



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Superior d'Enginyeries Industrial,
Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DE FINAL DE MÁSTER

**ESTUDIO DE MEJORA ENERGÉTICA
DE UNA PLANTA INDUSTRIAL**

Autor:

Sergio Luque Cavallé

Director:

David Dolcet Butsems

Convocatoria de entrega:

Junio de 2020

Contenido de este volumen:

I - Memoria

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. DEFINICIÓN DEL PROYECTO	5
1.1. Objeto.....	5
1.2. Alcance	5
1.3. Especificaciones básicas	5
1.4. Justificación.....	6
2. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE.....	7
2.1. Eficiencia motores eléctricos.....	8
2.2. Producción de aire comprimido.....	9
2.3. Iluminación	11
2.4. Mantenimiento.....	12
2.5. Equipos de alta eficiencia.....	13
3. DATOS GENERALES.....	14
3.1. Descripción general de la planta	14
3.2. Energía y combustibles utilizados	16
3.3. Reparto de los consumos energéticos	19
3.4. Ratios energéticas.....	28
4. ANÁLISIS DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES	30
4.1. Edificios.....	30
4.2. Funcionamiento de la planta	30
4.3. Electricidad general.....	31
4.4. Equipos de medida de energía	31
4.5. Proceso productivo.....	32
4.6. Instalación agua caliente industrial y ACS	41
4.7. Calefacción y ACS	45
4.8. Osmosis	47
4.9. Agua fría industrial	48
4.10. Vapor	49
4.11. Aire comprimido	50
4.12. Climatización.....	52
4.13. Transporte de materia.....	55

4.14.	Cámaras frigoríficas	56
4.15.	Iluminación	57
4.16.	Resumen de consumos y costes instalaciones de producción	59
4.17.	Resumen de consumos y costes servicios auxiliares	61
4.18.	Resumen total de costes	64
4.19.	Informe de contaminación	65
5.	PLAN DE ACCIÓN	66
5.1.	Aspectos básicos de mejora	66
5.1.1.	Motores de alto rendimiento	66
5.1.2.	Sensibilización del personal	66
5.2.	Soluciones particulares	69
5.2.1.	Control energético	69
5.2.2.	Iluminación	71
5.2.3.	Aire comprimido	73
5.2.4.	Fluido térmico	79
5.2.5.	Agua caliente industrial	83
6.	RESUMEN DEL PRESUPUESTO	87
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE CONTINUIDAD DEL TRABAJO	88
8.	PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL TRABAJO FUTURO PROPUESTO	90
9.	RELACIÓN DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y NORMATIVA APLICADA	91
10.	ÍNDICE DE FIGURAS	93
11.	ÍNDICE DE TABLAS	95

1. DEFINICIÓ DEL PROJECTE

1.1. Objeto

Estudio energético y a nivel constructivo del edificio PAG de la planta industrial del Grupo Gallo en Granollers, i realizar propuestas para mejorar el comportamiento energético de las instalaciones de la planta, aplicando sistemas de ahorro de energía pasivos.

1.2. Alcance

- Incluido dentro del alcance del proyecto
 - o Establecer la situación energética actual de la industria.
 - o Definir los consumos de los distintos suministros energéticos y cuantificar el porcentaje que representan cada uno respecto del total.
 - o Establecer, siempre que sea posible, el rendimiento de las tecnologías presentes.
 - o Analizar las posibilidades de ahorro en las instalaciones, en la edificación y en el proceso productivo.
 - o Determinar las medidas técnicas aplicables para obtener ahorro.
 - o Programación básica de implantación de las soluciones propuestas en función de las necesidades de la planta.

1.3. Especificaciones básicas

El proyecto debe satisfacer las siguientes especificaciones básicas:

- Todas las propuestas deben suponer un ahorro en el consumo energético actual de la planta.
- Se deben proponer diferentes sistemas de ahorro de energía pasivos.
- Ninguna de las propuestas debe generar una disminución en la capacidad productiva de la planta.
- Todas las propuestas deben tener un retorno de la inversión inferior a 10 años.

1.4. Justificación

La planta PAG del Grupo Gallo, objeto de estudio del presente proyecto, se encuentra localizada en Granollers, Catalunya. Así, dentro del marco del “*Pla de l'Energia i Canvi Climàtic de Catalunya 2012-2020*”[1] – PECAC –, se encuentra en la necesidad de adaptar su sistema de gestión de energía actual a las exigencias englobadas dentro del PECAC.

Misión del PECAC:

“Conseguir una economía/sociedad de baja intensidad energética i baja emisión de carbono, innovadora, competitiva i sostenible a medio-largo plazo.”[1]

Dentro de la política social y ambiental del Grupo Gallo para un desarrollo sostenible de su actividad industrial, la implantación de mejoras para aumentar la eficiencia energética de la planta supone, no solo un compromiso ambiental, sino un objetivo clave de ahorro energético. Por tanto, mediante el estudio del presente proyecto se perseguirá:

“Fomentar el uso racional de la energía.

Promover la utilización de energías renovables o nuevas tecnologías de alta eficiencia energética.

Mejorar la gestión energética con la implantación de sistemas de gestión altamente desarrollados.”[2]

2. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

En este apartado se analiza el contexto actual de la eficiencia energética y el ahorro de energía. El análisis se centra en los sistemas más utilizados actualmente en la optimización de diferentes instalaciones en edificios existentes.

A continuación, se cita una importante premisa para encarar la optimización de diferentes instalaciones:

“El ahorro de energía y el mantenimiento están totalmente relacionados y no se pueden separar, si se quiere promover la eficiencia y el ahorro energético en el uso de las instalaciones. Para llevar a cabo una gestión energética global de un edificio o instalación que minimice el uso de energía externa, es necesario actuar según dos directrices básicas:

- *Implantación de proyectos energéticos*
- *Seguimiento de determinadas actividades de mantenimiento” [3]*

Así, mediante un correcto mantenimiento se asegura mantener el nivel de eficiencia de los equipos. Si se quiere incrementar la eficiencia se debe implementar un proyecto de sustitución del equipo actual.

En este segundo caso tenemos que:

“La implantación de un proyecto energético tiene dos fases:

- 1- Introducción de acciones de muy bajo coste y rápida implantación, que aportan un ahorro inmediato. Son acciones como ajustar el termostato, reducción de los niveles de iluminación, reducción de las ratios de ventilación, etc.*
- 2- Proyectos que requieren una inversión económica significativa y que consisten en la implantación de mejoras energéticas de los equipos existentes o la sustitución de los mismos por otras tecnologías más avanzadas y, por tanto, más eficientes; por ejemplo la sustitución de sistemas de volumen constante o de doble conducto por sistemas de VAV, implantar variadores de frecuencia en bombas y ventiladores, y sistemas de control que permitan adaptar y ajustar el suministro de flujo térmico a la demanda del sistema.” [3]*

Los proyectos pueden estar centrados en diferentes instalaciones como la climatización, ventilación o la iluminación. A continuación, se describen diferentes estrategias para la optimización de dichas instalaciones.

2.1. Eficiencia motores eléctricos

En cumplimiento del *Reglamento (UE) 2019/1781 de la comisión de 1 de octubre de 2019*[4], todos los motores eléctricos y variadores de nueva fabricación, incluidos los que pertenecen a otros componentes, deberán ser de categoría IE2 o superior, a partir del 1 de julio de 2021.

Deberán ser categoría mínima IE2 los motores trifásicos con potencia nominal igual o superior a 0,12 kW e inferior a 0,75 kW, con 2, 4, 6 u 8 polos.

Deberán ser categoría mínima IE3 los motores trifásicos con potencia nominal igual o superior a 0,75 kW e igual o inferior a 1.000 kW, con 2, 4, 6 u 8 polos.

A continuación, se muestran una gráfica donde se comparan motores de alto rendimiento con motores estándar[5]:

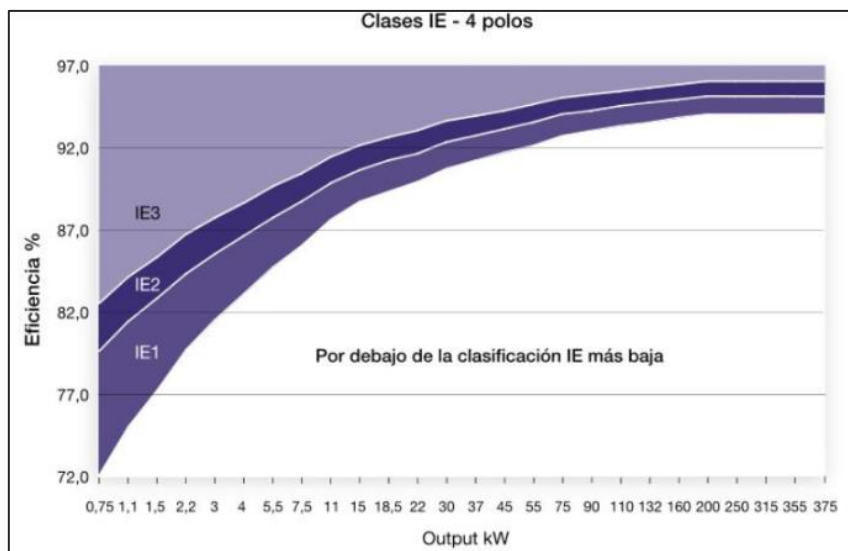


Figura 1: Eficiencia, en función de su potencia nominal en kW, de motores eléctricos 4 polos 50 Hz.

En el *Reglamento (UE) 2019/1781* mencionado anteriormente, se encuentran diferentes tablas con la eficiencia mínima para los motores eléctricos según su categoría, número de polos y potencia nominal, a 50 Hz. Cuadro 1 para la categoría IE2 y cuadro 3 para la categoría IE3.

2.2. Producción de aire comprimido

“Un 10% del consumo de energía industrial corresponde a la producción de aire comprimido.”[6]

El aire comprimido sirve de fuente de energía para diversas aplicaciones y también como medio de proceso en muchos casos. Por este motivo, es importante tener en cuenta que puede ser una fuente energética relativamente cara si no se emplean medidas de ahorro. Según diversos estudios, cerca del 80% de los costes del ciclo de vida del aire comprimido corresponden al coste energético:

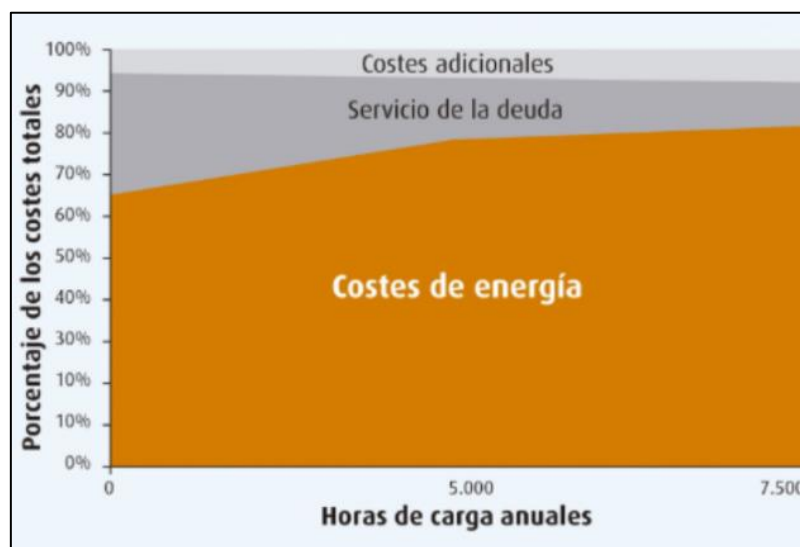


Figura 2: Costes totales de una estación de aire comprimido.[6]

Medidas de ahorro de energía

- Toma de datos de consumo y asignación de costes de energía a cada departamento o área de producción, en función de su consumo. Algunos ejemplos de implantación han llegado a obtener ahorros de 30-40%.
- Detección de fugas en la red de aire comprimido. Es la medida de ahorro más importante. Incluso en empresas con alto grado de mantenimiento, se llegan a detectar fugas de hasta un 30% de aire comprimido. A continuación, se expone una tabla donde se refleja la potencia que representan las fugas de aire comprimido en función de su diámetro[7].





Díámetro de orificio	Caudal de salida a una presión de trabajo de 7 bar	Potencia requerida para el compresor
Tamaño mm	l/s	kW
 1	1.2	0.4
 3	11.1	4.0
 5	31	10.8
 10	124	43

Figura 3: Potencia de consumo por fugas de aire comprimido en función de su diámetro.

- Rendimiento de la producción de aire comprimido. Un compresor solamente transforma alrededor de un 7% de la energía eléctrica utilizada en aire comprimido. La mayor parte de la energía se libera en forma de calor.
- Aprovechar el calor residual. Cuando el calor residual se puede aprovechar para otro proceso o instalación industrial, la eficiencia de la producción de aire comprimido aumenta considerablemente. Estos sistemas de recuperación de calor son relativamente fáciles de instalar y ofrecen un elevado potencial de ahorro.
- Optimización de la presión de red. Es importante trabajar con la presión de red adecuada a la instalación para conseguir un potencial ahorro considerable. Por ejemplo, si una empresa suele trabajar a 8,5 bar y puede reducir ese valor a 7 bar, puede conseguir un ahorro de energía de un 11%. Además, esta medida de ahorro se puede conseguir sin necesidad de una gran inversión.
- Evitar obstrucciones en la red de tuberías que puedan reducir el rendimiento de la instalación.
- Control adecuado del sistema de producción de aire comprimido. Por ejemplo, mediante compresores de velocidad variable para ahorrar energía. El objetivo será evitar los costes de inactividad y utilizar cada compresor para el rango de carga más adecuado.

2.3. Iluminación

El objetivo de mínimo uso de energía para el máximo confort visual y térmico lleva a dos conceptos básicos en la iluminación de espacios: utilizar la luz natural siempre que sea posible y ajustar el flujo lumínico en función de las necesidades de cada momento.

Además, la reducción del uso de la iluminación artificial, tiene un doble efecto positivo sobre el ahorro energético: ahorro directo de energía eléctrica y disminución de demanda térmica de refrigeración en épocas cálidas.

A continuación, se describen diferentes estrategias para el aumento de la eficiencia energética en iluminación:

- **Lámparas:**

Tipus de làmpada	Rang de potència	lm/W	Vida útil mitjana, h	Aplicació
Incandescents, halògenes de baixa tensió	5 - 100	10 - 25	2.000 – 3.500	Localitzada Decorativa
Tub fluorescent de 26 mm	18 - 58	65 - 96	8.000 – 16.000	General
Tub fluorescent de 16 mm	14 - 80	80 - 105	12.000 – 16.000	General
Fluorescent compacte	5 - 55	60 - 85	8.000 – 12.000	General Localitzada Decorativa

Figura 4: Tipos de lámparas, eficiencia y aplicación.[3]

- **Luminarias:** es importante escoger la distribución de la luz de las luminarias adecuada al espacio o a la zona a iluminar.
- **Sectorización:** para espacios grandes, es importante disponer de diferentes circuitos que se puedan accionar por separado. En líneas paralelas a la fachada que dispone de luz natural, para aprovechar la luz natural y utilizar la luz artificial para iluminar espacios internos
- **Sistemas de regulación y control:** temporizadores descentralizados, controles de presencia, regulación de la iluminación artificial en función de la aportación de luz natural y regulación y control mediante un sistema de gestión centralizado.
- **Plan de mantenimiento periódico:** limpieza de luminarias, sustitución periódica de lámparas para mantener el nivel de seguridad.
- Concienciación del personal del uso responsable de los sistemas de iluminación.

2.4. Mantenimiento

Las tareas de mantenimiento son acciones que se realizan periódicamente, en función de las necesidades de los equipos y las instalaciones, para optimizar el funcionamiento de los mismos y conservar las instalaciones en perfecto estado de uso y funcionamiento.

Cabe destacar, que el mantenimiento no se basa simplemente en la reparación y supervisión de los componentes mecánicos de una instalación como pueden ser motores, bombas, compresores, etc. La limpieza de maquinaria y zona de trabajo, conductos de ventilación, luminarias, etc. contribuirá, de igual modo, a mantener la eficiencia de las instalaciones.

- **Mantenimiento preventivo:** acciones periódicas para mantener los equipos e instalaciones en óptimas condiciones de trabajo. El mantenimiento preventivo permite mantener las instalaciones en su nivel esperado de eficiencia, así como alargar su vida útil. La periodicidad del mantenimiento preventivo dependerá de las especificaciones definidas por el fabricante de cada equipo y de las necesidades de cada instalación, en función de su proceso productivo.
- **Mantenimiento correctivo:** acciones no previstas originadas por la detección de averías o anomalías en el funcionamiento de un equipo o instalación.

Tal como se ha explicado en los puntos anteriores, un plan de mantenimiento bien gestionado será clave para mantener la eficiencia energética de los equipos e instalaciones, así como alargar su vida útil, lo que nos llevará a aumentar la eficiencia económica de los mismos.

2.5. Equipos de alta eficiencia

“El consumo de energía en los edificios se define según la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo energético} = \text{Demanda energía} / \text{Rendimiento sistema}$$

De esta fórmula se puede extraer que para reducir el consumo energético se puede actuar según tres estrategias:

- *Reducir la demanda energética.*
- *Aumentar el rendimiento de las instalaciones de los edificios con sistemas optimizados i de alta eficiencia energética.*
- *Reducir el consumo energético.” [2]*

La demanda energética se puede reducir mediante medidas pasivas, arquitectónicas y de diseño.

El consumo energético se puede reducir mediante energías renovables, que llevarán a la reducción del consumo de energía primaria no renovable i de las emisiones de CO₂. Medir y monitorizar los consumos energéticos, la producción de energía y los parámetros ambientales. Mejorar los hábitos de consumo de los usuarios de los edificios.

Los sistemas de gestión energética, junto con los sistemas de regulación y control de las instalaciones, formarán un equipo que será clave tanto en la reducción del consumo energético como el mantenimiento del rendimiento de las instalaciones.

El sistema de gestión energética permite controlar y analizar de forma sistemática las variables que influyen en la adquisición, la transformación y el consumo de energía de un edificio o planta industrial.

El sistema de regulación y control, mediante un conjunto de elementos físicos conectados con la instalación, permite la regulación de un sistema determinado según unas consignas definidas para un punto de trabajo determinado de una instalación. Este punto de trabajo será determinado según el objetivo que deba cumplir una instalación, tanto a nivel productivo como a nivel de eficiencia energética. Con la instalación trabajando siempre en el punto deseado, se evitará el gasto innecesario de energía, lo que llevará a un aumento en el rendimiento del sistema.

3. DATOS GENERALES

Productos Alimenticios Gallo S.L., en adelante PAG, forma parte del grupo catalán Pastas Gallo que es líder en el ramo de la alimentación en España.

Actualmente el grupo se compone de cuatro centros productivos. Tres de estos ubicados en Cataluña y uno en Córdoba.

El presente estudio se centrará en el centro productivo PAG, pastificio, envasado, oficinas y uno de los almacenes automáticos, situado en Granollers.

3.1. Descripción general de la planta

Las instalaciones que se estudian se encuentran en:

Avenida Sant Julià 114-146

Polígono Industrial Sant Julià.

08403 Granollers

Barcelona

PAG comparte recinto con Productos Alimenticios Frescos S.L. – FRES – que también forma parte del grupo Pastas Gallo.



Figura 5: Vista aérea del complejo industrial del Grupo Gallo en Granollers.[8]

Se pueden apreciar dos sectores bien diferenciados dentro de lo que se denomina PAG. 1) Pastificio, envasado, oficinas y almacén. 2) Semolería.

En el presente estudio no se tratará la parte de Semolería.



Figura 6: Vista lateral del centro productivo PAG.

En la *Figura 6*, se puede ver la zona de silos, donde se almacena el producto proveniente de semolería. Además, se observa la fachada de la sala de calderas y compresores (fachada amarilla) y, en la parte superior, parte de la fachada de pastificio (en blanco).



Figura 7: Perspectiva del centro productivo PAG.

En la *Figura 7*, se puede ver otra vista de la zona de los silos. Además, se observa una perspectiva del edificio de oficinas y servicios informáticos (fachada acristalada).

Los edificios que forman parte de PAG se pueden dividir según la actividad que se desarrolla de la siguiente forma:

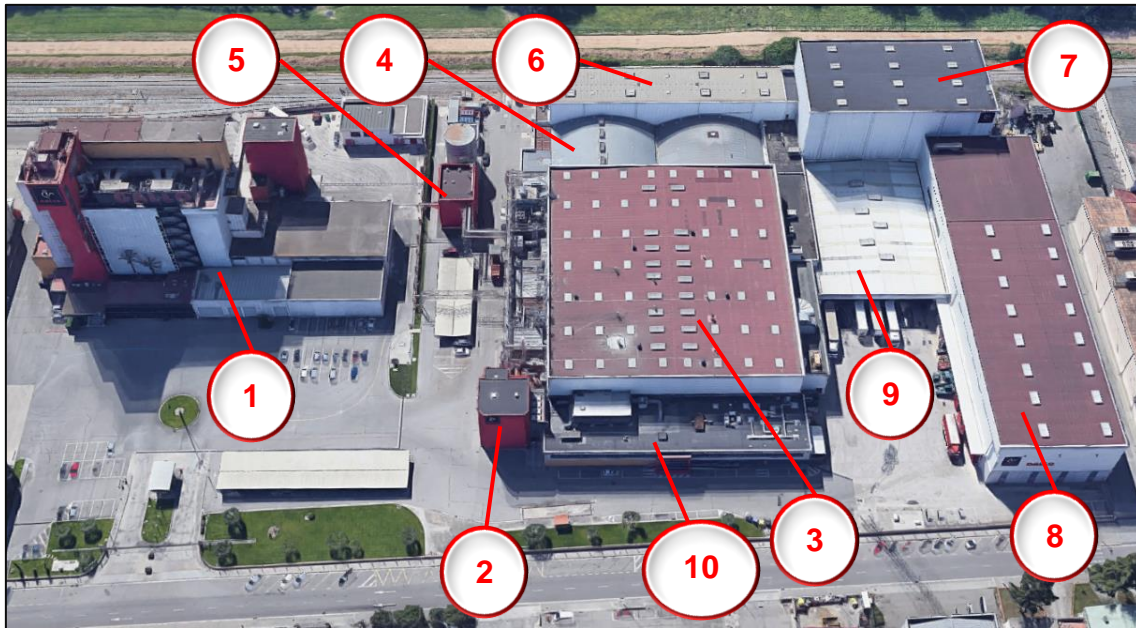


Figura 8: Distribución de zonas según actividad productiva PAG. [9]

Tabla 1: Distribución de zonas según actividad productiva PAG.

1	Semolería
2	Silos
3	Pastificio
4	Envasado
5	Remolido
6	Almacén automático 1
7	Almacén automático 2
8	Almacén automático 3
9	Expediciones
10	Oficinas y servicio informáticos

3.2. Energía y combustibles utilizados

En su gestión interna, PAG, hace distinción de dos zonas productivas denominadas semolería y pastificio, por lo que energéticamente también se presentan independientes.

Pastificio incluye las actividades de amasado y horneado de la pasta (“pastificio”), envasado, remolido, almacén y servicios auxiliares.

Las principales fuentes de energía que consume pastificio son electricidad, gas natural y gasoil.

Electricidad

Las instalaciones se alimentan de la red eléctrica, la cual efectúa el suministro a una tensión nominal de 25 kV. Endesa Distribución es la empresa encargada de la distribución de la electricidad que llega a las instalaciones.

Los contadores de electricidad son propiedad de Endesa Distribución

La tarifa de contratación del término de energía activa actual es de tipo precio fijo.

Tabla 2: Consumo eléctrico y coste anual pastificio.

Zona	Consumo Eléctrico Anual	Coste Anual	Coste Energía
Pastificio	6.732.845 kWh	668.115 €	99,23 €/MWh

La electricidad consumida se utiliza principalmente en:

- Líneas de producción de pasta
- Agua caliente industrial
- Climatización de planta
- Aire comprimido
- Iluminación

Gas Natural

El gas utilizado en las instalaciones es suministrado por la empresa distribuidora Gas Natural Fenosa Distribución. Se trata de una instalación con una presión igual o inferior a los 4 bares y un consumo anual superior a los 8 GWh.

Todo el gas se consume en la zona de pastificio

Tabla 3: Consumo de gas y coste anual pastificio.

Zona	Consumo Gas Anual	Coste Anual	Coste Energía
Pastificio	15.480.605 kWh	534.590 €	34,53 €/MWh

Los principales usos del gas en las instalaciones son:

- Producción de agua caliente industrial
- ACS

Agua

La empresa encargada de dar el suministro de agua a las instalaciones es SOREA.

El consumo anual de agua para 2019 es el siguiente:

Tabla 4: Consumo de agua y coste anual

Zona	Consumo Agua Anual	Coste Anual	Coste Energía
Pastificio	16.625 M ³	14.325 €	0,86 €/M ³

Principalmente el agua se consume en los siguientes procesos:

- Masa para producción de pasta

Gasoil

El gasoil es una fuente de energía con un uso reducido en las instalaciones PAG.

Tabla 5: Consumo de gasoil y coste anual.

Zona	Consumo Gasoil Anual	Coste Anual	Coste Energía
Pastificio	2.000 L	2.000 €	1,00 €/L

Los principales consumidores son:

- 1 caldera en la zona de pastificio, con un uso poco frecuente.
- 1 generador auxiliar, con un uso poco frecuente.
- 1 carretilla elevadora, con un uso más habitual.

Sumario

Resumen de los consumos energéticos del año 2019:

Tabla 6: Tabla resumen consumos de energía anuales para el año 2019.

Fuente Energética	Consumo Anual	Coste Anual	Coste Energía
ELECTRICIDAD	6.732.845 kWh	668.115 €	99,23 €/MWh
GAS	15.480.605 kWh	534.590 €	34,53 €/MWh
AGUA	16.625 M ³	14.325 €	0,86 €/M ³
GASOIL	2.000 L	2.000 €	1,00 €/L

3.3. Reparto de los consumos energéticos

A continuación, se presenta la evolución de los consumos de los tres últimos años:

Electricidad

Histórico de consumo

A continuación, se presenta la evolución de los consumos de los últimos tres años:

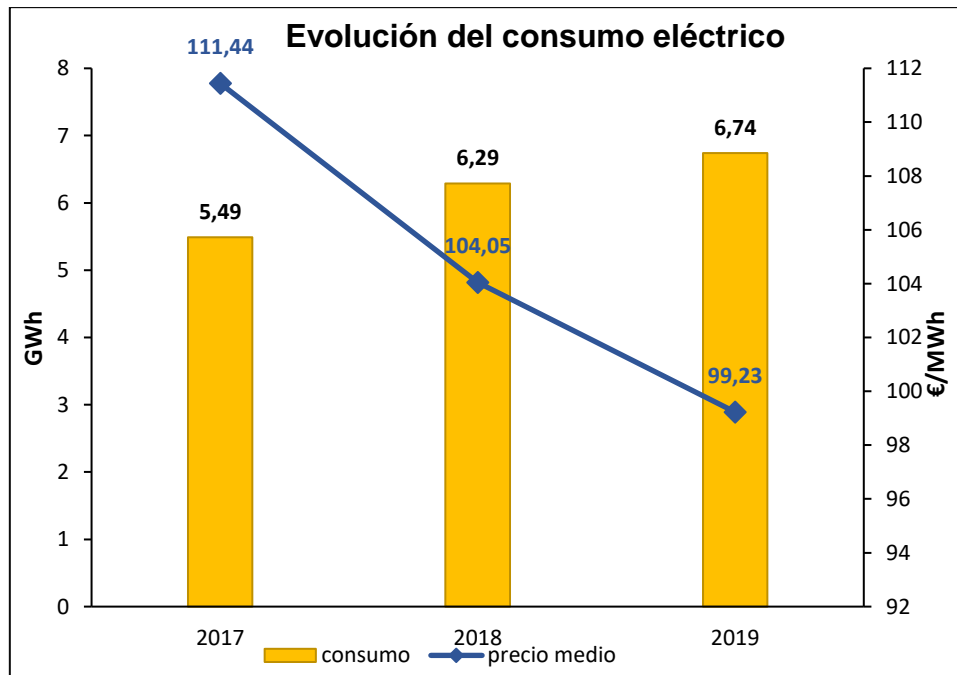


Figura 9: Evolución del consumo eléctrico 2017-2019.

Se aprecia que el consumo eléctrico ha aumentado en el 2019 respecto al 2018 y el precio medio de electricidad ha disminuido un 4,6%.

Consumo del año 2019

A partir de los datos facilitados por la propiedad se construye la tabla donde se muestran los consumos del año 2019 por meses.

Tabla 7: Consumo eléctrico por meses año 2019.

Mes	Consumo kWh
Enero	524.410
Febrero	592.397
Marzo	565.812
Abril	539.457
Mayo	491.346
Junio	520.479
Julio	758.414
Agosto	281.711
Septiembre	641.416
Octubre	554.051
Noviembre	707.160
Diciembre	556.191

Gráficamente:

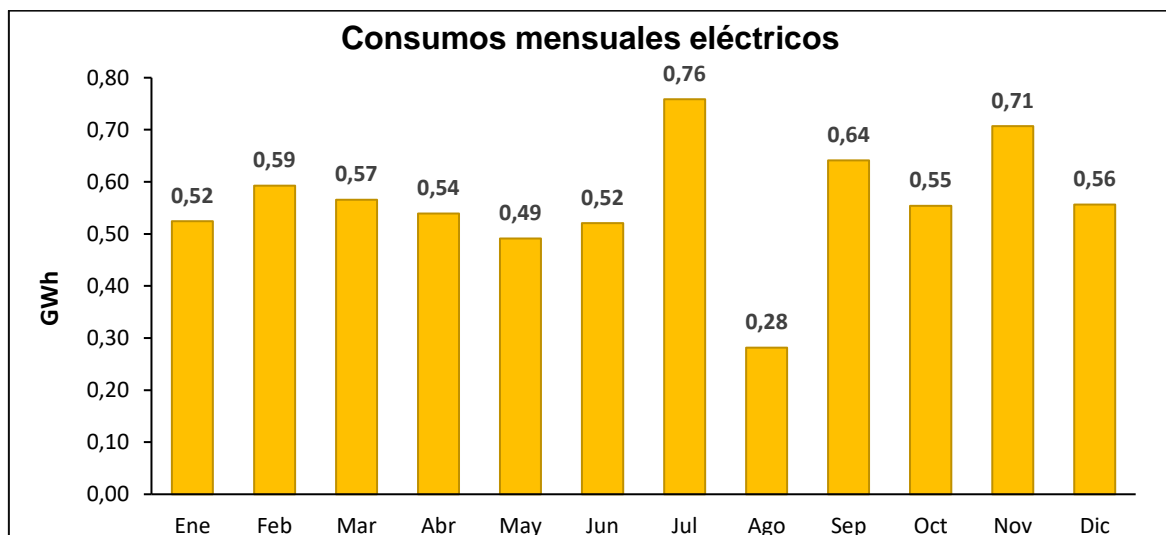


Figura 10: Evolución del consumo eléctrico por meses año 2019.

Se aprecia un consumo regular en la primera mitad del año 2019. La segunda mitad del año es irregular, destacando un máximo el mes de julio con 0,76 GWh y un mínimo el mes de agosto con 0,28 GWh.

Análisis de la facturación

La tarifa que está suscrita Pastas Gallo es: 6.1.A

La tensión de alimentación de la planta es 25.000 V.

Las condiciones de tarifa son de precio fijo.

En la facturación del consumo eléctrico se incluyen los siguientes conceptos:

Tabla 8: Distribución de costes de facturación eléctrica año 2019.

Concepto	Coste [€]	%
Energía	412.437	61,73%
ATR	53.954	8,08%
Potencia	153.729	23,01%
Otros Costes	15.510	2,32%
Impuesto Eléctrico	32.470	4,86%
Total	668.100	100,00%

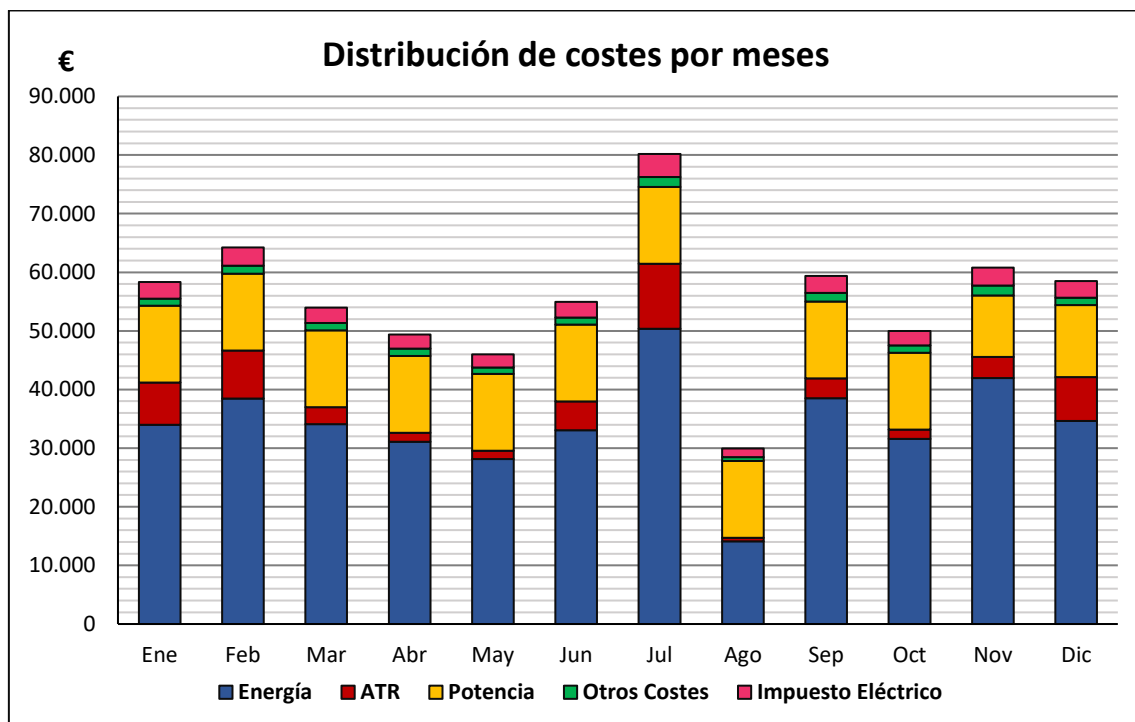


Figura 11: Distribución de costes de facturación eléctrica por meses año 2019.

Gas Natural

Histórico de consumo

A continuación, se representa la evolución del consumo en los últimos tres años:

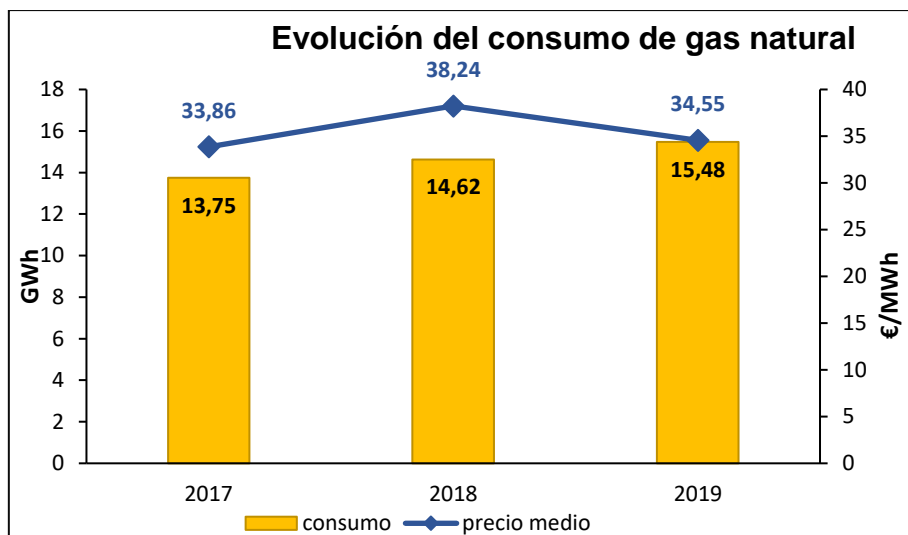


Figura 12: Evolución del consumo de gas natural 2017-2018.

Se aprecia en la *Figura 12* que el consumo de gas natural ha aumentado en 2019 respecto al 2018 y el precio medio de gas natural ha disminuido en un 9,65%.

Consumo del año 2019

A partir de los datos facilitados por la propiedad se construye la tabla donde se muestran los consumos del año 2019 por meses:

Tabla 9: Consumo de gas natural por meses año 2019.

Mes	Consumo kWh
Enero	524.410
Febrero	592.397
Marzo	565.812
Abril	539.457
Mayo	491.346
Junio	520.479
Julio	758.414
Agosto	281.711
Septiembre	641.416
Octubre	554.051
Noviembre	707.160
Diciembre	556.191

Gràficament:

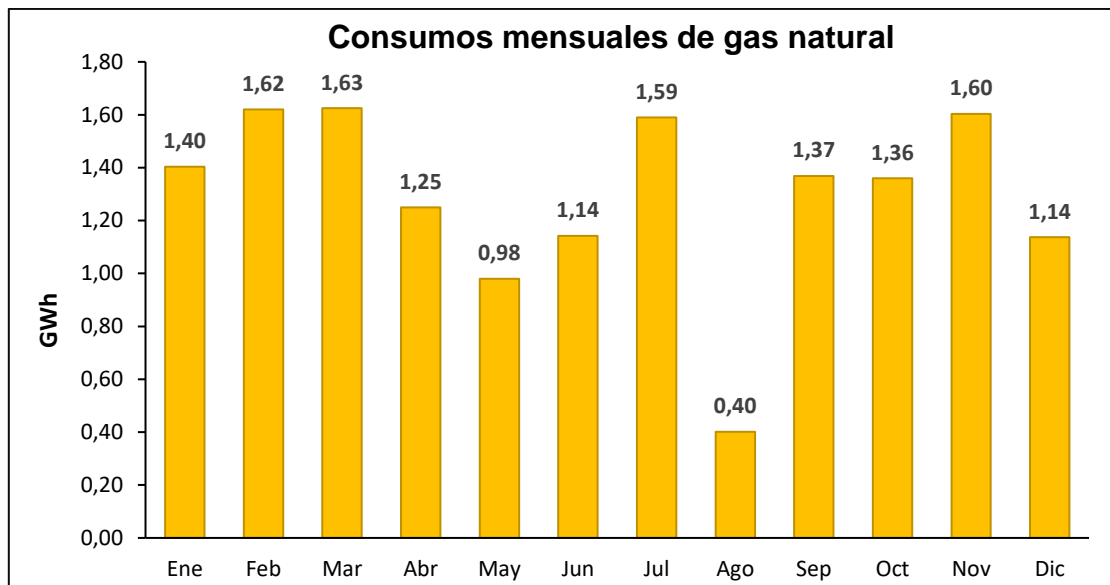


Figura 13: Evolución del consumo de gas natural por meses año 2019.

Se vuelve a observar un claro descenso de consumo en agosto, debido a la parada de producción de verano.

Análisis de la facturación

La tarifa de gas natural es: 3.5

Esta tarifa permite un descuento por nocturnidad si su consumo entre las 23:00 y 07:00 es mayor del 30% del total del mes.

En la facturación del gas natural se incluyen los siguientes conceptos:

Tabla 10: Distribución de costes de facturación de gas natural año 2019.

Concepto	Coste [€]	%
Energía	438.207	85,92%
Fijo	63.083	12,37%
I.H.	7.929	1,55%
Alquiler equipos	802	0,16%
Total	510.021	100,00%

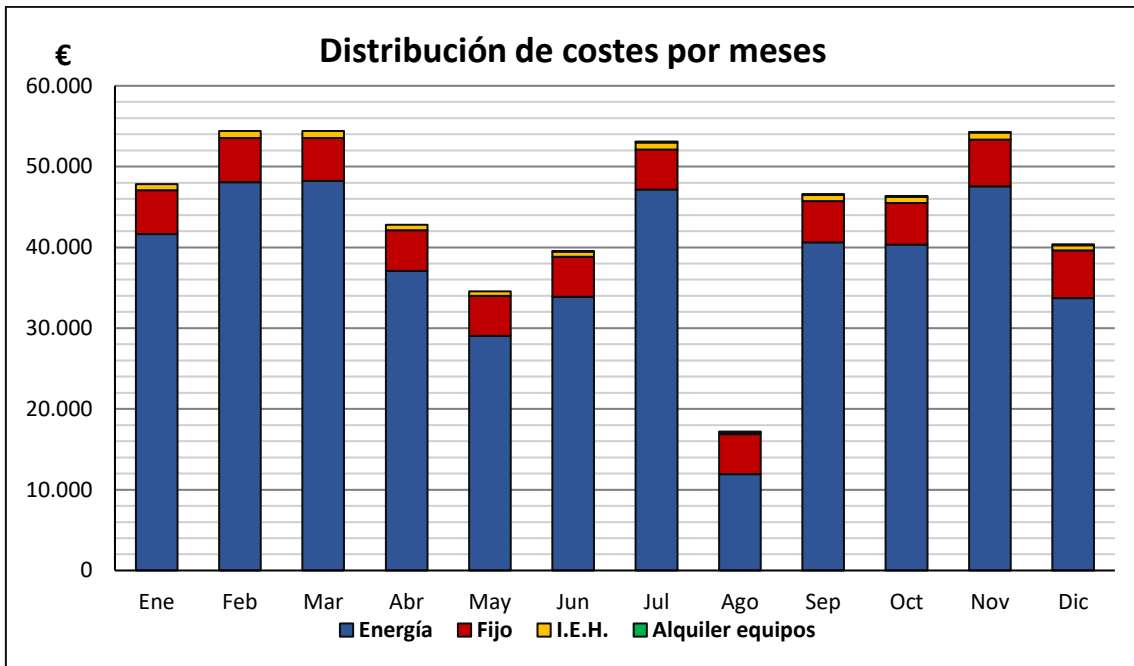


Figura 14: Distribución de costes de facturación de gas natural por meses año 2019.

Gasoil

Histórico de consumo

A continuación, se representa la evolución del consumo en los últimos tres años:

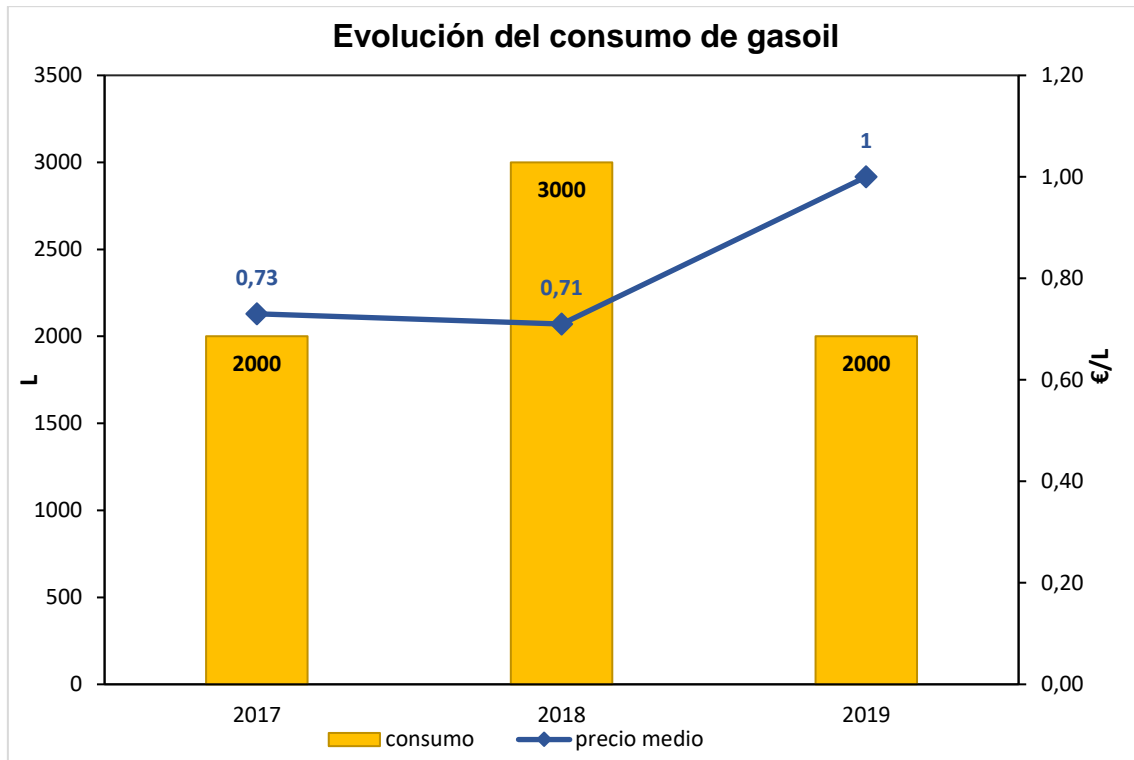


Figura 15: Evolución del consumo de gasoil 2017-2019.

Análisis de la facturación

El consumo de gasoil es residual en comparación con el resto de energías. Representa el 0,05% de la facturación total.

Agua

Histórico de consumo

Evolución del consumo de agua de los últimos tres años:

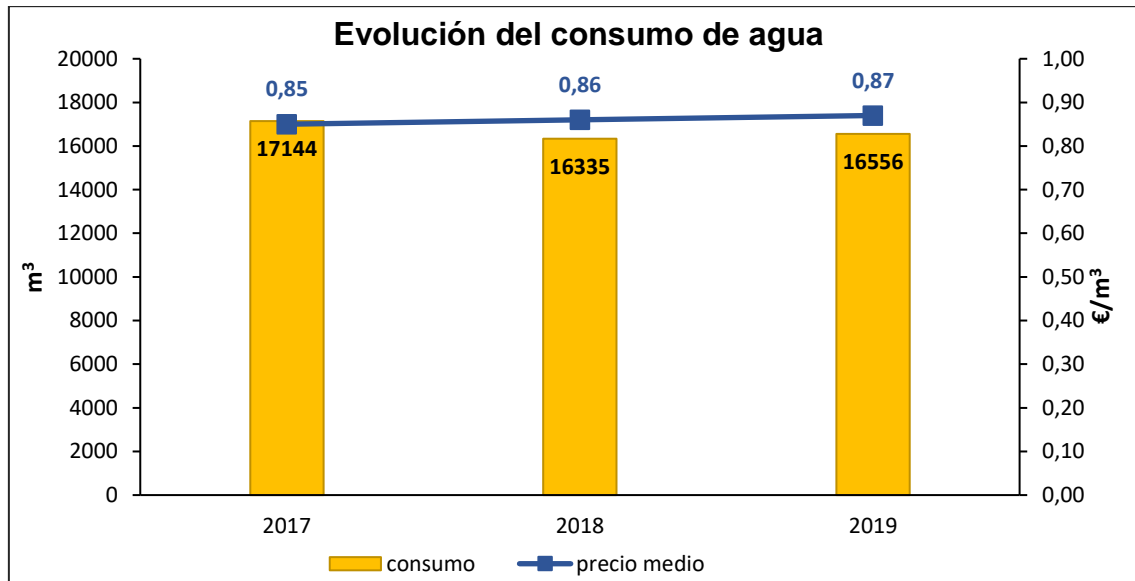


Figura 16: Evolución del consumo de agua 2017-2019.

El precio medio de agua se ha incrementado un 1,15% respecto al 2017.

Consumo del año 2019

Tabla 11: Consumo de agua por meses año 2019.

Mes	Consumo kWh
Enero	524.410
Febrero	592.397
Marzo	565.812
Abril	539.457
Mayo	491.346
Junio	520.479
Julio	758.414
Agosto	281.711
Septiembre	641.416
Octubre	554.051
Noviembre	707.160
Diciembre	556.191

Gràficament:

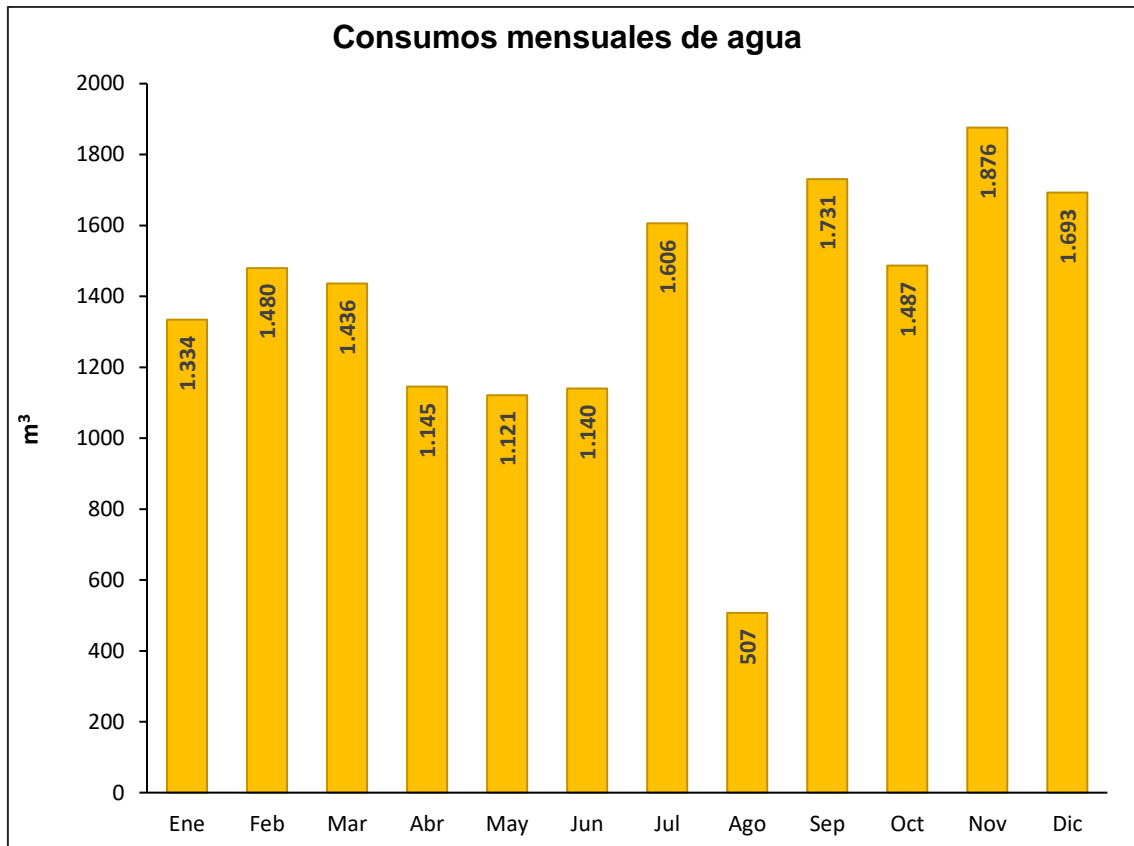


Figura 17: Evolución del consumo de agua por meses año 2019.

Análisis de la facturación

El consumo de agua representa el 0,074% de la facturación total.

3.4. Ratios energéticas

Producció

La evolució de la producció en PAG durant els últims tres anys se presenta a continuació:

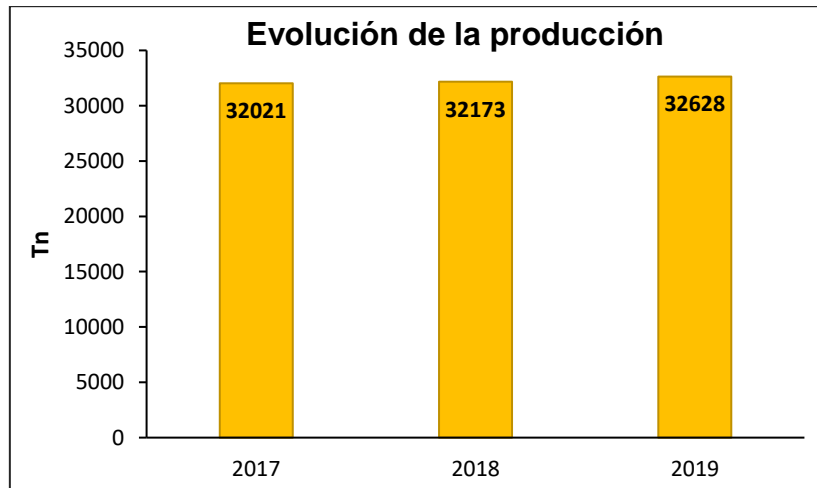


Figura 18: Evolució de la producció en PAG durant els anys 2017-2019.

La producció anual ha augmentat en un 1,41% respecte al 2018.

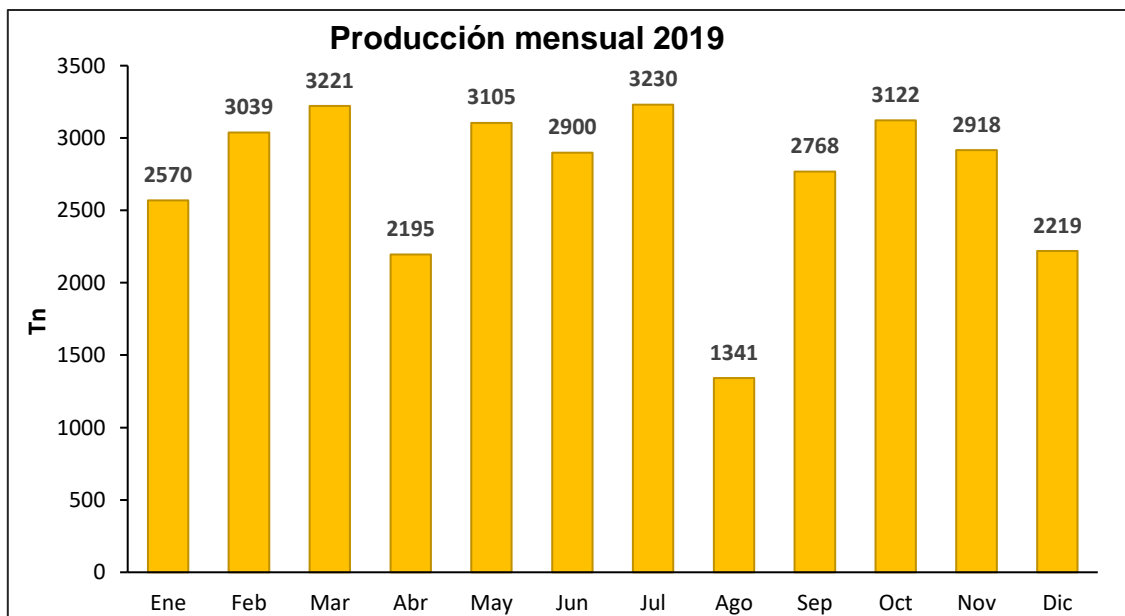


Figura 19: Evolució de la producció mensual en PAG durant el any 2019.

La producció se manté regular a lo largo del 2019, excepto en los meses de abril, agosto y diciembre, que coinciden con las paradas de fábrica.

Ratios energéticas

Como se ha visto en apartados anteriores, los consumos de agua y gasoil son prácticamente despreciables respecto a los consumos de electricidad y gas natural. Así, únicamente se realizará el análisis de las ratios energéticas de electricidad y gas natural respecto a las toneladas de pasta producida.

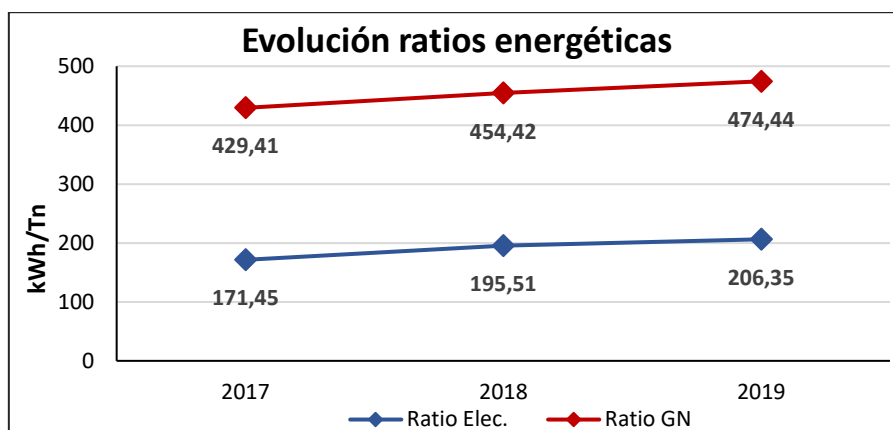


Figura 20: Evolución ratios energéticas 2017-2019.

La evolución de las ratios es negativa. Se ha incrementado un 5,55% la ratio eléctrica y un 4,41% la ratio de gas natural respecto al año 2018.

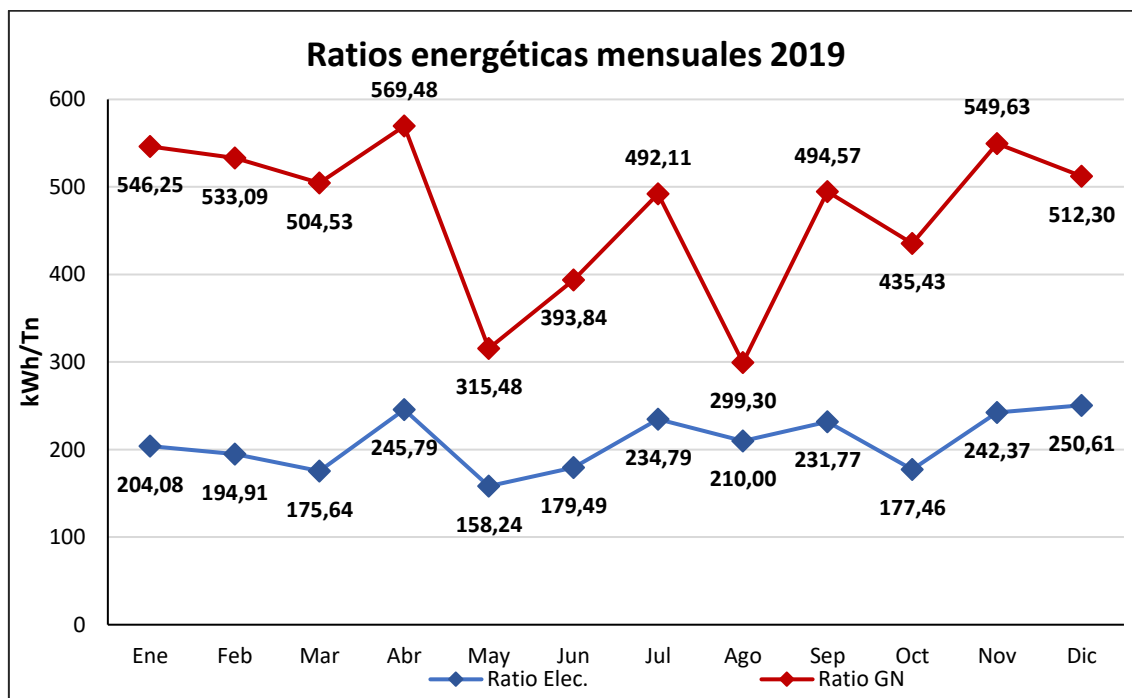


Figura 21: Evolución ratios energéticas mensuales durante el año 2019.

La ratio eléctrica presenta una evolución prácticamente regular y no se extraen conclusiones relevantes. La ratio de gas natural disminuye en la época de verano y aumenta en invierno por la influencia del clima.

4. ANÁLISIS DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES

A continuación, se realiza el análisis de las instalaciones existentes en los edificios que componen PAG.

4.1. Edificios

Las instalaciones de PAG tienen una superficie de 16.500 m² y se realizan las siguientes actividades:

- Producción de pasta
- Envasado de pasta
- Almacén de producto acabado
- Almacén de carga
- Oficinas
- Diversos locales para equipamientos, compresores de aire, calderas y talleres.

4.2. Funcionamiento de la planta

El horario de funcionamiento de PAG se divide en un turno central de 8 horas para las oficinas y en tres turnos de 8 horas de lunes a domingo para las plantas de producción.

Tabla 12: Horario de funcionamiento de la planta PAG.

Sección	Horario	Horas/Día	Días/Semana	Días/Año	Total horas/Año
Oficinas	8:00-14:00	8	5	225	1.800
	15:00-17:00				
Producción		24	7	335	8.040

Este horario se mantiene durante todo el año 2019.

4.3. Electricidad general

La alimentación eléctrica a PAG se realiza a 25 kV y se transforma a 400 V mediante siete transformadores que hay instalados. De estos siete transformadores, tres alimentan a pastificio.

- Dos transformadores de 1600 kVA cada uno que alimentan:
 - Líneas de producción
 - Envasado
 - Climatización fábrica
 - Almacén inteligente
 - Aire comprimido
 - Calderas
 - Iluminación
 - Soplantes
 - Laboratorio
 - Agua
 - Servicios generales
 - Vestuarios
 - Transporte cajas

- Un transformador de 1600 kVA de reserva que puede conectar con cada uno de los dos transformadores para dar servicio en caso de avería.

4.4. Equipos de medida de energía

Electricidad

- Contador general propiedad de la compañía suministradora.
- Analizadores de redes en cada una de las principales líneas de consumo eléctrico que reportan la información a un software de gestión energética.

Gas natural

- Contador general propiedad de la compañía distribuidora.

Agua

- Contador general propiedad de la compañía suministradora.

4.5. Proceso productivo

Esquema productivo



Figura 22: Esquema productivo de pastificio en PAG.

El proceso productivo representado engloba todas las operaciones necesarias para transformar la sémola que llega desde semolería, el otro proceso productivo presente en PAG, en pasta envasada, encajada y almacenada.

Producción de pasta

Descripción

La producción de pasta fabrica los siguientes productos:

- Pasta corta
- Pasta pequeña
- Pasta larga
- Placas lasaña/canelón

Estos productos se producen en líneas continuas de la marca FAVA.

La planta tiene seis líneas de producción de las cuales tres producen pasta corta (P2, P3, P4), una produce pasta pequeña (P5), una produce pasta larga (P6) y una produce placas de canelón y lasaña (P7).

El funcionamiento de todas las líneas es el mismo y las fases de producción son las siguientes:

- **Amasado y extrusionado:** amasar y conformar el producto.
- **Trabatto:** endurecer el producto.
- **Encartado y secado:** extraer humedad del producto.
- **Enfriado:** enfriarlo para poder almacenar el producto.

La sémola se mezcla con agua y se introduce en una caja al vacío que contiene una espiral que realiza la masa. Esta masa se introduce en la extrusionadora para que realice la forma deseada de la pasta.

La pasta que sale de la extrusionadora se introduce en el trabatto para endurecer la parte exterior de la pasta. Es una cabina cerrada donde se calienta el producto a 80-90 °C. La aportación de calor se realiza mediante aire movido por ventiladores que se produce mediante intercambiadores de calor agua/aire.

En el encartado y secado se elimina la humedad del producto hasta dejarlo en las condiciones deseadas. Al igual que el trabatto, es una cabina cerrada con una temperatura interior de 60 °C y control de humedad. La aportación de calor se realiza mediante aire caliente movido por ventiladores y que se produce mediante intercambiadores de calor agua/aire. La línea 7 tiene una aportación extra de vapor para simular las condiciones de producción en continuo cuando se está arrancando o parando la línea. Esta aportación de vapor se realiza con una caldera eléctrica.

El enfriado se realiza en una cabina cerrada donde el producto se enfría a temperatura ambiente para ser almacenado en silos. Hay tres tipos de enfriados:

- Aire ambiente – P2, P3, P4, P5.
- Agua de pozo – P6.
- Agua refrigerada – P7.

El aire es introducido por medio de ventiladores y dependiendo de la línea de producción hay intercambiadores agua/aire.



Figura 23: Amasadora



Figura 24: Extrusionadora.



Figura 25: Trabatto, secado y enfriado.

Se destaca:

- Los motores de las extrusionadoras tienen variador de frecuencia.
- Los motores del trabatto, secado y enfriado de la línea P7 tienen variadores de frecuencia.
- Los motores de las P2, P3, P4, P5 y P6 carecen de variador de frecuencia en el trabatto, secado y enfriado.
- No se recupera el calor del aire caliente que se extrae en secadores y trabatto.
- Pérdidas de calor por válvulas sin aislar.
- Pérdidas de calor por juntas del trabatto y secado.

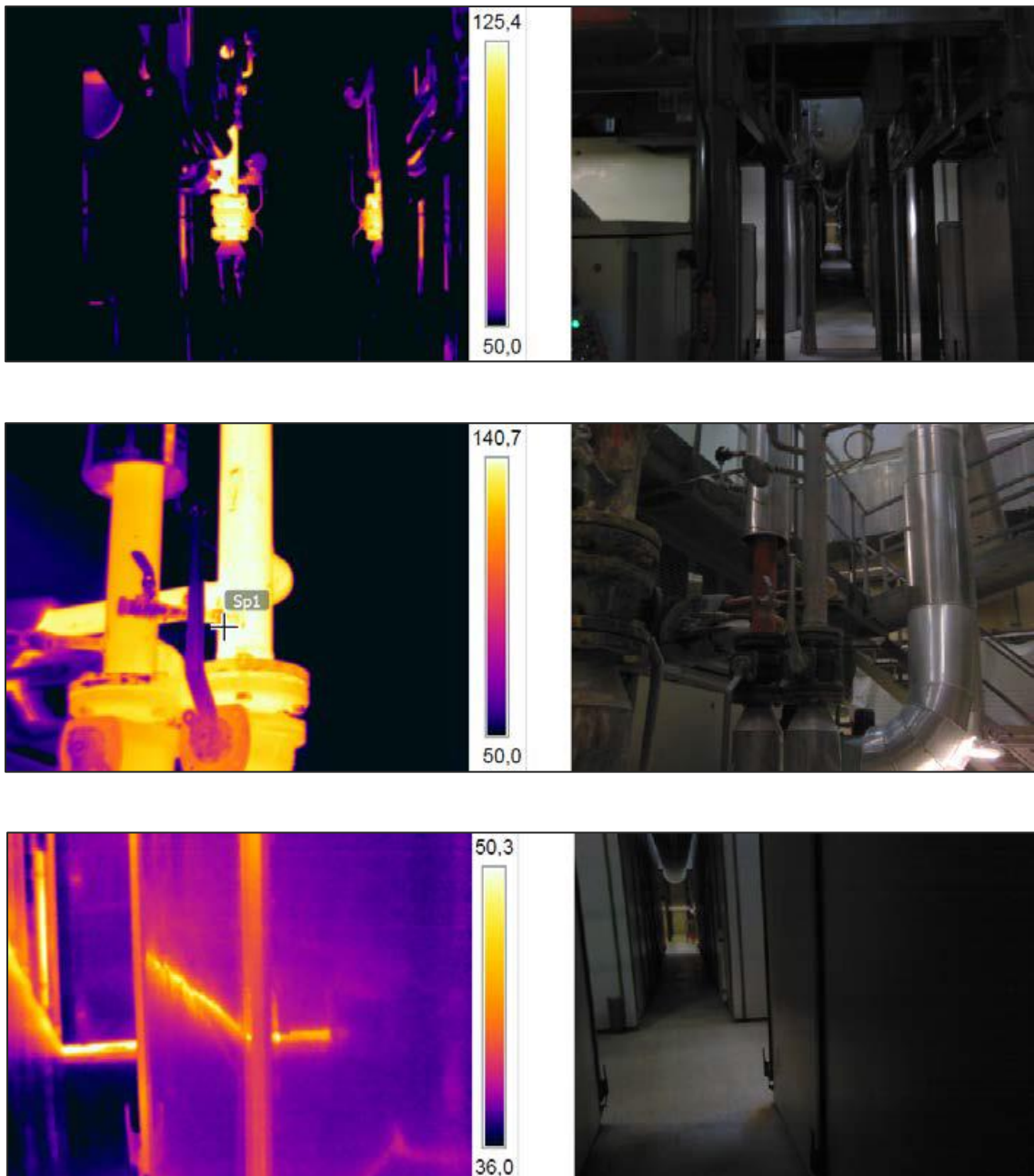


Figura 26: Termografías instalación agua caliente y P2 encartado.

Consumos eléctricos

Con los datos facilitados por la propiedad, las líneas de fabricación de pasta consumen 2.463.491 kWh/año con un coste de 244.458 €/año.

Estos consumos se reparten de la siguiente forma:

Tabla 13: Consumo eléctrico anual líneas de producción.

Líneas	Consumo [kWh/año]	%
P2	422.688	17,16%
P3	446.550	18,13%
P4	604.785	24,55%
P5	318.908	12,95%
P6	380.160	15,43%
P7	290.400	11,79%
TOTAL	2.463.491	100%

Consumos de gas natural

Con los datos facilitados por la propiedad el 79,32% del gas natural se utiliza para secado de la pasta en las líneas de producción. Esto representa un consumo de 12.279.439 kWh/año con un coste de 426.328 €/año.

Estos consumos se reparten de la siguiente forma:

Tabla 14: Consumo de gas natural anual líneas de producción.

Líneas	Consumo (kWh/año)	%
P2	1.955.364	15,84%
P3	1.959.814	15,87%
P4	4.360.078	35,32%
P5	1.789.678	14,50%
P6	1.581.544	12,81%
P7	699.093	5,66%
TOTAL	12.279.439	100%

Envasado

Descripción

Envasado de la pasta fabricada en diferentes formatos de paquetes y bolsas. La planta cuenta con 11 líneas de envasado y cada línea está compuesta por las siguientes fases:

- Pesadora
- Envasado
- Control de peso
- Encajadora
- Transporte



Figura 27: Pesadora.



Figura 28: Envasado y control de peso.



Figura 29: Encajadora.



Figura 30: Transporte.

Se destaca:

- Reductores de vis sin fin de bajo rendimiento.

Consumos eléctricos

Con los datos facilitados por la propiedad, las líneas de envasado de pasta consumen 435.744 kWh/año con un coste de 43.240 €/año.

Paletizado y enfardado

Descripción

Realización de los palés para la distribución de los productos. La planta cuenta con 6 celdas de paletizado con dos robots cada una y una enfardadora.



Figura 31: Paletizado.



Figura 32: Enfardado.

Consumos eléctricos

Con los datos facilitados por la propiedad, la zona de paletizado y enfardado consumen 150.580 kWh/año con un coste de 14.943 €/año.

4.6. Instalación agua caliente industrial y ACS

Descripción

Actualmente, el agua caliente industrial se obtiene mediante un intercambiador de aceite térmico – agua caliente. El aceite térmico se produce en una caldera de gas natural. Las principales características de la instalación son:

Tabla 15: Características caldera aceite térmico.

CALDERA ACEITE TÉRMICO	
Marca	PIROBLOC
Gama	GFT
Modelo	300/40/H2
Fluidos contenidos	Aceite térmico
Potencia calorífica	3750 kW
Presión máxima admisible	7 bar
Temperatura máxima de servicio	300 °C
Temperatura de diseño	300 °C
Rendimiento térmico	91,76 %
Temperatura humos	212 °C
Volumen	2125 L
Número de fábrica	1005
Año de fabricación	2013

Tabla 16: Características quemador caldera.

QUEMADOR CALDERA	
Marca	WEISHAUPT
Tipo	WM G30/3-A
Potencia calorífica	600 - 5700 kW
Potencia eléctrica	16,79 kW
Consumo de gas	47 - 252 Nm ³ /h
Regulación	modulante

Tabla 17: Características bombas circulación aceite térmico.

BOMBAS CIRCULACIÓN ACEITE TÉRMICO	
Marca	STERLING
Tipo	ZTND 080200
Potencia eléctrica	30 kW

Tabla 18: Características bombas circulación agua caliente.

BOMBAS CIRCULACIÓN AGUA CALIENTE	
Marca	FLOWSERVE
Tipo	MARK3ISO
Potencia eléctrica	75 kW
Caudal	1400 m ³ /h

Se trata de una instalación nueva donde la caldera tiene incorporado los siguientes sistemas de eficiencia energética:

- Sonda lambda para la regulación automática de oxígeno de la combustión.
- Quemador modulante.
- Variador de velocidad del ventilador del aire del quemador.

No incorpora un intercambiador de humos para aprovechar el calor de los gases de combustión.

El circuito primario de bombas se encarga del movimiento del aceite térmico y el circuito secundario del agua caliente industrial. Sistemas de eficiencia energética incorporados:

- Variador de velocidad en bombas de agua caliente.

El intercambiador de aceite térmico – agua caliente está situado dentro de la sala de la caldera. Se trata de un intercambiador de tipo tubular.

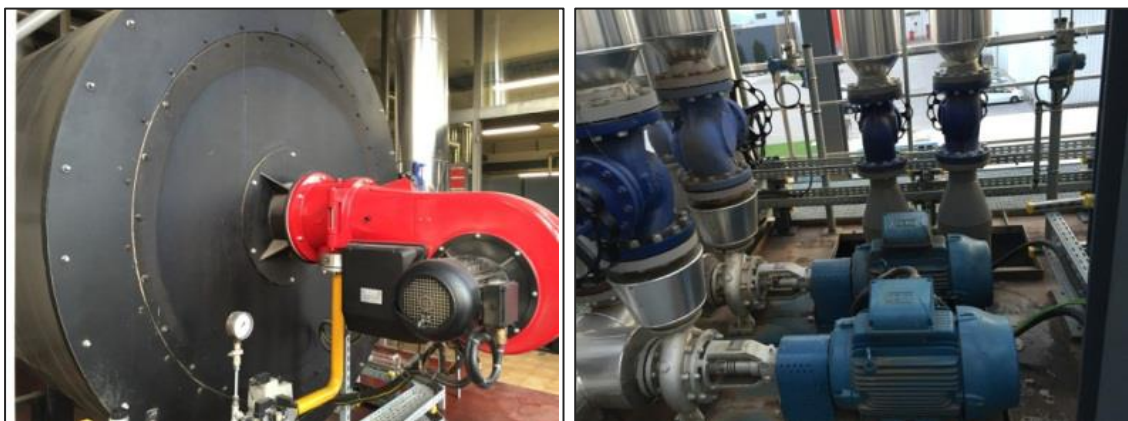


Figura 33: Caldera de aceite térmico (izquierda) y bombas de aceite térmico (derecha).



Figura 34: Bombas de agua caliente (izquierda) e intercambiador de calor (derecha).

Se destaca:

- La caldera no tiene instalado un intercambiador de humos.
- Una parte del intercambiador aceite térmico – agua caliente no está calorifugado.
- Válvulas no calorifugadas.

Utilización

El agua caliente industrial se utiliza para:

- Encartador líneas P2, P3, P4, P5, P6 y P7.
- Secadero líneas P2, P3, P4, P5, P6 y P7.

La instalación se encuentra calorifugada aunque existen zonas sin aislamiento:

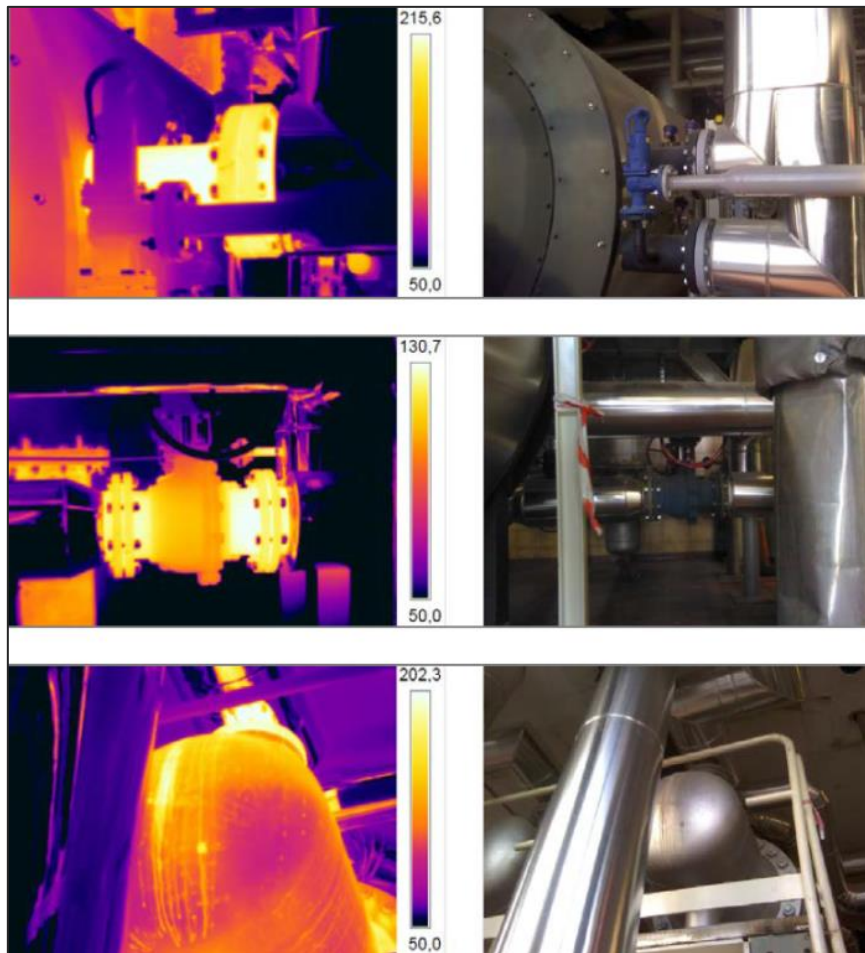


Figura 35: Termografías de la caldera de aceite térmico.[10]

Consumos eléctricos

Según los datos facilitados por la propiedad, el consumo anual de la caldera de aceite térmico es de 484.445 kWh/año con un coste de 48.073 €/año.

Consumo gas

El 79,32% del consumo de gas se utiliza para la producción de agua caliente industrial. Esto representa un valor de 12.279.439 kWh/año con un coste de 426.328 €/año.

4.7. Calefacción y ACS

Descripción

La producción de agua caliente para calefacción y para uso sanitario se realiza en la instalación de calderas de gas natural para agua sobrecalentada. Anteriormente, estas calderas se utilizaban para la producción de agua caliente de proceso, pero con la instalación de la caldera de aceite térmico, han pasado a utilizarse para calefacción y ACS. Las características principales son:

Tabla 19: Características calderas de agua sobrecalentada.

CALDERAS AGUA SOBRECALENTADA (2 unidades)	
Marca	HYGASSA
Modelo	WA 1800
Fluidos contenidos	Agua
Potencia calorífica	2093 kW
Presión máxima admisible	6 bar
Temperatura máxima de servicio	140 °C
Rendimiento térmico	91,76 %
Temperatura humos	°C
Volumen	2000 L
Número de fábrica	18251
Año de fabricación	1983

Tabla 20: Características quemador calderas de agua sobrecalentada.

QUEMADOR CALDERA (2 unidades)	
Marca	TEKENER
Tipo	OE-180
Potencia calorífica	2600 kW
Potencia eléctrica	4 kW
Consumo gas (mín – máx)	98 - 260 Nm ³ /h
Regulación	2 marchas



Figura 36: Caldera de agua sobrecalentada.

Se destaca:

- No dispone de intercambiador de humos para aprovechar el calor de los gases de combustión.
- No tiene sonda lambda para la regulación automática del oxígeno de la combustión.
- No tiene quemador modulante.
- No tiene variador de velocidad del ventilador de aire del quemador.

Utilización

La calefacción y ACS se utilizan en las siguientes zonas:

- Vestuarios
- Oficinas
- Fábrica

Consumo eléctrico

Según los datos facilitados por la propiedad, el consumo anual de las calderas de agua caliente es de 224.280 kWh/año con un coste de 22.256 €/año.

Consumo gas natural

El consumo de gas para la producción de ACS es de 2.537.775 kWh/año con un coste anual de 87.637 €/año.

4.8. Osmosis

Descripción

El agua que se utiliza en la planta está osmotizada. Parte de esta agua viene del pozo de la planta y se transporta hasta la osmosis por medio de bombas. El agua caliente industrial que se utiliza en la planta, así como la que se añade al producto está osmotizada.



Figura 37: Instalación osmosis.

Se destaca:

- Depósito de agua osmotizada pequeño.

Utilización

El agua osmotizada se utiliza en los siguientes procesos:

- Agua caliente industrial
- Agua para producción

Consumo eléctrico

Según los datos facilitados por la propiedad, el consumo anual de la caldera de osmosis es de 219.154 kWh/año con un coste anual de 21.747 €/año.

4.9. Agua fría industrial

Descripción

El agua fría industrial se utiliza exclusivamente en la línea P7 para la refrigeración de la pasta. Sus características principales son:

Tabla 21: Características refrigeración línea P7.

CARACTERÍSTICAS REFRIGERACIÓN LÍNEA P7	
Marca	CARRIER
Modelo	30RBS-039B0061-PE
Fluidos contenidos	R-410a
Potencia de refrigeración	40 kW
Potencia eléctrica	19,5 kW
Año de fabricación	2015



Figura 38: Enfriadora agua fría industrial.

Utilización

El agua fría industrial se utiliza únicamente para el enfriamiento de la pasta en la línea P7.

Consumo eléctrico

Según los datos facilitados por la propiedad, el consumo anual de la enfriadora es de 36.960 kWh/año con un coste de 3.668 €/año.

4.10. Vapor

Descripción

La planta cuenta con una caldera eléctrica que produce vapor exclusivamente para la línea P7 y sus características principales son:

Tabla 22: Características caldera eléctrica de vapor.

CALDERA ELÉCTRICA DE VAPOR	
Marca	ATTSU
Modelo	GEI 140
Potencia eléctrica	96 kW
Presión máxima admisible	11 bar
Producción de vapor	128 kg/h
Año de fabricación	2015



Figura 39: Caldera eléctrica de vapor.

Utilización

El vapor se utiliza para el secado de la pasta en la línea P7.

Consumo eléctrico

Según los datos facilitados por la propiedad, el consumo anual de la caldera eléctrica es de 28.800 kWh/año con un coste de 2.858 €/año.

4.11. Aire comprimido

Descripción

El aire comprimido está compuesto por tres compresores que dan servicio a Semolería y Pastificio. Las características principales son:

Tabla 23: Características compresores de aire comprimido.

Características	UDS	Compresor 1	Compresor 2	Compresor 3
Marca		ATLAS COPCO	ATLAS COPCO	ATLAS COPCO
Modelo		GA-110	GA-110	GA-110
Presión de trabajo	bar	7	7	7
Capacidad a 10 bar	m3/min	21,4	21,4	21,4
Potencia motor	kW	110	110	110
Refrigeración		Por aire	Por aire	Por aire
Regulación		Fija	Fija	Fija

La instalación tiene un secadero de aire para el grupo de los tres compresores, cuyas características son:

Tabla 24: Características secadero de aire para compresores de aire comprimido.

SECADERO DE AIRE	
Marca	ATLAS COPCO
Modelo	FD 1000VSD
Potencia motor	7,4 kW
Caudal	60 m3/min



Figura 40: Compresor 1, 2, 3 (izquierda) y secador (derecha).

Se destaca:

- Los compresores son todo – nada por lo que no hay posibilidad de variar el caudal. Actualmente hay un compresor que funciona el 100%, otro el 25% y el compresor 3 normalmente no funciona.
- No existe recuperación de calor de los compresores.
- Existe un estudio reciente de Atlas Copco para proponer la sustitución de los compresores fijos por unos de caudal variable.

Utilización

El aire comprimido se utiliza en los siguientes procesos:

- Proceso productivo.
- Limpieza de filtros.
- Limpieza de espacio de trabajo.

Consumo eléctrico

Según los datos facilitados por la propiedad, el consumo anual del aire comprimido es de 1.025.280 kWh/año con un coste de 101.741 €/año.

4.12. Climatització

Descripció

La climatització està dividida en les següents zones:

- Producció de pasta
- Envasado
- Oficinas e informàtica

Cada zona té el seu propi equip de climatització.

Zona producció de pasta

Debido a las condiciones de temperatura de la zona de producción de pasta, la sección cuenta solamente con unidades de extracción de aire interior e impulsión de aire exterior filtrado sin tratar. Sus principales características son:

Tabla 25: Características unidades de clima zona producción.

Características	UDS	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3
Marca		SERVO CLIMA	SERVO CLIMA	SERVO CLIMA
Caudal impulsión	m ³ /min	40000	25000	25000
Potencia eléctrica	kW	1,5	1,5	1,5
Año fabricación		2010	2010	2012



Figura 41: Unidades de impulsión y extracción de aire zona de producción.

Se destaca:

- Una de las unidades tiene motor con variador de velocidad y gestión de clima para la gestión del aire de la zona de pastificio.
- La temperatura de la sala en los puntos de mayor carga de trabajo de los operarios alcanza temperaturas puntuales de hasta 42 °C. Estas zonas de trabajo son el pasillo de cabecera de líneas frente a trabattos y el altillo de amasadoras. Por prevención de riesgos laborales es importante reducir esta temperatura de trabajo ya que, en verano, trabajando a estas temperaturas, los operarios deben tomarse descansos periódicos que afectan a la producción. Técnicamente, es muy complejo conseguir las condiciones de trabajo aceptables en estas dos zonas, ya que se necesitan altas potencias de refrigeración de aire por el gran caudal a tratar, y requiere una gran inversión, alrededor de 300.000 € según propuestas de proveedores.

Zona envasado

La zona de envasado está climatizada por una UTA equipada con batería de calor para el invierno y batería de frío para el verano. El calor se produce en la caldera de agua caliente de sobrepresión y un intercambiador agua/agua. El frío se produce mediante una enfriadora. Las características principales de la instalación son:

Tabla 26: Características UTA zona envasado.

CARACTERÍSTICAS UTA	
Marca	SERVO CLIMA
Modelo	CTA-50
Caudal impulsión	65000 m ³ /h
Potencia frigorífica	447 kW
Potencia calorífica	400 kW
Potencia eléctrica	30 kW
Año de fabricación	2010

Tabla 27: Características enfriadora de la UTA zona envasado.

CARACTERÍSTICAS ENFRIADORA	
Marca	YORK
Modelo	YCAJ 55 MR7
Potencia frigorífica	447 kW
Potencia eléctrica	120 kW
Año de fabricación	2010



Figura 42: UTA (izquierda) y enfriadora (derecha) zona de envasado.

Se destaca:

- UTA con sistema free cooling incorporado.
- Los motores de la UTA y ventiladores de la enfriadora no disponen de variador de velocidad.

Zona oficinas e informática

Las oficinas y las salas de servidores están climatizadas por splits autónomos.



Figura 43: Splits oficinas y servidores.

Consumo eléctrico

Según los datos facilitados por la propiedad, el consumo eléctrico anual de la climatización es de 756.720 kWh/año con un coste de 17.862 €/año.

Consumo gas natural

Según los datos facilitados por la propiedad, el consumo de gas natural anual de la climatización es de 663.390 kWh/año con un coste de 65.3829 €/año.

4.13. Transporte de materia

Descripción

El transporte de materia de los silos de pastificio hasta las pesadoras de las líneas de producción se realiza mediante soplantes.

La planta tiene instalados 4 soplantes, 2 de 11 kW y 2 de 7,5 kW de consumo eléctrico.



Figura 44: Soplante para transporte de materia.

Consumo eléctrico

Según los datos facilitados por la propiedad, el consumo eléctrico anual del transporte de materia es de 288.360 kWh/año con un coste de 28.614 €/año.

4.14. Cámaras frigoríficas

Descripción

La planta cuenta con tres cámaras frigoríficas, cada cámara tiene un uso particular:

- **Cámara 1:** almacenamiento huevo líquido.
- **Cámara 2:** mantenimiento válvulas de distribución de huevo.
- **Cámara 3:** almacenamiento productos preparados.

Las cámaras 1 y 2 sólo funcionan cuando hay almacenamiento de huevo para la producción de pasta. La cámara 3 no está en funcionamiento.

El enfriamiento se produce mediante equipos de frío y evaporadores de expansión.



Figura 45: Cámaras frigoríficas de huevo (izquierda) y válvulas de distribución (derecha).



Figura 46: Equipos de frío cámaras frigoríficas.

Consumo eléctrico

Según los datos facilitados por la propiedad, el consumo eléctrico anual de las cámaras frigoríficas es de 22.550 kWh/año con un coste de 2.238 €/año.

4.15. Iluminación

Descripción

La planta está equipada con las siguientes tecnologías de iluminación:

- Fluorescentes con reactancia electromagnética de potencias 58 W, 36 W y 18 W.
- Fluorescentes LED de 10 W.
- Bombillas de bajo consumo de 26 W y 60 W.
- Proyector de 500 y 250 W.
- Focos de 150 y 400 W.
- Claraboyas.



Figura 47: Fluorescentes pastificio y claraboyas.

Se destaca:

- Regulación de la iluminación mediante pulsadores y células crepusculares.
- Se aprovecha la luz natural mediante claraboyas en la zona de pastificio y envasado.
- El funcionamiento de la iluminación exterior está regulado por reloj.
- No existen equipos de control de presencia.

Consumo eléctrico

Según los datos facilitados por la propiedad, la iluminación tiene un consumo eléctrico anual de 450.341 kWh/año con un coste de 26.993 €/año.

Los consumos se reparten según se detalla a continuación:

Tabla 28: Consumos eléctricos de iluminación por zonas.

ZONA	Consumo [kWh/año]	%
Pastificio	96.883	21,51%
Envasado	99.141	22,01%
Expediciones	85.156	18,91%
Talleres, vestuarios y otros	109.365	24,28%
Exterior	59.796	13,28%
TOTAL	450.341	100%



Figura 48: Distribución de consumos de iluminación.

4.16. Resumen de consumos y costes instalaciones de producción

A continuación, se resumen los consumos y costes de las diferentes instalaciones de producción descritas, ordenadas de mayor a menor coste económico:

Tabla 29: Resumen consumos y costes eléctricos por instalación principal.

ID	INSTALACIÓN	ELECTRICIDAD			
		[kWh/año]	[%]	[€/año]	[%]
4.5.2	Producción de pasta	2.463.491	80,78%	244.458	80,77%
4.5.3	Envasado	435.744	14,29%	43.240	14,29%
4.5.4	Paletizado y enfardado	150.580	4,94%	14.943	4,94%
TOTAL		3.049.815	100%	302.641	100%

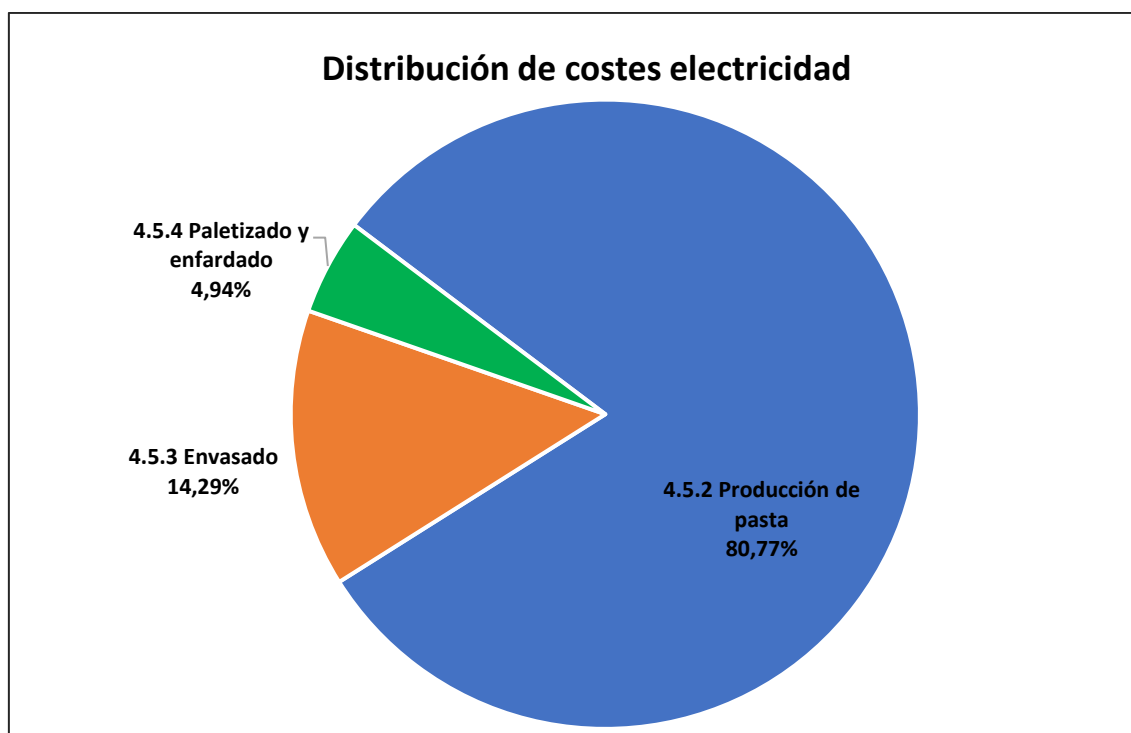


Figura 49: Distribución de costes electricidad por instalación principal.

Analizando las tablas y gráficas presentadas, se observa que la mayor parte del gasto en electricidad se agrupa en la producción de pasta 80,77%. En una segunda escala se encuentran las instalaciones de envasado y paletizado y enfardado, respectivamente.

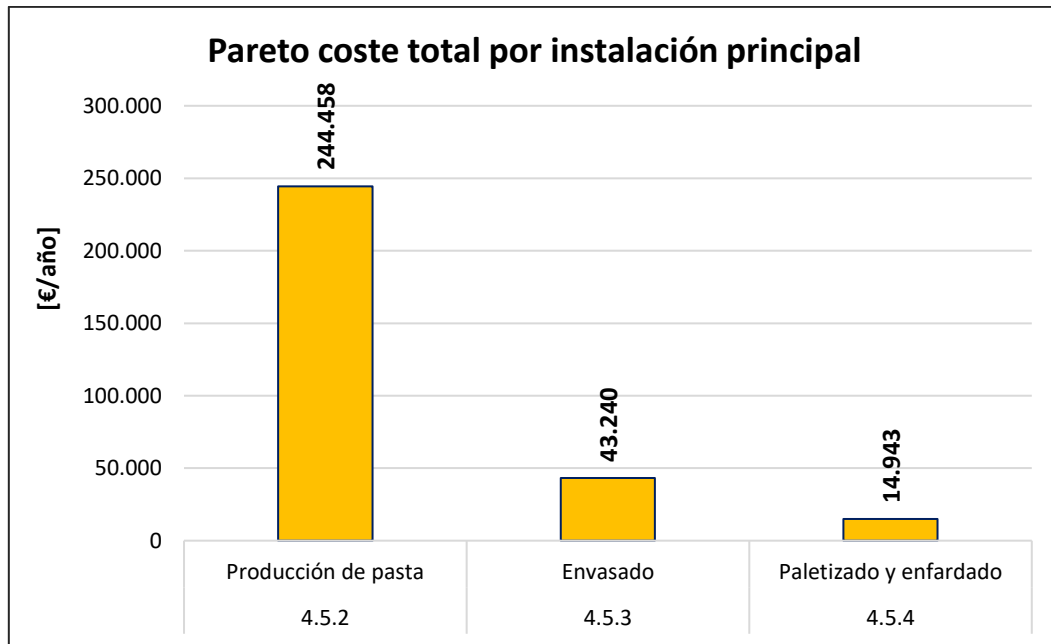


Figura 50: Pareto coste total electricidad y gas natural por instalación principal.

Con los datos obtenidos, aplicando un análisis de Pareto, se obtiene que la instalación donde se debe invertir mayores recursos de optimización es la producción de pasta. Esta instalación acumula el 80,77% del total de los costes eléctricos de las instalaciones principales.

4.17. Resumen de consumos y costes servicios auxiliares

A continuación, se resumen los consumos y costes de las diferentes instalaciones de servicios auxiliares descritas, ordenadas de mayor a menor coste económico:

Tabla 30: Resumen consumos y costes eléctricos por instalación auxiliar, de mayor a menor coste económico.

ID	INSTALACIÓN	EQUIPO	ELECTRICIDAD			
			[kWh/año]	[%]	[€/año]	[%]
5.6	Aire comprimido	Compresores	1.025.280	28,99%	101.741	36,86%
5.1	Agua caliente Industrial	Caldera aceite térmico	484.445	13,70%	48.073	17,41%
5.8	Transporte de materia	Soplantes	288.360	8,15%	28.614	10,37%
5.2	Calefacción y ACS	Calderas agua caliente	224.280	6,34%	22.256	8,06%
5.3	Osmosis	Caldera osmosis	219.154	6,20%	21.747	7,88%
5.7	Climatización	UTAs, Enfriadora, Splits	756.720	21,40%	17.862	6,47%
5.10	Iluminación	Talleres, vestuarios y otros	109.365	3,09%	6.555	2,37%
5.10	Iluminación	Envasado	99.141	2,80%	5.942	2,15%
5.10	Iluminación	Pastificio	96.883	2,74%	5.807	2,10%
5.10	Iluminación	Expediciones	85.156	2,41%	5.104	1,85%
5.4	Agua fría industrial	Enfriadora	36.960	1,05%	3.668	1,33%
5.10	Iluminación	Exterior	59.796	1,69%	3.584	1,30%
5.5	Vapor	Caldera eléctrica	28.800	0,81%	2.858	1,04%
5.9	Cámaras frigoríficas	Equipos frío	22.500	0,64%	2.238	0,81%
TOTAL			3.536.840	100%	276.050	100%

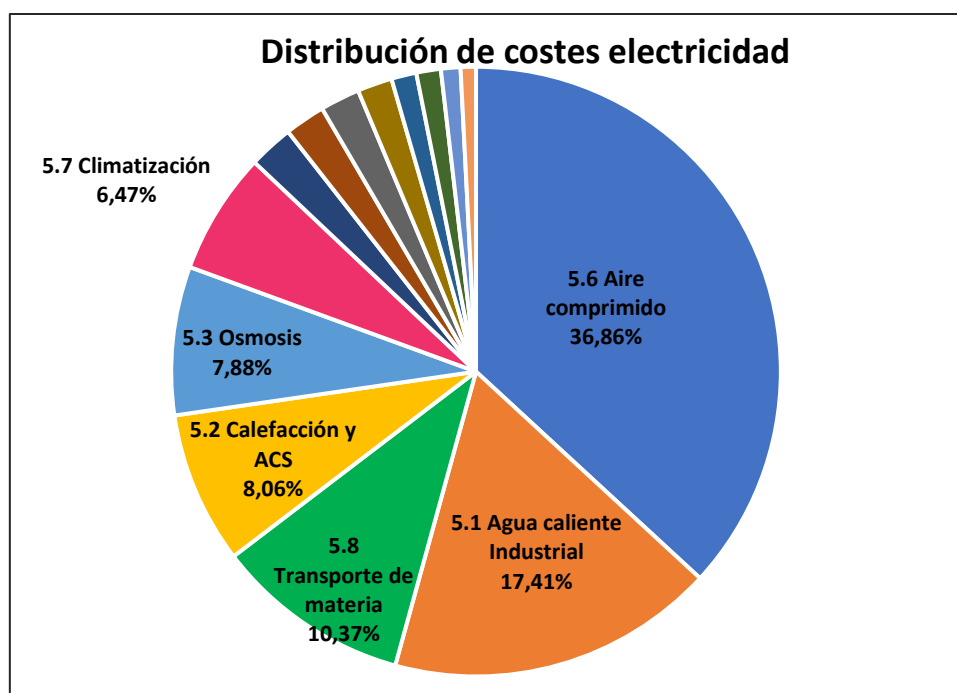


Figura 51: Distribución de costes electricidad por instalación auxiliar.

Tabla 31: Resumen consumos y costes gas natural por instalación, de mayor a menor coste económico.

ID	INSTALACIÓN	EQUIPO	GAS NATURAL			
			[kWh/año]	[%]	[€/año]	[%]
5.1	Agua caliente Industrial	Caldera aceite térmico	12.279.439	79,32%	426.328	73,53%
5.2	Calefacción y ACS	Calderas agua caliente	2.537.775	16,39%	87.637	15,12%
5.7	Climatización	UTAs, Enfriadora, Splits	663.390	4,29%	65.829	11,35%
TOTAL			15.480.604	100%	579.794	100%

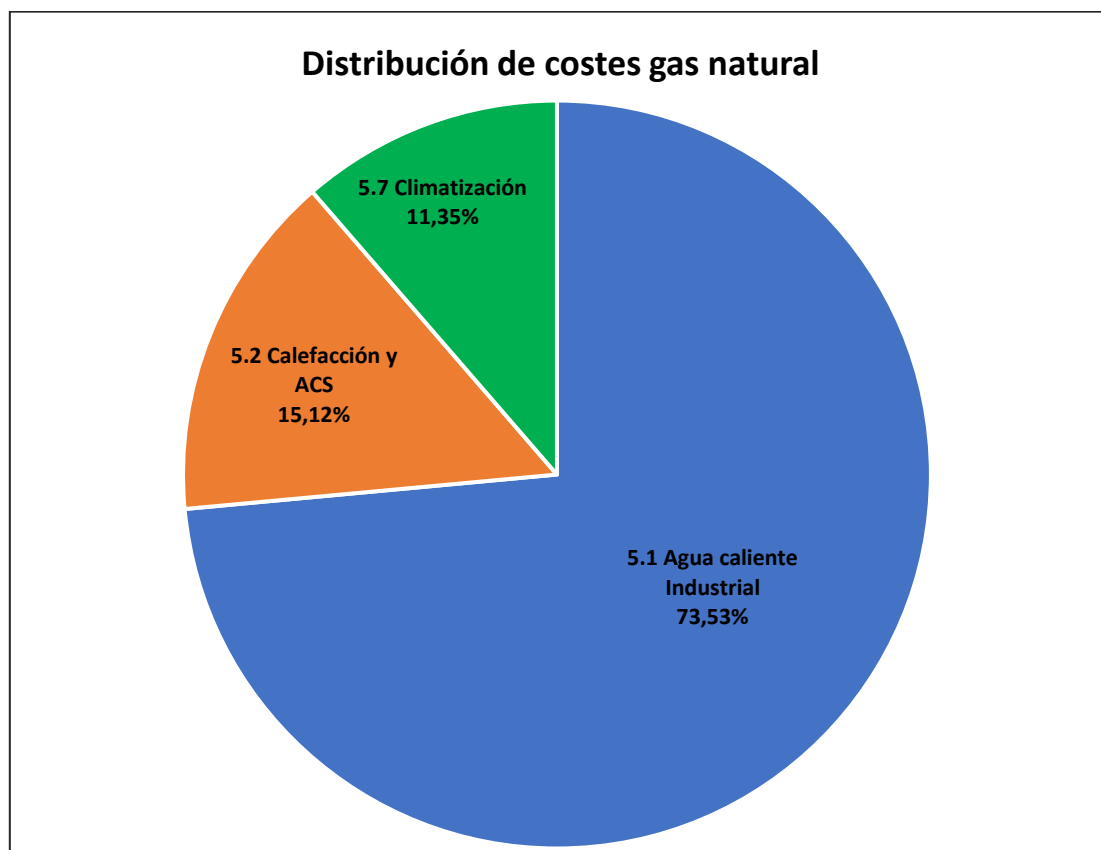


Figura 52: Distribución de costes de gas natural por instalación auxiliar.

Analizando las tablas y gráficas presentadas, se observa que la mayor parte del gasto en electricidad se agrupa en la instalación de aire comprimido 36,86% y la instalación de agua caliente industrial 17,41%. En una segunda escala se encuentran las instalaciones de transporte de materia, calefacción y ACS, osmosis y climatización, respectivamente.

En cuanto al consumo en gas natural, se observa que la mayor parte va a parar a la instalación de agua caliente industrial 73,53% y el resto se reparte de forma similar en las instalaciones de calefacción y ACS y climatización.

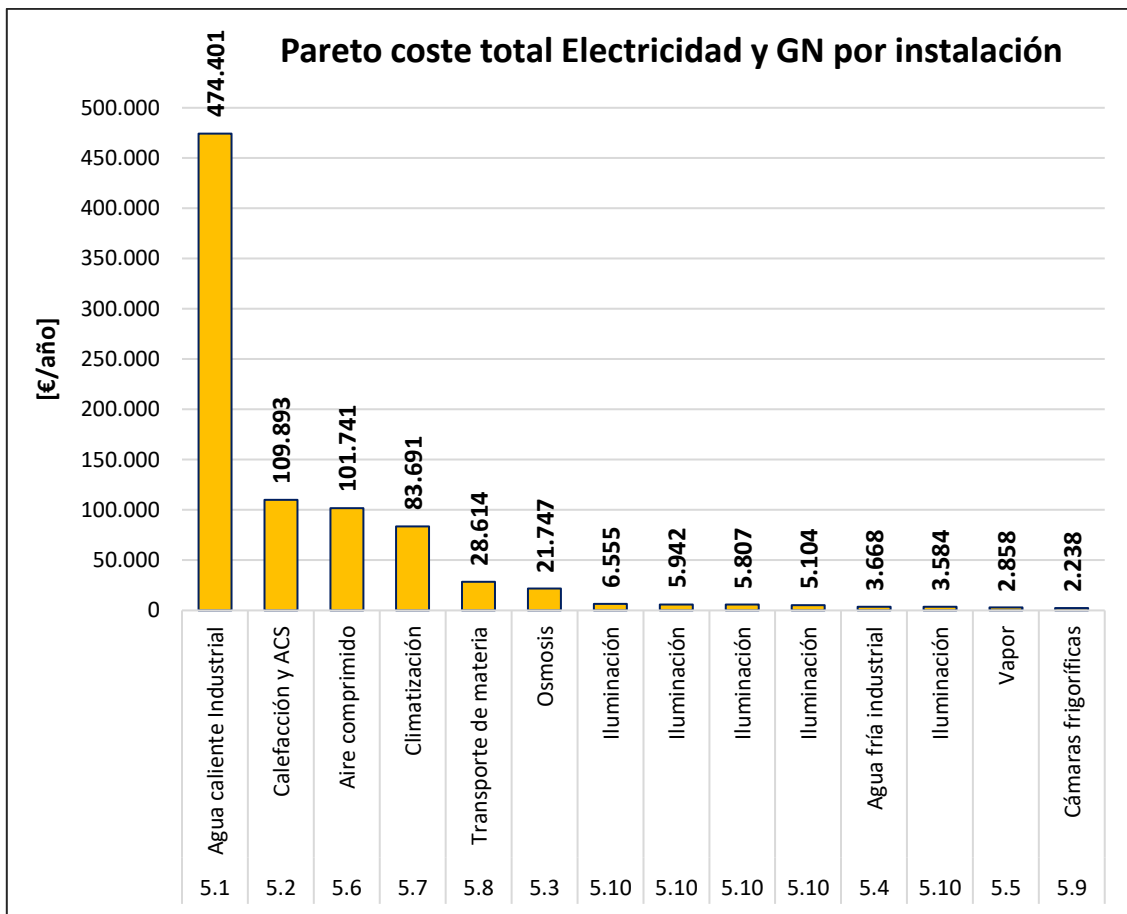


Figura 53: Pareto coste total electricidad y gas natural por instalación auxiliar.

Con los datos obtenidos, aplicando un análisis de Pareto, se obtiene que las instalaciones donde se deben invertir mayores recursos de optimización son:

- Agua caliente industrial 55,43%
- Calefacción y ACS 12,84%
- Aire comprimido 11,89%
- Climatización 9,78%

Estas cuatro instalaciones acumulan el 89,94% del total de los costes eléctricos y de gas natural de las instalaciones auxiliares.

4.18. Resumen total de costes

En este apartado se resumen los costes totales para las instalaciones principales de producción y auxiliares con el objetivo de analizar su influencia sobre el total del gasto de la planta.

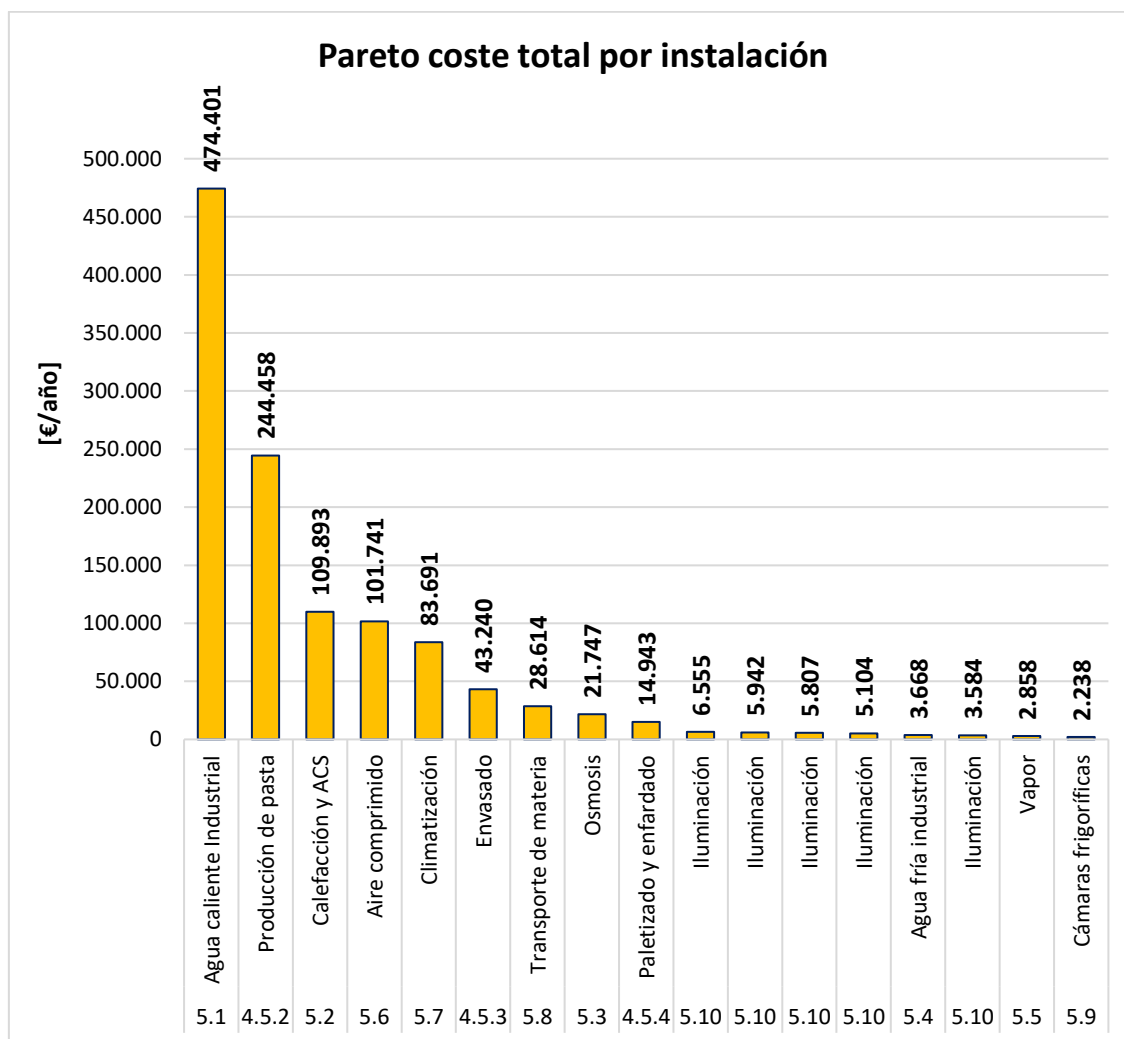


Figura 54: Pareto coste total electricidad y gas natural por instalación.

Con los datos obtenidos, aplicando un análisis de Pareto, se obtiene que las instalaciones donde se deben invertir mayores recursos de optimización son:

- Agua caliente industrial 40,95%
- Producción de pasta 21,10%

Estas dos instalaciones acumulan el 62,05% del total de los costes eléctricos y de gas natural de toda la planta.

En un segundo grupo encontramos las instalaciones de Calefacción y ACS 9,49%, Aire comprimido 8,78% y Climatización 7,22%.

4.19. Informe de contaminación

Para determinar las emisiones de CO₂ de la situación actual, se consideran los siguientes parámetros:

- Electricidad consumida: 0,357 kgCO₂/kWh[11]
- Gas natural consumido: 0,252 kgCO₂/kWh[11]
- Gasoil: 0,311 kgCO₂/kWh [11]

Tabla 32: Resumen de emisiones de CO₂ en PAG en el año 2019.

	Consumo [kWh/año]	Emisiones [TnCO ₂ /año]	[%]
Electricidad	6.732.844,55	2.403,63	38,09%
Gas Natural	15.480.605,00	3.901,11	61,81%
Gasoil	20.360,00	6,33	0,10%
TOTAL	22.233.809,55	6.311,07	100%

Gráficamente:

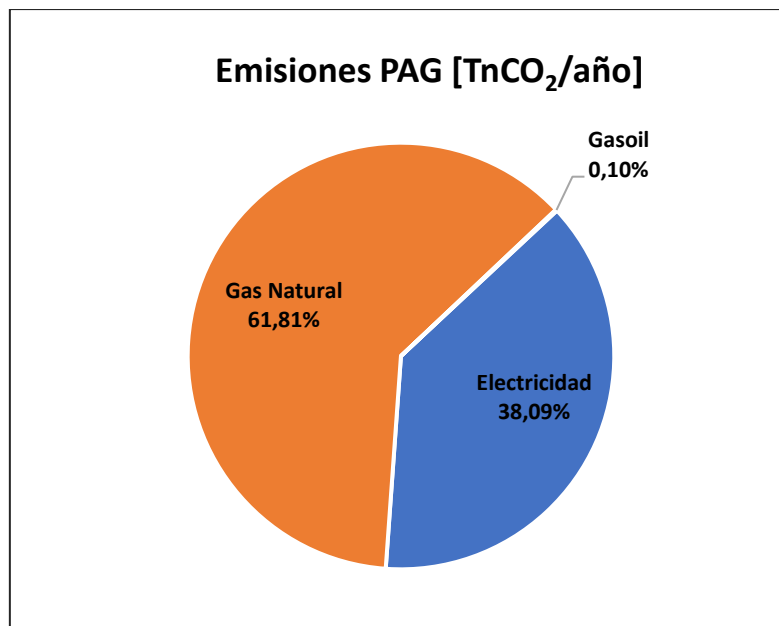


Figura 55: Distribución de emisiones en PAG, según fuente energética, en el año 2019.

5. PLAN DE ACCIÓN

5.1. Aspectos básicos de mejora

En el siguiente apartado se detallan las recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética propuestas para desarrollar a largo plazo.

5.1.1. Motores de alto rendimiento

La mayoría de los motores eléctricos instalados en la planta son de categoría estándar IE1, IE2.

Se recomienda iniciar un proyecto de renovación de motores eléctricos en diferentes fases. Con la entrada en vigor del nuevo reglamento, se dejan de fabricar motores por debajo de la categoría IE2. Así, si no se renuevan los motores inferiores a esta categoría se corre el riesgo de no encontrar recambios en caso de avería, debido a su obsolescencia.

Además, el ahorro energético eléctrico anual de un motor IE3 respecto a uno estándar está en torno a un 3% [12]. Este ahorro se calcula en función de la carga del motor y del funcionamiento anual.

5.1.2. Sensibilización del personal

La colaboración del personal de la planta es básica para que las medidas energéticas que se puedan implantar produzcan los ahorros esperados. Además, también es básica para que los consumos energéticos no aumenten de forma innecesaria por culpa de descuidos: no apagar maquinaria, no apagar luces, etc.). Por esta razón, el personal debe conocer en todo momento las medidas de ahorro que se llevan a cabo en la empresa, así como proporcionarles la formación y conocimientos necesarios para que participen en la reducción de los consumos energéticos de la planta.

La planta ha adoptado las siguientes medidas para sensibilizar al personal:

- Visualización: Instalación de carteles de recordatorio de ahorro en iluminación.



Figura 56: Cartel de ahorro de energía.

Se recomienda adoptar más medidas para seguir sensibilizando al personal como, por ejemplo:

- Jornadas de sensibilización.
- Notas informativas sobre los costes energéticos.
- Indicadores energéticos con objetivos.
- Recompensas de ideas que reduzcan los consumos energéticos.
- Integración de los objetivos energéticos dentro de los objetivos de la planta.

5.1.2.1. Mantenimiento aislamientos secaderos y trabattos

El 80% del consumo térmico de la planta se utiliza para secar la pasta en los secaderos y trabattos. Por esta razón es muy importante un correcto mantenimiento de las instalaciones y evitar las fugas de calor por deterioro de los aislamientos.

Actualmente PAG está realizando mantenimientos de las juntas de los secaderos y en el 2020 está planificado cambiar las del secador de la L2.

A continuación, se muestran termografías proporcionadas por la propiedad donde se comprueba que existen fugas de calor por juntas y paneles:

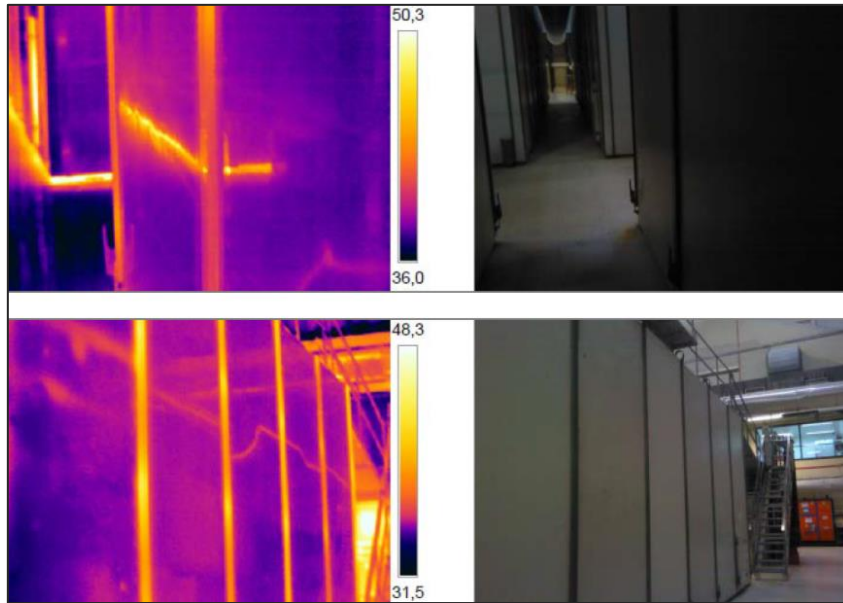


Figura 57: Termografías de juntas y paneles de secaderos.

Se recomienda la realización de un seguimiento anual de los secaderos y trabatos para comprobar el estado de las juntas y paneles de los secaderos y realizar el cambio de estas cuando estén deterioradas.

5.2. Soluciones particulares

En el siguiente apartado se desarrollan las diferentes propuestas para mejorar la eficiencia energética de las instalaciones de la planta.

5.2.1. Control energético

5.2.1.1. Modificación del sistema de gestión de la energía

Resumen de la propuesta

Tabla 33: Tabla resumen propuesta de modificación del sistema de gestión de la energía.

Ahorro energético [kW/año]	Ahorro económico [€/año]	Inversión [€]	Retorno inversión [años]
376.950	12.350	34.850	2,8

Descripción y criterios de aplicación

Para poder analizar con exactitud y ver la evolución de los consumos energéticos dentro de una planta, se debe realizar una medición constante de dichos consumos. Una auditoría energética indica el estado actual de las instalaciones auditadas y estima la evolución del consumo energético dentro del año analizado. Además, indica una serie de medidas que, de realizarse, se reducirían los consumos energéticos.

Con la auditoría que se realiza en el presente estudio se persiguen los siguientes objetivos:

- Qué mejoras se pueden aplicar para la reducción del consumo energético.
- Qué parámetros cuantitativos se deben observar de manera continuada para garantizar que las medidas aplicadas tienen el efecto esperado.

Para poder realizar la medición constante y comprobar la evolución de las medidas energéticas realizadas.

PAG tiene instalado un software de monitorización de consumos eléctricos. Debido al número de analizadores instalados, el sistema se ha colapsado y no funciona correctamente.

Se propone la modificación del sistema de monitorización para que funcione correctamente, y la instalación de los siguientes elementos de medición para completar el sistema de gestión:

- Contadores de gas para la caldera de aceite térmico.
- Contadores de agua caliente para cada línea de producción.

Evaluación energética y medioambiental

Es complicado estimar los ahorros energéticos que se pueden conseguir con un sistema de gestión para controlar los consumos energéticos.

La agencia catalana de energía, en base a experiencias reales de implantación de sistemas en diversos emplazamientos, establece un ahorro situado entre el 2% y el 7%. Adoptando un criterio conservador, podemos asumir un ahorro energético del 2% del consumo de gas natural y del 1% en la electricidad, debido a que ya se disponía de un sistema funcionando previamente.

Con la implantación de un sistema de gestión energética se consigue una reducción de unos 376.950 kWh/año.

La reducción de consumo eléctrico y de gas natural representa un ahorro de las emisiones de CO₂ de: 102,06 TnCO₂/año.

Inversión y evaluación económica

La inversión para realizar esta propuesta es de: 34.850 €.

El ahorro económico que se obtiene al implantarla es de: 12.350 €/año.

El retorno de la inversión es de: 2,8 años.

Viabilidad económica

Tabla 34: Viabilidad económica - Modificación sistema de gestión energético.

	Flujo económico	Tipo interés 3%		VAN (10 años)	TIR
Inversión inicial	-34.850,00 €			70.498,01 €	33,46%
Año 1	12.350,00 €	1,03	11.990,29 €		
Año 2	12.350,00 €	1,06	11.641,06 €		
Año 3	12.350,00 €	1,09	11.302,00 €		
Año 4	12.350,00 €	1,13	10.972,82 €		
Año 5	12.350,00 €	1,16	10.653,22 €		
Año 6	12.350,00 €	1,19	10.342,93 €		
Año 7	12.350,00 €	1,23	10.041,68 €		
Año 8	12.350,00 €	1,27	9.749,20 €		
Año 9	12.350,00 €	1,30	9.465,25 €		
Año 10	12.350,00 €	1,34	9.189,56 €		

5.2.2. Iluminación

5.2.2.1. Sustitución iluminación convencional por led

Resumen de la propuesta

Tabla 35: Tabla resumen propuesta de sustitución iluminación convencional por led.

Ahorro energético [kW/año]	Ahorro económico [€/año]	Inversión [€]	Retorno inversión [años]
136.700	9.750	70.400	7,2

Descripción y criterios de aplicación

Como se ha descrito anteriormente, la planta está iluminada con fluorescentes, halogenuros metálicos y focos.

Las diferentes zonas de producción tienen instalados sistemas de regulación de la iluminación como:

- Temporización por pulsadores
- Células crepusculares
- Claraboyas

No todas las zonas tienen estos sistemas instalados, por lo que se propone la sustitución de los fluorescentes por luminarias led en las zonas sin sistemas de regulación de la iluminación. Estas zonas son:

- Envasado
- Almacén
- Pastificio
- Talleres

La iluminación led es muy eficiente respecto a la iluminación convencional, obteniéndose ahorros energéticos del 50%.

Evaluación energética y medioambiental

Con la sustitución de la iluminación por led, se consigue una reducción de 136.700 kWh/año y una reducción de la potencia de iluminación de 24 kW.

La reducción de consumo eléctrico representa un ahorro de las emisiones de CO₂ de: 48,80 TnCO₂/año.

Inversión y evaluación económica

La inversión para realizar esta propuesta es de: 70.400 €.

El ahorro económico que se obtiene al implantarla es de: 9.750 €/año.

El retorno de la inversión es de: 7,2 años.

Viabilidad económica

Tabla 36: Viabilidad económica - Sustitución iluminación convencional por LED.

	Flujo económico	Tipo interés 3%		VAN (10 años)	TIR
Inversión inicial	-70.400,00 €			12.769,48 €	6,41%
Año 1	9.750,00 €	1,03	9.466,02 €		
Año 2	9.750,00 €	1,06	9.190,31 €		
Año 3	9.750,00 €	1,09	8.922,63 €		
Año 4	9.750,00 €	1,13	8.662,75 €		
Año 5	9.750,00 €	1,16	8.410,44 €		
Año 6	9.750,00 €	1,19	8.165,47 €		
Año 7	9.750,00 €	1,23	7.927,64 €		
Año 8	9.750,00 €	1,27	7.696,74 €		
Año 9	9.750,00 €	1,30	7.472,56 €		
Año 10	9.750,00 €	1,34	7.254,92 €		

5.2.3. Aire comprimido

5.2.3.1. Sustitución de compresor fijo por variable

Resumen de la propuesta

Tabla 37: Tabla resumen propuesta sustitución de compresor fijo por variable.

Ahorro energético [kW/año]	Ahorro económico [€/año]	Inversión [€]	Retorno inversión [años]
323.800	24.700	78.000	3,4

Descripción y criterios de aplicación

La planta cuenta con 3 compresores fijos (todo – nada) gestionados por un control que gestiona el funcionamiento de cada uno de ellos, haciéndolos trabajar las mismas horas anuales. Las necesidades de la planta son: 1 compresor funcionando al 100% y otro compresor entre 25-50%. Así, se tiene un compresor funcionando en vacío mucho tiempo.

Se propone la instalación de un compresor modulante que se adapte a las necesidades de aire comprimido de la planta. Este compresor funcionaría el 100% del tiempo y cuando la demanda sea superior a su capacidad arrancarían el compresor fijo al 100% y el modulante se adaptaría a la necesidad de la demanda.

Evaluación energética y medioambiental

Con la instalación del compresor modulante, se consigue un ahorro de 323.800 kWh/año en energía eléctrica.

La reducción de consumo eléctrico representa un ahorro en las emisiones de CO₂ de: 115,60 TnCO₂/año.

Inversión y evaluación económica

La inversión para realizar esta propuesta es de: 78.000 €.

El ahorro económico que se obtiene al implantarla es de: 24.700 €/año.

El retorno de la inversión es de: 3,4 años.

Viabilidad económica

Tabla 38: Viabilidad económica - Sustitución de compresor fijo por variable.

	Flujo económico	Tipo interés 3%		VAN (10 años)	TIR
Inversión inicial	-78.000,00 €			119.474,20 €	26,95%
Año 1	23.150,00 €	1,03	22.475,73 €		
Año 2	23.150,00 €	1,06	21.821,10 €		
Año 3	23.150,00 €	1,09	21.185,53 €		
Año 4	23.150,00 €	1,13	20.568,48 €		
Año 5	23.150,00 €	1,16	19.969,39 €		
Año 6	23.150,00 €	1,19	19.387,76 €		
Año 7	23.150,00 €	1,23	18.823,07 €		
Año 8	23.150,00 €	1,27	18.274,82 €		
Año 9	23.150,00 €	1,30	17.742,55 €		
Año 10	23.150,00 €	1,34	17.225,77 €		

5.2.3.2. Recuperación de calor de los compresores

Resumen de la propuesta

Tabla 39: Resumen propuesta de recuperación de calor de los compresores.

Ahorro energético [kW/año]	Ahorro económico [€/año]	Inversión [€]	Retorno inversión [años]
700.000	17.000	29.800	1,8

Descripción y criterios de aplicación

Una gran parte de la energía que gasta un compresor para comprimir el aire se pierde en forma de calor. Este calor se puede recuperar para aportarlo a otros procesos como la calefacción o el agua caliente.

Se propone la instalación de módulos de recuperación de energía para el compresor variable propuesto en el punto 9.2.3.1. y el resto de compresores fijos que quedarían operativos (2 unidades) para la producción de agua caliente. El agua caliente se utilizará para limpieza de moldes, calefacción y ACS.

Evaluación energética y medioambiental

Con la incorporación de los módulos de recuperación de energía en los compresores se consigue un ahorro de 700.000 kWh/año en consumo de gas natural.

La reducción del consumo de gas natural representa un ahorro de las emisiones de CO₂ de: 176,40 TnCO₂/año.

Inversión y evaluación económica

La inversión para realizar esta propuesta es de: 29.800 €.

El ahorro económico que se obtiene al implantarla es de: 17.000 €/año.

El retorno de la inversión es de: 1,8 años.

Viabilidad económica

Tabla 40: Viabilidad económica - Recuperación de calor de los compresores.

	Flujo económico	Tipo interés 3%		VAN (10 años)	TIR
Inversión inicial	-29.800,00 €			115.213,45 €	56,40%
Año 1	17.000,00 €	1,03	16.504,85 €		
Año 2	17.000,00 €	1,06	16.024,13 €		
Año 3	17.000,00 €	1,09	15.557,41 €		
Año 4	17.000,00 €	1,13	15.104,28 €		
Año 5	17.000,00 €	1,16	14.664,35 €		
Año 6	17.000,00 €	1,19	14.237,23 €		
Año 7	17.000,00 €	1,23	13.822,56 €		
Año 8	17.000,00 €	1,27	13.419,96 €		
Año 9	17.000,00 €	1,30	13.029,08 €		
Año 10	17.000,00 €	1,34	12.649,60 €		

5.2.3.3. Reducción de fugas de aire comprimido

Resumen de la propuesta

Tabla 41: Resumen propuesta reducción de fugas de aire comprimido.

Ahorro energético [kW/año]	Ahorro económico [€/año]	Inversión [€]	Retorno inversión [años]
51.300	3.650	3.150	0,9

Descripción y criterios de aplicación

La red de aire comprimido es de tipo anillo. Se ha inspeccionado visualmente la instalación y se han detectado diversas fugas de aire comprimido. La fuga de aire comprimido es una pérdida constante de energía eléctrico en el compresor.

Se recomienda reparar las fugas de aire comprimido y la realización de un protocolo de mantenimiento para la detección y reparación de éstas.

Evaluación energética y medioambiental

Con las reparaciones de las fugas de aire consumido se consigue un ahorro de 51.300 kWh/año de consumo eléctrico.

La reducción de consumo eléctrico representa un ahorro de las emisiones de CO₂ de: 18,31 TnCO₂/año.

Inversión y evaluación económica

La inversión para realizar esta propuesta es de: 3.150 €.

El ahorro económico que se obtiene al implantarla es de: 3.650 €/año.

El retorno de la inversión es de: 0,9 años.

Viabilidad económica

Tabla 42: Viabilidad económica - Reducción de fugas de aire comprimido.

	Flujo económico	Tipo interés 3%		VAN (10 años)	TIR
Inversión inicial	- 3.150,00 €			27.985,24 €	115,82%
Año 1	3.650,00 €	1,03	3.543,69 €		
Año 2	3.650,00 €	1,06	3.440,48 €		
Año 3	3.650,00 €	1,09	3.340,27 €		
Año 4	3.650,00 €	1,13	3.242,98 €		
Año 5	3.650,00 €	1,16	3.148,52 €		
Año 6	3.650,00 €	1,19	3.056,82 €		
Año 7	3.650,00 €	1,23	2.967,78 €		
Año 8	3.650,00 €	1,27	2.881,34 €		
Año 9	3.650,00 €	1,30	2.797,42 €		
Año 10	3.650,00 €	1,34	2.715,94 €		

5.2.4. Fluido térmico

5.2.4.1. Recuperador de calor de humos de combustión

Resumen de la propuesta

Tabla 43: Resumen propuesta de recuperador de calor de humos de combustión.

Ahorro energético [kW/año]	Ahorro económico [€/año]	Inversión [€]	Retorno inversión [años]
520.000	12.600	35.000	2,8

Descripción y criterios de aplicación

Recientemente se ha instalado una caldera de aceite térmico para calentar agua para los secaderos de las líneas de producción. Esta caldera tiene incorporada muchas medidas de ahorro energético, tal como se ha explicado en el apartado 5.1., pero carece de recuperador de calor de los humos de combustión. El aceite térmico está a 200°C, por lo que los humos de la combustión salen a unos 212°C.

Evaluación ambiental y medioambiental

Con la instalación del recuperador de calor en la caldera se consigue un ahorro de 520.000 kWh/año en gas natural.

La reducción de consumo de gas natural representa un ahorro de las emisiones de CO₂ de: 131,04 TnCO₂/año.

Inversión y evaluación económica

La inversión para realizar esta propuesta es de: 35.000 €.

El ahorro económico que se obtiene al implantarla es de: 12.600 €/año.

El retorno de la inversión es de: 2,8 años.

Viabilidad económica

Tabla 44: Viabilidad económica - Recuperador de calor de humos de combustión.

	Flujo económico	Tipo interés 3%		VAN (10 años)	TIR
Inversión inicial	-35.000,00 €			72.907,07 €	34,24%
Año 1	12.650,00 €	1,03	12.281,55 €		
Año 2	12.650,00 €	1,06	11.923,84 €		
Año 3	12.650,00 €	1,09	11.576,54 €		
Año 4	12.650,00 €	1,13	11.239,36 €		
Año 5	12.650,00 €	1,16	10.912,00 €		
Año 6	12.650,00 €	1,19	10.594,18 €		
Año 7	12.650,00 €	1,23	10.285,61 €		
Año 8	12.650,00 €	1,27	9.986,03 €		
Año 9	12.650,00 €	1,30	9.695,17 €		
Año 10	12.650,00 €	1,34	9.412,79 €		

5.2.4.2. Aislamiento de válvulas y tuberías de aceite

Resumen de la propuesta

Tabla 45: Resumen propuesta de aislamiento de válvulas y tuberías de aceite.

Ahorro energético [kW/año]	Ahorro económico [€/año]	Inversión [€]	Retorno inversión [años]
146.200	3.550	3.500	1,0

Descripción y criterios de aplicación

Se ha observado que el aislamiento de las tuberías de aceite es correcto, pero las nuevas válvulas de corte y parte del intercambiador no están calorifugadas.

Se propone aislar las válvulas con aislamientos flexibles que permiten un montaje y desmontaje fácil.

A continuación, se muestran termografías, proporcionadas por la propiedad, de algunas zonas en las que se propone colocar el aislamiento térmico.

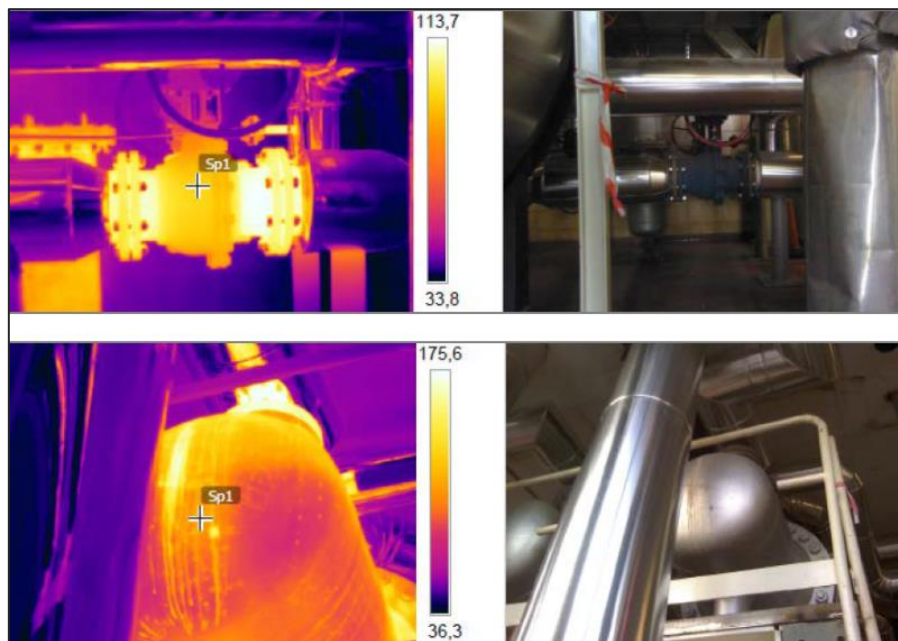


Figura 58: Termografías de válvulas y tuberías de la instalación de aceite.

Evaluación energética y medioambiental

Con la reparación del aislamiento de las válvulas se consigue una reducción de 146.200 kWh/año de consumo de gas natural.

La reducción de consumo de gas natural representa un ahorro de las emisiones de CO₂ de: 36,84 TnCO₂/año.

Inversión y evaluación económica

La inversión para realizar esta propuesta es de: 3.500 €.

El ahorro económico que se obtiene al implantarla es de: 3.550 €/año.

El retorno de la inversión es de: 1,0 años.

Viabilidad económica

Tabla 46: Viabilidad económica - Aislamiento de válvulas y tuberías de aceite.

	Flujo económico	Tipo interés 3%		VAN (10 años)	TIR
Inversión inicial	- 3.500,00 €			26.782,22 €	101,34%
Año 1	3.550,00 €	1,03	3.446,60 €		
Año 2	3.550,00 €	1,06	3.346,22 €		
Año 3	3.550,00 €	1,09	3.248,75 €		
Año 4	3.550,00 €	1,13	3.154,13 €		
Año 5	3.550,00 €	1,16	3.062,26 €		
Año 6	3.550,00 €	1,19	2.973,07 €		
Año 7	3.550,00 €	1,23	2.886,47 €		
Año 8	3.550,00 €	1,27	2.802,40 €		
Año 9	3.550,00 €	1,30	2.720,78 €		
Año 10	3.550,00 €	1,34	2.641,53 €		

5.2.5. Agua caliente industrial

5.2.5.1. Aislamiento de válvulas y tuberías de agua caliente

Resumen de la propuesta

Tabla 47: Resumen propuesta de aislamiento de válvulas y tuberías de agua caliente.

Ahorro energético [kW/año]	Ahorro económico [€/año]	Inversión [€]	Retorno inversión [años]
112.550	2.700	2.900	1,1

Descripción y criterios de aplicación

Se ha observado que el aislamiento de la instalación de agua caliente es correcto, pero hay zonas en las que se ha deteriorado, y las nuevas válvulas no están calorifugadas.

Se propone aislar las válvulas con aislamientos flexibles que permiten un montaje y desmontaje fácil y reparar las zonas deterioradas.

A continuación, se muestran termografías, proporcionadas por la propiedad, de algunas zonas en las que se propone mejorar el aislamiento térmico.

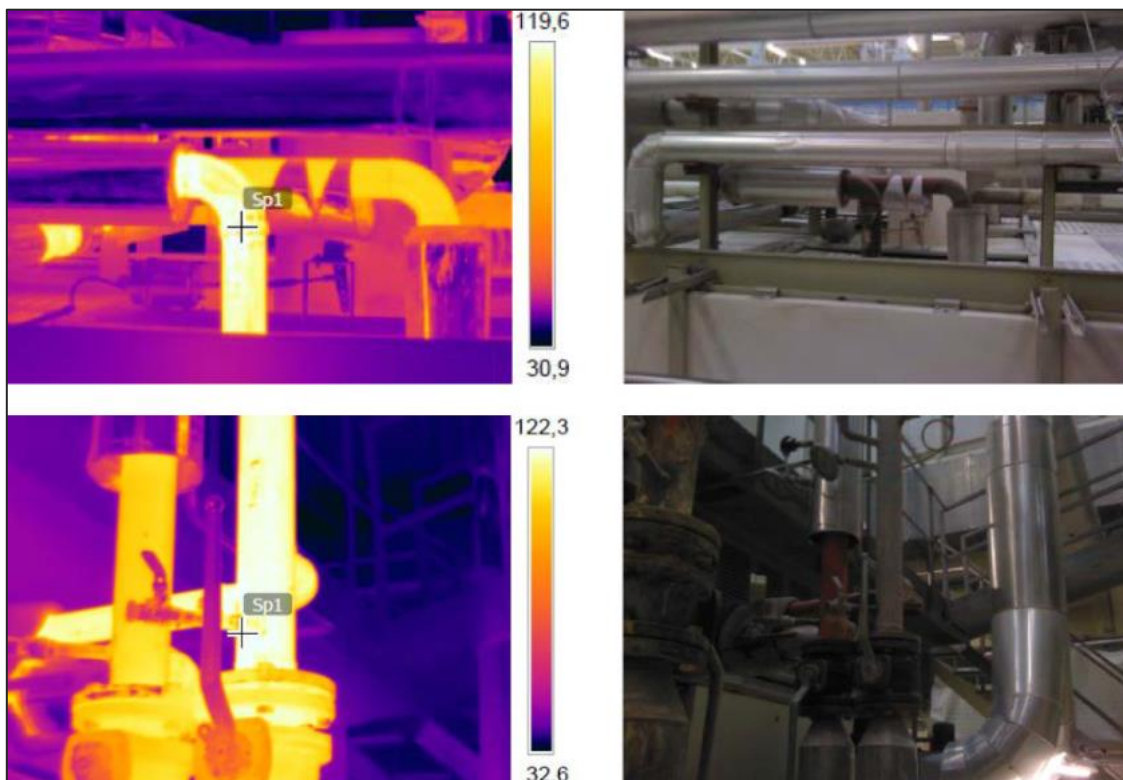


Figura 59: Termografías de válvulas y tuberías de la instalación de agua caliente industrial.

Evaluación energética y medioambiental

Con la reparación del aislamiento de las válvulas se consigue una reducción de 112.550 kWh/año de consumo de gas natural.

La reducción de consumo de gas natural representa un ahorro de las emisiones de CO₂ de: 28,35 TnCO₂/año.

Inversión y evaluación económica

La inversión para realizar esta propuesta es de: 2.900 €.

El ahorro económico que se obtiene al implantarla es de: 2.700 €/año.

El retorno de la inversión es de: 1,1 años.

Viabilidad económica

Tabla 48: Viabilidad económica - Aislamiento de válvulas y tuberías de agua caliente.

	Flujo económico	Tipo interés 3%		VAN (10 años)	TIR
Inversión inicial	- 2.900,00 €			20.558,06 €	94,71%
Año 1	2.750,00 €	1,03	2.669,90 €		
Año 2	2.750,00 €	1,06	2.592,14 €		
Año 3	2.750,00 €	1,09	2.516,64 €		
Año 4	2.750,00 €	1,13	2.443,34 €		
Año 5	2.750,00 €	1,16	2.372,17 €		
Año 6	2.750,00 €	1,19	2.303,08 €		
Año 7	2.750,00 €	1,23	2.236,00 €		
Año 8	2.750,00 €	1,27	2.170,88 €		
Año 9	2.750,00 €	1,30	2.107,65 €		
Año 10	2.750,00 €	1,34	2.046,26 €		

5.2.5.2. Recuperación de calor de secaderos

Resumen de la propuesta

Tabla 49: Resumen propuesta de recuperación de calor de secaderos.

Ahorro energético [kW/año]	Ahorro económico [€/año]	Inversión [€]	Retorno inversión [años]
66.900	1.600	7.000	4,4

Descripción y criterios de aplicación

Los secaderos contienen chimeneas para evacuar el aire caliente y húmedo que se ha utilizado para secar la pasta. Además, tienen toma de aire fresco para compensar el aire extraído. El aire entra a temperatura ambiente y se debe calentar en el interior hasta la temperatura de consigna.

Se propone la instalación de un intercambiador de calor aire/aire que caliente el aire de entrada a los secaderos a partir del aire extraído.

Evaluación energética y medioambiental

Con la instalación de los intercambiadores de calor, se consigue una reducción de 66.900 kWh/año de consumo de gas natural.

La reducción de consumo de gas natural representa un ahorro de las emisiones de CO₂ de: 16,86 TnCO₂/año.

Inversión y evaluación económica

La inversión para realizar esta propuesta es de: 7.000 €.

El ahorro económico que se obtiene al implantarla es de: 1.600 €/año.

El retorno de la inversión es de: 4,4 años.

Viabilidad económica

Tabla 50: Viabilidad económica - Recuperación de calor de secaderos.

	Flujo económico	Tipo interés 3%		VAN (10 años)	TIR
Inversión inicial	- 7.000,00 €			7.074,83 €	19,65%
Año 1	1.650,00 €	1,03	1.601,94 €		
Año 2	1.650,00 €	1,06	1.555,28 €		
Año 3	1.650,00 €	1,09	1.509,98 €		
Año 4	1.650,00 €	1,13	1.466,00 €		
Año 5	1.650,00 €	1,16	1.423,30 €		
Año 6	1.650,00 €	1,19	1.381,85 €		
Año 7	1.650,00 €	1,23	1.341,60 €		
Año 8	1.650,00 €	1,27	1.302,53 €		
Año 9	1.650,00 €	1,30	1.264,59 €		
Año 10	1.650,00 €	1,34	1.227,75 €		

6. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

El coste total del estudio realizado para la planta PAG de Pastas Gallo es de 6.622,50 €.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE CONTINUIDAD DEL TRABAJO

El estudio de mejora energética de una planta industrial se presentó como la oportunidad de centrar el trabajo final de máster en la planta de Pastas Gallo en Granollers, donde desarrollo mi actividad laboral actualmente. De este modo, el objetivo era analizar la situación energética actual de la planta de PAG y proponer mejoras que proporcionen ahorro y eficiencia energética.

Este objetivo se ha cumplido, aunque no se ha podido aprovechar al máximo la posibilidad de centrar el estudio en la planta de PAG. La situación que se ha vivido de forma global con el COVID-19 ha condicionado de forma drástica la realización del presente estudio.

Una de las ventajas principales de centrar el estudio en la planta de PAG era la posibilidad de estar presente in situ en la planta. Así, se podría realizar el estudio energético y desarrollar las propuestas de ahorro y eficiencia energético de forma muy detallada. Debido al estado de alarma generado por el COVID-19, solamente se ha permitido el acceso a la planta al personal totalmente necesario para mantener la producción. De este modo, el personal del departamento de ingeniería se ha mantenido teletrabajando. En definitiva, tanto la auditoría energética como las propuestas de mejora se han realizado a distancia y dependiendo de la información disponible en el servidor de la empresa y del soporte que se ha proporcionado por parte del personal presente en planta. Además, ha sido importante el soporte proporcionado por diferentes proveedores de la empresa.

Este hecho ha provocado que la sensación al realizar el estudio no haya sido totalmente satisfactoria. La mayoría de propuestas se han tenido que desarrollar a base de estimaciones realizadas con la información disponible, a veces escasa, y con el trabajo conjunto con los proveedores involucrados en cada una de las propuestas. Hay propuestas que se han realizado íntegramente con el soporte de proveedores que conseguían acceder a la planta por temas de mantenimiento. Estas últimas propuestas se presentan sin justificación de cálculos porque provienen directamente de los cálculos realizados por el proveedor.

Por un lado, esta situación ha sido negativa por no poder desarrollar totalmente todas las propuestas de forma autónoma. Por otro lado, ha sido positiva ya que se ha trabajado conjuntamente con diferentes proveedores para poder desarrollar las propuestas y esto le ha aportado un mayor punto de realidad al estudio, ya que como trabajador del departamento de ingeniería se trabaja continuamente en contacto con los proveedores para desarrollar los diferentes proyectos de inversión de la empresa.

En cuanto a las estimaciones económicas de las diferentes propuestas, se ha trabajado con los mismos proveedores para obtener las respectivas valoraciones económicas de cada inversión. Este punto, ha sido totalmente positivo ya que se han obtenido valoraciones económicas reales en vez de valoraciones que dependen de estimaciones de precios que se puedan encontrar en catálogos o internet.

Analizando el estudio de viabilidad realizado para las diferentes propuestas, podemos concluir que todas son viables y proporcionan un retorno económico dentro de un período inferior a 10 años.

Las recomendaciones de continuidad de trabajo son básicamente dos:

- Por un lado, validar las estimaciones de ahorro y eficiencia energética consideradas para cada propuesta una vez se pueda acceder a planta de forma normal y ajustar, si fuera necesario, las valoraciones económicas para cada inversión.
- Por otro lado, la implantación de las propuestas en función de la planificación y programación presentada en el apartado 11 del presente estudio. Dicha planificación quedará condicionada, de igual modo que ha quedado el resto estudio, a la evolución de la situación global que se continúa viviendo con el COVID-19.

En conclusión, el aprendizaje obtenido realizando el estudio ha sido muy bueno en cuanto a la realización de una auditoría energética, pero solamente bueno a medias en cuanto al desarrollo de las diferentes propuestas que se pueden extraer de dicha auditoría energética.

8. PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL TRABAJO FUTURO PROPUESTO

A continuación, se proporciona una planificación para el proyecto e implantación de las propuestas incluidas en el estudio.

Para el desarrollo de la planificación se han tenido en cuenta los siguientes puntos:

- Se han dividido las inversiones entre 2020 y 2021.
- Se han planificado para 2020 las inversiones con mayor ahorro económico.
- Se han planificado las inversiones dependiendo de si necesitan ejecutarse con parada de planta o no. Las paradas de planta de PAG son en enero, semana santa, agosto y diciembre.
- Se han agrupado en un mismo periodo las inversiones relacionadas con una misma instalación.

Tabla 51: Planificación para proyecto e implantación de propuestas.

Propuesta	jul-20	ago-20	sep-20	oct-20	nov-20	dic-20	ene-21	feb-21	mar-21	abr-21
Modificación sistema de gestión energético										
Sustitución iluminación convencional por LED										
Sustitución de compresor fijo por variable										
Recuperación de calor de los compresores										
Reducción de fugas de aire comprimido										
Recuperador de calor de humos de combustión										
Aislamiento de válvulas y tuberías de aceite										
Aislamiento de válvulas y tuberías de agua caliente										
Recuperación de calor de secaderos										
<i>Fase Proyecto</i>										
<i>Fase Implantación</i>										

9. RELACIÓN DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y NORMATIVA APLICADA

- [1] Generalitat de Catalunya, "Pla de l'energia i canvi climàtic de Catalunya 2012-2020," Barcelona, 2011.
- [2] C. Peters and J. M. Granollers, *Estalvi i eficiència energètica en edificis públics*, 1a ed. Barcelona: Institut Català d'Energia, 2009.
- [3] C. Peters and J. M. Granollers, *Estalvi i eficiència energètica en edificis públics - Una guia de bones pràctiques*, 1a ed. Barcelona: Institut Català d'Energia, 2008.
- [4] "Reglamento (UE) 2019/1781 de la comisión de 1 de octubre de 2019," 25/10/2019, 2019. [Online]. Available: <https://www.boe.es/doue/2019/272/L00075-00094.pdf>. [Accessed: 30-May-2020].
- [5] "Eficiencia motores eléctricos." [Online]. Available: <https://www.roydisa.es/archivos/2099>. [Accessed: 30-May-2020].
- [6] "Innovación y eficiencia energética en el aire comprimido." [Online]. Available: <https://www.mundocompresor.com/articulos-tecnicos/aire-comprimido-innovacion-eficiencia-energetica>. [Accessed: 20-Jun-2020].
- [7] "Fugas aire comprimido." [Online]. Available: <https://docplayer.es/165549107-Tecnologico-de-costa-rica-escuela-de-ingenieria-electromecanica-pipasa-planta-san-rafael.html>. [Accessed: 31-May-2020].
- [8] "Imágenes Google - Grupo Gallo Granollers," 2020. [Online]. Available: https://www.google.com/search?q=grupo+gallo+granollers&tbm=isch&ved=2ahUKEwjll6bel73oAhUQTBoKHZFhDO8Q2-cCegQIABAA&oq=grupo+gallo+granollers&gs_lcp=CgNpbWcQAzoECAAQHjoECAAQGFDGgQFYvY0BYKuOAWgAcAB4AYAB2AKIAbkMkgEHMi41LjluMZgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1n&sclient=img&ei=E0V_XqXC MZCYaZHDsfGO&bih=969&biw=1920. [Accessed: 28-Mar-2020].
- [9] "Google Maps - Pastas Gallo Granollers," 2020. [Online]. Available: <https://www.google.com/maps/place/Pastas+Gallo/@41.5894107,2.27588,270a,35y,277.69h,37.27t/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x12a4c79023c85589:0x28169a5cd49990aa!8m2!3d41.5898962!4d2.2734511?hl=es>. [Accessed: 28-Mar-2020].
- [10] "Grupo Gallo." .
- [11] "Factor de emisión." [Online]. Available: https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factores_emision_tcm30-479095.pdf. [Accessed: 24-May-2020].

-
- [12] “Bonfiglioli - Eficiencia energética.” [Online]. Available: https://www.ipsom.com/wp-content/uploads/2017/03/Bonfiglioli-AGV-Eficiencia_energética.pdf. [Accessed: 30-May-2020].

10. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Eficiencia, en función de su potencia nominal en kW, de motores eléctricos 4 polos 50 Hz. ...8	8
Figura 2: Costes totales de una estación de aire comprimido.[6]	9
Figura 3: Potencia de consumo por fugas de aire comprimido en función de su diámetro.	10
Figura 4: Tipos de lámparas, eficiencia y aplicación.[3]	11
Figura 5: Vista aérea del complejo industrial del Grupo Gallo en Granollers.[8]	14
Figura 6: Vista lateral del centro productivo PAG.	15
Figura 7: Perspectiva del centro productivo PAG.	15
Figura 8: Distribución de zonas según actividad productiva PAG. [9]	16
Figura 9: Evolución del consumo eléctrico 2017-2019.	19
Figura 10: Evolución del consumo eléctrico por meses año 2019.	20
Figura 11: Distribución de costes de facturación eléctrica por meses año 2019.	21
Figura 12: Evolución del consumo de gas natural 2017-2018.....	22
Figura 13: Evolución del consumo de gas natural por meses año 2019.....	23
Figura 14: Distribución de costes de facturación de gas natural por meses año 2019.....	24
Figura 15: Evolución del consumo de gasoil 2017-2019.	25
Figura 16: Evolución del consumo de agua 2017-2019.	26
Figura 17: Evolución del consumo de agua por meses año 2019.	27
Figura 18: Evolución de la producción en PAG durante los años 2017-2019.	28
Figura 19: Evolución de la producción mensual en PAG durante el año 2019.	28
Figura 20: Evolución ratios energéticas 2017-2019.....	29
Figura 21: Evolución ratios energéticas mensuales durante el año 2019.	29
Figura 22: Esquema productivo de pastificio en PAG.	32
Figura 23: Amasadora	34
Figura 24: Extrusionadora.	34
Figura 25: Trabatto, secado y enfriado.	34
Figura 26: Termografías instalación agua caliente y P2 encartado.	35
Figura 27: Pesadora.....	37
Figura 28: Envasado y control de peso.	37
Figura 29: Encajadora.....	38
Figura 30: Transporte.....	38
Figura 31: Paletizado.....	39
Figura 32: Enfardado.....	39
Figura 33: Caldera de aceite térmico (izquierda) y bombas de aceite térmico (derecha).	42
Figura 34: Bombas de agua caliente (izquierda) e intercambiador de calor (derecha).	43
Figura 35: Termografías de la caldera de aceite térmico.[10]	44
Figura 36: Caldera de agua sobrecalentada.	46
Figura 37: Instalación osmosis.	47
Figura 38: Enfriadora agua fría industrial.	48
Figura 39: Caldera eléctrica de vapor.	49
Figura 40: Compresor 1, 2, 3 (izquierda) y secador (derecha).	50
Figura 41: Unidades de impulsión y extracción de aire zona de producción.	52
Figura 42: UTA (izquierda) y enfriadora (derecha) zona de envasado.....	54
Figura 43: Splits oficinas y servidores.	54
Figura 44: Soplante para transporte de materia.....	55
Figura 45: Cámaras frigoríficas de huevo (izquierda) y válvulas de distribución (derecha).	56
Figura 46: Equipos de frío cámaras frigoríficas.	56
Figura 47: Fluorescentes pastificio y claraboyas.	57
Figura 48: Distribución de consumos de iluminación.....	58

Figura 49: Distribución de costes electricidad por instalación principal.	59
Figura 50: Pareto coste total electricidad y gas natural por instalación principal.	60
Figura 51: Distribución de costes electricidad por instalación auxiliar.	61
Figura 52: Distribución de costes de gas natural por instalación auxiliar.	62
Figura 53: Pareto coste total electricidad y gas natural por instalación auxiliar.	63
Figura 54: Pareto coste total electricidad y gas natural por instalación.	64
Figura 55: Distribución de emisiones en PAG, según fuente energética, en el año 2019.	65
Figura 56: Cartel de ahorro de energía.	67
Figura 57: Termografías de juntas y paneles de secaderos.	68
Figura 58: Termografías de válvulas y tuberías de la instalación de aceite.	81
Figura 59: Termografías de válvulas y tuberías de la instalación de agua caliente industrial.	83

11. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Distribución de zonas según actividad productiva PAG. _____	16
Tabla 2: Consumo eléctrico y coste anual pastificio. _____	17
Tabla 3: Consumo de gas y coste anual pastificio. _____	17
Tabla 4: Consumo de agua y coste anual _____	18
Tabla 5: Consumo de gasoil y coste anual. _____	18
Tabla 6: Tabla resumen consumos de energía anuales para el año 2019. _____	18
Tabla 7: Consumo eléctrico por meses año 2019. _____	20
Tabla 8: Distribución de costes de facturación eléctrica año 2019. _____	21
Tabla 9: Consumo de gas natural por meses año 2019. _____	22
Tabla 10: Distribución de costes de facturación de gas natural año 2019. _____	23
Tabla 11: Consumo de agua por meses año 2019. _____	26
Tabla 12: Horario de funcionamiento de la planta PAG. _____	30
Tabla 13: Consumo eléctrico anual líneas de producción. _____	36
Tabla 14: Consumo de gas natural anual líneas de producción. _____	36
Tabla 15: Características caldera aceite térmico. _____	41
Tabla 16: Características quemador caldera. _____	41
Tabla 17: Características bombas circulación aceite térmico. _____	41
Tabla 18: Características bombas circulación agua caliente. _____	42
Tabla 19: Características calderas de agua sobrecalentada. _____	45
Tabla 20: Características quemador calderas de agua sobrecalentada. _____	45
Tabla 21: Características refrigeración línea P7. _____	48
Tabla 22: Características caldera eléctrica de vapor. _____	49
Tabla 23: Características compresores de aire comprimido. _____	50
Tabla 24: Características secadero de aire para compresores de aire comprimido. _____	50
Tabla 25: Características unidades de clima zona producción. _____	52
Tabla 26: Características UTA zona envasado. _____	53
Tabla 27: Características enfriadora de la UTA zona envasado. _____	53
Tabla 28: Consumos eléctricos de iluminación por zonas. _____	58
Tabla 29: Resumen consumos y costes eléctricos por instalación principal. _____	59
Tabla 30: Resumen consumos y costes eléctricos por instalación auxiliar, de mayor a menor coste económico. _____	61
Tabla 31: Resumen consumos y costes gas natural por instalación, de mayor a menor coste económico. _____	62
Tabla 32: Resumen de emisiones de CO ₂ en PAG en el año 2019. _____	65
Tabla 33: Tabla resumen propuesta de modificación del sistema de gestión de la energía. _____	69
Tabla 34: Viabilidad económica - Modificación sistema de gestión energético. _____	70
Tabla 35: Tabla resumen propuesta de sustitución iluminación convencional por led. _____	71
Tabla 36: Viabilidad económica - Sustitución iluminación convencional por LED. _____	72
Tabla 37: Tabla resumen propuesta sustitución de compresor fijo por variable. _____	73
Tabla 38: Viabilidad económica - Sustitución de compresor fijo por variable. _____	74
Tabla 39: Resumen propuesta de recuperación de calor de los compresores. _____	75
Tabla 40: Viabilidad económica - Recuperación de calor de los compresores. _____	76
Tabla 41: Resumen propuesta reducción de fugas de aire comprimido. _____	77
Tabla 42: Viabilidad económica - Reducción de fugas de aire comprimido. _____	78
Tabla 43: Resumen propuesta de recuperador de calor de humos de combustión. _____	79
Tabla 44: Viabilidad económica - Recuperador de calor de humos de combustión. _____	80
Tabla 45: Resumen propuesta de aislamiento de válvulas y tuberías de aceite. _____	81
Tabla 46: Viabilidad económica - Aislamiento de válvulas y tuberías de aceite. _____	82

Tabla 47: Resumen propuesta de aislamiento de válvulas y tuberías de agua caliente.	83
Tabla 48: Viabilidad económica - Aislamiento de válvulas y tuberías de agua caliente.	84
Tabla 49: Resumen propuesta de recuperación de calor de secaderos.	85
Tabla 50: Viabilidad económica - Recuperación de calor de secaderos.	86
Tabla 51: Planificación para proyecto e implantación de propuestas.	90