

Proyecto Fin de Carrera Ingeniería Química

Auditoría Energética según RD 56/2016 a una industria agroalimentaria

Autor: Alejandro García Guzmán

Tutor: David Velázquez Alonso

Dpto. Ingeniería Energética
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2021



Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería Química

Auditoría Energética según RD 56/2016 a una industria agroalimentaria

Autor:

Alejandro García Guzmán

Tutor:

David Velázquez Alonso

Profesor titular

Dpto. de Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2013

Proyecto Fin de Carrera: Auditoría Energética según RD 56/2016 a una industria agroalimentaria

Autor: Alejandro García Guzmán

Tutor: David Velázquez Alonso

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2021

El secretario del Tribunal

Agradecimientos

A mis padres, familia y amigos.

A la Academia General Militar, por haberme instruido y formado en valores carentes en la sociedad.

A mi tutor y profesor David Velázquez Alonso, por instruirme y brindarme la oportunidad de experimentar el campo de las auditorías energéticas, dándole un enfoque práctico y profesional.

Alejandro García Guzmán

Sevilla 2021

Resumen

En el presente proyecto se ha llevado a cabo una auditoría energética a una industria agroalimentaria productora de aceite de oliva envasado y vinagre.

Para abordarla se han solicitado a una industria agroalimentaria datos relativos a consumos, producción, fichas técnicas de los equipos, y estudios previos realizados en la empresa.

Además de todo ello, se ha realizado una visita a la fábrica para tratar con los responsables técnicos y conocer in situ la situación de la misma y así poder detectar ineficiencias energéticas.

Tras esto se procedió identificar medidas de eficiencia energética y su posible implementación valorando su viabilidad técnica y económica.

Abstract

In this project, an energy audit has been carried out in an agri-food industry that produces bottled olive oil and vinegar.

To carry out it, an agri-food industry has been requested data related to consumption, production, technical specifications of the equipment, and previous studies carried out in the company.

In addition to all this, a visit has been made to the factory to deal with the technical managers and find out about the situation of the factory and try to detect energy inefficiencies.

After this, we proceeded to identify energy efficiency measures and their possible implementation, assessing their technical and economic viability.

Índice

Agradecimientos	4
Resumen	5
Abstract	6
Índice	7
Índice de Tablas	9
Índice de Figuras	11
1 Introducción	13
1.1 <i>El Real Decreto 56/2016</i>	14
2 Objetivos del proyecto	15
3 antecedentes	16
3.1 <i>Objeto auditado</i>	16
3.2 <i>Contexto de la auditoría</i>	16
3.3 <i>Instalaciones</i>	16
3.3.1 <i>Fábrica objeto</i>	16
A. Refinería	17
B. Filtración de aceite de oliva virgen	18
C. Fábrica de vinagres	18
D. Fábrica de salsas	19
E. Fábrica de productos especiales	20
F. Fábrica de envases	20
G. Planta de envasado	20
H. Sistemas de aire comprimido	21
I. Calderas de vapor	21
J. Torres de refrigeración	21
K. Plantas enfriadoras	22
L. Instalaciones eléctricas	23
3.4 <i>Normas y reglamentaciones relevantes</i>	24
4 Auditoría energética	25
4.1 <i>Descripción de la auditoría</i>	25
4.1.1 Alcance	25
4.1.2 Objetivo	25
4.1.3 Metodología de la auditoría	25
4.2 <i>Características de los datos recopilados</i>	26
4.3 <i>Análisis del consumo energético</i>	26
4.3.1 Estructura productiva	27
4.3.2 Estructura energética	28
4.3.3 Índices de consumo	35
4.3.4 Precios de la energía	36
4.4 <i>Clasificación de las medidas de mejora de la eficiencia energética</i>	36

5 Oportunidades de mejora de eficiencia energética	37
5.1 <i>Proyecto de ahorro P1: Sustitución de la caldera Geval</i>	37
5.1.1 Evaluación del proyecto	38
5.1.2 Análisis económico	39
5.1.3 Interacciones con otros proyectos de ahorro	39
5.1.4 Métodos de medición y verificación tras la implementación del proyecto	39
5.2 <i>Proyecto de ahorro P2: Instalación de huerto solar fotovoltaico de autoconsumo</i>	40
5.2.1 Evaluación del proyecto	42
5.2.2 Análisis económico	43
5.2.3 Interacciones con otros proyectos de ahorro	43
5.2.4 Métodos de medición y verificación tras la implementación	43
5.3 <i>Proyecto de ahorro P3: Ajuste del término de potencia fijo de electricidad</i>	44
5.3.1 Evaluación del proyecto	44
5.3.2 Análisis económico	44
5.3.3 Interacciones con otros proyectos de ahorro	45
5.3.4 Métodos de medición y verificación tras la implementación del proyecto	45
5.4 <i>Proyecto de ahorro P4: Renovación sala de compresores</i>	46
5.4.1 Evaluación del proyecto	46
5.4.2 Análisis económico	47
5.4.3 Interacciones con otros proyectos de ahorro	47
5.4.4 Métodos de medición y verificación tras la implementación del proyecto	47
5.5 <i>Proyecto de ahorro P5: Instalación de climatización y renovación del aire del laboratorio.</i>	48
1.5.1 Evaluación del proyecto	48
5.5.2 Análisis Económico	49
6. Conclusiones	50
7. Bibliografía	53
8. Anexos	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Características técnicas compresores de aire comprimido	25
Tabla 3.2: Características de la torre de fábrica de envases	26
Tabla 3.3: Características de la torre del circuito de fermentadores	26
Tabla 3.4: Características de la planta enfriadora de los fermentadores	26
Tabla 3.5: Características de la planta enfriadora de la planta de envasado	26
Tabla 3.6: Características de la planta enfriadora de la fábrica de envases	27
Tabla 3.7: Características de la planta enfriadora de los fermentadores	27
Tabla 4.1: Producción fábrica durante los años mostrados	31
Tabla 4.2: Consumos y costes energéticos (2016, 2017, 2018 y 2019).	32
Tabla 4.3: Resumen de la facturación de gas natural en 2016	34
Tabla 4.4: Resumen de la facturación de gas natural en 2017	35
Tabla 4.5: Resumen de la facturación de gas natural en 2018	35
Tabla 4.6: Resumen de la facturación de gas natural en 2019	36
Tabla 4.7: Resumen de la facturación eléctrica en 2016	37
Tabla 4.8: Resumen de la facturación eléctrica en 2017	37
Tabla 4.9: Resumen de la facturación eléctrica en 2018	38
Tabla 4.10: Resumen de la facturación eléctrica en 2019	38
Tabla 4.11: Índices de consumo a lo largo de los años analizados	40
Tabla 4.12: Índices económicos a lo largo de los años analizados	40
Tabla 4.13: Precios de la energía	40
Tabla 4.14: Clasificación de los proyectos de ahorro	40
Tabla 5.1: Características principales de las calderas candidatas	42
Tabla 5.2: Ahorro anual y payback asociado a las calderas candidatas.	42
Tabla 5.3: Características de cada módulo solar.	44
Tabla 5.4: Potencia generada por la instalación.	44
Tabla 5.5: Costes por período en la situación actual	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1: Diagrama de bloques de la fábrica	20
Figura 3.2: Diagrama de bloques de la refinería	21
Figura 3.3: Diagrama de flujo de la línea de refinación	21
Figura 3.4: Diagrama de flujo de la filtración de aceite de oliva virgen	22
Figura 3.5: Diagrama de flujo de la fabricación de vinagres	22
Figura 3.6: Diagramas de flujo de la fabricación de salsas	23
Figura 4.1: Distribución porcentual de productos en 2019	31
Figura 4.2: Distribución de la producción en los años 2016, 2017, 2018 y 2019	31
Figura 4.3: Distribución de consumos energéticos en Alcolea (kWh) en 2019	32
Figura 4.4: Distribución de consumos de gas natural y electricidad en los años objeto	33
Figura 4.5: Distribución de costes energéticos en 2019	33
Figura 4.6: Distribución de costes energéticos (k€) en 2016, 2017, 2018 y 2019	34
Figura 4.7: Evolución mensual del consumo de gas natural en los años analizados en MWh	36
Figura 4.8: Evolución mensual del consumo de electricidad en los años analizados	39
Figura 5.1: Curva rendimiento caldera Geval	41
Figura 5.2: Producción diaria de energía por paneles	45
Figura 5.3: Distribución de consumos tras la instalación del huerto solar.	45
Figura 5.4: Análisis de rentabilidad P2	47
Figura 5.5: Potencia contratada actual frente a potencia propuesta tras el estudio	48
Figura 5.6: Consumo asociado a los compresores actuales	50
Figura 5.7: Consumo asociado a la nueva propuesta	50
Figura 5.8: Presupuesto asociado al proyecto 5	52

1 INTRODUCCIÓN

“TODOS SOMOS MUY IGNORANTES; LO QUE OCURRE ES QUE NO TODOS IGNORAMOS LAS MISMAS COSAS”.

- Albert Einstein -

La disponibilidad de la energía es un hecho que pasa inadvertido en la sociedad pero que no es baladí. Dado que los recursos de la Tierra son limitados y las apetencias del ser humano infinitas, estamos avocados a un modelo de desarrollo insostenible, el cual podría derivar en futuros conflictos armados que nos lleven al propio apocalipsis, como ya vaticinaba el Bosco en su tríptico *el jardín de las delicias*.

Por ello, la eficiencia energética es un aspecto esencial, en aras de crear un horizonte sostenible, teniendo como objetivo la reducción del consumo de energía final y, por ende, la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero.

1.1 El Real Decreto 56/2016

La UE se propuso para 2020 aumentar la eficiencia energética en un 20%. Con este fin, surgió la necesidad de modificar el marco legal con el objetivo de reducir en un veinte por ciento el consumo de energía primaria. Por ello se aprobó la Directiva 2012/27/UE.

España transpuso parcialmente esta directiva europea en el RD 56/2016, principalmente en materias de auditorías energéticas, sistemas de acreditación para proveedores de servicios energéticos, así como la promoción de la eficiencia energética en los procesos de producción y uso del calor y del frío.

El propósito de este Real decreto será el impulso y promoción de actuaciones en la actividad industrial que contribuyan al ahorro y a la eficiencia de la energía primaria consumida, así como la optimización de la demanda energética de los equipos e instalaciones integrados a las industrias.

Según este RD el ámbito de aplicación de la mencionada normativa será aplicable a aquellas empresas que tengan la consideración de grandes empresas, entendiendo por grandes empresas las que reúnen estas características:

- Que tengan al menos 250 empleados.
- Aquellas que, sin cumplir el requisito anterior, cuenten con un volumen de negocio que exceda de 50 M€ y, a la par, tengan un balance general que exceda de 43 M€.
- De igual modo, será también de aplicación a los grupos de sociedades, definidos según lo establecido en el artículo 42 del Código de Comercio, que, teniendo en cuenta las magnitudes agregadas de todas las sociedades que forman el grupo consolidado, cumplan los referidos requisitos de gran empresa.
- Quedan excluidas de este ámbito de aplicación las microempresas, pequeñas y medianas empresas o PYMES.

Las empresas afectadas por la norma deberán de realizar una auditoría energética cada cuatro años a partir de la fecha de la auditoría energética anterior que cubra, al menos, el 85 por ciento del consumo total de energía final del conjunto de las instalaciones ubicadas en el territorio nacional que formen parte de las actividades industriales, comerciales y de servicios que dichas empresas y grupos gestionan en el desarrollo de su actividad económica, o bien aplicar un sistema de gestión energética o ambiental, certificado por un organismo independiente con arreglo a las normas europeas o internacionales correspondientes, siempre que el sistema de gestión de que se trate incluya una auditoría energética realizada conforme a las directrices mínimas que se indican en el apartado 3.

2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Una industria agroalimentaria quiere realizar la presente auditoría energética en sus instalaciones de Alcolea (Córdoba) para identificar oportunidades de mejora de eficiencia energética que permitan reducir costes energéticos y emisiones de CO₂, mejorando la competitividad de la compañía y al mismo tiempo cumplir la normativa vigente recogida en el RD 56/2016. El Real Decreto 56/2016 que transpone la Directiva Europea 2012/27/UE obliga a las grandes empresas a efectuar auditorías energéticas cada cuatro años. Esta empresa realizó la última auditoría energética correspondiente al Real Decreto en 2016, informando a la administración competente el en abril de 2016. Este estudio energético tiene este doble objetivo de mejorar la eficiencia energética dando cumplimiento a la obligación del Real Decreto.

3 ANTECEDENTES

3.1 Objeto auditado

Las instalaciones que son objeto de la presente auditoría se sitúan en la carretera N-IV, km 388 situada en el término municipal de Alcolea, provincia de Córdoba. Los principales productos de la planta son aceite de oliva envasado (virgen) y vinagre. El vinagre actualmente está externalizado a otra empresa, pero se integra dentro de la estructura productiva de la que estudiamos.

3.2 Contexto de la auditoría

La presente auditoría viene precedida de otra finalizada en 2016 en la cual se detectaron un total de 11 proyectos de mejora, con un ahorro económico de 316.721 €/año, un ahorro energético estimado de 4430 MWh/año y un total de emisiones evitadas de 1120 ton CO₂/año.

3.3 Instalaciones

3.3.1 Fábrica objeto

La fábrica cuenta actualmente con 1 sección productiva en la planta; la bodega. En esta se generan 2 tipos de productos: (i) aceite de oliva virgen y (ii) vinagre. Ambos productos son enviados a la planta de envasado para su posterior comercialización.

La refinería de aceite se encuentra parada desde marzo de 2017 debido a cuestiones de mercado. La producción actual está centrada en el envasado de aceite de oliva virgen y el vinagre.

Existen varias unidades de sistemas auxiliares distribuidos por la planta las cuales abastecen a las secciones mencionadas anteriormente. Estos son los sistemas de aire comprimido, la red de vapor, las plantas enfriadoras y el agua de refrigeración. Que a su vez estos se abastecen de las fuentes de energía final: el gas natural y la electricidad.

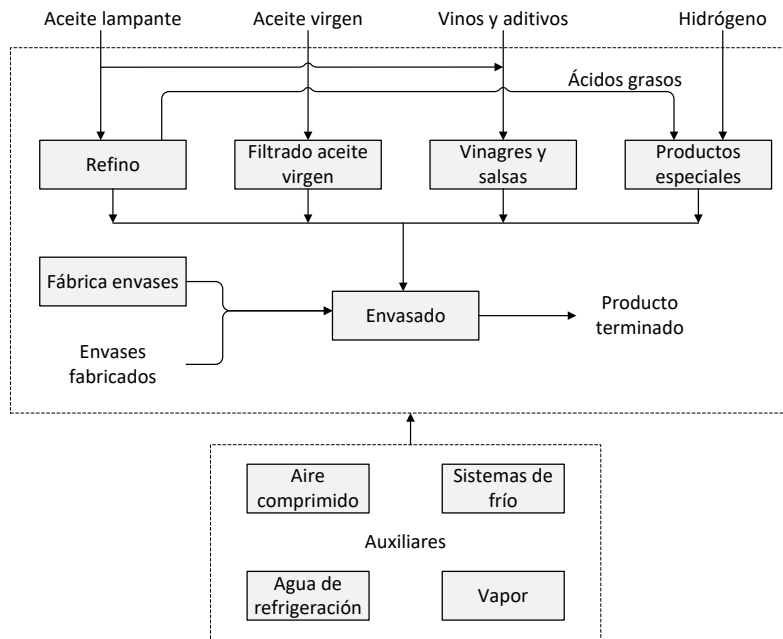


Figura 3.1: Diagrama de bloques de la fábrica

A. Refinería

Actualmente la refinería se encuentra en parada por cuestiones de mercado.

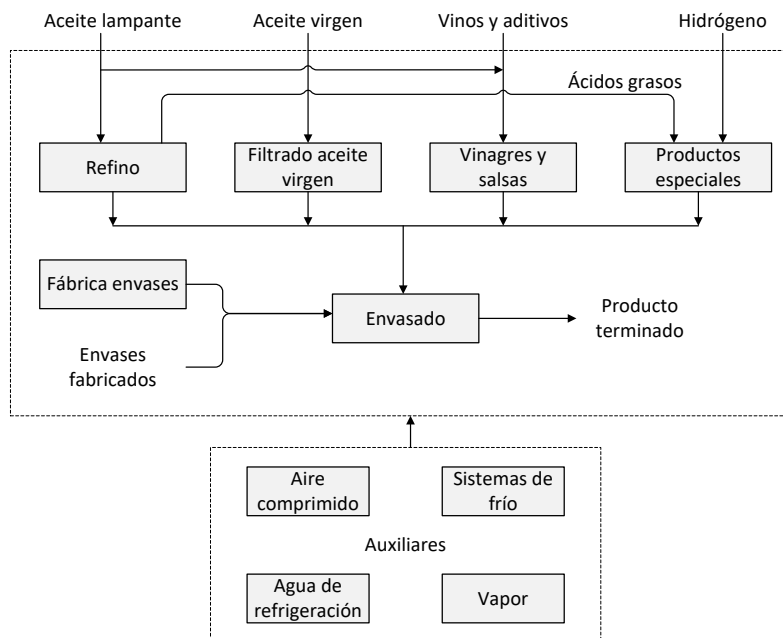


Figura 3.2: Diagrama de bloques de la refinería

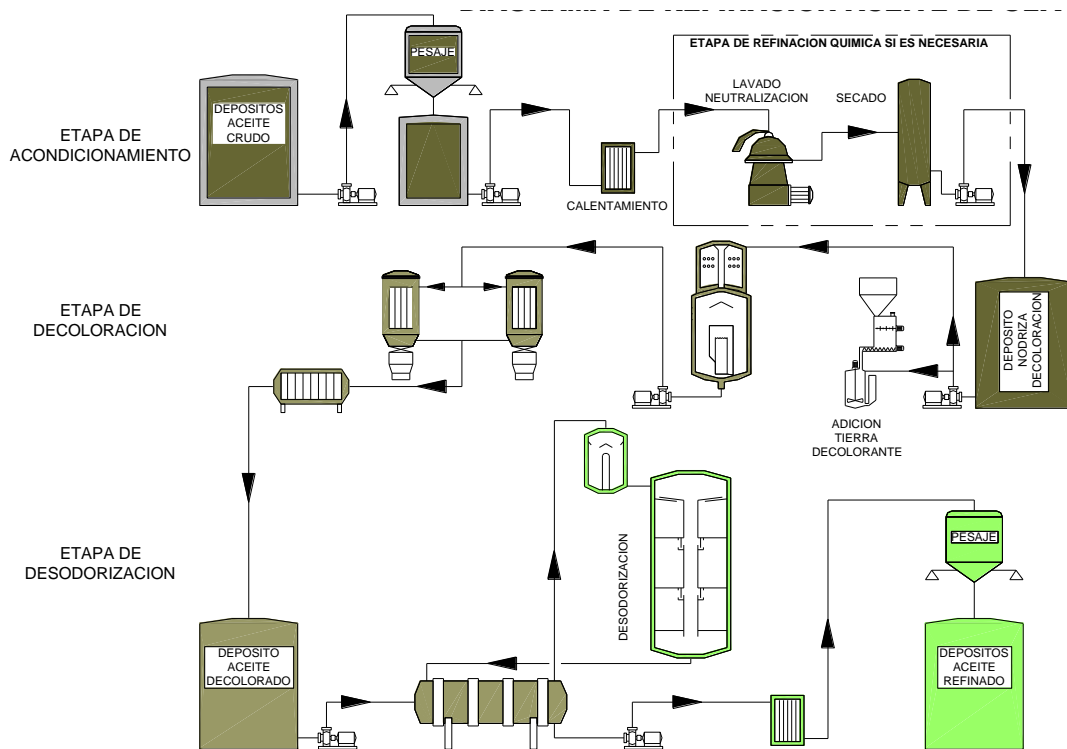


Figura 3.3: Diagrama de flujo de la línea de refinación

B. Filtración de aceite de oliva virgen

De manera independiente, el aceite de oliva virgen solo sufre una operación de filtrado para evitar así la alteración de sus propiedades. Para ello se emplean filtros prensa con accionamiento manual y tras ello, el aceite es almacenado en los tanques de las bodegas interiores, localizados en recinto climatizado.

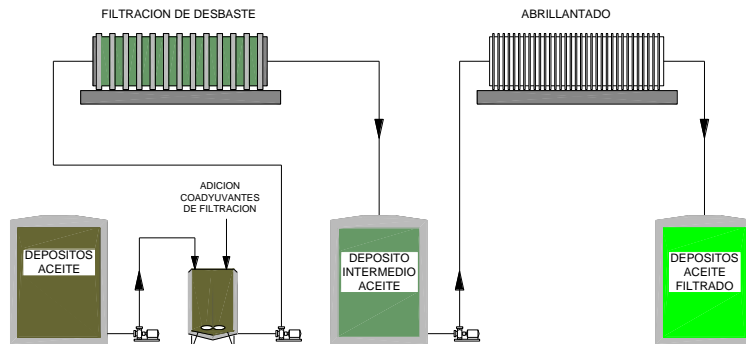


Figura 3.4: Diagrama de flujo de la filtración de aceite de oliva virgen

C. Fábrica de vinagres

La fabricación de vinagres se basa en la fermentación de unos vinos mediante la acción de bacterias, las cuales requieren un medio prácticamente isoterma entorno a los 31 °C. Tras la fermentación, el vinagre es clarificado, filtrado y finalmente diluido en agua hasta lograr el ajuste de acidez deseado.

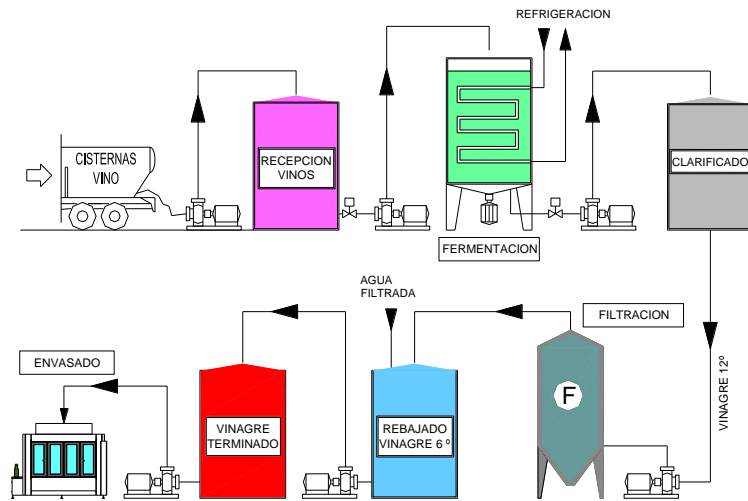
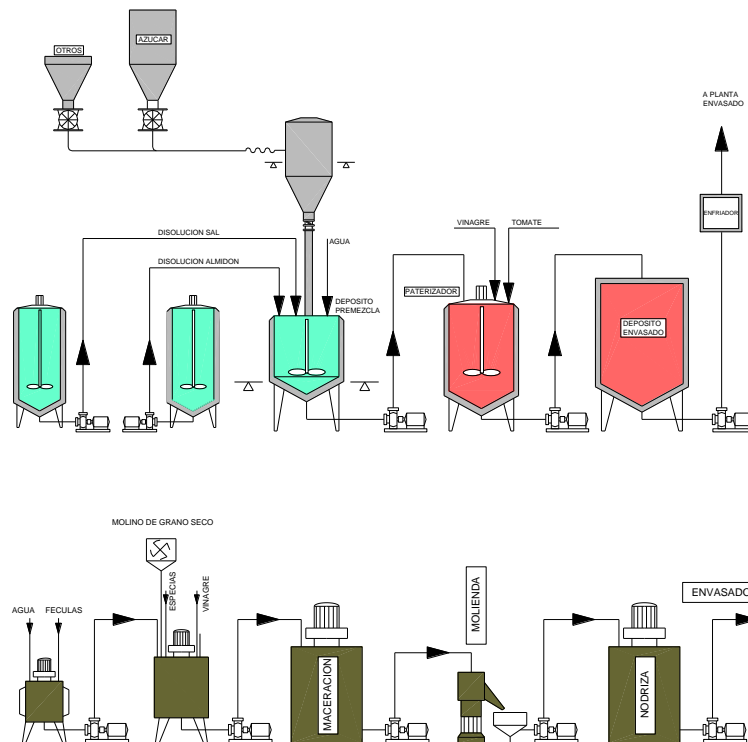


Figura 3.5: Diagrama de flujo de la fabricación de vinagres

Además del consumo eléctrico de bombas, la fábrica de vinagres conlleva un importante consumo asociado a la refrigeración de los fermentadores, que funcionan con agua fría a 16 °C. Para dicha utilidad, se cuenta con una torre de refrigeración de 1 MW de potencia frigorífica, la cual es apoyada por un trane de similar potencia.

D. Fábrica de salsas

Actualmente la fábrica de salsas se encuentra en parada por cuestiones de mercado.



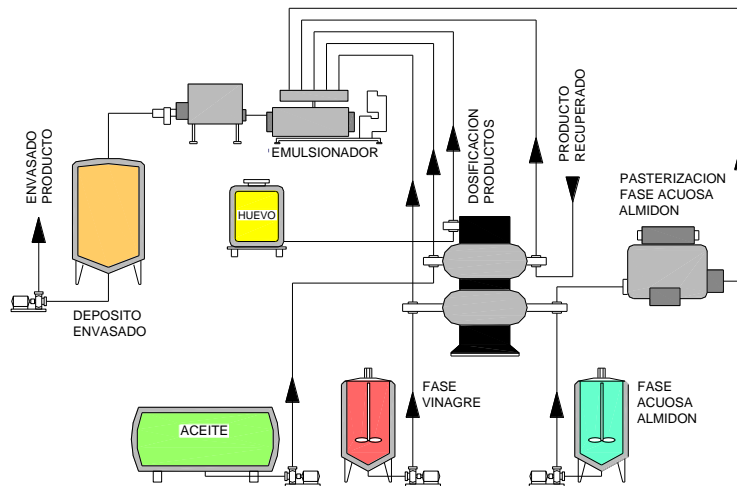


Figura 3.6: Diagramas de flujo de la fabricación de salsas: ketchup (arriba), mostaza (medio) y mayonesa (abajo)

E. Fábrica de productos especiales

La fábrica de productos especiales se encuentra actualmente en parada por cuestiones de mercado.

F. Fábrica de envases

Los envases de materiales plásticos son fabricados mediante soplado en la misma planta. La fábrica recibe las preformas de plástico, y en la máquina de soplado, estas preformas son precalentadas mediante resistencias de manera no uniforme para facilitar su deformación. A continuación, la preforma recibe una carga de aire a 40 bar, provocando la deformación de la preforma y adaptándose a la geometría del envase. Tras el soplado, por transporte neumático, los envases son enviados a la planta de envasado.

El consumo energético en esta sección es únicamente eléctrico y representa una parte muy importante de la totalidad de la fábrica, habiendo experimentado un aumento importante en los últimos años. Sin embargo, no existe un potencial de mejora en esta planta, ya que los consumos se deben fundamentalmente al alto requerimiento energético de la máquina sopladora y en menor medida al sistema de transporte neumático.

G. Planta de envasado

Además de los envases de plástico anteriores, a la planta de envasado también llegan envases de vidrio y latas paletizados. Una vez aquí, los envases son soplados para eliminar impurezas y después son rellenados con el producto, taponados, etiquetados y finalmente enviados a los palets de producto terminado.

La línea de envasado cuenta con un conjunto de máquinas, cintas transportadoras y elevadores, que en conjunto representan uno de los mayores consumos eléctricos de la fábrica, del cual la gran parte es trabajo mecánico realizado por las máquinas y tan solo una pequeña parte se debe a compresores de aire comprimido a baja presión necesario para el soplado previo al llenado de los envases.

H. Sistemas de aire comprimido

La fábrica consume aire comprimido a dos niveles de presión: alta a 42 bar y baja a 8-10 bar. Para la producción de aire comprimido de alta presión, utilizado solo en el soplado de botellas; se emplean compresores alternativos de pistón, que inyectan aire en un anillo desde el cual se alimentan las máquinas sopladoras. Para la red de aire comprimido de baja presión se utilizan compresores de tornillos marca COMPAIR que se encuentran distribuidos por varias zonas del complejo. La tabla siguiente recoge un resumen de los compresores existentes:

COMPRESOR	MODELO	CAUDAL			PRESIÓN TRABAJO (bar)	POTENCIA (kW)
		m ³ /h	m ³ /min	L/min		
COMPAIR	L75SR	1019,4	16,99	16.990	7	75
COMPAIR	6115-10 AS	726	12,1	202	10	84,64
COMPAIR	RA 100	597,6	9,96	166	10	75
INGERSOLL-RAND	M75	732	12,2	203	8,5	75
BÉTICO	ER-15P	144	2,4	2.400	8	15
SAMUR	BS-10-P	-	-	-	7	7,4
ABC	4HA-6-BIS-LT	1213	20,2	337	42	235
ABC	4HA-4-BIS-LT	680	11,3	189	42	105
COMPAIR	L132	1458	24,3	24.300	7	132

Tabla 3.1: Datos técnicos de los compresores de aire comprimido

I. Calderas de vapor

Actualmente la demanda de vapor de la fábrica es a baja presión debido a que la sección que requería vapor a alta presión era la refinería y está en parada. El vapor se produce a 11 kg/cm² por la caldera Geval que tiene una producción de 9 t/h mientras que la caldera StandardKessel de 11t/h se encuentra en parada.

El vapor producido por la caldera Geval es consumido mayoritariamente por la bodega y la planta de envasado.

Se está estudiando la posibilidad de sustituir la caldera Geval de 9 t/h y 11 Kg/cm² de presión, por una caldera de 2 t/h y 8 bares debido a que las necesidades de vapor de la fábrica se ajustarían mejor a esa nueva caldera, además supondría un aumento del rendimiento de la instalación y por ende un potencial económico de mejora. Dentro de estas mejoras se intentará buscar una caldera con un rearme automático debido a que la actual en funcionamiento tiene un sistema de rearme manual cada 2 horas y requiere de personal para efectuar dichos rearmes.

J. Torres de refrigeración

Actualmente existen 2 circuitos de torres de enfriamiento que dan servicio a 2 secciones de la fábrica: la fábrica de envases y los fermentadores.

1. Torres de Fábrica de envases

La fábrica de envases dispone de una torre Marley-Torralval CTFP 2430, que junto con el sistema de frío TRANE RTAC 275.

Equipo	Capacidad Frigorífica (kcal/h)	Salto térmico (°C)	Caudal recirculado (m3/h)
Torralval CTPF 2430	1.500.000	6	50

Tabla 3.2: Características de la torre de fábrica de envases

2. Torres de fermentadores de vinagre

El circuito de agua fría de la planta de fermentación de vinagres se compone actualmente de una planta de frío TRANE RTAC 300 y de una torre de enfriamiento evaporativo BLATIMORE AIRCOIL.

En principio, se intenta trabajar con la torre siempre que las condiciones exteriores lo permitan. Así la estrategia de operación del sistema depende de la estación del año:

En invierno sólo trabaja la torre de refrigeración. En caso de que la torre no pueda combatir toda la carga térmica se arranca el TRANE, que trabaja contra un depósito intermedio en serie con la torre anterior. Así pues, la torre enfría hasta su capacidad máxima y el resto de la demanda energética la aporta la planta de frío. En primavera y otoño, la torre opera normalmente y en verano, la torre se encuentra parada, mientras que la planta de frío trabaja en solitario a un 70-80 % de su capacidad.

Equipo	Capacidad Frigorífica (kcal/h)	Salto térmico (°C)	Caudal recirculado (m3/h)
Baltimore Aircoil	860.000	14	194

Tabla 3.3: Características de la torre del circuito de fermentadores

Equipo	Trane RTAC 140
Potencia frigorífica (kW)	496
Potencia eléctrica (kW)	222
Refrigerante	R 134a

Tabla 3.4: Características de la planta enfriadora de los fermentadores

K. Plantas enfriadoras

Actualmente existen 2 plantas enfriadoras dando servicio a la fábrica de envases y al circuito de torres de fermentadores.

➤ Plantas enfriadoras de la planta de envasado de aceite

Se trata de 2 plantas enfriadoras TRANE idénticos; que generan agua de refrigeración que enfrían el aceite que proviene de las bodegas a unos 35 °C hasta los 19 °C necesarios para su envasado.

Equipo	2xTrane RTAC 275
Potencia frigorífica (kW)	1100
Refrigerante	R-134A

Tabla 3.5: Características de la planta enfriadora de la planta de envasado

➤ **Planta enfriadora de fábrica de envases**

En la fábrica de envases existe una planta de frío TRANE RTAD 085, que se emplea fundamentalmente para la refrigeración de los moldes en las máquinas sopladoras, además de refrigerar los compresores de dichas máquinas, compartiendo esta misión durante el verano con la torre Torralval CTFP 2430, y priorizándose el uso de agua fría frente a agua de torre cuando la planta de frío tiene capacidad suficiente.

Trane RTAD 085	
Potencia Frigorífica (kW)	274
Potencia Eléctrica (kW)	99
Refrigerante	R 134a

Tabla 3.6: Características de la planta enfriadora de la fábrica de envases

➤ **Planta enfriadora del circuito de fermentadores**

Como se comentó anteriormente, una planta de frío TRANE RTAC 300 complementa la torre de enfriamiento evaporativo BLATIMORE AIRCOIL en la refrigeración de los fermentadores de vinagres.

Trane RTAC 300	
Potencia frigorífica (kW)	1160
Potencia Eléctrica (kW)	472
Refrigerante	R 134a

Tabla 3.7: Características de la planta enfriadora de los fermentadores

L. Instalaciones eléctricas

La instalación eléctrica de la planta industrial tiene dos acometidas en 20 kV que conectan con la red de distribución de Sevillana-Endesa. A partir de las mismas se alimenta a dos centros de transformación: Carexpor y Fábrica de botellas. En el centro de transformación Carexpor se disponen dos transformadores de 2000 kVA de potencia nominal que trabajan con el secundario en barra partida. En el centro de transformación Fábrica de botellas se tiene instalado un transformador de 1600 kVA. En ambos centros existen baterías de condensadores que realizan la compensación de potencia reactiva de una forma centralizada. También en ambos centros existe un equipo de tarificación eléctrica, si bien la facturación de energía eléctrica se realiza de forma agregada.

Realizada la reducción de tensión, se realiza la distribución eléctrica a la planta industrial en baja tensión a 400 V.

El consumo eléctrico de la planta industrial se puede dividir en los siguientes conceptos principalmente:

➤ Alumbrado

En el caso de las oficinas el alumbrado se realiza a través de fluorescentes. En la planta industrial existe alumbrado mediante fluorescentes, proyectores de vapor de sodio y en algunos casos (almacenes de productos terminados) halogenuros metálicos. No existe ningún sistema de gestión del alumbrado que tenga presente el posible aprovechamiento de la luz natural ni la desconexión automática en función de presencia y/u horario.

➤ Alimentación de motores

La mayor parte de los motores existentes son de potencias reducidas y destinados principalmente a funciones de bombeo. Los motores de mayor potencia corresponden a compresores, bombas y ventiladores de las torres de refrigeración. Algunos motores disponen de arrancadores suaves. Existen algunas aplicaciones con velocidad variable debido a requerimientos del proceso productivo.

Partes de la instalación eléctrica se encuentran monitorizadas de forma continua, concretamente las salidas de baja tensión del centro de transformación Carexpor. Existe la intención de extender la monitorización a las salidas del centro de transformación Fábrica de botellas.

La compra de energía eléctrica se realiza a través de un comercializador: Endesa. Debido a que la acometida de la instalación es de 20 kV y la potencia contratada supera los 450 kW se realiza facturación en seis períodos tarifarios.

3.4 Normas y reglamentaciones relevantes

La presente auditoría se está haciendo acorde al Real Decreto 56/2016 que establece que las grandes industrias que no sean PYMES realicen una auditoría cada 4 años.

A continuación, se enumeran las fuentes normativas empleadas en la realización de la auditoría:

- Norma UNE-EN 16247-1 Auditorías energéticas, Parte 1: Requisitos generales. Diciembre 2012.
- Norma UNE-EN 16247-3 Auditorías energéticas, Parte 3: Procesos. Diciembre 2012.
- Metodología para la elaboración de auditorías energéticas en la industria, Agencia Andaluza de la Energía, 2011.

4 AUDITORÍA ENERGÉTICA

4.1 Descripción de la auditoría

4.1.1 Alcance

El alcance de la presente auditoría se extiende hasta los límites de batería del objeto auditado (apartado 3.1). No obstante, y por especificaciones de personal de planta, el análisis de oportunidades de mejora se circunscribió a las líneas de aceite y servicios auxiliares (agua de refrigeración, vapor, aire comprimido y sistemas de frío), por reunir la práctica totalidad de producciones y consumos.

4.1.2 Objetivo

De acuerdo a la definición anteriormente citada, el objetivo de esta auditoría energética es la identificación de flujos energéticos, así como la detección de potenciales proyectos de ahorro en el objeto auditado durante el periodo posterior a la anterior auditoría, es decir, comprendido entre 2016 y 2019, para así mejorar la eficiencia y reducir las emisiones CO₂, dando cumplimiento a la exigencia del RD 56/2016.

4.1.3 Metodología de la auditoría

La metodología planteada para esta auditoría sigue las pautas establecidas por las normas UNE-EN 16247-1 “Auditorías energéticas, Parte 1: Requisitos generales” y UNE-EN 16247-3 “Auditorías energéticas, Parte 3: Procesos” y se constituye de las siguientes fases:

A. Solicitud de Datos

Al comienzo del proyecto, la empresa auditora solicitó datos referentes al objeto auditado con el fin de realizar un análisis de la instalación previo a la visita inicial de recopilación de información. Esta información inicial consta de descripciones de procesos, características de los equipos más importantes y principales datos históricos referentes a producción y consumo desglosados mensualmente.

B. Revisión de documentación inicial

Esta fase constituye el paso previo y necesario a la visita de las instalaciones. El análisis de la documentación inicial enviada ofrecerá al equipo auditor el conocimiento necesario para localizar de los principales puntos de interés para la realización del proyecto.

C. Visita a las instalaciones

Se realizaron visitas a las instalaciones a fin de recabar toda la información necesaria. Durante la visita se completa se trató de cubrir los aspectos siguientes:

D. Evaluación de la situación energética actual

Con la información recopilada es posible realizar un análisis detallado de la situación inicial de la instalación, identificando producciones, consumos, así como indicadores de eficiencia energética del proceso. Este primer análisis es fundamental, pues constituye la base de comparación de los proyectos de ahorro que posteriormente se analizarán. Además, del mismo se extraerán los precios de las fuentes energéticas que servirán para la evaluación de los potenciales ahorros económicos asociados a proyectos.

E. Identificación de medidas de ahorro

Tras el conocimiento del estado inicial de la instalación, tanto en términos cualitativos como cuantitativos; se está en condiciones de identificar propuestas de mejora. Para ello se lleva a cabo un proceso de brainstorming también guiado por la experiencia de la compañía auditora; del cual surgen las diferentes alternativas de ahorro energético.

F. Evaluación energética y económica de proyectos de ahorro

Una vez se identifican los proyectos de mejora, se procede a su evaluación técnico- económica. Para ello es necesario realizar modelos de las partes involucradas en los proyectos. El grado de precisión de los modelos generados dependerá de la riqueza de la información disponible, habiéndose realizado modelos de simulación más precisos, como por ejemplo el de la red de vapor; frente a otros cálculos más simplificados basados en características de diseño de equipos.

G. Reunión intermedia de presentación de resultados

Tras la evaluación de los proyectos se procedió a una reunión intermedia con el doble objetivo de: (i) informar a la compañía del potencial de mejora energética y económica en las instalaciones y (ii) retocar y enriquecer el contenido de la información a incluir en la memoria final.

H. Evaluación aproximada de la inversión necesaria en proyectos de ahorro

La fase final de la auditoría consiste en la estimación aproximada de los costes de inversión asociados a las diferentes alternativas de ahorro identificadas.

4.2 Características de los datos recopilados

El conjunto de los datos recopilados se organiza de la siguiente forma:

- Descripción y diagramas de flujo de los procesos.
- Facturaciones energéticas tanto de gas natural como de electricidad.
- Reparto de consumos eléctricos
- Datos históricos de consumos de vapor por secciones de la fábrica y documentación del reparto de consumos de vapor en refinería.
- Características técnicas de equipos principales: Calderas, sistemas de frío, torres de refrigeración y compresores de aire.

A partir de datos medidos y teniendo en cuenta la información recopilada, se realizaron las estimaciones necesarias para la definición del caso base y la evaluación técnica de los proyectos de ahorro.

4.3 Análisis del consumo energético

El objetivo de este apartado es identificación de flujos energéticos y productivos que tienen lugar en la fábrica. Esta tarea permite:

- La determinación de índices de consumo global tanto en términos energéticos como económicos por unidad productiva (kWh/ton producto por €/ton producto), a partir de los cuales puede establecer el nivel relativo de eficiencia con que a planta produce.
- La identificación de principales secciones y/o equipos consumidores/es de la planta, lo cual resulta de gran utilidad en la búsqueda de proyectos de gran potencial de ahorro.
- Atajar posibles pérdidas no identificadas previamente o bien cuantificar aquellas que, habiendo sido identificadas, resultan de gran complejidad en su estimación, como por ejemplo extra consumos de gas natural asociadas a periodos transitorios de arranque/paradas.

En este apartado se realiza un análisis detallado de las estructuras productiva y energética de las instalaciones para combinar sus resultados en la determinación de los índices de consumo.

4.3.1 Estructura productiva

A continuación, se muestra la estructura productiva de la fábrica durante los años 2016, 2017, 2018 y 2019 y su distribución porcentual.

	2016	2017	2018	2019
Aceite envasado (kg/año)	61.466.818	64.872.046	59.773.708	64.285.553
Vinagres (L/año)	4.066.075	3.244.918	3.373.387	5.070.580

Tabla 4.1: Producción fábrica durante los años mostrados

La práctica totalidad de la producción es aceite envasado como se puede observar siendo la producción muy homogénea a lo largo de los 4 años donde no se aprecian variaciones significativas de la producción del mismo. En términos generales la producción de envasado representa en los 4 años más de un 90 por ciento de la producción total.

Con respecto a la producción del vinagre se puede observar que presenta algunas fluctuaciones a lo largo de los 4 años.

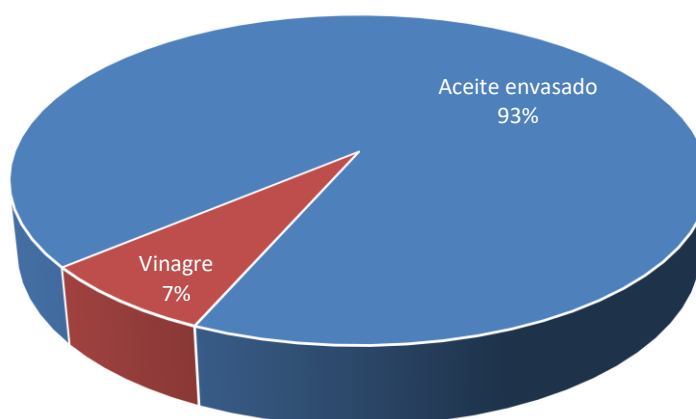


Figura 4.1: Distribución porcentual de productos en 2019

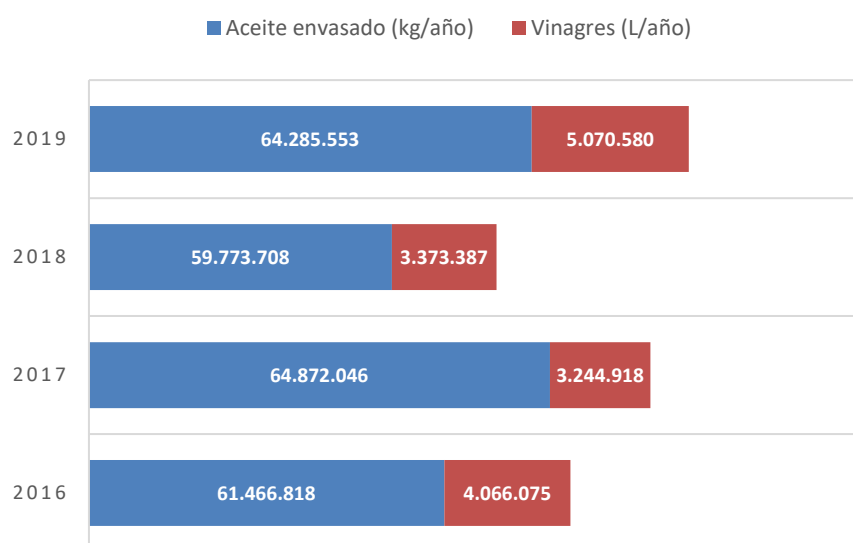


Figura 4.2: Distribución de la producción en los años 2016, 2017, 2018 y 2019

4.3.2 Estructura energética

La instalación consume gas natural procedente de un ramal del gaseoducto y energía eléctrica. El gas natural se usa en las calderas para la producción de vapor, mientras que la electricidad es consumida por equipos más variados: luminarias, equipos de impulsión, agitadores, máquinas sopladoras y sistemas de producción de frío fundamentalmente. El diagrama de Sankey relativo a la fábrica hasta 2017 es el que se muestra en el *anexo 5*

A. Facturación energética

Las siguientes tablas recogen los resúmenes de los consumos y costes energéticos de la factoría durante los años completos de 2016, 2017, 2018 y 2019.

	Año	Consumo energético		Coste	
		MWh	%	k€	%
GN Electricidad	2016	17.368	66,1	693	36,4
		8.915	33,9	1.208	63,6
	Total	26.284		1.900	
GN Electricidad	2017	4.970	31,5	225	14,6
		10.797	68,5	1.323	85,4
	Total	15.767		1.549	
GN Electricidad	2018	2.329	19,2	146	10,9
		9.830	80,8	1.195	89,1
	Total	12.159		1.341	
GN Electricidad	2019	1.617	15,5	59	6,3
		8.787	84,5	874	93,7
	Total	10.404		932	

Tabla 4.2: Consumos y costes energéticos (2016, 2017, 2018 y 2019)

La distribución de consumos energéticos, así como el coste asociado se observan más claramente según las siguientes figuras:

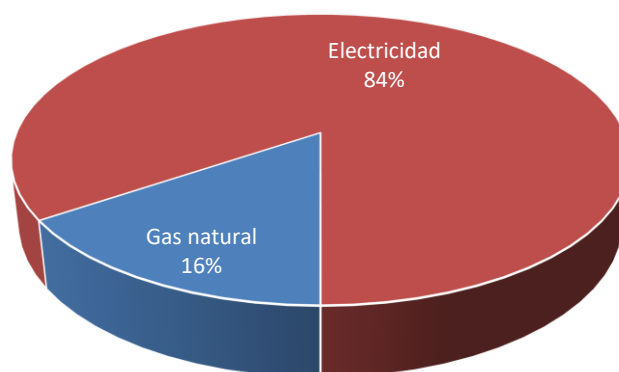


Figura 4.3: Distribución de consumos energéticos en Alcolea (kWh) en 2019

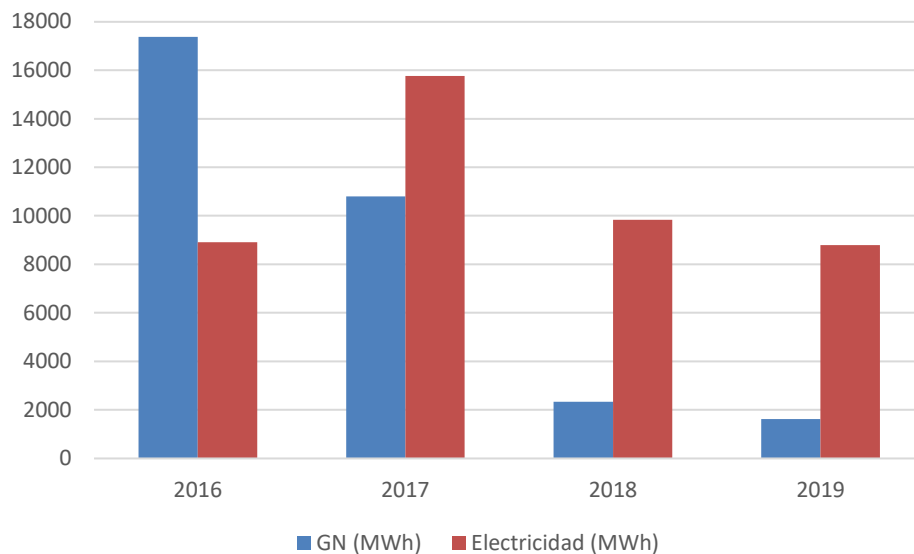


Figura 4.4: Distribución de consumos de gas natural y electricidad en los años 2016, 2017, 2018 y 2019.

Se puede observar que en 2016 el consumo energético dominante era el gas natural dado que la refinería estaba operativa y era un gran consumidor de vapor de la fábrica. En mayo de 2017 se produjo la parada de la refinería y por ende la dependencia de gas natural cayó drásticamente debido a que solo se mantuvo operativa la caldera Geval.

A continuación, mostraremos la distribución de costes asociados a los consumos de gas natural y electricidad:

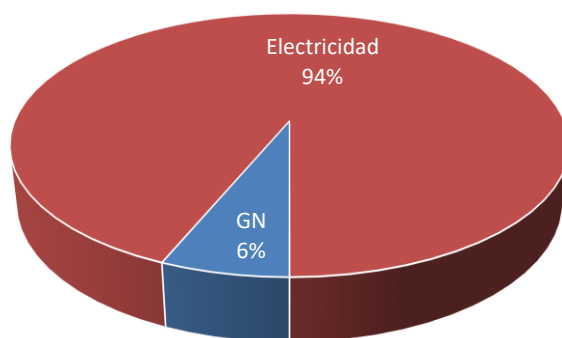


Figura 4.5: Distribución de costes energéticos en Alcolea (€) en 2019

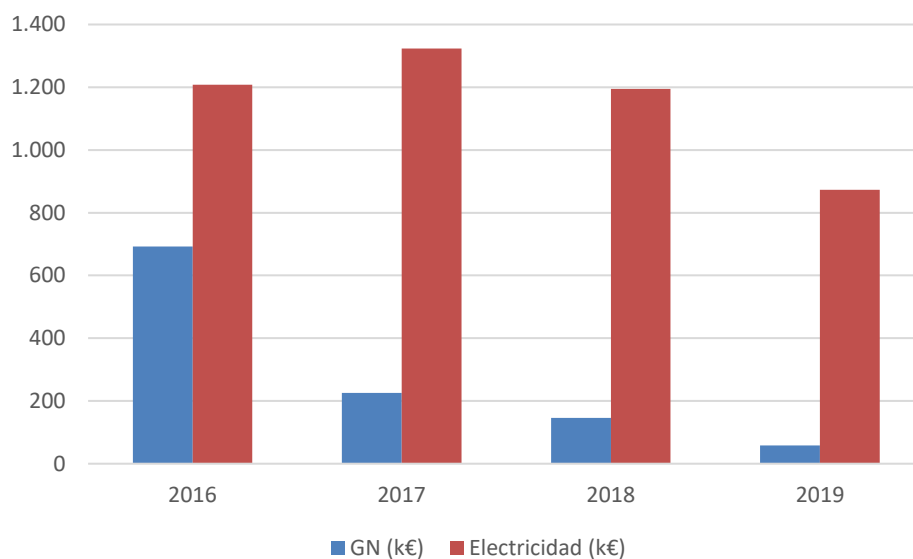


Figura 4.6: Distribución de costes energéticos en Alcolea (k€) en 2016, 2017, 2018 y 2019

B. Gas natural

A continuación, se mostrará las tablas resumen de las facturas de gas natural de los años 2016, 2017, 2018 y 2019.

Mes	Consumo gas (MWh)	Total factura (k€)	Precio medio (€/kWh)
Enero	2.316	82	0,035
Febrero	2.488	88	0,035
Marzo	1.859	74	0,040
Abril	1.752	64	0,037
Mayo	1.597	60	0,038
Junio	1.325	51	0,038
Julio	1.248	49	0,039
Agosto	565	29	0,051
Septiembre	725	51	0,070
Octubre	1.486	56	0,038
Noviembre	1.195	48	0,040
Diciembre	810	39	0,048
Total	17.366	691	0,040

Tabla 4.3: Resumen de la facturación de gas natural en 2016

Mes	Consumo gas (MWh)	Total factura (k€)	Precio medio (€/kWh)
Enero	1.761	49	0,028
Febrero	1.409	41	0,029
Marzo	1.129	34	0,030
Abril	101	12	0,116
Mayo	88	11	0,131
Junio	0	10	0,000
Julio	51	11	0,210
Agosto	38	11	0,275
Septiembre	17	10	0,596
Octubre	17	10	0,605
Noviembre	55	11	0,198
Diciembre	304	16	0,051
Total	4.970	225	0,045

Tabla 4.4: Resumen de la facturación de gas natural en 2017

Mes	Consumo gas (MWh)	Total factura (k€)	Precio medio (€/kWh)
Enero	498	20	0,040
Febrero	438	18	0,042
Marzo	369	16	0,045
Abril	253	14	0,054
Mayo	141	11	0,077
Junio	70	9	0,129
Julio	87	9	0,109
Agosto	78	9	0,118
Septiembre	43	8	0,195
Octubre	36	8	0,226
Noviembre	143	11	0,076
Diciembre	174	12	0,067
Total	2.329	146	0,063

Tabla 4.5: Resumen de la facturación de gas natural en 2018

Mes	Consumo gas (MWh)	Total factura (k€)	Precio medio (€/kWh)
Enero	513	15	0,030
Febrero	474	14	0,030
Marzo	175	6	0,037
Abril	74	4	0,051
Mayo	14	1	0,102
Junio	59	3	0,045
Julio	29	2	0,064
Agosto	47	2	0,049
Septiembre	11	1	0,129
Octubre	69	3	0,042
Noviembre	100	4	0,037
Diciembre	53	2	0,047
Total	1.617	59	0,036

Tabla 4.6: Resumen de la facturación de gas natural en 2019

En la siguiente figura se muestra la evolución del consumo de gas natural a lo largo de los meses de los años analizados:

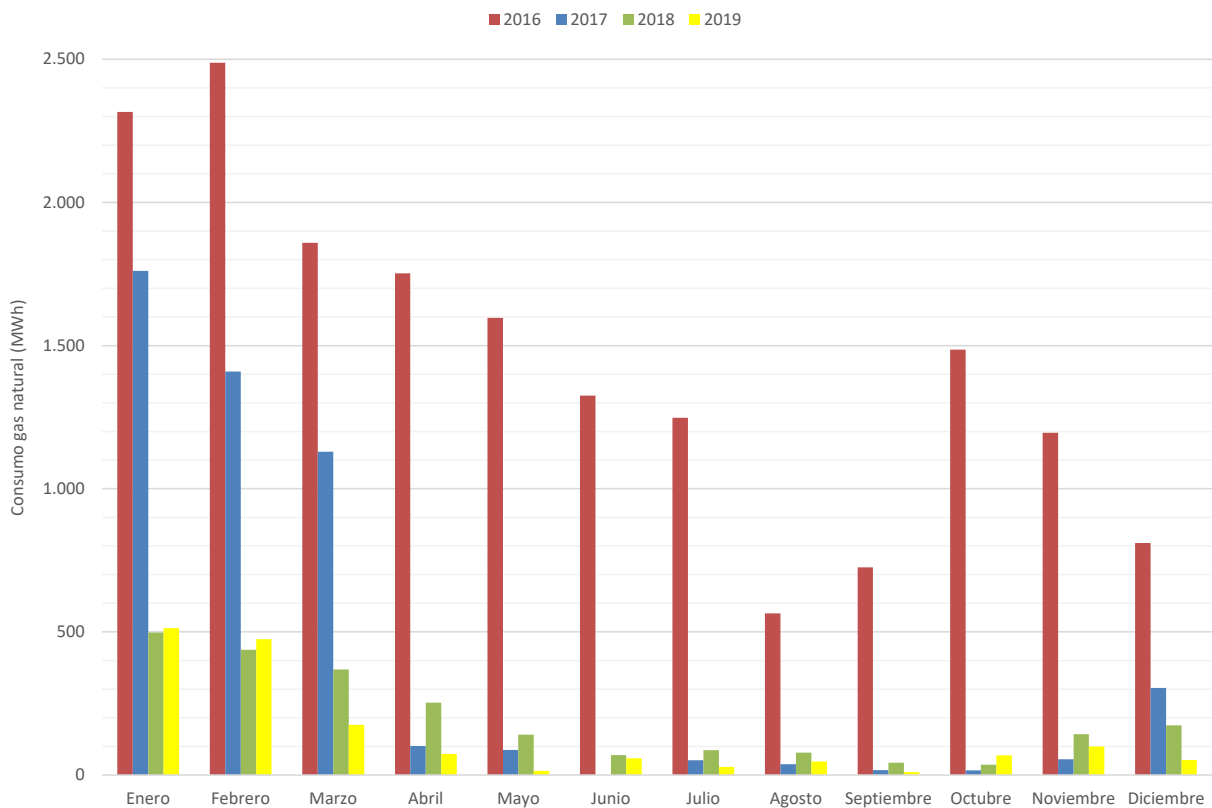


Figura 4.7: Evolución mensual del consumo de gas natural en los años analizados en MWh

Actualmente el consumo de gas natural está asociado a la caldera Geval que es la única que produce vapor a la planta. En el gráfico se puede observar la evolución del consumo de gas, donde se puede apreciar el descenso súbito del consumo de gas a partir de abril de 2017 causado por la parada de la refinería, la cual era la mayor consumidora de vapor de la planta. Actualmente la producción de vapor está destinado a la planta de envasado.

C. Electricidad

A continuación, se mostrarán los perfiles de consumo de electricidad a lo largo de los años 2016, 2017, 2018 y 2019.

Mes	Consumo eléctrico (MWh)	Total factura (k€)	Precio medio (€/kWh)
Enero	729	109	0,150
Febrero	715	107	0,150
Marzo	639	90	0,141
Abril	710	91	0,128
Mayo	554	79	0,143
Junio	626	95	0,152
Julio	776	116	0,149
Agosto	874	97	0,111
Septiembre	906	112	0,124
Octubre	961	111	0,116
Noviembre	790	102	0,129
Diciembre	634	98	0,155
TOTAL	8.914	1.207	0,137

Tabla 4.7: Resumen de la facturación eléctrica en 2016

Mes	Consumo eléctrico (MWh)	Total factura (k€)	Precio medio (€/kWh)
Enero	787	99	0,126
Febrero	1.259	183	0,145
Marzo	573	70	0,123
Abril	491	61	0,124
Mayo	1.255	153	0,122
Junio	945	118	0,125
Julio	880	119	0,135
Agosto	1.621	169	0,104
Septiembre	988	123	0,124
Octubre	721	75	0,104
Noviembre	642	73	0,114
Diciembre	634	79	0,125
TOTAL	10.796	1.322	0,123

Tabla 4.8: Resumen de la facturación eléctrica en 2017

Mes	Consumo eléctrico (MWh)	Total factura (k€)	Precio medio (€/kWh)
Enero	787	99	0,126
Febrero	1.259	167	0,133
Marzo	573	70	0,122
Abril	491	61	0,124
Mayo	1.252	153	0,122
Junio	945	118	0,125
Julio	880	119	0,135
Agosto	868	91	0,105
Septiembre	776	88	0,113
Octubre	721	75	0,104
Noviembre	642	73	0,114
Diciembre	634	80	0,126
TOTAL	9.828	1.194	0,121

Tabla 4.9: Resumen de la facturación eléctrica en 2018

Mes	Consumo eléctrico (MWh)	Total factura (k€)	Precio medio (€/kWh)
Enero	711	80	0,112
Febrero	591	70	0,118
Marzo	585	60	0,102
Abril	583	57	0,099
Mayo	663	63	0,095
Junio	841	83	0,099
Julio	960	102	0,106
Agosto	1.021	81	0,079
Septiembre	935	85	0,091
Octubre	715	67	0,093
Noviembre	604	61	0,101
Diciembre	578	65	0,112
TOTAL	8.787	874	0,099

Tabla 4.10: Resumen de la facturación eléctrica en 2019

En la siguiente figura se muestra la evolución del consumo de electricidad a lo largo de los meses de los años analizados.

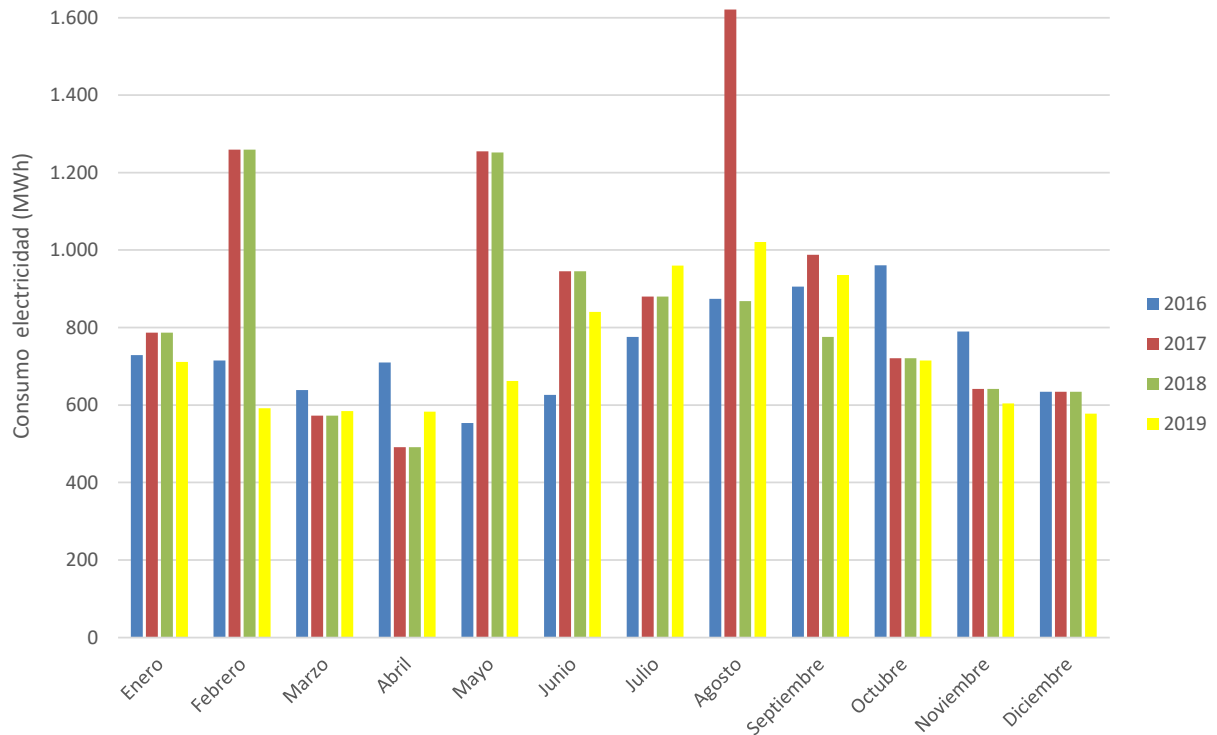


Figura 4.8: Evolución mensual del consumo de electricidad en los años analizados

4.3.3 Índices de consumo

Los consumos de energía final de la fábrica son electricidad y gas natural. Considerando las producciones anuales totales de la planta se obtendrán los correspondientes índices de consumo. El índice de consumo se define de la siguiente forma:

$$IC_i = \frac{\text{Consumo fuente } i \text{ (kWh)}}{\text{producción total (t)}}$$

Siendo el consumo de la fuente i , el gas natural o la electricidad. No obstante, se puede calcular también el índice de consumo general introduciendo en el numerador el consumo total en kWh de todas las fuentes de energía que consuma la fábrica, que en nuestro caso es el gas natural y la electricidad.

A continuación, se muestran los índices de consumo a lo largo de los años estudiados.

	2016	2017	2018	2019
Electricidad (kWh)	8.915.263	10.797.150	9.829.762	8.786.836
Gas natural (kWh)	17.368.449	4.969.849	2.329.325	1.616.936
Producción (kg)	65.532.892	68.116.964	63.147.095	69.356.133
Índice de consumo, electricidad (kWh/t)	136	159	156	127
Índice de consumo, GN (kWh/t)	265	73	37	23
Índice de consumo general (kWh/t)	401	231	193	150

Tabla 4.11: Índices de consumo a lo largo de los años analizados

Que, traducidos a costes económicos, resultan:

	2016	2017	2018	2019
Índice económico, electricidad (€/ton)	10,6	19,4	18,9	12,6
Índice económico, GN (€/ton)	10,6	3,3	2,3	0,8

Tabla 4.12: Índices económicos a lo largo de los años analizados

4.3.4 Precios de la energía

Para la evaluación económica de los proyectos de ahorro estudiados en la presente auditoría se considerarán los precios energéticos de la Tabla 4.13.

	Precio medio	Unidad
Gas natural	0,036	€/kWh
Electricidad	0,099	€/kWh

Tabla 4.13: Precios de la energía

4.4 Clasificación de las medidas de mejora de la eficiencia energética

En la Tabla 4.14 se muestra la clasificación de los proyectos de ahorro identificados de acuerdo a los criterios anteriormente establecidos.

Descripción del proyecto	Código	Tipo de energía	Ahorro k€/año	Inversión k€	Payback años	Energía MWh/año	Emisiones t CO2/año
Sustitución caldera Geval	P1	Vapor	18	205	11,4	507	103
Huerto solar fotovoltaico	P2	Eléctrica	100	644	6,4	1.364	329
Cambio contratación energía	P3	Eléctrica	103	0	0,0	0	0
Renovación sala de compresores	P4	Eléctrica	6	30	4,8	60	14
Mejora climatización	P5	Eléctrica	-	79	-	-	-
Total			229	957		1.931	446

Tabla 4.14: Clasificación de los proyectos de ahorro

5 OPORTUNIDADES DE MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

En este apartado se analizan los proyectos de ahorro identificados técnica y económicamente, mediante los datos recabados de la factoría y las visitas a la misma. Por ello se expondrán las ineficiencias detectadas en la fábrica y se propondrá un proyecto de mejora. Los proyectos de mejora tendrán asociados una tasa de retorno del capital o payback la cual nos permitirá decidir si el proyecto es viable económicamente.

5.1 Proyecto de ahorro P1: Sustitución de la caldera Geval

En general, las calderas pirotubulares son equipos con buen funcionamiento a carga parcial, pues mantienen rendimientos muy cercanos al de diseño a niveles de carga suficientemente bajos. No obstante, dependiendo del diseño de los quemadores y sus condiciones operativas, existe un nivel de carga por debajo del cual el rendimiento comienza a caer más bruscamente hasta cero.

La demanda actual de vapor de la fábrica se sitúa en 2 t/h. Para ello habría que evaluar el ahorro al año que supondría la sustitución de esa caldera, además sería interesante también la reducción en emisiones de CO₂ de cara a las restricciones medioambientales. La curva rendimiento frente a carga de la Geval vendría representada en el siguiente gráfico, el cual fue calculado en la anterior auditoría. Observamos que con una producción de vapor de 2 t/h, la caldera Geval tendría un 89% de rendimiento.

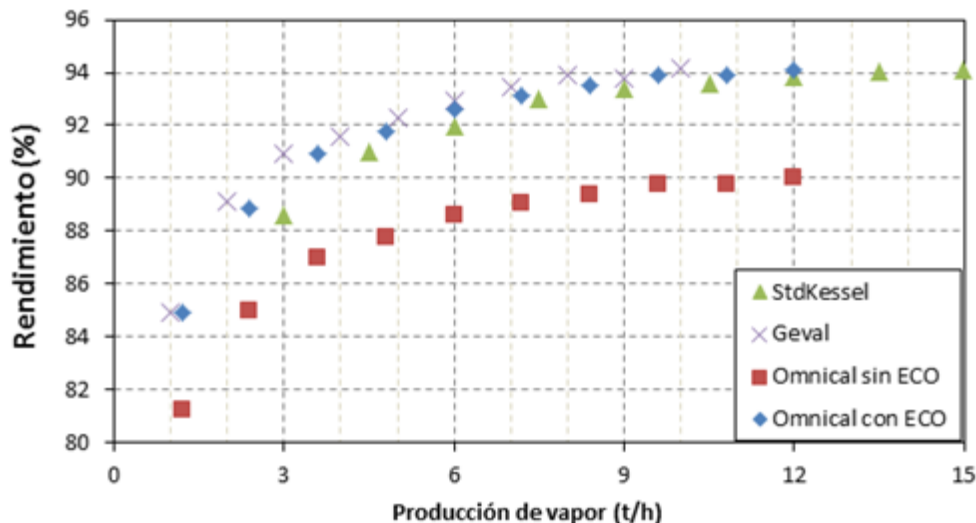


Figura 5.1: Curva rendimiento caldera Geval

Las calderas candidatas a sustituir y sus principales características vendrían plasmadas en la siguiente tabla:

	UMIBLOC	ATTSU 11 bar	ATTSU 8 bar
Producción de vapor (t/h)	2	2	2
Presión de trabajo (bar)	11	11	8
Consumo Combustible (Nm ³ /h)	212	132	132
Economizador	Sí	No	No
Rendimiento	94	90	90
Rearme automático	Sí (cada 48 h)	Sí (cada 24 h)	Sí (cada 24 h)
Purga de sales automática	No	Sí	Sí
Purga de lodos automática	No	Sí	Sí
Coste (€)	204600	64369	62203

Tabla 5.1: Características principales de las calderas candidatas

Conociendo las características principales de cada una procederemos a calcular el ahorro anual en €/año y el payback asociado a cada una de las calderas.

	Ahorro anual (€/año)	Payback (año)
UMIBLOC	18244	11,2
ATTSU 11 BAR	3811	16,9
ATSSU 8 BAR	3811	16,3

Tabla 5.2: Ahorro anual y payback asociado a las calderas candidatas.

Como podemos observar la mejor opción a largo plazo sería la caldera UMIBLOC dado que a una carga de 2 t/h supera 3 puntos de rendimiento a la Geval, en cambio la ATTSU en sus dos modalidades solo conseguiría un punto de rendimiento por encima del que tiene la Geval y por ende el ahorro en la UMIBLOC sería de 5 veces el de la ATTSU.

5.1.1 Evaluación del proyecto

A. Hipótesis

La obtención de las curvas anteriores se basa en las siguientes hipótesis:

- Temperaturas de gases de escape de calderas constantes e iguales a la de diseño.
- Composiciones de gases de escape de calderas según inspecciones de quemadores.
- Pérdidas por transmisión constantes en términos absolutos (kW) e iguales al 1 % en diseño.

B. Modelo

Se ha construido un modelo de caldera basado en balances de materia y energía y ecuaciones características de calderas.

C. Resultados

Ante el desconocimiento de caudales puntuales de vapor que permitan calcular un rendimiento instantáneo de las calderas (y a partir de su integral en el tiempo el rendimiento promedio) se procede a hacer una evaluación de este proyecto a través de un análisis de sensibilidad.

El cambio de caldera produciría un aumento del rendimiento del sistema, del cual sí se conoce la producción total anual (t/año). Asumiendo un rendimiento promedio en el año del 89%, si el aumento logrado con la nueva caldera (ATTSU 8 bar) fuese tan solo de un punto porcentual, el ahorro energético resultante de esta nueva situación sería el siguiente:

$$\text{Ahorro energético} = Q_{\text{útil}} * \left(\frac{1}{\eta_{\text{inicial}}} - \frac{1}{\eta_{\text{mejorado}}} \right) = 105858 \text{ kWh/año}$$

Siendo el Qútil la energía necesaria para producir las 13000 t/año de vapor saturado a 11 bar a partir de agua a 8 bar y 103°C.

D. Propuesta

Mantener la caldera Geval, dado que el payback de la inversión es bastante elevado para acometer el proyecto. (Salvo que existan restricciones adicionales que aconsejen su sustitución).

5.1.2 Análisis económico

El ahorro máximo alcanzable con el presente proyecto sería el alcanzado por la UMIBLOC de **532 MWh/año**.

Con la mejora de 1 punto porcentual de la caldera ATTSU se consigue un ahorro de **3.811 €/año** con una inversión de **62.203 €**. (y en MWh)

Con la mejora de 3 puntos porcentuales de la UMIBLOC el ahorro es de **19.158 €/año**, el cual es bastante más elevado que con la ATTSU, pero insuficiente para acometer el proyecto dado que el payback resultante de **10,7 años** es muy elevado.

El ahorro máximo de emisiones logrado sería de **108 ton CO2/año**.

5.1.3 Interacciones con otros proyectos de ahorro

El presente proyecto no se ve interferido por ningún proyecto de mejora evaluado en el presente informe.

5.1.4 Métodos de medición y verificación tras la implementación del proyecto

El consumo de gas natural de la nueva caldera ofrecerá un valor acumulado anual menor que la existente si existiera ahorro.

5.2 Proyecto de ahorro P2: Instalación de huerto solar fotovoltaico de autoconsumo

El cometido principal de este proyecto es aprovechar la radiación solar para generar corriente eléctrica a través de unos paneles solares y emplear dicha energía para el autoconsumo, los desfases provocados por la falta de simultaneidad entre la energía producida y consumida serán vendidos a la red eléctrica. Los elementos principales de la instalación y características serán:

- Generador fotovoltaico (paneles)
- Estructura soporte
- Inversores electrónicos
- Dispositivo de monitorización de planta solar

Las características intrínsecas a cada panel serán las descritas en la siguiente tabla:

MÓDULO SOLAR	
MARCA	Hanwha Q-CELLS, Canadian Solar, REC, EXIOM o similar
TIPO DE PANEL	POLICRISTALINO
POTENCIA UNITARIA Wp	360 WP

Tabla 5.3: Características de cada módulo solar

El dimensionado consta de **2778 módulos** dispuestos en la cubierta de la fábrica.

La potencia total suministrada por el conjunto de paneles se muestra en la siguiente tabla:

DIMENSIONADO DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA		
POTENCIA TOTAL DE PANELES	1.000 kWp	
POTENCIA TOTAL NOMINAL	800,00	kWn

Tabla 5.4: Potencia generada por la instalación

A continuación, estableceremos una comparativa de consumos entre la situación actual de la planta y tras la instalación de los paneles fotovoltaicos.

La situación actual de la planta es la que se muestra en el siguiente gráfico:

COSTES ACTUALES POR PERIODO		
MES	Consumo (kWh)	Coste (IE incluido)
P1	627.739	64.792 €
P2	823.714	74.823 €
P3	600.293	48.158 €
P4	979.198	69.057 €
P5	1.042.813	68.304 €
P6	3.834.981	205.443 €
TOTAL	7.908.738	530.577 €

Tabla 5.5: Costes por período en la situación actual

En base a unos modelos asumidos se calculan la producción diaria de electricidad por los paneles y la distribución actualizada de consumo de la red frente a energía autoconsumida.

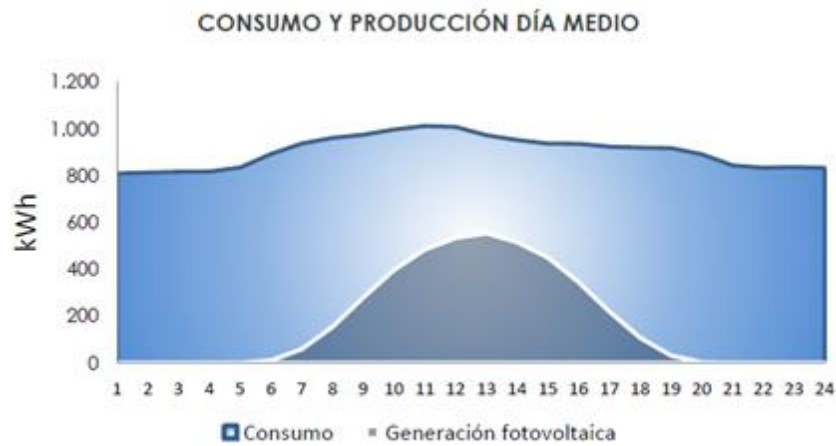


Figura 5.2: Producción diaria de energía por paneles

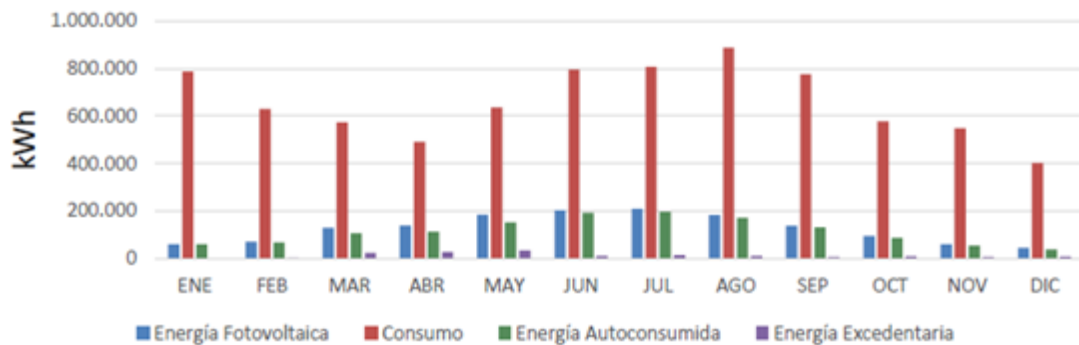


Figura 5.3: Distribución de consumos tras la instalación del huerto solar

Se puede apreciar que la contribución de energía fotovoltaica producida por la instalación de cada mes puede generar ahorros anuales significativos. También podemos observar que hay una cierta energía excedentaria causada por la falta de simultaneidad entre la producción de energía por los paneles y el consumo puntual de la fábrica. Ese desfase se vende a la red eléctrica para así hacer un uso más eficiente de la energía.

En resumidas cuentas, el ahorro total anual en términos energéticos sería de **1.364.473 kWh/año**, considerando la simultaneidad entre generación fotovoltaica y consumo.

Este ahorro energético se traduciría en términos económicos en **94.444 €/año**, el cual puede parecer interesante a largo plazo. Para ello habría que hacer un análisis económico y de rentabilidad para ver la viabilidad del proyecto.

También hay que añadir que desde el punto de vista ambiental es bastante interesante dado que el ahorro máximo de emisiones logrados por el presente proyecto es de **329 ton CO₂/año**.

5.2.1 Evaluación del proyecto

A. Hipótesis

Las hipótesis asumidas son las siguientes:

- Se ha confeccionado una curva de consumos a partir de las curvas cuarto horarias / horarias entregadas por el cliente del año 2.018.
- Coste promedio estimado de energía según facturas presentadas por el cliente.
- En la realización del estudio no se han tenido en cuenta los cortes de suministro eléctrico que pueda sufrir la planta.
- Los inversores se van a instalar en un espacio existente dentro de la edificación en la que se instalan los paneles.
- El sistema de contaje de la instalación FV y de los consumos se ubican dentro de un armario de contadores de nueva construcción cerca del punto frontera.
- El punto de conexión se plantea en baja tensión (400 V trifásico) y se ubica en un cuadro de protecciones existente dentro del edificio.
- El punto de conexión planteado soporta una potencia suficiente para la conexión de la FV planteada.
- El cableado que transmite la energía eléctrica generada por los inversores hasta el punto de conexión va a transcurrir por un paso de instalaciones existente con espacio suficiente.
- La red interior de distribución del establecimiento es una red trifásica con neutro y tiene una tensión de 400 V Fase-Fase.

B. Propuesta

Acometer el proyecto siempre que la inversión no suponga un descalabro económico para la tesitura de la empresa, dado que el ahorro anual es bastante significativo y a largo plazo podría ser una inversión interesante.

5.2.2 Análisis económico

La rentabilidad del proyecto vendría plasmada en la siguiente imagen:



Figura 5.4: Análisis de rentabilidad P2

Como podemos observar en este análisis el ahorro anual es bastante significativo, pero en cambio el payback de la inversión se puede considerar alto y podría ser el principal obstáculo para acometer el proyecto.

5.2.3 Interacciones con otros proyectos de ahorro

El presente proyecto no interfiere con ningún otro.

5.2.4 Métodos de medición y verificación tras la implementación

Comprobar que el coste mensual de la factura de luz ha reducido notablemente.

5.3 Proyecto de ahorro P3: Ajuste del término de potencia fijo de electricidad

El cometido principal del presente proyecto es el ajuste del término fijo de potencia a las necesidades eléctricas de la planta.

5.3.1 Evaluación del proyecto

A. Resultados

Tras el estudio se observa que disminuye notablemente el término fijo de potencia a lo largo de los períodos de facturación, dado que la planta actualmente no hace uso de la totalidad de la potencia contratada.

En el presente gráfico se puede observar la potencia contratada actual frente a la propuesta:

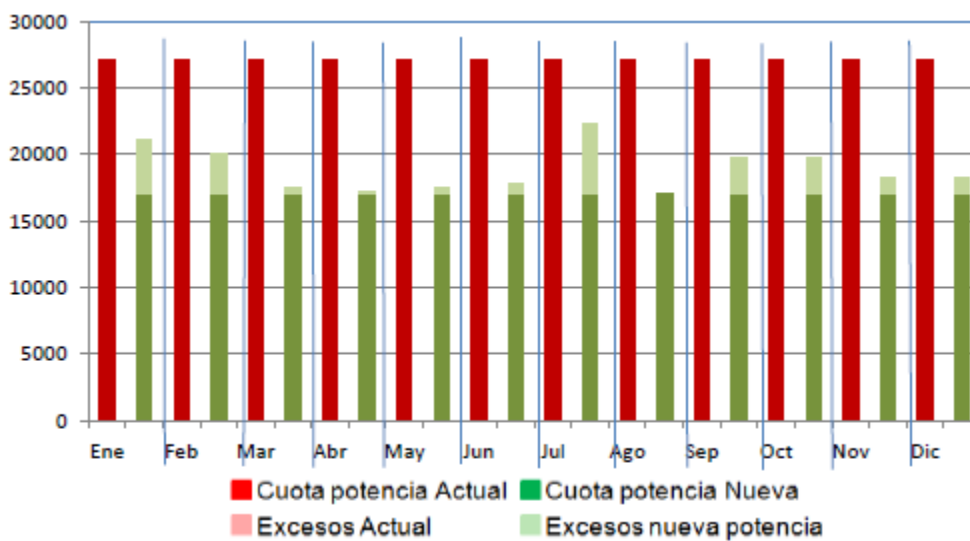


Figura 5.5: Potencia contratada actual frente a potencia propuesta tras el estudio

Se puede observar que la potencia contratada actual se aleja de las necesidades de la planta. Tras la implantación de la medida se puede observar el buen ajuste que presenta la nueva potencia contratada.

B. Propuesta

Acometer el presente proyecto, debido a que la nueva potencia propuesta se ajusta muy bien a las necesidades de la planta y por ende el ahorro anual tras ese ajuste será evidente y el coste de la inversión nulo.

5.3.2 Análisis económico

El ahorro total resulta tras la implantación de la medida resulta ser: **103.104 €/año.**

Hay que aclarar que en el presente proyecto no se consigue una disminución de emisiones de CO₂ ya que no se reduce el consumo de energía eléctrica, sino que se deja de contratar una potencia la cual no se aprovechaba. Podría considerarse el ahorro de emisiones en energía primaria, la cual no es objeto de la presente auditoría.

La inversión del proyecto sería de **0 €**; por ende, el Payback asociado a la inversión sería de **0 años.**

5.3.3 Interacciones con otros proyectos de ahorro

El presente proyecto no interfiere con ningún otro.

5.3.4 Métodos de medición y verificación tras la implementación del proyecto

Para la verificación del ahorro tras la implantación del proyecto bastará con revisar que la factura de la luz en términos de potencia se ha reducido notablemente.

5.4 Proyecto de ahorro P4: Renovación sala de compresores

La misión del presente proyecto es la renovación de la sala de compresores debido a que la actual se encuentra obsoleta y puede mostrar ineficiencias desde el punto de vista energético. Por ello se van a sustituir por un conjunto de compresores de tornillo con más alta prestación ya que disponen de variadores de frecuencia los cuales adaptan la velocidad de giro de los compresores a las necesidades puntuales de la planta. Esta propuesta es un potencial económico de mejora.

Otra medida de mejora asociada a los compresores es la recuperación térmica del aceite del refrigerador, ya que los compresores tienen integrados refrigeradores de aceite en los cuales el calor residual que porta la corriente de aceite se vierte a la atmósfera sin posibilidad de recuperación. El cometido de la presente mejora es intercalar un intercambiador agua-aceite para poder aprovechar la energía residual de la corriente de aceite en cada compresor. Al enfrentar la corriente de agua frente a la de aceite en el intercambiador calentamos la corriente de agua que se puede emplear para varios fines ya sea para precalentamiento de agua a una caldera, para agua caliente sanitaria, etc... Esta inversión puede ser interesante ya que supone un potencial de ahorro económico.

5.4.1 Evaluación del proyecto

A. Resultados

Los actuales compresores que tienen actualmente son el L132 y el L75SR los cuales tienen asociados el siguiente consumo:

Modelo	Horas en Carga	Consumo medio en carga kW	Coste productivo €	Horas en Descarga	Consumo en vacío kW	Coste no-productivo €	Total
L132	112,2	138,7	1.556,21 €	55,8	31,4	175,11 €	1.731,32 €
L75SR	168	25	420,00 €	0	0	- €	420,00 €

Figura 5.6: Consumo asociado a los compresores actuales

Los consumos asociados al sistema de compresores propuestos compuestos por el L110 y el L55RS serían los siguientes:

Modelo	Caudal m3/min	horas productivas	Consumo Productivo kW	horas no productivas	Consumo no productivo kWh	Coste productivo	Coste no productivo	Total
L110	18,92	112,2	118,95	55,8	32,5	1.335,02 €	181,24 €	1.516,26 €
L55RS	4,08	168	30	0	0	504,00 €	- €	504,00 €

Figura 5.7: Consumo asociado a la nueva propuesta

Como consecuencia de la renovación, el ahorro que se deriva es de **6288 €/año**.

B. Propuesta

Llevar a cabo el presente proyecto, dado que los compresores son más eficientes y pueden suponer un contundente ahorro económico en términos de electricidad, además si se acomete también el proyecto de recuperación térmica en los mismos se suma otra contribución al ahorro dado que se precalienta agua para el proceso, con el calor residual de la corriente de aceite del compresor.

Esta propuesta propone la implantación del compresor L55RS de 55 kW de velocidad regulada para satisfacer los picos de alta y baja demanda; y el compresor L110 de velocidad fija de 11kW el cual se ajusta mejor al punto de operación de la máquina y por ende es más eficiente.

5.4.2 Análisis económico

Los ahorros alcanzables mediante este proyecto se deben al menor consumo de electricidad debido a que se han incorporado variadores de frecuencia.

El ahorro total anual resulta: **6 k€/año**.

El ahorro de emisiones logrado mediante este proyecto sería de: **14 ton CO2/año**.

La inversión asociada al proyecto es de **29.650 €**.

El payback de la inversión resulta ser **4,8 años**.

5.4.3 Interacciones con otros proyectos de ahorro

El presente proyecto no interfiere con ningún otro.

5.4.4 Métodos de medición y verificación tras la implementación del proyecto

A verificación de los ahorros logrados mediante la implantación del proyecto P4 vendrá dada por la comprobación de la reducción de la factura eléctrica.

5.5 Proyecto de ahorro P5: Instalación de climatización y renovación del aire del laboratorio.

La planta alta de las oficinas donde se encuentra el laboratorio dispone de un sistema de climatización totalmente obsoleto el cual no garantiza las condiciones de confort térmico exigidas por la legislación. Además del problema de la climatización existe el problema de falta de ventilación del aire del laboratorio. Estas sustancias volátiles en suspensión pueden ocasionar problemas de seguridad en el personal del laboratorio si la ventilación no es buena.

Por ello habrá que deshacerse de los sistemas de climatización obsoletos y altamente ineficientes por un sistema de climatización con altas prestaciones energéticas.

1.1.1 Evaluación del proyecto

A. Resultados

El dimensionado de toda la instalación supone un importante esfuerzo económico para la empresa por lo que se acometerá en 2 fases dándole prioridad al proyecto de ventilación y extracción del aire de laboratorio ya que se trata de un problema de prevención en riesgos laborales y a posteriori se dará lugar a la segunda fase que será la de climatización.

Para cubrir la superficie de la planta alta, correspondiente al laboratorio se estiman necesarios unos 112 kW de energía térmica para la unidad externa.

La propuesta para climatización consiste en la implantación de 1 unidad exterior y un total de 26 unidades interiores de potencia frigorífica entre 7,1 kW y 2,8 kW por unidad. La unidad interior será tipo cassette de techo de 4 vías, para instalar en sistema de volumen de refrigerante variable, equipado con ventilador centrífugo de bajo nivel sonoro y filtro incorporado

El presupuesto calculado es el siguiente:

Resumen del Presupuesto (con un termostato por máquina y control central incluido).

Capítulos	Precio
Capítulo 01_ CLIMATIZACIÓN. SISTEMA DE REFRIGERANTE VARIABLE MARCA LG.	56.489,41 €
Capítulo 02_ CONTROL CENTRALIZADO SISTEMA DE REFRIGERANTE VARIABLE (OPCIONAL).	1.332,50 €
Capítulo 03_ VENTILACIÓN (NO INCLUIDA SALA CROMATOGRFÍA, LABORATORIO, ASEOS NI VESTUARIOS)	12.552,60 €
Capítulo 04_ EXTRACCION+APORTACION DE AIRE EN LABORATORIO.	6.440,40 €
Total Presupuesto (IVA NO INCLUIDO)	76.814,91 €

Figura 5.8: Presupuesto asociado al proyecto 5

B. Propuesta

Acometer el presente proyecto, dado que en primera instancia existe un problema de prevención en riesgos laborales que puede poner en riesgo la salud de los trabajadores, y en segundo lugar porque el sistema de climatización centralizado es de alta eficiencia y puede suponer un ahorro económico anual considerable.

5.5.2 Análisis Económico

No se ha hecho un estudio sobre el ahorro energético que podría suponer, pero en comparación con otros proyectos de eficiencia energética de semejantes características se estima el ahorro de un 5% del consumo total.

La inversión de este proyecto sería de **76.814 €** el cual no sería desembolsado íntegramente si no que se abonaría en las 2 fases en las que se acomete el proyecto. En la primera fase se abonarían 18993 € y en la segunda 57821 €.

5.5.3 Interacciones con otros proyectos de ahorro

El presente proyecto no interfiere con ningún otro.

5.5.4 Métodos de verificación tras la implementación del proyecto

Para la verificación de los ahorros tras implantar este proyecto se puede revisar que la factura de la luz ha disminuido ya que los equipos son más eficientes que los anteriores.

También se puede comprobar que el aire en el laboratorio no se acumula y verificar el confort térmico de los trabajadores.

6. CONCLUSIONES

La producción en la instalación se basa en aceite envasado (virgen) y vinagre. El aceite es el componente mayoritario llegando a suponer más del 93% de la producción total frente al vinagre que representa un 7% en los últimos 2 años.

En la fábrica se consume energía eléctrica (aproximadamente representa el 85% del consumo energético) y gas natural como recursos energéticos con facturaciones respectivas de 1195 y 146 k€ en 2018 y 874 y 59 k€ en 2019. En consecuencia, los costes específicos de producción en Alcolea resultan en promedio 12,6 €/ton debido a la electricidad y 0,8 €/ton debido al gas natural.

Se puede observar que en 2016 la electricidad suponía un 63,6% frente al 36,4% que representaba el gas. Ese descenso súbito que experimentó el consumo de gas a partir de mayo de 2017 está justificado por la parada de la refinería, la cual era la mayor consumidora de vapor.

De la auditoría realizada se han derivado un total de 5 proyectos en la fábrica, que suponen un ahorro de 1.931 MWh anuales y económicos de 229 k€. La reducción de emisiones total alcanzable mediante la implantación de los proyectos viables identificados son 446 ton CO₂/año. La inversión total que tendrá que afrontar la fábrica deberá de ser de 957 k€ si acomete los 5 proyectos.

De los proyectos estudiados hay algunos que tienen baja rentabilidad y cuya viabilidad es dudosa. Por lo que habría que hacer un análisis en conjunto de todos los proyectos para ver su interés dentro de los márgenes económicos de la misma.

Descripción del proyecto	Código	Tipo de energía	Ahorro k€/año	Inversión k€	Payback años	Energía MWh/año	Emisiones t CO2/año
Sustitución caldera Geval	P1	Vapor	18	205	11,4	507	103
Huerto solar fotovoltaico	P2	Eléctrica	100	644	6,4	1.364	329
Cambio contratación energía	P3	Eléctrica	103	0	0,0	0	0
Renovación sala de compresores	P4	Eléctrica	6	30	4,8	60	14
Mejora climatización	P5	Eléctrica	-	79	-	-	-
Total			229	957		1.931	446

Tabla 6: Resumen de mejoras de eficiencia energética

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Velázquez Alonso David, Tecnología energética. Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla, 2018-2019.
2. RD 56/2016.
3. Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España.
4. Consejería de Economía y Hacienda. Procedimiento de auditorías energéticas en el sector industrial de la comunidad de Madrid, Comunidad de Madrid.
5. Velázquez Alonso David, Instalaciones térmicas. Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla, 2019-2020.

8. ANEXOS

Anexo 1: Características técnicas calderas de vapor

CALDERA DE VAPOR.:

Caldera de vapor "UMIBLOC" modelo CMS-8 de UMISA con equipo de combustión automático a gas natural con una potencia de vaporización de 3.000 Kg/h, diseño 13 bar, categoría IV, de acuerdo con la Directiva 2014/68/EU y su trasposición al RD/709/2015.97/23/CE.

- Vaporización máxima sin economizador. 3.000 kg/h
- Vaporización máxima con economizador. 3.137 kg/h
- Presión de trabajo 11 bar (g)
- Temperatura del agua de alimentación 75 °C
- Consumo de combustible 212 Nm³/h
- PCI del combustible 9.300 kcal/Nm³
- Exceso de aire en combustión 15 %
- Rendimiento térmico calculado sin economizador 89,96 %
- Rendimiento térmico calculado con economizador 94,05 %
- Pérdidas por chimenea sin economizador 9,33 %
- Pérdidas por chimenea con economizador 5,24 %
- Pérdidas por radiación 0,71 %
- Temperatura salida de gases de caldera sin economizador 228 °C
- Temperatura salida de gases de caldera con economizador 140 °C
- Rendimiento garantizado sin economizador 89,9 %
- Rendimiento garantizado con economizador 94,0 %

CONCEPTO	IMPORTE
Suministro, montaje y puesta en marcha caldera	204.600 €

Figura 8.1: Características y presupuesto caldera UMIBLOC

1.2 Características técnicas

Marca	ATTSU
Modelo	RL-2000/8
Producción de vapor	2.000 kg/v/h
Potencia térmica útil máxima	1.306.136 kcal/h
Presión de diseño	8,9 bar
Temperatura de diseño	179,4 °C
Presión timbre válvula de seguridad	8,9 bar
Presión de trabajo	8 bar
Volumen total	1,67m³
Volumen nivel medio	1,14 m³
Volumen cámara de vapor	0,53 m³
Altura de la cámara de vapor	296 mm
Superficie de calefacción	36,01 m²
Superficie vaporización	2,57 m²
Rendimiento	90 ± 1
Clase para la instalación en España	Primera (PmsxVT≤15000)
Presión máxima para clase primera	8,9x1.670=14863
Sobrepresión hogar	60 mmca
Tipo de combustible	Gas Natural
Consumo gas natural (agua alimentación 103 °C, 9500 kcal/Nm ³)	132 Nm³/h
Ø chimenea	400 mm
Longitud total con quemador	4.200 mm
Longitud sin quemador	3.200 mm
Ancho con accesorios	1.950 mm
Altura total con accesorios	2.300 mm
Peso de transporte	4 Tn
Código de diseño	TRD
Certificación de conformidad	97/23/CE
Categoría	IV
Módulo	H1
Certificación calidad fabricante	ISO-9001 BUREAU VERITAS

Ud.	CONCEPTO	NETO
1	Caldera de vapor marca ATTSU, modelo RL-2000/8 bar, con quemador de gas natural marca RIELLO, modelo RS-200 E/BLU FGR y una bomba de agua	51.314,00 €
	“Equipos opcionales”	
1	Equipo segunda bomba de agua	2.395,00 €
1	Equipo de purga automática de lodos	1.744,00 €
1	Equipo de purga de sales	4.320,00 €
1	Vigilancia 24 horas	2.430,00 €

Figura 8.2: Características y presupuesto caldera ATTSU 8 bar

1.2 Características técnicas

Marca	ATTSU
Modelo	RL-2000/12
Producción de vapor	2.000 kg/v/h
Potencia térmica útil máxima	1.313.578 kcal/h
Presión de diseño	14,1 bar
Temperatura de diseño	198,5 °C
Presión timbre válvula de seguridad	13 bar
Presión de trabajo	11 bar
Volumen total	1,66m3
Volumen nivel medio	1,13 m3
Volumen cámara de vapor	0,53 m3
Altura de la cámara de vapor	296 mm
Superficie de calefacción	36,01 m2
Superficie vaporización	2,57 m2
Rendimiento	90 ± 1
Clase para la instalación en España	Segunda (PmsxVT≥15000)
	14,1x1.660=23406
Presión máxima para clase primera	9,0 bar
Sobrepresión hogar	60 mmca
Tipo de combustible	Gas Natural
Consumo gas natural (agua alimentación 103 °C, 9500 kcal/Nm3)	132 Nm3/h
Ø chimenea	400 mm
Longitud total con quemador	4.200 mm
Longitud sin quemador	3.200 mm
Ancho con accesorios	1.950 mm
Altura total con accesorios	2.300 mm
Peso de transporte	4 Tn
Código de diseño	TRD
Certificación de conformidad	97/23/CE
Categoría	IV
Módulo	H1
Certificación calidad fabricante	ISO-9001 BUREAU VERITAS

Ud.	CONCEPTO	NETO
1	Caldera de vapor marca ATTSU, modelo RL-2000/12 bar, con quemador de gas natural marca RIELLO, modelo RS-200 E/BLU FGR y una bomba de agua	53.200,00 €
	“Equipos opcionales”	
1	Equipo segunda bomba de agua	2.675,00 €
1	Equipo de purga automática de lodos	1.744,00 €
1	Equipo de purga de sales	4.320,00 €
1	Vigilancia 24 horas	2.430,00 €

Figura 8.3: Características y presupuesto caldera ATTSU 11 bar

Anexo 2: Presupuestos climatización

Los presupuestos del proyecto de climatización se anexan aquí:

Resumen del Presupuesto (con un termostato por máquina y control central incluido).

Capítulos	Precio
Capítulo 01_ CLIMATIZACIÓN. SISTEMA DE REFRIGERANTE VARIABLE MARCA LG.	56.489,41 €
Capítulo 02_ CONTROL CENTRALIZADO SISTEMA DE REFRIGERANTE VARIABLE (OPCIONAL).	1.332,50 €
Capítulo 03_ VENTILACIÓN (NO INCLUIDA SALA CROMATOGRFÍA, LABORATORIO, ASEOS NI VESTUARIOS)	12.552,60 €
Capítulo 04_ EXTRACCION+APORTACION DE AIRE EN LABORATORIO.	6.440,40 €
Total Presupuesto (IVA NO INCLUIDO)	76.814,91 €

Figura 8.4: Presupuesto general instalación de climatización

Resumen del Presupuesto.

Capítulos	Precio
Capítulo 01_ VENTILACIÓN (NO INCLUIDA SALA CROMATOGRFÍA, LABORATORIO, ASEOS NI VESTUARIOS)	12.552,60 €
Capítulo 02_ EXTRACCION+APORTACION DE AIRE EN LABORATORIO.	6.440,40 €
Total Presupuesto (IVA NO INCLUIDO)	18.993,00 €

Figura 8.5: Presupuesto Fase 1

Resumen del Presupuesto (con un termostato por máquina y control central incluido).

Capítulos	Precio
Capítulo 01_ CLIMATIZACIÓN. SISTEMA DE REFRIGERANTE VARIABLE MARCA LG.	56.489,41 €
Capítulo 02_ CONTROL CENTRALIZADO SISTEMA DE REFRIGERANTE VARIABLE (OPCIONAL).	1.332,50 €
Total Presupuesto (IVA NO INCLUIDO)	57.821,91 €

Figura 8.6: Presupuesto fase 2

Anexo 3: Presupuesto sala de compresores

Aquí se anexan los presupuestos relativos a la renovación de sala de compresores y las características técnicas de los compresores sustituidos:

EQUIPO OFERTADO & ACCESORIOS						
POS	CANT	DESCRIPCIÓN/REF	PRESIÓN BARG	CAUDAL m ³ /min	PRECIO UNITARIO €	PRECIO TOTAL €
1	1	Compresor de Tornillo Lubricado de Velocidad Variable de 55 kW con aceite de grado alimentario Modelo: L55RS	5 a 10	@ 8 barg: 2,41 a 9,98	30.100 €	30.100 €
2	1	Kit de recuperación de calor para la producción de agua sanitaria	-		1.550 €	1.550 €
3	1	Recompra L75SR	-	-	-2000 €	-2000 €
4	2	Sistema de monitorización remoto			Incluido	0 €
5	2	Puesta en marcha			Incluido	0 €

Total ofertado: 29.650 €

Figura 8.7: Presupuesto renovación sala de compresores.

Anexo 4: Factores de conversión de emisiones

Desde un punto de vista medioambiental, todo ahorro energético tiene un impacto positivo a través de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Aunque dichos gases pueden ser diversos, los efectos de cada uno pueden ser traducidos a una cantidad equivalente de CO₂, normalmente **ton CO₂**. Por consiguiente, todo ahorro anual tiene asociada una reducción de emisiones en ton CO₂/año que dependerá de la fuente de energía final sobre la que se implemente un ahorro. Para el cálculo de reducción de emisiones, convencionalmente se emplean las tablas publicadas por el IDAE, de las que se presenta un extracto al final del anexo.

Los proyectos propuestos ofrecen tres tipos ahorros: Gas natural, electricidad y vapor.

Los ahorros de gas natural en MWh/año se traducen a ton CO₂/año mediante la expresión:

$$E \left(\frac{\text{ton } CO_2}{\text{año}} \right) = A \left(\frac{\text{MWh}}{\text{año}} \right) \cdot 0,086 \frac{\text{tep}}{\text{MWh}} \cdot 2,34 \frac{\text{ton } CO_2}{\text{tep}}$$

Para la electricidad en un punto de consumo final se tiene:

$$E \left(\frac{\text{ton } CO_2}{\text{año}} \right) = A \left(\frac{\text{MWh}}{\text{año}} \right) \cdot 0,33 \frac{\text{ton } CO_2}{\text{MWh}}$$

Para ahorros de vapor, normalmente en caudal másico (ton/año); es necesario traducirlo a energía a través de su entalpía de vaporización y de ahí a potencia calorífica de gas natural considerando un rendimiento del sistema de generación de vapor de referencia de 0,9. Por tanto:

$$E \left(\frac{\text{ton } CO_2}{\text{año}} \right) = A \left(\frac{\text{ton vapor}}{\text{año}} \right) \cdot \Delta h_v \left(\frac{\text{MWh}}{\text{ton vapor}} \right) \cdot 0,086 \frac{\text{tep}}{\text{MWh}} \cdot 2,34 \frac{\text{ton } CO_2}{\text{tep}}$$



SECRETARÍA GENERAL
Departamento de Planificación y Estudios

FACTORES DE CONVERSIÓN ENERGÍA FINAL -ENERGÍA PRIMARIA y FACTORES DE EMISIÓN DE CO₂ - 2010

CARBURANTES										
FUENTE ENERGÉTICA	CONSUMO FINAL DIRECTO		ENERGÍA PRIMARIA ⁽¹⁾		FACTOR DE EMISIÓN ⁽²⁾					
	tep	Volumen específico	tep	MWh	tCO ₂ /tep					
Gasolina	1	1.290 l	1,10	12,79	2,90					
Gasóleo A y B	1	1.181 l	1,12	13,02	3,06					
Gas natural	1	910 Nm ³	1,07	12,44	2,34					
Biodiesel	1	1.267 l	1,24	14,42	neutro					
Bioetanol	1	1.968 l	1,70	19,77	neutro					
Gases Licuados de Petróleo (GLP)	1	1.763 l	1,05	12,21	2,72					
Queroseno	1	1.213 l	1,12	13,02	3,01					
COMBUSTIBLES										
FUENTE ENERGÉTICA	CONSUMO FINAL DIRECTO		ENERGÍA PRIMARIA ⁽¹⁾		FACTOR DE EMISIÓN ⁽²⁾					
	tep	Volumen específico	tep	MWh	tCO ₂ /tep					
Hulla	1	2,01 t	1,14	13,21	4,23					
Lignito negro	1	3,14 t	1,14	13,21	4,16					
Carbón para coque	1	1,45 t	1,14	13,26	4,40					
Biomasa agrícola	1	3,34 t	1,25	14,53	neutro					
Biomasa industria forestal	1	2,87 t	1,25	14,53	neutro					
Coque de petróleo	1	1,29 t	1,42	16,49	4,12					
Gas de coqueñas	1	1,08 t	1,14	13,26	1,81					
Gasóleo C	1	1.092 l	1,12	13,02	3,06					
Fuelóleo	1	1.126 l	1,11	12,91	3,18					
Gas Natural	1	910 Nm ³	1,07	12,44	2,34					
Gases Licuados de Petróleo (GLP)	1	1.763 l	1,05	12,21	2,72					
Butano	1	1.670 l	1,05	12,21	2,72					
Propano	1	1.748 l	1,05	12,21	2,67					
Gas de refinería	1	0,85 t	1,12	13,07	2,30					
ELECTRICIDAD										
TECNOLOGÍA	ENERGÍA FINAL		ENERGÍA PRIMARIA				FACTOR DE EMISIÓN			
			Bornas de central		En punto de consumo		En bornas de alternador (bruta)		En bornas de central (neta)	En punto de consumo
	MWh	tep	MWh	tep	MWh	tep	tCO ₂ /MWh	tCO ₂ /MWh	tCO ₂ /MWh	
Hulla+ antracita	1	0,086	2,52	0,22	2,73	0,24	1,13	1,17	1,27	
Lignito pardo	1	0,086	2,68	0,23	2,91	0,25	0,90	0,93	1,01	
Lignito negro	1	0,086	2,68	0,23	2,91	0,25	0,97	1,00	1,09	
Hulla importada	1	0,086	2,52	0,22	2,73	0,24	0,90	0,94	1,02	
Nuclear	1	0,086	3,03	0,26	3,29	0,28	0	0	0	
Ciclo Combinado	1	0,086	1,93	0,17	2,09	0,18	0,34	0,35	0,38	
Hidroeléctrica	1	0,086	1,00	0,09	1,09	0,09	0	0	0	
Cogeneración MCIA ⁽³⁾	1	0,086	1,67	0,14	1,74	0,15	0,37	0,38	0,42	
Cogeneración TG ⁽⁴⁾	1	0,086	1,61	0,14	1,69	0,15	0,33	0,34	0,37	
Cogeneración TV ⁽⁵⁾	1	0,086	1,72	0,15	1,80	0,16	0,41	0,42	0,46	
Cogeneración CC ⁽⁶⁾	1	0,086	1,54	0,13	1,61	0,14	0,31	0,32	0,35	
Eólica y fotovoltaica	1	0,086	1,00	0,09	1,09	0,09	0	0	0	
Solar termoelectrica	1	0,086	4,56	0,39	4,95	0,43	0	0	0	
Biomasa eléctrica	1	0,086	4,88	0,42	5,29	0,46	0	0	0	
Bioqás	1	0,086	3,70	0,32	4,02	0,35	0	0	0	
RSU	1	0,086	4,02	0,35	4,36	0,38	0,24	0,25	0,27	
Centrales de fuelóleo	1	0,086	2,52	0,22	2,73	0,24	0,71	0,73	0,79	
Gas siderúrgico	1	0,086	2,86	0,25	3,10	0,27	0,64	0,69	0,75	
Energía Eléctrica General	1	0,086	0,17		0,18		0,23		0,25	
			tep /MWh neto		tep /MWh		tCO ₂ /MWh bruto		tCO ₂ /MWh neto	
			1,94		2,11		2,63		2,72	
		MWh primario/MWh neto		MWh primario/MWh final		tCO ₂ /tep bruto		tCO ₂ /tep neto		
								tCO ₂ /tep final		
Energía Eléctrica Baja Tensión (Sector Doméstico)	1	0,086	0,17		0,19		0,23		0,27	
			tep /MWh neto		tep /MWh final		tCO ₂ /MWh bruto		tCO ₂ /MWh neto	
			1,94		2,21		2,63		2,72	
		MWh primario/MWh neto		MWh primario/MWh final		tCO ₂ /tep bruto		tCO ₂ /tep neto		
								tCO ₂ /tep final		

(1) Incluye las pérdidas en las transformaciones para la obtención del combustible y/o carburante y transporte del mismo.

(2) En punto de consumo

(3) MCIA: Motor de Combustión Interna Alternativo

(4) TG: Turbina de Gas

(5) TV: Turbina de Vapor

(6) CC: Ciclo combinado

DATOS PROVISIONALES UTILIZADOS POR EL IDAE

Noviembre, 2011

Tabla 8.8: factores de conversión

Anexo 5: Diagrama de Sankey

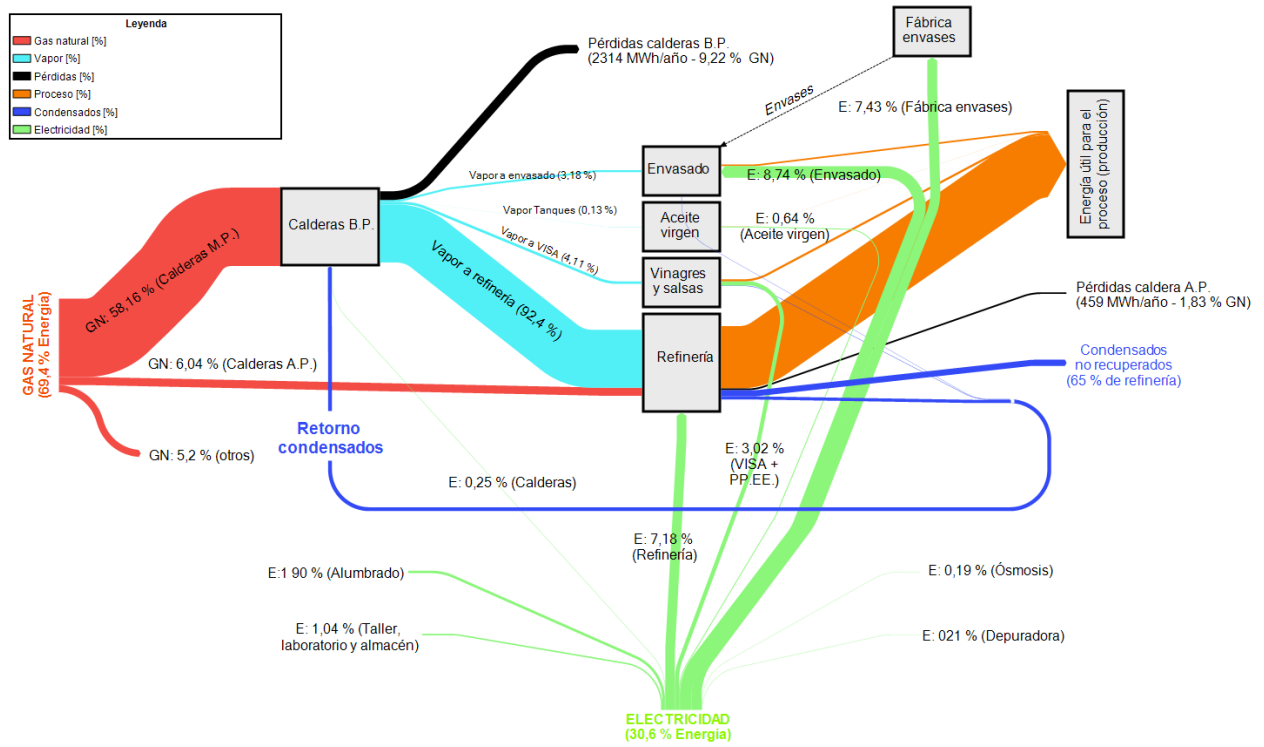


Tabla 8.9: Diagrama de Sankey fábrica (hasta 2017)