



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
ESCUELA POLITÉCNICA DE MINAS Y
ENERGÍA



Trabajo de fin de Grado

AUDITORÍA ENERGÉTICA EN LAS DEPENDENCIAS DE FAED, PLANTA DE EUROFUCAN

Energy audit in the dependencies of FAED, EUROFUCAN plant

Para acceder al título de:

Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos

Autor: Zulema Belmonte Fernández

Director: Juan Carcedo Haya

Convocatoria: abril 2022

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría, en primer lugar, agradecer a la gente de FAED por su completa disposición y ayuda a la hora de realizar este trabajo. También a mi tutor en este proyecto Juan Carcedo y al resto de profesores que me han ayudado en su realización.

Este trabajo es el último paso del camino que ha sido mi experiencia universitaria, por este último paso y por todos los anteriores quiero dar las gracias a todos los profesionales de la UC, a todos esos desconocidos que durante este camino se han convertido en amigos y, sobre todo, a mi familia: gracias por vuestra ayuda y apoyo en toda mi vida hasta este momento, gracias de antemano por lo que este por llegar, y gracias por darme la seguridad de que estaréis allí conmigo.

RESUMEN

Actualmente nos encontramos sumidos en una de las mayores crisis energéticas de la historia, una situación a la que se ha llegado en primer lugar por la pandemia provocada por la COVID-19, y la rápida recuperación por la que se está luchando, y más actualmente por el conflicto bélico sucedido en Ucrania.

Esta grave situación ha provocado que el precio de la electricidad alcance máximos históricos que en ocasiones han superado en un 600% los precios del año anterior. Esto afecta gravemente al sector industrial (grandes consumidores eléctricos) para los que algunos la producción no es rentable.

En el presente trabajo se realiza una auditoria energética a un edificio destinado a la producción industrial, proveyendo con este estudio una información que ayudará a la misma a ser más eficiente a nivel energético, a la vez que cumple con los requisitos medioambientales.

Las áreas para tratar en este trabajo van desde el sistema productivo, la iluminación, y la instalación de paneles fotovoltaicos hasta el análisis de la propia facturación eléctrica de la empresa. Para realizarlo se han usado datos suministrados por la empresa, toma de medidas in situ y estimaciones basadas en información previa para situaciones similares.

Así mismo, la realización de este trabajo nos lleva a la de gran utilidad que tiene una auditoria energética para cualquier empresa, siendo la eficiencia energética un factor clave para que cualquier gran consumidor de electricidad sea competitivo en el mercado.

Palabras clave

Auditoría, energía, electricidad, eficiencia, fotovoltaica, iluminación, facturación, consumo.

ABSTRACT

We are currently mired in one of the biggest energy crises in history, a situation that has been reached in the first place by the pandemic caused by COVID-19, and the rapid recovery that is being fought for, and currently due to the war conflict that occurred in Ukraine.

This serious situation has caused the price of electricity to reach historic highs that have sometimes exceeded the prices of the previous year by 600%. This has a great impact in the industrial sector (large electricity consumers) for which some, keeping the production is not profitable.

In the present work, an energy audit is carried out on a building destined for industrial production, providing with this study information that will help it to be more efficient at an energy level, while complying with environmental requirements.

The areas to deal with in this work range from the production system, lighting, and the installation of photovoltaic panels to the analysis of the company's own electricity billing. To do this, data provided by the company, taking measurements in situ and estimates based on previous information for similar situations have been used.

Likewise, the realization of this work leads us to the great utility of an energy audit for any company, at a time when energy efficiency is a key factor for any large consumer of electricity to be competitive in the market.

Keywords

Audit, energy, electricity, efficiency, photovoltaic, lighting, billing, consumption.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	INTRODUCCIÓN A LAS AUDITORÍAS ENERGÉTICAS	1
1.2.	SITUACIÓN ENERGÉTICA	1
1.2.1.	Situación energética global	1
1.2.2.	Situación energética nacional.....	2
1.3.	PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA	4
1.3.1.	FAED.....	4
1.3.2.	EUROFUCAN	5
2.	OBJETO Y ALCANCE	7
2.1.	OBJETO DE LA AUDITORÍA	7
2.2.	ALCANCE DE LA AUDITORÍA.....	7
3.	ESTADO DEL ARTE	8
3.1.	ESTUDIO TEÓRICO.....	8
3.1.1.	Auditorías energéticas.....	8
3.2.	NORMATIVA.....	13
3.2.1.	Real Decreto 56/2016.....	13
3.2.2.	UNE EN 1247:2012	16
3.3.	METODOLOGÍA	17
3.3.1.	Generalidades.....	18
3.3.2.	Estado de las instalaciones	18
3.3.3.	Análisis de los suministros energéticos.....	18
3.3.4.	Análisis de los procesos de producción.....	19
3.3.5.	Análisis de las tecnologías horizontales y servicios.....	19
3.3.6.	Medición y recogida de datos	20
3.3.7.	Realización de una contabilidad energética.....	20
3.3.8.	Análisis de propuestas de mejora	21
3.3.9.	Desarrollo de mejoras	21
3.3.10.	Concatenación de mejoras	22
3.3.11.	Recomendaciones y buenas practicas.....	22
4.	CARACTERIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES Y EQUIPOS.....	23
4.1.	PROCESO PRODUCTIVO DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL	23
4.1.1.	Sector del establecimiento industrial.....	23

4.1.2.	Proceso productivo.....	24
4.2.	SUMINISTRO ELÉCTRICO GENERAL.....	29
4.2.1.	Esquema de alimentación de la planta	30
4.2.2.	Curvas de carga, general de la planta	30
4.3.	INSTALACIONES.....	33
4.3.1.	Hornos de Tratamiento	33
4.3.2.	Granalladoras	34
4.3.3.	Cabinas de acabado	35
4.3.4.	Aspiración de las cabinas.....	36
4.3.5.	Aspiración cabinas arco-aire.....	36
4.4.	CONCLUSIONES.....	38
5.	ILUMINACIÓN	39
5.1.	ILUMINACIÓN ACTUAL.....	39
5.2.	PROPUESTA DE MEJORA: CAMBIO A TECNOLOGÍA LED.....	42
5.2.1.	Estudio económico	43
5.3.	PROPUESTA DE MEJORA: INSTALAR CONTROL AUTOMÁTICO DE ILUMINACIÓN.....	45
5.3.1.	Regulación DALI	46
6.	ANÁLISIS DE FACTURACIÓN ELÉCTRICA	50
6.1.	FACTURACIÓN PREVIA A JUNIO 2021	50
6.1.1.	6 periodos.....	51
6.1.2.	Indexada al pool	51
6.2.	FACTURACIÓN DESPUÉS DE JUNIO 2021	52
6.2.1.	Horarios de la tarifa 6.XTD	52
6.2.2.	Facturación	54
6.3.	ANÁLISIS DE CONSUMO Y GASTO	54
6.3.1.	Reparto del consumo eléctrico por periodos de facturación	56
6.3.2.	Reparto de consumo de energía reactiva por periodos de facturación ..	58
6.4.	PROPUESTAS DE MEJORA: OPTIMIZACION DE POTENCIA.....	60
6.4.1.	Ajustar potencia contratada.....	61
7.	INSTALACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS.....	66
7.1.	ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	66
7.1.1.	Fundamentos.....	66
7.1.2.	Radiación solar.....	67

7.1.3. Ventajas e inconvenientes.....	67
7.2. INSTALACIÓN	68
7.2.1. Parámetros técnicos	68
7.2.2. Valoración económica	71
8. RESULTADOS Y CONCLUSIONES	79
9. BIBLIOGRAFÍA	80

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.1 Comparación de los precios de la luz entre los años 2020 y 2021. Fuente: <i>Europa Press</i>	3
Gráfica 1.2 Evolución de los precios de los derechos de emisión de CO ₂ . Fuente: <i>Elaboración propia</i> . Datos: <i>SendeCO₂</i>	4
Gráfica 4.1 Curva de carga de Alta Tensión para el mes de octubre de 2018. Fuente: <i>FAED</i>	31
Gráfica 4.2 Curva de carga de 24h superpuestos varios días. Fuente: <i>FAED</i>	31
Gráfica 4.3 Curva de carga en Baja Tensión para mes de octubre de 2018. Fuente: <i>FAED</i>	32
Gráfica 4.4 Curva de carga del Horno 2. Fuente: <i>FAED</i>	34
Gráfica 4.5 Curva de carga del Horno 5. Fuente: <i>FAED</i>	34
Gráfica 4.6 Curva de carga de granalladora pequeña. Fuente: <i>FAED</i>	35
Gráfica 4.7 Curva de carga de la aspiración del arco aire. Potencia activa. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	37
Gráfica 4.8 Curva de carga de la aspiración del arco aire. Potencia reactiva. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	37
Gráfica 5.1 Potencia instalada por tipologías en la iluminación de EUROFUCAN. Fuente: <i>Elaboración propia</i> . Datos: <i>FAED</i>	42
Gráfica 6.1 Consumo de energía eléctrica. Fuente: <i>Elaboración propia</i> . Datos: <i>FAED</i> .	55
Gráfica 6.2 Gasto total en energía eléctrica. Fuente: <i>Elaboración propia</i> . Datos: <i>FAED</i>	55
Gráfica 6.3 Gastos totales en energía eléctrica, mostrando excesos de potencia. Fuente: <i>Elaboración propia</i> . Datos: <i>FAED</i>	56
Gráfica 6.4 Consumo eléctrico de cada periodo en kWh. Año 2020. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	57
Gráfica 6.5 Consumo de reactiva de cada periodo (kVArh). Año 2020. Fuente: <i>Elaboración propia</i> . Datos: <i>FAED</i>	59
Gráfica 7.1 Irradiación solar en la zona de la planta. Fuente: <i>Adrased</i>	68
Gráfica 7.2 Irradiancia solar y repartición de los periodos de facturación para un día tipo de enero. Fuente: <i>Adrased</i>	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Esquema de reparto de la alimentación eléctrica de la planta. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	30
Tabla 4.2 Resumen de la propuesta de mejora. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	36
Tabla 5.1 Inventario de iluminación interior en EUROFUCAN. Fuente: <i>Elaboración propia</i> . Datos: <i>FAED</i>	41
Tabla 5.2 Cuadro de rentabilidad para proyecto de cambio de iluminación en Cuarto cuadro. Fuente: <i>Elaboración propia</i> . Datos: <i>FAED; Leroy Merlin</i>	44
Tabla 5.3 Cuadro de rentabilidad para proyecto de cambio de iluminación en Nave. Fuente: <i>Elaboración propia</i> . Datos: <i>FAED; Greenice</i>	44
Tabla 5.4 Cuadro de rentabilidad para proyecto de cambio de iluminación en Laterales nave. Fuente: <i>Elaboración propia</i> . Datos: <i>FAED; Greenice</i>	44
Tabla 5.5 Cuadro de rentabilidad para proyecto de cambio de iluminación en Centro nave. Fuente: <i>Elaboración propia</i> . Datos: <i>FAED; EfectoLED</i>	45
Tabla 5.6 Resumen de la propuesta. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	45
Tabla 5.7 Cuadro de rentabilidad económica para instalación de sistema de regulación DALI. Fuente: <i>Elaboración propia</i> . Datos: <i>Greenice; Comparador de precios</i>	49
Tabla 6.1 Detalles del contrato de suministro eléctrico. Febrero 2021. Fuente: <i>Elaboración propia</i> . Datos: <i>FAED</i>	50
Tabla 6.2 Detalles del contrato de comercialización eléctrica. Febrero 2021. Fuente: <i>Elaboración propia</i> . Datos: <i>FAED</i>	51
Tabla 6.3 Tarifas 6.X. Fuente: <i>Elaboración propia</i> . Datos: <i>Comparadorluz</i>	51
Tabla 6.4 Tarifas 6.XTD. Fuente: <i>Elaboración propia</i> . Datos: <i>Comparadorluz</i>	52
Tabla 6.5 Temporadas eléctricas. Península. Fuente: <i>Elaboración propia</i> . Datos: <i>Goiner</i>	53
Tabla 6.6 Tipos de día. Fuente: <i>Elaboración propia</i> . Datos: <i>Goiner</i>	53
Tabla 6.7 Resumen del consumo de electricidad. Fuente: <i>Elaboración propia</i> . Datos: <i>FAED</i>	54
Tabla 6.8 Reparto de consumo por periodos. Año 2020. Fuente: <i>Elaboración propia</i> . Datos: <i>FAED</i>	57
Tabla 6.9 Reparto de consumo de energía reactiva. Año 2020. Fuente: <i>Elaboración propia</i> . Datos: <i>FAED</i>	58
Tabla 6.10 Reparto de consumo de energía reactiva por periodo y año. Fuente: <i>Elaboración propia</i> . Datos: <i>FAED</i>	58
Tabla 6.11 Potencias contratadas para cada uno de los periodos. Fuente: <i>Elaboración propia</i> . Datos: <i>FAED</i>	60

Tabla 6.12 Reparto de exceso de potencias consumida en kW. Fuente: <i>Elaboración propia</i> . Datos: <i>FAED</i>	61
Tabla 6.13 Parámetros de precio de consumo de potencia, y excesos. Fuente: <i>Elaboración propia</i> . Datos: <i>FAED</i>	62
Tabla 6.14 Estimación de gastos por consumo de potencia. Año 2022. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	63
Tabla 6.15 Contrato de 800 kW para distintos periodos. Fuente: <i>Elaboración propia</i> .	63
Tabla 6.16 Estimación de gastos para 2022, según potencia contratada en los periodos 5 y 6. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	64
Tabla 6.17 Comparativa de gastos aplicando actualización de potencia. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	65
Tabla 7.1 Valores de irradiación solar en la zona de la planta. Fuente: <i>Adrased</i>	69
Tabla 7.2 Valores del factor K para Latitud: 43º. Fuente: <i>Idae</i>	69
Tabla 7.3 Datos de la instalación de paneles fotovoltaicos. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	71
Tabla 7.4 Resumen de datos técnicos de la instalación. Fuente: <i>Elaboración propia</i> ...	71
Tabla 7.5 Datos económicos de la instalación. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	72
Tabla 7.6 Precio de la compra de electricidad según periodos de facturación. Año 2022. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	73
Tabla 7.7 Reparto de la potencia producida por los paneles solares en función de los periodos de facturación [kWh]. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	73
Tabla 7.8 Reparto de la potencia producida por los paneles solares en función de los periodos de facturación [%]. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	74
Tabla 7.9 Precio electricidad mensual. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	74
Tabla 7.10 Cuadro de rentabilidad económica del proyecto. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	77
Tabla 7.11 Resultado de la inversión. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	78
Tabla 7.12 Resultado de la inversión. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	78
Tabla 8.1 Resumen final del proyecto. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Objetivos del Pacto Verde Europeo. Fuente: <i>Red Eléctrica de España</i>	2
Figura 1.2 Grupo Empresarial FAED. Fuente: <i>FAED</i>	5
Figura 1.3 Servicios industriales en EUROFUCAN. Fuente: <i>FAED</i>	6
Figura 3.1 Fases de una auditoría. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	9
Figura 3.2 Analizador de redes. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	12
Figura 3.3 Luxómetro. Fuente: <i>PCE Ibérica S.L.</i>	13
Figura 3.4 Diagrama de flujo de la metodología a seguir en una auditoría energética. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	17
Figura 4.1 Esquema de proceso productivo Grupo Empresarial FAED. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	23
Figura 4.2 Plano nave EUROFUCAN. Fuente: <i>FAED</i>	24
Figura 4.3 Esquema proceso productivo EUROFUCAN. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	25
Figura 4.4 Piezas enfriando en el horno. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	27
Figura 4.5 Ilustración proceso de granallado. Fuente: <i>Jnaceros</i>	27
Figura 4.6 Ilustración del proceso de corte por arco aire. Fuente: <i>Cursosoldadura</i>	28
Figura 4.7 Ilustración del proceso de rebabado. Fuente: <i>Rhodium</i>	28
Figura 4.8 Ilustración del proceso de soldadura por arco eléctrico. Fuente: <i>Soldaduras info</i>	29
Figura 4.9 Celdas de suministro en alta tensión. Fuente: <i>FAED</i>	29
Figura 4.10 Cuadro para control de horno de tratamiento. Fuente: <i>FAED</i>	33
Figura 4.11 Granalladora grande. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	35
Figura 5.1 Iluminación nave. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	39
Figura 5.2 Iluminación cabinas de trabajo. Fuente: <i>FAED</i>	39
Figura 5.3 Iluminación oficinas. Fuente: <i>FAED</i>	40
Figura 5.4 Esquema de instalación básica del sistema DALI. Fuente: <i>LEDbox</i>	47
Figura 5.5 Fachada de oficinas. Fuente: <i>Google Maps</i>	48
Figura 6.1 Precio diario mensual del mercado. OMIE. Fuente: <i>OMIE</i>	52
Figura 6.2 Horas de cada periodo, según el tipo de día. Fuente: <i>Goiner</i>	53
Figura 6.3 Instalación de condensadores en planta. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	59
Figura 6.4 Detalle de factura Viesgo. Agosto 2021. Fuente: <i>FAED</i>	62
Figura 7.1 Cubierta de la nave de EUROFUCAN. Fuente: <i>Google Maps</i>	66

Figura 7.2 Cubierta de la nave con situación de los paneles. Fuente: <i>Elaboración propia</i>	70
Figura 7.3 Capacidad de aprovechamiento de energía solar fotovoltaica. Fuente: <i>Adrase</i>	70

1. INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN A LAS AUDITORÍAS ENERGÉTICAS

Se define como auditoría energética el procedimiento a través del cual es posible obtener información fiable y objetiva sobre el consumo de energía de un determinado edificio, para poder detectar qué factores afectan a dicho consumo. De este modo podremos entender de qué forma se está empelando la energía y así poder identificar donde se puede estar desaprovechando para poder establecer y organizar las posibles estrategias de ahorro energético.

Una auditoría incluye, por lo tanto, un estudio completo tanto de los factores de tipo técnico como de los de tipo económico que influyen sobre el consumo de todas aquellas instalaciones o equipos que consumen energía dentro del edificio objeto del estudio.

La auditoría energética se centra en aportar un informe técnico en el que se detallen las medidas adecuadas para realizar una gestión y uso adecuado y racional de la energía. En el caso de edificios de uso industrial tales medidas de mejora no deben afectar a la calidad del servicio, ni a la productividad de una empresa. [1]

1.2. SITUACIÓN ENERGÉTICA

1.2.1. Situación energética global

El Acuerdo de París firmado durante la XXI Conferencia sobre Cambio Climático (COP 2015), por los 195 países miembros, fue adoptado a finales de 2015 y pretendía establecer medidas a nivel global para la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Comenzando con ello una época de transición energética.

Una vez establecidos los objetivos globales, cada país miembro acordó enviar sus compromisos de reducción de emisiones, si bien estos compromisos no eran obligatorios, así que cada país propuso lo que considero oportuno. Para el caso concreto de España, el compromiso propuesto de reducción de emisiones a 2030 fue un 20%.

La Unión Europea (UE), con la finalidad de transformar su economía, se comprometió a unos objetivos tanto para 2030 como para 2050 que tienen como finalidad contribuir a la consecución de los objetivos del Acuerdo de París.

Asimismo, a finales de 2019 la Comisión Europea fue presentó el Pacto Verde Europeo o “Green Deal” consistente en un ambicioso conjunto de propuestas en materia de política energética, medioambiental y climática que tiene por objetivo alcanzar una economía neutra en carbono en 2050, es decir, que sus emisiones sean las mismas que puede absorber la tierra.

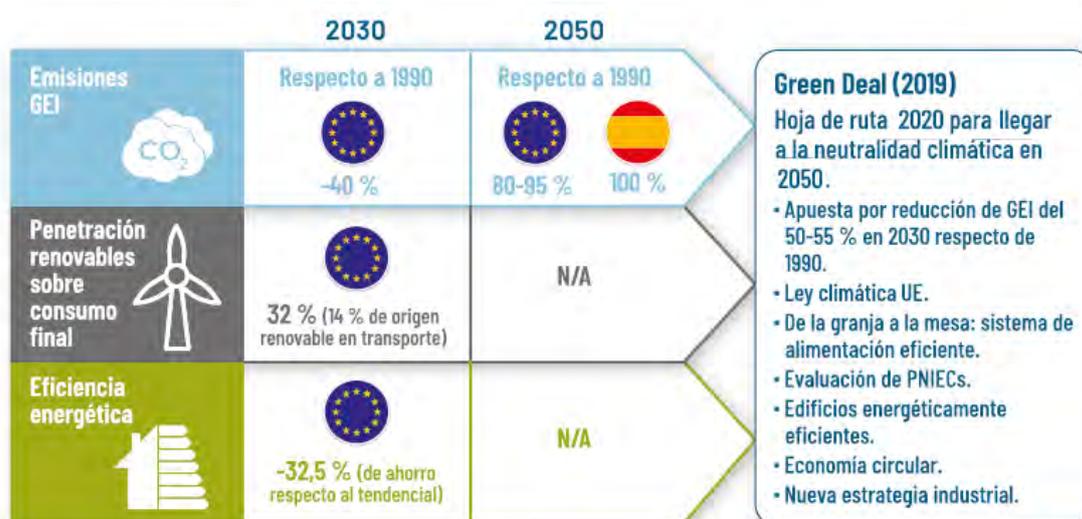


Figura 1.1 Objetivos del Pacto Verde Europeo

El Pacto Verde Europeo abarca todos los sectores de la economía, especialmente los del transporte, la energía, la agricultura, los edificios y las industrias: siderúrgicas, cementeras, las TIC, textiles y químicas.

En marzo de 2020, la Comisión Europea, en relación con el Pacto Verde ha lanzado el «Pacto por el Clima» para dar voz a los ciudadanos en el diseño de nuevas acciones, la difusión de información, el comienzo de iniciativas y la presentación de soluciones. [2]

1.2.2. Situación energética nacional

1.2.2.1. Cambio sistema de tarificación

El 1 de junio de 2020 se implementó en España un cambio en el sistema de tarificación eléctrica, añadiendo un sistema por tramos que afecta tanto a pequeños como a grandes consumidores.

Este cambio en la facturación se debe a un cambio en el sistema de las “tarifas de acceso” (el coste del transporte y distribución, y demás cargos relacionados indirectamente con el suministro eléctrico). En una serie de modificaciones:

- Optimización del uso de la red eléctrica, penalizando más el consumo en horas de mayor demanda.
- Actualización de los cargos que fija el Ministerio, que ahora siguen la misma estructura propuesta por la CNMC para los peajes.
- Actualización a la baja de los pagos por capacidad.(3)

1.2.2.2. Crisis energética

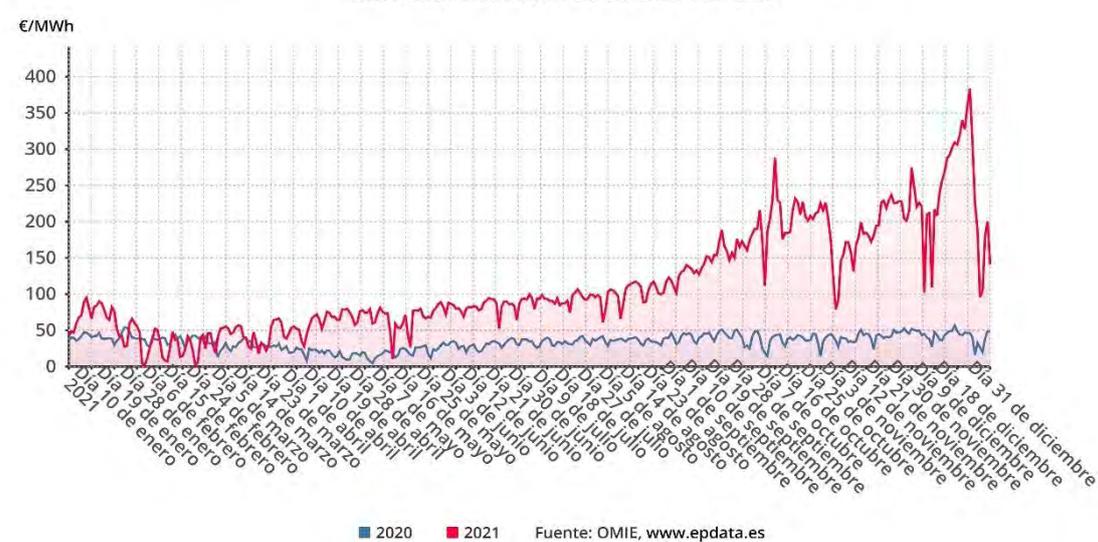
Se define crisis energética como un desajuste temporal entre la oferta y la demanda energética que salda, de forma habitual, con fuertes incrementos de los precios de las distintas energías. Esto último se da, obviamente, en el caso de que la oferta sea

superada por la demanda, desencadenante de la crisis desde la perspectiva de una nación importadora, como es el caso de los países del mundo occidental, en general, y de España en particular.

El desencadenamiento de las crisis energéticas suele ocurrir cuando los tirones alcistas de la demanda (impulsados por el crecimiento económico) no van acompañados de incrementos paralelos de la producción, pues hay un gran retraso entre la explotación comercial de un nuevo yacimiento y la finalización de la construcción de una central eléctrica. [4]

Comparación diaria entre el precio de la luz en 2020 y en 2021

Datos actualizados a 31 de diciembre de 2021



Gráfica 1.1: Comparación de los precios de la luz entre los años 2020 y 2021

En toda Europa, nos encontramos en una crisis energética, que, en el caso concreto de España, provocó que solo entre diciembre de 2020 y junio de 2021, los precios mayoristas de la electricidad casi se llegaran a duplicar, y posteriormente en los meses de invierno del año 2021 se alcanzaron máximos de hasta un aumento del 600% respecto precios del año anterior, alcanzando récords históricos en cuanto al precio del MWh casi a diario.

Convirtiéndose, por su magnitud, en la mayor crisis energética que se ha vivido en España. Ha afectado tanto a los hogares, como a las grandes empresas consumidoras de energía que por su volumen de consumo se ven especialmente perjudicadas.

Este aumento de los precios es motivado por dos principales factores:

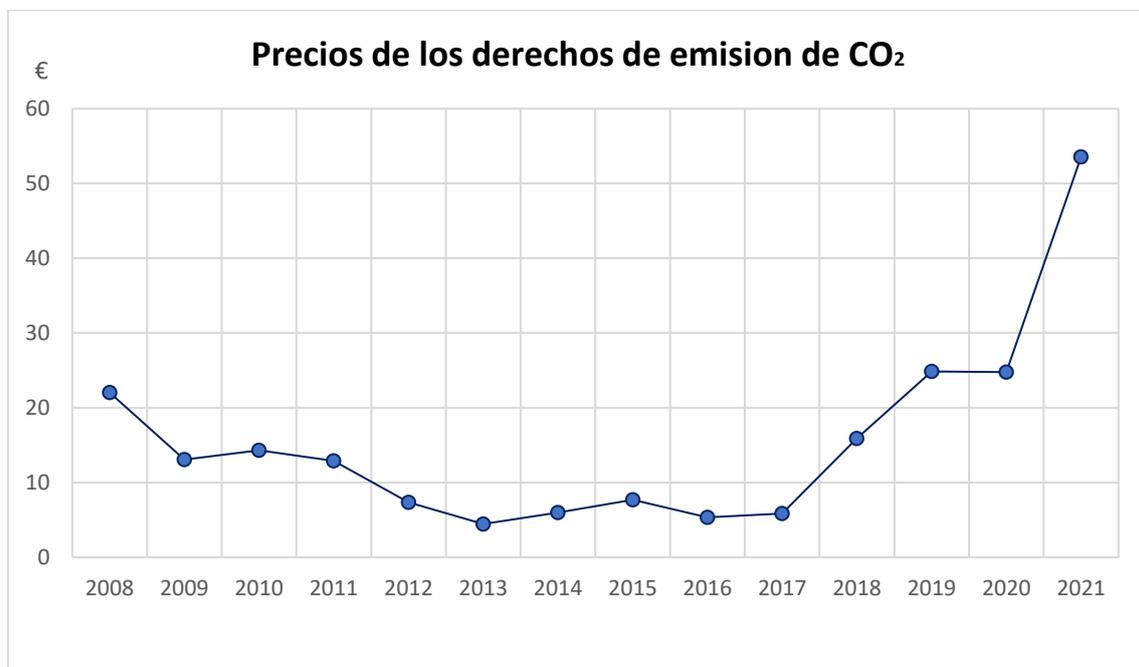
- Aumento de los precios del gas, materia prima por las centrales de ciclo combinado (Influyendo en aproximadamente un 50% al aumento del precio de la electricidad).
- Encarecimiento de los derechos de emisión de CO₂ (Influyendo en aproximadamente un 20%).

El precio de los futuros de gas natural ha alcanzado un máximo que no se daba desde los últimos siete años, esto es provocado por una escasez de suministro y la alta demanda de cara al invierno.

Las altas temperaturas de EE. UU. en este verano han ido consumiendo las reservas de este recurso, que además ha sufrido una disminución de su producción marítima debido al paso del huracán Ida.

La subida es fruto también de la recuperación económica global de la pandemia, que se ha reflejado en una mayor demanda en el sector de la energía. [4]

Tras la aprobación del Pacto Verde Europeo, y con la ya previo aumento en el grado de ambición de los objetivos de reducción de emisiones establecidos por la UE, en 2021 se ha producido un fuerte incremento del precio de los derechos de emisión negociados en el mercado.



Gráfica 1.2: Evolución de los precios de los derechos de emisión de CO₂

Este incremento tiene un impacto directo en el coste de producción eléctrica mediante tecnologías que utilizan combustibles fósiles que, dado el sistema marginalista de asignación de precios con el que se opera en Europa, afecta a otras fuentes de energía alternativas que también aumentan su precio en el pool. [5]

1.3. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

1.3.1. FAED

Es en el año 1996 cuando nace Fundición de Aceros Especiales D S.L (FAED) a partir de un pequeño taller de fundición denominado Industrias Dasgoas que fue montado por el fundador de este grupo empresarial, Tomas Dasgoas Rivas en los años 80.

En la actualidad el Grupo FAED está compuesto por cuatro empresas del sector industrial: FAED (Fundición de Aceros Especiales), MECAPREC (Mecanizados de precisión en piezas de gran tamaño), EUROFUCAN (Servicios Industriales Auxiliares) y METCOEX, un plataforma comercial internacional. [6]



Figura 1.2 Grupo Empresarial FAED

1.3.2. EUROFUCAN

La empresa EUROFUCAN se encuentra situada en el polígono industrial de Requejada, en Polanco (Cantabria)

EUROFUCAN es una empresa dedicada al tratamiento de aceros con productos aplicables a sectores tan diversos como la generación de energía, minería, construcción naval, matricería, así como cualquier otro tipo de pieza específica.

Dentro del grupo empresarial tiene la función de proporcionar los servicios auxiliares necesarios para la fabricación de componentes metálicos.

En EUROFUCAN se realizan los servicios industriales de:

- Soldadura.
- Tratamientos térmicos.
- Granallado superficial de piezas metálicas.
- Recubrimientos superficiales de piezas metálicas.
- Ensayos no destructivos (LP, PM, UT).
- Medición de piezas por escáner o puntos.
- Ingeniería inversa. [6]

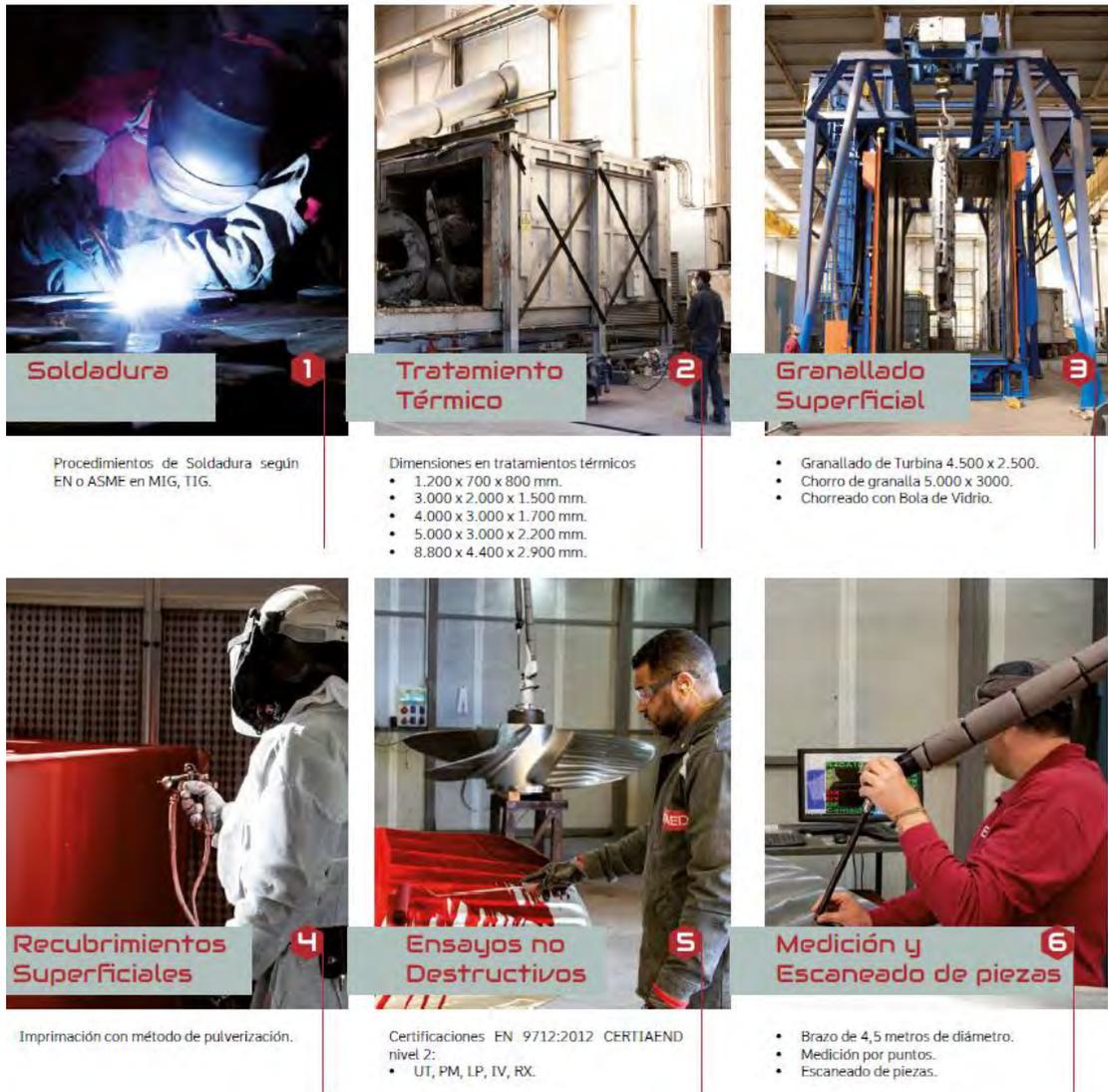


Figura 1.3 Servicios industriales en EUROFUCAN

2. OBJETO Y ALCANCE

2.1. OBJETO DE LA AUDITORÍA

Con este Trabajo de Fin de Grado se pretende realizar una Auditoría de Control y Calidad Energética, centrada en el consumo eléctrico, de la nave industrial perteneciente a la empresa EUROFUCAN situada en el polígono industrial de Requejada, en la Comunidad Autónoma de Cantabria (España), en donde se caracterizarán tanto las instalaciones como todos los parámetros energéticos de la empresa.

Como se ha citado en la introducción una Auditoría de Control y Calidad Energética es un proceso a través del cual es posible obtener conocimiento e información objetiva y fiable sobre el consumo y los perfiles de éste con respecto a la energía suministrada, para finalmente proponer posibles mejoras, por lo que tomaremos como objeto de este trabajo dicha definición.

Los principales objetivos que se persiguen en la auditoría son los siguientes:

- Caracterizar las instalaciones de la empresa.
- Realizar un estudio detallado de los consumos eléctricos
- Analizar y obtener las posibilidades de optimización del suministro eléctrico.
- Proponer mejoras mediante una evaluación técnica, económica y de actuación.[7]

2.2. ALCANCE DE LA AUDITORÍA

Mediante esta auditoría de control podremos identificar y valorar posibles factores que afectan a la calidad del consumo eléctrico dentro de la empresa, determinando las posibilidades de ahorro desde el punto de vista técnico, económico y de actuación.

Así mismo cumpliendo con los objetivos se pretende alcanzar:

- Un estudio detallado de la facturación eléctrica.
- Una caracterización de las instalaciones lo más objetiva posible.
- Un análisis y conocimiento completo de todas las posibilidades de optimización.
- Propuestas de mejora tanto de actuación como de posible inversión en mejora tecnológica. [7]

3. ESTADO DEL ARTE

3.1. ESTUDIO TEÓRICO

El marco teórico de una auditoría está constituido por el conjunto de enfoques teóricos, investigaciones y antecedentes que se consideran adecuados para ser aplicados en la investigación o estudio que se quiere realizar.

Debiendo seguir siempre la normativa vigente en cuanto a auditorías energéticas para realizar una correcta exposición y análisis de la información disponible que sirva como fundamento para explicar los antecedentes e interpretar los resultados.

3.1.1. Auditorías energéticas

Según la Norma UNE EN 16247-1:2012, Auditoría Energética se define como: Inspección y análisis sistemático del uso y consumo de energía en un emplazamiento, edificio, sistema u organización con el objeto de identificar e informar acerca de los flujos de energía y del potencial del potencial de mejora de la eficiencia energética. [8]

Una auditoría energética es una herramienta que permite a una empresa conocer cuál es su situación respecto a la energía, ya sea consumida o producida. Con esta información se podrán tomar medidas que optimicen esta situación.

El objetivo principal de una auditoría energética es establecer un conjunto racional de reformas y mejoras encaminadas a su uso racional de la energía, sin que esto suponga una disminución en la calidad de los servicios prestados, en la productividad o en la habitabilidad del Edificio en cuestión, pudiendo incluso incluir mejoras adicionales.

3.1.1.1. Alcance técnico

El alcance técnico de una auditoría ha de adaptarse a las distintas necesidades del cliente auditado. El alcance de una auditoría es la manera de asegurarse que la solicitud del cliente sea cumplida.

Ha habido varios intentos de estandarizar el alcance de una auditoría energética. En España la asociación empresas de eficiencia energética también ha hecho un intento de estandarizarlas dividiéndolas en tres grados:

- Grado I: Diagnóstico energético.
Basada en el análisis de facturas energéticas, mínimo un año, y de la revisión de un formulario, el objetivo principal de estas auditorías sería identificar medidas de ahorro energético de nulo o bajo coste.
- Grado II: Auditoría energética.
Proporciona un análisis detallado del uso de la energía desglosando las cargas principales e identificando las medidas de ahorro que cumplen los requerimientos del cliente. Se elabora un balance energético y finalmente se listan las medidas de ahorro energético con costos y beneficios estimados.
- Grado III: Auditoría energética ESE.

Destinada a proyectos de ahorro compartido o sustitución de equipos. Proporciona un estudio detallado de las mejoras intensivas en capital, por lo que deberá incluir estudio financiero detallado, así como presupuestos de equipos e instalaciones. [9]

3.1.1.2. Fases

El proceso de auditoría se puede dividir en 7 fases:



Figura 3.1: Fases de una auditoría

Contacto preliminar

Antes de preparar una propuesta económica, el auditor energético debe:

- Acordar con la organización el alcance de la auditoría.
- Solicitar información acerca del contexto de la auditoría: reglamentación o limitaciones, ideas o restricciones referentes a las medidas de mejora de la eficiencia, entregables previstos...
- Informar acerca de cualquier instalación/equipamiento necesario o intereses comerciales.

Reunión inicial

El objetivo de la reunión inicial es informar a todas las partes interesadas acerca del alcance y objetivos de la auditoría, así como acordar aspectos prácticos como:

- Designación de una persona responsable por parte de la organización.
- Garantizar la cooperación de todas las partes implicadas de la organización.
- Acordar aspectos como: accesibilidad de los equipos, normas de seguridad y prevención, requisitos para mediciones especiales...
- Solicitar información acerca de: contratos de arrendamiento, facturas energéticas, inventario de equipos...

Recopilación de datos

En esta fase el auditor debe recopilar la información disponible del edificio a auditar que sea útil para la detección de las mejoras:

- Inventario energético.
- Datos históricos.
- Documentación de diseño.
- Estado del Sistema de Gestión de la Energía.

Trabajo de campo

Una vez estudiada la información recopilada, el auditor debe:

- Inspeccionar los objetos que se va a auditar evaluando su uso energético.
- Comprender las rutinas de funcionamiento, el comportamiento de los usuarios y su impacto en el consumo de energía.
- Identificar medidas de mejora preliminares.
- Detectar los puntos a monitorizar necesarios para realizar el análisis posterior y que ayudarán a cuantificar las inversiones y los ahorros producidos.
- Garantizar que las mediciones y observaciones se realizan de forma fiable y en situaciones representativas del funcionamiento normal.

Análisis

En esta fase el auditor energético debe establecer la situación de rendimiento energético existente para el objeto auditado:

- Situación del rendimiento energético existente. Deberá incluir:
 - Desglose de consumo por uso y fuente.
 - Los flujos de energía y balance de energía.
 - Un patrón de la demanda de energía a lo largo del tiempo.
 - Indicadores de rendimiento energético.
- Identificación de oportunidades de mejora energética: en base a la situación de rendimiento energético existente, el auditor debe identificar las oportunidades de mejora evaluando su impacto.

Para analizar correctamente la situación existente del objeto auditado, y plantear las oportunidades de mejora adecuadas, el auditor debe ser capaz de:

- Evaluar la fiabilidad de los datos proporcionados y poner en manifiesto los fallos o anomalías.
- Utilizar métodos de cálculo transparentes y técnicamente apropiados.
- Documentar los métodos utilizados y cualquier suposición que se realice.
- Tener en cuenta cualquier regulación u otras limitaciones aplicables a las oportunidades potenciales de mejora energética.

Informe auditoría

El informe de auditoría debe contener:

- a) Resumen ejecutivo
 - Clasificación ordenada de las oportunidades de mejora energética.
 - El programa de implementación propuesto.
- b) Antecedentes
 - Información general acerca de la organización auditada.
 - Contexto y metodología de la auditoría energética.
 - Descripción de objeto/s auditados.



- Normas y reglamentaciones relevantes.
- c) Auditoría energética
 - Descripción, alcance, objetivo, grado de detalle, plazo y límites.
 - Información acerca de la recopilación de datos.
 - Análisis de consumo energético.
 - Criterios según los cuales se ha establecido la clasificación ordenada de las medidas de mejora de la eficiencia energética.
- d) Oportunidades de mejora de la eficiencia energética
 - Acciones propuestas, recomendaciones, plan y programa de implementación.
 - Suposiciones utilizadas para el cálculo de ahorro y la consiguiente precisión de las recomendaciones.
 - Análisis económico adecuado.
 - Posibles interacciones con otras recomendaciones propuestas.
 - Métodos de medición y verificación que se utilizarán para evaluar las oportunidades recomendadas tras su aplicación.
- e) Conclusiones

Reunión final

En la reunión final el auditor debe:

- Entregar el informe de la auditoría energética.
- Presentar los resultados de la auditoría energética de un modo que facilite la toma de decisiones por parte de la organización.
- Explicar los resultados.
- Debe debatirse la necesidad de un posible seguimiento y llegar a una conclusión consensuada. [10]

3.1.1.3. *Material necesario*

Como hemos podido observar en los apartados anteriores una auditoría energética se puede aplicar a organizaciones de todo tipo, y con alcances diferentes para cada caso; por ello el material necesario para realizarla también será distinto para cada caso. Los más comúnmente utilizados son los siguientes dispositivos: Analizador de redes, luxómetro y cámara termográfica. No obstante, hay muchos otros dispositivos que son empleados en otras ocasiones: Pinzas amperimétricas, termohigrómetro, medidor de calidad del aire, anemómetros, manómetros...

Analizador de redes

Un analizador de redes es un instrumento capaz de analizar las propiedades de las redes eléctricas, especialmente aquellas propiedades asociadas con la reflexión y la transmisión de señales eléctricas, conocidas como parámetros de dispersión.

Un equipo analizador de redes está compuesto por:

- El equipo registrador/analizador.

- Tres pinzas amperimétricas.
- Cuatro pinzas voltimétricas.
- Uno o varios sistemas de extracción de los datos registrados.
- Cable y software específico para comunicación con PC y software de tratamiento de datos.

Hay dos tipos principales de analizadores de redes:

- NA (Scalar Network Analyzer). Analizador de redes escalar, mide propiedades de amplitud solamente.
- VNA (Vector Network Analyzer). Analizador de redes vectoriales, mide propiedades de amplitud y fase. [11]

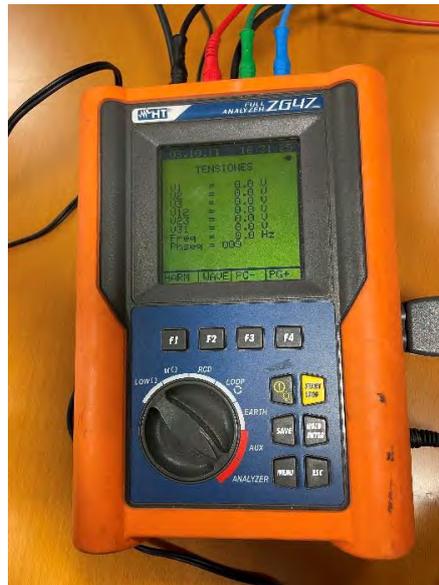


Figura 3.2: Analizador de redes

Luxómetro

Un luxómetro es un instrumento de medición que permite medir la iluminancia real y no subjetiva de un ambiente. La unidad de medida es el lux. Contiene una célula fotoeléctrica que capta la luz y la convierte en impulsos eléctricos, los cuales son interpretados y representados en una pantalla. [12]

A través de los resultados obtenidos con un luxómetro se puede determinar si las superficies medidas se adaptan a los niveles de iluminación reflejados en la normativa que les compete según las diferentes clasificaciones.



Figura 3.3: Luxómetro

3.2. NORMATIVA

Existen diversas normas asociadas a las auditorías energéticas, para ello cabe destacar las más importantes:

- Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 47/2007.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- UNE-EN 12464-1.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios.
- Reglamento de Aparatos de Presión.

También, es necesario conocer el documento normativo español creado en los Comités Técnicos de Normalización (CTN) de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) y sus posteriores ampliaciones y modificaciones:

- UNE-EN 16247-1:2012 Auditorías energéticas. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 16247-2:2014 Auditorías energéticas. Parte 2: Edificios.
- UNE-EN 16247-3:2014 Auditorías energéticas. Parte 3: Procesos.
- UNE-EN 16247-4:2015 Auditorías energéticas. Parte 4: Transporte.
- UNE-EN 16247-5:2015 Auditorías energéticas. Parte 5. Competencia de los auditores energéticos. [10]

3.2.1. Real Decreto 56/2016

En febrero de 2016 se aprobó en España el Real Decreto 56/2016 con el fin de cumplir los objetivos de la Unión Europea en cuanto a eficiencia energética, quedando el proceso de auditoría energética regulado. Este Real Decreto cuenta con los siguientes capítulos:



- CAPÍTULO I. Disposiciones generales.
 - Artículo 1. Objeto y definiciones.
- CAPÍTULO II. Auditorías energéticas.
 - Artículo 2. Ámbito de aplicación.
 - Artículo 3. Alcance de la exigencia y criterios mínimos a cumplir por las auditorías energéticas.
 - Artículo 4. Auditores energéticos.
 - Artículo 5. Inspección de la realización de las auditorías energéticas.
 - Artículo 6. Registro Administrativo de Auditorías Energéticas.
- CAPÍTULO III. Sistema de acreditación para proveedores de servicios y auditores energéticos
 - Artículo 7. Requisitos para el ejercicio de la actividad profesional del proveedor de servicios energéticos.
 - Artículo 8. Requisitos para el ejercicio de la actividad profesional de auditor energético.
 - Artículo 9. Habilitación y declaración responsable relativa al cumplimiento de los requisitos de proveedor de servicios energéticos.
 - Artículo 10. Listado de Proveedores de Servicios Energéticos.
 - Artículo 11. Control del Listado de Proveedores de Servicios Energéticos.
 - Artículo 12. Libre prestación.
- CAPÍTULO IV. Promoción de la eficiencia energética en la producción y uso del calor y del frío.
 - Artículo 13. Promoción de la eficiencia energética en la producción y uso del calor y del frío.
- CAPÍTULO V. Régimen sancionador.
 - Artículo 14. Infracciones y sanciones.
- ANEXOS.

A continuación, se analizarán los aspectos más relevantes del capítulo 2 del Real Decreto, ya que es el que trata de auditorías energéticas. Adicionalmente, se muestra la definición de muestra el RD 56/2016 sobre Auditoría Energética: “Todo procedimiento sistemático destinado a obtener conocimientos adecuados del perfil de consumo de energía existente de un edificio o grupo de edificios, de una instalación u operación industrial o comercial, o de un servicio privado o público, así como para determinar y cuantificar las posibilidades de ahorro de energía a un coste eficiente e informar al respecto. En el caso del transporte, la auditoría energética solo se referirá al transporte vinculado a la actividad de la empresa.” [11]

3.2.1.1. *Ámbito de aplicación*

Se debe explicar a quienes está dirigido este Real Decreto, es decir quienes están obligados a realizar una auditoría energética en España.

Las empresas que deben realizar una auditoría energética de una manera obligatoria son aquellas que se consideren grandes empresas, es decir, todas las empresas con un mínimo de 250 trabajadores o que tengan un volumen de negocio que exceda los 50

millones de euros y, a la par, un balance general que exceda los 43 millones de euros. También, es obligatorio para grupos de sociedades, definidos según lo establecido en el artículo 42 del Código de Comercio.

Todas las empresas deben someterse a una auditoría energética cada cuatro años a partir de la fecha de la auditoría anterior. Estas auditorías deben cubrir al menos el 85% del consumo total de energía de las instalaciones ubicadas en el territorio nacional. Adicionalmente, todas aquellas empresas que, durante al menos dos ejercicios consecutivos cumplan con la condición de gran empresa, deben someterse a la primera auditoría energética en un plazo de 9 meses.

3.2.1.2. *Alcance de exigencia*

Las auditorías deben basarse en datos operativos, medidos y verificables de consumos energéticos, abarcando un examen pormenorizado del perfil de consumos energéticos. Las empresas están obligadas a conservar la auditoría energética en vigor y ponerla a disposición cuando así se requiera. Los datos empleados para las auditorías se deben poder almacenar y éstas reflejarán cálculos detallados y válidos para las medidas propuestas. Asimismo, siempre que sea posible, se fundamentan en criterios de rentabilidad en el análisis del coste del ciclo de vida. Por otro lado, las empresas están obligadas a actualizar la información contenida en sus auditorías y las auditorías no contendrán cláusulas que impidan transmitir las conclusiones de la auditoría. También están obligadas las empresas a presentar las auditorías a los organismos pertinentes.

3.2.1.3. *Audidores energéticos*

Las auditorías energéticas solo pueden estar realizadas por auditores energéticos que estén debidamente cualificados, los cuales no pueden ser técnicos de la empresa a la cual se va a realizar la auditoría energética, a no ser que estos pertenezcan a un departamento de control interno de dicha empresa y no estén relacionados directamente con las actividades auditadas.

3.2.1.4. *Inspección de la realización de las auditorías energéticas*

Una inspección de auditorías energéticas verifica que las empresas para las que este Real Decreto sea aplicable hayan realizado las auditorías a las que son obligadas, y que estas cumplan con todos los requisitos exigibles. Las inspecciones serán realizadas por el órgano de la comunidad autónoma o de las ciudades autónomas de Ceuta o Melilla competente en materia de eficiencia energética. Este órgano podrá realizar cuantas inspecciones considere necesario; siendo estas inspecciones sobre una selección anual al azar de la menos una proporción estadísticamente significativa de las auditorías energéticas realizadas en cada periodo de cuatro años.

Los órganos competentes deberán informar, al menos, anualmente de los resultados de estas inspecciones al Gobierno Central, al Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

3.2.1.5. *Registro Administrativo de Auditorías Energéticas*

Este registro es llevado a cabo en el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, el cual dispone de un Registro Administrativo de Auditorías Energéticas. Este registro es gratuito y de carácter público, donde se podrá observar toda la información comunicada por aquellas grandes empresas obligadas y las comunicadas por el resto de las empresas de manera voluntaria. Esta información será la necesaria para poder identificar a las empresas obligadas a la realización de las auditorías energéticas, los resultados de estas y otros datos que se consideren relevantes. Todas estas empresas deben remitir al órgano de la comunidad autónoma competente en materia de eficiencia energética, donde se encuentran las instalaciones que han sido objeto de estudio de la auditoría energética. Esta comunicación debe realizarse en un plazo máximo de tres meses desde que la auditoría citada fuera realizada. Posteriormente, dicho órgano competente remitirá esta información a la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, en un plazo máximo de un mes, a efectos de proceder con la correspondiente inscripción en el registro. [12] [11]

3.2.2. **UNE EN 1247:2012**

La norma UNE EN 16247:2012 sobre auditorías energéticas es creada con motivo de la publicación del Real Decreto 56/2016 sobre auditorías energéticas por el cual se obliga a grandes sociedades y empresas con más de 250 trabajadores a la realización de auditorías energéticas.

Esta norma la componen cinco partes, las cuales vienen citadas en el Real Decreto 56/2016 como metodología y procedimiento a seguir para la realización de auditorías energéticas. Especifica los requisitos, la metodología y qué documentos son necesarios entregar para la realización de una auditoría energética.

Las partes que componen esta norma son las siguientes:

- Parte 1: Requisitos generales.
- Parte 2: Edificios.
- Parte 3: Procesos.
- Parte 4: Transporte.
- Parte 5. Competencia de los auditores energéticos.

Las partes más importantes para este trabajo son la primera y la quinta:

3.2.2.1. *Parte 1: Requisitos generales*

Esta parte de la norma define los requisitos, la metodología común y los entregables de una auditoría energética. Se aplica a todo tipo de instalaciones y organizaciones, excluyendo las viviendas particulares individuales.

Los requisitos generales que trata esta parte serán complementados con las partes siguientes de la norma, según cada caso concreto: Para edificios, la parte 2 (UNE-EN

16247-2:2014); Para procesos, la parte 3 (UNE-EN 16247-3:2014); Para transporte, la parte 4 (UNE-EN 16247-4:2015). [15] [8]

3.2.2.2. Parte 5: Competencia de los auditores energéticos

La parte 4 de la norma UNE-EN 16247 determina la formación, habilidades necesarias y experiencia requerida en la figura del auditor energético o equipo de auditores para que aporten la calidad necesaria. Esta parte de la norma se puede utilizar tanto para especificar los esquemas de cualificación de un auditor energético en el ámbito nacional, como para la designación de un auditor energético por parte de una entidad determinada.

Básicamente la norma define la combinación entre la formación inicial, experiencia laboral y formación continua que debe tener un auditor energético. [8] [15]

3.3. METODOLOGÍA



Figura 3.4: Diagrama de flujo de la metodología a seguir en una auditoría energética

3.3.1. Generalidades

Para la buena ejecución de las auditorías energéticas se debe:

- Establecer canales de comunicación con interlocutores designados de la organización y del auditor para asegurar la buena transmisión de datos e información.
- Solicitar por escrito a la organización la relación de información, datos y documentos necesarios para la ejecución de la auditoría.
- Establecer un programa de trabajo pactado entre la organización y el auditor.
- Realizar las medidas *in situ*, si procede, con conocimiento y acuerdo previo de la organización, contemplando las medidas de seguridad pertinentes.
- Elaborar y entregar un informe de la auditoría energética según la norma UNE-EN 16247:2012.

3.3.2. Estado de las instalaciones

En el análisis de estos suministros se deben tener en cuenta los criterios de elección y de utilización.

3.3.3. Análisis de los suministros energéticos

En función de las particularidades de cada uno de los operadores, al menos se analizarán los siguientes:

- Energía eléctrica:
 - Esquema unifilar actualizado.
 - Contratación actual.
 - Consumo de esta energía.
 - Coste de los diferentes conceptos existentes en la facturación.
 - Uso de energías renovables, el tipo y el porcentaje de estas.
 - Determinación del coeficiente de simultaneidad.
 - Uso de generadores de emergencia.
 - Potencias de los principales equipos consumidores.
- Combustibles:
 - Tipo de suministro eléctrico y contratación de este.
 - Consumo eléctrico.
 - Coste de los diferentes conceptos existentes en la facturación.
- Autoproducción de energía:
 - Tipo de instalación.
 - Evaluación de la producción.
 - Contratación y condiciones de venta de la energía producida.
 - Determinación de autoconsumos y excedentes.
- Otras fuentes de energía:
 - Contratación y condiciones de compra-venta.
 - Evolución de las diferentes variables de consumo.
 - Coste de los diferentes conceptos facturados y su evolución.

- Posibilidad de sustitución o complementariedad por fuentes de energía renovable.

3.3.4. Análisis de los procesos de producción

Es necesario llevar a cabo un análisis de las distintas operaciones de la organización, así como de cada uno de los principales equipos consumidores de energía que intervienen en las mismas. Se debe identificar qué partes de los procesos tienen un mayor consumo energético, determinando el potencial de reducción de consumo energético y definiendo las propuestas de mejora.

Al menos, se deben realizar las siguientes acciones:

- Alcanzar un conocimiento suficiente del proceso de producción en lo que a sus implicaciones energéticas se refiere
- Identificar las principales operaciones básicas, como trabajan las líneas de proceso.
- Identificar y caracterizar la forma o formas de energía que se utilizan, sistemas, equipos y flujos para la obtención de indicadores y asignación de los costes energéticos.
- Adquirir conocimiento del horario de operación de planta de fabricación y de los principales sistemas y equipos consumidores de energía que la conforman.
- Régimen del establecimiento.
- Registro y análisis de los consumos con el mayor detalle posible de los principales consumidores de energía.
- Análisis del estado general de equipos y sistemas con sus características.

3.3.5. Análisis de las tecnologías horizontales y servicios

Las tecnologías horizontales son las tecnologías energéticas empleadas fundamentalmente para la generación y transformación de la energía entrante que se consume en la organización, a la forma y cantidad requerida por los procesos industriales y los servicios. Se debe conocer la eficiencia con la que se aplican las mismas y se prestan los servicios.

Se debe conocer la eficiencia con la que se aplican:

- Comportamiento térmico del edificio.
- Sistema eléctrico.
- Iluminación natural, artificial y exterior al cargo.
- Acondicionamiento térmico de los edificios.
- Sistemas de producción de aire comprimido.
- Central térmica.
- Sistemas de producción, acumulación distribución ACS.
- Sistemas de combustión y recuperación de calor en equipos de proceso.
- Central frigorífica.



- Redes de distribución de fluidos calientes, refrigerados o a presión, destinados tanto a climatización como a proceso.
- Elementos emisores y cambiadores de calor del sistema de climatización.
- Motores eléctricos y su regulación.
- Acometida y distribución de agua fría, grupos de presión, regulación, control de caudales.
- Otras fuentes de captación de aguas.
- Otras instalaciones: grupos electrógenos, baterías de condensadores, plantas depuradoras de agua...
- Sistemas de autoproducción energética.

3.3.6. Medición y recogida de datos

Se entiende por ello al proceso de trabajo llevado a cabo en el lugar auditado, realizado mediante la toma de medidas en campo. Antes de realizar las medidas será necesario inspeccionar las instalaciones para determinar qué datos se podrán recoger a distancia y cuales requieren trabajo *in situ*.

El diseño de la campaña de medidas dependerá de la información disponible como resultado de la toma de datos y del análisis de la información recopilada con antelación en las instalaciones.

El objetivo es tanto conocer los valores que adoptan diferentes variables del desempeño energético de la organización, como comprobar la precisión de los equipos de medida o registro que puedan estar instalados en el lugar a auditar.

Las labores de medición, toma de datos y registros, se deben realizar:

- Con conocimiento y acuerdo previo de la organización.
- Evitando que los operadores del establecimiento modifiquen sus prácticas habituales.
- Evitando o tratando de reducir al mínimo posible las molestias a la organización.
- Con los equipos adecuados, y de precisión conocida.
- Con las necesarias medidas de seguridad para personas y equipos.
- Cumpliendo la normativa existente.

3.3.7. Realización de una contabilidad energética

La contabilidad energética tiene como propósito la asignación de consumo de energía a fin de conseguir los objetivos de la auditoría energética.

La precisión de la contabilidad energética de cada equipo debe ser proporcional a la relevancia del consumo de dicho equipo y a las posibilidades de ahorro que pueda ofrecer, es decir, a mayor relevancia en cuanto a consumo energético más minuciosa ha de ser su contabilidad.

La contabilidad energética debe definir:

- Generación y consumos energéticos y costes asociados.



- Balance energético de los consumos anteriores por tipos de instalaciones.
- Un precio de cada forma de energía en el año tipo considerado.
- Un perfil temporal de consumo para cada fuente o vector energético usado por cada equipo que se considere de interés para el auditor.
- Ratios de generación, consumo y/o consumos específicos que resulten significativos.

3.3.8. Análisis de propuestas de mejora

Las mejoras que se propongan deben tener uno o varios de los siguientes objetivos:

- La reducción de consumo.
- La reducción del coste asociado al consumo energético.
- El aumento de la eficiencia o la reducción del consumo específico de algún equipo, sistema, servicio...
- La diversificación de la forma de energía consumida hacia otras formas de energía que permitan aumentar la eficiencia en su consumo final o que supongan un menor consumo de energía primaria equivalente.
- El uso o implantación de las mejoras tecnológicas disponibles económicamente viables.
- En el caso de generación de energía, el aumento de producción, el aumento de rendimiento y la disminución de pérdidas.

Los objetivos se deben conseguir a través del ahorro y el uso racional de la energía, así como de la utilización de la fuente y forma de energía más adecuada a cada tipo de necesidad.

3.3.9. Desarrollo de mejoras

Las mejoras deben analizar, al menos, los siguientes aspectos:

- Situación actual: descripción del sistema o equipo afectado, su desempeño energético actual y motivo de la propuesta de mejora.
- Concepto de la mejora: Descripción, suficiente para justificar el origen del ahorro, de las operaciones, actuaciones, instalaciones y modificaciones de cualquier tipo que se han de realizar para llevar a cabo cada mejora propuesta.
- Situación futura: descripción de la nueva situación tras la implantación de la mejora.
- Ahorro energético anual previsto: se calculará por diferencia entre la situación actual y la futura.
- Variables ambientales: cuantificación de la variación de emisiones de dióxido de carbono equivalentes, como mínimo.
- Factores económicos: ahorro anual derivado del energético, otros ahorros no energéticos, pero indirectamente relacionados, nuevos costes de operación y mantenimiento, inversión necesaria y plazo de recuperación simple.



3.3.10. Concatenación de mejoras

En caso de que dos o más mejoras afecten a un sistema o equipo, estas se calcularán por separado y también de forma conjunta, para disponer de toda la información de ambas opciones.

Al calcular el ahorro total habrá que tener en cuenta la interacción entre las distintas mejoras.

3.3.11. Recomendaciones y buenas prácticas

Se consideran como tales los consejos de actuación para usar la energía de manera racional, cuyo efecto no es fácilmente cuantificable por depender mucho del comportamiento y hábitos de las personas y usos de las instalaciones, y que suponen una inversión relativamente pequeña o nula.

Se deben tener en cuenta la situación actual, y el motivo de la recomendación, junto con la estimación de ahorro alcanzable, y de la forma de adoptar la buena práctica o recomendación.

4. CARACTERIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES Y EQUIPOS

En este apartado se estudiará el proceso productivo, así como la situación general de la planta de EUROFUCAN.

4.1. PROCESO PRODUCTIVO DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL

4.1.1. Sector del establecimiento industrial

EUROFUCAN es una empresa que aporta servicios industriales: Actividad intangible realizada con el fin de satisfacer las necesidades del cliente. Se enfoca principalmente en servicios industriales en las empresas dedicadas a transformar las materias primas en producto terminado.

Al estar englobada dentro del Grupo Empresarial FAED, que se encuentra en el sector de la siderurgia, EUROFUCAN está dedicada al tratamiento posterior de las piezas de acero que son creadas mediante moldeo en la planta de FAED.

Las piezas fabricadas en el Grupo Empresarial servirán después como materia prima para la fabricación en otras empresas de sectores muy diversos:

- Automoción
- Naval
- Energía
- Minería [6]

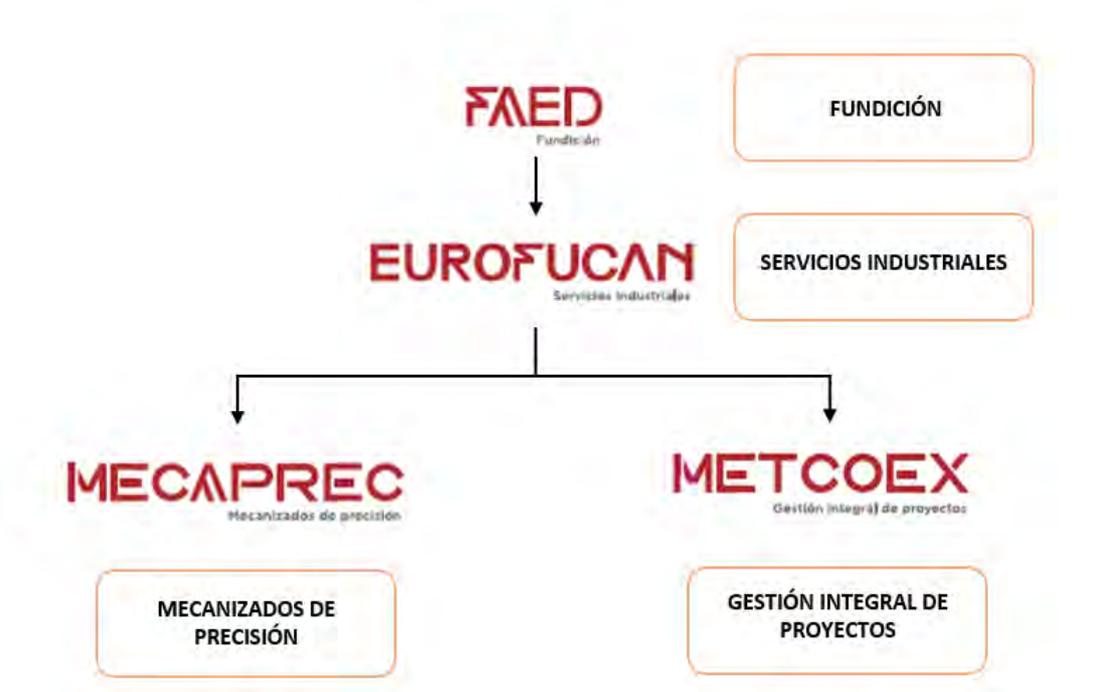


Figura 4.1: Esquema de proceso productivo Grupo Empresarial FAED

El proceso productivo básico en EUROFUCAN consta en primer lugar del tratamiento térmico de las piezas en los hornos de tratamiento, después las piezas pasan a las granalladoras y después a las cabinas de acabado. Tras este proceso las piezas son inspeccionadas. Si se acaban en EUROFUCAN, también se las pintarán en la planta, y se realizará el control de calidad; o por el contrario se llevarán a las plantas de mecanizado, fuera de EUROFUCAN.

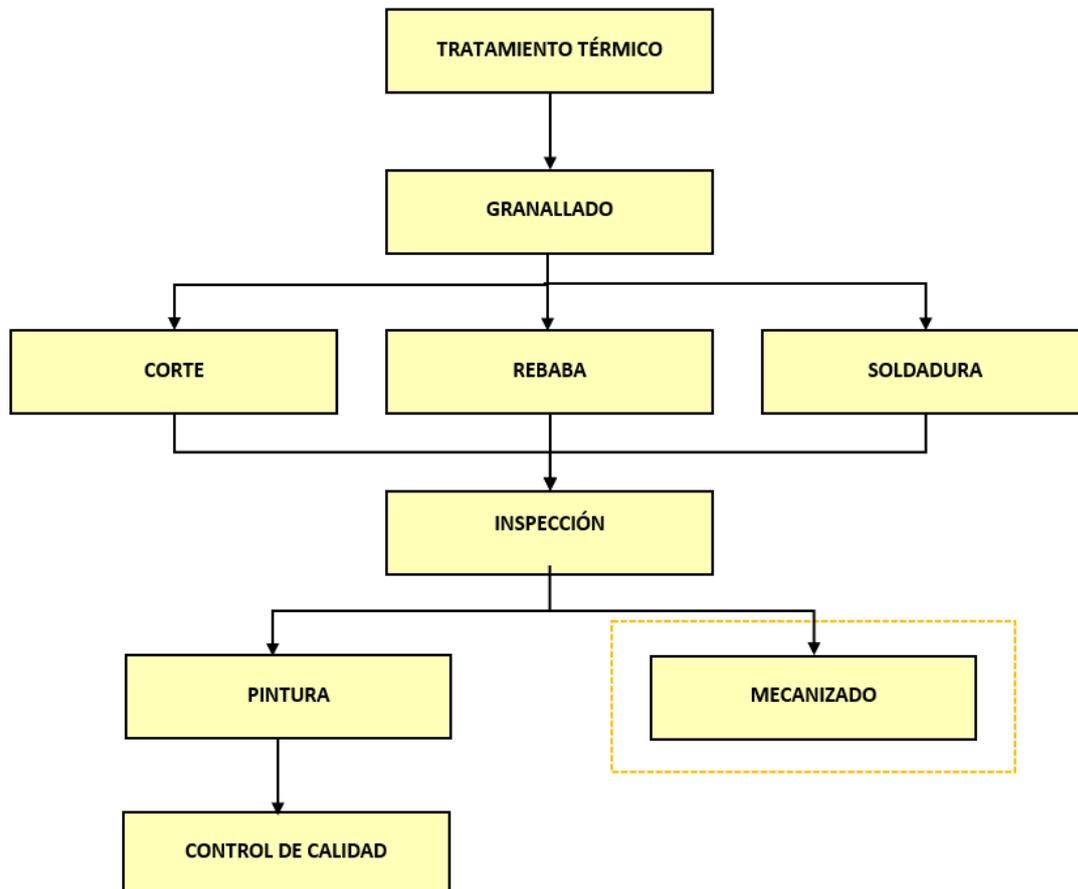


Figura 4.3: Esquema proceso productivo EUROFUCAN

Si bien este es el esquema básico del proceso productivo, lo cierto es que en EUROFUCAN se trabaja con pedidos por piezas únicas. Que, como se ha mencionado anteriormente, tendrán funciones muy diversas una vez acabadas, es por eso por lo que los tratamientos a las que son sometidas en EUROFUCAN son también muy diferentes entre sí. Y en la mayoría de los casos sin seguir el mismo orden, o tiempos de fabricación.

4.1.2.1. Tratamiento térmico

Los tratamientos térmicos hacen referencia a las operaciones que se realizan con el acero, con la intención de calentarlo o enfriarlo en condiciones totalmente bajo control (de temperatura, tiempo, presión o velocidad) para lograr mejorar sus propiedades mecánicas.

El tratamiento térmico de las piezas fundidas genera un cambio en las propiedades físicas del material. De esta manera, se pueden reducir las tensiones internas del

material debido a un enfriamiento desigual de la pieza, el cambio de granulometría, proporcionar tenacidad, resistencia al desgaste, etc.

Existen, y en EUROFUCAN se realizan, diferentes tipos de tratamientos térmicos en función de la características que se quieran aportar a la pieza de acero:

Temple

En este tratamiento se calienta el acero a una temperatura un poco superior a la crítica Ac y se enfría rápidamente. Se suele utilizar para aumentar la resistencia y la dureza del acero.

Ej. Se sube a 50°C/hora hasta llegar a 1050°C, donde se permanece 20h, tras lo que se reduce la temperatura con aire forzado para subir con la misma curva hasta unos 600°C durante el mismo tiempo. [16]

Revenido

El revenido es un tratamiento complementario al templado. El revenido ayuda al templado a aumentar la tenacidad de la aleación, disminuyendo su fragilidad.

Este tratamiento consiste en aplicar una temperatura inferior a la crítica Ac y a medida que esta temperatura va en aumento, aproximándose a la crítica, y mayor es el tiempo en que la pieza está expuesta a esta temperatura, mayor es la disminución de la dureza y la resistencia y mejor la tenacidad. [16]

Hipertemple

El hipertemple es el tratamiento por excelencia para los aceros inoxidables austeníticos. Consiste en un calentamiento a una temperatura comprendida entre 1000-1500°C seguida de un enfriamiento rápido en agua de tal manera que se impida la precipitación de carburos en el margen de 450 a 850°C. [17]



Figura 4.4: Piezas enfriando en el horno

4.1.2.2. Granallado

El proceso de granallado es una técnica de tratamiento superficial por impacto con la que se trata de conseguir un alto grado de limpieza y un correcto acabado superficial en piezas metálicas.

El granallado es el bombardeo de partículas abrasivas a alta velocidad contra la pieza a tratar, al impactar eliminarán los contaminantes superficiales. [18]



Figura 4.5: Ilustración proceso de granallado

4.1.2.3. Corte arco aire

El arco aire es un proceso de eliminación de material que utiliza simultáneamente aire comprimido y el calor producido por un arco eléctrico que se establece entre el electrodo de la máquina y la pieza metálica a cortar.

El aire comprimido, dirigido paralelamente al electrodo, expulsa el metal fundido que se ha originado por la acción del arco eléctrico consiguiéndose de esa manera el corte. [19]



Figura 4.6: Ilustración del proceso de corte por arco aire

4.1.2.4. *Rebabado*

El término rebaba se refiere al sobrante de una pieza, una arista que sobresale, una parte de materia que sobra de una pieza pero que está adherida a la misma. Es decir, una rebaba es la parte residual de la superficie de las piezas, y el proceso de rebabado se refiere a la eliminación de estas de la pieza original.



Figura 4.7: Ilustración del proceso de rebabado

4.1.2.5. *Soldadura*

La soldadura es un proceso de fijación en el cual se realiza la unión de dos o más piezas de un material, a través de la fusión. Las piezas son soldadas fundiendo, se puede agregar un material de aporte, que, al fundirse, forma, un charco de material fundido entre las piezas a soldar y, al enfriarse, se convierte en una unión fija a la que se denomina cordón de soldadura.

Muchas fuentes de energía diferentes pueden ser usadas para la soldadura, incluyendo una llama de gas, un arco eléctrico... La energía necesaria para formar la unión entre dos piezas de metal generalmente proviene de un arco eléctrico.



Figura 4.8: Ilustración del proceso de soldadura por arco eléctrico

4.2. SUMINISTRO ELÉCTRICO GENERAL

El suministro eléctrico de EUROFUCAN se realiza, en alta tensión, mediante tarifa de mercado libre 6.1A (suministro de tensión entre 12 y 36 kV) de 6 periodos tarifarios, con potencias contratadas de 750 kW en todos los periodos.

La planta cuenta con un transformador de potencia en un centro de transformación prefabricado, bañado en aceite, de 2000kVA, desde el que se suministra electricidad a toda la planta con tensión de alimentación de 230/400V.



Figura 4.9: Celdas de suministro en alta tensión

4.2.1. Esquema de alimentación de la planta

Este esquema de alimentación determinará el resultado de las medidas eléctricas y reparto del consumo total de EUROFUCAN en las principales instalaciones y servicios.

Centro de transformación	Descripción circuitos	
CT 2000kVA	Hornos de tratamiento	H2
		H5
	Aire comprimido	
	Granalladora	
	Grúas	
	Cabinas	
	Arco aire	
	Extracción arco aire	
	Extracción cabinas	
	Cabina pintura	
	Vestuario	
	Taller	
	Oficinas	
	Iluminación	
Varios		

Tabla 4.1: Esquema de reparto de la alimentación eléctrica de la planta

4.2.2. Curvas de carga, general de la planta

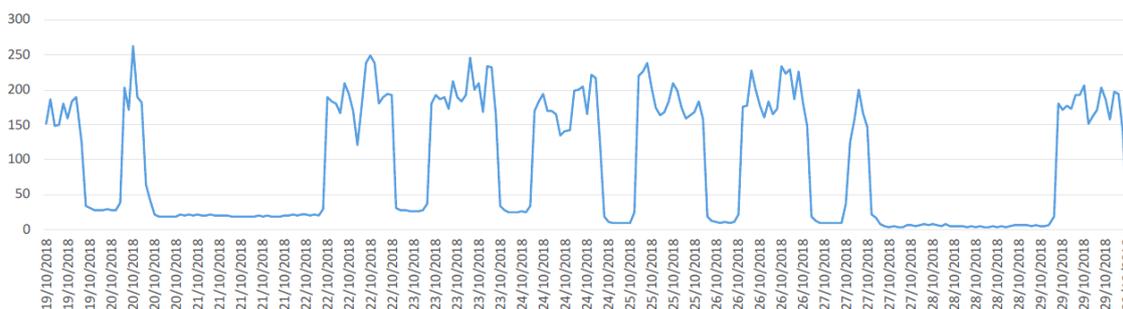
En el siguiente apartado se analizan las curvas de carga facturadas por la compañía eléctrica, así como las registradas directamente con mediciones en campo.

4.2.2.1. Curva de carga de Alta Tensión

A fin de obtener el comportamiento de la demanda eléctrica en alta tensión, se solicitó a la empresa la curva de carga para varios días de operación (Gráfica 4.1).

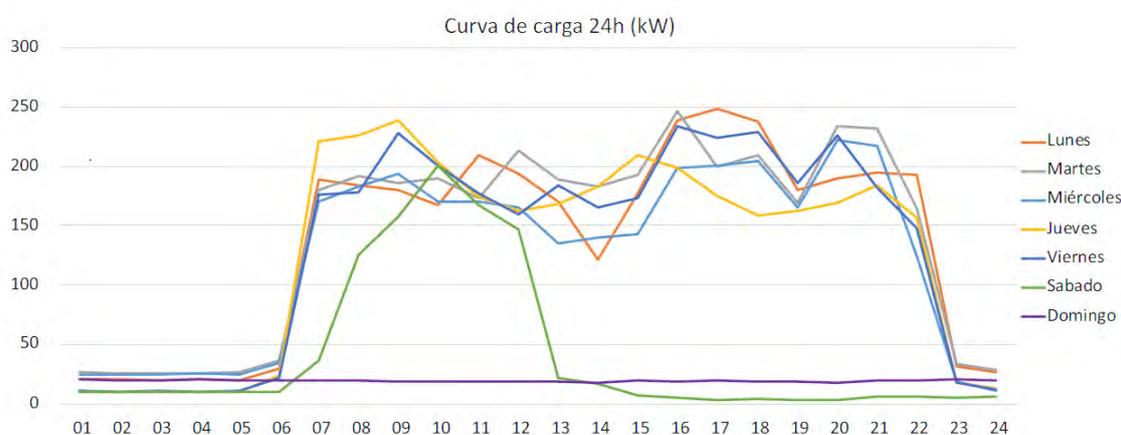
La curva general de EUROFUCAN presenta un comportamiento bastante repetitivo a lo largo de las semanas ya que el mayor consumo se produce durante el horario laboral.

No obstante, el hecho de que los tratamientos no se realicen en un horario definido, o que determinadas máquinas funcionen en momentos puntuales, y con comportamientos distintos dependiendo del encargo, hace que la demanda no sea constante a lo largo del año.



Gráfica 4.1: Curva de carga de Alta Tensión para el mes de octubre de 2018

En la siguiente figura se muestra como varía la curva de carga a lo largo de los distintos días de la semana para una semana de octubre de 2018.



Gráfica 4.2: Curva de carga de 24h superpuestos varios días

Comparando varios días, vemos como entre semana el consumo se incrementa al inicio de la jornada, hacia las 6 de la mañana, con varias bajadas, una a mediodía, y otra entre las 18 y las 20h, donde se disminuye unos 45 kW, para bajar al mínimo entre las 21 y las 23 horas. El sábado el consumo es mucho más bajo, solo en horario de 6 a 13h, mientras que el domingo es plano y muy bajo.

Este comportamiento en la curva de carga corresponde con las jornadas laborales de la empresa.

Analizando los consumos nocturnos y en horarios no productivos, se comprueba como algunos días, como el domingo, la demanda de potencia es de aproximadamente 20 kW de forma continua, mientras que algunas noches varía entre 10 y 25 kW. Esto implica que la demanda mínima de potencia es de al menos 10 kW, por lo que cualquier consumo superior a eso que se realice en horas no productivas sea un gasto superfluo por malas prácticas.

4.2.2.2. Curva de carga de Baja Tensión

Con el objetivo de comprobar los patrones de uso de la instalaciones se compara la curva de carga de alta tensión con la de baja tensión para los mismos días, comprobando que son prácticamente iguales, salvo por las pérdidas del trafo.



Gráfica 4.3: Curva de carga en Baja Tensión para mes de octubre de 2018

4.2.2.3. Evaluación de pérdidas en el trafo

El rendimiento de un transformador se define como la relación entre la potencia cedida al exterior de la máquina por el bobinado secundario y la potencia absorbida por el primario:

$$\eta = \frac{P_1}{P_2}$$

$$\eta = \frac{P_u}{P_u + P_{cu} + P_{fe}}$$

- P_u = Potencia útil (Potencia de salida).
- P_{cu} = Pérdidas de potencia en el cobre.
- P_{fe} = Pérdidas de potencia en el hierro (pérdidas en el núcleo).

Las pérdidas en el cobre son pérdidas causadas por la impedancia de bobinado, varían según la corriente de carga en el transformador. Las pérdidas en el cobre abarcan las pérdidas por el efecto Joule en los materiales de los devanados del transformador debido a la resistencia al flujo de corriente.

Las pérdidas en el hierro del transformador, es la potencia eléctrica que se pierde debido al calor dentro del núcleo cuando este se encuentra sometido a una fuerza de magnetización. Están compuestas por: pérdidas por histéresis, pérdidas por corrientes parásitas en el hierro y pérdidas residuales.

EUROFUCAN dispone actualmente de un suministro en alta tensión, con un trafo 12/0,4 kV, que permiten tener una mayor potencia contratada y un mejor suministro.

La carga media del transformador durante el día es de tan solo un 20%, y la previsión en un futuro inmediato es que como mucho, pueda subir hasta un 35%, lo cual indica que cobre se sobra con las necesidades de la planta y que tiene capacidad para poder asumir futuras ampliaciones, siendo, a la vista de estos datos, un centro de transformación sobredimensionado en proyecto.

4.3. INSTALACIONES

4.3.1. Hornos de Tratamiento

En la planta de EUROFUCAN están instalados 5 hornos de tratamiento, tres de ellos son hornos eléctricos y los otros dos restantes son hornos de gas.

En este trabajo se prestará especial atención a los hornos eléctricos numerados como nº1, nº2 y nº5, o también llamados: hornos pequeño (nº2), mediano (nº1) y muy grande (nº5).

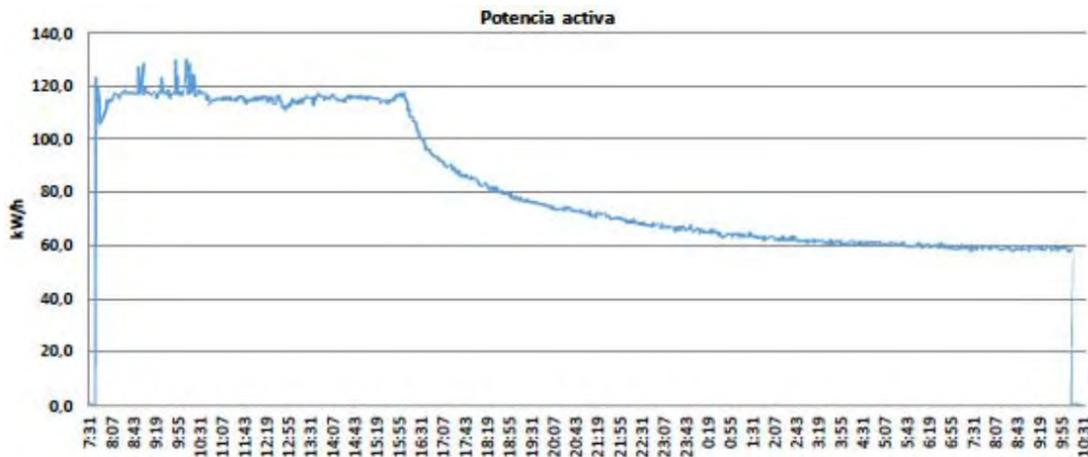
La alimentación de las resistencias, así como la regulación de la potencia de estas y el control de la temperatura se realiza mediante un cuadro de autómatas en cuyos paneles se fijan los datos de los tratamientos.



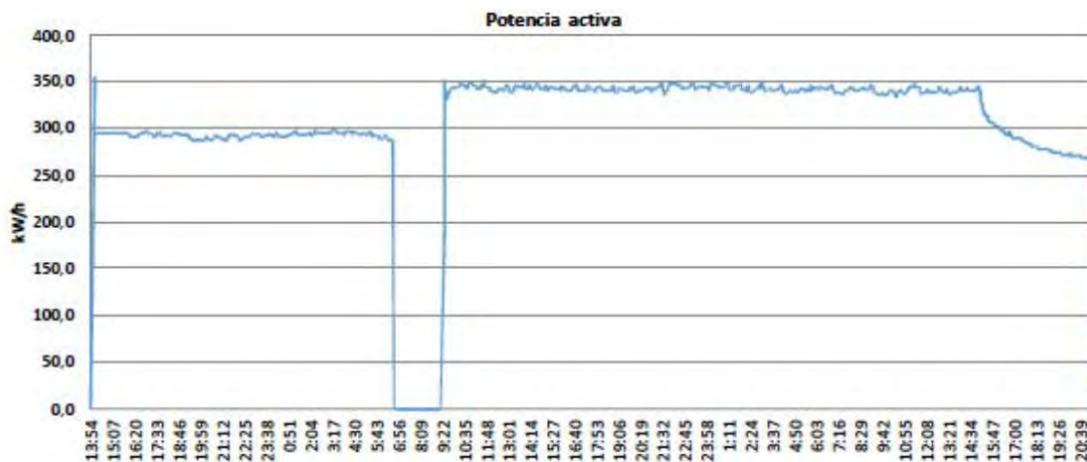
Figura 4.10: Cuadro para control de horno de tratamiento

4.3.1.1. Caracterización del consumo de los hornos

A continuación, se mostrarán las gráficas de consumo de los Hornos 2 y 5:



Gráfica 4.4: Curva de carga del Horno 2



Gráfica 4.5: Curva de carga del Horno 5

Nota: La diferencia de potencias en la curva de carga y la parada intermedia son consecuencia de la rotura de una resistencia, que se repara tras la parada intermedia, para posteriormente seguir con el tratamiento.

4.3.2. Granalladoras

EUROFUCAN cuenta con 2 equipos de granallado en sus instalaciones, una granalladora pequeña y otra con un tamaño mayor.

La granalladora de pequeño tamaño es la más antigua y tiene todos los controles manuales y está mayormente en desuso en la actualidad. La nueva (grande) cuenta con un sistema automatizado, que permite controlar todo el ciclo de granallado, lo cual ayuda a que no funcione en vacío cuando no esté granallando una pieza.

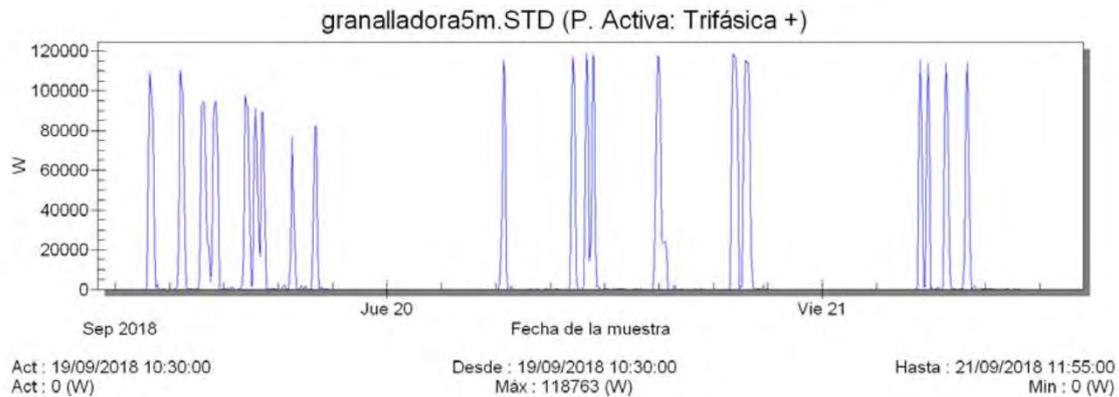
El uso de ambas máquinas se realiza en función de las necesidades de realizar este tratamiento y del tamaño de las piezas.



Figura 4.11: Granalladora grande

4.3.2.1. Caracterización del consumo de las granalladoras

A continuación, se mostrarán las gráficas de consumo de las granalladora pequeña:



Gráfica 4.6: Curva de carga de granalladora pequeña

4.3.3. Cabinas de acabado

EUROFUCAN cuenta con una serie de cabinas cerradas donde se realizan los distintos procesos de acabado de las piezas, con 2 extracciones por cabina. De forma adicional a estas cabinas, también hay una más grande para la máquina de arco aire y otras en paralelo para la inspección y la finalización de las piezas.

Todas estas cabinas cuentan con una iluminación adicional procedente de proyectores LED, tomas de conexión a la red de aire comprimido y tomas de corriente eléctrica para la maquinaria.

Todos estos procesos son manuales, por lo que no se puede optimizar el funcionamiento de la maquinaria empleada para los mismos (amoladoras en su mayoría), pero sí que se puede actuar sobre el funcionamiento de las instalaciones (iluminación extracción).

4.3.4. Aspiración de las cabinas

Dado el elevado nivel de partículas en suspensión que generan las amoladoras y el resto de maquinaria empleada en los procesos de acabado, las cabinas cuentan con 2 ventiladores de extracción en su parte posterior. Dichos ventiladores expulsan estas partículas directamente al interior de la nave, por lo que, además de generar un ambiente de suciedad en dicha zona, favorece la recirculación del aire contaminado.

4.3.4.1. Propuestas de mejora

Como medida de mejora, se propone la conducción de la salida de extracción al exterior, eliminando pérdidas de carga del ventilador, con un ahorro asociado de 1.806,12 kWh, con un coste asociado de 141,67€/año.

Medida	Inversión (€)	Ahorro económico (€/año)	Amortización (años)	Ahorro energético (kWh/año)
<i>Conducción de la salida de la extracción al exterior</i>	245,00 €	141,67 €	1,7	1.806,12

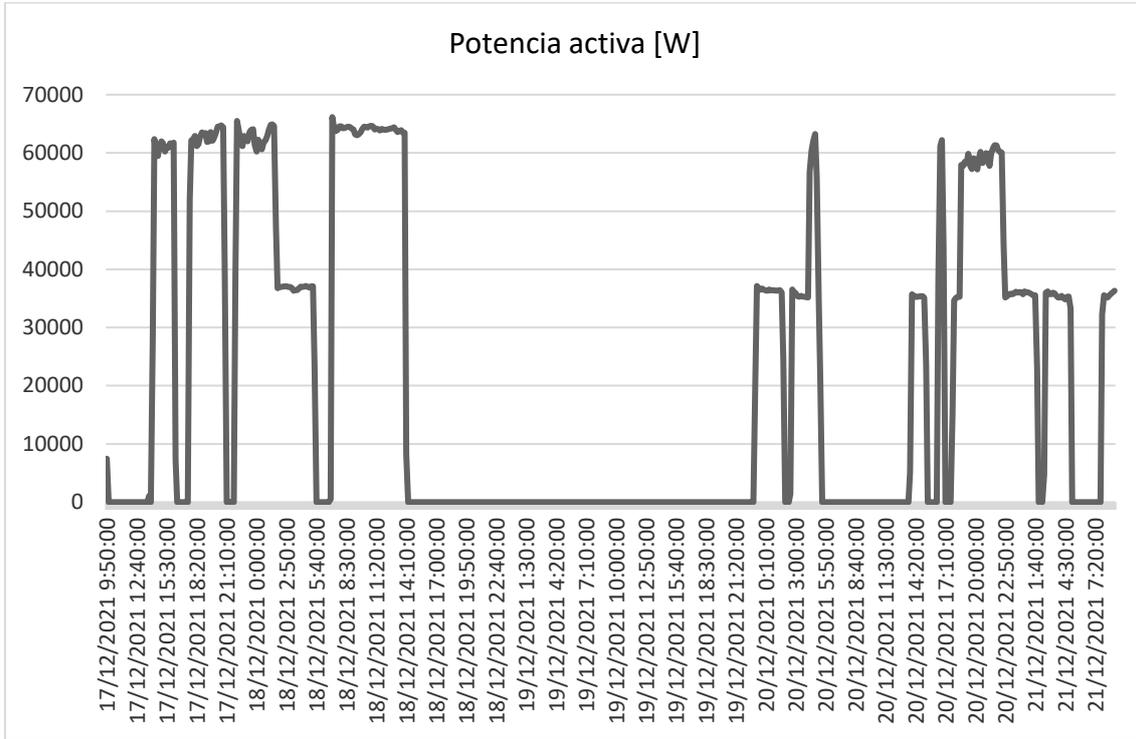
Tabla 4.2: Resumen de la propuesta de mejora

4.3.5. Aspiración cabinas arco-aire

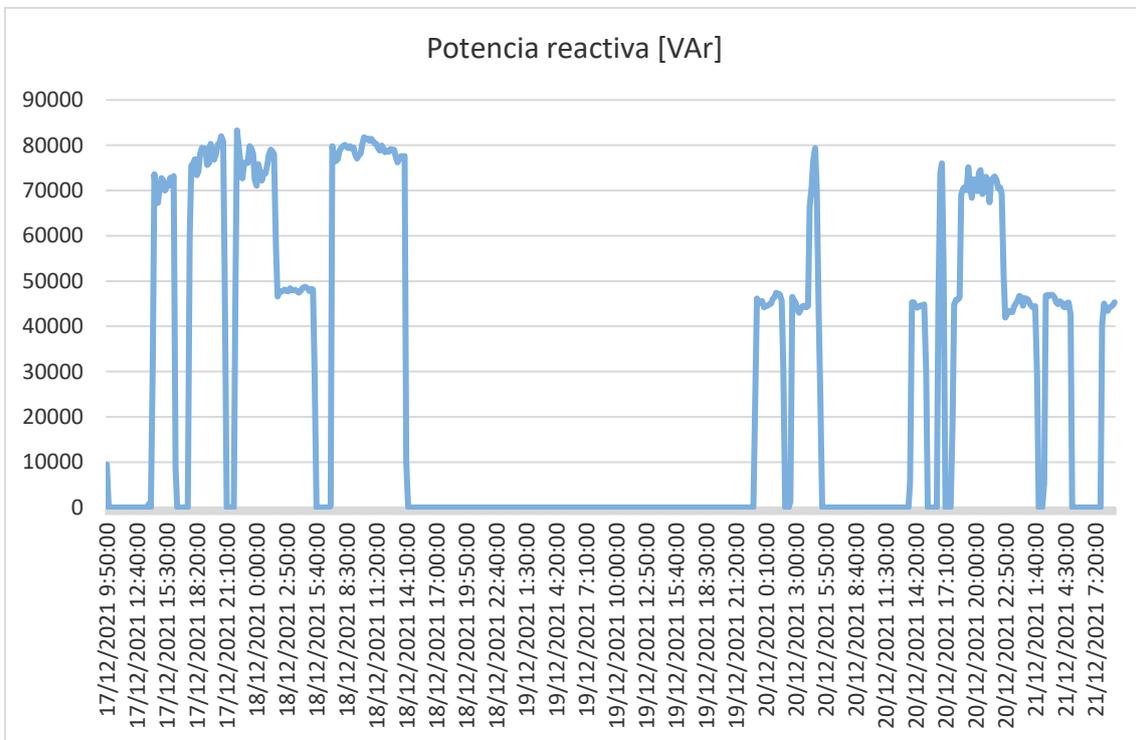
Las cabinas más grandes, las de arco-aire, tienen una extracción más grande, con un sistema de precipitación de sólidos antes de la salida. Esta extracción si está conducida hacia el exterior de la nave.

El consumo promedio de la extracción de las cabinas es de unos 613 kWh diarios para el periodo de lunes a viernes, mientras que baja a los 350 kWh los sábados, suponiendo el 7,4% del consumo energético anual de las instalaciones.

4.3.5.1. Caracterización del consumo de la aspiración



Gráfica 4.7: Curva de carga de la aspiración del arco aire. Potencia activa



Gráfica 4.8: Curva de carga de la aspiración del arco aire. Potencia reactiva



4.4. CONCLUSIONES

Como se ha mencionado anteriormente, y como se puede observar por las mediciones de consumo de los principales consumidores eléctricos de la planta en la planta de EUROFUCAN y en todas las del grupo FAED se trabaja por encargos específicos. Es decir, la producción, tanto en el volumen, como en el proceso y el producto final varía enormemente.

Esto provoca situaciones en la que, por cumplir plazos, se superpongan procesos con alto consumo eléctrico (granallado + hornos) que provocan gastos por consumo excesivo de potencia; o que por tener que realizarse de manera seguida uno tras otro, los consumos se produzcan en periodos de facturación más caros.

Esta falta de “normalización” en el proceso productivo, que afecta directamente al consumo eléctrico, tiene gran impacto en la facturación eléctrica [punto 6], pues hace imposible establecer una potencia contratada que esté completamente ajustada a los consumos (al ser estos variables en cada periodo y en cada mes).

5. ILUMINACIÓN

La iluminación es uno de los aspectos claves que deben ser analizados en una auditoría energética. En este caso, según la situación actual de iluminación se desarrollará una propuesta de mejora para obtener una situación futura más eficiente.

5.1. ILUMINACIÓN ACTUAL

Se ha realizado un inventario de los equipos de iluminación instalados en la planta, resumiéndose por zonas en la Tabla 5.1.

Se puede observar en la Gráfica 5.1 que la potencia instalada para iluminación en la planta EUROFUCAN, así como del consumo energético, corresponde a las campanas instaladas en la nave, provistas de lámparas de halogenuro metálico.



Figura 5.1: Iluminación nave



Figura 5.2: Iluminación cabinas de trabajo



Figura 5.3: Iluminación oficinas

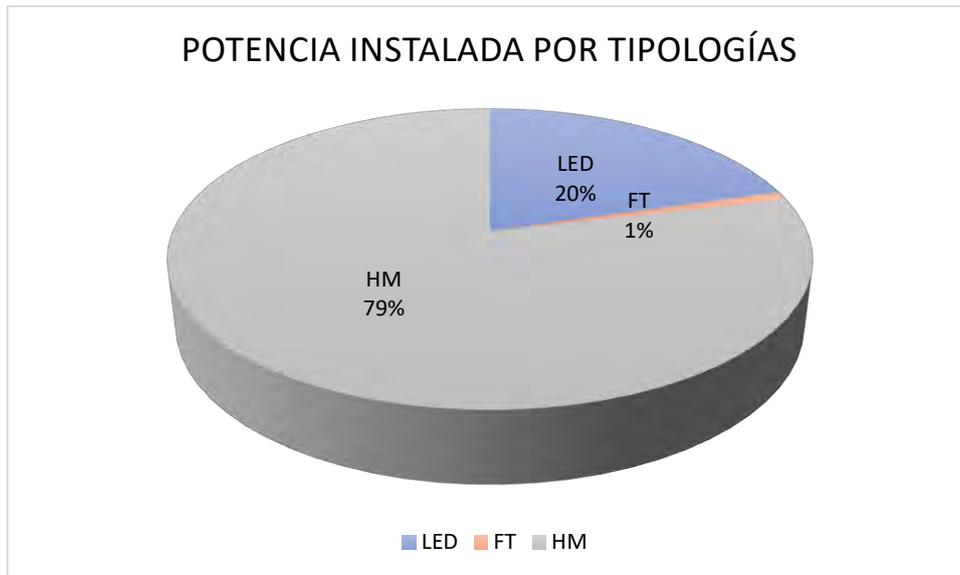
Se comprueba como en la nave, donde está la tecnología de HM, existen diversos circuitos de iluminación para reducir el número de luminarias conectadas al mínimo en cada momento. Sin embargo, se ha podido observar que rara vez se llegan a separar los circuitos y que, en la práctica, la mayor parte del tiempo de producción se mantiene encendidas todas las luminarias, independientemente también de la luz ambiente que entra por los traslucidos del techo.

El consumo al año en iluminación es de aproximadamente 95.109kWh, siendo de estos 76.775kWh a través de tecnología HM. Estas lámparas de halogenuro metálico forman luz en su interior al pasar la mezcla de gases por un arco eléctrico, estos gases internos pueden ser argón, mercurio y una variedad de haluros metálicos.

Se trata de una tecnología antigua y de bajos rendimientos, requiriendo altos consumos energéticos para unos niveles lumínicos aceptables, su principal problema es que irradia una gran cantidad de calor, perdiendo así energía y restando eficiencia a nivel energético.

Zona	Planta	Ubicación	N.º luminarias	Tipo de luminaria	P(W)/Lámpara	Tipo	P (W) Instalada	Horas uso anual	Consumo (kWh/año)
Zona nave	Planta baja	Cuarto cuadro	4	Pantalla 2x36 BE	36	FT	288	3.120	899
		Cabinas	29	Proyector LED	50	LED	1.450	3.484	5.052
		Nave	48	Campana HM 400W	400	HM	20.400	3.276	66.830
		Almacén	11	Pantalla LED	36	LED	396	2.080	824
		Vestuario	8	Pantalla LED	36	LED	288	728	210
		Cabinas centro	28	Proyector LED	50	LED	1.400	3.484	4.878
		Laterales Nave	6	Proyector HM 400W	400	HM	2.550	2.340	5.967
		Centro Nave	4	Proyector HM 400W	400	HM	1.700	2.340	3.978
Zona Oficinas	Planta baja	Recepción	9	Pantalla 600x600 LED	36	LED	324	4.680	1.516
		Recepción	8	Halógena LED	7	LED	56	4.680	262
		Pasillo nave/ Rack	6	Halógena LED	7	LED	42	1.040	44
		Rack	1	Pantalla 600x600 LED	36	LED	36	104	4
		Room 3	9	Downlight LED	7	LED	63	104	7
		Hall	11	Halógena LED	7	LED	77	4.680	360
	Planta 1	Oficina	14	Pantalla 600x600 LED	36	LED	504	2.600	1.310
		Dir. Financiero	2	Pantalla 600x600 LED	36	LED	72	2.080	150
		Room 1	8	Pantalla 600x600 LED	36	LED	288	1.040	300
		Pasillo	6	Halógena LED	7	LED	42	3.380	142
		Dir. General	8	Pantalla 600x600 LED	36	LED	288	1.820	524
		Metcoex	7	Pantalla 600x600 LED	36	LED	252	3.120	786
		Room 2	8	Pantalla 600x600 LED	36	LED	288	780	225
		WC	10	Halógena LED	7	LED	70	780	55
Rest Room	5	Pantalla 600x600 LED	36	LED	180	1.040	187		
Dir. RRHH	8	Pantalla 600x600 LED	36	LED	288	2.080	599		
Total			258				31.342	2.286	95.109

Tabla 5.1: Inventario de iluminación interior en EUROFUCAN



Gráfica 5.1: Potencia instalada por tipologías en la iluminación de EUROFUCAN

5.2. PROPUESTA DE MEJORA: CAMBIO A TECNOLOGÍA LED

La iluminación de la nave actual cuenta con luminarias de halogenuro metálico (HM) y fluorescencia tubular (FT).

Halogenuro metálico

Las principales desventajas de la tecnología por halogenuro metálicos son:

- Precio elevado.
- Descarga inestable que implica distintas apariencias de color.
- Rango limitado de posiciones.
- Duración escasa en comparación con otras tecnologías.
- Utilización de materiales nocivos para el medio ambiente. [20]

Fluorescencia tubular

Si nos centramos en la tecnología FT, es decir en las luminarias fluorescentes, estas lámparas son de descarga de vapor de mercurio a baja presión y su principal ventaja es su eficiencia energética. Como desventajas se encuentran:

- Factor de potencia bajo.
- Requieren compensación de energía reactiva.
- Pueden producir efecto estroboscópico.
- No son aptas para la proyección.
- Las potencias que presentan son relativamente pequeñas y esto limita la altura de su instalación.
- La luz ofrecida es poco direccional.

- Utilización de materiales nocivos para el medio ambiente. [20]

Debido a esto se propone una sustitución de la iluminación actual por una nueva con tecnología LED. A través de esta propuesta se pretende reducir el consumo energético y garantizar un ahorro económico.

LED

Un LED (Lighting Emitting Diode) es un diodo capaz de emitir luz. Su funcionamiento consiste en que un electrón al pasar de la banda de conducción a la de valencia, pierde energía la cual se manifiesta en forma de fotón desprendido, con una amplitud, dirección y fase aleatorias. [21]

Las luminarias LED tiene muchas ventajas:

- Gran eficiencia.
- Durabilidad.
- No contiene materiales nocivos.
- Reducido consumo eléctrico.
- No consumen prácticamente energía reactiva.
- Totalmente regulables.

Sin duda, este tipo de tecnología es la mejor elección debido a su eficiencia, rendimiento y seguridad. [20]

5.2.1. Estudio económico

Para la valoración se ha tenido en cuenta la potencia actual instalada, la potencia aproximada de los equipos que ofrecían un servicio adecuado en dicha tecnología, las horas de uso y los precios de mercado de todos los equipos totalmente instalados.

En las siguientes tablas se muestran las luminarias de sustitución, las cuales se han elegido teniendo en cuenta la potencia óptima de la instalación, las horas de uso, el ahorro económico, la inversión necesaria para cada luminaria, su amortización y el ahorro en kWh si se realiza el cambio.

Para aquellas luminarias para las que el periodo de amortización supere los 4 años, no se recomienda su cambio.

Pantalla LED 25W. Zona nave: Cuarto cuadro.								
Año	Coste compra electricidad [€/kWh]	Potencia Instalada (actual) [kW]	Potencia Instalada (LED) [kW]	Ahorro potencia [kW]	Horas uso año	Flujo de Caja	Flujo de caja acumulado	Valor actual neto
0		0.288	0	0	3120	- 147,00 €	- 147,00 €	-
1	0,08619	0,288	0,1	0,188	3120	50,56 €	- 96,44 €	- 97,44 €
2	0,08834	0,288	0,1	0,188	3120	51,82 €	- 44,62 €	- 47,63 €
3	0,09055	0,288	0,1	0,188	3120	53,11 €	8,49 €	2,42 €
4	0,09282	0,288	0,1	0,188	3120	54,44 €	62,93 €	52,72 €
5	0,09514	0,288	0,1	0,188	3120	55,80 €	118,74 €	103,26 €

Tabla 5.2: Cuadro de rentabilidad para proyecto de cambio de iluminación en Cuarto cuadro

Campana LED. Zona nave: Nave.								
Año	Coste compra electricidad [€/kWh]	Potencia Instalada (actual) [kW]	Potencia Instalada (LED) [kW]	Ahorro potencia kW	Horas uso año	Flujo de Caja	Flujo de caja acumulado	Valor actual neto
0	0,08404	20,4	0	20,4	3276	- 5.584,08 €	- 5.584,08 €	-
1	0,08619	20,4	7,2	13,2	3276	3.727,13 €	- 1.856,95 €	- 1.856,95 €
2	0,08834	20,4	7,2	13,2	3276	3.820,31 €	1.963,36 €	1.963,36 €
3	0,09055	20,4	7,2	13,2	3276	3.915,82 €	5.879,18 €	5.879,18 €
4	0,09282	20,4	7,2	13,2	3276	4.013,71 €	9.892,89 €	9.892,89 €
5	0,09514	20,4	7,2	13,2	3276	4.114,06 €	14.006,95€	14.006,95 €

Tabla 5.3: Cuadro de rentabilidad para proyecto de cambio de iluminación en Nave

Proyector LED 150W. Zona nave: Laterales nave.								
Año	Coste compra electricidad [€/kWh]	Potencia Instalada (actual) [kW]	Potencia Instalada (LED) [kW]	Ahorro potencia [kW]	Horas uso año	Flujo de Caja	Flujo de caja acumulado	Valor actual neto
0	0,08404	2,55	0	0	2340	- 418,50 €	- 418,50 €	-
1	0,08619	2,55	0,9	1,65	2340	332,78 €	- 85,72 €	- 92,25 €
2	0,08834	2,55	0,9	1,65	2340	341,10 €	255,38 €	235,61 €
3	0,09055	2,55	0,9	1,65	2340	349,63 €	605,01 €	565,07 €
4	0,09282	2,55	0,9	1,65	2340	358,37 €	963,37 €	896,15 €
5	0,09514	2,55	0,9	1,65	2340	367,33 €	1.330,70 €	1.228,84 €

Tabla 5.4: Cuadro de rentabilidad para proyecto de cambio de iluminación en Laterales nave

Proyector LED 150W. Zona nave: Centro nave.								
Año	Coste compra electricidad [€/kWh]	Potencia Instalada (actual) [kW]	Potencia Instalada (LED) [kW]	Ahorro potencia [kW]	Horas uso año	Flujo de Caja	Flujo de caja acumulado	Valor actual neto
0	0,08404	1,7	0	0	2340	- 279,00 €	- 279,00 €	-
1	0,08619	1,7	0,6	1,1	2340	221,85 €	- 57,15 €	- 61,50 €
2	0,08834	1,7	0,6	1,1	2340	227,40 €	170,25 €	157,07 €
3	0,09055	1,7	0,6	1,1	2340	233,08 €	403,34 €	376,71 €
4	0,09282	1,7	0,6	1,1	2340	238,91 €	642,25 €	597,43 €
5	0,09514	1,7	0,6	1,1	2340	244,88 €	887,13 €	819,23 €

Tabla 5.5: Cuadro de rentabilidad para proyecto de cambio de iluminación en Centro nave

Como se puede observar en las tablas anteriores, en todos los casos se considera viable la sustitución de los equipos de iluminación actuales por tecnología LED.

Medida	Inversión	Ahorro económico [€/año]	Amortización [años]	Ahorro energético [kWh/año]
<i>Sustitución de equipos de iluminación actuales por tecnología LED</i>	6.428,58 €	4.554,42 €	1,71	50264,76

Tabla 5.6: Resumen de la propuesta

5.3. PROPUESTA DE MEJORA: INSTALAR CONTROL AUTOMÁTICO DE ILUMINACIÓN

La implantación de sistemas de control reduce costes energéticos y de mantenimiento de la instalación, e incrementa la flexibilidad del sistema de iluminación. Este control permite realizar encendidos selectivos y regulación de las luminarias durante diferentes periodos de actividad, o según el tipo de actividad cambiante a desarrollar.

Estos sistemas se apagan, encienden y regulan según detectores de movimiento y presencia, células de nivel por la luz natural o calendarios y horarios preestablecidos.

Un control de alumbrado bien concebido puede ahorrar en dos sentidos:

- Haciendo buen uso de la luz natural, para reducir los niveles de la luz artificial cuando sea posible.
- Apagando el alumbrado artificial cuando el espacio a iluminar no esté ocupado.

Se distinguen 4 tipos fundamentales:

1. Regulación y control bajo demanda del usuario por interruptor manual, pulsador, potenciómetro o mando a distancia.
2. Regulación de la iluminación artificial según aporte de luz natural por ventanas, cristaleras, lucernarios o claraboyas.



3. Control del encendido y apagado según presencia en la sala.
4. Regulación y control por un sistema centralizado de gestión.

Con el fin de lograr el mejor aprovechamiento de la energía consumida se propone la instalación de un control adaptativo de la iluminación en las luminarias LED de las oficinas. [22]

5.3.1. Regulación DALI

El DALI (Digital Addressable Lighting Interface) es un sistema de iluminación que incorpora un sistema de gestión y monitorización de la iluminación para poder regularla según necesidades.

DALI es una interfaz común para todos los componentes del sistema de iluminación que permite controlar todo el sistema de manera digital.

Ventajas

- Fácil planificación: La planificación de la línea de control puede estar completamente separada de la planificación de las fuentes de alimentación
- Sencilla instalación: No necesita cableado especial.
- Menos componentes: No se necesitan relés para conmutar las luminarias.
- Máxima flexibilidad: Los grupos de luz no tienen un cableado duro.
- Cambios sincronizados: Cambia de una escena lumínica a otra sin sincronismo.
- Consulta de estado de lámpara: Detección de lámparas defectuosas.
- Integración en sistemas inteligentes: Las instalaciones DALI pueden ser integradas en los sistemas existentes de automatización de edificios.

Componentes

- Controlador DALI: Recibe la información de todo el sistema de iluminación, la procesa y ejecuta las órdenes programadas.
- DALI Drivers: Memoria integrada en cada luminaria que almacena toda la información sobre el dispositivo.
- Elementos de control: ejecutan una acción preprogramada como encender, apagar o regular un grupo de luminarias.
- Alimentación DALI: Alimentan el bus DALI.
- Sensores y detectores: Sensores de luminosidad o presencia. Con ellos se pueden configurar distintas órdenes en función de su estado.
- Repetidores: Amplificador de señal para poder realizar la instalación correctamente, en caso de ser esta de gran tamaño (opcional).
- Convertidores: Sistemas que permiten unir al sistema DALI otros equipos que no pertenecen al mismo (opcional).
- Actuadores DALI: Módulos de control externos
- Software DALI: Programa que permite realizar todas las configuraciones de los elementos anteriormente descritos. [24] [25]

Ejemplo de instalación básica

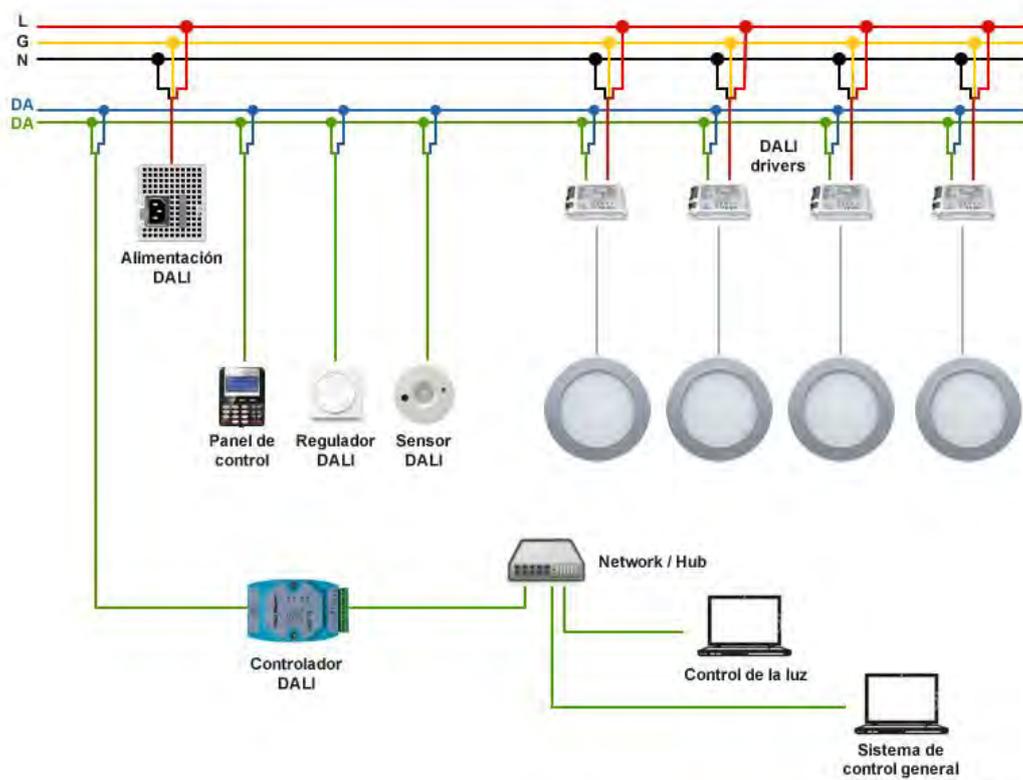


Figura 5.4: Esquema de instalación básica del sistema DALI

5.3.1.1. Instalación

El edificio de oficinas tiene cubiertas dos de sus fachadas por grandes cristalerías que dejan pasar gran cantidad de luz durante todo el año. Dichas cristalerías no son completamente transparentes y dejan pasar la luz natural sin que se produzcan molestias por deslumbramiento.

Como se puede observar en el inventario de iluminación (Tabla 5.1) las luminarias del pasillo que une las oficinas con la nave tienen 1040 horas de uso anuales, mientras que las del pasillo de la planta 1 de las oficinas tienen 3380 horas de uso anuales, a pesar de ser ambas zonas de paso.

Es por ello por lo que se propone la instalación de un sistema de control de la iluminación artificial de la zona de oficina, que ya cuenta actualmente con iluminación LED, en función tanto del aporte de luz natural, como mediante sensores de presencia.



Figura 5.5: Fachada de oficinas

5.3.1.2. Valoración económica

Aunque sería necesario un estudio más detallado con un proyecto técnico, se cifra de manera provisional el coste total de la instalación en unos 6.000€. Este precio incluiría la instalación del sistema DALI y la compra de todos los componentes.

De la misma forma se estima que el sistema de regulación de la iluminación supondrá un ahorro en el consumo anual de un 80% respecto al actual. Teniendo en cuenta que las luminarias que más consumo tiene en la zona de oficina son también las que mejor ubicadas están en cuanto al aporte de luz natural.

Sistema de regulación DALI							
Año	Coste compra electricidad (€/kWh)	Consumo actual [kWh/año]	Consumo con regulación	Ahorro consumo	Flujo de Caja	Flujo de caja acumulado	Valor actual neto
0	0,08404	6.471	-	0	- 6.000,00 €	- 6.000,00 €	-
1	0,08619	6.471	1617,75	4853,25	418,30 €	- 5.581,70 €	- 5.589,90 €
2	0,08834	6.471	1617,75	4853,25	428,76 €	- 5.152,94 €	- 5.177,79 €
3	0,09055	6.471	1617,75	4853,25	439,48 €	- 4.713,46 €	- 4.763,66 €
4	0,09282	6.471	1617,75	4853,25	450,47 €	- 4.263,00 €	- 4.347,50 €
5	0,09514	6.471	1617,75	4853,25	461,73 €	- 3.801,27 €	- 3.929,30 €
6	0,09752	6.471	1617,75	4853,25	473,27 €	- 3.328,00 €	- 3.509,05 €
7	0,09995	6.471	1617,75	4853,25	485,10 €	- 2.842,90 €	- 3.086,74 €
8	0,10245	6.471	1617,75	4853,25	497,23 €	- 2.345,67 €	- 2.662,36 €
9	0,10501	6.471	1617,75	4853,25	509,66 €	- 1.836,01 €	- 2.235,90 €
10	0,10764	6.471	1617,75	4853,25	522,40 €	- 1.313,61 €	- 1.807,35 €
11	0,11033	6.471	1617,75	4853,25	535,46 €	- 778,15 €	- 1.376,70 €
12	0,11309	6.471	1617,75	4853,25	548,85 €	- 229,30 €	- 943,93 €
13	0,11592	6.471	1617,75	4853,25	562,57 €	333,27 €	- 509,05 €
14	0,11881	6.471	1617,75	4853,25	576,63 €	909,90 €	- 72,03 €
15	0,12178	6.471	1617,75	4853,25	591,05 €	1.500,95 €	367,13 €
16	0,12483	6.471	1617,75	4853,25	605,83 €	2.106,78 €	808,44 €

Sistema de regulación DALI							
Año	Coste compra electricidad (€/kWh)	Consumo actual [kWh/año]	Consumo con regulación	Ahorro consumo	Flujo de Caja	Flujo de caja acumulado	Valor actual neto
17	0,12795	6.471	1617,75	4853,25	620,97 €	2.727,75 €	1.251,91 €
18	0,13115	6.471	1617,75	4853,25	636,50 €	3.364,25 €	1.697,56 €
19	0,13443	6.471	1617,75	4853,25	652,41 €	4.016,65 €	2.145,39 €
20	0,13779	6.471	1617,75	4853,25	668,72 €	4.685,37 €	2.595,42 €

Tabla 5.7: Cuadro de rentabilidad económica para instalación de sistema de regulación DALI

Podemos concluir que el proyecto para la instalación de un sistema de regulación de la iluminación DALI no es viable a nivel económico dado que su periodo de amortización es de 14,12 años, muy superior a los 5 años que habíamos considerado como límite.

6. ANÁLISIS DE FACTURACIÓN ELÉCTRICA

En este apartado se realiza un análisis de la facturación energética, con el fin de aclarar los conceptos asociados con la misma, así como optimizar las principales variables implicadas.

Las instalaciones de EUROFUCAN se suministran en alta tensión desde un centro de transformación de la compañía eléctrica que inyecta la energía eléctrica al centro de transformación de EUROFUCAN, de 2000 kVA, pasando entre ambos por un centro de seccionamiento. [13]

EUROFUCAN tiene dado de alta un contrato en alta tensión con tarifa 6.1A, de 6 periodos para instalaciones entre 12 kV y 36 kV y una potencia contratada para todos los periodos de 750 kW.

La factura se compone de dos elementos principales:

- **Término de potencia:** Determina el precio que debe abonar el usuario en función de la potencia contratada. En el caso de las facturas en 6 periodos con una potencia superior a 450 kW, encontramos distintos conceptos: potencia contratada, potencia demandada, exceso de potencia.
- **Término de consumo:** Establece el consumo realizado en cada uno de los periodos. En caso de que solo se haya consumido en periodos determinados, también aparecerá en la factura.
En este término también aparecerá reflejada la energía reactiva. El cliente tendrá que abonar una penalización económica si la energía reactiva supera más del 33% de la energía consumida. [14]

En EUROFUCAN se factura por separado el término de potencia y el de consumo, pagándose el de potencia a Viesgo Energía, S. L y el de consumo a Axpo Iberia, S.L.

6.1. FACTURACIÓN PREVIA A JUNIO 2021

Las características del contrato de distribución muestran en la siguiente tabla:

CUPS	ES0027460000033112BK0F					
Contrato	Viesgo Energía, S. L					
Tarifa	6.1A /Alta tensión					
Potencia Contratada (kW)	P1	P2	P3	P4	P5	P6
	750	750	750	750	750	750
Precio Término Potencia (€/kW año)	39,13942	19,58665	14,33417	14,33417	14,33417	6,54017

Tabla 6.1: Detalles del contrato de suministro eléctrico. Febrero 2021

En el actual mercado eléctrico existen diversas formas de adquirir la energía eléctrica, siendo la más común contratar un precio fijo. Sin embargo, en EUROFUCAN se utiliza el sistema de compra de electricidad indexada al pool.

Las características del contrato de comercialización se muestran en la siguiente tabla:

CUPS	ES0027460000033112BK0F			
Contrato	Axpo Iberia, S. L			
Tarifa	6.1A			
Energía Precio Indexado	Energía P1	Energía P2	Energía P3	Aportación Fondo de Eficiencia
Precio (€/kWh)	0,057813	0,045511	0,032764	0,000263

Tabla 6.2: Detalles del contrato de comercialización eléctrica. Febrero 2021

6.1.1. 6 periodos

La tarifa contratada, previa cambio de sistema de facturación, es de tipo 6.1 A. Es decir, una factura en 6 periodos.

Las tarifas de luz con 6 periodos son aquellas que se pueden contratar en puntos de suministro con una potencia superior a 450 kW y conectados a la red de alta tensión. Estas tarifas son las utilizadas en instalaciones de alto rendimiento productivo.

Se caracterizan por establecer un total de seis periodos horarios para el término de potencia como para el término de consumo.

Tarifa	Tensión	Potencia
6.1A	Entre 1 y 30kV	Igual o superior a 450kW
6.1B	Entre 30 y 36kV	Igual o superior a 450kW
6.2	Entre 36 y 72kV	Sin restricción
6.3	Entre 72,5 y 145kV	Sin restricción
6.4	Superior a 145kV	Sin restricción
6.5	Conexiones internacionales	Sin restricción

Tabla 6.3: Tarifas 6.X

La tarifa de luz de 6 periodos se caracteriza porque el usuario puede contratar una determinada potencia eléctrica para cada periodo. El número de kilovatios contratado siempre debe ser igual o superior al contrato en el anterior periodo. [15]

6.1.2. Indexada al pool

La facturación indexada es en la cual se factura al cliente el precio real de la energía y los costes de operación del sistema.

A precios indexados no existen periodos. El cliente acuerda pagar el precio que marca el mercado mayorista OMIE (Operador del Mercado Ibérico de Energía) horariamente. Por lo que los kWh consumidos a esa hora se pagan al precio mayorista que marca esa hora. OMIE es el único que puede establecer estos precios en función de la oferta y la demanda nacional y no la comercializadora, que tan solo añade un simple coste de gestión. [15]



Figura 6.1: Precio diario mensual del mercado. OMIE

6.2. FACTURACIÓN DESPUÉS DE JUNIO 2021

Con la entrada de las nuevas tarifas de luz, en junio de 2021, las tarifas 6.X (6.1A, 6.1B, 6.2, 6.4 y 6.5) han pasado a ser 6.XTD (6.1TD, 6.2TD, 6.3TD y 6.4TD).

Tarifa	Tensión
6.1TD	Entre 1 y 30kV
6.2TD	Entre 30 y 72,5kV
6.3TD	Entre 72,5 y 145kV
6.4TD	Superior a 145kV

Tabla 6.4: Tarifas 6.XTD

Este cambio supone algunas modificaciones respecto a las tarifas usadas hasta ahora, pero mantienen sus características principales:

- Están destinadas para puntos de suministro de alta tensión.
- Establecen 6 periodos de consumo y seis periodos de potencia.
- La potencia de cada periodo debe ser igual o superior a la contratada en el periodo anterior. [16]

Algunos de los principales novedades:

- En la 3.1A, pasa de 3 periodos a 6, en energía y en potencia.
- Hay muchos cambios en los horarios de los periodos.
- Sin potencia mínima.
- Facturación de excesos de potencia. [17]

6.2.1. Horarios de la tarifa 6.XTD

Los nuevos periodos tarifarios para las tarifas 6.XTD varían por temporadas eléctricas (alta, media alta, media y baja) y en función de los días de la semana (5 calificaciones para los días según la temporada).

Mes	Temporada
Enero	Alta
Febrero	Alta
Marzo	Media Alta
Abril	Baja
Mayo	Baja
Junio	Media
Julio	Alta
Agosto	Media
Septiembre	Media
Octubre	Baja
Noviembre	Media Alta
Diciembre	Alta

Tabla 6.5: Temporadas eléctricas. Península

Tipo A	Lunes a viernes no festivos de temporada ALTA
Tipo B1	Lunes a viernes no festivos de temporada MEDIA ALTA
Tipo B	Lunes a viernes no festivos de temporada MEDIA
Tipo C	Lunes a viernes no festivos de temporada BAJA
Tipo D	Sábados, domingos, festivos y 6 de enero

Tabla 6.6: Tipos de día

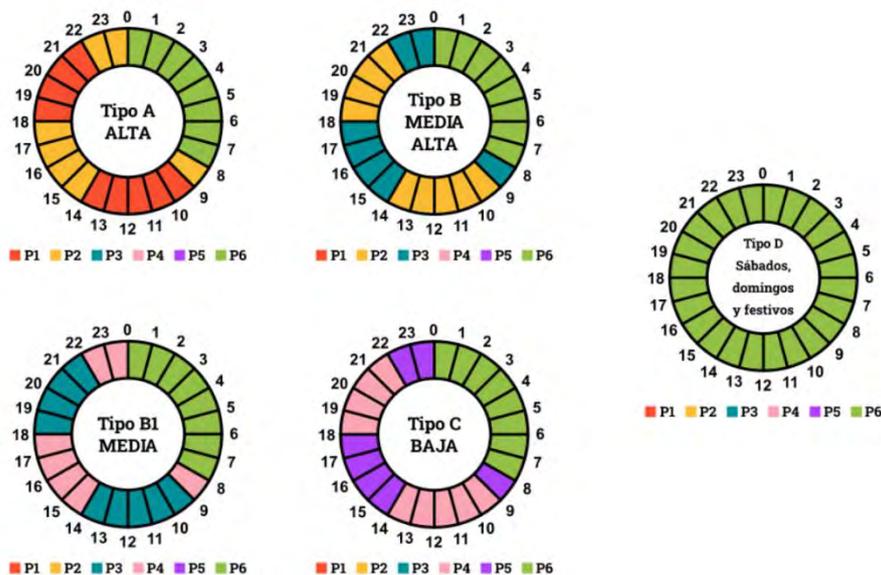


Figura 6.2: Horas de cada periodo, según el tipo de día

6.2.2. Facturación

En la factura se incluirán los siguientes conceptos:

- Término de potencia ATR= Potencia contratada x Precio potencia a TR.
- Término de energía ATR= Consumo x Precio Energía ATR.
- Excesos potencia energía reactiva.
- Alquiler equipos de medida (si es propiedad de la distribuidora).

6.3. ANÁLISIS DE CONSUMO Y GASTO

Para conseguir realizar un análisis global del proceso productivo en este establecimiento industrial y poder proponer mejoras desde el punto de vista de la eficiencia energética es esencial realizar un correcto estudio de los consumos energéticos.

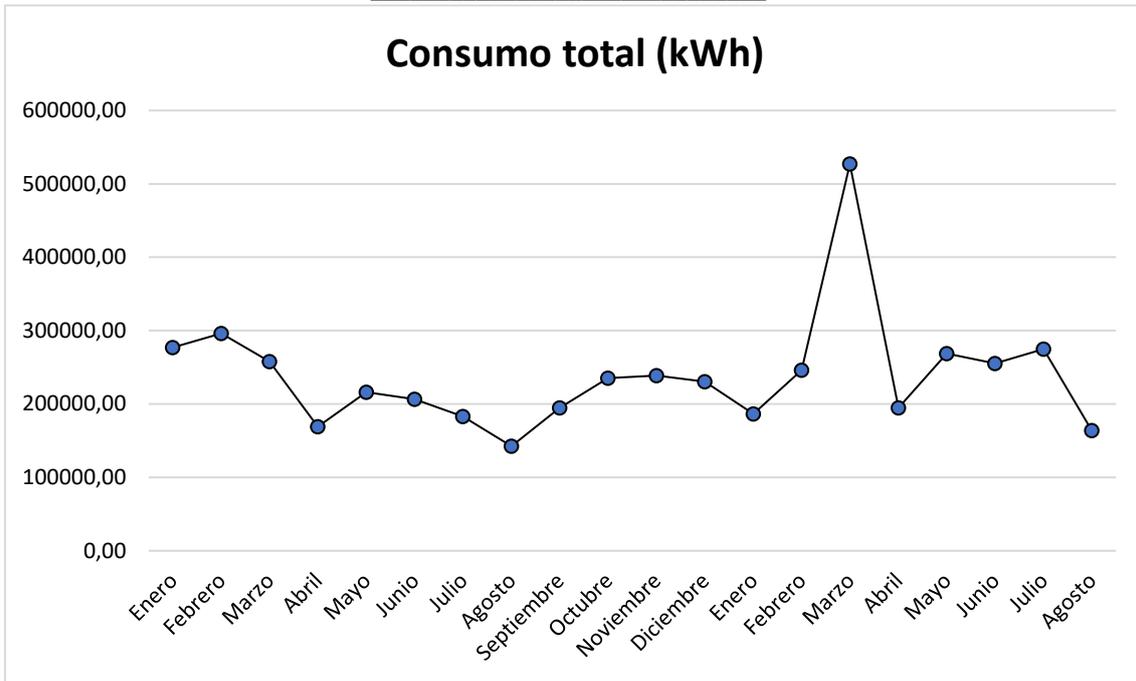
Igual de importante es conocer el coste específico y final de dichos consumos.

Este análisis supone un aspecto clave tanto en el proceso productivo como desde el punto de vista energético con respecto a la demanda final de energía y el rendimiento que la empresa obtiene de ella y sus posibles implicaciones medioambientales.

A continuación, se detalla las cantidades de energía en kWh y los precios de esta en el periodo desde enero de 2020 a agosto de 2021, desglosado por meses, así como los costes por término de potencia, energía y excesos de potencia.

Mes	kWh	Término de energía	Término de potencia	Excesos de potencia	Total
Enero	277176,00	19.594,18 €	14.743,66 €	1.037,10 €	34.337,84 €
Febrero	296171,00	18.461,22 €	14.770,29 €	1.635,90 €	33.231,51 €
Marzo	258010,00	12.811,32 €	10.811,19 €	477,32 €	23.622,51 €
Abril	169315,00	5.489,95 €	4.433,99 €	725,75 €	9.923,94 €
Mayo	215981,00	8.936,00 €	4.507,44 €	78,09 €	13.443,44 €
Junio	206628,00	10.950,16 €	9.372,94 €	17,13 €	20.323,10 €
Julio	183037,00	10.961,34 €	12.077,68 €	- €	23.039,02 €
Agosto	142517,00	8.691,27 €	3.193,64 €	- €	11.884,91 €
Septiembre	194663,00	13.275,60 €	9.813,63 €	7,87 €	23.089,23 €
Octubre	235278,00	14.665,87 €	6.782,32 €	109,59 €	21.448,19 €
Noviembre	238813,00	16.551,41 €	10.037,80 €	13,13 €	26.589,21 €
Diciembre	230450,00	16.992,68 €	13.331,32 €	258,75 €	30.324,00 €
Enero	186701,00	18.234,26 €	12.352,30 €	379,56 €	30.586,56 €
Febrero	245978,00	13.451,18 €	13.252,95 €	936,03 €	26.704,13 €
Marzo	527124,00	45.901,36 €	11.624,40 €	710,99 €	57.525,76 €
Abril	194898,00	19.835,63 €	9.394,39 €	114,18 €	29.230,02 €
Mayo	268859,00	27.593,34 €	10.300,27 €	469,50 €	37.893,61 €
Junio	255371,00	33.173,38 €	11.477,68 €	579,89 €	44.651,06 €
Julio	274739,00	36.931,11 €	17.555,20 €	1.242,10 €	54.486,31 €
Agosto	163753,00	25.249,40 €	10.221,97 €	166,53 €	35.471,37 €

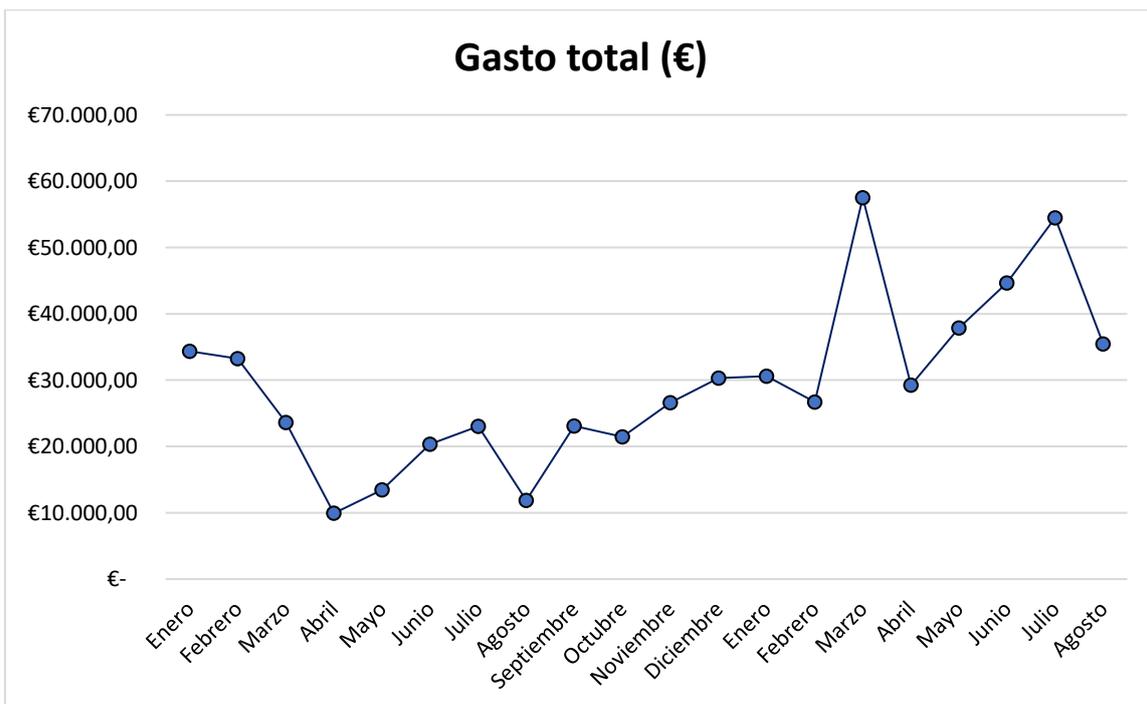
Tabla 6.7 Resumen del consumo de electricidad



Gráfica 6.1: Consumo de energía eléctrica

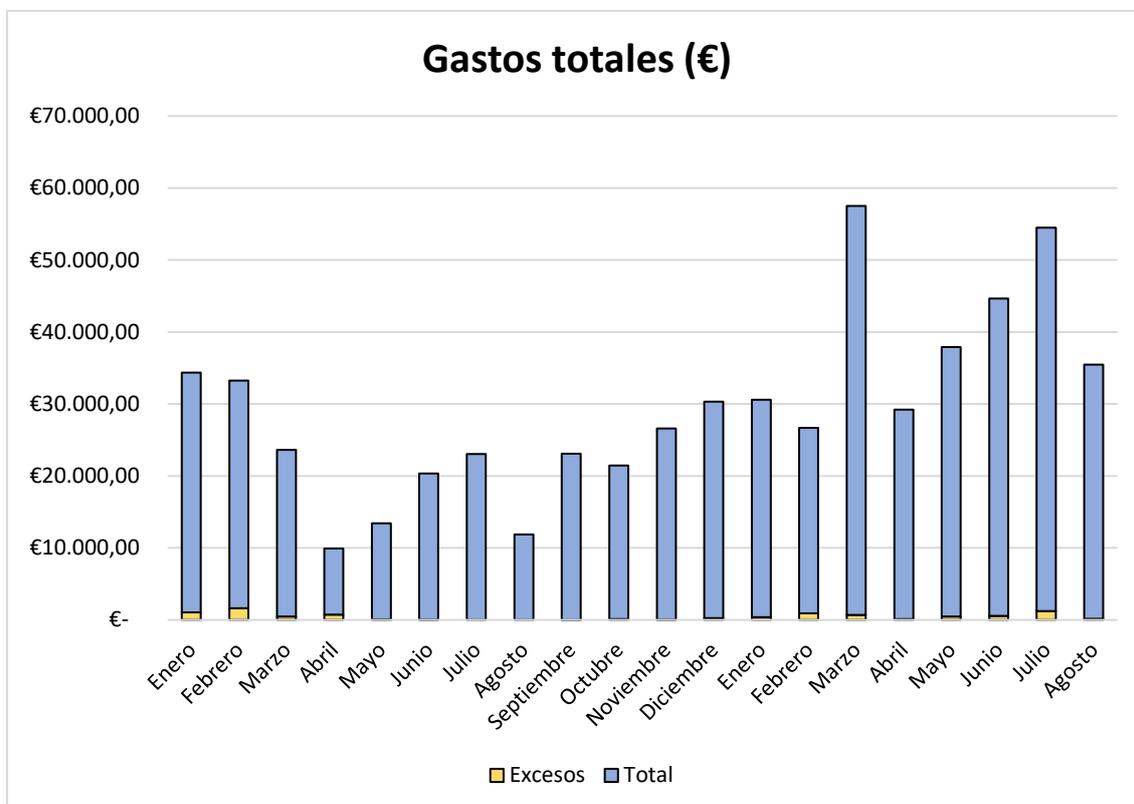
Se puede observar en el Gráfico 6.1 que la demanda de energía eléctrica se ha mantenido aproximadamente constante en todo el periodo estudiado, a excepción del mes de marzo de 2021 en el que se produce un pico de consumo.

Haciendo una comparativa de ambos años podemos observar que, en los meses de abril, mayo junio y julio de 2020 hay un menor consumo que en sus correspondientes del año 2021, debido al impacto producido por el Covid-19, a pesar de que la diferencia no es demasiado significativa.



Gráfica 6.2: Gasto total en energía eléctrica

Comparando la Gráfica 6.1 con la Gráfica 6.2 podemos observar que tienen, lógicamente, formas similares y que los máximos y mínimos de consumo también se reflejan en los gastos. No obstante, en la Gráfica 6.2 también se puede observar una tendencia a la alta mostrando el aumento en los precios de la electricidad.



Gráfica 6.3: Gastos totales en energía eléctrica, mostrando excesos de potencia

En la Gráfica 6.3 se puede comprobar que los pagos por superar la potencia contratada, aunque suponen poco porcentaje al pago final, son constantes durante todo el periodo de tiempo estudiado.

6.3.1. Reparto del consumo eléctrico por periodos de facturación

En las siguientes tablas podemos ver los consumos de electricidad en los diferentes periodos de las tarifas 6.1A durante el año 2020, con esta comparativa podemos extraer el porcentaje de consumo referente a cada periodo en la facturación y saber en qué periodo existe más consumo y en cuál menos.

Mes	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total
Enero	60758,00	97911,00	0,00	0,00	0,00	118507,00	277176,00
Febrero	59919,00	96460,00	0,00	0,00	0,00	139792,00	296171,00
Marzo	0,00	0,00	62999,00	84840,00	0,00	110171,00	258010,00
Abril	0,00	0,00	0,00	0,00	91767,00	77548,00	169315,00
Mayo	0,00	0,00	0,00	0,00	114851,00	101130,00	215981,00
Junio	24865,00	27015,00	25021,00	39970,00	0,00	89757,00	206628,00
Julio	49697,00	52861,00	0,00	0,00	0,00	80479,00	183037,00
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	142517,00	142517,00
Septiembre	0,00	0,00	40958,00	71550,00	0,00	82155,00	194663,00

Mes	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total
Octubre	0,00	0,00	0,00	0,00	122627,00	112651,00	235278,00
Noviembre	0,00	0,00	48898,00	74838,00	0,00	115077,00	238813,00
Diciembre	47383,00	77669,00	0,00	0,00	0,00	105398,00	230450,00
Porcentaje	8,49%	11,96%	6,50%	10,03%	13,29%	49,72%	2417589,00

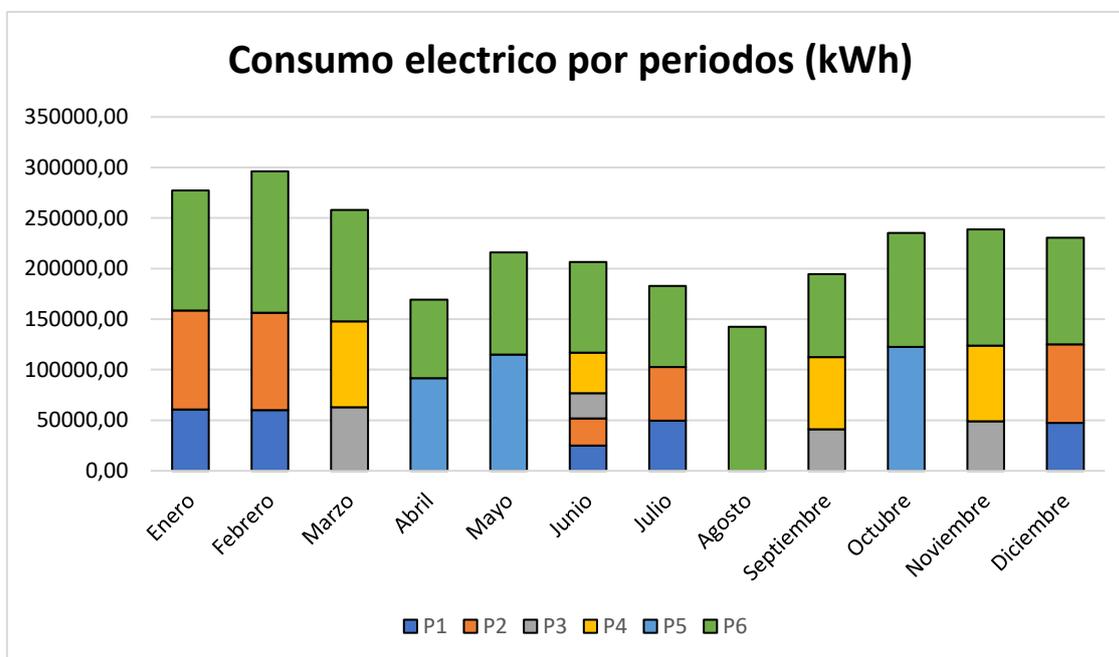
Tabla 6.8: Reparto de consumo por periodos. Año 2020

En el siguiente gráfico, basado en la tabla anterior, podemos apreciar como el periodo de mayor consumo eléctrico es el periodo número 6, con un porcentaje del 49,72%. Durante este periodo se produce la mitad del consumo del total de la facturación.

Por el contrario, el periodo en donde se registra el menor consumo es el periodo número 3, con un porcentaje de 6,50%.

Si analizamos estos porcentajes podemos ver que la mayor parte del consumo se realiza durante el periodo número 6, el cual corresponde con el tramo horario de 0:00-8:00 horas, siendo este periodo el de menor coste, por tanto, podemos ver que este establecimiento industrial concentra el mayor porcentaje del consumo durante los periodos más baratos.

Es muy importante tener en cuenta que actividades o actuaciones del proceso productivo son las que generan un gran consumo de energía para el establecimiento para así concentrarlas en los tramos horarios donde el precio de la electricidad sea lo más barato posible, de esta manera se conseguirá optimizar de forma importante la actividad productiva.



Gráfica 6.4: Consumo eléctrico de cada periodo en kWh. Año 2020

6.3.2. Reparto de consumo de energía reactiva por periodos de facturación

Mes	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total
Enero	4491,00	6143,00	0,00	0,00	0,00	4475,00	15109,00
Febrero	5850,00	6902,00	0,00	0,00	0,00	3773,00	16525,00
Marzo	0,00	0,00	5541,00	6509,00	0,00	3727,00	15777,00
Abril	0,00	0,00	0,00	0,00	29799,00	15533,00	45332,00
Mayo	0,00	0,00	0,00	0,00	7950,00	2365,00	10315,00
Junio	1463,00	2219,00	1634,00	3940,00	0,00	1685,00	10941,00
Julio	1701,00	1929,00	0,00	0,00	0,00	1021,00	4651,00
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6576,00	6576,00
Septiembre	0,00	0,00	4190,00	8136,00	0,00	2865,00	15191,00
Octubre	0,00	0,00	0,00	0,00	19052,00	9479,00	28531,00
Noviembre	0,00	0,00	10408,00	17892,00	0,00	24778,00	53078,00
Diciembre	18287,00	30074,00	0,00	0,00	0,00	33229,00	81590,00
Porcentaje	10,47%	15,57%	7,17%	12,01%	18,71%	36,07%	303616,00

Tabla 6.9: Reparto de consumo de energía reactiva. Año 2020

Consumo reactiva por periodo y año		2020
Periodo 1	kVArh	31792,00
	Porcentaje	10,47%
Periodo 2	kVArh	47267,00
	Porcentaje	15,57%
Periodo 3	kVArh	21773,00
	Porcentaje	7,17%
Periodo 4	kVArh	36477,00
	Porcentaje	12,01%
Periodo 5	kVArh	56801,00
	Porcentaje	18,71%
Periodo 6	kVArh	109506,00
	Porcentaje	36,07%

Tabla 6.10: Reparto de consumo de energía reactiva por periodo y año

En las tablas anteriores podemos ver que el consumo de energía reactiva de cada periodo de la tarifa en cada mes del año 2020, así como los porcentajes de consumo de los seis periodos.

Podemos observar como el periodo de mayor consumo de energía reactiva es el periodo número 6, con un porcentaje de 36,07%. Durante este periodo de consumo poco más de un tercio del total de la energía reactiva de la instalación en el año 2020. El periodo donde se registra menor consumo de energía reactiva es el número 3. Con un porcentaje del 7,17%.

Observando estos porcentajes podemos ver que guardan relación con el consumo de energía activa y con los respectivos periodos de mayor y menor consumo.

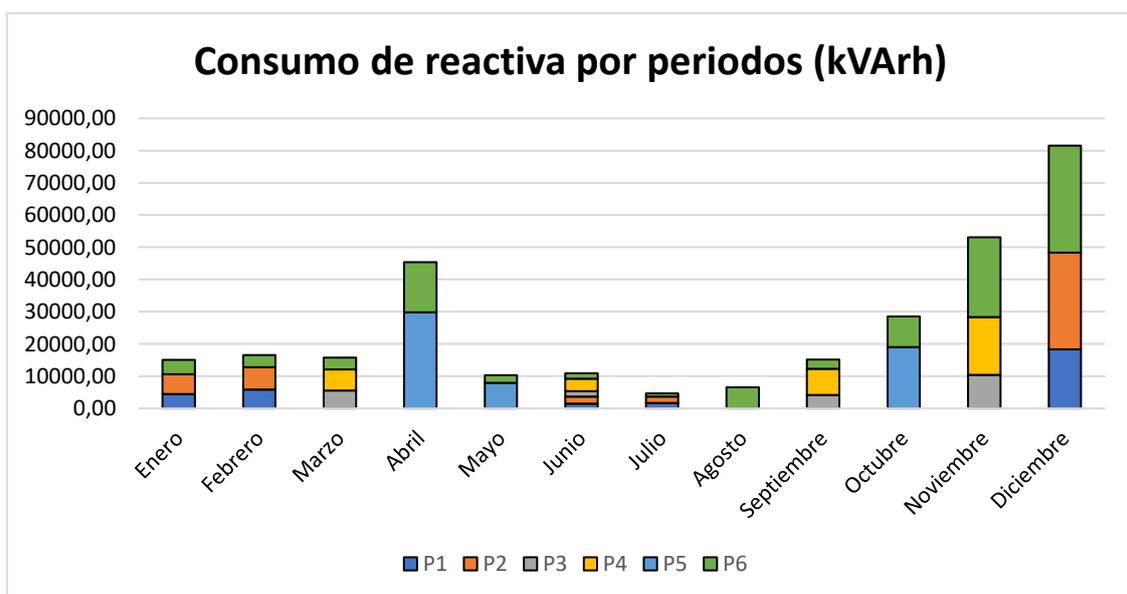
Cabe destacar que en ninguno de los meses del año se registra ninguna penalización por consumo de energía reactiva; es decir, en ningún mes el consumo de energía reactiva supera el 33% de la energía activa consumida. Esto se debe a que la nave ya dispone de

una batería de condensadores para que el factor de potencia se mantenga constante en cifras en las que no se genere una penalización por consumo de energía reactiva.



Figura 6.3: Instalación de condensadores en planta

Es importante disponer de equipos que controlen el factor de potencia en términos adecuados debido a que la penalización por consumo de energía reactiva supone un gasto extra para el establecimiento.



Gráfica 6.5: Consumo de reactiva de cada periodo (kVArh). Año 2020

6.4. PROPUESTAS DE MEJORA: OPTIMIZACIÓN DE POTENCIA

De cara al ahorro económico es importante que la potencia contratada se ajuste al requerimiento real de la instalación. Se deben evitar las dos situaciones siguientes:

- Pagar más potencia de la que realmente se necesita
- Pagar penalizaciones por consumir más potencia de la que se tiene contratada.

EUROFUCAN tiene un contrato de suministro sujeto a la Tarifa 6.1TD, para la cual se puede contratar cualquier valor de potencia en los periodos que van del P1 al P6, siendo la potencia contratada en alguno de los periodos mayor de 450 kW.

Actualmente las potencias contratadas por periodo en EUROFUCAN con las siguientes:

Periodo	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Potencia Actual (kW)	750	750	750	750	750	750

Tabla 6.11: Potencias contratadas para cada uno de los periodos

La potencia por facturar en cada periodo tarifario será la potencia contratada (P1, P2,...P6), siempre que no se sobrepase en cualquier periodo la potencia contratada en el mismo.

$$\text{Coste Potencia año} = P1 \times Tp_1 + P2 \times Tp_2 + P3 \times Tp_3 + P4 \times Tp_4 + P5 \times Tp_5 + P6 \times Tp_6$$

La facturación del exceso de potencia en facturas del tipo 6.XTD está tabulada según el tipo de factura y los puntos de medida. Para las facturas 6.1TD con una potencia contratada superior a 450 kW se pueden dar los casos de:

- Si el equipo registra medida cuartohoraria: Hay un exceso de potencia cuando se alcanza a nivel cuartohorario una potencia superior a la potencia contratada. Se penalizará el exceso de potencia en cada cuarto de hora.
- Si el equipo solo registra medida horaria: Hay un exceso de potencia cuando se alcanza a nivel horario una potencia superior a la contratada. Se considera la misma potencia demandada en todos los cuartos de hora de esa hora en la que hay penalización.

En ambos casos la facturación del exceso de potencia responderá a la siguiente fórmula:

$$F_{EP} = \sum_{p=1}^i K_p * t_{ep} * \sqrt{\sum_{j=1}^n (P_{dj} - P_{Cp})^2}$$

Donde:

- F_{EP} = Facturación en concepto de excesos de potencia.
- K_p = Relación de precios por periodo horario p , calculada como el cociente entre el término de potencia del periodo p respecto del término de potencia del periodo 1 del peaje correspondiente.

- t_{ep} = Término de exceso de potencia, expresado en €/kW, del peaje correspondiente.
- P_{dj} = Potencia demandada en cada uno de los periodos horarios p en que se haya sobrepasado P_{cp} , expresada en kW.
- P_{cp} = Potencia contratada en el periodo horario p , expresada en kW.
- i = Número de periodos horarios de los que consta el término de facturación de potencia del peaje correspondiente. [17]

6.4.1. Ajustar potencia contratada

En su día se contrató una potencia de 750 kW en todos los periodos atendiendo a la previsión de que se añadirían nuevos aparatos a la nave que aumentarían la potencia necesaria para el funcionamiento. A pesar de esto se ha podido comprobar en el apartado anterior que de manera regular se superan estos 750 kW de potencia contratada suponiendo unos gastos por excesos de potencia.

En este apartado se estudiará si es rentable aumentar la potencia contratada o por el contrario lo adecuado es permanecer con la actualmente contratada y asumir los pagos por excesos, siendo estos menores que el aumento de pago al aumentar la potencia contratada.

Mes	P1 (kW)	P2 (kW)	P3 (kW)	P4 (kW)	P5 (kW)	P6 (kW)	Total
Enero	305,00	519,00	-	-	-	-	824,00
Febrero	568,00	692,00	-	-	-	49,00	1309,00
Marzo	-	-	233,00	419,00	-	164,00	816,00
Abril	-	-	-	-	1039,00	-	1039,00
Mayo	-	-	-	-	119,00	-	119,00
Junio	-	-	8,00	10,00	-	-	18,00
Julio	-	-	-	-	-	-	0,00
Agosto	-	-	-	-	-	-	0,00
Septiembre	-	-	6,00	6,00	-	-	12,00
Octubre	-	-	-	-	167,00	-	167,00
Noviembre	-	-	18,00	2,00	-	-	20,00
Diciembre	107,00	72,00	-	-	-	17,00	196,00
Enero	122,00	184,00	-	-	-	-	306,00
Febrero	307,00	416,00	-	-	-	75,00	798,00
Marzo	-	-	420,00	430,00	-	508,00	1358,00
Abril	-	-	-	-	174,00	-	174,00
Mayo	-	-	-	-	709,00	14,00	723,00
Junio	-	-	224,15	96,41	-	6,38	326,95
Julio	406,00	290,00	-	-	-	4,30	700,30
Agosto	-	-	93,90	-	-	-	93,90

Tabla 6.12: Reparto de exceso de potencias consumida en kW

En la Tabla 6.12 se puede observar los datos de excesos de potencia consumida, extraídos de las facturas eléctricas, en el periodo desde enero de 2020 a agosto de 2021, en kW.

De los datos expuestos en la Tabla 6.12 se pueden extraer la media anual, y la desviación media de la misma, así como la comparación entre los datos del año 2020 y 2021. Estos parámetros estadísticos permitirán realizar estimaciones a futuro:

- *Media anual₂₀₂₀ = 376,67 kW*
- *Media Enero-Agosto₂₀₂₀ = 515,62 kW*
- *Media Enero-Agosto₂₀₂₁ = 560,02 kW*
- *Desviación media anual₂₀₂₀ = 413,55 kW*

De la similitud de los datos comparativos de los años 2020 y 2021 podemos estimar que el comportamiento en cuanto al consumo de potencia es similar todos los años y que la media del año 2021 será similar a la del año 2020, es por ello por lo que se usarán los datos de consumo del año 2020 como base para calcular los efectos de un cambio en la potencia contratada a futuro.

Detalle Factura

Días facturados: 31							
	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6	Importe €
Potencia contratada (KW)	750,000	750,000	750,000	750,000	750,000	750,000	
Precio término potencia peaje (€/KW/día)	0,05820601	0,05820601	0,03159109	0,02387958	0,00153496	0,00153496	
Importe Término Potencia Peaje (€)	1.353,29	1.353,29	734,49	555,20	35,69	35,69	4.067,65
Energía Activa consumida (KWh)	0,00	0,00	53.661,00	40.125,00	0,00	69.967,00	
Precio término de energía activa peaje (€/KWh)	0,01883800	0,01547900	0,00911000	0,00578200	0,00032800	0,00032800	
Importe Término de Energía Peaje (€)	0,00	0,00	488,85	232,00	0,00	22,95	743,80
Exceso de potencia (KW)			93,895				
Precio Término Exceso de Potencia (KW)	1,40640000	1,40640000	1,40640000	1,40640000	1,40640000	1,40640000	
Importe Exceso de Potencia (€)			132,05				132,05
Exceso de Energía Reactiva (Kvarh)	0,00	0,00	3.658,87	2.809,75	0,00	0,00	
Precio Exceso Reactiva (€/Kva)	0,06233200	0,06233200	0,04155400	0,04155400	0,00000000	0,00000000	
Importe Exceso de Reactiva (€)			152,04	116,76			268,80
Precio Término potencia Cargos (€/KW/día)	0,02545371	0,01273839	0,00925589	0,00925589	0,00925589	0,00424228	
Importe Término Potencia Cargos (€)	591,80	296,17	215,20	215,20	215,20	98,63	1.632,20
Precio Término de Energía Activa Cargos (€/KWh)	0,03205300	0,02374300	0,01282100	0,00641100	0,00410900	0,00256400	
Importe Término de Energía Cargos (€)	0,00	0,00	687,99	257,24	0,00	179,40	1.124,63
Alquiler del equipo de medida (€)							71,34
Impuesto eléctrico (%)	0,05						407,44
Base imponible (€)							8.447,91
Iva 21% (€)							1.774,06
Total Factura (€)							10.221,97

Figura 6.4: Detalle de factura Viesgo. Agosto 2021

De las facturas disponibles (suministradas por la empresa) se han extraído los datos de *Precio término de potencia peaje* y *Precio Término exceso de Potencia*, que se muestran en la Figura 6.4.

Parámetro	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Precio término de potencia peaje	0,05820601	0,05820601	0,03159109	0,02387958	0,00153496	0,00153496
Precio término exceso de potencia	1,40640000	1,40640000	1,40640000	1,40640000	1,40640000	1,40640000

Tabla 6.13: Parámetros de precio de consumo de potencia, y excesos.

Con estos datos se puede determinar cuánto dinero cuesta tener contratada una determinada potencia, y cuánto dinero cuesta superar dicha potencia contratada y que contabilice como exceso de potencia.

Con los datos expresados en las Tablas 6.12 y 6.13 se ha procedido a realizar una estimación de los gastos para el año 2022 valorando distintas opciones de potencias contratadas.

6.4.1.1. Aumento de potencia en todos los periodos

En un primer lugar se valora la opción de mantener la misma potencia en todos los periodos, como se lleva haciendo hasta el momento de este estudio:

ESTIMACIÓN 2022				
Potencia contratada (kW)	Exceso de potencia media (kW)	Gasto por exceso de potencia	Gasto por potencia contratada	Total
750	376,67	6.356,93 €	47.893,33 €	54.250,26 €
800	317	5.349,95 €	51.086,21 €	56.436,16 €
850	269,33	4.545,48 €	54.279,10 €	58.824,58 €
1050	135,25	2.282,59 €	67.050,66 €	69.333,25 €

Tabla 6.14: Estimación de gastos por consumo de potencia. Año 2022

Se puede observar que a medida que aumenta la potencia contratada el precio final también aumenta, a pesar de reducir los gastos por excesos de potencia, que son a priori más grandes (por ser el *Precio término exceso de potencia* mayor que el término *Precio término de potencia peaje*).

Esto se puede explicar observando el parámetro estadístico calculado anteriormente: *Desviación media anual₂₀₂₀*, que nos daba un valor de 413,55 kW. El hecho de ser este valor tan elevado indica que los valores de excesos de potencia individuales están lejanos a la media anual. Esto provoca que, al aumentar la potencia contratada en todos los meses y periodos de facturación, si valoramos el precio provocado por los excesos de potencia, haya un gran número de valores a los que no les afecta o les afecta mínimamente, y que sin embargo tienen el mismo impacto económico respecto a los gastos por potencia contratada.

6.4.1.2. Aumento de potencia por periodos

Como se ha explicado en apartados anteriores las facturas de 6 periodos permiten contratar distintas potencias por periodos siempre que el número de kilovatios contratados sea igual o superior al contratado en el anterior periodo.

Es por esto por lo que en este apartado se plantea la opción de aumentar la potencia en los últimos periodos, manteniendo la misma en los primeros.

En primer lugar, se pretende calcular hasta qué periodo, empezando por el número 6, es conveniente aumentar la potencia, sabiendo de base que hacerlo en todos no lo es. Para ello se plantea aumentar la potencia contratada hasta los 800 kW y variar el número de periodos a los que se aplica este cambio.

Periodos	Exceso de potencia media	Gasto por exceso de potencia	Gasto por potencia contratada	Total
P6	367	6.193,79 €	47.949,35 €	54.143,14 €
P5 y P6	354,67	5.985,64 €	47.949,35 €	53.934,99 €
P4, P5 y P6	348,83	5.887,19 €	48.385,15 €	54.272,34 €

Tabla 6.15: Contrato de 800 kW para distintos periodos

Como se puede observar en la Tabla 6.15 lo más rentable es aumentar la potencia en los periodos 5 y 6, dejando el resto con el contrato actual.

Una vez se sabe a qué es conveniente aplicar el ajuste de potencia y a cuáles dejar con la potencia actualmente contratada, el siguiente paso es determinar en cuánto hay que aumentar dicha potencia.

ESTIMACION 2022				
Potencia contratada	Exceso de potencia media	Gasto por exceso de potencia	Gasto por potencia contratada	Total
750	376,67	6.356,93 €	47.893,33 €	54.250,26 €
800	354,66	5.985,64 €	47.949,35 €	53.934,99 €
850	337,83	5.701,55 €	48.005,38 €	53.706,93 €
900	323,75	5.463,86 €	48.061,40 €	53.525,26 €
950	317	5.349,95 €	48.117,43 €	53.467,38 €
1000	312,83	5.279,63 €	48.173,46 €	53.453,09 €
1050	308,66	5.209,31 €	48.229,48 €	53.438,79 €

Tabla 6.16: Estimación de gastos para 2022, según potencia contratada en los periodos 5 y 6

Se puede observar en la Tabla 6.16 que a medida que se aumenta la potencia contratada en los periodos 5 y 6 disminuye el gasto. Sin embargo, el impacto que tiene cada vez es menor, llegando en el último caso a suponer un beneficio anual de 14,30€ lo que no compensaría el gasto inicial por cambio de potencia.

Esto se debe a que, en agosto de 2020, en el periodo 5, se produjo un exceso de potencia de 1039 kW esta media es la mayor de todas las obtenidas en el año y medio de datos disponibles. Por ello, por mucho que se aumente la potencia contratada en el periodo 5, siempre afectará a los excesos de potencia, por esa medida en concreto, que no es representativa del funcionamiento habitual de la instalación.

Sin embargo, y a pesar de no ser unas estimaciones completamente fiables, de este estudio podemos extraer que a pesar de que el exceso de potencia solo se encuentre en un mes, en uno de los periodos (5 o 6), es rentable aumentar la potencia contratada. Pues los excesos de potencia tienen el mismo precio en todos los periodos, pero la potencia contratada en los periodos 5 y 6 es 15 veces más barata que en el periodo 4 y hasta 38 veces más barata que en el periodo 1.

Es por esto y dado que la media de excesos de potencia para el periodo 5, sin contar los datos que superan la desviación media, es de 153,33 kW que se recomienda actualizar la potencia contratada de los periodos 5 y 6 a los 900 kW.

ESTIMACION 2022				
Potencia contratada	Exceso de potencia media	Gasto por exceso de potencia	Gasto por potencia contratada	Total
<i>Sin cambios</i>	376,67	6.356,93 €	47.893,33 €	54.250,26 €
<i>Con actualización de potencia</i>	323,75	5.463,86 €	48.061,40 €	53.525,26 €

Tabla 6.17: Comparativa de gastos aplicando actualización de potencia

Suponiendo esta medida una inversión inicial de 96,18€ como pago a la compañía por actualización de medida y aportando un beneficio de 750€ anuales.

7. INSTALACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS

Debido al alto coste de la energía eléctrica y al compromiso de la empresa con el medio ambiente, se propone la instalación de fuentes de energía renovable que sirvan para el autoabastecimiento de electricidad por parte de la planta de EUROFUCAN. La mejor manera de hacerlo es mediante la instalación de paneles fotovoltaicos en la cubierta de la nave.

Dado que las instalaciones de EUROFUCAN tiene un uso continuo durante el día y que la cubierta es bastante grande, la instalación de paneles fotovoltaicos para autoconsumo permitirá demandar menos energía eléctrica a la red en las horas de luz natural, con el consiguiente ahorro energético.



Figura 7.1: Cubierta de la nave de EUROFUCAN

7.1. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

7.1.1. Fundamentos

El fundamento de la energía solar fotovoltaica es el aprovechamiento de la radiación solar a través de su transformación directa en energía eléctrica. Esto se consigue gracias al efecto fotoeléctrico.

El efecto fotoeléctrico implica que: el arco que se forma entre dos electrodos conectados a corriente en alta tensión logra alcanzar mayores distancias si es iluminado por luz ultravioleta, por el contrario, si no se ilumina las distancias son mucho menores. La explicación a este suceso se debe al fenómeno en el que los fotones extraen los electrones de un material a través de impactos contra la superficie. Este choque provoca un movimiento en los electrones que genera una corriente eléctrica. [28]

7.1.2. Radiación solar

La radiación solar es la energía emitida por el Sol, la cual se propaga en todas direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Emitida por la superficie solar, esta energía determina la dinámica de los procesos atmosféricos y climatológicos.

La radiación solar se mide en superficie horizontal mediante un sensor de radiación o piranómetro, que se sitúa orientado al sur y en un lugar libre de sombras. Los datos se recogen en unidades de potencia, vatios por metro cuadrado (W/m^2), en todas las estaciones meteorológicas y tiende a hacerse en intervalos de diez minutos o de 24 horas para establecer medias. [29]

7.1.3. Ventajas e inconvenientes

Las principales ventajas de la energía solar fotovoltaica son:

- Se trata de un recurso totalmente ilimitado ya que procede de una fuente de energía 100% renovable.
- Es una fuente de energía gratuita.
- No se producen emisiones contaminantes o nocivas.
- Los costes de operación son muy bajos.
- El mantenimiento requerido es sencillo y con un coste reducido.
- Se puede integrar en construcciones ya existentes sin necesidad de grandes obras.
- La vida útil de una instalación solar es de 25 años mínimo, aunque hay muchas que superan los 30 años y siguen funcionando.
- Los módulos solares pueden ser instalados en prácticamente cualquier lugar sin que supongan perjuicios a su entorno.

En el lado contrario, las principales desventajas de las instalaciones solares fotovoltaicas son:

- La inversión inicial es grande. Esto se debe a los altos costes de los materiales necesarios, así como los asociados a su instalación.
- La producción eléctrica no se puede garantizar, depende totalmente de la climatología.
- Con la tecnología actual, los elementos que permiten almacenar energía son todavía demasiado caros y no tienen el grado de fiabilidad deseable. [28]

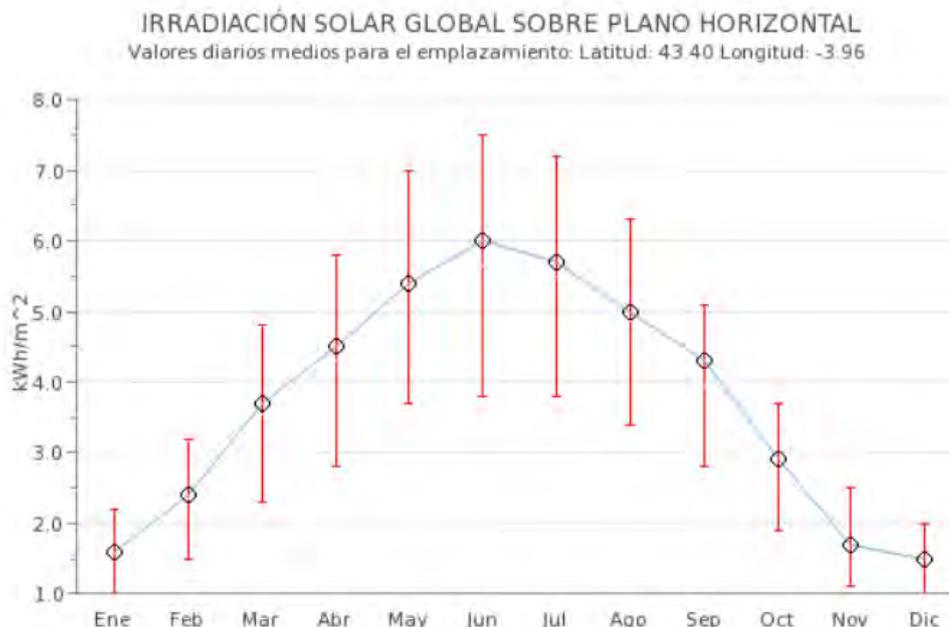
7.2. INSTALACIÓN

7.2.1. Parámetros técnicos

Teniendo en cuenta la superficie de cubierta disponible (aquella orientada al sur, y no ocupada por los paneles traslúcidos), se considera que el número de paneles que se pueden instalar en la cubierta es de 245 unidades. Estos paneles serán placas solares de cristal policristalino de 1,70 m x 1 m con 265Wp, haciendo una potencia total instalada de 64,9 kWp.

Por otro lado, para caracterizar de manera correcta la instalación es fundamental conocer las horas teóricas de producción anuales equivalentes y los kWh teóricos anuales de la instalación debido a que dependen de la latitud a la que se encuentren los paneles, la irradiación solar sobre el plano horizontal, la corrección atmosférica, la inclinación con la que vamos a realizar el montaje, la orientación de los paneles y su rendimiento:

- EUROFUCAN se encuentra en el polígono industrial de Requejada (Cantabria), por lo tanto, latitud: 43º.
- El valor de la corrección atmosférica será 1, debido a que se utilizan valores de 0,95 si nos encontramos en un ambiente con elevada contaminación y 1,05 en ambientes limpios, este caso sería un término medio.
- La irradiación solar sobre el plano horizontal (H (kWh/m²)) en la ubicación de EUROFUCAN se muestra en los siguientes gráfico y tabla:



Gráfica 7.1: Irradiación solar en la zona de la planta

(kWh/m ²)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Percentil 75	2.2	3.2	4.8	5.8	7.0	7.5	7.2	6.3	5.1	3.7	2.5	2.0
Valor medio	1.6	2.4	3.7	4.5	5.4	6.0	5.7	5.0	4.3	2.9	1.7	1.5
Percentil 25	1.0	1.5	2.3	2.8	3.7	3.8	3.8	3.4	2.8	1.9	1.1	1.0

Tabla 7.1: Valores de irradiación solar en la zona de la planta

- Obtenemos la inclinación de los paneles teniendo en cuenta el factor K para una latitud de 43º sabiendo que este debe tener su valor máximo para todo el año.

LATITUD = 43°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,08	1,07	1,05	1,03	1,02	1,02	1,02	1,04	1,06	1,08	1,1	1,09
10	1,15	1,12	1,09	1,06	1,04	1,03	1,04	1,07	1,11	1,16	1,19	1,18
15	1,22	1,18	1,13	1,08	1,05	1,03	1,05	1,09	1,15	1,23	1,27	1,26
20	1,28	1,22	1,16	1,09	1,05	1,03	1,05	1,1	1,19	1,29	1,35	1,33
25	1,33	1,26	1,18	1,1	1,04	1,02	1,04	1,11	1,22	1,34	1,42	1,4
30	1,37	1,29	1,2	1,1	1,03	1	1,03	1,11	1,24	1,38	1,48	1,45
35	1,41	1,31	1,2	1,09	1,01	0,98	1,01	1,1	1,25	1,42	1,52	1,5
40	1,43	1,33	1,2	1,07	0,98	0,95	0,98	1,09	1,25	1,44	1,56	1,54
45	1,45	1,33	1,19	1,05	0,95	0,91	0,95	1,06	1,24	1,45	1,59	1,57
50	1,46	1,33	1,17	1,02	0,91	0,87	0,91	1,03	1,23	1,46	1,61	1,58
55	1,46	1,32	1,15	0,98	0,86	0,82	0,86	1	1,21	1,45	1,62	1,59
60	1,45	1,3	1,12	0,94	0,81	0,76	0,81	0,95	1,17	1,44	1,62	1,59
65	1,43	1,27	1,08	0,89	0,75	0,7	0,75	0,9	1,13	1,41	1,61	1,58
70	1,41	1,23	1,03	0,83	0,69	0,64	0,69	0,84	1,09	1,38	1,58	1,56
75	1,37	1,19	0,98	0,77	0,62	0,57	0,62	0,78	1,03	1,34	1,55	1,53
80	1,33	1,14	0,92	0,7	0,55	0,49	0,55	0,71	0,97	1,28	1,51	1,49
85	1,28	1,08	0,85	0,63	0,47	0,42	0,47	0,64	0,9	1,22	1,45	1,44
90	1,22	1,02	0,78	0,56	0,4	0,34	0,39	0,56	0,83	1,16	1,39	1,38

Tabla 7.2: Valores del factor K para Latitud: 43º.

La mejor inclinación de los paneles teniendo en cuenta la latitud de la planta (46º) es de 35º.

- Los paneles fotovoltaicos se instalarían en la cubierta de la nave que está orientada al sur (Figura 7.2).



Figura 7.2: Cubierta de la nave con situación de los paneles

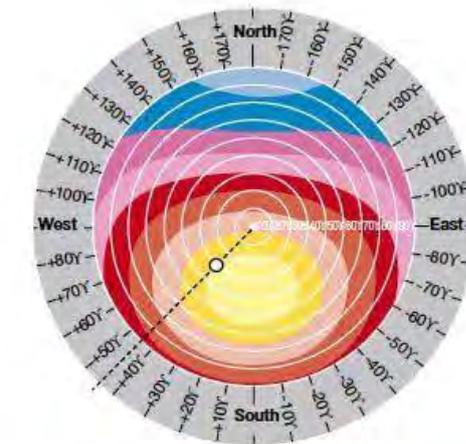
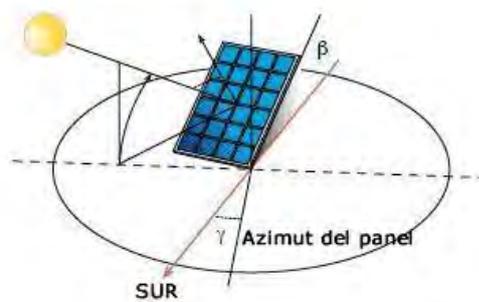


Figura 7.3: Capacidad de aprovechamiento de energía solar fotovoltaica

Teniendo en cuenta la orientación de la cubierta y la inclinación óptima de los paneles, el aprovechamiento se encontraría en entornos del 90%.

Una vez obtenidos los anteriores parámetros de la instalación se calculan las horas teóricas de producción (H_m) y la potencia producida anualmente equivalente:

$$H_m = \text{Días de cada mes} * H * k * \text{Corrección atmosférica}$$

$$\text{kWh producidos} = \frac{(H_m * \text{Orientación} * \text{Rendimiento} * \text{Número de paneles} * \text{Potencia pico})}{1000}$$

Los datos obtenidos se recogen en la Tabla 7.3

Mes	Días	H (kWh/m2)	Corrección atm.	k	Hm	kWh	% Anual
Enero	31	1,5	1	1,41	65,57	3618,29	4,207%
Febrero	28	2,4	1	1,31	88,03	4858,16	5,648%
Marzo	31	3,6	1	1,2	133,92	7390,54	8,592%
Abril	30	4,5	1	1,09	147,15	8120,66	9,441%
Mayo	31	5,3	1	1,01	165,94	9157,77	10,647%
Junio	30	5,9	1	0,98	173,46	9572,61	11,129%
Julio	31	5,8	1	1,01	181,60	10021,71	11,651%
Agosto	31	5	1	1,1	170,50	9409,26	10,939%
Septiembre	30	4,2	1	1,25	157,50	8691,83	10,105%
Octubre	31	2,9	1	1,42	127,66	7044,97	8,191%
Noviembre	30	1,7	1	1,52	77,52	4278,04	4,974%
Diciembre	31	1,5	1	1,5	69,75	3849,24	4,475%
Total		44,3			1558,60	86013,07	100%

Tabla 7.3: Datos de la instalación de paneles fotovoltaicos

Quedando el resumen de los datos técnicos de la instalación resumidos en la siguiente tabla.

Datos técnicos de la instalación	
Potencia pico:	64,9 kWp
Horas teóricas de producción anuales:	1558,60 h/año
kWh teóricos anuales que producirá la instalación:	86013,07 kWh
% de energía producida que se consumirá:	100%
kWh anuales que se consumirán:	86013,07 kWh
% de energía producida anualmente que se regulara o evacuará a la red:	0%
kWh anuales que se regularan o evacuarán a la red:	0 kWh

Tabla 7.4: Resumen de datos técnicos de la instalación

7.2.2. Valoración económica

Una vez calculados los parámetros técnicos que conlleva la instalación será necesario calcular la rentabilidad económica de la misma, para ello en primer lugar será necesario conocer el precio de la inversión inicial:

Datos económicos de la instalación	
<i>Coste de las placas fotovoltaicas:</i>	30.550,00 €
<i>Coste del inversor:</i>	4.000,00 €
<i>Coste de la línea de interconexión e infraestructura eléctrica:</i>	2.500,00 €
<i>Coste de la estructura soporte:</i>	3.000,00 €
<i>Coste del cableado, protecciones eléctricas y red de distribución:</i>	1.500,00 €
<i>Coste de ingeniería y estudios previos:</i>	1.400,00 €
<i>Coste de dirección de obra:</i>	1.300,00 €
<i>Coste de seguridad y salud:</i>	400,00 €
<i>Coste total de la compra de la instalación:</i>	44.650,00 €
<i>Coste estimado de obtención de licencia de obras:</i>	893,00 €
Coste total de la instalación:	45.543,00 €

Tabla 7.5: Datos económicos de la instalación

Aunque sea necesario un estudio más detallado con un proyecto técnico (necesario para la legalización de la instalación), se cifra el coste total de la instalación en unos 45.543,00€ más IVA.

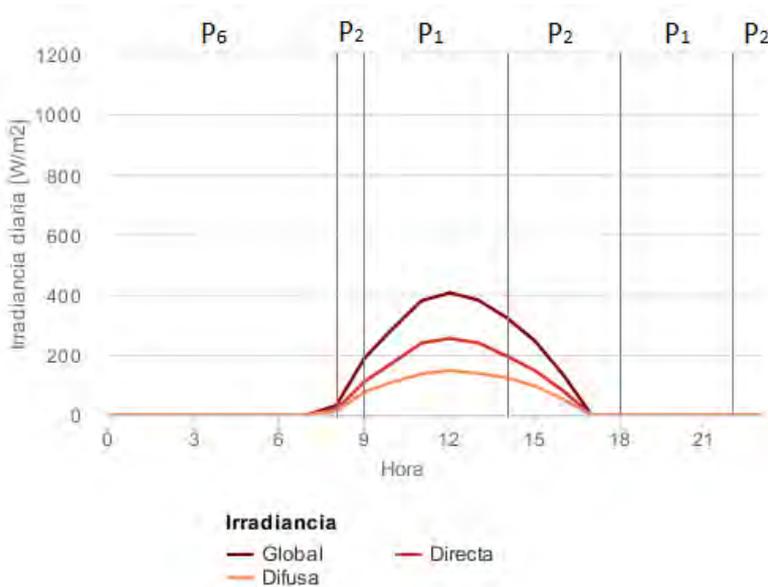
Por otro lado, la instalación de estos paneles permitirá realizar un autoconsumo de la energía producida por los mismos, por lo que para calcular la amortización de la instalación tendremos en cuenta tanto la potencia demandada como la producida y el precio que se paga por la energía durante esos periodos, ya que el autoconsumo sería equivalente a dejar de consumir de la red al precio contratado durante las horas de producción.

Para calcular el ahorro por autoconsumo gracias a los paneles fotovoltaicos, habrá que conocer: en qué momentos y con qué distribución se produce electricidad gracias a los paneles, con qué periodos de facturación coinciden esos momentos y el precio de la compra de electricidad de esos periodos.

Mes	Precio de la compra de electricidad (/kWh)					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
<i>Enero</i>	0,087946768	0,076591613	0	0	0	0,05147327
<i>Febrero</i>	0,080426394	0,070154434	0	0	0	0,04565911
<i>Marzo</i>	0	0	0,05529229	0,04812598	0	0,03721734
<i>Abril</i>	0	0	0	0,04352004	0,02833115	0,0250926
<i>Mayo</i>	0	0	0	0,05269935	0,03761343	0,03041454
<i>Junio</i>	0	0,067092913	0,05339066	0	0	0,0404207
<i>Julio</i>	0,074865436	0,069109062	0	0	0	0,04350113
<i>Agosto</i>	0	0,075202687	0,06259624	0	0	0,05044366
<i>Septiembre</i>	0	0,077758858	0,06999999	0	0	0,04988368
<i>Octubre</i>	0	0	0	0,0662335	0,05737778	0,04521995
<i>Noviembre</i>	0	0	0,07516381	0,0660549	0	0,0516897
<i>Diciembre</i>	0,094224253	0,082483518	0	0	0	0,50329981

Tabla 7.6: Precio de la compra de electricidad según periodos de facturación. Año 2022

La producción gracias a los paneles será proporcional a la irradiación solar directa a la que estén sometidos estos, y los periodos de facturación dependerán de la temporada a la que pertenezca el mes a calcular:



Gráfica 7.2: Irradiación solar y repartición de los periodos de facturación para un día tipo de enero.

Nota: Habrá de realizarse los cálculos para cada mes.

Sabiendo la producción mes a mes se podrá calcular a qué periodos de facturación corresponde:

Mes	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total
Enero	2677,532	868,388756	0	0	0	72,3657296	3618,28648
Febrero	3091,55379	1678,27206	0	0	0	88,3301084	4858,15596
Marzo	0	0	4311,14985	2586,68991	0	492,70284	7390,5426
Abril	0	0	0	4737,04973	2842,22984	541,377113	8120,65669
Mayo	0	0	0	5635,55193	2958,66476	563,555193	9157,77188
Junio	0	4565,39715	4418,12627	0	0	589,083503	9572,60693
Julio	4779,58602	4625,40583	0	0	0	616,720777	10021,7126
Agosto	0	4077,3441	4704,62781	0	0	627,283708	9409,25563
Septiembre	0	5070,23672	3042,14203	0	0	579,455625	8691,83438
Octubre	0	0	0	4109,56368	2465,73821	469,66442	7044,9663
Noviembre	0	0	3165,74819	1026,72914	0	85,560762	4278,0381
Diciembre	2848,43829	923,817825	0	0	0	76,9848188	3849,24094

Tabla 7.7: Reparto de la potencia producida por los paneles solares en función de los periodos de facturación [kWh].

Mes	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Enero	74%	24%	0%	0%	0%	2%
Febrero	64%	35%	0%	0%	0%	2%
Marzo	0%	0%	58%	35%	0%	7%
Abril	0%	0%	0%	58%	35%	7%
Mayo	0%	0%	0%	62%	32%	6%
Junio	0%	48%	46%	0%	0%	6%
Julio	48%	46%	0%	0%	0%	6%
Agosto	0%	43%	50%	0%	0%	7%
Septiembre	0%	58%	35%	0%	0%	7%
Octubre	0%	0%	0%	58%	35%	7%
Noviembre	0%	0%	74%	24%	0%	2%
Diciembre	74%	24%	0%	0%	0%	2%

Tabla 7.8: Reparto de la potencia producida por los paneles solares en función de los periodos de facturación [%].

Conociendo los precios de los periodos y en qué porcentaje están repartidos durante las horas de producción de las placas fotovoltaicas podremos calcular el precio de la electricidad cada mes con una media ponderada.

Mes	Precio electricidad (€/kWh)
Enero	0,08449206
Febrero	0,07624577
Marzo	0,05157909
Abril	0,03697543
Mayo	0,04645406
Junio	0,05912743
Julio	0,07027854
Agosto	0,06724886
Septiembre	0,07318491
Octubre	0,0617331
Noviembre	0,07250819
Diciembre	0,09958799

Tabla 7.9: Precio electricidad mensual

Como también se conoce la repartición de la producción a lo largo del año (Tabla 7.3) el precio final anual se calculará de nuevo con una media ponderada, siendo el precio final: **0,063369 €/kWh**.

Para realizar el cuadro final de rentabilidad económica tendremos en cuenta:

- El seguro de la instalación, que se cifra en 50€/año.
- Aumento estimado anual de la electricidad de un 2,5%.
- Aumento estimado del IPC % anual de un 2,5%
- Vida útil de la instalación: 25 años.
- Mantenimiento de la instalación: 500€/año a partir del cuarto año.



- Disminución del rendimiento de los paneles de un 0,7% anual.
- Tasa de descuento del VAN: 2%

Año	Coste compra de la electricidad y energía producida				Ahorros generados	Gastos		Resumen económico		
	Coste compra electricidad	Rendimiento de los paneles	Producción neta total	Producción consumida total	Ahorro por los kWh autoconsumo	Seguro	Mantenimiento	Flujo de caja	Flujo de caja acumulado	Valor actual neto
0	0,0634	-	-	-	-	-	-	- 45.543,00 €	- 45.543,00 €	-
1	0,0650	100,00%	86.013,07	73.111,11	4.748,87 €	- 50,00 €	-	4.698,87 €	- 40.844,13 €	- 40.936,27 €
2	0,0666	99,30%	85.410,98	72.599,33	4.833,51 €	- 51,00 €	-	4.782,51 €	- 36.061,62 €	- 36.339,47 €
3	0,0682	98,60%	84.813,10	72.091,14	4.919,67 €	- 52,02 €	-	4.867,65 €	- 31.193,97 €	- 31.752,57 €
4	0,0700	97,91%	84.219,41	71.586,50	5.007,36 €	- 53,06 €	- 500,00 €	4.454,30 €	- 26.739,67 €	- 27.637,48 €
5	0,0717	97,23%	83.629,87	71.085,39	5.096,62 €	- 54,12 €	- 510,00 €	4.532,50 €	- 22.207,17 €	- 23.532,26 €
6	0,0734	96,55%	83.044,46	70.587,79	5.187,47 €	- 55,20 €	- 520,20 €	4.612,06 €	- 17.595,10 €	- 19.436,88 €
7	0,0753	95,87%	82.463,15	70.093,68	5.279,93 €	- 56,31 €	- 530,60 €	4.693,02 €	- 12.902,08 €	- 15.351,32 €
8	0,0772	95,20%	81.885,91	69.603,02	5.374,05 €	- 57,43 €	- 541,22 €	4.775,40 €	- 8.126,68 €	- 11.275,56 €
9	0,0791	94,54%	81.312,71	69.115,80	5.469,84 €	- 58,58 €	- 552,04 €	4.859,22 €	- 3.267,46 €	- 7.209,58 €
10	0,0811	93,87%	80.743,52	68.631,99	5.567,34 €	- 59,75 €	- 563,08 €	4.944,51 €	1.677,04 €	- 3.153,37 €
11	0,0831	93,22%	80.178,32	68.151,57	5.666,58 €	- 60,95 €	- 574,34 €	5.031,29 €	6.708,33 €	893,11 €
12	0,0852	92,56%	79.617,07	67.674,51	5.767,59 €	- 62,17 €	- 585,83 €	5.119,59 €	11.827,92 €	4.929,87 €
13	0,0873	91,92%	79.059,75	67.200,79	5.870,39 €	- 63,41 €	- 597,55 €	5.209,44 €	17.037,35 €	8.956,93 €
14	0,0895	91,27%	78.506,33	66.730,38	5.975,03 €	- 64,68 €	- 609,50 €	5.300,86 €	22.338,21 €	12.974,32 €
15	0,0917	90,63%	77.956,79	66.263,27	6.081,54 €	- 65,97 €	- 621,69 €	5.393,88 €	27.732,09 €	16.982,05 €
16	0,0940	90,00%	77.411,09	65.799,42	6.189,94 €	- 67,29 €	- 634,12 €	5.488,53 €	33.220,61 €	20.980,15 €
17	0,0964	89,37%	76.869,21	65.338,83	6.300,28 €	- 68,64 €	- 646,80 €	5.584,83 €	38.805,45 €	24.968,63 €
18	0,0989	88,74%	76.331,13	64.881,46	6.412,58 €	- 70,01 €	- 659,74 €	5.682,83 €	44.488,28 €	28.947,51 €
19	0,1013	88,12%	75.796,81	64.427,29	6.526,88 €	- 71,41 €	- 672,93 €	5.782,54 €	50.270,82 €	32.916,82 €
20	0,1038	87,51%	75.266,23	63.976,30	6.643,23 €	- 72,84 €	- 686,39 €	5.883,99 €	56.154,81 €	36.876,58 €
21	0,1064	86,89%	74.739,37	63.528,46	6.761,64 €	- 74,30 €	- 700,12 €	5.987,22 €	62.142,03 €	40.826,81 €
22	0,1091	86,28%	74.216,19	63.083,76	6.882,17 €	- 75,78 €	- 714,12 €	6.092,26 €	68.234,29 €	44.767,52 €

Año	Coste compra de la electricidad y energía producida				Ahorros generados	Gastos		Resumen económico		
	Coste compra electricidad	Rendimiento de los paneles	Producción neta total	Producción consumida total	Ahorro por los kWh autoconsumo	Seguro	Mantenimiento	Flujo de caja	Flujo de caja acumulado	Valor actual neto
23	0,1118	85,68%	73.696,68	62.642,18	7.004,84 €	- 77,30 €	- 728,41 €	6.199,14 €	74.433,43 €	48.698,74 €
24	0,1146	85,08%	73.180,80	62.203,68	7.129,70 €	- 78,84 €	- 742,97 €	6.307,88 €	80.741,32 €	52.620,49 €
25	0,1175	84,49%	72.668,54	61.768,25	7.256,79 €	- 80,42 €	- 757,83 €	6.418,54 €	87.159,85 €	56.532,78 €

Tabla 7.10: Cuadro de rentabilidad económica del proyecto

Siendo el resumen final de la posible inversión:

Resultado de la inversión	
<i>Coste de compra de la instalación:</i>	45.543,00 €
<i>Ahorro económico aportado el primer año:</i>	4.698,87 €
<i>Ahorro económico aportado en el año 25:</i>	6.418,54 €
<i>Ahorro económico aportado durante 25 años:</i>	102.075,78 €
<i>Ahorro económico aportado durante 25 años (descontada la inversión):</i>	56.532,78 €
<i>TIR de la inversión a 25 años:</i>	9,90%
<i>Periodo de retorno de la inversión (años):</i>	10,63

Tabla 7.11: Resultado de la inversión

Medida	Inversión	Ahorro económico (€/año)	Amortización (años)	Ahorro energético (kWh/año)
<i>Instalación de placas solares fotovoltaicas para autoconsumo</i>	45.543,00 €	5.308,11 €	10,63	67.287,04

Tabla 7.12: Resultado de la inversión

Con los datos obtenidos podemos concluir que el proyecto es rentable, mostrándose que la inversión inicial queda saldada en menos de 11 años. Esta conclusión está reforzada por el cálculo del TIR (Tasa Interna de Retorno) para la que obtenemos un valor de 9,90% siendo esta mayor que la tasa de descuento del VAN (2%).

8. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El RD 50/2016 obliga a la realización de auditorías energéticas en grandes empresas. Sin embargo, en este estudio se ha podido observar la importancia y repercusión positiva que puede llegar a tener una auditoría energética para todo tipo de empresas.

Con el objetivo de demostrar la utilidad práctica de una auditoría energética se ha realizado el presente trabajo de fin de grado, en el cual no solo se han mostrado los fundamentos teóricos de las auditorías energéticas según legislación, sino que también se han mostrado de forma práctica, al realizar una auditoría energética a la empresa “FAED” en sus dependencias de “EUROFUCAN”. Este caso práctico muestra la relevancia de las auditorías energéticas que aportará ahorros energéticos y por consiguiente económicos a la empresa, manteniendo el compromiso con el medioambiente.

Para el caso práctico de la auditoría energética en “EUROFUCAN” se han estudiado las siguientes medidas:

- Conducción de la salida de la extracción de las cabinas al exterior.
- Cambio en el sistema productivo.
- Sustitución de equipo de iluminación actual por tecnología LED.
- Instalación de sistema de regulación de la iluminación DALI.
- Ajuste de la potencia contratada.
- Instalación de placas solares fotovoltaicas para autoconsumo.

Tras estudiar la viabilidad de todas estas propuestas se han demostrado que mientras algunas no resultan rentables o posibles otras pueden aportar grandes beneficios:

Medida	Inversión	Ahorro energético (kWh/año)	Ahorro económico (€/año)	Ahorro de emisiones (kg CO2/año)
<i>Conducción de la salida de la extracción al exterior</i>	245,00 €	1.806,12	141,67 €	451,53
<i>Sustitución de equipos de iluminación actuales por tecnología LED</i>	6.428,58 €	50.264,76	4.554,42 €	12.566,19
<i>Ajuste de la potencia contratada</i>	96,18 €	-	750,00 €	-
<i>Instalación de placas solares fotovoltaicas para autoconsumo</i>	45.543,00 €	67.287,04	5.308,11 €	16.821,76
Total	50.242,76 €	119.357,92	10.754,20 €	29.839,48

Tabla 8.1: Resumen final del proyecto

En este trabajo de fin de grado se ha podido comprobar la importancia de las auditorías energéticas tanto a nivel puramente energético, como económico, como herramienta necesaria a la hora de cumplir con los requisitos medioambientales. Dando este trabajo, y su caso práctico, resultados positivos con respecto a estos tres objetivos.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Salmeron, José Luis Morote. Ovacen. [En línea] <https://ovacen.com/auditorias-energeticas-definicion-ambito-actuacion-normativa/>.
2. Corredor, Beatriz y Caballero, Abel. Red Electrica de España. [En línea] <https://www.ree.es/es>.
3. OCU. [En línea] 17 de Mayo de 2021. <https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/gas-luz/informe/nuevas-tarifas-acceso>.
4. Foro nuclear. Foro nuclear. [En línea] <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-distintas-fuentes-de-energia/que-es-una-crisis-energetica/>.
5. El Periódico de la energía. El Periódico de la Energía. [En línea] 8 de Septiembre de 2021. [Citado el: 9 de Septiembre de 2021.] <https://elperiodicodelaenergia.com/los-futuros-de-gas-natural-se-disparan-hasta-su-mayor-precio-en-siete-anos/>.
6. Pacce, Matías, Sanchez, Isabel y Suárez-Varela, Marta. Banco de España. [En línea] <https://www.bde.es/bde/es/>.
7. Grupo FAED. FAED. [En línea] [Citado el: 14 de Septiembre de 2021.] <https://faedsl.com/>.
8. *Auditoría de control y calidad energetica en dependencias de Graphic Packing International Cartons Requejada*. Diez Abad, Alfonso. 2019.
9. Aenor. UNE EN 16247-1:2012. <https://www.une.org>. [En línea] <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0050414>.
10. Asociación de Empresas de Eficiencia Energética. <https://www.asociacion3e.org/>. [En línea] <https://www.asociacion3e.org/documento/alcance-de-las-auditorias-energeticas>.
11. Universidad Rey Juan Carlos. <https://urjconline.atavist.com>. [En línea] <https://urjconline.atavist.com/2017/07/10/spoc-cei-ii-m2-auditorias-energeticas/>.
12. Wikipedia. Wikipedia. [En línea] https://es.wikipedia.org/wiki/Analizador_de_redes.
13. Wikipedia. Wikipedia [En línea] <https://es.wikipedia.org/wiki/Lux%C3%B3metro>.
14. Gobierno de España. *Real DEcreto 56/2016*. 2016.
15. *Auditoría energética de una empresa industrial*. Pernía López, Noelia. 2019.
16. Rodríguez, Manuel. Revista Digital. [En línea] <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/norma-une-en-16247/>.
17. Temples industriales Alcalá. Temples industriales Alcalá. [En línea] <https://www.templeindustrialescalca.es/tratamientos-termicos/>.

18. JN Aceros. JNAceros. [En línea] <https://jnaceros.com.pe/blog/acero-inoxidable-introduccion/conformacion-caracteristicas-principales-acero-inoxidable/>.
19. CYM Materiales S.A. CYM Materiales S.A. [En línea] <https://cym.com.ar/faqs/que-es-el-granallado/>.
20. olmo.pntic. olmo.pntic. [En línea] http://olmo.pntic.mec.es/~jrel0004/plasma/arco_aire.htm.
21. Enerfigente. Enerfigente_Wordpress. [En línea] <https://enerfigente.wordpress.com/2015/09/17/pros-y-contras-de-las-distintas-tecnologias-de-lamparas/>.
22. Santamaria, Pedro. Xataka. [En línea] <https://www.xatakahome.com/iluminacion-y-energia/que-es-la-iluminacion-led-especial-iluminacion-led>.
23. AIPRO. AIPRO. [En línea] <https://iaipro.es/regulacion-y-control-para-una-iluminacion-eficiente/>.
24. Luzycolor2000. Luzycolor2000. [En línea] <https://www.luzycolor2000.com/noticias/regulacion-dali/>.
25. LEDbox. LEDbox. [En línea] <https://blog.ledbox.es/ledbox-2/productos/dali-una-interfaz-comun-para-todos-los-componentes-de-iluminacion>.
26. Liaño Fernández, Carlos. *Auditoría energética EUROFUCAN*. Santander : ITEC, 2018.
27. Comparadorluz. [En línea] 3 de Septiembre de 2020. <https://comparadorluz.com/pymes/tarifas/6-periodos>.
28. Perojo Arco, Gerardo. Gesternova energía. [En línea] 10 de febrero de 2014. <https://gesternova.com/tu-puedes-elegir-precio-indexado-al-pool-o-precio-fijo/>.
29. Selectra. Tarifasgasluz by Selectra. [En línea] 27 de Agosto de 2021. <https://tarifasgasluz.com/pymes/tarifas-luz/seis-periodos#horario-tarifas-6XTD>.
30. Goiener. Goiener. [En línea] <https://www.goiener.com/tarifas-6-xtd/>.
31. *Estudio de viabilidad para la implantación de paneles solares fotovoltaicos conectados a la red en una vivienda particular*. Martínez Terán, Raúl.
32. Iberdrola. Iberdrola. [En línea] <https://www.iberdrola.com/compromiso-social/radiacion-solar>.
33. AnbeloSolar. Anbelosolar. [En línea] <https://anbelosolar.com/noticias/ventajas-e-inconvenientes-de-la-energia-solar-fotovoltaica/>.
35. Corrales, Luisina. slideplaye. [En línea] <https://slideplayer.es/slide/157514/>.