



**Universidad
Zaragoza**

Proyecto Fin de Carrera

Auditoría energética, análisis de mejoras, y estudio de viabilidad de una instalación fotovoltaica para autoconsumo en una industria de destilación de agua.

Autor:

Iris Acosta Sánchez

Director:

Ignacio Zabalza Bibrián

Universidad de Zaragoza
Escuela de Ingeniería y Arquitectura
2014

RESUMEN

El proyecto se centra en la realización de una auditoría energética en la empresa IBERIA AGUA S.L. y se encuadra dentro de las actividades del proyecto PINE, financiado a través del programa Intelligent Energy Europe, cuyo objetivo es el aumento de la eficiencia energética en las pymes industriales del sector de la fabricación. Para ello se han realizado 20 auditorías energéticas donde se tratado de implementar las medidas efectivas desde el punto de vista económico, para mejorar la eficiencia energética; aumentar las inversiones en maquinaria y equipos de alta eficiencia energética y mejorar la gestión energética para explotar los potenciales de ahorro. Uno de los socios técnicos del proyecto PINE es CIRCE, desde donde he realizado la auditoría energética de la empresa IBERIA AGUA S.L., la cual se dedica a la producción de agua destilada y su embotellamiento.

Comprendiendo varias etapas, inicialmente se ha distribuido el consumo y la potencia instalada por proceso, a partir de los datos de los equipos y su patrón de uso. Una vez recopilados todos los datos, se han estudiado los potenciales de mejora para cada uno de los sistemas (equipos de bombeo, sistemas de iluminación, máquinas inyectoras para fabricación de envases, equipos de producción de frío y equipos de aire a compresión), realizando cuando ha sido necesario, mediciones con un analizador de redes, una cámara termográfica y un analizador de gases. El estudio de los sistemas de iluminación, se ha llevado a cabo con el software Dialux.

Además, se ha optimizado la facturación eléctrica a partir de las facturas cedidas por dicha empresa durante el año 2013. Se han planteado varias propuestas de mejora tales como la optimización de la potencia contratada, el desplazamiento de la jornada laboral a los periodos tarifarios más económicos y se ha estudiado la posibilidad de un cambio de compañía suministradora.

Con el fin de reducir el consumo de energía de la red eléctrica, se ha planteado la instalación de un sistema de generación de energía fotovoltaica para autoconsumo. Dicho sistema de generación se ha diseñado en la cubierta de la nave y estará conectado a la red eléctrica. Para la realización de este estudio se ha hecho uso del software PVsyst.

Con toda la información y los estudios realizados se ha elaborado un informe, que junto con un análisis técnico-económico se ha entregado a IBERIA AGUA S.L. para que proceda con la ejecución de los cambios que crea convenientes y/o pueda llevar a cabo.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	4
2	OBJETO	6
3	METODOLOGÍA DEL PROYECTO	6
4	ALCANCE Y TAREAS REALIZADAS.....	7
5	ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA Y CONSUMO	9
5.1	DISTRIBUCIÓN DE LA POTENCIA INSTALADA.....	10
5.2	DISTRIBUCIÓN DE LOS CONSUMOS ENERGÉTICOS	10
5.3	DISTRIBUCIÓN DE POTENCIAS Y CONSUMOS DE EQUIPOS ELÉCTRICOS.....	10
6	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	11
6.1	SISTEMAS ELÉCTRICOS	11
6.1.1	SISTEMAS DE ILUMINACIÓN	11
6.1.2	AIRE COMPRIMIDO.....	12
6.1.3	MOTORES ELÉCTRICOS	12
6.1.4	MÁQUINAS DE INYECCIÓN	13
6.1.5	GRUPO DE FRÍO	13
6.2	SISTEMAS TÉRMICOS.....	14
6.2.1	CALDERA DE CALEFACCIÓN	14
7	IDENTIFICACIÓN DE MEJORAS	15
7.1	SISTEMAS ELÉCTRICOS.....	15
7.1.1	SISTEMAS DE ILUMINACIÓN	15
7.1.2	MOTORES ELÉCTRICOS	17
7.1.3	OTROS EQUIPOS	20
7.2	SISTEMAS TÉRMICOS.....	21
7.2.1	CALDERA DE CALEFACCIÓN	21
7.3	OTROS.....	22
7.3.1	OPTIMIZACIÓN DE LA FACTURACIÓN ELÉCTRICA	22
7.3.2	SISTEMA FOTOVOLTAICO	24
8	TABLA RESUMEN DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS.....	28
9	CONCLUSIONES	30
10	BIBLIOGRAFÍA	31
11	ÍNDICE DE TABLAS	34
12	ÍNDICE DE FIGURAS	35

INTRODUCCIÓN

1 INTRODUCCIÓN

Numerosos estudios apuntan que la temperatura del planeta va en aumento, y esto está provocando serios problemas. Los cambios climáticos que estamos experimentando hoy en día son casi enteramente causados por un factor importante, el mal uso que se está haciendo de fuentes primarias de energía para producir la energía final que utilizamos diariamente. Las actividades humanas relacionadas con el sector de la energía son responsables de al menos el 78% de las emisiones de éstos. La quema de combustibles para usos como el transporte, la producción industrial, o la transformación de energía para su distribución incrementan la cantidad de gases de efecto invernadero, aumentando la temperatura del planeta y provocando serios cambios en el planeta tales como el deshielo cantidades de hielo y lo que este conlleva y la sequía extrema.

Además, el actual modelo energético mundial es insostenible ya no sólo en términos medioambientales, sino también en términos económicos y sociales. El “Libro Verde sobre la Seguridad del Abastecimiento Energético” subraya que si no se tomaban medidas, en 2030 la Unión Europea cubriría el 70% de sus necesidades energéticas con productos importados, frente al 50% del año 2000.

Una de las claves para frenar este proceso y mitigar los efectos negativos del consumo energético es fomentar la eficiencia energética, potenciando las energías renovables, la generación de electricidad mediante ciclos combinados, la liberalización del suministro de gas y electricidad e incentivar económicamente el ahorro y la eficiencia energética, conceptualmente basada esta última en cuatro pilares, “*las cuatro pro-*”

- *Procesos:* Mediante eficiencia energética en equipos e instalaciones.
- *Productos:* Mediante la disminución de los consumos energéticos indirectos, en materiales, agua y otros recursos.
- *Procedimientos:* Creando metodologías y normativas para poder estandarizar los ahorros en procesos y productos
- *Promoción:* Divulgando y dando a conocer los beneficios que se obtiene con la disminución de consumos energéticos.

La reducción de la intensidad energética es un objetivo prioritario para cualquier economía, ya que mejora la competitividad de sus procesos productivos y reduce tanto las emisiones como la factura energética. Para una economía como la española, caracterizada por un elevado potencial de crecimiento y la elevada dependencia de las importaciones de energía, las ventajas de la reducción de la intensidad energética se multiplican.

El consumo energético en el sector industrial, alcanzó las 26.510 ktep en el año 2012, según fuentes de información del IDAE, lo que supone el 29,8% del consumo de energía final total de España. Esto se traduce en millones de toneladas emisiones de CO₂. Con estos valores el fomento de actividades sobre investigación en eficiencia energética y el desarrollo de nuevos productos y servicios destinados a optimizar el consumo de energía se convierten en acciones prioritarias.

La eficiencia energética supone una serie de beneficios para las empresas tales como, *ahorro económico*, la optimización y reducción del consumo energético tiene asociado una disminución de los gastos; *beneficios ambientales*, la reducción del consumo de energía supone una disminución de emisiones de CO₂, lo que puede presentarse como una ventaja competitiva frente

INTRODUCCIÓN

a competidores, proveedores y clientes, y *beneficios técnicos*, contribuyendo a mejorar tanto el comportamiento energético como a la competitividad de la empresa.

Para conseguir un alto rendimiento de eficiencia en el uso final de la energía existen diversas herramientas a disposición de las empresas, una de éstas es la realización de auditorías energéticas, definidas como *el procedimiento sistemático para obtener conocimientos adecuados del perfil de consumo de energía existente de un edificio o grupo de edificios, de una instalación industrial y/o de un servicio privado o público, determinar y cuantificar las posibilidades de ahorro de energía rentables y elaborar un informe al respecto*.

Se han realizado normas UNE, que establecen los requerimientos y alcance mínimos, así como el procedimiento de trabajo y patrones de calidad objetivo. Tal es el caso de la norma UNE-EN 16247: 2012 sobre auditorías energéticas que viene a refrendar e internacionalizar el camino comenzado por la normalización que se tuvo en España en relación con la Eficiencia Energética, y que derivó en la norma de auditorías energéticas UNE 216501:2009.

La DIRECTIVA 2012/27/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 25 de octubre de 2012 relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE, obliga a todas las empresas que no sean PYMES a realizar una auditoría energética en sus instalaciones antes del 5 de diciembre de 2015.

Sin embargo, las PYME suponen el 99,8% del total de empresas de la Unión Europea, suponiendo incluso más en el caso de España, 99,88%, por lo que para aprovechar el potencial de ahorro de energía de estos segmentos del mercado en los que no suele ofrecerse auditorías energéticas de forma comercial, los Estados miembros deben elaborar programas para fomentar la elaboración de auditorías energéticas. Según el apartado 2) del Artículo 8 sobre Auditorías energéticas y sistemas de gestión energética, los Estados miembros elaborarán programas que alienten a las PYME a realizar auditorías energéticas y a aplicar posteriormente las recomendaciones de dichas auditorías. Los Estados miembros darán a las PYME, entre otros, a través de sus organizaciones intermediarias de representación, ejemplos concretos de las ventajas de los sistemas de gestión energética para sus negocios.

Uno de los programas elaborados por los Estados miembros es el Intelligent Energy Europe programme (IEE) el cual ofrece ayuda a organizaciones capaces de promover la eficiencia energética mediante proyectos tales como el proyecto Promoting Industrial Energy Efficiency (PINE) que tiene como objetivo promover y aumentar la eficiencia energética entre las pymes industriales a través de sistemas de auditorías y el asesoramiento profesional técnico para la aplicación de medidas personalizadas.

El proyecto se desarrolla en dos fases:

- **EXPLORACIÓN (SCOUTING):** En esta primera fase de proyecto participan 40 empresas que son seleccionadas para la realización de una pre-auditoría cuyo objetivo es identificar el potencial de ahorro y las características principales de la instalación.
- **AUDITORÍA (AUDITING):** A partir de los criterios establecidos por los socios del proyecto PINE se seleccionan 20 empresas que pasarán a la segunda fase, en la que se realiza una auditoría energética en mayor profundidad sobre aquellos puntos de mayor potencial de ahorro energético. Una de las 20 auditorías pertenecientes al PINE se llevará a cabo en la empresa IBERIA AGUA S.L. y será objeto del presente proyecto de fin de carrera.

2 OBJETO

El objetivo de este proyecto fin de carrera es la elaboración de una auditoría energética en las instalaciones de la planta industrial que IBERIA AGUA, S.L. tiene en el término municipal de San Mateo de Gállego, provincia de Zaragoza. Dicha empresa se dedica a la fabricación y distribución de agua desmineralizada. Cuenta con 5 trabajadores y una jornada laboral de 11 horas durante 219 días al año.

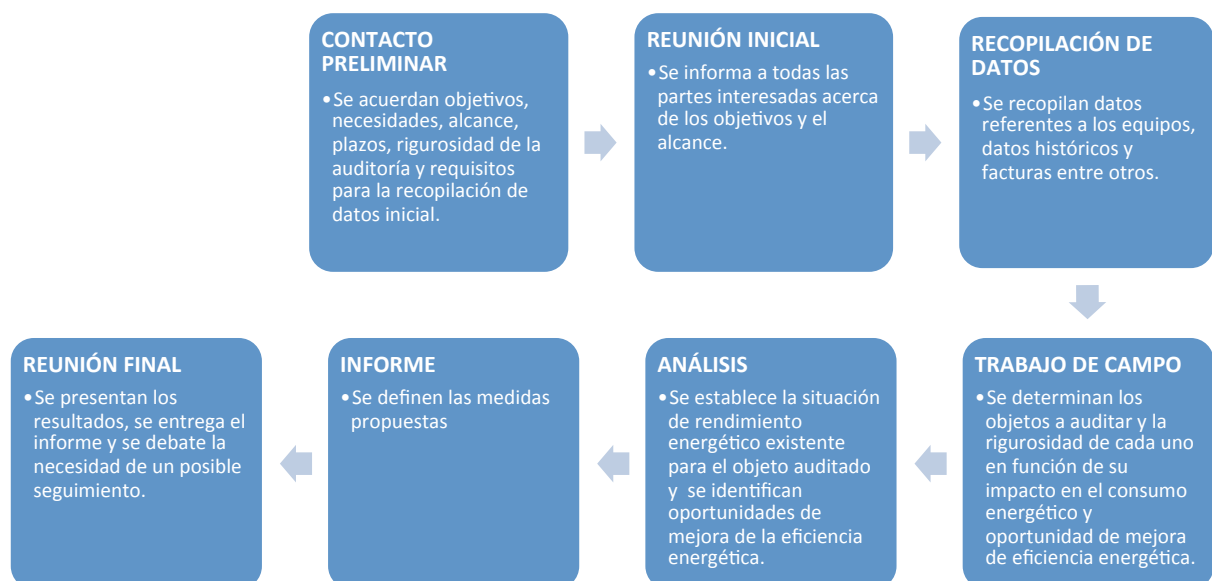
Se han descrito las principales posibilidades de ahorro energético presentes en la planta, realizando una revisión de la misma basada en el proceso productivo y en los equipamientos auxiliares, con el objetivo de encontrar las oportunidades de mejorar la eficiencia energética y reducir el costo asociado a los consumos energéticos, así como las emisiones de gases de efecto invernadero.

Los principales objetivos que se persiguen son:

- Establecer el diagnóstico de la planta, desde el punto de vista de la eficiencia energética y los modelos de demanda de energía.
- Proponer y evaluar técnica y económicamente una lista justificada de medidas de mejora dirigidas a alcanzar un uso más eficiente de la energía en la planta.

3 METODOLOGÍA DEL PROYECTO

Se ha seguido una metodología regida en la norma UNE-EN 16247: 2012 en la que se han tratado los siguientes elementos pertenecientes al proceso de auditoría energética.



Por parte del Consejo Aragonés de Cámaras de Comercio y de la Fundación CIRCE se ha realizado el *Contacto Preliminar* y la *Reunión inicial*. La recopilación de datos elementales se ha llevado a cabo por el Consejo Aragonés de Cámaras de Comercio, siendo yo junto con el personal del proyecto la que ha recopilado datos detallados de mediciones en el emplazamiento realizando las visitas pertinentes y detalladas en el punto 4. Tanto el *Trabajo de campo*, *Análisis* e *Informe* los he llevado cabo personalmente siendo objeto del presente proyecto.

4 ALCANCE Y TAREAS REALIZADAS

En base a los datos facilitados por el Consejo Aragonés de Cámaras de Comercio e Industria, se realizan una serie de visitas a las instalaciones de IBERIA AGUA S.L. para analizar los puntos de sus procesos con un mayor potencial de mejora en el ámbito energético. Los datos facilitados son los siguientes:

- Facturas energéticas: Eléctrica y de gasoil (no existe consumo de gas natural, fuel, propano o biomasa).
- Equipos: Potencia, antigüedad y horas al año aproximadas de trabajo.

Una vez analizada la información obtenida en la primera visita a la nave, donde se han recopilado datos más detallados referentes a las horas de funcionamiento de cada equipo se realiza un estudio de distribución por consumos y potencia instalada con la finalidad de plantear las posibles medidas a implantar con mayor potencial de mejora. Este trabajo previo permite planificar las actividades a desarrollar en las siguientes visitas a las instalaciones.

VISITA	FECHA	ACTIVIDAD
2	03/07/2014	<i>Medición del consumo de energía en una de las bombas de osmosis.</i>
3	22/07/2014	<i>Instalación de dos analizadores de redes, uno para medir el consumo total de la instalación y el perfil de demanda nocturno y otro en la inyectora, para conocer la contribución de está respecto al consumo total de energía. Termografía y análisis de gases de combustión en la caldera.</i>
4	01/08/2014	<i>Instalación de dos analizadores de redes para medir el consumo de energía de las bombas de las etapas 1 y 2 de osmosis.</i>

Tabla 1.- Resumen de las actividades y visitas

ALCANCE Y TAREAS REALIZADAS

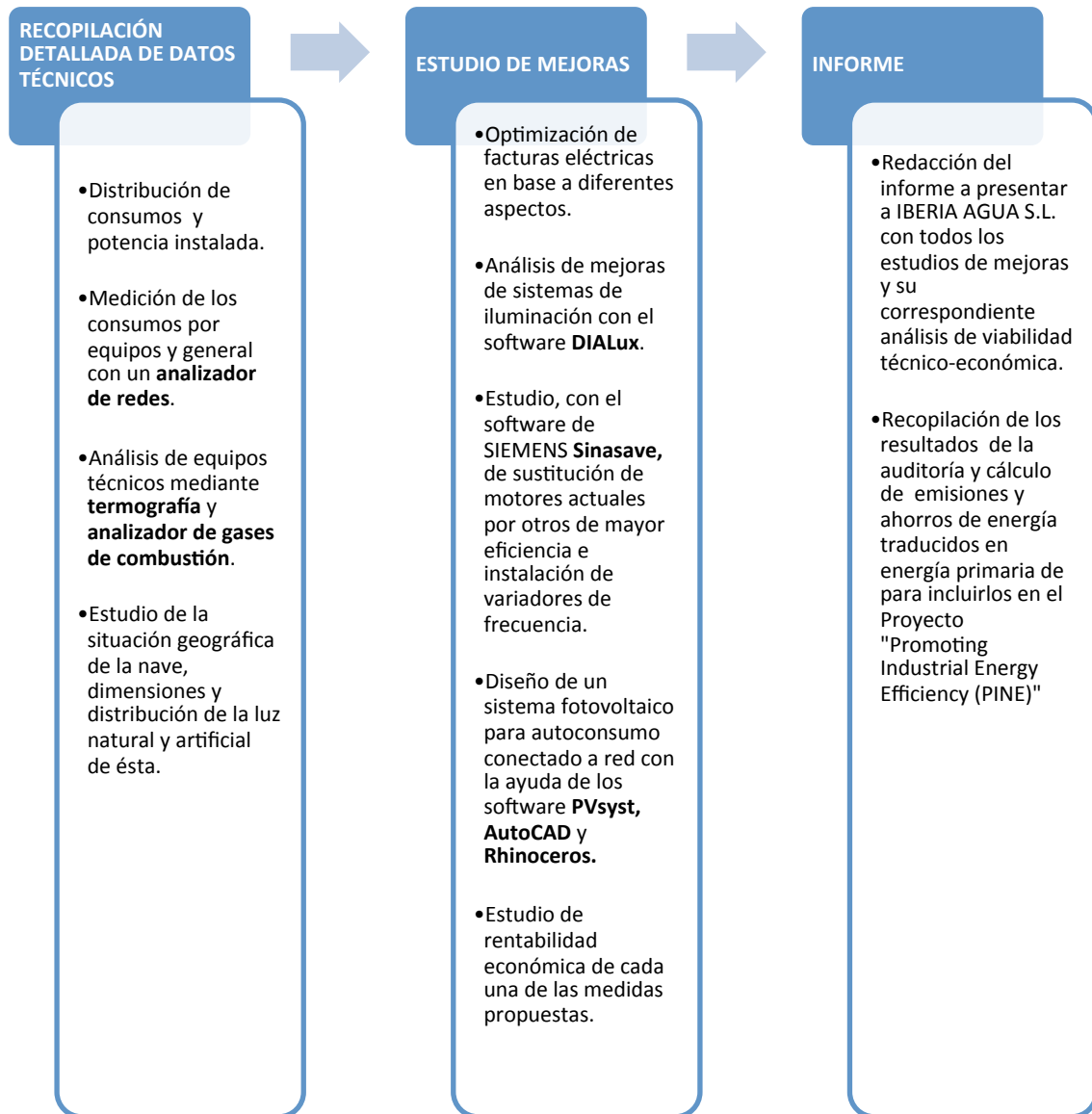


Figura 1.- Resumen de los trabajos realizados.

5 ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA Y CONSUMO

Se debe establecer la situación de consumo energético existente para cada objeto auditado. Ésta constituye una referencia en relación con la cual es posible medir las mejoras. Para ello es necesario hacer un desglose del consumo de energía por uso y fuente, determinar los flujos de energía y el balance de energía del objeto auditado y realizar un patrón de la demanda de energía a lo largo del tiempo (se tomará como referencia un año).

De forma que el estudio se aproxime lo máximo a la realidad se ajustarán los consumos teóricos a partir de los datos de los equipos y las facturas eléctricas y de gasóleo. Este estudio se encuentra ampliado en el Anexo II.

Gasóleo		
Equipo	Potencia kW	Horas trabajo h
Caldera	93	161

Consumo total teórico 14.973 kW/año

Tabla 2.- Consumo de gasóleo por equipo

Electricidad		Consumo real		170.220	kWh/año	
Equipo	Potencia [kW]	Horas trabajo anuales [h]	Consumo [kWh]	Consumo %	Consumo equivalente [kWh]	Horas equivalentes [h]
Máquina 1 Litro	22	1800	39.600	17%	27.266	1.239
Máquina 5 litros	42	1800	75.600	33%	52.053	1.239
Molino	5,5	1800	9.900	4%	6.816	1.239
Aire Comprimido	11	1752	19.272	8%	13.269	1.206
Grupo de Frío	11	1752	19.272	8%	13.269	1.206
Pozo	5,5	1800	9.900	4%	6.816	1.239
Osmosis 1ª Etapa	11	4000	44.000	19%	30.295	2.754
Osmosis 2ª	5,5	1800	9.900	4%	6.816	1.239
Consumo "otros"	8%		13.618		156.602	

Tabla 3.- Consumo eléctrico por equipos

Se puede ver la diferencia entre el consumo máximo y el ajustado en las siguientes figuras:

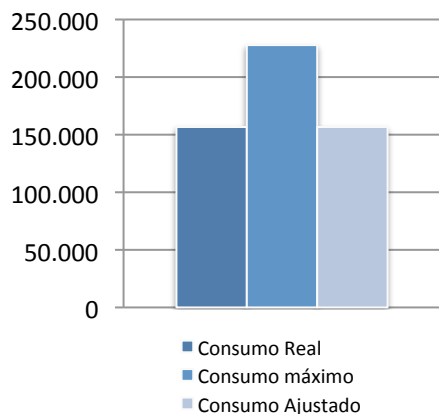


Figura 2.- Consumo real, máximo y ajustado total

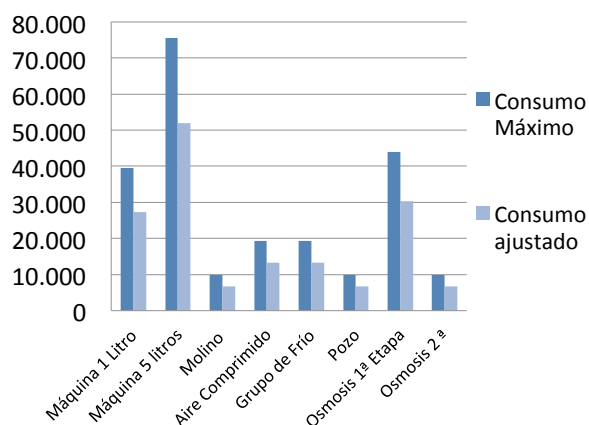


Figura 3.- Consumo real y ajustado por equipo

*Otros incluye pequeños motores, iluminación y pequeños equipos.

5.1 DISTRIBUCIÓN DE LA POTENCIA INSTALADA

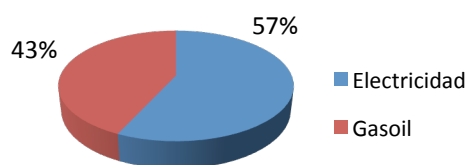


Figura 4.- Distribución de la potencia instalada por tipo de energía

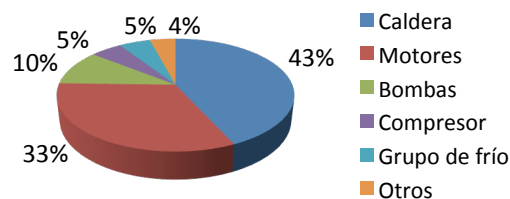


Figura 5.- Distribución de la potencia instalada por tipología de equipo

La distribución de la potencia instalada según tipo de energía es muy pareja, ambos rondan los 100kW, siendo 93kW los equipos térmicos y 122kW los equipos eléctricos, siendo. La caldera es el equipo con más potencia instalada seguido por el grupo de motores.

5.2 DISTRIBUCIÓN DE LOS CONSUMOS ENERGÉTICOS

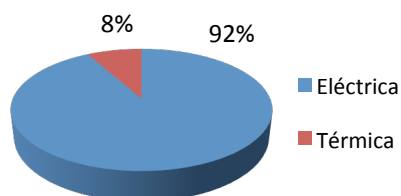


Figura 6.- Distribución del consumo energético por tipo de energía

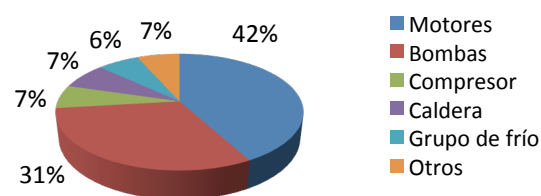


Figura 7.- Distribución del consumo energético por tipología de equipo

Más del 90% del consumo es de tipo eléctrico, 170MWh frente a 15MWh, debido al mayor tiempo de actividad de los equipos eléctricos.

5.3 DISTRIBUCIÓN DE POTENCIAS Y CONSUMOS DE EQUIPOS ELÉCTRICOS

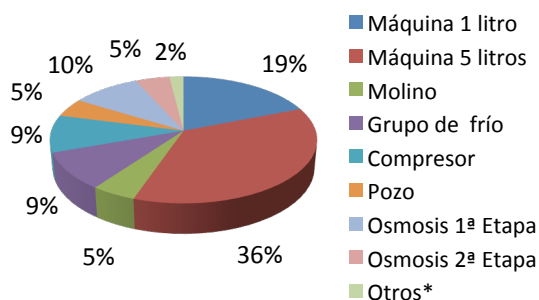


Figura 8.- Distribución de la potencia instalada por equipos eléctricos

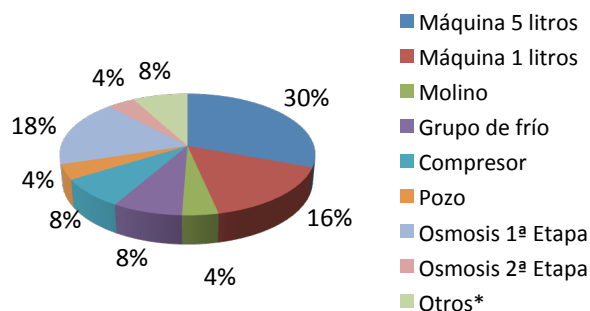


Figura 9.- Distribución del consumo energético por equipos eléctricos

Después de estudiar la distribución por tipo de energía, se puede afirmar que es preciso centrarse en los equipos eléctricos. La “máquina de 5 litros”, posee casi el doble de potencia y consume casi el doble de energía que el siguiente equipo, la “máquina de 1 litro” llegando entre ambas a más del 50% de la potencia eléctrica instalada. Añadir que los procesos de osmosis tienen también un gran consumo respecto del resto de equipos.

Por tanto, las posibles medidas de ahorro sobre estos equipos tendrán mayor incidencia en el total del consumo de la instalación. Pequeñas medidas aplicadas en estos equipos pueden suponer mayores ahorros absolutos que grandes medidas sobre equipos de bajo consumo.

6 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En base a los resultados obtenidos a partir de la *Recopilación de datos* y del análisis de distribución de potencia y consumo, se ha descrito para cada uno de los sistemas eléctricos y térmicos, la situación y el estado actual.

En el Anexo I se explica el proceso productivo llevado a cabo en las instalaciones de IBERIA AGUA S.L. con el fin de comprender mejor la función de cada equipo.

6.1 SISTEMAS ELÉCTRICOS

6.1.1 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

Con el objetivo de conocer el sistema de iluminación actual, se recopilan y procesan los datos necesarios detallados a continuación.

1. Plano de distribución de luminarias en la nave.

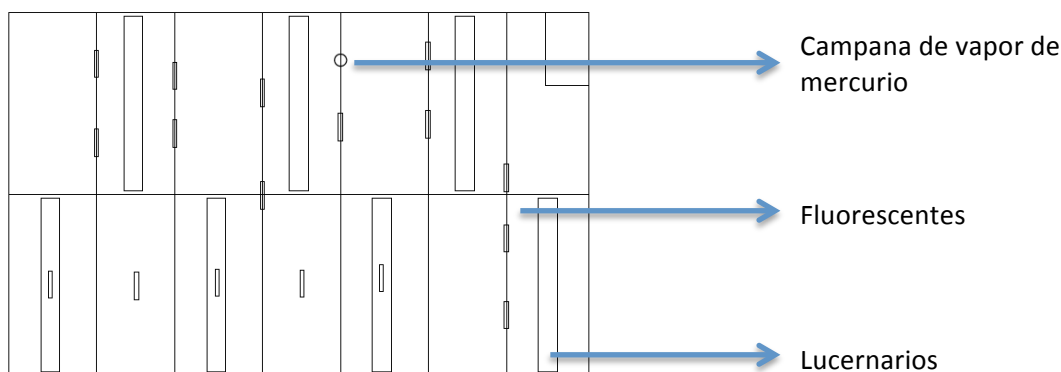


Figura 10.- Plano de distribución de luminarias y lucernarios en la nave.

2. Inventario de luminarias con detalle del tipo de tecnología instalada en cada una de ellas.

ELEMENTO	TIPO DE BALASTO	Nº DE LÁMPARAS	POTENCIA POR LUMINARIA [W]	POTENCIA POR EQUIPO [W]	EFICACIA INICIAL [lm/W]	POTENCIA TOTAL [W]
Fluorescente	Electromagnético	18x2	58	116	60	2.088
Campana de vapor de mercurio	Electromagnético	1x1	440	440	50	440

Tabla 4.- Inventario de luminarias.

- La nave tiene una cubierta tipo sándwich, con 7 lucernarios que no permiten pasar gran cantidad de luz y dispuestos como se indica en la Figura 10.
- Altura a la que están suspendidas las luminarias: 7,5m.
- Actividades desarrolladas en cada zona de la empresa: Zona de Trabajo y la Zona de Paso y Almacenaje.
- Altura del plano de trabajo: Zona de Paso y Almacenaje, según la norma UNE-EN 12464-1:2012 se tomará el nivel del suelo; Zona de Trabajo: 1,20m.
- Temperatura ambiente de trabajo: entre 19 y 25°C.

IDENTIFICACIÓN DE MEJORAS



Figura 11.- Lucernarios, fluorescentes y pantalla de vapor de mercurio



Figura 12.- Lucernarios y tubos fluorescentes.

6.1.2 AIRE COMPRIMIDO

La nave industrial dispone de un compresor de tornillo marca BOGE modelo S15 de 15 CV el cual fue instalado recientemente y sustituye al anterior que había de pistones. Este compresor además tiene la posibilidad de poder trabajar a potencia variable. Su periodo de funcionamiento es durante un promedio de 1752 h/año.

El compresor está instalado en el exterior de la nave y el calor que genera es recuperado durante los meses de invierno y redireccionado a través de conductos para calefactar el interior de ésta.

El compresor tiene una antigüedad menor a los 5 años, por lo tanto puede considerarse relativamente nuevo, además no se han identificado fugas en los conductos.



Figura 13.- Compresor de tornillo 15 CV



Figura 14.- Compresor de tornillo 15CV

6.1.3 MOTORES ELÉCTRICOS

Se indican a continuación las bombas y motores eléctricos definiendo sus principales características:

Etapa	Equipo	Función	Potencia nominal	Horas de trabajo	Rendimiento	Vida
1ª etapa de osmosis	MOTOR	Llevar a cabo la 1ª etapa del proceso de osmosis	11kW	4.000 h/año	85,7%	Superior a 10 años
2ª etapa de osmosis	MOTOR	Llevar a cabo la 2ª etapa de osmosis	5,5kW	1.800 h/año	87,6%	Superior a 10 años
Desmineralización	4 BOMBAS	Bombear agua desde la 2ª etapa de osmosis a desmineralización	3kW	1.800 h/año Normalmente solo está en funcionamiento	-	-
Pozo	BOMBA	Extraer agua de un pozo propio	5,5kW	1.800 h/año	-	-
Procesamiento PET	MOTOR	Accionar un molino para mezclar PET	5,5kW	1.800 h/año	-	-

Tabla 5.- Inventario motores eléctricos.

IDENTIFICACIÓN DE MEJORAS



Figura 15.- Motor 1ª etapa de Osmosis



Figura 16.- Motor 2ª etapa de Osmosis.



Figura 17.- Desmineralización.

6.1.4 MÁQUINAS DE INYECCIÓN

Dispone de dos inyectoras de plástico:

- 1 Máquina para las botellas de 1 litro de 22 kW de potencia nominal y con unas 1.800 h/año de funcionamiento. Equipo en buenas condiciones.
- 1 Máquina para las garrafas de 5 litros de 42 kW de potencia nominal, y unas 1.800 h/año de funcionamiento. Equipo en buenas condiciones.



Figura 18.- Máquina inyectora envases de 1 litro

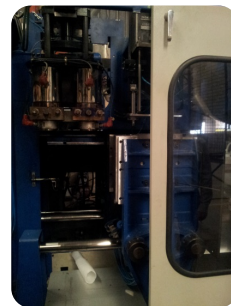


Figura 19.- Máquina inyectora envases 5 litros

El calor es recuperado para climatizar la nave.

6.1.5 GRUPO DE FRÍO

Equipo relativamente nuevo, fabricado en 2012 y puesto en marcha en Abril de 2013, utilizado para enfriar los moldes. Se encuentra en funcionamiento durante un promedio 1.752 horas anuales. Tiene una potencia nominal de 11kW.

Está situado en el interior de la nave, ya que en el exterior no había suficiente espacio para cumplir con las servidumbres y distancias de seguridad que exigen los Reglamentos vigentes. Al instalarlo en el interior, se ha colocado junto a una puerta para permitir la evacuación de calor, sobre todo en verano, al existir corriente de aire. Durante el invierno, el calor es recuperado para climatizar la nave.

IDENTIFICACIÓN DE MEJORAS



Figura 20.- Grupo de frío.



Figura 21.- Grupo de frío.

6.2 SISTEMAS TÉRMICOS

6.2.1 CALDERA DE CALEFACCIÓN

El sistema de climatización de IBERIA AGUA S.L. está basado en una única caldera de gasóleo de 80.000 kcal/h (93 kW) de más de 10 años de antigüedad y a la cual se le realiza un mantenimiento a comienzos de temporada.

Desempeñando únicamente la función de aclimatar la nave, sus horas promedio de funcionamiento diarias durante el invierno son tres, correspondiendo a unas 161 horas anuales.



Figura 22.- Caldera de gasoil de 93kW

Además, para climatizar la nave se recupera el calor generado por los siguientes equipos:

- El compresor para el aire comprimido cuando está en funcionamiento.
- El grupo de Frío durante el invierno, empleado para enfriar los moldes.
- Las máquinas de inyección durante su funcionamiento.

Porcentaje del calor recuperado para aclimatar la nave por equipo:

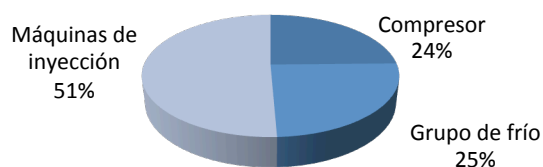


Figura 23.- Gráfico calor recuperado por equipo auxiliar.

7 IDENTIFICACIÓN DE MEJORAS

Se identifican oportunidades de mejora de la eficiencia energética evaluando el impacto de cada oportunidad de mejora sobre la situación de rendimiento energético actual, en base a ciertas variables a tener en cuenta tales como el ahorro económico y la inversión necesaria para llevar a cabo las medidas de mejora, el retorno de la inversión, VAN y TIR.

7.1 SISTEMAS ELÉCTRICOS

7.1.1 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

Puesto que las tecnologías actualmente instaladas en iluminación no son de las denominadas en el mercado como tecnologías eficientes, se proponen acciones de mejora, desarrolladas en mayor detalle en el Anexo III del presente proyecto.

Normativa según zonas:

- Zona de Trabajo Según la norma UNE-EN 12464-1:2012 la iluminancia media mantenida (E_m) definida por el Código Técnico de la Edificación en Ahorro de Energía, CTE-HE3 como “Valor por debajo del cual no debe descender la iluminancia media en el área especificada.” no debe ser inferior a 200 lux, y la uniformidad (E_{min}/E_m) debe ser mayor de 0,7.
- Zona de Paso y Almacenaje, donde la iluminancia media mantenida no debe bajar de los 150 lux con una uniformidad mínima de 0,5.

SITUACIÓN ACTUAL

Se analiza con el software DIALux la situación de iluminación actual de la nave.

La disposición y las luminarias actualmente instaladas, teniendo en cuenta la situación más desfavorable (sin tener en cuenta los lucernarios), proporciona los siguientes resultados:

ZONA	E_m	E_{min}/E_m
Área de trabajo	144 lux	0,58
Área de paso y almacenaje	113 lux	0,61

Tabla 6.- Resumen resultados simulación de la situación actual

Como muestra la Tabla 6 ninguno de los valores de los valores se ajusta a la normativa actual.

La siguiente figura muestra gráficamente una simulación de los niveles de iluminancia en la nave mediante líneas curvas.

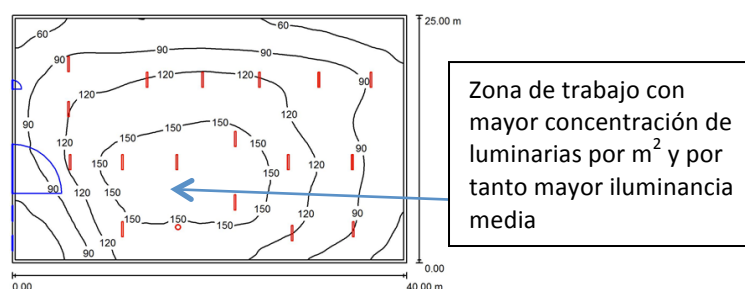


Figura 24.- Simulación con isolinneas y luminarias en la situación actual.

IDENTIFICACIÓN DE MEJORAS

- **Sustitución por luminarias con tecnología LED.**

La siguiente simulación muestra los niveles de lux con la instalación de 29 luminarias tipo LED.

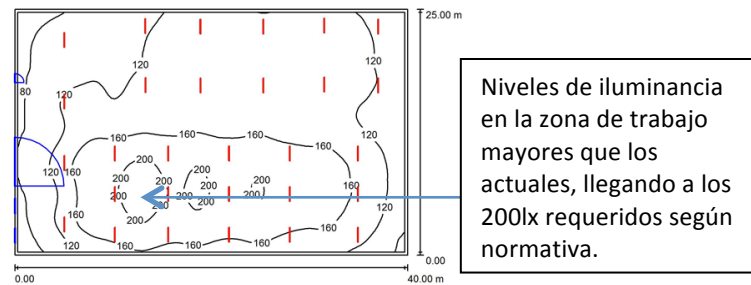


Figura 25.- Simulación con isótopos y luminarias en la situación de mejora propuesta

Los valores medios de iluminancia y de uniformidad se muestran en la Tabla 7:

ZONA	E_m	E_{min}/E_m
Área de trabajo	187 lux	0.82
Área de paso y almacenaje	137 lux	0.852

Tabla 7.- Resumen resultados simulación con sustitución de fluorescentes por LED

Los valores de iluminancia están ligeramente por debajo de lo estipulado por normativa, sin embargo, teniendo en cuenta la luz natural proveniente de los lucernarios, estos niveles son adecuados para la tarea desarrollada en la nave.

- **Estudio de rentabilidad económica**

La potencia actualmente instalada en la nave es de 3.015W, con la propuesta planteada disminuye casi un 50%. Por dicha reducción y el bajo mantenimiento requerido, se obtendrán los siguientes ahorros:

POTENCIA INSTALADA [W]	INVERSIÓN [€]	AHORROS [€/año]	PAYBACK SIMPLE [años]
1.653	3.758,4	402,62	9,33

Tabla 8.- Resumen amortización de la inversión en luminaria LED

Haciendo un estudio de sensibilidad de la inversión en el que se valora la variación del precio de la electricidad durante los 25 años de vida de las luminarias y el IPC general en Zaragoza, se obtienen los siguientes resultados para el VAN y la TIR.

	REAL	PESIMISTA	OPTIMISTA
VAN	9.740,03	6.307,10	13.953,00
TIR	14%	10%	19%

Tabla 9.- VAN y TIR según la variación del IPC.

Tomando los ahorros como ganancias únicamente para saber si la inversión es rentable, se obtiene un VAN >0 y TIR >IPC por lo tanto la es recomendable sustituir las luminarias actuales por LED ya que con los ahorros generados se amortizará la inversión.

- **Bajar el punto de luz de las luminarias actuales**

De no instaurar la medida propuesta, se aconseja reducir la altura de suspensión de las luminarias hasta una altura de 5m siempre y cuando no se impida el paso y acopio de cajas y material, de forma que la iluminancia media aumente

IDENTIFICACIÓN DE MEJORAS

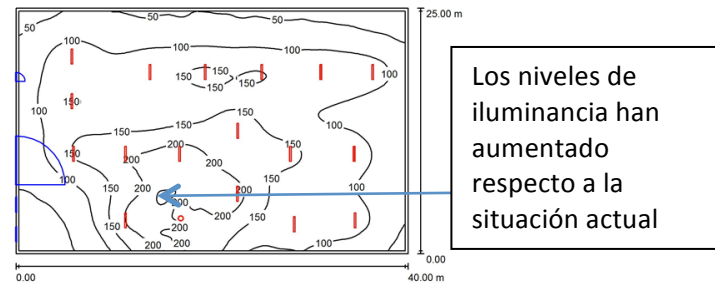


Figura 26.- Simulación con luminarias actuales dispuestas a 5m de altura.

Los valores medios de iluminancia y de uniformidad se muestran en la siguiente tabla:

ZONA	E_m	E_{min}/E_m
Área de trabajo	170 lux	0,507
Área de paso y almacenaje	114 lux	0,484

Tabla 10.- Resumen resultados simulación modificando altura de la situación actual

Pese a seguir sin cumplir con la normativa, y no generar ahorros, la situación propuesta mejora las condiciones de trabajo aumentando la iluminancia.

7.1.2 MOTORES ELÉCTRICOS

En esta fase se van a abordar mejoras en los motores que mayor consumo de energía eléctrica tienen.

Los resultados de las mediciones llevadas a cabo con los analizadores de redes han dado los resultados resumidos a continuación y detallados en el Anexo IV.

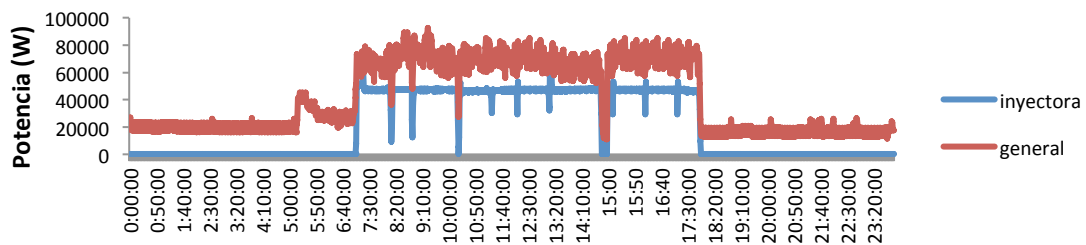


Figura 27: Evolución del consumo diario de energía total y del consumo diario de energía en la inyectora

Se aprecia en la figura anterior como prácticamente el 60% de la energía consumida es debida a la inyectora, lo más destacable sin embargo es que aparece un consumo prácticamente constante de 25 kW durante las horas no laborales.

Tras consultarlo con la propiedad se identifica que esos consumos se deben a las etapas de ósmosis, las cuales trabajan durante la noche. Como consecuencia de ello, la bomba de la primera etapa de ósmosis funciona constantemente y la segunda de ellas funciona de forma intermitente.

Para poder conocer el funcionamiento de las bombas de las etapas de osmosis con precisión se mide durante un día entero y por separado ambas bombas donde se identifica que la bomba de la primera de las etapas de osmosis (en rojo), la cual va equipada con un variador de velocidad funciona de forma constante y regula desde los 6 kW hasta los 11 kW. Sin embargo la bomba de la etapa 2 (en azul) funciona de forma intermitente, arrancando cada 6 minutos desde 0 kW hasta su potencia nominal. Este funcionamiento, combinado con el hecho de que en esta etapa se regula el caudal mediante un estrangulamiento de una de las válvulas hace que sea muy aconsejable la instalación de un variador de velocidad. (Gráficas detalladas de energía activa, energía reactiva y factor de potencia en el Anexo IV).

IDENTIFICACIÓN DE MEJORAS

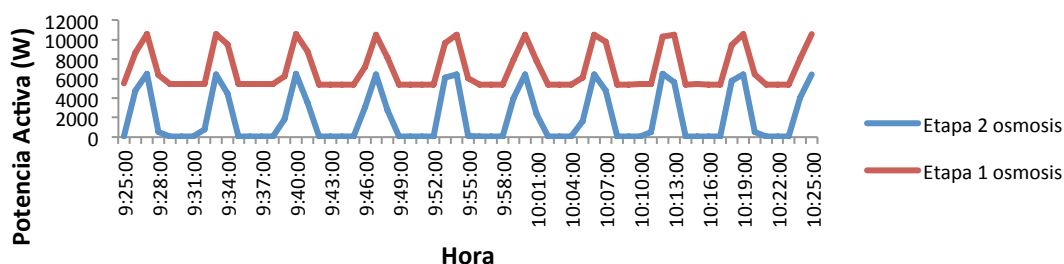


Figura 28: Evolución del consumo de energía activa de las bombas de osmosis

A partir de esta información se plantean las siguientes mejoras:

• **Instalación de un variador de velocidad en la bomba de la etapa 2 de ósmosis:**

El motor actual (detallado en el punto 6.1.3) de calificación IE1 (eficiencia estándar según la norma IEC60034-30), tiene un rendimiento nominal de 85,7 %, sin embargo tomaremos un rendimiento del 81,7% por tener una antigüedad mayor a 10 años.

Para el cálculo de la rentabilidad de instalar un variador de velocidad se emplea el software SinaSave desarrollado por SIEMENS. En él se parametrizan los valores de cálculo mediante los datos obtenidos a través de la medición.

El variador de velocidad seleccionado es el SIMOTICS G 120 400V.

Los ahorros energéticos se muestran en la siguiente figura representados como el área verde que queda entre la curva de la potencia demandada con el sistema de regulación de caudal mediante una válvula de estrangulamiento (Drive System 1) y la curva de la potencia demandada con el sistema de regulación de caudal mediante el variador de frecuencia citado (Drive System 2).

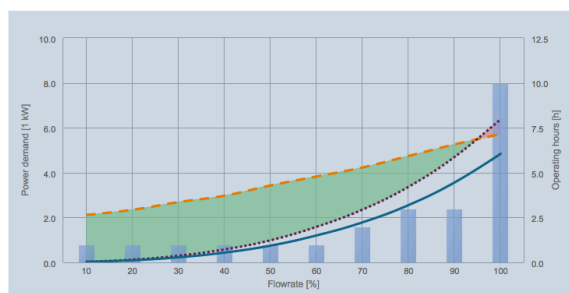


Figura 29.- Gráfica ahorros energéticos con la sustitución del actual sistema de regulación de caudal por un variador de frecuencia.



○ **Estudio de rentabilidad económica**

Los resultados técnico económicos se resumen en la siguiente tabla:

SISTEMA	CONSUMO ENERGÍA [kWh/año]	COSTES ENERGÍA [€/año]
Regulación caudal con válvula	8.421	1.131,37
Regulación caudal con variador	7.170	1.091,78

Ahorro

1.251 kWh/año

199,48€/año

Tabla 11.- Ahorros según costes y consumo de energía con un variador de frecuencia.

IDENTIFICACIÓN DE MEJORAS

Tras pedir un presupuesto al distribuidor de motores SIEMENS se acuerda un precio de 413,60€ (antes de impuestos) por el variador de frecuencia citado.

Con los ahorros mostrados el payback simple será de 2 años y 1 mes.

Haciendo un estudio de sensibilidad de la inversión en el que se valora la variación del precio de la electricidad durante los 10 primeros años de vida del variador y el IPC general en Zaragoza, se obtienen los siguientes resultados para el VAN y la TIR.

	REAL	PESIMISTA	OPTIMISTA
VAN	1.772,78	1.581,19	1.856,73
TIR	55%	51%	59%

Tabla 12.- VAN y TIR según la variación del IPC.

Con un Valor Actualizado Neto positivo, $VAN > 0$, y una Tasa Interna de Rentabilidad mayor que el IPC, $TIR > IPC$, podemos afirmar que inversión en el variador de velocidad SIMOTICS G 120 es económicamente rentable.

- **Instalación de un motor de calificación IE3 y de un variador de velocidad para la segunda etapa de osmosis**

Se supone un rendimiento para el motor actual de 81,7%. El motor propuesto es el modelo SIMOTICS GP 5,5kW de SIEMENS de calificación IE3 (eficiencia Premium según norma IEC60034-30) con un rendimiento de 89,5%. El variador de velocidad será un SINAMICS G 120 400V.

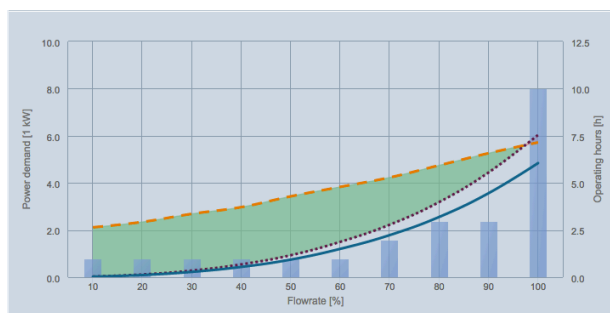


Figura 30.- Gráfica de ahorros energéticos con la sustitución del sistema de bombeo actual por uno formado por un motor de calificación IE3 y un variador de frecuencia.

Los resultados técnico económicos se resumen en la siguiente tabla:

SISTEMA	CONSUMO ENERGÍA [kWh/año]	COSTES ENERGÍA [€/año]
Motor IE1 con válvula	8.421	1.282,37
Motor IE3 con variador	6.775	1.020,57

Ahorro

1.646 kWh/año

262,46€/año

Tabla 13.- Ahorro según coste y consumo con la instalación del motor de 5,5kW y el variador de frecuencia.

Tras pedir un presupuesto al distribuidor de motores SIEMENS se acuerda un precio de 838,93€ (antes de impuestos) por el variador de frecuencia y el motor citados previamente.

El sistema tendrá un payback simple de 3 años y 2 meses.

Para este caso y con las consideraciones citadas en la propuesta anterior se tiene:

	REAL	PESIMISTA	OPTIMISTA
VAN	1.990,03	1.785,72	2.162,28
TIR	38%	35%	42%

Tabla 14.- VAN y TIR según la variación del IPC.

IDENTIFICACIÓN DE MEJORAS

Con un Valor Actualizado Neto positivo, $VAN > 0$ y una Tasa Interna de Rentabilidad mayor que el IPC, $TIR > IPC$, podemos afirmar que esta inversión es económicamente rentable.

Como el VAN de la presente propuesta es superior a la citada anteriormente, se recomienda realizar ésta, ya que ambas son excluyentes.

- **Instalación de un motor de calificación IE3 para la primera etapa de osmosis.**

Actualmente el bombeo de la primera etapa de osmosis se realiza con el motor descrito en el apartado 6.1.3. Pero dado el gran número de horas de funcionamiento se planteará su sustitución por uno de calificación IE3 con un 91,4% de rendimiento. Se tomará un rendimiento menor que el descrito en la placa de características por antigüedad, 84,6%.

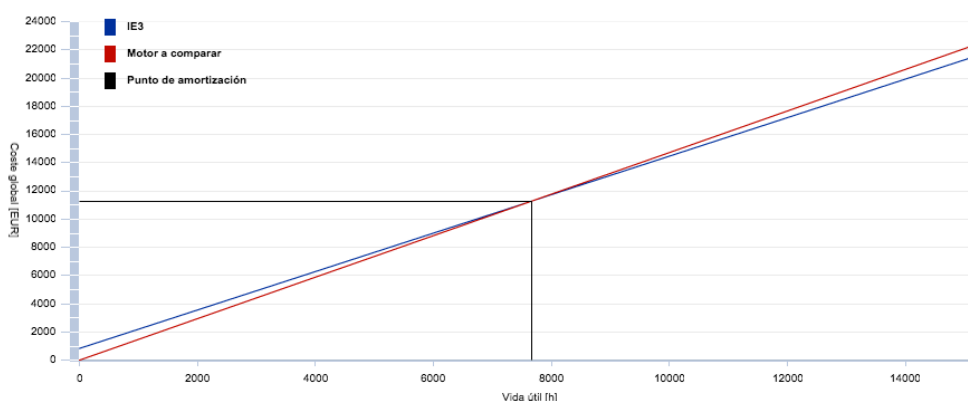


Figura 31.- Amortización motor 11kW de calificación IE3.

El estudio técnico económico se resume en la siguiente tabla:

SISTEMA	CONSUMO ENERGÍA [kWh/año]	COSTES ENERGÍA [€/año]
Motor IE1	39.007,09	5.937,37
Motor IE3	36.104,49	5.475,16
Ahorro	2.902,6 kWh/año	462,74 €/año

Tabla 15.- Ahorro según coste y consumo con el motor de 11kW de calificación IE3.

Tras pedir un presupuesto al distribuidor de motores SIEMENS se acuerda un precio de 918,13€ (antes de impuestos) por el motor SIMOTICS GP 11kW.

El payback simple de la inversión será de 1 año y 11 meses.

Para este caso y con las consideraciones citadas en la propuesta anterior se tiene:

	REAL	PESIMISTA	OPTIMISTA
VAN	4.056,36	3.709,28	4.346,48
TIR	57%	53%	61%

Tabla 16.- VAN y TIR según la variación del IPC.

Los valores del VAN y la TIR son ambos positivos, mostrando una alta rentabilidad en la inversión, por lo tanto es recomendable sustituir el motor actual por el motor SIMOTICS GP 11kW.

7.1.3 OTROS EQUIPOS

Tanto el equipo de Aire Comprimido como el Grupo de Frío son elementos relativamente nuevos y en buen estado por lo tanto la situación actual ya es de eficiencia energética.

En las Máquinas Inyectoras, el único potencial de ahorro que se puede encontrar se centra en desplazar sus horas de funcionamiento al período más barato de facturación eléctrica, ya que su consumo es aproximadamente un 60% de la energía total consumida. Al tratarse de un ahorro económico esta propuesta se analizará en detalle en el apartado 7.3.1 Optimización de la facturación energética.

7.2 SISTEMAS TÉRMICOS

7.2.1 CALDERA DE CALEFACCIÓN

- **Análisis de gases de combustión**

Para evaluar el rendimiento es necesario disponer de un analizador de gases de combustión que proporcione la concentración y temperatura de los gases a la salida.

	VALORES ADECUADOS	VALORES MEDIDOS
O ₂ máx. [%]	3,5	3
CO máx [ppm]	200	188
CO ₂ máx [%]	12,5	11
Temperatura de gases [°C]	230	220

Tabla 17.- Datos de gases de combustión.

Valorando las mediciones, se puede afirmar que la combustión en la caldera se está llevando a cabo en condiciones adecuadas.

- **Análisis termográfico**

Se ha realizado además una termografía con el fin de comprobar que el aislamiento térmico de la caldera es el correcto y no existen pérdidas de calor.

La termografía muestra una temperatura máxima en la superficie de la caldera de unos 50°C, por lo tanto la caldera en estudio está aceptablemente aislada y no se observan fugas.

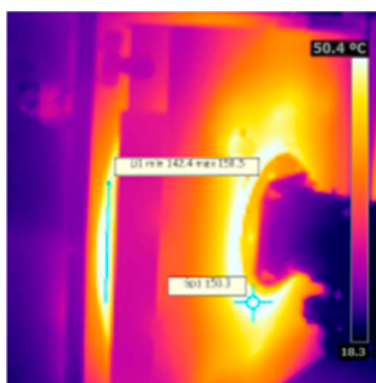


Figura 32.- Termografía caldera.

- **Mantenimiento**

Según el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, Instrucción Técnica IT 3.4.1 la caldera debería recibir un mantenimiento cada dos meses por tener una potencia mayor a 70kW y menor a 1.000kW. Sin embargo se le realiza un mantenimiento anual, por lo tanto se aconseja hacerlo con la frecuencia estipulada por la normativa.

7.3 OTROS

7.3.1 OPTIMIZACIÓN DE LA FACTURACIÓN ELÉCTRICA

Otras medidas que se pueden implementar en la empresa IBERIA AGUA S.L. son las relacionadas con la contratación de los servicios necesarios para el funcionamiento de los procesos.

Se han estudiado tres posibilidades de mejora detalladas en el Anexo V:

- **Optimización del contrato actual**

El estudio ha comprendido las siguientes fases:

- Introducción de facturas eléctricas:

Se registran en la herramienta Excel todos los datos de las facturas que comprenden el período de Diciembre de 2012 a Noviembre de 2013

Actualmente mantienen un contrato con ENDESA con la “Tarifa Ahora 3.0 A” y una potencia contratada de 83kW en cada uno de los periodos de facturación. El consumo anual es de 170.220kWh y el coste es de 31.078€/año.

Para mejorar el contrato actual se tratan los tres puntos siguientes:

- *Optimización de la Potencia Contratada*

Se analiza con los valores del maxímetro, si la potencia contratada a la compañía suministradora es la correcta y no está sobredimensionada o al contrario sea demasiado baja y provoque penalizaciones por exceso de potencia consumida.

- *Mejora de los Términos de Energía del Contrato*

El estudio valora a partir del número de períodos de discriminación horario, el precio actual del término de energía para cada período (€/kWh) y el término de potencia (€/kW mes), la acción de mejora recomendada.

- *Energía Reactiva*

La empresa ya tiene instalada una batería para compensar el consumo de energía reactiva.

- Resultado de las Actuaciones

Resulta ser que la única situación sensible de mejora es la optimización de la potencia contratada. Contratando una potencia de 94 kW reducirían el costo de las penalizaciones por exceso de potencia consumida. Los ahorros se muestra a continuación:

	COSTE ENERGÉTICO (€/año)	COSTE UNIDAD ENERGÉTICA (€/kWh)
SITUACIÓN INICIAL	31.078	0,183
SITUACIÓN DE OPTIMIZACIÓN	30.881	0,181
AHORROS TOTALES OBTENIDOS (%)	0,6	0,6
AHORRO	197	

Tabla 18.-Ahorros generados por la optimización del contrato de potencia actual.

El ahorro energético y económico total se situaría aproximadamente en el **0,6% anual**. Teniendo en cuenta que el cambio de la potencia contratada es insignificante, y que los contratos se firman por un período mínimo de un año, se recomendaría volver a realizar un estudio de la facturación eléctrica si se acometieran algunas de las medidas propuestas.

- **Desplazar las horas de mayor consumo a periodos de facturación más baratos**

El horario laboral de IBERIA AGUA es de 7:00 a 18.00. Durante los meses de invierno la jornada laboral no coincide con el Periodo Punta (el más caro), sin embargo se podría optimizar, adelantando el inicio de la jornada laboral pasando horas de consumo del Periodo 2 al Periodo 3.

Por el contrario durante el verano la jornada laboral coincide con las 4 horas punta, provocando un aumento en el precio de la factura.

Tomando como referencia un stand-by constante de 20kW y un consumo medio de 70kWh durante la jornada laboral (datos obtenidos del analizador de redes), se tiene un consumo semanal de 6.110 kWh, dividido en los tres periodos de facturación tal y como se muestra en la figura anterior, los consumos en cada periodo serían:

· P1: 560 kWh (9,17%) · P2: 3.930 kWh (64,32%) · P3: 1.620 kWh (26,51%)

Por lo tanto, siendo el consumo de Julio de 2013 de 16.494 kWh, y recurriendo a los porcentajes obtenidos, tendríamos los siguientes consumos referidos a la factura de 2013:

· P1: 1.512,5 kWh · P2: 10.608,94 kWh · P3: 4.372,56 kWh

En la siguiente tabla se muestra un resumen del posible ahorro, tomando como precio del kWh el correspondiente al mes de Julio de 2013 para ambos casos:

		HORARIO ACTUAL	HORARIO DESPLAZADO
ENERGÍA CONSUMIDA [kWh]	P1	4.206	1.512,5
	P2	9.201	10.608,94
	P3	3.087	4.372,56
PRECIO ENERGÍA [€]	P1	877,91	315,7
	P2	1.442,31	1663
	P3	286,27	405,5
TOTAL FACTURADO [€]		2.606,49	2.384,18
CON DESCUENTO 17%		2.163,39	1.978,87
AHORRO MENSUAL*		184,35	
AHORRO ANUAL		1.291,64	

Tabla 19.- Ahorro cambiando el horario de jornada laboral

(*) Correspondiente a los 7 meses de verano.

A dicho ahorro, se añadiría el debido a los excesos de potencia, ya que estos se tarificarían en periodos más baratos, por lo tanto, se propone un cambio de horario en la jornada laboral, contribuyendo éste a un ahorro superior a 1.291,64 €/año.

- **Cambio de compañía suministradora**

Con la intención de buscar una empresa suministradora que abastezca electricidad a unos precios más competentes, se analiza a través del comparador de ofertas de energía de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC), dando como resultado a la empresa Aura Energía como la más competente seguida por Nexus energía. En el Anexo V se explica y muestra en detalle los precios del término de potencia y energía de ambas compañías junto con la actual compañía suministradora Endesa y los términos de cada contrato. A partir de los datos de las facturas del año 2013 y con los precios actuales a 8 de agosto de 2014 y el método de facturación para cada una de las compañías, se ha contabilizado el gasto anual en cuanto a los términos de potencia y energía obteniendo los siguientes resultados orientativos:

IDENTIFICACIÓN DE MEJORAS

	ENDESA	AURA ENERGIA	AHORRO
COSTE DEBIDO A LA POTENCIA [€/año]	7.374,8	7.142,4	232,4
COSTE DEBIDO A LA ENERGIA [€/año]	17.925,52	15.887,91	2.037,61

TOTAL: 2270,01

Tabla 20.- Ahorro anual con cambio de compañía suministradora

Se propone cambiar de compañía suministradora, ya que la actual, vende el kWh a precios más elevados que sus competidoras. Por lo tanto, se aconseja ponerse en contacto con Aura Energía para conocer con más detalle sus tarifas y posibles ofertas.

7.3.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO

Una de las actuaciones a llevar a cabo para contribuir en una buena gestión de la demanda energética es el autoconsumo, es decir generar y consumir la energía en la propia empresa, disminuyendo así la dependencia energética de la misma. Si la empresa cuenta con sistemas de generación eléctrica, necesita comprar menos electricidad y contribuye al aplanamiento de la curva de la demanda. Por esto se estudia la siguiente propuesta de mejora detallada en el Anexo VI.

Tras un primer análisis, se encuentra a esta nave susceptible de poder autoabastecer parte de su consumo mediante un sistema de generación solar fotovoltaica. Principalmente por el periodo de trabajo, la orientación de la nave y superficie de la cubierta.

Se proponen tres opciones de diferentes tecnologías. De cada una de estas tecnologías se elige un modelo característico dentro del amplio mercado de módulos fotovoltaicos.

El estudio consta de las siguientes fases:

- Determinación de consumos de energía

A través de la información obtenida a partir de las facturas mensuales de un año y de los datos obtenidos por el analizador de redes puesto en cabecera (curva diaria de consumo), se parametrizan los consumos por hora según cada estación del año para posteriormente introducir los datos en el software PVsyst como "Necesidades de usuario".

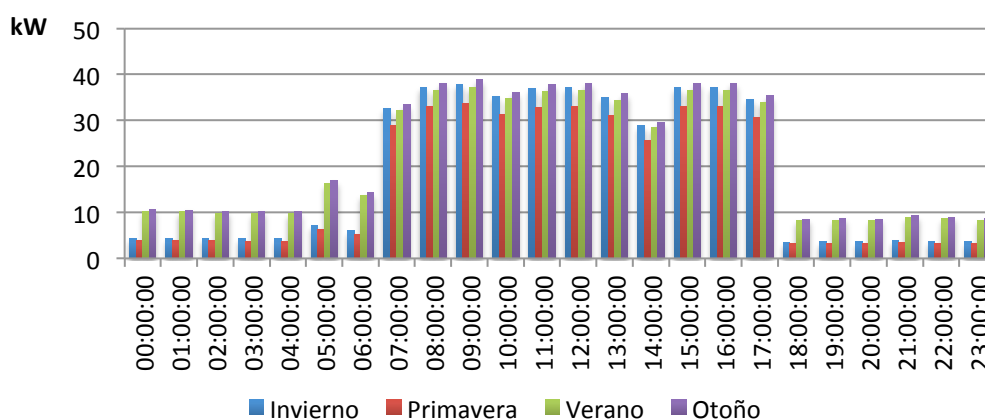


Figura 33.- Consumo medio energético por hora según la estación del año.

- Determinación de superficie disponible y replanteo de módulos en cubierta

Se analizarán tres tipos de módulos de diferente tecnología. Tras un estudio de la cubierta de la nave, orientación e inclinación, dimensiones de módulos, sombreado entre éstos y demás consideraciones ampliadas en el Anexo VI se obtienen la siguiente solución de replanteo, que tras dos posibilidades estudiadas, tiene mejores resultados.

IDENTIFICACIÓN DE MEJORAS

		Distancia entre bancadas [m]	Número total de módulos	Potencia Pico [kW]
Módulo	FIRST Solar	1170,36	315	56,7
	WURTH Solar	1170,36	540	37,8
	YINGLI Solar	1931	540	37,8

Tabla 21.- Resumen resultados de replanteo de módulos en cubierta.

○ Elección del inversor

La elección del inversor determinará la disposición de los módulos en strings. Su potencia ha de ser entre un 80 % y un 90 % de la potencia pico instalada. Además tiene que cumplir unas restricciones tanto de tensión máxima y mínima de entrada para realizar la distribución de los módulos en strings, como de intensidad para conocer el máximo número de strings en paralelo.

Se ha estudiado para cada una de las tres propuestas varios inversores que cumplan el rango de potencia y se ha obtenido para cada una el inversor que da mejores resultados.

Tras insertar los datos en el software PVsyst se han obtenido los resultados recogidos en la siguiente tabla.

	YINGLI SOLAR	FIRST SOLAR	WURTH SOLAR
Potencia instalada	56,7	37,8	37,8
Producción [MWh/año]	89,8	66,08	64,13
Producción específica [kWh/kWp/año]	1585	1748	1697
% de consumo respecto a la demanda total de la empresa	48,4	20,3	19,7
% de la energía que la instalación inyecta a la red exterior	7,23	4,84	4,71
% de la energía que la instalación inyecta a la red interior	92,65	95,19	95,29

Tabla 22.- Principales resultados de las simulaciones realizadas con PVsyst para cada una de las propuestas.

Valorando los datos obtenidos a partir de la simulación se elige la propuesta I, con los módulos de la marca YINGLI SOLAR, modelo YL180P-23b de 180 Wp dispuestos en 15 strings de 21 módulos cada uno y el inversor de la marca Zigor, modelo Sunzet 50KVA TL de 50 kWp.

Las siguientes imágenes muestran una simulación de cómo quedarían los módulos en cubierta y la sombra generada el 21 de Diciembre, solsticio de invierno, a las 9.00 horas. Como se ve no se producen sombreamientos ni entre los propios módulos ni en los lucernarios, permitiendo pasar toda la luz natural posible al interior de la nave.

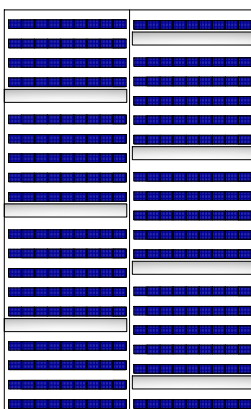


Figura 34.- Disposición de los módulos en cubierta.

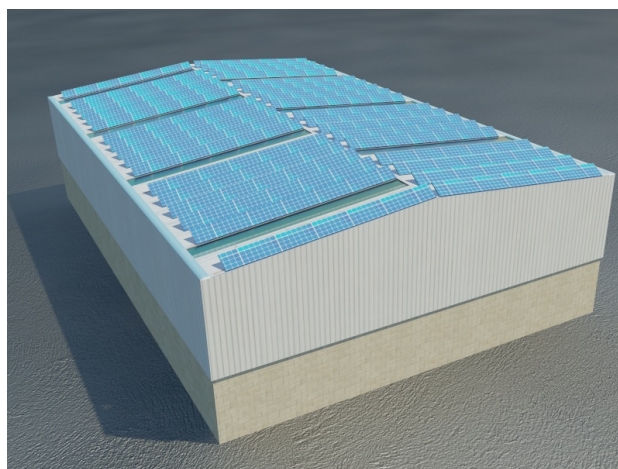


Figura 35.- Render vista de la cubierta el 21 de Diciembre a las 9.00 horas.

IDENTIFICACIÓN DE MEJORAS

Los principales resultados se muestran en la siguiente tabla:

	GlobHor kWh/m ²	T Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E Load MWh	E User MWh	E_Grid MWh
January	58.9	6.20	95.8	92.7	4.79	13.89	4.582	0.063
February	89.0	7.30	133.0	128.8	6.50	12.54	6.036	0.284
March	145.4	10.80	183.0	177.4	8.72	12.12	7.333	1.141
April	164.4	13.60	182.3	176.5	8.58	11.73	7.327	1.007
May	204.9	18.10	206.3	198.9	9.42	12.12	8.045	1.099
June	220.8	23.00	212.7	205.1	9.36	15.36	8.430	0.658
July	237.5	25.40	232.5	224.6	10.10	15.87	9.050	0.764
August	205.5	25.10	219.7	212.9	9.57	15.87	8.646	0.652
September	153.6	20.90	185.8	180.1	8.38	16.08	7.739	0.402
October	111.3	16.40	156.2	151.4	7.34	16.62	6.899	0.236
November	67.8	10.10	107.4	104.1	5.25	16.08	4.928	0.160
December	52.1	6.60	89.9	86.9	4.51	13.89	4.309	0.067
Year	1711.2	15.34	2004.5	1939.3	92.52	172.17	83.324	6.533

Legends: GlobHor Horizontal global irradiation EArray Effective energy at the output of the array
T Amb Ambient Temperature E Load Energy need of the user (Load)
GlobInc Global incident in coll. plane E User Energy supplied to the user
GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings E_Grid Energy injected into grid

Figura 36.- Resultados simulación de la propuesta I.

○ Cálculo del cableado

Existen tres criterios a tener en cuenta tres criterios

- *Tensión de aislamiento o tensión asignada (V)* por encima de la cual el cable pierde sus propiedades dieléctricas.
- *Corriente admisible permanente (A)*, la cual no se debe sobrepasar, pues provocaría sobrecalentamientos que perjudicarían los materiales aislantes del cable.
- *Caída de tensión* máxima que puede aparecer entre conexiones y que determinará la sección del cable. Tanto en la parte CC como en la AC, la caída de tensión debe ser menor al 1,5%. Además habrá que tener en cuenta la Intensidad máxima que pasaría por cada tramo al seleccionar el cable.

Los cables serán recorridos por la intensidad indicada y tendrán la sección y longitud siguientes:

TRAMO		I máxima [A]	Longitud [m]	Sección [mm ²]
CORRIENTE CONTINUA	Módulos a cajas nivel 1	10,375	60	1,5
	Cajas nivel 1 a Caja nivel 2	51,875	34	16
	Caja nivel 2 a inversor	155,625	30	95
CORRIENTE ALTERNA	Inversor a acometida	72,17	50	25

Tabla 23.- Dimensiones de los cables en cada tramo.

○ *Estudio de rentabilidad económica*

Con el diseño de la instalación propuesto, la nave abastecería prácticamente el 50%.

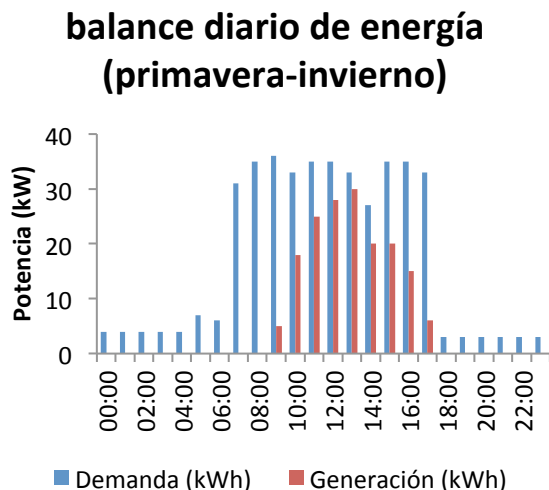


Figura 37.- Media del balance diario de la energía producida y consumida durante los periodos de primavera e invierno.

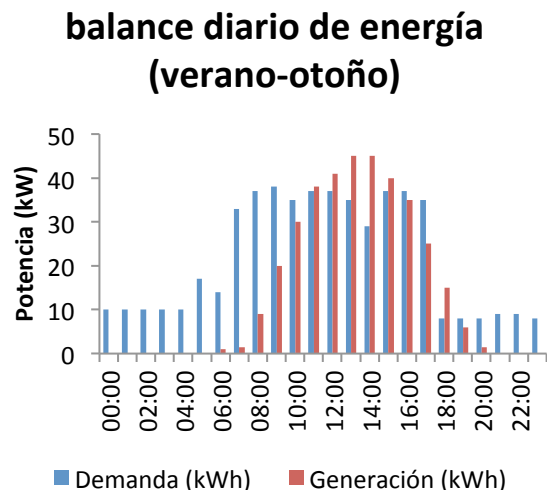


Figura 38.- Media del balance diario de la energía producida y consumida durante los periodos de verano y otoño.

Se ha estimado a partir de los costes de los módulos, inversor y demás elementos de la instalación un coste de 1.800€ por kW instalado.

Para financiarlo se propone pedir un préstamo de cuotas constantes a 10 años, cuya TAE será de aproximadamente el 6,104% según informes del ICO. Dicho préstamo se amortizaría con el pago de cuotas mensuales de 1.128,48 €.

Considerando coste por consumo de electricidad de la red eléctrica, coste del peaje de respaldo y peaje de acceso e impuestos sobre la energía, la inversión generaría unos ahorros anuales en las facturas eléctricas de 13.469,89 €, que variarán dependiendo de la Tasa de Inflación.

	REAL	PESIMISTA	OPTIMISTA
VAN	275.520,16 €	99.406,04 €	444.858,42 €
TIR	11%	4%	17%

Tabla 24.- VAN y TIR según variación del IPC

En todas las situaciones el VAN es positivo y por tanto la TIR > IPC, por lo que se recomienda realizar la inversión.

En el Anexo VI del presente se adjuntan todos los cálculos realizados para el diseño del sistema fotovoltaico, así como las simulaciones del PVsyst, planos, estudio de rentabilidad y demás información necesaria.

TABLA RESUMEN DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS

8 TABLA RESUMEN DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS

MEDIDA PROPUESTA (*)	INVERSIÓN [€]	AHORRO EN ENERGÍA ELÉCTRICA [kWh/año]	AHORRO ENERGÍA FINAL [toe/año]	AHORRO ENERGÍA PRIMARIA [toe/año]	AHORRO ESTIMADO [%]	AHORRO EMISIONES CO2 ANUALES [t/año]	AHORRO ANUAL ESTIMADO [€/año]	PERIODO DE RETORNO [AÑOS]	VAN [€]	TIR [€]
ILUMINACIÓN										
CAMBIO TECNOLOGÍA A LED	3.758,40	2.724	0,234	0,527	48	1,199	402,62	9,33	9.740,03 €	14%
MOTORES										
VARIADOR SINAMICS V20	413,60	1.251	0,108	0,242	28	0,550	199,48	2,07	1.772,78 €	55%
MOTOR SIEMENS 11kW IE3	918,13	2.902	0,250	0,561	8	1,277	462,7411968	1,98	4.056,36 €	57%
MOTOR SIEMENS 5,5kW IE3 + VARIADOR SINAMICS V20	838,93	1.646	0,142	0,318	30	0,724	262,46	3,20	1.990,03 €	38%
OPTIMIZACIÓN DE LAS FACTURAS ELÉCTRICAS										
MEJORA DEL CONTRATO ELÉCTRICO	-	-	-	-	0.6	-	197	-	-	-
CAMBIO DE SUMINISTRADOR	-	-	-	-	7.3	-	2.270,01	-	-	-
DESPLAZAMIENTO DE LA JORNADA LABORAL	-	-	-	-	4.2	-	1.291,64	-	-	-

TABLA RESUMEN DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS

SISTEMA FOTOVOLTAICO										
INSTALACIÓN SISTEMA FOTOVOLTAICO	101.924	84000	7,223	16,251	36	36,960	13.571,81	10	275.520,16 €	11%

Tabla 25.- Resumen técnico económico de las medidas propuestas.

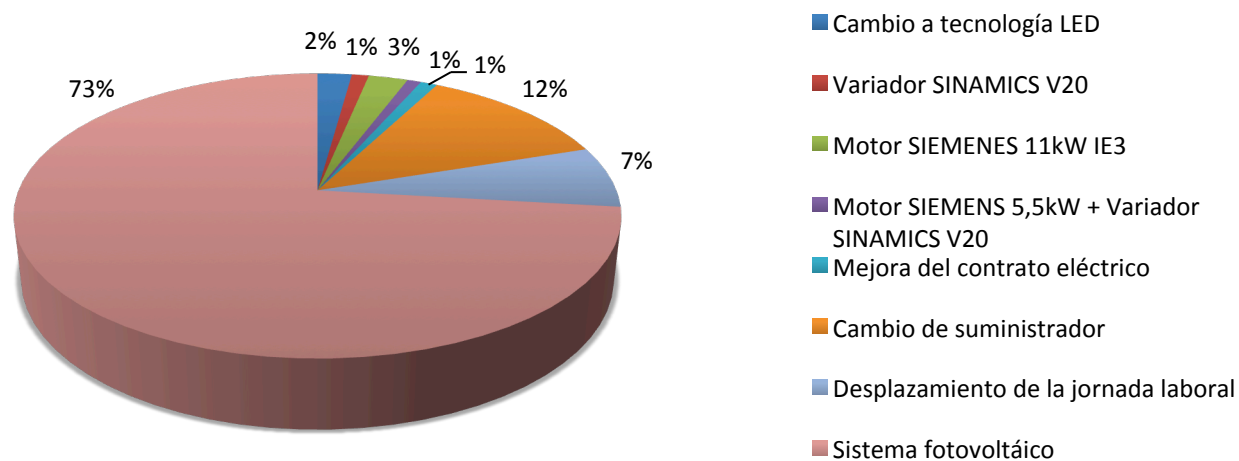


Figura 39.- Porcentaje de ahorro por propuesta respecto al total.

CONCLUSIONES

9 CONCLUSIONES

A partir del trabajo realizado para este proyecto, se puede ver como la reducción de la intensidad energética es un objetivo de gran importancia para cualquier industria, ya que mejora la competitividad de sus procesos productivos y reduce tanto las emisiones como la factura energética.

En IBERIA AGUA S.L. se ha estado haciendo un uso irracional de la energía, consumiendo más energía de la que sería precisa. Como hemos visto, esto no solo provoca gastos innecesarios a los propietarios de las instalaciones, sino que también produce una mayor cantidad de gases de efecto invernadero.

En este proyecto se han descrito las opciones de mejora en la eficiencia energética y se ha propuesto una instalación de energía alternativa, el sistema de generación fotovoltaico. Se ha comprobado que es posible ahorrar energía en la mayoría de los sistemas de una forma no excesivamente costosa y que además este ahorro de energía supone un ahorro económico ya que en la mayoría de casos el ahorro supera a los costes en un plazo de amortización no muy amplio.

Sin embargo, cabe mencionar que al analizar cada una de las medidas propuestas se puede ver como habiendo hecho un estudio de este calibre anteriormente, podrían haber tenido mayores ahorros económicos, e inversiones realizadas podrían haber sido menores. Tal es el caso de la batería de condensadores instalada para compensar la energía reactiva, ya que con la instalación del variador de frecuencia en la segunda etapa de osmosis, ésta podría haber sido menor.

De la misma forma, existen algunas medidas propuestas, que provocarían cambios en el consumo, por lo que algunas medidas deberían revisarse de nuevo. Por ejemplo una vez entregado el informe a IBERIA AGUA S.L., los propietarios han decidido cambiar todas las luminarias de la nave por luminarias con tecnología LED y sustituir los motores actuales por otros de calificación IE3 además de instalar el variador de frecuencia en la segunda etapa de osmosis. Estos cambios implican una disminución en la energía consumida y por tanto en la potencia que deberían contratar. Además si en un futuro decidiesen instalar el sistema generador fotovoltaico, éste debería redimensionarse para adaptarlo a los nuevos consumos .

Por ello se concluye puntualizando la gran importancia no solo de la realización de auditorías energéticas, sino de la rigurosidad con la que hay que realizar éstas y del seguimiento de las medidas implantadas para asegurar sus correctas repercusiones y certificar y/o replantear la posterior viabilidad de las demás propuestas.

BIBLIOGRAFÍA

10 BIBLIOGRAFÍA

- ARANDA, A., BARRIO, F., ZABALZA, I., DÍAZ, S. *Técnicas para la elaboración de auditorías energéticas en el sector industrial*, ISBN978-84-92521-12-8 Pressas Universitarias de Zaragoza, 2010.
- BAYOD, A. *Sistemas fotovoltaicos*, 978-8492521-94-4 Pressas Universitarias de Zaragoza, 2009.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA): Plan de acción de ahorro y eficiencia energética en la industria.
<http://www.idae.es/index.php/idpag.20/reلمenu.337/mod.pags/mem.detalle>
- DIRECTIVA 2012/27/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 25 de octubre de 2012 relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE:
<http://www.boe.es/doue/2012/315/L00001-00056.pdf>
- Orden IET/1491/2013, de 1 de agosto, por la que se revisan los peajes de acceso de energía eléctrica para su aplicación a partir de agosto de 2013 y por la que se revisan determinadas tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial para el segundo trimestre de 2013:
https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2013-8561
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios: <http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-15820>
- European Comission:
Intelligent Energy Europe IEE: http://ec.europa.eu/energy/intelligent/index_en.htm
Eurostat: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>
- MINISTERIO DE INDUSTRIA ENERGÍA Y TURISMO: Legislación Nacional - REBT - Guía Técnica de aplicación al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión:
ITC-BT-19: Reglamento electrotécnico de baja tensión.
ITC-BT-21: Tubos y canales protectoras.
ITC-BT 40: Instalaciones generadoras de baja tensión.
ITC-BT-13: Cajas generales de protección.

http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/rebt_guia.aspx
- CODIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN EN AHORRO ENERGÉTICO - Eficiencia energética en instalaciones de iluminación (CTE-HE3):
http://www.codigotecnico.org/cte/export/sites/default/web/galerias/archivos/documentosCTE/DB_HE/DBHE-2013-11-08.pdf
- UNE-EN 12464-1:2012: Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores: Catálogo de normas UNE.

BIBLIOGRAFÍA

-Características y calificación motores SIEMENS:

<http://www.industry.siemens.com/drives/global/en/motor/low-voltage-motor/iec-motors/pages/iec-motors.aspx>

- IEC60034-30: Clasificación de motores según su eficiencia:

[http://www05.abb.com/global/scot/scot234.nsf/veritydisplay/1018a82e36b29462c1257d41002b3470/\\$file/TM025%20EN%2008-2014%20IEC60034-30-1_lowres.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot234.nsf/veritydisplay/1018a82e36b29462c1257d41002b3470/$file/TM025%20EN%2008-2014%20IEC60034-30-1_lowres.pdf)

- Software SINASAVE de SIEMENS: <http://www.automation.siemens.com/sinasave>

- Metodología para la realización de una auditoría energética:

<http://www.solingesa.com/soluciones/ingenieria-ambiental/eficiencia-energetica/metodologia-para-la-realizacion-de-auditorias-energeticas-segun-une-216501.html#metodologia>

- Temperatura del terreno:

<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/eficienciaenergetica/rite/reconocidos/reconocidos/condicionesclimaticas.pdf>

- Software: PVGIS: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

- Tarifa eléctrica, parámetros de suministro eléctrico de tarifa de acceso 3.0A:

<http://www.stsproyectos.com/descargas/tarifa-electrica-30a.html>

- UNE-EN 16247: 2012 Auditorías energéticas. Parte 1: Requisitos generales: Catálogo de normas UNE.

- UNE 216501:2009 sobre requisitos de las auditorías energéticas: Catálogo de normas UNE.

- UNE-EN60617 Símbolos gráficos para esquemas. Parte 2: Elementos de símbolos, símbolos distintivos y otros símbolos de aplicación general: Catálogo de normas UNE.

- RD 1110/2007, de 24 de Agosto por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico; y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

estándares de Calidad ISO 9.001: http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2007-16478

- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE); Instrucción Técnica IT 3.4.1 sobre la “Evaluación periódica del rendimiento de los equipos generadores de calor”:

<http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-15820>

- UNE 211435:2011: Guía para la elección de cables eléctricos de tensión asignada superior o igual a 0,6/1 kV para circuitos de distribución de energía eléctrica: Catálogo de normas UNE.

- IET/1491/2013 Propuesta Real Decreto de 18 de Julio de 2013 por la que se establece la regulación de las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo:

<http://www.boe.es/boe/dias/2013/08/03/pdfs/BOE-A-2013-8561.pdf>

BIBLIOGRAFÍA

- Ley 38/1992, título I, art.64, de 28 de diciembre, sobre impuestos especiales de electricidad:
https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1992-28741
- Módulos fotovoltaicos Yingli Solar: <http://www.yinglisolar.com/en/>
- Inversor Zigor Sunzet:
http://www.zigor.com/eu/index.php?option=com_content&view=article&id=165:sunzetsp&catid=11:novedades&Itemid=33&lang=en
- PHILIPS (LED): <http://www.lighting.philips.es/lightcommunity/trends/led/>
- Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC):
<http://comparadorofertasenergia.cnmc.es/comparador/index.cfm?js=1&e=N>
- Instituto de Crédito Oficial (ICO): <http://www.ico.es/web/ico/home>

11 ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Resumen de las actividades y visitas	7
Tabla 2.- Consumo de gasóleo por equipo.....	9
Tabla 3.- Consumo eléctrico por equipos.....	9
Tabla 4.- Inventario de luminarias.....	11
Tabla 5.- Inventario motores eléctricos.	12
Tabla 6.- Resumen resultados simulación de la situación actual	15
Tabla 7.- Resumen resultados simulación con sustitución de fluorescentes por LED.....	16
Tabla 8.- Resumen amortización de la inversión en luminaria LED	16
Tabla 9.- VAN y TIR según la variación del IPC.	16
Tabla 10.- Resumen resultados simulación modificando altura de la situación actual.....	17
Tabla 11.- Ahorros según costes y consumo de energía con un variador de frecuencia.	18
Tabla 12.- VAN y TIR según la variación del IPC.	19
Tabla 13.- Ahorro según coste y consumo con la instalación del motor de 5,5kW y el variador de frecuencia.....	19
Tabla 14.- VAN y TIR según la variación del IPC.	19
Tabla 15.- Ahorro según coste y consumo con el motor de 11kW de calificación IE3.....	20
Tabla 16.- VAN y TIR según la variación del IPC.	20
Tabla 17.- Datos de gases de combustión.....	21
Tabla 18.-Ahorros generados por la optimización del contrato de potencia actual.	22
Tabla 19.- Ahorro cambiando el horario de jornada laboral.....	23
Tabla 20.- Ahorro anual con cambio de compañía suministradora	24
Tabla 21.- Resumen resultados de replanteo de módulos en cubierta.	25
Tabla 22.- Principales resultados de las simulaciones realizadas con PVsyst para cada una de las propuestas.	25
Tabla 23.- Dimensiones de los cables en cada tramo.	26
Tabla 24.- VAN y TIR según variación del IPC	27

12 ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Resumen de los trabajos realizados.....	8
Figura 2.- Consumo real, máximo y ajustado total	9
Figura 3.- Consumo real y ajustado por equipo	9
Figura 4.- Distribución de la potencia instalada por tipo de energía	10
Figura 5.- Distribución de la potencia instalada por tipología de equipo	10
Figura 6.- Distribución del consumo energético por tipo de energía.....	10
Figura 7.- Distribución del consumo energético por tipología de equipo	10
Figura 8.- Distribución de la potencia instalada por equipos eléctricos.....	10
Figura 9.- Distribución del consumo energético por equipos eléctricos	10
Figura 10.- Plano de distribución de luminarias y lucernarios en la nave.	11
Figura 11.- Lucernarios, fluorescentes y pantalla de vapor de mercurio	12
Figura 12.- Lucernarios y tubos fluorescentes.	12
Figura 13.- Compresor de tornillo 15 CV	12
Figura 14.- Compresor de tornillo 15CV.....	12
Figura 15.- Motor 1ª etapa de Osmosis	13
Figura 16.- Motor 2ª etapa de Osmosis.	13
Figura 17.- Desmineralización.	13
Figura 18.- Máquina inyectora envases de 1 litro	13
Figura 19.- Máquina inyectora envases 5 litros	13
Figura 20.- Grupo de frío.....	14
Figura 21.- Grupo de frío.....	14
Figura 22.- Caldera de gasoil de 93kW	14
Figura 23.- Gráfico calor recuperado por equipo auxiliar.	14
Figura 24.- Simulación con isolíneas y luminarias en la situación actual.	15
Figura 25.- Simulación con isolíneas y luminarias en la situación de mejora propuesta	16
Figura 26.- Simulación con luminarias actuales dispuestas a 5m de altura.	17
Figura 27: Evolución del consumo diario de energía total y del consumo diario de energía en la inyectora	17
Figura 28: Evolución del consumo de energía activa de las bombas de osmosis.....	18

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 29.- Gráfica ahorros energéticos con la sustitución del actual sistema de regulación de caudal por un variador de frecuencia.	18
Figura 30.- Gráfica de ahorros energéticos con la sustitución del sistema de bombeo actual por uno formado por un motor de calificación IE3 y un variador de frecuencia.....	19
Figura 31.- Amortización motor 11kW de calificación IE3.	20
Figura 32.- Termografía caldera.	21
Figura 33.- Consumo medio energético por hora según la estación del año.....	24
Figura 34.- Disposición de los módulos en cubierta.....	25
Figura 35.- Render vista de la cubierta el 21 de Diciembre a las 9.00 horas.....	25
Figura 36.- Resultados simulación de la propuesta I.....	26
Figura 37.- Media del balance diario de la energía producida y consumida durante los periodos de primavera e invierno.	27
Figura 38.- Media del balance diario de la energía producida y consumida durante los periodos de verano y otoño.	27
Figura 39.- Porcentaje de ahorro por propuesta respecto al total.	29