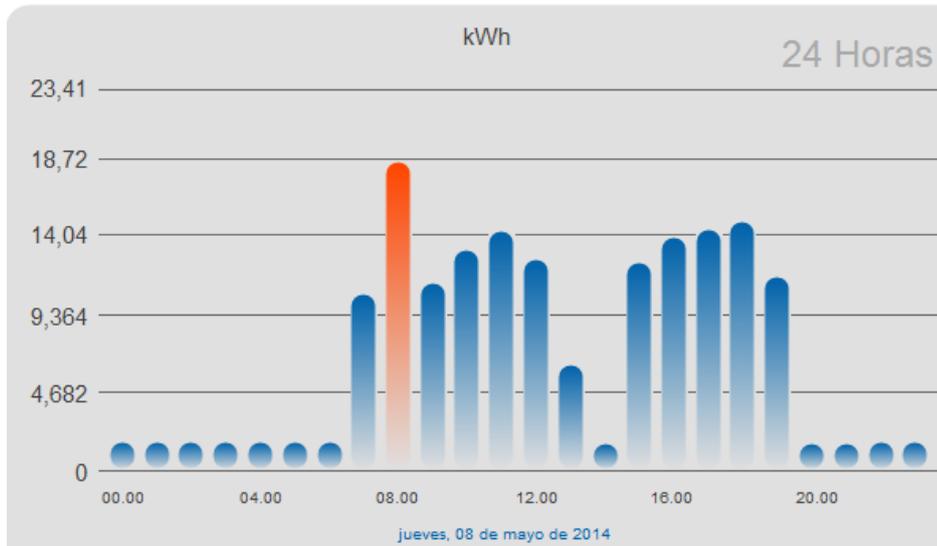


Figura 18. Curva de consumo de la línea principal a jueves, 8 de Mayo

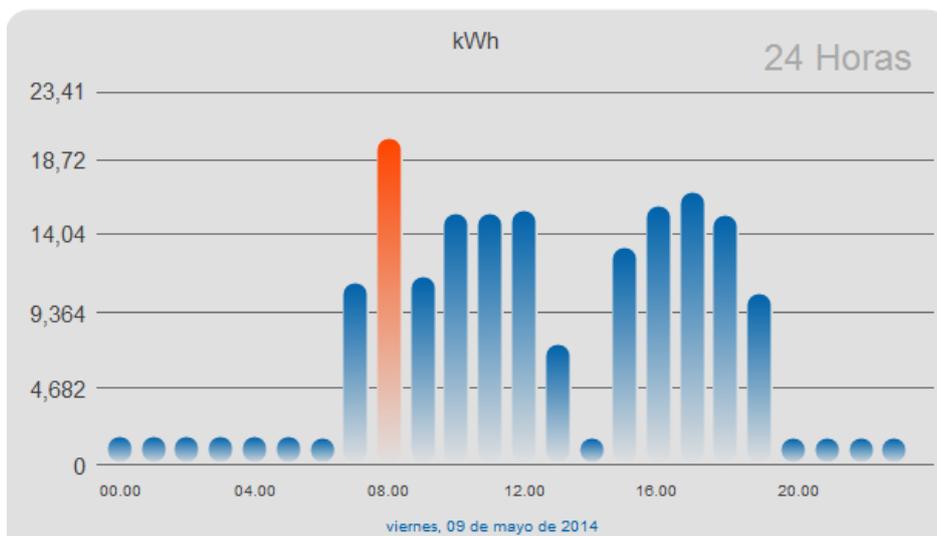


Figura 19. Curva de consumo de la línea principal a viernes, 9 de Mayo

De acuerdo a la Figura 18 y la Figura 19, en todas ellas se observa una tendencia similar del consumo a lo largo del día. Un menor consumo en las horas citadas anteriormente por los motivos ya expuestos. En las horas en que se trabaja completamente se observa un consumo muy similar para los diferentes días. En todos se alcanza la hora de máximo consumo de 8:00 a 9:00. Durante el resto de la mañana la energía consumida por hora ronda los 14-15 kWh. Varía ligeramente dependiendo del día, es decir, no se mantiene una tendencia del consumo exactamente igual. Si ha sido necesaria el uso de una maquinaria en lugar de otra a una hora en concreto, evidentemente el consumo es diferente.

A continuación se muestran la Figura 20 y la Figura 21, que corresponden al fin de semana:

3.Contabilidad energética

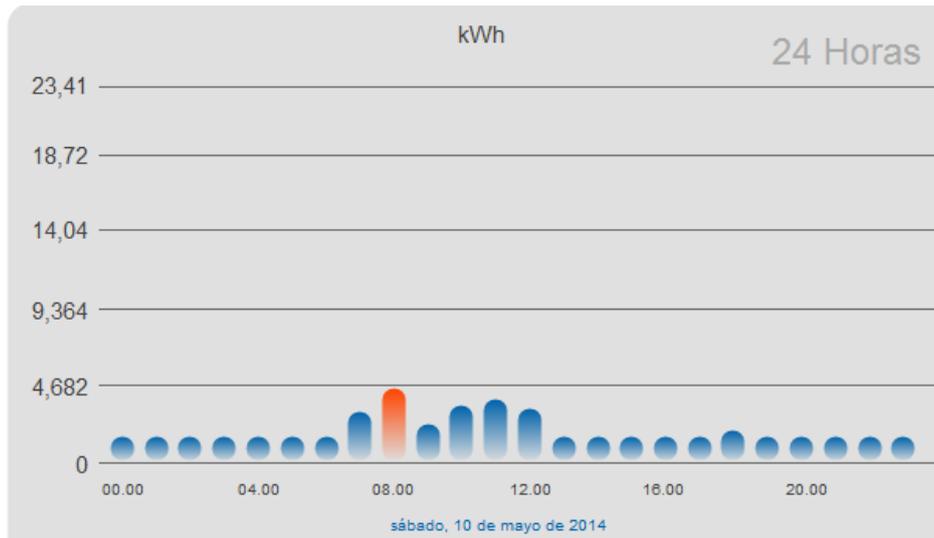


Figura 20. Curva de consumo de la línea principal a sábado, 10 de Mayo

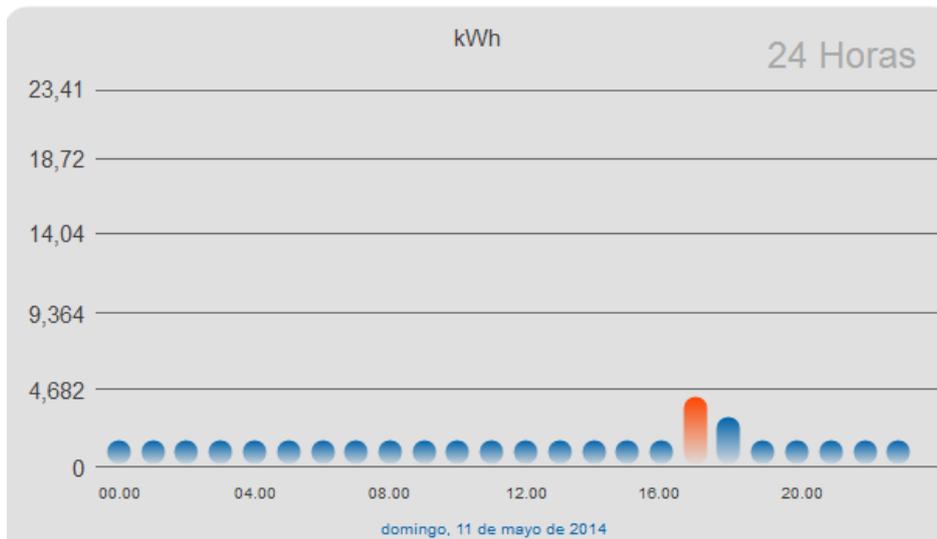


Figura 21. Curva de consumo de la línea principal a domingo, 11 de Mayo

En ambos días se mantiene un consumo mínimo, pues no hay prácticamente actividad. En ambos días se observan varias horas en las que se puede diferenciar claros picos de consumo no muy elevado. Esto es debido a diversas horas extras que se han realizado durante el fin de semana, en las que se han puesto en marcha dos de las máquinas verticales.

Línea secundaria

Todas las figuras que van a ser expuestas a continuación representan un consumo visible sólo para las horas en que la picadora se encuentra funcionando. Los intervalos en que no se aprecie una barra de consumo no quiere decir que no ha tenido consumo, sino que éste ha sido mínimo y se puede deber a no haber apagado la máquina picadora del todo o a que la máquina de rodillos ha sido puesta en marcha.

3.Contabilidad energética

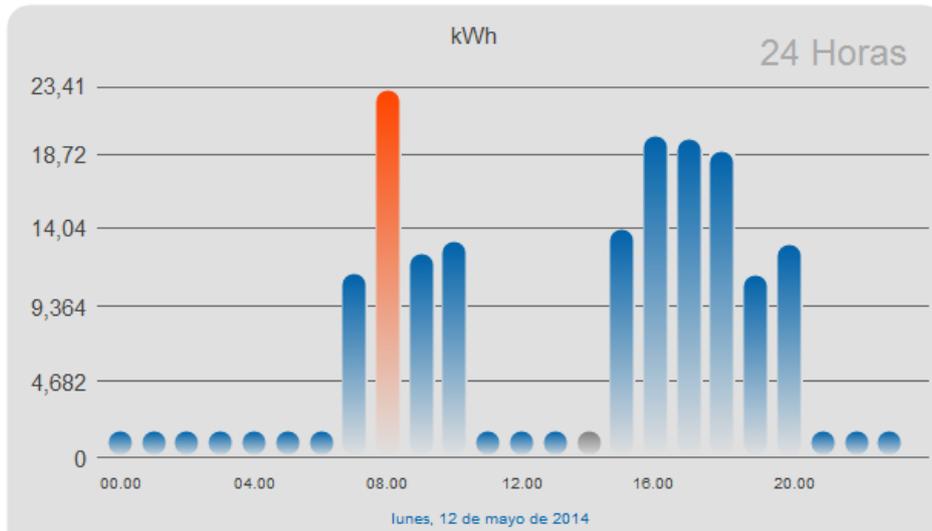


Figura 22. Curva de consumo de la línea secundaria a lunes, 12 de mayo

De la Figura 22 hay que decir que no representa completamente el consumo de la línea secundaria. Hasta las 10:30 el contador estaba midiendo el consumo de la línea principal. Fue a esa hora cuando el electricista cambió los sensores a los cables de la línea secundaria. Hasta esa hora se observa una tendencia muy similar a las curvas de línea principal, con el pico a las ocho de la mañana. Ya por la tarde se ve claramente que la picadora se puso en marcha durante toda tarde y existe un consumo más que notable.

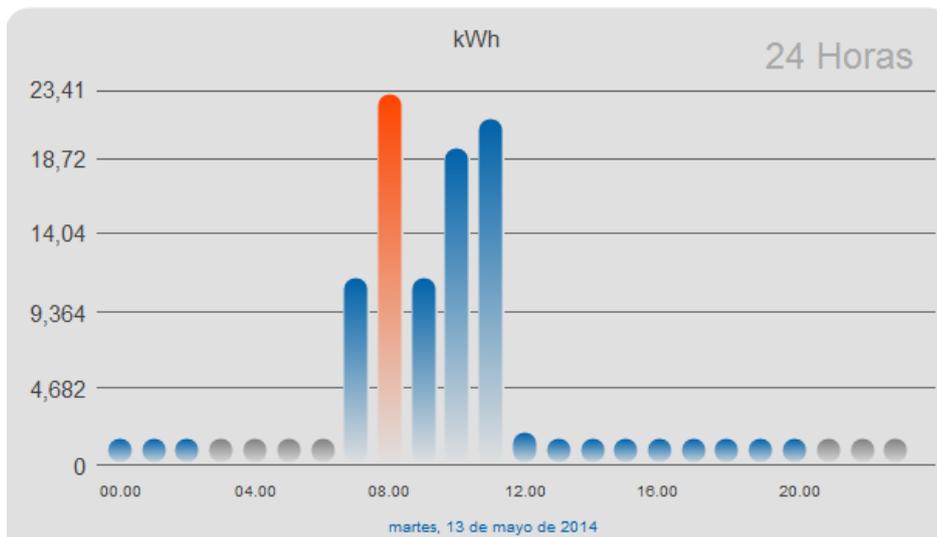


Figura 23. Curva de consumo de la línea secundaria a martes, 13 de mayo

La Figura 23 ya representa en su totalidad el consumo de energía de la línea secundaria. A rasgos generales, la principal diferencia de la Figura 22 con la Figura 23 es que se aprecia un funcionamiento de la picadora durante la mañana, mientras que durante el día representado por la Figura 22 la picadora estuvo en marcha toda la tarde.

3. Contabilidad energética

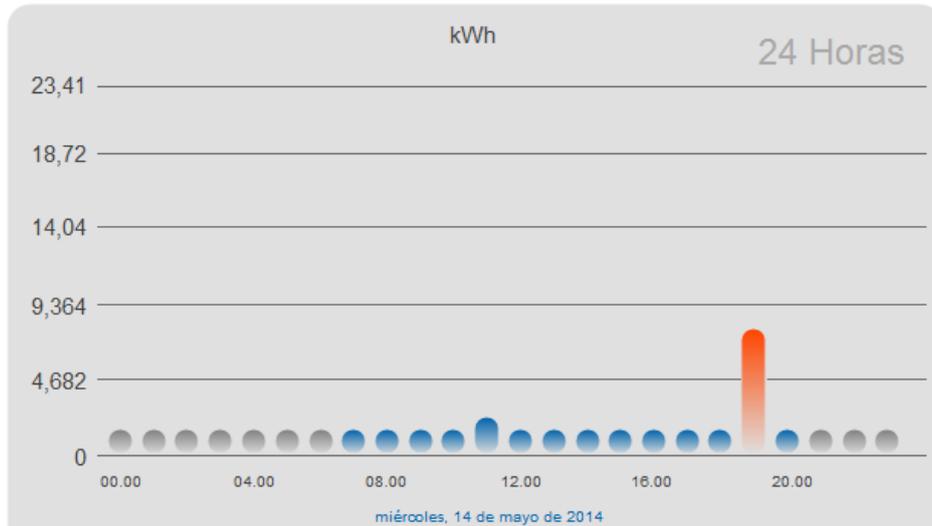


Figura 24. Curva de consumo de la línea secundaria a miércoles, 14 de mayo

Esta Figura 24 es muy poco representativa, pues la máquina picadora apenas se tuvo en marcha durante la jornada. Exceptuando el último tramo de la tarde.

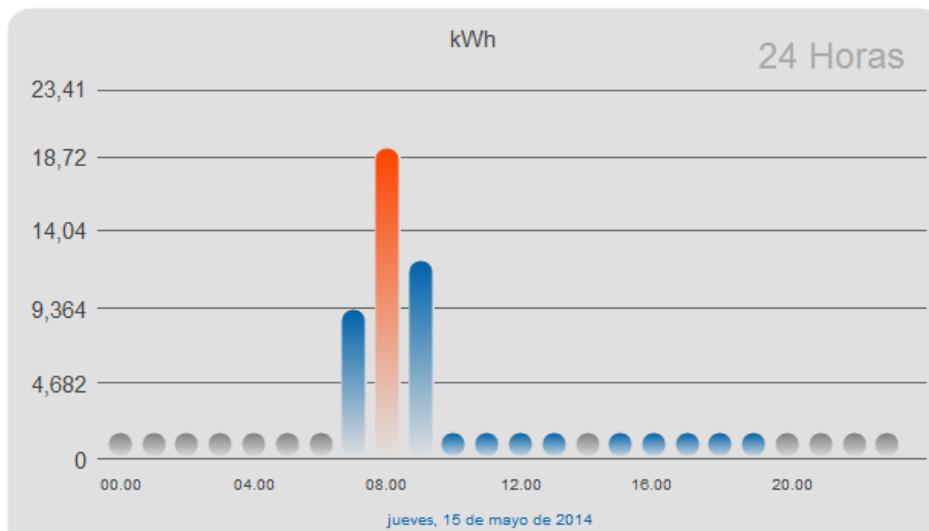


Figura 25. Curva de consumo de la línea secundaria a jueves, 15 de mayo

Finalmente, la Figura 25 representa la curva de consumo del último día antes de la rotura de la máquina picadora, que como ya es sabido es la principal máquina alimentada por esta línea. Ésta se puso en marcha durante el primer turno de la mañana y antes del primer descanso la máquina se averió.

3.4. Análisis del consumo

En el apartado anterior se han explicado aspectos generales de las fluctuaciones en la curva de consumo debido al proceso de toma de datos, así como algunos datos imprescindibles para conocer el comportamiento de la curva de consumo a lo largo de una jornada laboral. En este nuevo apartado se va a explicar y relacionar las cifras de la energía

que se ha consumido, según el contador, con el consumo y las horas de funcionamiento de los diferentes equipos e iluminación de los que consta la empresa.

Antes de comenzar con el análisis hay varios aspectos a tener en cuenta. Uno de ellos es que debido a la época del año en que se han realizado las medidas no se encendieron los aparatos eléctricos de calefacción que se encuentran en las oficinas. La temperatura fue agradable y no fue necesario su puesta en funcionamiento. Otro aspecto a tener en cuenta es que no tienen por qué corresponderse los tiempos de funcionamiento que se estimaron en el apartado "3.2. Estimación teórica del consumo" con los tiempos reales de funcionamiento durante el periodo de medidas. Se hizo una aproximación bastante detallada de un consumo habitual que será representativo pero no coincidirá al cien por cien con lo medido.

Se empezará por análisis de la que se ha considerado línea principal. Todo cuanto hay en la empresa es alimentado por esta línea, a excepción de la máquina picadora y de rodillo. Esto no quiere decir que el consumo en esta línea sea muy superior a la de la línea secundaria, pues la máquina picadora es con diferencia el equipo que más potencia requiere de toda la empresa.

Un factor muy importante a tener en cuenta es que los datos de los que se dispone son de horas completas. Como ya se ha visto anteriormente, hay horas en las que no se trabaja durante toda la hora. Teniendo en cuenta esta limitación, se estudiarán principalmente aquellas horas en que se esté produciendo ininterrumpidamente. Además algunos equipos se encienden y se apagan en repetidas ocasiones durante una hora, por tanto no se puede relacionar el consumo suponiendo que ciertos equipos no se han detenido durante toda la hora. Esto se verá con más claridad en el análisis de la picadora en la línea secundaria.

3.4.1. Análisis línea principal

Los principales equipos a tener en cuenta en esta línea son la copiadora, el carrusel, el conjunto de las verticales y el compresor. A continuación se van a recoger las cifras obtenidas de las mediciones. Las medidas tuvieron lugar de lunes a lunes. Hay que exceptuar el martes de siete a diez de la mañana que no se había colocado todavía el contador después del periodo de prueba. El primer lunes durante el mismo periodo tampoco se encontraba conectado, pero se ha considerado las cifras de las mediciones del último día de medida de la línea principal, que fue también lunes. Este día se cambió el medidor a la línea secundaria aproximadamente a la misma hora en que se pusieron los sensores en la línea principal. Por tanto, sí que se tienen datos del lunes durante las primeras horas de la mañana.

En primer lugar se va a estudiar el consumo durante las horas laborables, es decir, todo el periodo desde que se comienza con la actividad industrial hasta que esta finaliza. Este periodo corresponde de 7:30 a 19:30 aproximadamente.

Las periodos en los que existe actividad ininterrumpida en la empresa y que, como consecuencia, se van a estudiar son: 8:00-9:00; 10:00-13:00 y 15:00-19:00.

3. Contabilidad energética

Tabla 16. Resultados medición del consumo en la línea principal

Horas	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
7:00_8:00	11,729	-	10,685	10,928	11,538
8:00_9:00	23,41	-	18,834	19,158	20,67
9:00_10:00	13,01	-	11,595	11,625	11,903
10:00_11:00	13,792	18,156	14,103	13,67	15,894
11:00_12:00	10,308	17,245	15,354	14,803	15,938
12:00_13:00	14,558	14,226	16,048	13,028	16,075
13:00_14:00	6,786	6,621	7,532	6,553	7,563
14:00_15:00	0,349	0,8875	0,3491	0,322	0,325
15:00_16:00	13,979	14,273	12,876	12,836	13,785
16:00_17:00	14,563	15,631	16,453	14,459	16,35
17:00_18:00	15,726	14,87	16,684	14,892	17,313
18:00_19:00	18,832	13,939	14,595	15,459	15,82
19:00_20:00	13,076	9,639	10,615	11,96	10,871

Antes de comenzar con el análisis de cada hora de las anteriores, se va a calcular el consumo de los equipos que siempre están en funcionamiento y que suponen la base del consumo. Seis de las siete verticales están encendidas todo el tiempo y suman un consumo de 10,56 kW. Durante una hora la energía consumida por ellas sería de 10,56 kWh. A las verticales hay que sumarle el consumo de una hora de la cortadora de fibra, los ordenadores, el extractor de la cabina de encolado, la máquina de café, la máquina de control horario y las impresoras. La suma de todos los consumos es de 1,7 kW. Esto hace un total de aproximadamente **12 kWh**, que siempre se van a aparecer en el consumo mientras la empresa esté produciendo debido a que son equipos que funcionan durante toda la jornada laboral.

Sólo se van a mostrar de aquí en adelante los valores que van a ser estudiados por ser consumos de horas completas de trabajo. Se han eliminado aquellas horas durante las que ha habido un cambio de turno por haber una pausa y no ser representativas. Ahora ya se va a proceder con el análisis del consumo de los equipos que no están encendidos durante toda la jornada laboral. Se anotó durante la semana de medidas los tiempos de funcionamiento de los diversos equipos. De este modo, se va a facilitar la relación de los consumos con los causantes de los mismos en cada hora.

Tabla 17. Consumo durante el primer turno de la línea principal

Horas	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
8:00_9:00	23,41	-	18,834	19,158	20,67

De 8:00 a 9:00 se produce la hora de mayor consumo, alcanzándose valores próximo a los 20 kWh. Esto ocurre porque por los motivos que se van a citar a continuación. En primer lugar, se le ha dado uso a la máquina carrusel (2,5 kW) durante las primeras horas de la mañana toda la semana. La máquina copiadora o de formas (2 kW), por su parte, ha recibido de 7:30 a 8:00 las instrucciones necesarias de la forma que ha de cortar y se ha introducido el primer bloque en la posición adecuada. Esto provoca que durante la

3.Contabilidad energética

siguiente hora esté cortando de forma continua durante toda la hora. Al funcionar más tiempo la máquina de formas, el compresor se activa más frecuentemente que cuando se encuentra apagada debido a los mecanismos neumáticos de los que dispone ésta. Además de los citados motivos, el lunes se dispara el consumo hasta 23,41 kWh durante este periodo. La causa fue la entrada de pedidos durante el fin de semana que para poder procesarlos todos en el menor tiempo posible se puso en marcha la séptima vertical (2,1 kW) que permanece apagada gran parte del tiempo.

Tabla 18. Consumo durante el segundo turno de la línea principal

Horas	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
10:00_11:00	13,792	18,156	14,103	13,67	15,894
11:00_12:00	10,308	17,245	15,354	14,803	15,938
12:00_13:00	14,558	14,226	16,048	13,028	16,075

De los datos de la Tabla 18, hay uno que llama especialmente la atención. Es el consumo del lunes de 11:00 a 12:00, que tiene un valor de 10,308 kWh. Si hay un consumo fijo de 12 kWh por parte de los equipos que siempre están en funcionamiento, no puede ser menor a éste. El fallo que hay en esa cifra es que el contador se puso durante esa hora y no refleja la hora entera sino tres cuartos de hora. De modo que es un dato que no refleja el consumo de toda una hora y que no se va a tener en cuenta.

Por lo demás se observan unos consumo algo menores que de 8:00 a 9:00. Durante este tramo de la mañana los consumos van de 13 kWh a 18 kWh. El lunes y el jueves no se puso en marcha prácticamente el carrusel, y la máquina de formas estuvo funcionando durante un par de horas. Siendo la mayoría del consumo restante del compresor. El resto de días de la semana se registró un mayor uso del carrusel durante gran parte de la mañana. La máquina de formas registró un funcionamiento parecido durante el resto de la semana. Las horas en que se alcanzaron los mayores picos es por el mayor funcionamiento de la máquina de formas.

Tabla 19. Consumo en kWh durante el tercer turno de la línea principal

Horas	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
15:00_16:00	13,979	14,273	12,876	12,836	13,785
16:00_17:00	14,563	15,631	16,453	14,459	16,35
17:00_18:00	15,726	14,87	16,684	14,892	17,313
18:00_19:00	18,832	13,939	14,595	15,459	15,82

De tres a siete de la tarde existe un consumo por hora muy similar al de la mañana. Destacan por no ser muy elevados los valores correspondientes de tres a cuatro. La actividad en la fábrica se reanuda a las 15:05. Al tener que preparar y arrancar los equipos, no se alcanza una actividad normal hasta las 15:15.

El mayor consumo que se tiene durante la tarde fue el lunes de 18:00 a 19:00. En esta hora se tuvo que emplear la séptima vertical tal y como se había hecho esa misma mañana. A pesar de este pico, la máquina carrusel estuvo apagada durante toda la tarde. Ésta sólo

3.Contabilidad energética

presentó un funcionamiento considerable en la tarde del miércoles y del viernes, donde se aprecian unos valores relativamente altos.

El funcionamiento de la máquina de formas y el compresor es bastante similar durante toda la jornada. Varía en función del número de piezas iguales que haya que producir y la habilidad del operario que esté introduciendo las instrucciones.

También se registró un uso de la máquina tupi poco constante. Esta máquina tiene un consumo de 1,6 kW, lo cual representa una potencia consumida importante. Pero se utiliza de forma tan intermitente que no se puede asociar al consumo durante toda una hora porque como mucho tiempo ha estado funcionando veinte minutos consecutivos. Se utilizó en la tarde del lunes y el jueves de 18:10 a 18:30 durante los dos días, y la mañana del miércoles de 12:20 a 12:40.

La línea principal también alimenta a todos los receptores de alumbrado. Teniendo en cuenta que las mediciones se han hecho en el mes de Mayo, el alumbrado no supone un factor muy a tener en cuenta durante la jornada laboral. Las luces de la zona de trabajo apenas se encienden, concretamente en la semana en que se midió el consumo no se encendieron salvo algunos minutos durante el día. Las que sí pasan más tiempo encendidas son las de las oficinas durante las primeras horas de la mañana y a partir de las seis de la tarde. De todos modos este consumo se puede asociar a la curva de consumo porque no afecta en gran medida. Si las medidas se hubiesen realizado en Diciembre sí que supondrían una porción mayor del consumo y habría sido de utilidad su análisis.

En el tiempo en que la fábrica permanece cerrada, durante la noche, sí que es más fácil distinguir cuando se encienden y se apagan las luces exteriores que iluminan la fachada. Así como también es apreciable un consumo residual causado por algunos equipos que permanecen encendidos durante la noche y por las luces de emergencia, que a pesar de ser un consumo realmente bajo a lo largo del día consumen algo más de 2 kWh en total.

Para ver una representación temporal más clara del consumo y para poder comparar con la estimación del consumo que se hizo en el apartado "3.2.4. Resultados", se representará una curva con los valores de la Tabla 16. El problema es que aquí no se incluye la línea secundaria, mientras que en el apartado citado se incluyeron todos de los equipos. Por dicho motivo, se realizará la comparación una vez que se hayan analizado las dos líneas.

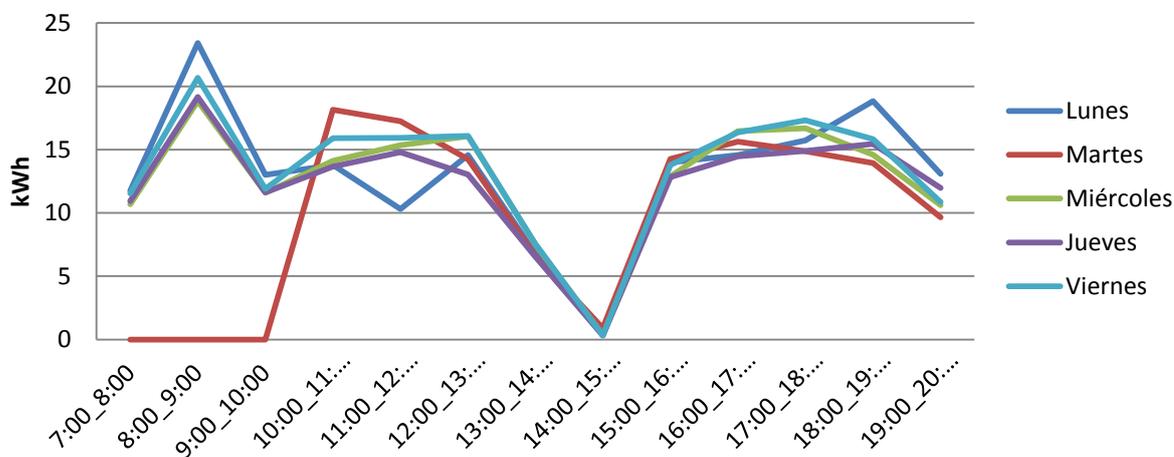


Figura 26. Consumo a lo largo del día en la línea principal para los diferentes días de la semana

3.4.2. Análisis línea secundaria

Como ya se ha comentado, esta línea es fruto de una ampliación de la nave y se hizo para suministrar electricidad a los equipos que allí se iban a encontrar. Estos equipos son la máquina picadora y la de rodillos. Aunque no son los únicos que se encuentran en la zona ampliada, sí que son los únicos alimentados por el cuadro secundario.

Conviene recordar que se realizó una medida individual para cada uno de los dos equipos:

- La máquina picadora o trituradora necesita de una potencia media de 21 kW. Dependerá del tiempo en que esté triturando goma espuma, que es cuando alcanza el mayor consumo, ó simplemente está accionada la aspiración. Si son dos operarios los que están dando uso a la trituradora pasará más tiempo triturando, pues uno está cargando constantemente la tolva de goma espuma y el segundo se encuentra colocando las bolsas a la salida de la máquina para que se vaya embolsando el picado que sale de la trituradora.
- La máquina de rodillos tiene un consumo de 0,75 kW. Se le da un uso de aproximadamente una hora diaria y ni siquiera va a ser tenido en cuenta a la hora de analizar la línea secundaria. En comparación con la trituradora tiene un consumo casi despreciable.

Durante la medición, los periodos representados a continuación en la Tabla 20 son el único tiempo en el cual se encienden alguna de las dos máquinas. A pesar de terminar la jornada laboral, el lunes un operario hizo horas extras y puso en marcha la picadora durante el periodo que comprende entre 20:00 y 21:00.

Tabla 20. Resultados medición del consumo en la línea secundaria

Horas	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves
7:00_8:00	0	11,771	0	9,522
8:00_9:00	0	23,41	0	9,522
9:00_10:00	0	11,787	0	12,638
10:00_11:00	0	19,966	0	0
11:00_12:00	0	21,84	2,47	0,577
12:00_13:00	0	2	0	0
13:00_14:00	0	0	0	0
14:00_15:00	0	0	0	0
15:00_16:00	14,494	0	0	0
16:00_17:00	20,53	0	0	0
17:00_18:00	20,298	0	0	0
18:00_19:00	19,46	0	0	0
19:00_20:00	11,603	0	8,062	0
20:00_21:00	13,56	0	0	0

En la Tabla 20 se han despreciado los consumos de menos de medio kilovatio hora por ser datos poco relevantes en comparación con el resto.

Como se puede observar en la Tabla 20, el uso de la picadora varía en gran medida dependiendo del día. Hay jornadas en que no se utiliza, sin embargo otros días en que está triturando durante un periodo considerable. Ejemplos de estos dos extremos son el miércoles como día en que no se pone en marcha; y lunes como ejemplo de día en que se ha puesto en marcha en un periodo de tiempo más que notable. Aunque lo más común es que esté en funcionamiento al menos un par de horas al cabo del día. Existe un amplio rango entre los diferentes consumos de esta línea causado por el diferente modo de funcionamiento de la picadora. No es muy común que haya estado funcionando una hora entera. Los momentos en que lo llega a conseguir alcanza un consumo de más de 20 kWh, como ocurre de 16:00 a 18:00 en la tarde del lunes. A diferencia de otras horas en las que únicamente estuvo en marcha diez minutos, como tuvo lugar el miércoles en la mañana.

En cuanto al consumo que tiene esta línea, es interesante que simplemente con la picadora en funcionamiento se iguala y hasta en ocasiones se supera el consumo del resto de equipos de toda la empresa. Si se estaba buscando a efectos prácticos cuál era el equipo individual de mayor consumo, ya se puede afirmar definitivamente que es la picadora.

3.5. Comparación y conclusiones

Para obtener las primeras conclusiones, se va a comparar el consumo de un día promedio, según las medidas realizadas, con el consumo diario medio que se calculó teóricamente. Como jornada promedio se va a considerar la media de los días laborables en que se realizaron las medidas de la línea principal. Para poder comparar de forma que se tengan en cuenta las dos líneas eléctricas, se sumarán la media de los consumos de la línea principal más el consumo de la línea secundaria de lunes y martes. Para la línea secundaria se va a escoger los valores tomados en lunes y martes porque, según afirma el propio operario encargado de la picadora, se le dio un uso habitual. El único periodo que no queda cubierto es de 7:30 a 10:30 en que no se contabilizó el consumo de la línea secundaria, pero la picadora no se puso en marcha durante este tiempo. Por tanto, el consumo correspondiente a ese periodo es mínimo.

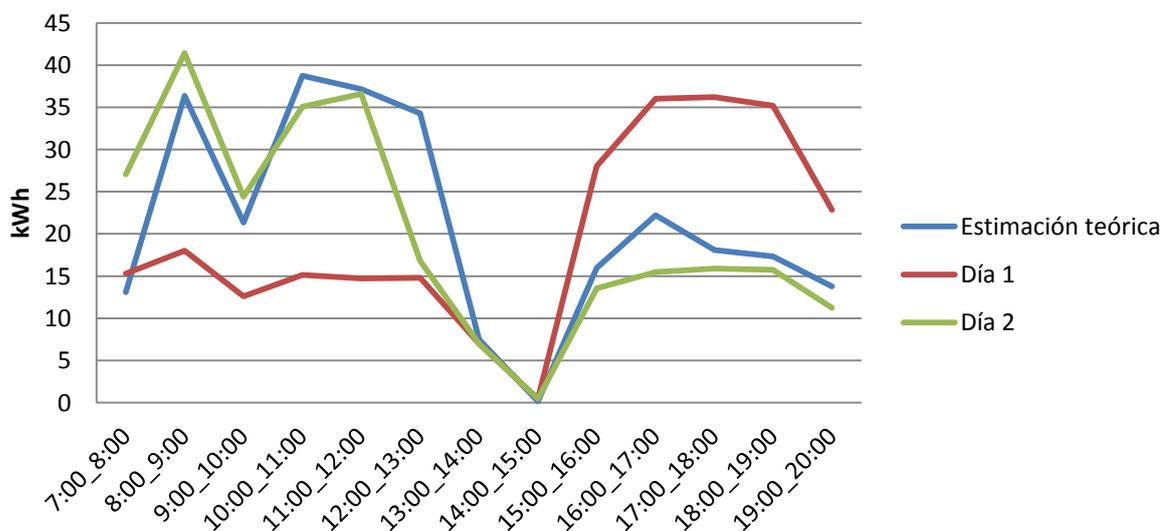


Figura 27. Curvas teórica y reales del consumo diario

3.Contabilidad energética

En la Figura 27 se representa la curva de potencia consumida fruto de la estimación realizada en el apartado "3.2. Estimación teórica del consumo" y las medidas recogidas en lo que se ha denominado Día 1 y Día 2.

Día 1 = Promedio medidas línea principal + Consumo de lunes en la línea secundaria

Día 2 = Promedio medidas línea principal + Consumo de martes en la línea secundaria

Para la comparación con la curva teórica sólo se han tomado las medidas realizadas en lunes y martes de la línea secundaria por ser las únicas que reflejan un consumo que se corresponde con el habitual de la empresa.

Hay varios aspectos a analizar en la Figura 27. Primero de todo, destacar que las tres curvas tienen una forma similar. Si se comparan el consumo real con el estimado, se observa que se aproxima mucho más el Día 2 que el Día 1 al consumo real. Esta diferencia en la forma de la curva viene causada por el uso de la picadora. En la estimación se estableció que la picadora funciona la mayoría del tiempo durante la mañana. Durante el Día 1, el funcionamiento de ésta se centró durante la tarde, mientras que en el Día 2 tuvo lugar por la mañana, tal y como se había estimado. Esto hace que la curva de potencia real del Día 2 se asemeje en mayor medida a la estimada. Por esto la comparación entre curvas se va a centrar en la estimada y la del día 2. No sería lógico comparar con el día 1, pues la forma de las curvas es tan diferente, debido al distinto uso de la picadora, que no se puede apreciar más allá de esa gran diferencia.

Se comparará la estimación teórica con la curva de potencia con lo que se ha considerado como Día 2. A primera hora de la mañana, en la estimación no se contempló que se fuesen a poner en marcha casi la totalidad de los equipos de los que dispone la empresa. Tal y como ocurrió en la semana de medidas. En el primer turno todos los equipos de mayor consumo se encontraban funcionando durante gran parte del tiempo. A medida que va transcurriendo la mañana, se observa que el consumo estimado supera al real. Este suceso se fundamenta en que, en la estimación, se consideró un mayor uso de la picadora a última hora de la mañana del que realmente tiene. A esto hay que añadirle que la máquina carrusel se consideró en funcionamiento durante este periodo. Estos motivos causan que la estimación fuese mayor que la potencia real.

Durante la tarde, se aprecia que el consumo estimado está por encima del que hubo durante el día dos. Las estimaciones que explican esto son el uso de la séptima máquina vertical durante parte de la tarde, el uso de la máquina de rodillo y el funcionamiento del carrusel durante toda la tarde. Durante las mediciones, la máquina carrusel no tuvo un funcionamiento tan amplio todas las tardes. A estos factores hay que añadir el encendido de los aparatos de aire acondicionado. Se estimó que funcionaban un par de horas al día, concretamente al comenzar el segundo turno de tarde. Realmente, a estos aparatos se les da menos utilidad de la que se creía inicialmente.

Cabe destacar un funcionamiento similar de todos aquellos equipos que se estimaron en funcionamiento durante todo el día; y así fue en la realidad. También un funcionamiento muy parecido al estimado del compresor y la máquina de formas, que suponen un porcentaje a tener en cuenta en la energía consumida a lo largo de un día.

3.Contabilidad energética

Hablando en términos de energía total diaria, el promedio durante el periodo de medidas de la empresa es el siguiente:

Tabla 21. Cuadro resumen consumo diario

Línea principal	185,2 kWh
Línea secundaria	131,39 kWh
Total (Línea1+Línea2)	316,59 kWh
Estimada (equipos)	279,6 kWh
Estimada (alumbrado)	21,37 kWh
Estimada (equipos + alumbrado)	300,97 kWh

Como se puede apreciar en la Tabla 21, la estimación ha sido una buena aproximación del consumo real de la empresa. Hay una diferencia muy pequeña entre ambas causada por ciertas diferencias a la hora de estimar el consumo de picadora principalmente. Ahora se puede afirmar que la estimación teórica del consumo de energía ha sido satisfactoria y representa en gran medida lo que está consumiendo la empresa diariamente.

Considerando que un mes tiene una media de 21 días semanales, se realiza una estimación mensual del consumo real y del estimado se obtiene un consumo mensual de:

Tabla 22. Consumo mensual real, estimado y que aparece en facturas

Real	6648,39 kWh
Estimado	6571,39 kWh
Media facturas	6722,09 kWh

La media de las facturas se ha obtenido del importe total de las facturas de un año completo (2013), a excepción de Agosto debido a que es el mes en que se cierra la empresa por vacaciones. Se ha realizado la media de todo el año por ser ésta desigual, siendo los meses de invierno el consumo de energía mayor por la necesidad de tener el alumbrado encendido durante más tiempo a causa del menor número de horas de sol.

4. MEDIDAS DE MEJORA

En este apartado se propondrá una serie de medidas de mejoras para la factura eléctrica. Las medidas que van a ser propuestas pueden ser de dos tipos: las que requieren una inversión inicial y las que no. Se dará comienzo con una optimización de la factura eléctrica contratada. Como primera medida se propondrá un manual de buenas prácticas para todos los empleados de la empresa. Una vez hecho esto, se estudiarán cada una de las medidas que se han considerado que pueden significar un ahorro tanto energético como económico.

Primero se estudiarán aquellas medidas que no supongan un importante desembolso y que se centren en cambios en el modo de funcionamiento de la empresa. Estas medidas, en el caso hipotético de que se consideren positivas para la empresa, serían las primeras en llevarse a cabo. A estas medidas les seguirían aquellas que necesiten una inversión no muy elevada y; por último, las medidas que requieran de una inversión considerable y la corrección del factor de potencia. El orden escogido para el estudio de las medidas no implica que las primeras en ser analizadas sean de más importancia o vayan a suponer un ahorro mayor. Lo que se ha tenido en cuenta es la facilidad para aplicarlas a la empresa, siendo las últimas las más costosas por tener que realizar una inversión tan costosa.

Cada una de las medidas será estudiada de forma independiente, es decir, su estudio no se verá influido por la aplicación de ninguna otra medida. El estudio será individual como si fuese la única medida que se va a aplicar en la empresa.

No se van a contemplar medidas de ahorro referidas al aislamiento térmico. La empresa no tiene ningún proceso térmico, por tanto, no procede estudiar la sustitución de ningún aislamiento referido a los equipos. Únicamente se podría llevar a cabo un análisis del aislamiento térmico de las paredes de la nave. El poco uso que se le da a los equipos generadores de aire caliente hace que no sea de mucha utilidad sustituir los aislamientos exteriores. Por tanto, prácticamente no representaría ahorro ninguno.

4.1. Medidas contempladas

En este apartado se van exponer todas las medidas que se han contemplado como resultado del análisis del consumo de la empresa y se va a dar una pequeña introducción para cada una de ellas. No significa que todas ellas vayan a ser analizadas y estudiadas posteriormente. Únicamente se le dedicará un apartado posterior a aquellas que se consideren aplicables y que se crea que pueden suponer un ahorro para la empresa en cuestión. Se argumentarán los motivos de aquellas que se desechen desde un principio.

Las medidas que se han contemplado son las siguientes:

1. **Optimizar la tarifa eléctrica.** Ello consiste, partiendo del perfil de consumo actual de la empresa, en alcanzar la certeza de cuál es la mejor tarifa posible de las que ofrece el mercado. No va a ser incluida dentro del resto de medidas, sino que se va a hacer un análisis independiente para el consumo actual. Después de haber

4. Medidas de mejora

propuesto todas las medidas, se volverá a realizar el mismo análisis. A diferencia del que se va a realizar en primer lugar, éste se va a hacer en función de la nueva curva de consumo una vez se hayan aplicado las medidas de ahorro oportunas.

2. **Manual de buenas prácticas.** Compuesto por un conjunto de pautas de comportamiento a seguir por los empleados de la empresa. Aparentemente es algo muy trivial, pero no por eso menos importante. Si se realizan algunas modificaciones en la forma actuar, se puede lograr un ahorro notable.
3. **Reparto del consumo.** Consiste en trasladar ciertos consumos a horas concretas en que la energía resulta más barata. Siempre en medida de lo posible ya que no todas las tareas pueden ser retrasadas.
4. **Modificación de horarios.** Esta medida persigue el mismo objetivo que la número tres. Se va a aprovechar que durante el sábado la energía es mucho más económica que entre semana. En función a esto, se van a alterar los turnos y algunas horas van a ser desplazadas al sábado.
5. **Iluminación LED.** Fue una de las medidas que primero fue tomada en consideración. Consiste en cambiar la iluminación actual por lámparas de tecnología LED. Aparentemente puede suponer un ahorro energético, por tanto, va a ser estudiada posteriormente.
6. **Sustitución depósito del compresor.** El depósito de acumulación permite reducir el número de arranques del compresor para hacer frente a la demanda de aire comprimido cada vez que se produzca. Esta medida consiste en reemplazar el depósito del compresor existente por uno de mayor capacidad. El compresor podría comprimir el aire sobre un depósito suficientemente grande y trasladar la mayor parte del consumo al periodo nocturno o cuando no haya otras máquinas en marcha, consiguiéndose un ahorro económico.
Se estima que el ahorro sería mínimo, pues como máximo se conseguirían desplazar dos horas pertenecientes al periodo llano al periodo valle. La diferencia entre ambos periodos es de 3 cent.€/kWh, y que durante esas dos horas un día normal trabajo en total 40 minutos, lo que se traduce en 5 kWh. En resumen el ahorro sería de 15 céntimos al día y para amortizar un depósito de 2.000 litros, cuyo coste es superior a 2.000 euros, se necesitarían una media de 57 años, es decir superior a la duración de la vida del equipo. A esto habría que sumarle la complejidad de conocer la demanda habitual de aire comprimido y de los cálculos correspondientes. Por todo lo expuesto aquí, no se va a estudiar la sustitución del depósito como una posible medida.
7. **Sustitución de las máquinas verticales.** El conjunto de estas máquinas supone el mayor consumo que se produce en la empresa. Podría ser de interés un estudio de las diferentes alternativas que ofrece el mercado para este tipo de maquinaria.

8. **Sustitución de la máquina picadora.** Como equipo individual, implica el mayor consumo. Al igual que en el caso de las máquinas verticales, se va a estudiar las posibilidades existentes en el mercado.
9. **Variador de frecuencia en el compresor.** Esta opción se ha desechado de primeras por ser el compresor de tipo alternativo, concretamente de pistones. Por lo tanto no se puede acoplar un variador de frecuencia.
10. **Variador de frecuencia en el motor eléctrico que hacen girar las cuchillas en la máquina picadora.** El objetivo es evitar los picos de arranque de la máquina, en los que ésta llega a alcanzar los 50 kW durante unos segundos. También se podría hacer una diferenciación entre el picado de los diferentes tipos de goma espuma y dependiendo de su densidad se requerirá más o menos potencia. Esta medida no se considera viable. El principal motivo es el amplio estudio que habría que realizar para la potencia concreta que necesitaría para picar los diferentes tipos de goma espuma. A esto se le suma que el pico de potencia al arranque, en términos de energía, no supone una cantidad muy importante. Se ha preferido optar por el estudio de una posible sustitución de esta máquina.
11. **Ajuste potencia reactiva.** Se ha observado que la empresa está pagando un importe referido a un exceso de la energía reactiva. Buscar una solución a ese problema va a evitar que aparezca este importe en las facturas.
12. **El uso de sensores de presencia.** No se ha contemplado por no ser la empresa lo suficientemente grande. La gran mayoría de lámparas son imprescindibles para el funcionamiento de la empresa y constantemente hay operarios en todas las áreas de la nave.

4.2. Optimización tarifa eléctrica

El hecho de que una empresa tenga contratada una tarifa energética durante un largo periodo de tiempo y lo siga haciendo, no es motivo suficiente para pensar que esa tarifa es la óptima. Una empresa es algo cambiante. Las necesidades cambian con el paso de los años, con ellas lo hacen el tipo de proceso y la tecnología que lo desempeña. Es por ello que se va a estudiar cuál es la tarifa óptima actual para la empresa antes de haberse tomado ninguna de las medidas de ahorro propuestas.

Respecto a la tarifa, hay dos conceptos a elegir: el tipo de tarifa y la potencia contratada. Sobre el tipo de tarifa, hay que decir que depende en gran parte de la potencia contratada. De acuerdo a la potencia que se tenga contratada se podrá optar a un tipo de tarifas u otras. Para la potencia que demanda la empresa en cuestión, únicamente se admite la contratación de dos tipos de tarifas: 3.0A o 3.1A. La primera de ellas es una tarifa de baja tensión y la segunda de media tensión. Para poder contratar la tarifa 3.0A, el transformador tiene que

pertenecer a la compañía energética y este no es el caso. El transformador es un transformador bastante antiguo y no se va a entrar en el debate si la empresa energética estaría interesado en él. Se puede dar el caso de que no esté interesada y se desconocen las preferencias que tiene.

La tarifa 3.1A es, por lo tanto, la única tarifa posible. En cuanto a la potencia contratada, ésta puede tener el valor que el cliente desee siempre y cuando la instalación lo admita. En el caso de *Flexicon S.L.*, la máxima potencia que admite la instalación actual es 33 kW, que coincide con la potencia que se tiene contratada actualmente. Aumentar esta potencia supondría una remodelación de la instalación eléctrica comenzando por el transformador. Habría que realizar otro proyecto y supondría una inversión muy a tener en cuenta. El problema reside en que, actualmente, se está sobrepasando la potencia contratada y se está pagando una penalización.

La empresa no tiene planes de realizar una inversión tan elevada referente a este tema. El tiempo de retorno sería altísimo y además realizar dicho proyecto tendría como consecuencia que la empresa permanezca inactiva mientras se realiza todo el cambio de la instalación. Luego las pérdidas no residirían únicamente en el proyecto en sí, sino también en las consecuencias derivadas de él.

Por todos los motivos ya expuestos, se va proceder al estudio de las posibles medidas de ahorro y se volverá a estudiar el tipo de tarifa cuando se haya determinado qué medidas se van a llevar a cabo y cuáles no. La curva de potencia demandada diariamente será diferente y dará opción a estudiar otras potencias a contratar, siempre y cuando sean menores a 33 kW.

4.3. Estudio de las medidas de ahorro

A continuación se van a desarrollar todas las medidas que se han considerado viables y de interés para conseguir ahorro. También se va a llevar a cabo un análisis de rentabilidad de cada una de ellas, especialmente de las que requieren una inversión inicial.

4.3.1. Manual de buenas prácticas

Esta medida es fruto de las observaciones que se realizaron durante las visitas a planta y las entrevistas con los operarios. Hay pequeños detalles en el comportamiento de los empleados que suponen un consumo de energía innecesario. En el caso de que se evitaran, se produciría un ahorro energético y económico.

Mediante la edición y publicación de un manual de buenas prácticas se consigue la implicación del personal, corrigiendo así procesos y metodologías de trabajo que suponen consumo eléctricos innecesarios. En el caso de que se realizase se requeriría de una inversión inicial debido a la redacción y publicación de un manual para cada empleado de la empresa.

Dentro de este manual constarían los siguientes puntos:

- Desconectar la alimentación a toda la maquinaria cuando se cese la actividad en la empresa. Desde el cuadro eléctrico se bajan los interruptores correspondiente a las

4. Medidas de mejora

diferentes zonas donde se encuentran las máquinas. Esto implica la desconexión al final de los turnos de mañana y del turno de tarde.

- Observación de instalaciones. Se llevará a cabo por parte de los empleado una observación continua del estado y del funcionamiento de los diferentes equipos. En caso de observar alguna irregularidad se notificaría inmediatamente a la dirección de la empresa para realizar la revisión pertinente.
- El mismo procedimiento se llevará a cabo para los elementos de alumbrado. Si se funde algún tubo o lámpara o el funcionamiento es defectuoso se le comunicará a la dirección de la empresa.
- Cuando se pare de usar la picadora se apagará por completo. Se ha detectado que la llenadora de espuma picada se queda encendida mientras la máquina permanece parada. El consumo que supone es de 3,5 kW y puede ser evitado.
- Se apagarán las máquinas verticales cuando el cortador finalice de realizar una pieza y vaya a seleccionar y preparar un nuevo bloque de goma espuma para producir la siguiente pieza.
- Desenchufar los aparatos que no vayan a ser utilizados durante uno o varios turnos.
- Mantener puertas y ventanas cerradas los días de frío para mantener el calor.

El ahorro energético que derivaría el cumplimiento de dichas prácticas es difícil de estimar. Se podría aproximar a 20 kWh diarios si se tienen en cuenta sobre todo las prácticas de apagar las máquinas cuando no se estén utilizando. Las máquinas verticales permanecerían apagadas una hora más al día, lo que conlleva 11 kWh; y la llenadora (3,5 kW) se podría apagar dos horas diarias, equivalente a 7 kWh. Si se le añade el ahorro correspondiente a desconectar de la alimentación aquellos equipos que no se estén utilizando, se podrían alcanzar aproximadamente los 20 kWh. Ello se traduce en **46 € de ahorro al mes**.

Para su redacción y edición, un ingeniero requeriría de veinte horas, esto equivale a 248,6 €. Habría que añadirle la impresión de los ejemplares, cifrada en 90 €. En total, hace un importe total de **338,3 €** y un **periodo de retorno de siete meses**.

No sólo supondrían un ahorro económico sino que también evitaría averías importantes en las máquinas, evitando así reparaciones más costosas que si se detecta un fallo de funcionamiento en las fases tempranas.

4.3.2. Reparto del consumo

El objetivo de esta posible medida de ahorro es reducir los picos de potencia consumida con el fin de reducir el importe a pagar bajo el término de potencia que aparece en la factura eléctrica. Como consecuencia implícita se reduciría el importe a pagar en el término de energía. Si se reduce el consumo de potencia en el periodo uno, no sólo se conseguirá reducir los picos de potencia sino que también la potencia consumida durante dicho periodo será menor. Se van a recordar los precios de los términos de potencia y energía correspondientes a la tarifa eléctrica actual de la empresa:

4. Medidas de mejora

Tabla 23. Precio potencia

Periodo 1 (Punta)	Periodo 2 (Llano)	Periodo 3 (Valle)
493,1122 cent.€/kW	304,0891 cent.€/kW	69,7311 cent.€/kW

Tabla 24. Precio energía

Periodo 1 (Punta)	Periodo 2 (Llano)	Periodo 3 (Valle)
13,5552 cent.€/kWh	11,2074 cent.€/kWh	7,1077 cent.€/kWh

Lo idóneo sería poder desplazar los picos de máxima potencia al periodo tres, que es el más económico, pero abarca de doce de la noche a ocho de la mañana. Lo cual es un horario en el que no se contempla la posibilidad de trabajar al menos entre semana. Entonces lo más conveniente es desplazar los puntos de máximo consumo al periodo dos.

El periodo claramente a evitar es el periodo uno, el cual tiene una duración de seis horas independientemente del mes del año. Los periodos uno y dos no se mantienen constantes a lo largo del año. Se hace una distinción entre los meses de invierno y los meses de verano, como ya se ha explicado previamente. De Noviembre a Marzo, el periodo uno se extiende desde las 17:00 horas a las 23:00 horas. Teniendo en cuenta que la jornada laboral finaliza a las 19:30, es un hecho positivo para la empresa. Pues de las seis horas que dura el periodo uno, sólo se está produciendo durante dos horas y media. Esto hace que la probabilidad de alcanzar un pico mayor durante el periodo uno en los meses de invierno sea más escasa. Por otro lado, los meses de verano van de Abril a Octubre. Durante los mismos, el periodo uno se extiende entre las 10:00 horas y las 16:00 horas, de las cuales se trabajan cuatro horas y media. Frente a las dos horas y media en que se trabaja durante el periodo uno en los meses de invierno.

Analizando las cifras que aparecen en las facturas y teniendo en cuenta la situación temporal de cada uno de los periodos, se llega a varias conclusiones. Durante los meses de invierno se alcanzan los mayores picos de potencia y se consume más energía para el periodo dos, mientras que en los meses de verano ocurre lo contrario. El mayor consumo de potencia máxima y energía en verano pertenece al periodo uno. Otro factor a observar, es que una parte del consumo se centra en el periodo tres. Es una fracción mayor de la que inicialmente se podía esperar si se tiene en cuenta el análisis del consumo que se ha llevado a cabo en apartados anteriores.

A continuación se van a proponer una serie de pautas para repartir el consumo y adaptar el uso de la maquinaria a ciertos horarios. Así se conseguirán picos de potencia menores y se consumirá menos energía durante el periodo uno.

Primero habrá que identificar qué equipos pueden variar su periodo de funcionamiento. Las horas de utilización de los equipos que funcionan durante toda la jornada laboral no van a ser cuestionadas, por desempeñar tareas críticas. Si estas tareas se retrasasen, se produciría un retraso de todo el proceso productivo de la empresa. Además se asume que están funcionando todo el tiempo y, por tanto, es imposible elegir en qué momento del día van a ser utilizados. A esta categoría de equipos pertenecen las máquinas verticales, la

4. Medidas de mejora

cortadora de fibra y la máquina copiadora. Aparentemente esta última no está funcionando durante todo el día, pero es que por las características de la misma y por su modo de funcionamiento es imposible que lo haga. La máquina es empleada durante el cien por cien de la jornada laboral.

Luego las máquinas que no funcionan a tiempo completo y que se podría cambiar su horario de funcionamiento son la máquina carrusel, la picadora, la máquina de rodillo y la máquina tupi. La máquina carrusel y la picadora se caracterizan por tener un tiempo de funcionamiento de aproximadamente cinco horas. Lo que hace de ellas el principal objeto de estudio. La máquina de rodillo y la máquina tupi se utilizan únicamente una hora al día cada una. Se recuerdan los consumos de estos cuatro equipos:

Tabla 25. Máquinas que realizan tareas no críticas

Equipos	Consumo Real (kW)
Máquina carrusel	2,5
Máquina picadora	21
Máquina de rodillo	0,75
Máquina tupi	1,6

El elevado consumo de la máquina picadora la hace, con creces, el equipo que más cuidadosamente se ha de controlar su encendido. Su consumo varía en función si en ese momento se está introduciendo goma espuma por la tolva o no. Cuando esto ocurre se llegan a alcanzar picos de potencia de hasta 40 kW, tal como se midió in situ. Es en esas situaciones cuando tiene lugar la potencia cuarto horario máxima demandada y que luego vendrá reflejada en la factura. **El horario que se va a proponer para el uso de la picadora es el siguiente:**

- **En los meses de verano, se limitará el uso de la picadora al turno de tarde. Concretamente a partir de la 16:00 horas, siendo ésta hora a la que finaliza el periodo tarifario uno. Pudiéndose encender, como excepción durante el primer turno de la mañana por pertenecer también al periodo tarifario dos.**
- **En los meses de invierno, se procurará sólo utilizarla durante los turnos de mañana. Si se desea, también estaría permitido el encendido de 15:00 a 17:00 horas en el turno de tarde, hora en que comienza el periodo uno.**

Así, se conseguirá trasladar este abultado consumo al periodo tarifario dos. Teniendo en cuenta el nuevo horario de utilización de la picadora, habría que estudiar cuándo es más rentable utilizar el resto de equipos. La máquina de rodillo y la máquina tupi se utilizan en momento muy puntuales y es muy complicado controlar a qué hora se encuentran funcionando. En cualquier momento pueden ser requeridas. Esto sumado a que no tienen un consumo de potencia muy significativo hace de ellos equipos que no merece la pena controlar su funcionamiento. Sin embargo, si **será de utilidad estudiar las horas de funcionamiento óptimas del carrusel para que cueste lo mínimo posible.** El factor más influyente sea, seguramente, el tiempo de encendido de la picadora. El número de horas de

4. Medidas de mejora

funcionamiento diarias es muy similar para el carrusel y la picadora. Para determinarlas se van a hacer dos supuestos:

Supuesto 1: La máquina carrusel funciona simultáneamente a la picadora.

Como se acaba de definir, el carrusel siempre trabajará durante el periodo tarifario dos evitando el uno. Generalmente, cuando la picadora está en funcionamiento se está superando la potencia contratada, que es de 33 kW. Cuando esto ocurre, cuanto mayor sea el exceso mayor es la penalización y mayor será el importe correspondiente al término de potencia de la factura. Se puede decir que siempre que coincida con la picadora, el total de la potencia demandada por el carrusel superará a la potencia contratada en más de un 105%. Como consecuencia, habría que multiplicar por tres la potencia del carrusel. Pues todo el exceso superior a 105% se paga y además se añade el doble de la diferencia con el 105% de la potencia contratada. A continuación se realizan los cálculos correspondientes respectivamente a potencia y energía considerando que hay 21 días laborales cada mes:

$$2,5 \text{ kW} \times 304,0891 \frac{\text{cent. } \text{€}}{\text{kW}} \times 3 (\text{penalización}) = 2280,67 \text{ cent. } \text{€} = 22,8 \text{ €}$$

$$2,5 \text{ kW} \times 5 \text{ horas} \times 21 \text{ días} \times 11,2074 \frac{\text{cent. } \text{€}}{\text{kWh}} = 2941,94 \text{ cent. } \text{€} = 29,42 \text{ €}$$

Ambos importes suman un total de **52,22 euros**.

Supuesto 2: La máquina carrusel funciona en los turnos en que la picadora no está funcionando

En este caso, rara vez la potencia demandada va a superar a la potencia contratada durante el periodo punta. Se puede dar en alguna situación en la que el compresor se encienda durante un largo periodo de tiempo. Además deberían coincidir funcionando el resto de equipos. Esto no suele ocurrir y aunque ocurriese no superaría la potencia contratada. Por dichos motivos, se va a considerar que bajo este supuesto siempre se demanda una potencia inferior a la contratada. De este modo, el carrusel funcionaría la mayoría del tiempo durante el periodo uno (3,5 horas) y una pequeña parte durante el periodo dos (1,5 horas). Se procede a calcular los términos de potencia y energía que supondría la utilización del carrusel:

$$2,5 \text{ kW} \times 493,1122 \frac{\text{cent. } \text{€}}{\text{kW}} = 1232,78 \text{ cent. } \text{€} = 12,32 \text{ €}$$

$$2,5 \text{ kW} \times 3,5 \text{ horas} \times 21 \text{ días} \times 13,5552 \frac{\text{cent. } \text{€}}{\text{kWh}} = 2490,77 \text{ cent. } \text{€} = 24,9 \text{ €}$$

$$2,5 \text{ kW} \times 1,5 \text{ horas} \times 21 \text{ días} \times 11,2074 \frac{\text{cent. } \text{€}}{\text{kWh}} = 882,58 \text{ cent. } \text{€} = 8,82 \text{ €}$$

Todo ello suma un importe de **46,04 euros**. Respecto al término de potencia, hay que decir que solamente se ha calculado el importe durante el periodo uno porque la máxima potencia en el periodo dos llega con el funcionamiento de la picadora.

4. Medidas de mejora

Como indican los cálculos, es más económico el "Supuesto 2". Siendo **6,18 €** mensuales más económico. Al cabo de un año, el utilizar el carrusel sólo cuando no esté funcionando la picadora supondría un ahorro de **74,16 euros** anuales. A esto habría que sumarle el ahorro correspondiente al uso de la picadora exclusivamente durante el periodo dos, que se va a calcular a continuación.

Actualmente la picadora se usa con una media de cuatro horas y media al día, indistintamente del periodo tarifario en que se encuentre. Considerando las horas de la jornada laboral que pertenecen al periodo uno y al periodo dos, se ha realizado una aproximación de los periodos tarifarios en que trabaja la picadora durante todo el año. De las cinco horas diarias de funcionamiento, a modo de media, se puede decir que 2 pertenecen al periodo punta y 3 al periodo llano. Si se lleva a cabo esta medida y se utiliza únicamente en el periodo dos (llano), tendrá lugar un ahorro en el término de potencia y en el término de energía.

Actualmente:

Potencia:

$$45 \text{ kW} \times 493,1122 \frac{\text{cent. } \text{€}}{\text{kW}} (\text{P1}) = 221,90 \text{ €}$$

$$45 \text{ kW} \times 304,0891 \frac{\text{cent. } \text{€}}{\text{kW}} (\text{P2}) = 136,84 \text{ €}$$

Energía:

$$21 \text{ kWh} \times 2 \text{ horas} \times 21 \text{ días} \times 13,5552 \frac{\text{cent. } \text{€}}{\text{kWh}} (\text{P1}) = 119,56 \text{ €}$$

$$21 \text{ kWh} \times 2,5 \text{ horas} \times 21 \text{ días} \times 11,2074 \frac{\text{cent. } \text{€}}{\text{kWh}} (\text{P2}) = 123,56 \text{ €}$$

El importe total asciende a **601,86 €**. Para obtener el importe total de la factura habría que sumar en el término de energía la consumida por el resto de equipos y la potencia durante el periodo valle (P3).

Utilizando la picadora sólo durante el periodo dos (P2):

Potencia:

Durante el periodo uno, no se alcanzarán los 33 kW de potencia contratada. Ni siquiera el 85%. Por tanto, la cantidad a pagar es la equivalente al 85% de 33 kW.

$$33 \text{ kW} \times 0,85 \times 493,1122 \frac{\text{cent. } \text{€}}{\text{kW}} (\text{P1}) = 138,31 \text{ €}$$

$$45 \text{ kW} \times 304,0891 \frac{\text{cent. } \text{€}}{\text{kW}} (\text{P2}) = 136,84 \text{ €}$$

Energía:

$$21 \text{ kWh} \times 4,5 \text{ horas} \times 21 \text{ días} \times 11,2074 \frac{\text{cent. } \text{€}}{\text{kWh}} (\text{P2}) = 222,41 \text{ €}$$

4. Medidas de mejora

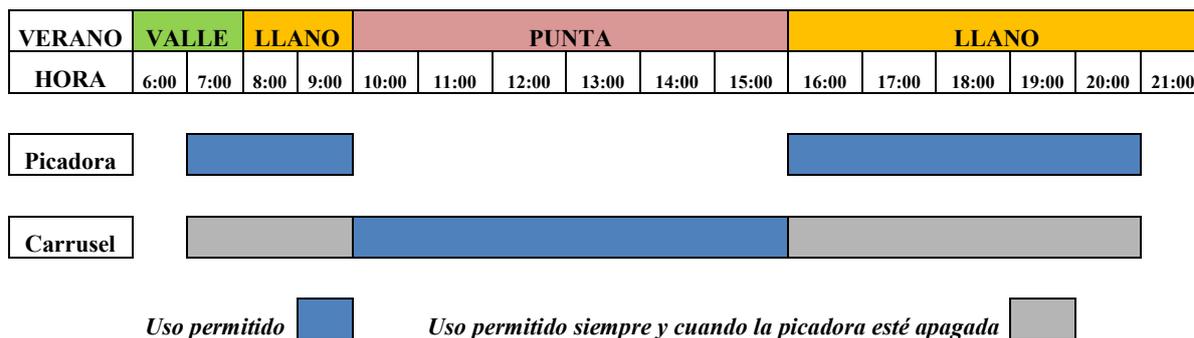
Todo ello suma un total de **497,56 €**, que supone un ahorro con respecto a la situación actual de **104,3 € al mes**. Al cabo de todo un año, se consigue un ahorro de **1.251,6 €**, simplemente restringiendo el horario de utilización de la máquina picadora. Esto supone un **ahorro del 9,48%** con respecto al importe total medio de las facturas que es de 1.100 €. Sin lugar a dudas, es una medida muy interesante para llevar a la práctica.

La utilización de la picadora y el carrusel se restringe a los siguientes horarios:

Tabla 26. Distribución horaria propuesta para los meses de invierno



Tabla 27. Distribución horaria propuesta para los meses de verano



4.3.3. Modificación de horarios en la jornada laboral

Atendiendo al horario energético, se va a proponer una modificación de los horarios establecidos. La principal novedad va a ser la propuesta de recortar una hora de la jornada laboral y trasladar esas horas a los sábados por la mañana, que pertenece al periodo valle. Se va hacer una distinción para la época de verano y la de invierno. El turno que se va a acortar entre semana se determinará en función de las duraciones de los diferentes periodos tarifarios, como se explica a continuación:

- **En los meses de verano**, es recomendable consumir la menor cantidad de energía posible desde la 10:00 horas a las 16:00 horas, que es la duración del periodo tarifario punta. Se ha optado por reducir el segundo turno, que ahora pasa a finalizar a las 12:25. Una hora antes de lo que lo hace actualmente. También se podría haber optado por el comienzo más tardío del tercer turno, pero se ha considerado más beneficioso para los empleados disponer de parte de la mañana. Si

4. Medidas de mejora

se recortase el turno de tarde, el tercer turno comenzaría a las 16:05 en lugar de las 15:05, lo que sería menos beneficioso para el empleado por ser horas en que la mayoría de comercios y bancos permanecen cerrados en la localidad.

- **En los meses de invierno**, el periodo tarifario dos va de las 17:00 horas a las 23:00 horas. En este caso se ha propuesto finalizar el tercer turno una hora antes, es decir, a las 18:30 horas.
- A lo largo de la semana, tanto en los meses de verano como en los de invierno, se han reducido las horas laborales en cinco horas. Estas cinco horas son trasladadas al **sábado**, donde se crean dos nuevos turnos de sábado. El primer turno iría de 8:00 a 10:00 y el segundo de 10:30 a 13:30. Del mismo modo que se hace actualmente, los empleados se redistribuirían entre los diferentes turnos. El motivo principal de trasladar horas de trabajo a los sábados por la mañana es que durante los mismos la energía consumida pertenece al periodo tres (valle).

Tabla 28. Modificación de horarios

	Actual		Verano		Invierno		Sábados	
	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin
1º Turno	7:30	9:30	7:30	9:30	7:30	9:30	8:00	10:00
Descanso	9:30	10:00	9:30	10:00	9:30	10:00	10:00	10:30
2º Turno	10:00	13:25	10:00	12:25	10:00	13:25	10:30	13:30
3º Turno	15:05	19:30	15:05	19:30	15:05	18:30	-	-

Así, se ha conseguido trasladar horas de trabajo en el periodo tarifario uno al periodo tres. Consiguiéndose así cierto ahorro en la factura eléctrica. A continuación, este ahorro va a ser calculado. Se va a estimar el importe total de la energía consumida en un día laboral actualmente y después de la modificación del horario.

Acerca de la viabilidad de esta medida, en principio no supondría ningún problema porque hace unos años en la empresa existía el turno de sábado. La empresa forma parte del colectivo del Comercio, ya que no viene estipulado que las empresas de transformación de gomaespuma pertenezcan a ningún colectivo en concreto dentro de la industria. En la creación de la empresa se barajaron distintas posibilidades de colectivos a los que podía permanecer la empresa y se eligió el colectivo del Comercio. Durante una semana completa las horas son las mismas así que tampoco se entraría en conflicto con que los empleados superen el máximo de horas establecido. El único requisito es que habría que llegar a un acuerdo entre dirección y empleados para aprobar el nuevo horario, tal y como indica el artículo 7 del capítulo III del Boletín Oficial de la Región de Murcia (Nº 27 a Jueves, 2 de febrero de 2012).

Se parte de la idea de que el consumo energético diario es de 270 kWh, que es una aproximación obtenida de las medidas realizadas. Para simplificar los cálculos, se va a suponer que se demanda la misma cantidad energía para cada hora. Es decir, la fábrica permanece activa diez horas diarias, por tanto, demanda 27 kW en todo momento.

4. Medidas de mejora

Invierno:

Tabla 29. Modificación horaria de invierno

Periodos	Horas actuales	Horas posteriores al cambio
P1	2,5	1,5
P2	7	7
P3	0,5	1,5

En la Tabla 29 se observa el cambio realizado, en el que una hora del periodo punta pasa a ser una hora del periodo valle. Esta hora corresponde a la hora que se ha trasladado al sábado. Una hora para cada día de lunes a viernes suman un total de cinco horas que conforman los nuevos turnos de sábado.

El coste de las horas del periodo tarifario dos (llano) no va a ser necesario calcularlo, pues el número de horas se mantiene constante y no va a suponer ningún ahorro.

Antes:

$$27kW \times 2,5horas \times 21días \times 13,5552 \frac{cent. \text{€}}{kWh} (P1) = 192,15 \text{ €}$$

$$27kW \times 0,5horas \times 21días \times 7,1077 \frac{cent. \text{€}}{kWh} (P3) = 20,15 \text{ €}$$

$$192,15 \text{ €} + 20,15 \text{ €} = \mathbf{212,3 \text{ €}}$$

Después:

$$27kW \times 1,5horas \times 21días \times 13,5552 \frac{cent. \text{€}}{kWh} (P1) = 115,28 \text{ €}$$

$$27kW \times 1,5horas \times 21días \times 7,1077 \frac{cent. \text{€}}{kWh} (P3) = 60,45 \text{ €}$$

$$115,28 \text{ €} + 60,45 \text{ €} = \mathbf{175,73 \text{ €}}$$

Lo que supone una diferencia de **36,57 euros al mes**. Considerando que son cinco los meses que se consideran de invierno, el ahorro es de **182,85 euros** durante los mismos.

Verano:

Tabla 30. Modificación horaria de verano

Periodos	Horas actuales	Horas posteriores al cambio
P1	4,5	3,5
P2	5	5
P3	0,5	1,5

Antes:

$$27kW \times 4,5horas \times 21días \times 13,5552 \frac{cent. \text{€}}{kWh} (P1) = 345,86 \text{ €}$$

$$27kW \times 0,5horas \times 21días \times 7,1077 \frac{cent. \text{€}}{kWh} (P3) = 20,15 \text{ €}$$

$$345,86 \text{ €} + 20,15 \text{ €} = \mathbf{366,01 \text{ €}}$$

4. Medidas de mejora

Después:

$$27kW \times 3,5horas \times 21días \times 13,5552 \frac{cent. \text{€}}{kWh} (P1) = 269,00 \text{ €}$$

$$27kW \times 1,5horas \times 21días \times 7,1077 \frac{cent. \text{€}}{kWh} (P3) = 60,45 \text{ €}$$

$$269,00 \text{ €} + 60,45 \text{ €} = \mathbf{329,45 \text{ €}}$$

Durante los meses de verano, el ahorro es de **36,57 euros al mes**. Cantidad que, lógicamente, coincide con el ahorro conseguido en los meses de invierno por ser el cambio exactamente igual a efectos prácticos.

Descontando el mes de Agosto, por vacaciones, son 11 los meses en que se trabaja durante el año. Se alcanza un ahorro de **402,3 € al año**, que supone un **3,3%** del importe pagado mensualmente. Habría que estudiar las barreras para la modificación de las horas de trabajo de cada empleado. En el caso de no alcanzar un acuerdo con los mismos, la medida no se llevará a cabo porque tampoco supone un ahorro extremadamente elevado. Si no hubiese ningún problema se recomienda realizarla. Pues no implicaría ninguna inversión y se estaría consiguiendo un pequeño ahorro.

4.3.4. Iluminación LED

Una buena iluminación en el lugar de trabajo es esencial para optimizar el rendimiento visual, el confort visual y el ambiente, en especial cuando los trabajadores van cumpliendo años. Con una mejor iluminación, el rendimiento aumentará al agilizarse las tareas y reducirse los índices de fallos. Si a esto se le añade el ahorro energético, el alumbrado sostenible puede ser una poderosa herramienta para impulsar un negocio.

La iluminación supone un considerable porcentaje del consumo eléctrico mensual (12%). Buscar medidas para reducir su consumo es en principio, un buen método para reducir costes.

Esta primera medida de las que se van a proponer consiste en el cambio de las luminarias tanto interiores como exteriores de la nave. Inicialmente sólo se van a reemplazar las luminarias de la fachada y de la zona de trabajo y oficinas. Estas son las que causan la gran mayoría del consumo total correspondiente a la iluminación.

Se estudiará de manera independiente los tres tipos de luminaria que se quieren reemplazar y se determinará cuál es la luminaria adecuada para su sustitución. Se pretende que no tenga un coste demasiado elevado y que el consumo sea el menor posible para maximizar el ahorro. Haciendo un repaso, estas son las luminarias que se desean sustituir y el número de unidades existentes en la empresa:

- Luminarias fluorescentes. Cada luminaria está formada por dos tubos fluorescentes de 58W cada uno. Iluminan la zona de trabajo y suman un total de 64 tubos que se agrupan en 32 luminarias. En las diferentes visitas a la empresa se han hecho una serie de observaciones que van a condicionar el posterior estudio. Estas luminarias no se encuentran distribuidas de manera uniforme, sino que se sitúan

4. Medidas de mejora

principalmente en las zonas donde hay un puesto de trabajo. Se puede decir que se prioriza una buena iluminación en los lugares en que se van a desempeñar las diferentes tareas sobre el resto de lugares que pueden servir de paso o de almacenamiento.



Figura 28. Luminarias de la zona de trabajo

- Luminarias fluorescentes de 36W. Están destinadas a la iluminación de las oficinas, hall y aseos. Hay un total de 12 tubos.
- Luminarias de halogenuros metálicos de 70W. Se encuentran en la fachada y constan de tres unidades. También hay tres unidades en la parte trasera de la nave, pero no se encienden nunca. Por tanto, sólo se estudiará un posible cambio de los focos de la fachada.

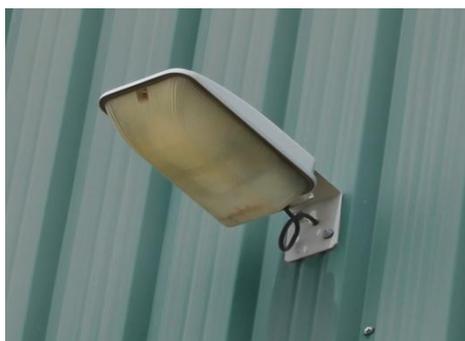


Figura 29. Foco fachada

Estos tres tipos de luminarias conforman el 82% del consumo en iluminación para un día laboral completo, es decir, se incluyen las horas posteriores al cierre de la fábrica y las anteriores a la apertura de la misma. Horas en las que las luces que iluminan la fachada se encuentran encendidas.

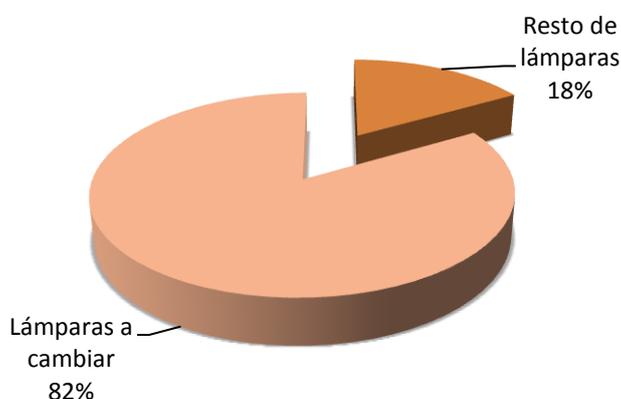


Figura 30. Fracción del consumo de las lámparas a cambiar

4. Medidas de mejora

Se puede decir que casi la totalidad de lo que la empresa gasta en iluminación en un día laboral es debido a las luminarias que se pretenden reemplazar, lo que hace más atractivo el cambio. A la hora de buscar otras opciones para la iluminación tanto interior como exterior de la nave no sólo hay que buscar la opción más económica. También hay que tener en cuenta otros factores. Uno de ellos es que se mantenga un nivel de iluminación ajustado a cada zona de trabajo, que permita ver y discriminar todos los elementos que intervienen en el desarrollo de las tareas con un valor de uniformidad igual o superior al recomendado por la normativa. Así como se debe velar para que haya una uniformidad que proporcione una visión de todo el lugar de trabajo, sin zonas demasiado oscuras o zonas demasiado claras. Actualmente, en la nave se alcanzan valores de iluminación que cumplen con la normativa. Por lo tanto, se debe tener en cuenta que el cambio de las lámparas no suponga una reducción de la iluminación en la nave. Además se mantendrán las posiciones de las luminarias para evitar costes extra y, en consecuencia, habrá el mismo número de luminarias de las que hay en un principio.

Inicialmente se va a estudiar el cambio a iluminación LED y más tarde se verá si es un cambio eficiente o hay que optar por otra tecnología. Las principales ventajas de la iluminación LED son las siguientes:

-Ahorro:

- 80% de ahorro en las facturas a priori (dependiendo del alumbrado existente).
- 90% de la energía aprovechada.
- Bajo voltaje, entre 12V y 24V.
- Ahorro en locales climatizados por baja emisión de calor.

-Resistencia:

- Mayor tiempo de vida e irrompible.
- Duración entre 50.000 y 100.000 horas.
- No tiene filamentos que se puedan romper.
- Disipador del calor autogenerado.

-Configurable:

- Gran versatilidad y facilidad de uso.
- Cambia decoraciones y ambientes según el estado de ánimo o las necesidades.
- Modificación del color , intensidad sin ayuda de filtros.

-Potente:

- Alta eficiencia y tamaño reducido.
- Luz nítida, brillante y de encendido instantáneo.
- Factor de potencia 0,8 y 0,95.
- Gran adaptación e integración en objetos y superficies para autoiluminación.
- Posibilidad de proyectar imágenes.

4. Medidas de mejora

-Ecológico:

- Material 99% reciclable.
- Reduce el CO₂ a la atmósfera.
- No emite emisiones ultravioletas ni infrarrojos.
- No tiene mercurio.

Todas estas características son razones por las que se ha pensado en la iluminación LED para sustituir al sistema de iluminación actual. Este sistema se basa en tubos fluorescentes. Además de tener un consumo más elevado que los tubos LED, hay que añadir el consumo de balastos y cebadores externos, que ronda entre un 15% y un 20% del consumo del producto.

Si se quiere hacer un cálculo aproximado del coste monetario de la instalación de LED, primero es necesario comprobar la iluminancia actual en las diferentes zonas y la que se conseguiría con los tubos LED. Para su cálculo se usará la fórmula siguiente de la iluminación media:

$$E_m = \frac{p \times N \times r \times u}{S}$$

Donde:

p= flujo luminoso unitario en lúmenes

N= número de luminarias o lámparas a determinar

r= rendimiento de la luminaria

u= factor de utilización según índice del local

S= superficie a iluminar (m²)

Para el cálculo del índice del local se utilizará la siguiente fórmula:

$$K = \frac{A \times L}{H(A + L)}$$

Donde:

L= longitud del local (m)

A= anchura del local (m)

H= altura sobre plano de trabajo (m)

Para facilitar el estudio, se va a dividir la zona de trabajo en tres partes. La nave dispone de una zona central y dos alas. Cada una de ellas se estudiará por separado, pues están separadas por muros. Siendo las dimensiones:

Tabla 31. Divisiones de la zona de trabajo

Zona	Número de luminarias	Longitud (L) en metros	Anchura (A) en metros	Altura (H) en metros
Central	13	30	23	5
Ala picadora	7	30	10	5
Ala pegado	12	30	10	5

4. Medidas de mejora

En primer lugar, se calcula el índice del local. Las alas tienen las mismas dimensiones y, por tanto, tienen el mismo índice del local.

$$K_{central} = \frac{23 \times 30}{5(23 + 30)} = 2,604$$

$$K_{alas} = \frac{10 \times 30}{5(10 + 30)} = 1,5$$

Mirando en tablas y de acuerdo a este índice del local se obtiene un factor de utilización de 0,89 y 0,81, respectivamente. Se ha considerado un factor de reflexión del 50% tanto en techo como en paredes por ser todo ello de color blanco. El flujo luminoso es la suma de los flujos luminosos de los dos tubos que se encuentran dentro de la luminaria. Los que hay actualmente son de 4.600 lúmenes. Por tanto, el flujo luminoso de cada luminaria es 9.200 lúmenes. Se ha considerado un rendimiento del 85% para cada luminaria.

$$E_{mcentral} = \frac{9200 \times 13 \times 0,85 \times 0,89}{30 \times 23} = 131,127 \text{ lux}$$

$$E_{mala_picadora} = \frac{9200 \times 7 \times 0,85 \times 0,81}{30 \times 10} = 147,798 \text{ lux}$$

$$E_{mala_pegado} = \frac{9200 \times 12 \times 0,85 \times 0,81}{30 \times 10} = 253,368 \text{ lux}$$

La iluminancia media da una idea acerca de, como su propio nombre indica, de la media en cada uno de los sectores. Un sector con una menor iluminancia media puede tener las luminarias más repartidas que uno con iluminancia media mayor. Se observa que en la zona donde se realiza el pegado, la iluminancia media es mucho mayor. Se requiere mucha más luz porque allí se encuentran la mayor parte de los operarios para realizar las tareas correspondientes. Esto no quiere decir que se estén repartidas por todo el sector; de hecho se aglomeran en las zonas donde se centra la actividad, dejando algunas zonas con una iluminación mínima. Lo mismo ocurre en la zona central. Aquí, la posición de las luminarias se caracteriza por la situación de las máquinas verticales. Siete de las trece luminarias que hay en el sector central se encuentran justo encima de una vertical. En cuanto a la zona de la picadora, las luminarias se sitúan lo más repartidas posible. Es en esta ala donde se consigue una iluminación más uniforme.

Las posibles tubos para sustituir a los actuales son el modelo "Philips LEDtube PERF 1500mm 31W 865 T8 C". Es uno de los tubos LED con mejores prestaciones del mercado. Su flujo luminoso es 3.100 lúmenes, que es el más elevado que se ha encontrado para las dimensiones que requieren las luminarias de la nave. Tiene una temperatura de color de 6500 Kelvin y un consumo de 31 W. La iluminancia media con este nuevo modelo sería:

$$E_{mcentral} = \frac{6200 \times 13 \times 0,85 \times 0,89}{30 \times 23} = 88,368 \text{ lux}$$

$$E_{mala_picadora} = \frac{6200 \times 7 \times 0,85 \times 0,81}{30 \times 10} = 99,603 \text{ lux}$$

$$E_{mala_pegado} = \frac{6200 \times 12 \times 0,85 \times 0,81}{30 \times 10} = 170,748 \text{ lux}$$

4. Medidas de mejora

En términos generales, se consigue una iluminancia media menor en todos los sectores. Además no se alcanzan los mínimos exigidos que son de 100 lux para el tipo de actividad que se desempeña en la empresa. Es una desventaja de la iluminación LED con respecto a los tubos fluorescentes. A favor de esto, hay que decir que las luminarias se encuentran principalmente encima de los puestos de trabajo.

El precio de cada tubo LED del modelo escogido es 50,45 €. La longitud es de 150 cm, que es la misma medida de los anteriores tubos fluorescentes. Así se puede seguir utilizando las mismas luminarias que se usan actualmente sin necesidad de cambiarlas. Cambiar las luminarias supondría un desembolso extra que haría de la inversión una cifra mayor y que prolongaría el tiempo de retorno.

En la zona de trabajo hay 32 luminarias, un total de 64 tubos fluorescentes. La inversión supondría un total de 3.228,8 €. A esto habría que sumarle la mano de obra. Aproximadamente les llevaría unas ocho horas según informó el propio electricista. Si la hora se paga a 24 €/hora, la mano de obra costaría 192 €. Lo que hace una inversión total de **3.420,8 €**.

A continuación, se va a calcular el ahorro anual que supondría el cambio de alumbrado a LED. Se va a diferenciar entre meses de invierno y de verano por tener tarifas distintas.

Invierno:

Durante estos meses, la media de horas diaria de encendido de las lámparas es de 6 horas. Se va a considerar un precio medio de la energía de 12,50 cent.€/kWh, tanto para invierno como para verano.

-Fluorescentes:

$$0,058kW \times 64 \text{ tubos} \times 6 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 21 \text{ días} \times 12,5 \frac{\text{cent.} \text{€}}{\text{kWh}} (P1) = 58,46 \text{ €}$$

-LED:

$$0,031kW \times 64 \text{ tubos} \times 6 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 21 \text{ días} \times 12,5 \frac{\text{cent.} \text{€}}{\text{kWh}} (P1) = 31,24 \text{ €}$$

El cambio a LED representa un ahorro de **27,22 euros** al mes durante la época de invierno.

Verano:

Durante los meses de verano, las horas de encendido se reducen a la tercera parte con respecto a los meses de invierno. Sólo se encienden una media de dos horas al día.

-Fluorescentes:

$$0,058kW \times 64 \text{ tubos} \times 2 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 21 \text{ días} \times 12,5 \frac{\text{cent.} \text{€}}{\text{kWh}} (P2) = 19,49 \text{ €}$$

-LED:

$$0,031kW \times 64 \text{ tubos} \times 2 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 21 \text{ días} \times 12,5 \frac{\text{cent.} \text{€}}{\text{kWh}} (P2) = 10,41 \text{ €}$$

El ahorro durante los meses de verano es, por tanto, de **9,08 euros**.

4. Medidas de mejora

Si se tiene en consideración el número de meses al año de verano e invierno, sin tener en cuenta las últimas tres semanas de Agosto (3/4 del mes), el ahorro en energía a lo largo de un año es:

$$27,22\text{€} \times 5\text{meses} + 9,08\text{€} \times 6,25\text{meses} = \mathbf{192,85\text{€}}$$

En cuanto a reposición de tubos, se considera que un tubo LED tiene una duración de cuatro veces de lo que dura un tubo fluorescente. Lo que supone un ahorro extra. Anualmente se cambian de media un total de diez tubos. El precio de estos tubos ronda los 4 €, y el coste anual de la reposición sumaría un total de **40 € al año**. Si se cambiasen a LED, no sería necesario estar reemplazando tubos anualmente.

El ahorro en energía y el ahorro en reposición de tubos suman un total de **232,85 € al año**. Si a ello se le suman las horas extras y el tiempo en que el vigilante nocturno enciende ciertas luces, el consumo es algo mayor de lo calculado y, como consecuencia, el **ahorro** asciende y se redondea a **240 € anuales**. Esto supone un ahorro de un **16,16%** del consumo anual por alumbrado actual de la empresa.

Suponiendo una inversión inicial de **3.420,8 €**; el tiempo de retorno es **14 años y 3 meses**. El tiempo de retorno obtenido es demasiado prolongado y a esto se le suma una pérdida de iluminación notable en la zona de trabajo. Como conclusión final, **no se recomienda a la empresa cambiar los tubos fluorescentes de la zona de trabajo por tubos LED**.

Una vez realizados los cálculos para la zona de trabajo, ahora se va a analizar cómo sería el cambio en la **zona de oficinas**. Esta zona incluye oficinas, despacho, hall y baños. Para su iluminación se emplean tubos fluorescentes de 36 W. El procedimiento a seguir es el mismo que para la zona de trabajo. El nuevo modelo para reemplazar los existentes tubos fluorescentes de 36 W es "Philips LEDtube PERF 1200mm 21W 840 T8 C". Destaca su consumo de 21 W y su flujo luminoso de 2.100 lúmenes. Se va a calcular directamente la inversión y la diferencia de precios entre los tubos fluorescentes actuales y los nuevos tubos LED.

Tabla 32. Divisiones de la zona de oficinas

Zona	Nº de tubos	Longitud (m)	Anchura (m)	Altura (m)
Oficina	4	4	4	3
Despacho	4	3	4	3
Hall	2	2	4	3
Aseos	2	3	4	3

Todos ellos suman un total de doce tubos. Los nuevos tubos LED tienen un precio de 37,45 €, lo que hace un total de 449,4 € de inversión. En cambiar los doce tubos se tardaría unas dos horas. Con una mano de obra de 24 €/hora, la instalación supondría 48 € de coste adicional. La inversión costaría en total **497,4 €**.

A continuación, se va a calcular el ahorro anual que supondría el cambio de alumbrado a LED. Se va a diferenciar entre meses de invierno y de verano por tener tarifas distintas.

4. Medidas de mejora

Invierno

Durante estos meses, la media de horas diaria de encendido de las lámparas es de 8 horas. Se considera un precio medio de la energía de 12,5 cent.€/kWh.

-Fluorescentes:

$$0,036kW \times 12 \text{ tubos} \times 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 21 \text{ días} \times 12,5 \frac{\text{cent.€}}{\text{kWh}} (P1) = 9,07€$$

-LED:

$$0,021kW \times 12 \text{ tubos} \times 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 21 \text{ días} \times 12,5 \frac{\text{cent.€}}{\text{kWh}} (P1) = 5,29€$$

Supone un ahorro de **3,78 euros** al mes con respecto a la iluminación mediante tubos fluorescentes.

Verano

Durante los meses de verano, las horas de encendido se reducen a la mitad en comparación a los meses de invierno, encendiéndose una media de cuatro horas al día.

-Fluorescentes:

$$0,036kW \times 12 \text{ tubos} \times 4 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 21 \text{ días} \times 12,5 \frac{\text{cent.€}}{\text{kWh}} (P2) = 4,54€$$

-LED:

$$0,021kW \times 12 \text{ tubos} \times 4 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 21 \text{ días} \times 12,5 \frac{\text{cent.€}}{\text{kWh}} (P2) = 2,64€$$

El ahorro durante los meses de verano es, por tanto, **1,89 euros mensuales**.

A continuación se calcula el ahorro correspondiente a un año completo:

$$3,78€ \times 5 \text{ meses} + 1,89€ \times 6,25 \text{ meses} = 30,71€$$

Teniendo en cuenta que la inversión inicial ha sido de **497,4 €** y el ahorro anual es **30,71 €**; el periodo de retorno es de **16 años y 2 meses**. Aquí, los motivos que han llevado a desechar la iluminación LED en la zona de trabajo se ven acentuados. El tiempo de retorno es aún mayor y sigue habiendo pérdida de iluminación.

Por último, se va a estudiar un posible cambio en los **focos de la fachada** a focos LED. Se recuerda que los focos de la fachada son tres focos de halogenuro metálicos y suponen un consumo de 70 W cada uno. Se ha considerado que el flujo luminoso de los focos actuales, 4.000 lúmenes, es desproporcionado para el fin que tienen, que es iluminar la fachada durante la noche. Además, estos focos están desde que se construyó la nave y su flujo luminoso se ha visto disminuido hasta el punto de que la iluminación que proporcionan está muy lejos de la que tenían en un principio. En rasgos generales, las lámparas de halogenuros metálicos se emplean cuando se requiere una buena reproducción de color, y este no es el caso. Los focos LED sirven para conseguir un mayor ahorro energético y una iluminación más moderna. En este caso se reemplazarían por el modelo "Proyector LED de exterior MICROLED, 20W, blanco", cuyo flujo luminoso es de 1800 lúmenes. Su precio es 34,95 €. Se necesitarían tres y, por lo tanto, la cantidad a pagar asciende a 104,85 €. Un

4. Medidas de mejora

electricista emplearía una hora en sustituir los tres focos actuales por los LED, lo que implicaría una mano de obra de 24 €. Todo ello suma un importe total de **128,85 €**.

El ahorro monetario que supondría este cambio se detalla a continuación:

Invierno

Durante estos meses, la media de horas diaria de encendido de los focos de la fachada es de 14 horas. Se reparten a lo largo del día de manera que tres horas pertenecen al periodo tarifario uno, una hora al periodo dos y ocho horas al periodo tres. En este caso no se va a estimar un valor medio de la energía por ser esta demandada en periodos muy diferentes.

-Halogenuro metálico:

$$0,070kW \times 3 \text{ focos} \times 3 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 30 \text{ días} \times 13,5552 \frac{\text{cent. €}}{kWh} (P1) = 2,56 \text{ €}$$

$$0,070kW \times 3 \text{ focos} \times 1 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 30 \text{ días} \times 11,2074 \frac{\text{cent. €}}{kWh} (P2) = 0,71 \text{ €}$$

$$0,070kW \times 3 \text{ focos} \times 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 30 \text{ días} \times 7,1077 \frac{\text{cent. €}}{kWh} (P3) = 3,58 \text{ €}$$

Lo que hace un total de **6,85 euros**.

-LED:

$$0,020kW \times 3 \text{ focos} \times 3 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 30 \text{ días} \times 13,5552 \frac{\text{cent. €}}{kWh} (P1) = 0,73 \text{ €}$$

$$0,020kW \times 3 \text{ focos} \times 1 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 30 \text{ días} \times 11,2074 \frac{\text{cent. €}}{kWh} (P2) = 0,20 \text{ €}$$

$$0,020kW \times 3 \text{ focos} \times 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 30 \text{ días} \times 7,1077 \frac{\text{cent. €}}{kWh} (P3) = 1,02 \text{ €}$$

Lo que suma un total de **1,95 euros**. Y representa un ahorro de **4,9 euros** al mes con respecto a la iluminación de la fachada con focos fluorescentes.

Verano

Durante los meses de verano, las horas de encendido de los focos se reducen considerablemente respecto a los meses de invierno. Sólo se encienden una media de cuatro nueve al día y lo hacen durante el periodo tarifario tres principalmente.

-Halogenuro metálico:

$$0,070kW \times 3 \text{ focos} \times 1 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 30 \text{ días} \times 13,5552 \frac{\text{cent. €}}{kWh} (P1) = 0,85 \text{ €}$$

$$0,070kW \times 3 \text{ focos} \times 1 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 30 \text{ días} \times 11,2074 \frac{\text{cent. €}}{kWh} (P2) = 0,71 \text{ €}$$

$$0,070kW \times 3 \text{ focos} \times 7 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 30 \text{ días} \times 7,1077 \frac{\text{cent. €}}{kWh} (P3) = 3,13 \text{ €}$$

Un total de **4,69 €** al mes.

-LED:

$$0,020kW \times 3 \text{ focos} \times 1 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 30 \text{ días} \times 13,5552 \frac{\text{cent. €}}{kWh} (P1) = 0,24 \text{ €}$$

4. Medidas de mejora

$$0,020kW \times 3 \text{ focos} \times 1 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 30 \text{ días} \times 11,2074 \frac{\text{cent. } \text{€}}{\text{kWh}} (P2) = 0,20 \text{ €}$$

$$0,020kW \times 3 \text{ focos} \times 7 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 30 \text{ días} \times 7,1077 \frac{\text{cent. } \text{€}}{\text{kWh}} (P3) = 0,89 \text{ €}$$

Lo que hace una suma de **1,33 €**. El ahorro durante los meses de verano es, por tanto, **3,36 euros mensuales**.

Durante todo un año, contabilizando Agosto por completo porque las luces se encienden con las mismas pautas haya o no haya actividad en la empresa, el ahorro en el importe de las facturas correspondiente a los focos de la fachada es de:

$$4,9 \text{ €} \times 5 \text{ meses} + 3,36 \text{ €} \times 7 = \mathbf{48,02 \text{ €}}$$

Este es el cambio que más rápido se amortizará completamente. La inversión es de **128,85 €** y el ahorro anual sería de **48,02 €**. Por tanto, se amortizaría en **dos años y ocho meses**. Se tiene un periodo de retorno a corto plazo y esto hace de ella una medida interesante para llevar a la práctica en la empresa.

A modo de resumen y para su mejor visualización de esta posible medida de ahorro, vienen representados en una tabla todas cifras que se han obtenido.

Tabla 33. Resumen rentabilidad del cambio a iluminación LED

Sector	Inversión inicial (€)	Ahorro anual (€)	Tiempo de retorno
Zona de trabajo	3.420,80	240,00	14 años y 3 meses
Zona oficinas	497,40	30,71	16 años y 2 meses
Fachada	128,85	48,02	2 año y 8 meses

Como se puede ver en la Tabla 33, el tiempo de amortización es demasiado prolongado para las zonas de trabajo y oficinas. Se ha partido de tubos fluorescentes que tienen ya de por sí un consumo bastante bajo. Si se hubiese partido de halogenuros, los resultados habrían sido mucho más esperanzadores y cambiar el alumbrado supondría un ahorro sobresaliente.

Teniendo en cuenta el consumo actual y la inversión que ha de hacerse, no es muy rentable el cambio de iluminación. En el momento en que ya se hayan amortizado completamente puede que ya tengan un funcionamiento deficiente y haya que volver a reemplazarlos. Esto hace el cambio de iluminación a LED muy poco atractivo. No obstante, el cambio a iluminación LED en la fachada se amortizaría rápidamente y sería recomendable.

Como conclusión, lo que parecía que iba a ser una medida de ahorro energético que iba a proporcionar grandes resultados ha resultado no ser tan buena como se esperaba. Su elevado precio y su bajo flujo luminoso hacen de la tecnología LED una iluminación poco atractiva para naves industriales, tal y como se ha demostrado en este apartado. Esta tecnología tiene que seguir siendo desarrollada para dar un flujo luminoso mayor en función de la potencia y así lograr ser más competitiva. Con la tecnología actual, el sistema de alumbrado idóneo son los tubos fluorescentes, que han demostrado no tener rival en cuanto a precio y a flujo luminoso.

4.3.5. *Sustitución de máquinas verticales*

Por separado, el equipo que más consume es claramente la picadora (33,8%), pero si se tiene en cuenta como conjunto, el grupo de máquinas que más consume durante un día laboral es el conjunto de las máquinas verticales. Son un total de 7 máquinas y representan el 38,7% del consumo total. Seis de ellas funcionan ininterrumpidamente y la restante es utilizada en ocasiones muy concretas cuando el trabajo así lo exige. Cada una de ellas requiere de una potencia nominal de 2,2 kW (3 CV), a pesar de que las medidas realizadas afirman que el consumo real de cada una de ellas no alcanza los 2 kW.

Las máquinas verticales se encuentran en la empresa una media de veinte años, siendo algunas de ellas incluso más antiguas por ser de segunda mano. El funcionamiento de cada una de ellas se ha ido mermando a lo largo de los años según informan los propios cortadores. Con el paso de los años, han ido perdiendo cualidades hasta convertirse en máquinas con un funcionamiento poco satisfactorio tanto para los operarios como para el propio producto. Se va a buscar una solución a este problema basada en la adquisición de nuevas máquinas verticales y sustituyéndolas por las actuales. No ha sido fácil la búsqueda debido a que es un tipo de máquina muy concreta para cortar un material muy concreto como lo es la goma espuma.

El primer requisito fundamental es que, además de ser una máquina de corte, fuese vertical. Esto quiere decir que la cuchilla se sitúa en posición perpendicular al plano de trabajo. También hay que tener en cuenta que la mesa de trabajo que incluye la propia máquina tenga unas dimensiones apropiadas.

El principal problema que se ha detectado es que las verticales actuales de la empresa están diseñadas para cortar materiales más duros que la goma espuma, como la madera. Tras una exhaustiva y difícil búsqueda se ha dado con un tipo de máquina vertical de corte diseñada específicamente para goma espuma. Las especificaciones de la máquina son las siguientes:

- Modelo: Kaichi JF-3600
- Potencia nominal: 1,1 kW
- Dimensiones mesa: 1500mm x 2400mm
- Altura de máximo corte: 2 metros
- Precio: 6.995 € (incluye transporte e instalación)
- Uso: Corte de goma espuma

No requieren tanta potencia como las actuales de la empresa porque están diseñadas para el corte de goma espuma, no de otros materiales. La forma es muy similar y el tipo de bloque que se puede procesar con ella es de las mismas dimensiones que para las verticales antiguas. Además se ofrece la posibilidad de entregar la antigua máquina a cambio de un descuento en la compra de una máquina nueva.

En cuanto a la cantidad a comprar, se busca reemplazar las seis verticales que trabajan continuamente. No interesa reemplazar las siete máquinas, porque el uso de una de ellas se reduce a un par de horas a la semana, lo que retrasaría en gran medida el tiempo de amortización. Se ha contemplado la opción de vender las máquinas actuales u obtener un descuento en la compra de las nuevas máquinas haciendo entrega de las máquinas antiguas. De este modo, se entregarían seis de las siete máquinas, quedando una de las máquinas

4. Medidas de mejora

actuales de la empresa como máquina auxiliar, pero este descuento no va a ser tenido en cuenta para el cálculo de la rentabilidad.

La inversión inicial sería, por tanto, de:

$$6.995 \text{ €} \times 6 \text{ máquinas} = \mathbf{41.970 \text{ €}}$$

Suponiendo que se pueda obtener 2.500 € por la venta de cada una de las máquinas actuales, significaría unos ingresos de 15.000 €, que si se le restan a la inversión hacen un total de **26.970 €**.

Ahora se va a proceder al cálculo del ahorro económico y energético que supone este cambio:

El consumo diario actual del conjunto de las máquinas verticales, calculado cuando se estimó teóricamente el consumo, es de **108,125 kWh**. Este valor se ha obtenido de la suma de las potencias demandadas por cada una de las verticales por las horas de funcionamiento diario. En el caso de que se sustituyesen por las nuevas máquinas, el consumo descendería notablemente. En el supuesto de que el consumo real de cada máquina rondase 1 kW, se tendría un consumo diario de **60 kWh** aproximadamente. Lo que supondría un ahorro energético de **48,125 kWh** al día, que equivale a un ahorro del **44,5%**.

Aprovechando estas cifras de ahorro energético, y tomando un valor medio del precio energía para los diferentes periodos tarifarios y los distintos meses del año de verano e invierno, se va a estimar el ahorro monetario. El precio medio calculado de la energía para los diferentes periodos y meses es de 12,5 cent.€/kWh.

Máquinas actuales:

$$108,125 \text{ kWh} \times 21 \text{ días} \times 11,25 \frac{\text{meses}}{\text{año}} \times 12,5 \frac{\text{cent. €}}{\text{kWh}} = 3.193,07 \text{ €}$$

Máquinas nuevas:

$$60 \text{ kWh} \times 21 \text{ días} \times 11,25 \frac{\text{meses}}{\text{año}} \times 12,5 \frac{\text{cent. €}}{\text{kWh}} = 1.771,87 \text{ €}$$

Este ahorro hace referencia a la energía consumida y se cifra en **1.421,2 €** anuales. También se producirá un ahorro en cuanto a la potencia máxima consumida. Si se considera que se han tenido en cuenta las consideraciones expuestas en el apartado "4.3.2. Reparto del consumo" y la picadora únicamente se ponga en marcha durante el periodo tarifario dos, el pico de potencia del periodo dos que aparece en la factura corresponde a 45 kW. Este valor corresponde a la potencia máxima demandada más la penalización. Al llevar a cabo la sustitución de las máquinas verticales y demandar éstas una menor potencia, este pico se reduciría en 4,6 kW aproximadamente. Como la potencia contratada es de 33 kW, el pico que se obtenía en el periodo dos corresponde a lo que se consumía más lo que se ha pagado por penalización. Esto quiere decir que lo que excede de 45 kW a 33 kW son 12 kW; y de estos 12 kW sólo la tercera parte se consume realmente (4 kW). Los otros 8 kW son fruto de la penalización por exceder la potencia contratada. Si se tiene en cuenta esto y que se está reduciendo esta potencia en 4,6 kW, quiere decir que en la factura se reducirá este valor más la penalización, que es del doble de lo excedido.

4. Medidas de mejora

El coste actual en el término de potencia del periodo dos es:

$$45 \text{ kW} \times 304,0891 \frac{\text{cent. } \text{€}}{\text{kWh}} (P2) = 136,84 \text{ €}$$

La disminución en el pico de potencia que aparece en la factura es:

$$4,6 \text{ kW} + 4,6 \text{ kW} \times 2(\text{penalización}) = 13,8 \text{ kW}$$

$$45 - 13,8 = 31,2 \text{ kW}$$

$$31,2 \text{ kW} \times 304,0891 \frac{\text{cent. } \text{€}}{\text{kWh}} (P2) = 94,87 \text{ €}$$

La diferencia entre los dos importes es de 41,97 € mensualmente, que a lo largo del año hacen un importe de **503,64 €**.

En el caso del periodo uno no afectaría porque ya se está demandando una potencia máxima inferior al 85% de la potencia contratada. Por tanto, el importe a pagar corresponde a este 85% de la potencia contratada aunque la potencia consumida sea menor.

Si se suman los ahorros conseguidos en el término de potencia y de energía, se obtiene un total de **1.561,01 €** anuales. Teniendo en cuenta que la inversión inicial requiere de un importe de **26.970 €**, el periodo de retorno sería de **17 años y 3 meses**.

El ahorro energético y, consecuentemente, económico no es la única ventaja de este cambio. También se conseguirán mejores acabados de los productos y más productividad. Así pues, se consigue mayor satisfacción por parte del cliente y de los operarios. Las máquinas actuales están dando problemas y contar con máquinas nuevas haría el trabajo mucho más fácil a los cortadores.

Sin embargo, el tiempo de retorno sería demasiado largo y cercano a la duración de vida de los equipos y dado que se tendría que buscar destino a las máquinas antiguas se ha decidido recomendar a la empresa que mantenga las máquinas verticales actuales. A menos que se desee una mejora en el proceso productivo porque, más allá de lo económico, también se ha de tener en cuenta que aumentaría la calidad del producto y se facilitaría el trabajo a los cortadores.

4.3.6. Sustitución de la máquina picadora

En este apartado se va a tratar la posible sustitución de la máquina picadora por otro modelo. El elevado consumo de la misma y su funcionamiento ineficiente obligan a estudiar qué alternativas proporciona el mercado. Se recuerda que la máquina picadora consta de molino triturador y llenadora de espuma picada. Se estudiará por separado el caso de ambas partes y se buscará la solución idónea para cada una de ellas.

La **llenadora de espuma picada** supone un 15% del consumo total de la picadora actual. Su consumo de potencia es de aproximadamente 3 kW. Tras realizar una búsqueda en el mercado de este tipo de máquinas se ha encontrado una llenadora de características muy similares a la que ya hay en la empresa y su precio es de 26.378 €. Además tiene un

4. Medidas de mejora

consumo algo mayor que la actual, por lo tanto no supone ningún ahorro energético y renovarla conllevaría una inversión que no va a ser amortizada.

Se va a optar por mantener la llenadora de espuma picada actual de la empresa. Su funcionamiento es adecuado y no se ha encontrado nada que supere sus prestaciones como para realizar una inversión.

El **molino triturador de goma espuma** es el causante del 85% del consumo de la picadora. Se ha detectado que se ha averiado en varias ocasiones y se han realizado reparaciones en las que no se ha optado por una solución adecuada. Poco a poco esto ha ido incrementando su consumo hasta el punto de consumir 18 kW de potencia. Teniendo en cuenta las cifras energéticas en las que se mueve la empresa, una sola máquina que consuma 18 kW es algo desproporcionado.

Se ha encontrado un modelo en el mercado que puede ser un buen recambio para el molino actual: "Molino triturador de espuma flexible modelo ESENS 3/700". Consta de dos motores, uno de 7 CV y otro de 2 CV, que equivale a 5,22 kW y 1,49 kW. Esto hace un consumo total de **6,71 kW**. Frente al modelo actual hay una gran diferencia en cuanto a consumo y sólo consume el 37% de lo que lo hace el actual. Se consigue un **ahorro energético de 11,29 kW**. La capacidad media de picado es de 175 kg/h. Hay que plantearse si va a ser suficiente para la producción de la empresa. Con el molino de que dispone la empresa, se producen 12 bolsas de picado a la hora y cada bolsa pesa una media de 11 kg. Por tanto, la producción habitual de la máquina actual es de 132 kg/h. El nuevo modelo, en principio, va a ser suficiente para producir la cantidad requerida. Incluso necesitará menos tiempo para producir la misma cantidad de bolsas de picado. Teniendo en cuenta las limitaciones del operario que esté depositando la goma espuma, se estima que lo que antes se hacía en 4 horas y media durante la jornada laboral ahora se puede hacer en 4 horas.



Figura 31. Molino triturador seleccionado

El precio del modelo seleccionado es 11.890,67 €, con IVA. El transporte y la instalación se estiman en 300 € y 100 €, haciendo un total de **12.290 €** a invertir.

El cálculo que se va a realizar es representativo pero no es 100% el real. No se puede saber el consumo exacto de la máquina nueva en las diferentes de su funcionamiento y se ha recurrido al consumo que indica el fabricante en el catálogo. Este consumo se ha comparado con los datos obtenidos de las medidas en apartados anteriores por ser las cifras más fiables de las que se puede disponer.

4. Medidas de mejora

A continuación se va a proceder al cálculo del ahorro energético y económico que derivarían del cambio. Se ha considerado que se han tenido en consideración la redistribución de cargas propuesta y la picadora sólo va a ser puesta en marcha durante el periodo dos (valle).

Actual:

$$18 \text{ kW} \times 4,5 \text{ horas} \times 21 \frac{\text{días}}{\text{mes}} = 1.701 \text{ kWh}$$

$$1.701 \text{ kWh} \times 11,2074 \frac{\text{cent. } \text{€}}{\text{kWh}} = 190,64 \text{ €}$$

Posterior al cambio:

$$6,71 \text{ kW} \times 4 \text{ horas} \times 21 \frac{\text{días}}{\text{mes}} = 563,64 \text{ kWh}$$

$$563,64 \text{ kWh} \times 11,2074 \frac{\text{cent. } \text{€}}{\text{kWh}} = 63,16 \text{ €}$$

Se ha logrado un **ahorro energético aproximado de 1.137,36 kWh al mes** que se traduce en un **ahorro económico de 127,48 € mensuales y 1529,76 € anuales**.

También habría un ahorro económico debido al término de potencia de la factura. El pico máximo de potencia en el periodo dos (valle) es de 45 kW actualmente teniendo en cuenta la penalización. En el caso de que se efectúe el cambio, el pico que aparezca en la factura será del orden de 25,7 kW. Este valor excede el 85% de la potencia contratada, por tanto, se pagará lo correspondiente al 85% de 33 kW.

Actual:

$$45 \text{ kW} \times 304,0891 \frac{\text{cent. } \text{€}}{\text{kW}} = 136,84 \text{ €}$$

Posterior al cambio:

$$33 \text{ kW} \times 0,85 \times 304,0891 \frac{\text{cent. } \text{€}}{\text{kW}} = 85,29 \text{ €}$$

La diferencia entre ambos importes mensuales es de 51,55 € y proporcionaría un ahorro de **618,60 € anuales**.

En total, se consigue un ahorro de **2.148,36 € al año, un 16,28%**; si se suman los ahorros correspondientes a potencia y energía. El periodo de retorno es de **5 años y 8 meses** y es considerada como una medida con beneficios a medio plazo. Se recomienda a la empresa que lleve a cabo esta medida porque en un periodo de diez años las ganancias superarán los 10.000 €.

4.3.7. Ajuste de la potencia reactiva

La potencia reactiva es la consumida por los motores, transformadores y todos los dispositivos o aparatos eléctricos que poseen algún tipo de bobina para crear un campo electromagnético. Esas bobinas, que forman parte del circuito eléctrico, constituyen cargas para el sistema eléctrico que consumen tanto potencia activa como potencia reactiva y la

eficiencia de su trabajo depende el factor de potencia. Mientras más bajo sea el factor de potencia (más alejado de la unidad) mayor será la potencia reactiva consumida. Además, esta potencia reactiva no produce ningún trabajo útil y perjudica la transmisión de la energía a través de las líneas de distribución eléctrica, por lo que su consumo está penalizado por la compañía suministradora en la tarifa eléctrica. La unidad de medida de la potencia reactiva es el VAR.

Compensando la potencia reactiva, se aumenta la durabilidad de máquinas eléctricas. La eliminación de la energía reactiva evita el aumento de la intensidad que las obliga a trabajar fuera de su punto de diseño reduciendo su ciclo de vida.

En las facturas eléctricas de la empresa se informa de que se existe un exceso de potencia reactiva y que conlleva una media de 12 euros mensuales. Lo que se pretende es reducir aumentar el factor de potencia de modo que se minimice la energía reactiva. Este problema se solucionó hace unos años instalando una batería de condensadores automática en paralelo con la salida del transformador, los cuales generan cargas capacitivas que contrarrestan las pérdidas reactivas de la instalación. Dependiendo de la potencia que esté demandando la empresa, se modifican el número de condensadores acoplados. Al parecer, esta batería de condensadores está dando problemas y ha vuelto a aparecer el concepto de exceso de energía reactiva en la factura energética.

Este problema ha sido consultado con los electricistas que se encargan de toda la instalación eléctrica de la empresa. Ellos han asegurado que lo más probable es que haya fundido algún fusible y el funcionamiento de la batería se ha visto modificado. Además no es la primera vez que ocurre, pero lleva un largo periodo sin ser revisada. Con el coste del nuevo fusible y una hora de trabajo sería suficiente para arreglar la batería de condensadores y volver a no pagar exceso de energía reactiva.

El ajuste de la potencia reactiva requeriría una **inversión de 30 € y supondría un ahorro de 12 € mensuales**. Por lo tanto, **se amortizaría en dos meses y medio**. Suponiendo que la batería de condensadores funcione adecuadamente durante un año se conseguiría un **ahorro de 114 € anuales más los 30 € que ha costado la reparación**.

4.4. Optimización de la tarifa eléctrica posterior a la adopción de las medidas

En el apartado anterior se han estudiado cada una de las medidas de ahorro y se ha concluido las que se pueden adoptar y las que no son muy recomendables. Aquellas que se han denominado como recomendables son:

- Manual de buenas prácticas.
- Reparto del consumo.
- Modificación de horarios en la jornada laboral.
- Focos LED en la fachada de la nave.
- Sustitución de la picadora.
- Ajuste potencia reactiva.

4. Medidas de mejora

En el caso de que se hayan adoptado todas las medidas de ahorro, la curva de demanda de potencia diaria se verá muy modificada. Las principales medidas que alterarían la forma de la curva son el reparto del consumo, la modificación de horarios, la sustitución por focos LED en la fachada y la sustitución de la picadora. De ellas, los focos LED de la fachada y la modificación de horarios son las que menos repercusión van a tener en la potencia que ha de contratarse. Siendo **el reparto del consumo y la sustitución de la picadora los dos factores más importantes a tener en cuenta** a la hora de estudiar la potencia que se va a contratar.

El primer paso es estimar la nueva curva de potencia demandada teniendo en cuenta las dos medidas que más van a alterar la forma de la curva. Las principales modificaciones son que disminuye la potencia de la picadora de 21 kW a 10 kW y que el carrusel no funciona a la par que la picadora, trabajando ésta sólo durante el periodo llano.

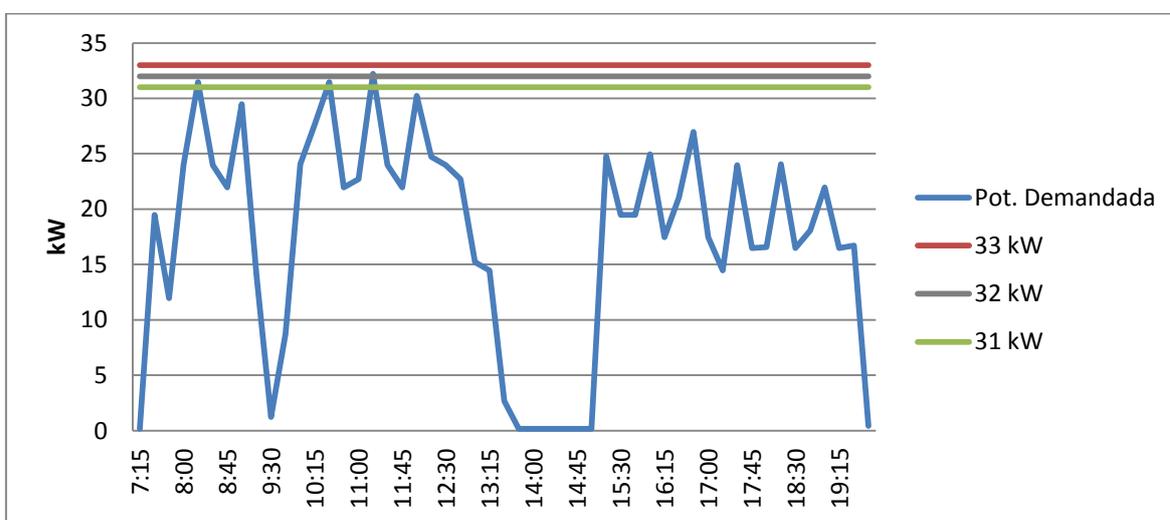


Figura 32. Nueva curva de potencia y posibles potencias a contratar

En la Figura 32 se ha representado por medio de línea azul la nueva demanda de potencia de la empresa durante un día de invierno. El periodo punta corresponde al turno de tarde y la mañana pertenece al periodo llano. El reparto del consumo ha dado como resultado un consumo más constante a lo largo del día con inevitables fluctuaciones. También se ha representado en rojo la potencia contratada actual de 33 kW. Quedando ésta demasiado por encima de la potencia máxima que va a ser demandada en la empresa. Por último, se ha representado en verde y gris las dos opciones que se barajan porque se cree que entre ellas va a estar la potencia idónea a contratar.

Existen dos zonas bien diferenciadas, el periodo punta y el llano. La mayor parte del consumo se centra sobre el periodo llano, tal como se planificó en el reparto del consumo. En él se alcanzarán los mayores picos de potencia. La potencia contratada tiene que cumplir los siguientes **requisitos**:

- **El 105% de la potencia contratada ha de ser superior al pico máximo durante el periodo llano. Si esto ocurre, en ningún caso habría penalización por exceder la potencia contratada.**
- **El 85% de la potencia contratada ha de ser menor que el pico máximo del periodo punta. De lo contrario se pagará un 85% de la potencia contratada aunque el**

4. Medidas de mejora

consumo máximo sea menor que éste. El objetivo es pagar por lo únicamente por lo consumido.

Si se consigue cumplir ambos requisitos, se alcanzará un equilibrio que será el adecuado para la demanda de potencia que se tiene. El máximo pico del periodo punta es de 27 kW, y 32,2 kW en el caso del periodo llano. Las condiciones son: **32,2 kW < 105% de la potencia contratada** y **27 kW > 85% de la potencia contratada**. Se va a proceder con los cálculos para unas potencias de 33, 32 y 31 kW:

Tabla 34. Intervalos recomendados para cada potencia contratada

Potencia	105%	85%
33	34,65	28,05
32	33,6	27,2
31	32,55	26,35

Observando la Tabla 34, la potencia a contratar será 32 kW o 31 kW. Si se contratase una potencia de 31 kW, se cumplirían los dos requisitos expuestos anteriormente pero hay que recordar que los cálculos se han realizado en base a un día promedio. Lo más común es que durante todo un mes se superen los picos que se han supuesto. Basta con que durante un cuarto de hora se tenga un consumo mayor para que éste nuevo valor pase a formar parte del importe de la factura.

Se va a optar por contratar 32 kW de potencia frente a los 33 kW que se tienen contratados actualmente. Los picos de potencia serán mayores de lo que se ha estimado casi con total seguridad y es preferible dejar un margen hasta llegar al 105% porque cuando éste sea rebasado se penalizará en un 200 por 100 de lo excedido. La penalización es mucho más severa que cuando no se alcanza el 85% de la potencia contratada, en cuyo caso se pagaría este 85% independientemente de lo que se aproxime a esta cifra.

4.5. Plan de mejoras y rentabilidad global

Con todas las medidas de ahorro desarrolladas y analizadas, se van a listar todas las medidas que se han considerado recomendables para su aplicación en la empresa, así como se va a estudiar su rentabilidad en conjunto. Además se va a comparar la rentabilidad de la totalidad de las medidas analizadas con las medidas que se van a entrar en el plan de acción de la empresa por haber sido consideradas rentables.

El orden en que tengan lugar las medidas es indiferente. Aunque se recomienda que se realicen cuanto antes para empezar a amortizar la inversión lo antes posible. Sin embargo, al estudiar la rentabilidad de las medidas como un conjunto en el que todas se van a llevar a cabo, el orden en que se realizan sí va a tener que ser considerado.

Principalmente conviene tener en cuenta que dependiendo de los equipos que hayan sido sustituidos, aquellas medidas que se centran en el desplazamiento de los consumos se

4. Medidas de mejora

verán afectadas y ya no supondrán el mismo ahorro. Cuanto mayor sea la cantidad de equipos sustituidos, menor será el ahorro que conlleve el reparto del consumo y la modificación de los horarios, pues menos se excede de la potencia contratada. Se han recalculado los ahorro en función del consumo de los nuevo equipos para los dos casos que se exponen a continuación.

Tabla 35. Rentabilidad medidas analizadas

Medida	Inversión inicial (€)	Ahorro anual (€/año)	Porcentaje de ahorro
Manual de buenas prácticas	338,3	517,50	9,74%
Reparto del consumo	0	140,60	2,65%
Modificación de los horarios	0	223,30	4,20%
Iluminación LED zona de trabajo	3.420,8	497,40	9,37%
Iluminación LED zona de oficinas	497,4	30,71	0,58%
Iluminación LED fachada	128,85	48,02	0,90%
Sustitución verticales	41.970	1561,01	29,39%
Sustitución picadora	12.290	2148,36	40,45%
Ajuste potencia reactiva	30	144,00	2,71%
TOTAL	58.337,05	5310,90	100,00%
Periodo de retorno (años)		10,98	

En el caso de que se efectúen todas la mejoras, se requeriría de una inversión total de 58.337,05 €. Este importe es demasiado elevado como para que la empresa pueda hacer frente actualmente. El tiempo de retorno de once años hace que sea una inversión a largo plazo y poco atractiva. Sin embargo si únicamente se tuviesen en cuenta las medidas recomendadas por ser individualmente rentables, la rentabilidad sería:

Tabla 36. Rentabilidad medidas recomendadas

Medida	Inversión inicial (€)	Ahorro anual (€/año)	Porcentaje de ahorro
Manual de buenas prácticas	338,3	517,50	15,32%
Reparto del consumo	0	193,32	5,72%
Modificación de los horarios	0	327,80	9,70%
Iluminación LED fachada	128,85	48,02	1,42%
Sustitución picadora	12.290	2.148,36	63,58%
Ajuste potencia reactiva	30	144,00	4,26%
TOTAL	12.448,85	3.379,00	100,00%
Periodo de retorno (años)		3,68	

En la Tabla 36 se listan las medidas que entrarían en el plan de actuación de la empresa. Se consigue un periodo de retorno a corto plazo y a partir de los tres años y ocho meses, la empresa ahorra cerca de **3.400 €** anuales en consumo eléctrico. Ello supone un ahorro de un **25,6%** de la factura anual.

4. Medidas de mejora

Si se considera que el precio medio de la energía es de 12 céntimos de euro el kWh, el ahorro energético es de aproximadamente **2.815.833 kWh anuales**. Lo que se traduce en una reducción de las emisiones de dióxido de carbono de **656,1 toneladas anuales**. Se ha considerado como factor de emisiones medio del sistema eléctrico peninsular 0,233 kgCo2/kWh (<http://jumanjisolar.com/2010/04/emisiones-de-co2-del-sistema-electrico-espanol.html> //).

5. CONCLUSIONES

Los objetivos que se perseguían desde un principio en este TFG han sido logrados con éxito y este proyecto ha permitido tener una visión clara de cómo está funcionando actualmente la empresa analizada, y qué margen de mejora tiene para los próximos años. Se han disminuido los costes correspondientes a energía y potencia consumidas por la empresa, y además se ha rebajado la energía necesaria sin que el proceso productivo se vea afectado.

Con las medidas planteadas se ha reducido el consumo de energía y por tanto hay menor cantidad de emisiones de dióxido de carbono. Además, se ha reducido el consumo en las horas pico, que es donde trabajan por lo general centrales más contaminantes, por lo que el impacto medioambiental es incluso más favorable.

En el proyecto se ha realizado un estudio en profundidad de la empresa. Se ha estudiado el proceso productivo, los diferentes equipos que lo hacen posible, el alumbrado y la eficiencia energética de la empresa. Se han buscado y se han detectado deficiencias y fallos en el modo de operar.

Acerca de las medidas de ahorro, se han proporcionado una serie de medidas posibles y se ha estudiado cada una de ellas en profundidad. Posteriormente se recomienda que se lleven a cabo únicamente las siguientes medidas:

- Manual de buenas prácticas.
- Reparto del consumo.
- Modificación de horarios en la jornada laboral.
- Focos LED en la fachada de la nave.
- Sustitución de la picadora.
- Ajuste potencia reactiva.

Ellas son las que tienen un tiempo de retorno menor a ocho años, por ser las de este tipo las que contemplaría la empresa. Una vez que se conocen las medidas que se van a realizar, se ha re-optimizado la tarifa a contratar dando como resultado una disminución en la potencia contratada

Si todas las medidas de ahorro propuestas se aplicaran en la empresa, ésta pasaría a pagar alrededor de un 39% menos de lo que lo hace actualmente. Contabilizando únicamente las que se han recomendado llevar a cabo por tener un tiempo de retorno menor, el ahorro se cifraría en torno al 25,6%.

A nivel personal, este trabajo fin de grado ha causado un gran impacto sobre mí. Es hasta ahora el primer proyecto que se ha estudiado en profundidad e individualmente durante mi etapa de formación. Además de reforzar los conocimientos adquiridos durante el grado, he aprendido mucho sobre la optimización energética en empresas y cuál es el procedimiento para realizar una auditoría energética. He conseguido comprender el gran número de problemas e impedimentos que acontecen durante la realización de un proyecto, y que se le puede buscar solución a casi todo a base de trabajo, constancia y dedicación. También he

5. Conclusiones

aprendido que el simple hecho de que algo ya está establecido no es motivo suficiente como para pensar que no existen otros modos mejores de llevarlo a cabo.

Finalmente, y respecto a las motivaciones, pienso que son necesarias a la hora de hacer cualquier cosa en la vida. En este caso, la motivación de generar ahorro económico y contribuir a la conservación del medioambiente me parecen difícilmente superables, y todavía más si se trata de mejorar la eficiencia energética de la industria local.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Roger Folch, José; Riera Guasp, Martín; Roldán Porta, Carlos, *Tecnología eléctrica*. Tercera edición: Editorial Síntesis, 2010.
2. <http://www.blogenergiasostenible.com/que-es-auditoria-energetica/> [Consulta: 7 de Abril de 2014].
3. Luz Stella Moreno, *Luminotecnia: Alumbrado* [en línea]. Disponible en: <http://www.webdelprofesor.ula.ve/> [Consulta: 5 de Mayo de 2014].
4. *Espuma de poliuretano: uso como aislante industrial* [en línea]. Disponible en <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso05-06/pu/espuma.htm/>[Consulta: 25 de Abril de 2014].
5. <http://jumanjisolar.com/2010/04/emisiones-de-co2-del-sistema-electrico-espanol.html> // [Consulta: 29 de Mayo de 2014].
6. *www.nexusenergia.com*.
7. Apuntes de "Máster en Eficiencia Energética" impartido por Rafael Royo Pastor.

DOCUMENTO

Nº2:

PRESUPUESTO

INDICE

1. Introducción	1
2. Costes de la realización del proyecto	2
2.1. Coste de la mano de obra directa.....	2
2.2. Coste de la mano de obra indirecta.....	2
2.3. Costes de material.....	3
2.4. Amortización de equipos informáticos.....	3
2.5. Coste equipos de medida	4
2.6. Resumen de costes de realización del proyecto.....	4
3. Presupuestos de las medidas de ahorro	5
3.1. Manual de buenas prácticas	5
3.2. Cambio a iluminación LED	5
3.3. Sustitución de máquinas verticales.....	6
3.4. Sustitución de la máquina picadora	7
3.5. Ajuste de la potencia reactiva	7
4. Rentabilidad de las medidas	7
4.1. Manual de buenas prácticas	8
4.2. Cambio a iluminación LED	8
4.3. Sustitución de máquinas verticales.....	9
4.4. Sustitución de la máquina picadora	9
4.5. Ajuste de la potencia reactiva	9
5. Rentabilidad global	10
5.1. Rentabilidad conjunto de medidas.....	10
5.2. Rentabilidad medidas recomendadas.....	11

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coste de la mano de obra directa.....	2
Tabla 2. Coste de la mano de obra indirecta.....	2
Tabla 3. Costes de material.....	3
Tabla 4. Amortización equipos informáticos	4
Tabla 5. Coste equipos de medida	4
Tabla 6. Coste proyecto	4
Tabla 7. Costes realización del manual de buenas prácticas	5
Tabla 8. Costes de cambio de iluminación en la zona de trabajo	6
Tabla 9. Costes de cambio de iluminación en la zona de oficinas	6
Tabla 10. Costes de cambio de iluminación en la fachada de la nave.....	6
Tabla 11. Costes de sustituir las máquinas verticales.....	6
Tabla 12. Costes de sustituir la máquina picadora	7
Tabla 13. Costes de ajustar la potencia reactiva.....	7
Tabla 14. Rentabilidad del manual de buenas prácticas.....	8
Tabla 15. Rentabilidad LED zona de trabajo	8
Tabla 16. Rentabilidad LED zona de oficinas.....	8
Tabla 17. Rentabilidad LED en la fachada.....	8
Tabla 18. Rentabilidad sustitución verticales.....	9
Tabla 19. Rentabilidad sustitución molino triturador.....	9
Tabla 20. Rentabilidad ajuste reactiva.....	9
Tabla 21. Rentabilidad medidas de ahorro	10
Tabla 22. Rentabilidad proyecto.....	11

1. Introducción

El presente documento consiste en el presupuesto del Trabajo Fin de Grado cuyo título es: "*Auditoría energética de una planta industrial de corte y preparación de gomaespuma*".

El presupuesto constará de dos partes. Se presupuestará los costes generales por la realización del proyecto en sí y, por otra parte, los presupuestos individuales de aquellas medidas que requieran de una inversión inicial para llevarlas a cabo en la práctica. Por tanto, se realizará un presupuesto para cada una de las medidas que deban ser presupuestadas, así como su tiempo de amortización. Además se añadirán dos apartados en los que vendrán el estudio de rentabilidad de cada medida y el estudio de rentabilidad global.

A modo de aclaración, hay que expresar que en todos los precios que aparecen en el presupuesto ya se ha tenido en cuenta el IVA.

2. Costes de la realización del proyecto

2.1. Coste de la mano de obra directa

En este apartado se detallan los costes correspondientes al ingeniero proyectista. Se han considerado todos los costes que conlleva la contratación de un ingeniero proyectista, es decir los honorarios, seguridad social y dos pagas extras.

Tabla 1. Coste de la mano de obra directa

Unidades	Concepto	Horas de trabajo (h)	Precio unitario (€/h)	Importe (€)
1	Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	300	12,43	3.729
	Desglose del coste:			
	Honorarios de ingeniero		8	
	Seguridad social		3,1	
	Pagas extras		1,33	
			TOTAL	3.729

El tiempo de uso incluye las horas de trabajo que ha precisado el ingeniero, que ha realizado el proyecto, e incluye:

- Estudio de la empresa y visitas a planta.
- Realización e interpretación de las medidas.
- Cálculos.
- Redacción de documentos.
- Defensa oral de los resultados.

El coste total de la mano de obra directa asciende a 3.729 €.

2.2. Coste de la mano de obra indirecta

Para la realización del proyecto, se ha requerido la contratación de un técnico electricista para la instalación de los aparatos de medida en la instalación eléctrica de la planta. El coste derivado de su contratación se detalla a continuación.

Tabla 2. Coste de la mano de obra indirecta

Unidades	Concepto	Horas de trabajo (h)	Precio unitario (€/h)	Importe (€)
1	Técnico electricista	2	26	52
	Desglose del coste:			
	Honorarios electricista		24	
	Desplazamientos		2	
			TOTAL	52

2.3. Costes de material

El material utilizado se limita a artículos de papelería y los costes correspondientes a impresión y encuadernación del proyecto.

Tabla 3. Costes de material

Unidades	Concepto	Importe (€)
1	Papelería Material para escritura Folios Impresión Encuadernación	150
	TOTAL	150

2.4. Amortización de equipos informáticos

En este apartado se detallan los costes de los equipos informáticos empleados para la consecución del proyecto. El ordenador portátil que se ha utilizado es el modelo "Aspire 5740G-436G64Mn" de la marca "Acer". Sus características principales son las siguientes:

- OS Windows7 Home Premium 64-bit
- Procesador: Intel(R) Core™ i5
- CPU 2.26 GHz
- RAM: 6 GB

El coste de amortización de un equipo es el coste proporcional frente al coste de adquisición que supone su empleo durante el periodo de tiempo en el que se ha realizado el proyecto. Este coste por hora se calculará de la siguiente manera:

$$Amortización = Precio \times \frac{tiempo\ de\ uso(h)}{horas\ año} \times \frac{1}{periodo\ de\ amortización}$$

El periodo de amortización de equipos informáticos se estima en tres años, pues son renovados frecuentemente.

Las horas de trabajo durante un año son:

$$8 \frac{horas}{día} \times 5 \frac{días}{semana} \times 48 \frac{semanas\ de\ trabajo}{año} = 1920 \frac{horas}{año}$$

El coste de adquisición del ordenador fue de 800 € y el tiempo que se ha necesitado el ordenador para la realización del proyecto ronda las 175 horas.

$$800\ € \times \frac{210\ horas}{1920\ horas} \times \frac{1}{3} = 29,17\ €$$

Presupuesto

Tabla 4. Amortización equipos informáticos

Unidades	Concepto	Tiempo de uso (h)	Precio unitario (€/h)	Importe (€)
1	Ordenador personal	210	0,1388	29,17

2.5. Coste equipos de medida

El proyecto ha requerido la adquisición de un medidor portátil, un contador instantáneo de electricidad y tres pinzas para hacer posible la toma de medidas de la potencia demandada por las diferentes líneas eléctricas de la empresa.

Los costes correspondientes a dicha adquisición se detallan a continuación:

Tabla 5. Coste equipos de medida

Unidades	Concepto	Precio unitario (€/ud)	Importe (€)
1	Contador de electricidad	74,9	74,9
3	Pinzas	9,5	28,5
1	Medidor portátil	24,9	24,9
		TOTAL	128,3

2.6. Resumen de costes de realización del proyecto

En este apartado se ofrece un resumen de todos los importes correspondientes a la realización del proyecto.

Tabla 6. Coste proyecto

Concepto	Coste (€)	Porcentaje
Mano de obra directa	3729	91.32%
Mano de obra indirecta	52	1.27%
Material	150	3.67%
Equipos informáticos	24.31	0.60%
Equipos de medida	128.3	3.14%
TOTAL	4083.61	100.00%

De los costes referidos a la realización del proyecto, el **91.32%** corresponde a la mano de obra por parte del ingeniero proyectista. El resto de costes conforman el 8.68%. Entre ellos destacan el material de papelería y los equipos de medida que se han requerido para poder realizar el proyecto.

3. Presupuestos de las medidas de ahorro

A lo largo del proyecto, se propusieron una serie de medidas para disminuir el importe de la factura eléctrica. Ciertas medidas de las propuestas requieren una inversión inicial para poder llevarlas a la práctica. En este apartado se va a detallar el coste de cada una de ellas por separado.

3.1. Manual de buenas prácticas

La edición del manual de buenas prácticas requerirá de un ingeniero que sea capaz de redactar y editar el manual. También habrá costes derivados de la impresión de los ejemplares en formato papel.

Tabla 7. Costes realización del manual de buenas prácticas

Unidades	Concepto	Horas de Trabajo (h)	Precio unitario (€/ud)	Importe (€)
30	Impresión ejemplares		3	90
1	Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	20	12.43	248.6
	Desglose del coste:			
	Honorarios de ingeniero		8	
	Seguridad social		3.1	
	Pagas extras		1.33	
			TOTAL	338.6

La mayoría del coste es debido al tiempo que ha de emplear el ingeniero para redactar el manual. En comparación, el importe correspondiente a la impresión de los ejemplares es muy inferior.

3.2. Cambio a iluminación LED

La inversión consta de dos partes bien diferenciadas, estas son, la compra de nuevas lámparas y la mano de obra para la instalación de las mismas.

Se proporciona un cuadro de presupuesto para cada tipo de lámparas a sustituir. Las tres zonas en las que se ha propuesto el cambio de alumbrado son: zona de trabajo, oficinas y fachada.

Presupuesto

Tabla 8. Costes de cambio de iluminación en la zona de trabajo

Unidades	Concepto	Horas de trabajo (h)	Precio unitario (€/ud)	Importe (€)
64	Philips LEDtube PERF 1500mm 31W		50,45	3228,8
1	Técnico electricista	8	24	192
			TOTAL	3420,8

Tabla 9. Costes de cambio de iluminación en la zona de oficinas

Unidades	Concepto	Horas de trabajo (h)	Precio unitario (€/ud)	Importe (€)
12	Philips LEDtube PERF 1200mm 21W		37,45	449,4
1	Técnico electricista	2	24	48
			TOTAL	497,4

Tabla 10. Costes de cambio de iluminación en la fachada de la nave

Unidades	Concepto	Horas de trabajo (h)	Precio unitario (€/ud)	Importe (€)
3	Proyector LED de exterior MICROLED, 20W		34,95	104,85
1	Técnico electricista	1	24	24
			TOTAL	128,85

El importe correspondiente a la sustitución del alumbrado por lámparas LED varía dependiendo del número de lámparas que haya que reemplazar y del número de horas que necesite el técnico electricista para dicha tarea.

3.3. Sustitución de máquinas verticales

El único coste es la adquisición de nueva maquinaria, esto incluye transporte y montaje.

Tabla 11. Costes de sustituir las máquinas verticales

Unidades	Concepto	Precio unitario (€/ud)	Importe (€)
6	Máquina de corte vertical	6.995	41.970
1	Transporte	300	300
6	Instalación	50	300
		TOTAL	42.570

El total asciende a **42.570 €**, el importe casi por completo pertenece a la compra de las nuevas máquinas. En este caso se espera poder vender las máquinas verticales actuales para abaratar el coste.

3.4. Sustitución de la máquina picadora

Esta medida no consiste en la sustitución de todo el conjunto de la picadora, sino que sólo se reemplazaría la parte del molino triturador. Para las prestaciones que requiere la empresa se ha elegido un modelo cuyo coste, transporte e instalación son los siguientes:

Tabla 12. Costes de sustituir la máquina picadora

Unidades	Concepto	Precio unitario (€/ud)	Importe (€)
1	Molino triturador de goma espuma	11.890,67	11.890,67
1	Transporte	300	300
1	Instalación	100	100
TOTAL			12.290,67

El importe que supone esta medida es de **12.290,67 €**, constituido principalmente por la adquisición de la nueva máquina.

3.5. Ajuste de la potencia reactiva

Consiste en una revisión a la batería de condensadores y sustituir los fusibles fundidos. El precio descompuesto del ajuste de reactiva es el siguiente:

Tabla 13. Costes de ajustar la potencia reactiva

Unidades	Concepto	Horas de trabajo (h)	Precio unitario (€/ud)	Importe (€)
1	Fusible		4	4
1	Técnico electricista	1	26	26
	Desglose del coste:			
	Honorarios electricista		24	
	Desplazamientos		2	
TOTAL				30

Estos precios han sido proporcionados por el propio técnico electricista. Hay que destacar que ya se realizó una inversión para aumentar el factor de potencia cuyo importe fue de 1300€.

4. Rentabilidad de las medidas

En este apartado se va a exponer los resultados del análisis de rentabilidad de cada una de las medidas de ahorro cuyos costes ya se han desglosado en apartados anteriores. En cada uno de los cuadros vendrá expresada la inversión inicial, el ahorro anual y el periodo de retorno.

4.1. Manual de buenas prácticas

Si se tiene en cuenta el impacto que ocasionarían las prácticas impuestas por el manual, la rentabilidad del mismo sería de:

Tabla 14. Rentabilidad del manual de buenas prácticas

Inversión inicial (€)	Ahorro anual (€/año)	Periodo de retorno
338,3	517,5	7 meses

4.2. Cambio a iluminación LED

Se va a estudiar cada uno de los tres casos por separado para las tres distintas áreas de las que se ha estudiado el cambio de iluminación. Todas las medidas que componen este apartado suponen un ahorro energético, pero no implica que económicamente sean rentables.

-Zona de trabajo:

Tabla 15. Rentabilidad LED zona de trabajo

Inversión inicial (€)	Ahorro anual (€/año)	Periodo de retorno
3420,8	497,4	14 años y 3 meses

Requiere una inversión elevada para luego un ahorro desacomode a ella. Esto hace del periodo de retorno demasiado prolongado como para que se pueda decir que es recomendable el cambio.

-Zona de oficinas:

Tabla 16. Rentabilidad LED zona de oficinas

Inversión inicial (€)	Ahorro anual (€/año)	Periodo de retorno
497,4	30,71	16 años y 2 meses

Ocurre exactamente lo mismo que el cambio a LED en la zona de trabajo, pero se ve incluso más acentuado la diferencia entre inversión y ahorro.

-Fachada exterior:

Tabla 17. Rentabilidad LED en la fachada

Inversión inicial (€)	Ahorro anual (€/año)	Periodo de retorno
128,85	48,02	2 años y 8 meses

La inversión es asequible y se produce un ahorro a tener en cuenta en función de la inversión inicial. El periodo de retorno es de poca duración y se recomienda a la empresa que lleve a cabo el cambio para conseguir ahorro energético y económico.

4.3. Sustitución de máquinas verticales

Los valores que indican la rentabilidad de la sustitución de las verticales son:

Tabla 18. Rentabilidad sustitución verticales

Inversión inicial (€)	Ahorro anual (€/año)	Periodo de retorno
41.970	1.561,01	26 años y 10 meses

El elevado desembolso inicial es desproporcionado con el ahorro que se consigue. No se consigue un ahorro acorde a la inversión realizada y no se recomienda la aplicación de esta medida. Se debe a que no se diferencian en cuanto a potencia consumida las antiguas de las nuevas verticales.

4.4. Sustitución de la máquina picadora

A continuación se muestra un cuadro de valores que permiten evaluar el grado de rentabilidad de dicha medida.

Tabla 19. Rentabilidad sustitución molino triturador

Inversión inicial (€)	Ahorro anual (€/año)	Periodo de retorno
12.290	2.148,36	5 años y 8 meses

Tal y como se puede observar en la Tabla 19, se consigue un ahorro considerable que hace que se amortice a medio plazo. Para el caso de maquinaria el periodo de retorno obtenido con esta medida entra dentro de la lógica y se considera una medida muy interesante para llevarla a cabo en la empresa.

4.5. Ajuste de la potencia reactiva

Consiste en una reparación que va a suponer un coste mínimo y supone un ahorro mucho mayor al cabo de un año. Se consigue amortizar muy rápidamente.

Tabla 20. Rentabilidad ajuste reactiva

Inversión inicial (€)	Ahorro anual (€/año)	Periodo de retorno
30	144	2 meses y medio

5. Rentabilidad global

Lo que se pretende en este apartado es calcular la rentabilidad global en el supuesto de que se lleven a cabo las medidas propuestas en el proyecto.

Se va a dividir en dos subapartados, en el primero se considerarán todas las medidas expuestas en el proyecto y en el segundo sólo se tendrán en cuenta aquellas medidas que se han considerado rentables. En ninguno de los dos apartados se tendrá en cuenta los costes derivados de la elaboración del manual de buenas prácticas pues no se puede estimar el ahorro que supondría.

5.1. Rentabilidad conjunto de medidas

Se va a calcular la rentabilidad total del proyecto en el caso de que todas las medidas que se han estudiado se realicen en la empresa. Se incluye en este grupo de medidas aquellas que no han requerido de una inversión.

Tabla 21. Rentabilidad medidas de ahorro

Medida	Inversión inicial (€)	Ahorro anual (€/año)	Porcentaje de ahorro
Manual de buenas prácticas	338,3	517,50	9,74%
Reparto del consumo	0	140,60	2,65%
Modificación de los horarios	0	223,30	4,20%
Iluminación LED zona de trabajo	3.420,8	497,40	9,37%
Iluminación LED zona de oficinas	497,4	30,71	0,58%
Iluminación LED fachada	128,85	48,02	0,90%
Sustitución verticales	41.970	1561,01	29,39%
Sustitución picadora	12.290	2148,36	40,45%
Ajuste potencia reactiva	30	144,00	2,71%
TOTAL	58.337,05	5310,90	100,00%
Periodo de retorno (años)		10,98	

En la Tabla 21, algunos valores correspondientes a ahorro anual no coinciden con los que aparecen en las tablas que se han mostrado para cada medida. Esto ocurre porque hay medidas que no tienen el mismo impacto si se aplican junto a otras cuyo resultado les afectan.

Si todas las medidas se realizaran en la empresa se tendría un periodo de retorno de cerca de once años. No es muy prolongado si se tiene en cuenta que algunas medidas necesitan inversiones altísimas.

La medida que más ahorro representa es la máquina picadora, que junto a la sustitución de las máquinas verticales son las medidas que han demostrado ser las más rentables de las propuestas.

5.2. Rentabilidad medidas recomendadas

Las medidas a las que se les ha atribuido el adjetivo de recomendadas son aquellas que se van a tener en cuenta a la hora de analizar la rentabilidad en este apartado. Son las que aparecen en el siguiente cuadro.

Tabla 22. Rentabilidad proyecto

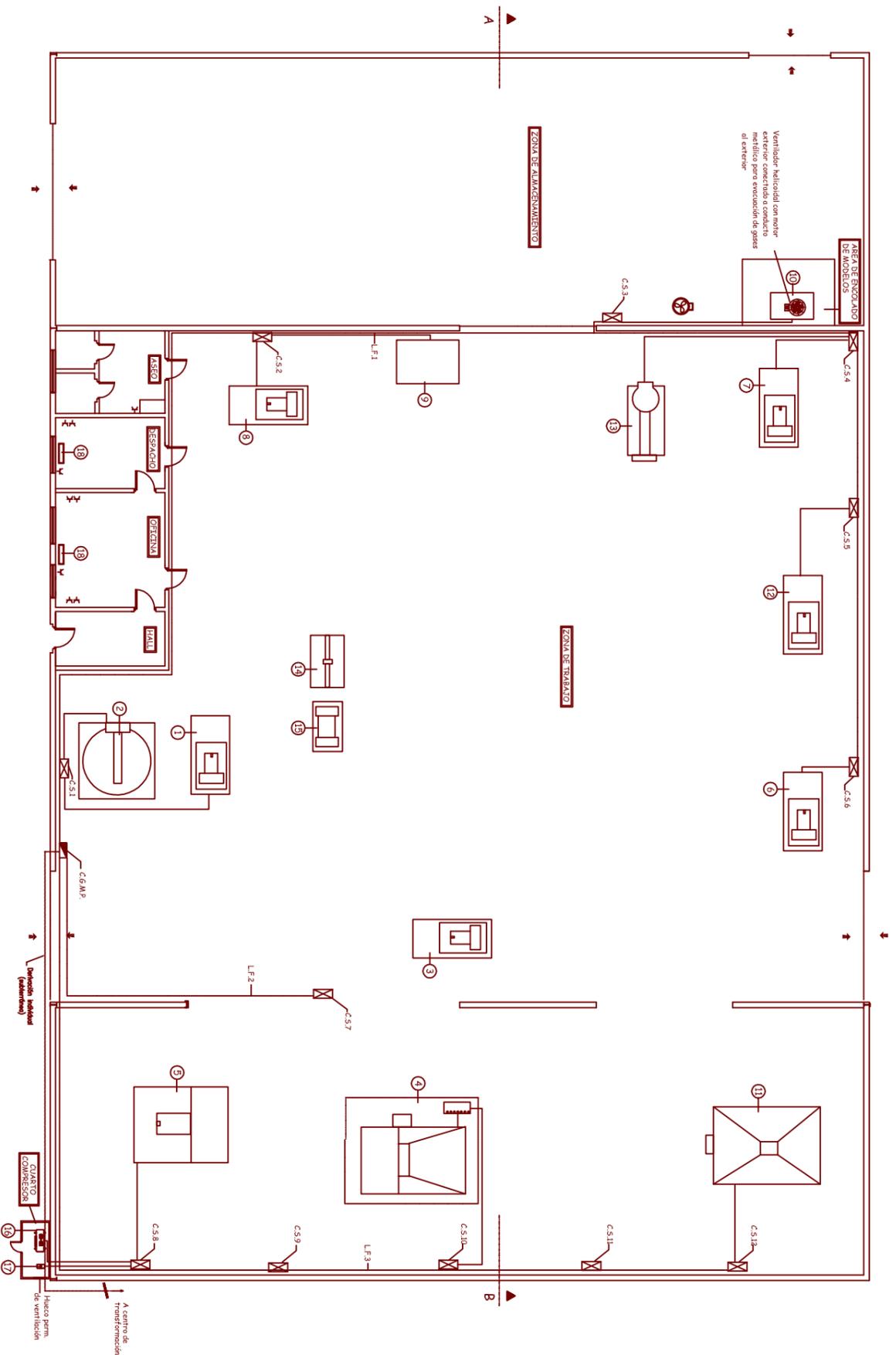
Medida	Inversión inicial (€)	Ahorro anual (€/año)	Porcentaje de ahorro
Manual de buenas prácticas	338,3	517,50	15,32%
Reparto del consumo	0	193,32	5,72%
Modificación de los horarios	0	327,80	9,70%
Iluminación LED fachada	128,85	48,02	1,42%
Sustitución picadora	12.290	2.148,36	63,58%
Ajuste potencia reactiva	30	144,00	4,26%
TOTAL	12.448,85	3.379,00	100,00%
Periodo de retorno (años)	3,68		

Queda demostrado que si se aplican las medidas recomendadas en el proyecto, se conseguirá un ahorro anual de cerca de **3.400 €**. El tiempo de retorno de la inversión será de algo más de tres años y medio, es decir, supone una amortización en un plazo bastante corto.

DOCUMENTO

Nº3:

PLANOS



RELACIÓN DE MAQUINARIA					
Nº	UDS.	DENOMINACIÓN	MARCA	TENSIÓN	POTENCIA
1	1	Máquina laminadora	ESSENS	380 V.	2.208 w.
2	1	Máquina cerrusel	ESSENS	380 V.	9.568 w.
3	1	Máquina laminadora	FEIGEN	380 V.	2.208 w.
4	1	Máquina de Formas	KRFBEL	380 V.	9.200 w.
5	1	Máquina de Formas	.....	380 V.	1.472 w.
6	1	Máquina laminadora	.....	380 V.	1.472 w.
7	1	Máquina laminadora	.....	380 V.	1.472 w.
8	1	Máquina laminadora	.....	380 V.	1.472 w.
9	1	Generador de aire caliente	LESCOTHEBM	380 V.	2.200 w.
10	1	Cabina de encolado	.....	220 V.	550 w.
11	1	Picadora	.....	380 V.	7.600 w.
12	1	Máquina laminadora	.....	380 V.	2.208 w.
13	1	Máquina trituradora	.....	380 V.	13.208 w.
14	1	Topi	.....	220 V.	2.208 w.
15	1	Máquina chidoro	.....	220 V.	920 w.
16	1	Compresor de 300 l.	ABC	380 V.	4.400 w.
17	1	Secador	AIR DRYER	220 V.	1.000 w.
18	2	Aparatos eléctricos de calefacción	ABC	220 V.	3.000 w.
POTENCIA TOTAL MAQUINARIA					66.366 w

DENOMINACIÓN	
1	Cuadro General de Mando y Protección
12	Cuadro Secundario
9	Toma de corriente monofásica

Fecha	Junio-2014	Nombre	Alfredo Ortuno Martínez-Mingole	Firma:	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
Dibujado	Junio-2014	Comprobado	Jorge Puigé Herrero		
Situación	Yecla (Murcia)				

Escala:	1:250	Plano nº	1
DISPOSICIÓN DE LA MAQUINARIA		Curso:	4º Curso de grado

