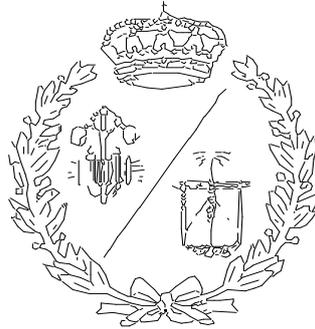


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Grado

**ESTUDIO, ANÁLISIS Y MEJORA DE LA
EFICIENCIA ELÉCTRICA DE UNA EMPRESA
INDUSTRIAL**

**STUDY, ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF THE
ELECTRICAL EFFICIENCY OF AN INDUSTRIAL
COMPANY**

Para acceder al Título de

GRADUADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

Autor: César Güiles Bernal

Mayo – 2018

Contenido

1	INTRODUCCIÓN	5
1.1	GLOSARIO	7
1.2	EL USO ENERGÉTICO INDUSTRIAL	8
1.2.1	Sistema de generación	8
1.2.2	Sistemas de distribución	8
1.2.3	Equipos finales de proceso	9
1.3	ESCENARIOS DE AHORROS ENERGÉTICOS	9
2	OBJETIVO DEL TFG	13
3	DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO	14
4	IMPLANTACIÓN DE LA NORMA ISO 50001	16
4.1	SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA (SGEn)	16
4.1.1	La Norma ISO 50001:2011. Sistema de gestión de la energía.	16
4.2	LA NORMA	18
4.2.1	Objeto de la Norma	18
4.2.2	Beneficios de un SGEn	18
4.2.3	Objetivos de la Norma	19
4.2.4	Aplicabilidad de la Norma	20
4.2.5	Finalidad de la Norma	20
4.3	INTEGRACIÓN DEL SGEn	21
4.4	REQUISITOS PARTICULARES DE UN SGEn	22
4.4.1	Desempeño energético	23
4.4.2	Responsabilidad de la dirección	23
4.4.3	Política energética	24
4.4.4	Planificación energética	25
4.4.5	Implementación y operación	33

4.4.6	Verificación	33
5	SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL	40
5.1	INTRODUCCIÓN	40
5.2	ANÁLISIS DE LOS SUMINISTROS ENERGETICOS	40
5.3	ELECTRICIDAD	41
5.3.1	Costes de los diferentes conceptos facturados.....	42
5.3.2	Uso de la energía eléctrica.....	42
5.3.3	Consumos por periodos	44
5.3.4	Consumos mensuales.....	46
5.4	GAS	47
5.4.1	Uso de la energía térmica	47
5.4.2	Consumos mensuales.....	48
5.5	USOS SIGNIFICATIVOS DE LA ENERGIA.....	50
6	ANALIZADORES DE RED	51
6.1	DESCRIPCIÓN	51
6.2	PRINCIPALES VENTAJAS	51
6.3	PARÁMETROS MEDIDOS POR LOS ANALIZADORES DE RED.....	52
6.4	CLASIFICACIÓN	55
6.4.1	Analizadores fijos con montaje en panel.....	55
6.4.2	Analizadores fijos con montaje en carril DIN	55
6.4.3	Analizadores portátiles.....	56
6.5	DONDE INTALAR LOS ANALIZADORES	56
6.5.1	En Cabecera	57
6.5.2	En Subcuadros Principales.....	57
6.5.3	En Subcuadros Secundarios.....	57
6.6	ANALIZADORES UTILIZADOS	57

6.6.1	Sentron PAC3200 de SIEMENS.....	58
6.6.2	PM500 de MERLIN GERIN	59
6.6.3	PM710 de MERLIN GERIN	61
6.7	LOCALIZACION DE LOS ANALIZADORES DE RED.....	62
7	CLASIFICACIÓN DE LAS CARGAS	64
7.1	FIJAS	65
7.2	VARIABLES	65
7.3	DESPLAZABLES.....	65
8	ANÁLISIS MENSUAL DE LOS DATOS DE CONSUMO ENERGÉTICO.....	67
8.1	ANÁLISIS CURVAS DE CARGA.....	67
8.2	ANÁLISIS DE LOS CONSUMOS MEDIOS MENSUALES.	69
8.3	REVISION DE LA POTENCIA CONTRATADA.....	71
8.4	DESGLOSE DE LAS CURVAS DE CARGA.....	74
9	PROPUESTAS DE MEJORA	83
9.1	MEJORAS EN EL RENDIMIENTO DEL ALUMBRADO	83
9.1.1	Sustitución alumbrado en talleres de elaboración y mantenimiento	85
9.1.2	Sustitución del alumbrado en otras zonas de trabajo	95
9.2	INSTALACIÓN DETECTORES DE PRESENCIA EN LA CAMARA.....	99
9.3	ADELANTAR LA HORA PARA EMPEZAR A ENFRIAR.....	101
10	CONCLUSIONES	106
11	BIBLIOGRAFIA	108
12	ANEXOS	110
12.1	ANEXO 1: ANÁLISIS DE CURVAS DE CARGA MENSUALES	110
12.2	ANEXO 2: OBTENCIÓN DE LAS CURVAS DE CARGA DE LOS VALORES MAXIMOS, MÍNIMOS Y MEDIOS MESUALES.....	116

1 INTRODUCCIÓN

Los problemas medioambientales derivados del consumo de recursos energéticos fósiles no renovables constituyen actualmente uno de los problemas de mayor importancia a nivel global. Por ello, se están actualmente desarrollando políticas energéticas encaminadas a mejorar la eficiencia energética de los sectores más intensivos en el consumo energético. Las mejoras en eficiencia energética incluyen todos los cambios dirigidos a obtener una reducción de la cantidad de energía consumida para un mismo nivel de actividad, teniendo en cuenta que la satisfacción de los requerimientos de la sociedad actual ha de llevar asociado el menor costo económico, energético y ambiental posible. Esto hace que el concepto de eficiencia energética, aparte de un carácter tecnológico, tenga también un marcado carácter social y económico.

En el sector industrial, la auditoría energética ha sido la herramienta más común a la hora de analizar y mejorar la eficiencia energética de una planta industrial. Sin embargo, bajo la denominación común de auditoría energética se encuentran englobados desde una optimización de factura eléctrica (con ahorro económico y no energético) hasta una evaluación exhaustiva de los equipos y sistemas de generación, distribución y consumo de energía en una fábrica, pasando por todas las situaciones intermedias.

El problema energético y medioambiental existente a nivel mundial, que se manifiesta a través de un horizonte finito y cercano para los combustibles no renovables y el calentamiento del planeta a través del efecto invernadero, ha llevado a las diferentes administraciones a implementar políticas energéticas dirigidas a fomentar el uso racional de la energía y fomentar la eficiencia energética. Estas propuestas redundan en un beneficio para el medioambiente y para la economía nacional, ya que por una parte reduce su factura energética y disminuye la intensidad energética del sistema productivo.

Así, la estrategia global y local en el ámbito energético a desarrollar en cualquier país o región, debe primar la eficacia energética, por su efecto favorable sobre el medio ambiente y su incidencia en la macroeconomía del país y en la economía de los usuarios.

Desde este enfoque de ahorro y eficiencia energética, la auditoría es una herramienta eficaz que permite identificar los escenarios donde el consumo energético se realiza de forma

ineficiente y establecer además las posibles mejoras de índole técnica y organizativa encaminadas a la mejora de la economía energética del sistema sobre el que se aplica.

En el sector industrial, estas auditorías persiguen un triple objetivo:

1. Adecuar los consumos reales de la planta a los consumos nominales, revisando los equipos, los procesos y garantizando un buen mantenimiento de las instalaciones.
2. Reducir los consumos nominales, introduciendo nuevas tecnologías que aumenten la eficiencia del consumo energético.
3. Acercar los consumos energéticos de la planta a los mínimos termodinámicamente admisibles minimizando la demanda del proceso mediante el aprovechamiento de corrientes residuales y la optimización de la operación de los servicios energéticos.

De lo comentado anteriormente puede deducirse que la auditoría energética es la herramienta estratégica para abrir el sector industrial al ahorro y la eficiencia energética. La eficiencia energética, el ahorro y la diversificación de energía, el aprovechamiento de energías residuales y de las energías renovables, tienen como principal objetivo obtener un rendimiento energético óptimo para cada proceso o servicio en el que su uso sea indispensable, sin que ello signifique una disminución de la productividad o de la calidad o del nivel de confort del servicio. El adjetivo óptimo implica un compromiso entre aspectos energéticos, económicos y de productividad o de prestación de servicio. Un efecto importante de la reducción del consumo energético logrado mediante la auditoría energética es la reducción de la factura anual asociada al uso de combustible y a las penalizaciones por efluentes contaminantes y emisiones en el caso de que las hubiera.

Los ahorros logrados frente a la inversión necesaria dependen de las medidas de ahorro adoptadas, y en general son altos, por lo que este tipo de estudios se amortizan en muy cortos periodos de tiempo. Si se tiene en cuenta además el aumento de los costes tanto ambientales como de los precios energéticos, ante una inversión que permanece más o menos estable, los periodos de amortización de las auditorías energéticas serán cada vez menores, aumentando por tanto su interés, no solo energético sino también económico.

1.1 GLOSARIO

A continuación, se muestran un listado de acrónimos para facilitar la comprensión de los textos que irán apareciendo a lo largo del estudio.

SGEn	Sistema de Gestión de la Energía
ISO	International Organization for Standardization
PPR	Planta de Preparación en Rama
IMPEX	Imperial Expandido - Sala de atmosfera explosiva.
PROMOCIGAR	Sala de etiquetado
IDEns	Identificadores de desempeño energético
NC	No Conforme
AC	Acción Correctora
AP	Acción Preventiva
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition.
FY	Fiscal Year
ACS	Agua Caliente Sanitaria
THD	Total Harmonic Distorsion
RMS	Valor eficaz de tensión o potencia.
S	Potencia aparente
P	Potencia activa
Q	Potencia reactiva
FP	Factor de potencia
D	Distorsión de los voltio-amperios
CEA	Cuadro Eléctrico de Alumbrado
CEE	Cuadro Eléctrico de Alumbrado de Vigilancia
CEP	Cuadro Eléctrico de Potencia
CEB	Cuadro Eléctrico de Climatización
UTA	Unidad de Tratamiento de Aire
UCL	Unidad de Climatización
IDAE	Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
TP	Termino de potencia
TE	Termino de energía
PLC	Programmable Logic Controller
OMIE	Operador del Mercado Ibérico de Energía

1.2 EL USO ENERGÉTICO INDUSTRIAL

Salvo en las industrias con planta de cogeneración, la energía nunca es un fin o un producto de la fábrica. La energía se utiliza como un servicio necesario e insustituible para elaborar los productos propios con las calidades exigidas. Por tanto, como cualquier otro servicio habrá que adquirirlo/transformarlo, adecuarlo a las necesidades de consumo, transportarlo a los puntos de consumo y por último realizar su uso final en los consumidores. Además, puesto que la energía no se destruye, habrá que recuperar la energía residual que quede tras su uso donde sea técnicamente factible y económicamente interesante. Por lo general, se diferencian en una fábrica tres sistemas energéticos: por un lado, la generación, la distribución y el consumo final en los equipos de proceso [1].

1.2.1 Sistema de generación

La energía llega a la planta en forma de combustible, líquido, sólido, gaseoso y eléctrico y es consumida directamente en determinados equipos, como por ejemplo los equipos generadores. Se designa con este nombre los equipos de producción térmica que realizan el calentamiento o enfriamiento de fluidos caloportadores. Entre estos se encuentran las calderas de vapor, agua sobrecalentada y agua caliente, los hornos de aceite térmico, las torres de refrigeración, las plantas frigoríficas.

Un estudio energético que mejore la eficiencia de estos sistemas conllevará normalmente un gran ahorro energético en la fábrica debido a su elevado consumo.

1.2.2 Sistemas de distribución

Los equipos de generación producen el calentamiento o enfriamiento de fluidos caloportadores (agua, vapor, aceite térmico) que ha de ser distribuido en fábrica hasta sus consumidores finales. Así mismo existen sistemas cuya función es la producción y transporte de un fluido que en sí mismo constituye un servicio como es el caso del aire comprimido. El transporte de estos fluidos requiere el uso de sistemas de bombeo (líquidos), ventilación (gases) o compresores (aire comprimido). El transporte se realiza mediante redes hidráulicas cuya configuración depende del tipo de energía transportada. Generalmente existen varios tipos de sistema de distribución: vapor, agua y aire. La importancia en el mantenimiento de estas redes de distribución es crucial pues sus ineficiencias no implican aumentos porcentuales

en el consumo de energía, sino que son directamente pérdidas de esa energía ya transformada.

1.2.3 Equipos finales de proceso

Se podría entender por equipos de proceso los consumidores finales directos de energía que la requieren para realizar transformaciones sobre el producto procesado (reactores, hornos de proceso, secaderos, columnas de destilación, evaporadores de único o múltiple efecto), su calentamiento o enfriamiento (intercambiadores de calor).

La capacidad de actuación sobre los equipos de proceso final es muy variable ya que puede estar restringida en ocasiones (reactores, columnas) y suele ser más accesible en hornos y secaderos.

Los requerimientos térmicos del fluido de proceso abastecido a través de la red de intercambio mediante el empleo de servicios energéticos (vapor, agua caliente o fría) pueden ser sustituidos por el uso de corrientes residuales del proceso disminuyendo así la demanda energética del proceso.

1.3 ESCENARIOS DE AHORROS ENERGÉTICOS

Las auditorías energéticas pueden incidir sobre todos los aspectos anteriormente reseñados; eficiencia de generadores térmicos y consumidores finales de proceso, demanda energética del proceso y operación de los servicios. Sin embargo, las auditorías energéticas se asocian comúnmente con análisis energéticos que inciden fundamentalmente sobre los rendimientos de equipos generadores y consumidores finales (calderas, torres de refrigeración, plantas frigoríficas, hornos y secaderos) y de servicios (sistemas de aire comprimido) y las propias redes de distribución (aislamiento, estado de purgadores, etc.), identificando consumos ineficientes y proponiendo medidas correctoras.

La auditoría energética se puede concebir conceptualmente por unos escenarios de comparación.

Escenario 1. Lo que ocurre

Es el primer escenario y constituye el estado actual y real de la planta, es decir, lo que está consumiendo en el instante de realizar la auditoría. Se cuantifica mediante los consumos reales, los cuales representan una fotografía de lo que ocurre en la industria desde el punto de vista energético.

Escenario 2. Lo que debe ocurrir

Correspondería al estado de correcto funcionamiento de la planta con los equipos y la tecnología que dispone en el momento de la auditoría. Sería el funcionamiento de los equipos generadores y consumidores finales de proceso con los consumos nominales correspondientes a las técnicas disponibles y las condiciones de operación de diseño.

La comparación entre ambos estadios y el intento por llevar el estadio 1 al 2, conllevaría una mejora del rendimiento actual de los equipos. Esta actuación sobre el rendimiento se llevaría a cabo únicamente corrigiendo las ineficiencias asociadas al mantenimiento u operación de estos.

Escenario 3. Lo que podría ocurrir

Este punto ya no corresponde a las instalaciones existentes en fábrica, pues conlleva la introducción de modificaciones en el proceso, aprovechamiento de corrientes residuales, instalación de nuevos equipos, etc. Es el consumo que se tendría si se adoptara una nueva tecnología.

De nuevo llegar a este paso supondría una mejora del rendimiento, asociada ahora no a una corrección de defectos sino a la adopción de nuevas tecnologías. Sin embargo, la demanda energética no se vería afectada.

Escenario 4. Lo que debería ocurrir

Sería el mínimo consumo teórico del proceso a estudiar aplicando las leyes de la termodinámica. Este último escenario llevado a su extremo es inalcanzable, sin embargo, es la referencia de consumo mínimo que debe guiar las actuaciones y a donde debe acercarse el tercer escenario.

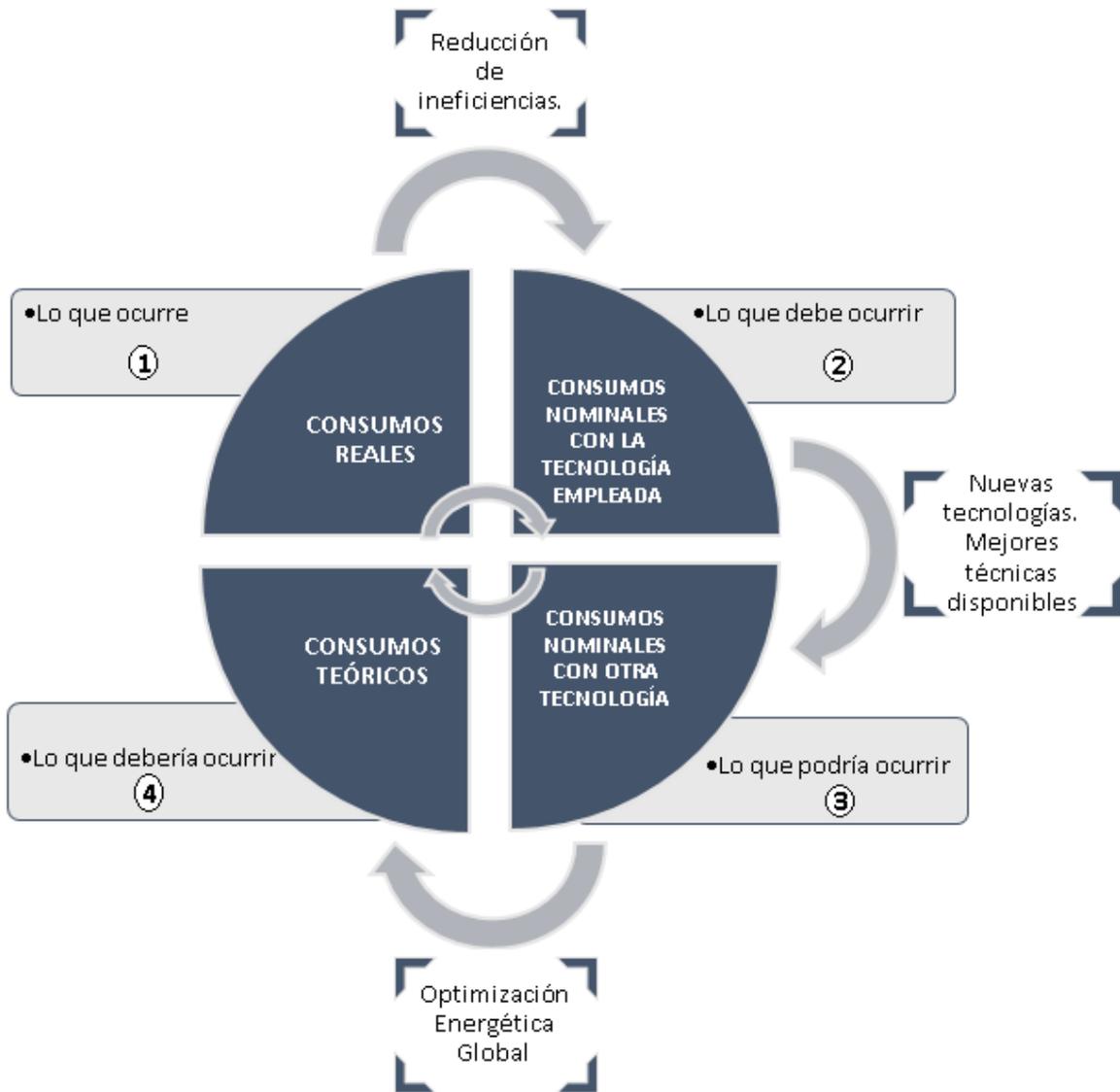


Imagen 1.1. Estructura modelo específico de SGE

Para llegar a este estado las medidas de ahorro deben afectar al numerador de la ecuación de consumo, la demanda, reduciéndola y a la óptima operación de la producción y distribución energética en planta.

Por tanto, en el paso de uno a otro estadio residen las distintas medidas de ahorro que se podrían agrupar en los siguientes grupos:

Paso del estadio 1 a estadio 2.

1. Medidas asociadas al mantenimiento
2. Medidas de cambio en la condición de operación
3. Comparativa de parámetros con valores de diseño

Paso del estadio 2 al estadio 3.

1. Medidas de cambio o modificación de la tecnología
2. Comparativa de parámetros con valores de referencia

Paso del estadio 3 al estadio 4.

1. Medidas de recuperación de energía
2. Modificaciones en el proceso productivo
3. Optimización servicios energéticos

2 OBJETIVO DEL TFG

En primer lugar, se realizará una descripción detallada del edificio del cual vamos a llevar a cabo nuestro estudio. A continuación, basándonos en la Norma ISO 50.001, se procederá a realizar una Auditoría Energética, en la que podremos analizar la situación energética actual de la fábrica para ver sobre qué puntos podemos incidir para reducir el consumo eléctrico. Para ello analizaremos las cargas del edificio y su potencia contratada, estudiando los puntos de consumo diarios y mensuales a lo largo de un año. El análisis de dichas cargas tendrá lugar con la ayuda de los 25 analizadores de red con los que cuenta la fábrica, aunque principalmente trabajaremos con el analizador de red general.

El objetivo de este estudio se reduce a una clasificación de las cargas, tras un análisis previo mensual de los datos de consumo eléctrico, agrupándolas y llevando a cabo un intento de reducción de la potencia contratada, además de intentar aumentar el margen de las curvas de carga con el límite de potencia contratada. Para ello se procederá a un análisis de los resultados y se establecerá unas propuestas de mejora, las cuales cuentan con sus respectivos cálculos de ahorro energético y económico.

3 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio principal de la Fábrica de ALTADIS Cantabria está construido en una gran parcela situada en el municipio cántabro del Entrambasaguas, próximo al río Miera y a la localidad de Solares y que comenzó su actividad en 2.002.

Se trata de un edificio, de forma casi rectangular y está exento de otras edificaciones anexas a él orientándose en la dirección Noroeste-Sureste, siendo sus fachadas de mayor superficie las situadas en el Nordeste y Suroeste.



Imagen 3.1. Planta de la Fábrica.

Existe, junto al edificio principal y casi anexo, otro edificio más pequeño dedicado a contener toda la maquinaria auxiliar (edificio de instalaciones): calderas, compresores, ...

El edificio principal alberga no sólo lo que es la factoría de producción, sino que dentro de él se encuentran también, no solo las dependencias vinculadas con la fábrica, como son

almacenes, cámaras y vestuarios, sino que también se encuentran las oficinas administrativas del complejo.

La zona de fábrica es mayoritariamente diáfana y de un solo piso, salvo separaciones que existen con los talleres de Tiruleras y la Planta de Preparación en Rama (PPR), además de la que existe con los diferentes almacenes y cámaras. Las oficinas las únicas que se encuentran en dos plantas comunicadas con unas escaleras a las que se accede desde el hall de entrada o desde las oficinas de la planta inferior.

En definitiva, el edificio está compuesto por la zona de oficinas, almacenes, vestuarios y la zona de producción. Ésta a su vez presenta varios talleres de elaboración, salas de acondicionamiento y cámaras de refrigeración y congelación.

El edificio está construido con paneles prefabricados de hormigón en el exterior. Las separaciones interiores también están realizadas con estos mismos paneles de hormigón y en algún caso se encuentran separaciones construidas con bloques de hormigón desnudos.

El techo, que no es plano sino abovedado, presenta zonas transparentes que facilitan la entrada de luz natural en prácticamente todas las zonas de fábrica con la excepción de las cámaras de Acondicionamiento donde siempre es opaco.

Su ubicación geográfica, enmarcada en un clima oceánico húmedo, de temperaturas suaves, con 13°C de media de temperatura máxima, y de 7°C de media de las mínimas, junto con una elevada pluviosidad que provoca una humedad media del 65%, condiciona que la envolvente del edificio no sea a priori un problema de pérdidas energéticas elevadas como pudiera darse en otros lugares geográficos.

Aun así, debido a la particularidad del proceso de ALTADIS, con una gran cantidad de volumen con condiciones ambientales modificadas, puede producir pérdidas en las envolventes de dichas cámaras.

4 IMPLANTACIÓN DE LA NORMA ISO 50001

4.1 SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA (SGEn)

El Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) es la parte del sistema de la gestión de una empresa dedicada a desarrollar e implantar su política energética, se trata de una herramienta complementaria compatible e integrable con otros modelos de gestión (ISO 14001, ISO 9001...).

Este sistema de gestión referenciado a la energía permite que la empresa desarrolle una sistemática para la mejora continua del desempeño energético.

En noviembre del año 2007, se publica la primera Norma de un Sistema de Gestión Energética en España.

4.1.1 La Norma ISO 50001:2011. Sistema de gestión de la energía.

ISO (Organización Internacional de Normalización), es una federación mundial de organismos nacionales de normalización.

El trabajo de la preparación de normas internacionales se realiza a través de comités técnicos de ISO y cada organismo miembro tiene derecho a estar representado en dicho comité.

El objetivo global de la Norma ISO 50001 [12] es ayudar a las empresas a establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar su eficiencia energética. Conduciendo a reducir consumo y costes energéticos, así como impacto ambiental, todo ello a través de una gestión sistemática de la energía.

Asimismo, la norma proporciona un marco reconocido para la integración de la eficiencia energética en las prácticas de gestión de las empresas.

Como objetivos de la norma se pueden señalar:

- Ayuda a las empresas a mejorar el uso de los activos ya existentes que consumen energía.
- Aporta directrices para la creación de puntos de referencia, medición documentación y elaboración de informes acerca de las mejoras en materia de intensidad energética y en el impacto previsto sobre las reducciones de emisiones de gases efecto invernadero.

- Genera transparencia y facilita la comunicación en torno a la gestión de los recursos energéticos.
- Fomenta mejores prácticas y refuerza el comportamiento adecuado en la gestión energética.
- Ayuda a las instalaciones a evaluar y priorizar la implementación de las nuevas tecnologías eficientes desde un punto de vista energético.
- Proporcionar un marco para la promoción de la eficiencia energética lo largo de toda la cadena de suministro.
- Mejorar la gestión energética en el contexto de los proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

La Norma es aplicable a todos los tipos y tamaños de empresas, independientemente de las condiciones geográficas, culturales y sociales.

La Norma no establece requisitos absolutos para la mejora del desempeño energético, los requisitos desarrollados, son referenciados a la política energética comprometida por la empresa. Por ello dos empresas que realizan actividades similares, pero con diferente desempeño energético, pueden ambas cumplir con los requisitos requeridos por la Norma.

Puede utilizarse de forma independiente o integrada dentro de otros sistemas de gestión. Para facilitar de su implantación, resaltar que la estructura de esta Norma es similar a la Norma ISO 14001.

Se basa en la metodología conocida como el ciclo de mejora continua Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA) y es compatible con otros sistemas de gestión que las empresas pueden disponer.

La implantación en la empresa de la Norma ISO 50001:2011, contribuye al establecimiento de un proceso de mejora continua, que conduce a un uso de la energía más eficiente. Estimula a empresas a implementar un plan de seguimiento energético, influyendo directamente en el incremento de la competitividad empresarial.

La Norma especifica los requisitos de un sistema de gestión de la energía, a partir del cual, la empresa a través de un compromiso claro de la alta dirección implanta los requerimientos de

la Norma, desarrollando e implementando una política energética, estableciendo objetivos, metas y planes de acción, teniendo en cuenta requisitos legales y toda la información relacionada con el uso significativo de la energía. Una vez implantada la Norma en la empresa, se ha de proceder a la certificación del sistema.

Esta certificación del Sistema de Gestión de la Energía se dirige a las empresas que deseen:

- Mejorar la eficiencia energética de sus procesos de una forma sistemática.
- Establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía.
- Incrementar el aprovechamiento de energías renovables
- Asegurar su conformidad con su política energética.
- Demostrar esa conformidad a otros

4.2 LA NORMA

Tal como ya hemos indicado la Norma ISO 50001: 2011 es una herramienta más a disposición de las empresas para establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y consumo de la energía.

4.2.1 Objeto de la Norma

El Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) es la parte del sistema de gestión de una empresa dedicada a desarrollar e implantar su política energética, así como a gestionar aquellas áreas de actividad que precisan del uso de la energía como elemento clave para su funcionamiento, con el objetivo de realizar mejoras continuas y sistemáticas del rendimiento energético en la empresa.

Es un sistema para la mejora continua en el empleo de la energía, su consumo eficiente, la reducción de los consumos de energía, la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero, así como el fomento de energías alternativas.

4.2.2 Beneficios de un SGEn

- Energéticos y ambientales
 - Optimización del uso de la energía (consumo eficiente de la energía).
 - Fomento de la eficiencia energética en las empresas.
 - Disminución de emisiones de gases CO₂ a la atmósfera.
 - Reducción de los impactos ambientales.

- Adecuada utilización de los recursos naturales.
- Impulso de energías alternativas y renovables.
- De liderazgo e imagen empresarial
 - Imagen de compromiso con el desarrollo energético sostenible
 - Refuerzo de la imagen de empresa comprometida frente al cambio climático.
 - Cumplimiento de los requisitos legales.
- Socioeconómicos
 - Disminución del impacto sobre el cambio climático.
 - Ahorro en la factura energética.
 - Reducción de la dependencia energética exterior.
 - Reducción de los riesgos derivados de las oscilaciones de los precios de los recursos energéticos.

4.2.3 Objetivos de la Norma

La siguiente imagen muestra el resumen de los objetivos perseguidos por la Norma.

Fomentar la eficiencia energética en la empresa, a través de tres variables:

- Ahorro en el consumo de energía.
- Reducción de los costes energéticos.
- Disminución de las emisiones de los gases efecto invernadero

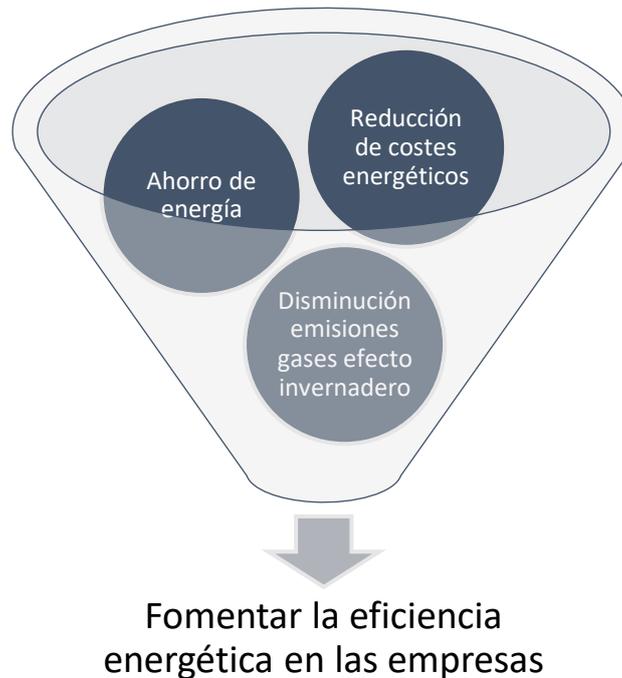


Imagen 4.1. Objetivos de la Norma ISO 50001

4.2.4 Aplicabilidad de la Norma

Esta Norma se dirige a todas las empresas públicas o privadas que deseen:

- Mejorar la eficiencia energética en sus procesos de forma sistemática.
- Establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía.
- Incrementar el aprovechamiento de energías alternativas.
- Asegurar su conformidad con su política energética.
- Demostrar esa conformidad a otros.
- Buscar la certificación de su sistema de gestión energética por una organización externa.

4.2.5 Finalidad de la Norma

Facilitar a las empresas, independientemente de su sector de actividad o de su tamaño, una herramienta que permita la reducción de los consumos de energía, los costes financieros asociados y consecuentemente las emisiones de gases efecto invernadero.

4.3 INTEGRACIÓN DEL SGE_n

El sistema gestión de la energía según la Norma ISO 50001:2011 se basa en el ciclo de mejora continua Planificar-Hacer- Verificar-Actuar (PHVA) para facilitar su compatibilidad con otros sistemas de gestión existente en la empresa.

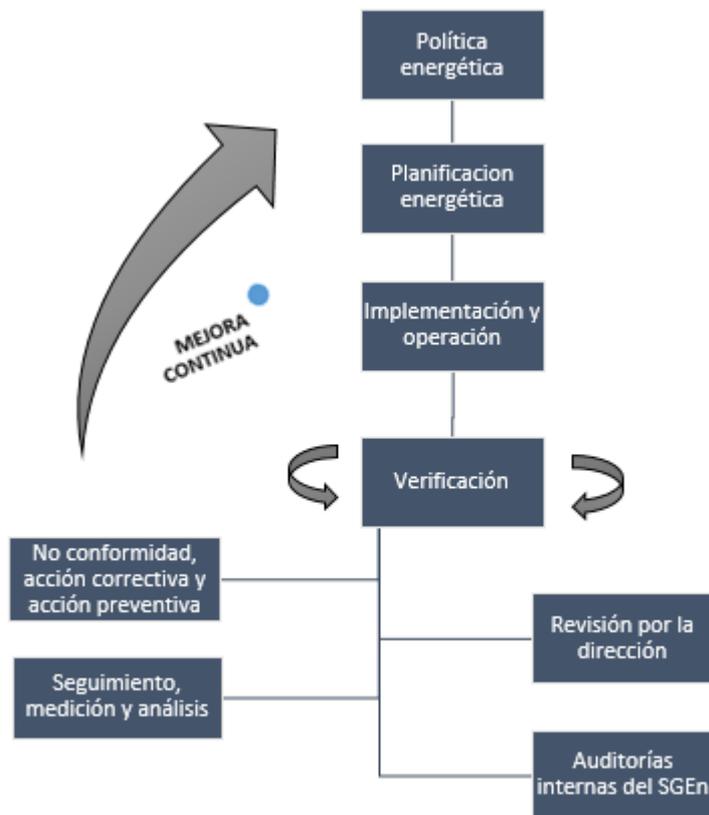


Imagen 4.2. Estructura modelo específico de SGE_n

El modelo específico de sistema de gestión de la energía (SGE_n) para esta norma internacional sigue la estructura basada en la mejora continua, tal como se observa en la ilustración anterior.

Con este concepto de mejora continua es posible integrar la gestión energética de la empresa en la estructura documental ya desarrollada para otros de gestión como, los de calidad, medio ambiente o prevención de riesgos laborales.

4.4 REQUISITOS PARTICULARES DE UN SGE_n

La gestión de la energía presenta unas particularidades que la distinguen de los demás sistemas de gestión.

Los siguientes apartados, junto a una explicación de cuáles son los requisitos establecidos por la Norma ISO 50001:2011, se centran en resaltar esas particularidades.

La siguiente imagen nos muestra el diseño esquematizado en el que se basa la implantación de un Sistema de Gestión de la Energía.

- Identificación del desempeño energético.
- Compromiso de la alta dirección.
- Desarrollo de una política energética.
- Planificación energética para una correcta implantación.
- Implementación y operación.
- Verificación.
- Revisión por parte de la dirección.



Imagen 4.3. Diseño implantación de un SGE_n

4.4.1 Desempeño energético

La Norma ISO 50001:2011, introduce el concepto "*mejora del desempeño energético*" como objetivo de la implantación de un SGen [11].

Este concepto de desempeño energético da a las empresas la flexibilidad necesaria para tener en cuenta consideraciones económicas o de otra índole, en el momento de determinar el ritmo de avance, la extensión y la duración del proceso de mejoras detectadas en la evaluación energética.

Por desempeño energético se entiende el uso de la energía, la eficiencia energética y el consumo energético. Todos ellos son conceptos muy similares, con un significado diferente cada uno de ellos.

- Uso de la energía: Forma o tipo de aplicación de la energía.
- Eficiencia energética: Relación cuantitativa entre la energía usada y la entrada de energía.
- Consumo energético: Cantidad de energía usada.

4.4.2 Responsabilidad de la dirección

Dentro de la norma se hace hincapié al compromiso que la alta dirección debe demostrar al apoyar la implantación del SGen.

La política energética es una de las herramientas a disposición de la dirección para plasmar ese compromiso. Desde la dirección se ha de asegurar una correcta formulación de esta política energética, con el objeto de reflejar una imagen fiel de la realidad energética de la empresa. La dirección se ha de responsabilizar de llevar a cabo revisiones periódicas que garanticen esa imagen real.

La implantación con éxito de un sistema de gestión de la energía requiere un compromiso de todas las personas que trabajan para la empresa.

Este compromiso debe comenzar en la dirección. Siendo esta la responsable de nombrar un representante específico de la dirección, con responsabilidad y autoridad para la implantación del sistema de gestión de la energía.

Otra de las responsabilidades de la dirección de la empresa ha de ser la de asegurar la disponibilidad de los recursos adecuados para la implantación del SGen.

Los recursos que la alta dirección ha de provisionar para la implantación de la Norma energética son de tres tipos:

- Recursos humanos, que han de contar con los conocimientos y habilidades necesarias para un correcto análisis y gestión del uso de la energía.
- Recursos tecnológicos, estos pueden ser internos de la empresa o bien externos a través de empresas con competencia en la materia.
- Recursos financieros. Se ha de dotar la partida económica necesaria tanto para el proceso de implantación, posterior certificación, como para las revisiones periódicas.

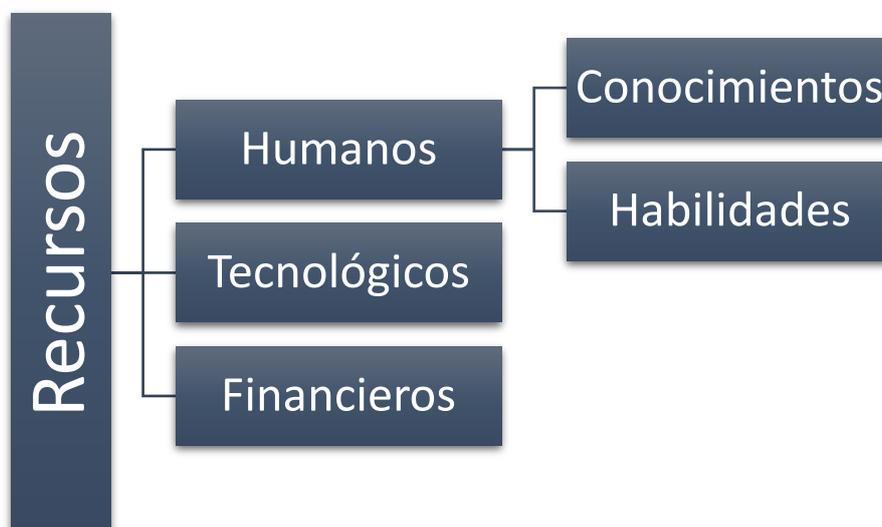


Imagen 4.4. Recursos alta dirección.

4.4.3 Política energética

Tal como hemos indicado, la política energética constituye una de las principales responsabilidades de la dirección de la empresa.

Esta política energética debe describir el compromiso de la empresa y sus responsables, con la mejora del desempeño energético. Con el objeto de que la empresa sea capaz de mantener y mejorar sus esfuerzos continuamente, para lograr una eficiencia energética mejorada; y

reflejar el esfuerzo por adaptar el consumo energético a las necesidades energéticas de la empresa.

La alta dirección, al desarrollar la política energética, debe de seguir los requisitos marcados por la Norma del sistema de gestión de la energía ISO 50001:2011, estos requisitos son:

- Definir el alcance y los límites del sistema de gestión de la energía. Ha de ser apropiada a la naturaleza, magnitud de uso, y al consumo que la empresa realiza.
- Coherente con la escala e impacto del uso de la energía en la empresa.
- Fijar un compromiso de mejora continua de la eficiencia energética.
- Crear un protocolo para establecer y revisar los objetivos energéticos.
- Incluir un compromiso para el cumplimiento de la legislación vigente.
- Proporcionar el marco de referencia para la definición y el establecimiento de los objetivos.
- Esta política ha de estar documentada, implantada, mantenida, comunicada a todos los niveles de la empresa.
- Revisar y actualizar de manera regular.
- Establecer la disponibilidad al público en general.

La política energética debería tomar la forma de una declaración oficial, a disposición del público, expresando el compromiso de la empresa para alcanzar los objetivos de la mejora energética y competitiva de la empresa, y consecuentemente la reducción de las emisiones de gases efecto invernadero, relacionadas con el uso de la energía.

La política energética debe de ser formulada, de una forma clara y precisa, con un mensaje que ha de ser entendido, tanto por las partes internas como externas a la empresa, trabajadores, clientes, proveedores, etc.

En un porcentaje alto de las ocasiones, esta política energética, ha de ser integrada en otros sistemas de gestión que la empresa tiene ya implementados.

4.4.4 Planificación energética

Una vez la empresa ha expresado su compromiso de implantación del SGEN, ha desarrollado y comunicado su política energética, se debe iniciar la planificación energética para la

implantación de la Norma ISO 50001:2011. Dentro de la planificación energética se establecen seis pautas de trabajo diferenciadas.

1. Generalidades.
2. Requisitos legales y otros requisitos
3. Revisión energética.
4. Línea de base energética.
5. Indicadores de desempeño energético
6. Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción para la gestión de la energía.

Generalidades

La planificación energética supone un proceso en el que se establece una sistemática de trabajo, donde en primer término se han de identificar:

- Los aspectos energéticos, que se pueden controlar y aquellos sobre los que se puede influir.
- Los aspectos energéticos que tienen o pueden tener un impacto significativo en los resultados medibles de la gestión energética.

La identificación de los aspectos energéticos es clave para entender dónde y cómo se utiliza la energía en la empresa.

Para implantar el sistema de gestión de la energía se debe comenzar por conocer cuál es la posición de la empresa respecto al consumo energético, para ello se ha de realizar una evaluación inicial de los aspectos energéticos.

La dirección de la empresa antes de comenzar esta fase de planificación ha de comprobar que el personal encargado de la realización de la evaluación de los aspectos energéticos está cualificado para desarrollar esta labor. En caso contrario precisa de una consultora especializada.

Para ejecutar este primer paso, si la empresa cuenta con un estudio energético previo, resultará más sencilla esta evaluación de los aspectos energético.

Es, por tanto, necesario para la implantación, un estudio energético. Como hemos comentado existen diferentes tipos de estudio energéticos, por ello, se debe comprobar que el alcance del estudio energético que la empresa ha podido realizar, coincide con el compromiso energético suscrito por la empresa en su política energética, así como con el requerimiento mínimo exigido por la Norma energética.

La imagen 5.5 muestra los pasos que se han de seguir para iniciar la planificación energética.

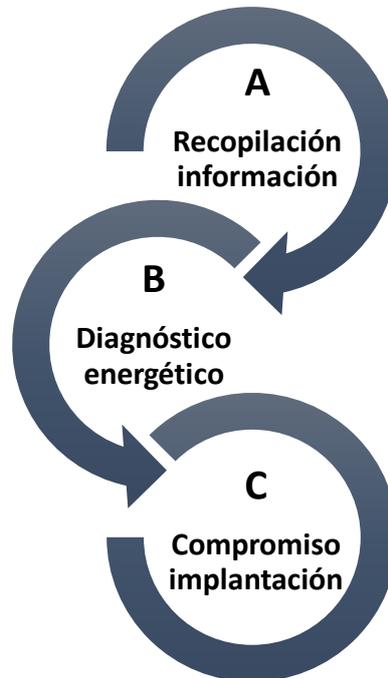


Imagen 4.5. Pasos para iniciar la planificación energética.

En el caso de que la empresa disponga de un estudio energético normalizado, las dos primeras fases de este diagrama han sido completadas.

En el supuesto de no disponer de un estudio energético previo y válido para la implantación del SGE en es preciso de una información previa. Por ello se debe de proceder a la recopilación de la información energética.

A. Recopilación de información

En el trabajo de reunir toda la documentación, necesaria para analizar la situación energética de la empresa, es preciso identificar qué información es necesaria.

A continuación, se enumera toda la documentación susceptible de ser recopilada para la ejecución de un buen estudio energético de la empresa.

- Diagrama de flujo del proceso productivo y de los sistemas auxiliares.
- Datos de diseño, de operación y actividades.
- Medición de los consumos energéticos.
- Métodos de evaluación de la gestión energética de la empresa.
- Indicadores de consumo, coste, eficiencia y gestión energética que tiene la organización.
- Manuales de procedimiento de operaciones en los procesos y equipos claves de la empresa.
- Impacto del coste de la energía en el coste de producción.
- Identificación de las oportunidades de mejora detectadas.
- Informes anteriores de estudios energéticos.
- Manuales de los sistemas de gestión implantados por la empresa.

La información recopilada influye a la hora de determinar los criterios que permitan seleccionar los aspectos energéticos significativos, con ellos se determinarán los posibles puntos de mejora de eficiencia y optimización energética.

Al igual que se realiza con otros sistemas de gestión, toda la información recopilada en esta fase debe de ser documentada, revisada y actualizada.

B. Diagnostico energético

Con la información energética recopilada, se puede proceder a la realización de un diagnóstico energético que permita a la empresa determinar sus aspectos energéticos significativos.

Para un correcto diagnostico se debe seguir una metodológica de trabajo en la que se ejecuten las siguientes actuaciones:

- Organización de la información energética recopilada.
- Identificación de los sistemas y equipos consumidores de energía.
- Contabilización de la información energética.

- Mediciones de los equipos y sistemas energéticos.
- Análisis de las mediciones.
- Cálculos energéticos.
- Determinación de las medidas de ahorro energético.
- Identificación de los aspectos energéticos significativos.

Los objetivos de la realización de este diagnóstico energético es el conocimiento de la situación energética de la empresa, así como la identificación de medidas de ahorro energético que mejoren su desempeño energético.

C. Compromiso de implantación

No es suficiente con que a través de un estudio energético o bien un diagnóstico energético interno, la empresa identifique las medidas de ahorro que le permiten mejorar su desempeño energético. Desde la dirección de la empresa se ha de asegurar que las oportunidades de mejora que se detectan en el diagnóstico energético se tienen en cuenta para la implantación del Sistema de Gestión Energética, como garantía de una reducción energética, de costes y emisiones de gases invernadero, objetivo en último término perseguido por la implantación de la Norma ISO 50001:2011.

La empresa debe mantener un registro con todas las oportunidades de ahorrar energía detectadas. Y cada evaluación realizada debe de ser correctamente documentada.

Cada oportunidad de ahorro debe identificar como mínimo:

- El aspecto energético al que está relacionada.
- Su valor en términos financiero y/o dióxido de carbono.
- La acción requerida.
- El costo estimado o real.
- La fecha de finalización y el resultado real.

Requisitos legales y otros requisitos

La empresa al igual que en el resto de los sistemas de gestión debe:

- Identificar los requisitos legales aplicables relacionados con aspectos energéticos.

- Determinar la forma de aplicación de esta legislación.

Se ha de tener en cuenta que el marco legislativo del aspecto energético es diferente al resto de los sistemas de gestión^[1]. La empresa ha de preparar y mantener una lista de la legislación energética pertinente y de otros requisitos que afectan a las actividades, productos y servicios.

La dirección empresarial ha de nombrar a una persona como responsable de identificar y evaluar todas las obligaciones legales y otros requisitos que la empresa pueda suscribir. Esta información debe ser correctamente:

- Comunicada a las personas apropiadas.
- Mantenerse actualizada en cuanto a leyes y disposiciones reglamentarias.
- Actualizado el registro de la legislación aplicable en intervalos previamente definidos.

Revisión energética

El responsable de la implantación de la Norma debe realizar una revisión periódica de los aspectos energéticos. Se ha de tener en cuenta que los procedimientos para llevar a cabo esta revisión han de estar documentados.

Dentro de la revisión energética los ítems que han de ser tenidos en cuenta son:

- Se han de identificar las fuentes de energía, analizando el uso y consumo que se realiza, basándose en mediciones.
- Se ha de realizar una comparativa entre las mediciones pasadas y presentes.
- Se han de identificar las áreas de uso significativo de la energía.
- Se debe establecer un protocolo para identificar y evaluar oportunidades de mejora del desempeño energético.

El principal objetivo de esta revisión es establecer una hoja de ruta que permita a la empresa definir las áreas de uso significativos de la energía e identificar oportunidades para la mejora del desempeño energético.

^[1] En el ámbito energético, la web del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio es útil para la recopilación de legislación sobre gestión energética.

Línea de base energética

Dentro de la planificación energética, se ha de establecer una hoja de ruta o línea de base energética donde partiendo de la información obtenida en la revisión energética inicial, se han de ir teniendo en cuenta datos recopilados a través de las revisiones.

Las situaciones y realidades de las empresas son cambiantes, las necesidades y usos que se realizan de la energía también son cambiantes, por ello, es necesario conocer las necesidades energéticas para adecuar la infraestructura de la empresa a sus nuevas realidades.

Deben realizarse ajustes en la línea de base energética cuando se den una o varias de las siguientes situaciones.

- Los identificadores de desempeño energético (IDEns), de los que hablaremos en el siguiente apartado, no reflejan el uso y el consumo de la empresa.
- Se hayan realizado cambios importantes en los procesos, patrones de operaciones, o sistemas de energía.

Dentro de la empresa es importante conocer cuál es la línea de base energética, así como identificar las posibles desviaciones en un futuro de la línea de base. Esta acción da a la alta dirección información relevante para la toma de decisiones.

Indicadores de desempeño energético

Los IDEns son los indicadores del desempeño energético, un valor cuantitativo o medida del desempeño energético, que ha de ser definido por la empresa.

Cada empresa ha de identificar sus propios IDEns, la metodología para determinarlos, así como su actualización ha de estar correctamente documentada.

Los IDEns han de ser revisados y comparados en cada una de las revisiones energéticas.

Una vez identificados y evaluados los aspectos energéticos significativos para la empresa, correctamente documentados, se tienen que establecer los objetivos y metas energéticas junto a los niveles y funciones.

La identificación de los IDEns es uno de los elementos clave y diferenciador del resto de sistemas de gestión.

Esta identificación es en muchos casos un proyecto de ingeniería, sin lugar a duda, es la auditoría energética el primer paso para esa identificación de los aspectos energéticos significativos, siendo en la mayor parte de las ocasiones realizada por un auditor externo a la empresa, con la experiencia y formación necesaria para establecer los aspectos energéticos más significativos.

Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción para la gestión de la energía

Establecer los objetivos y metas proporciona los medios a la empresa para transformar la política energética en acción. Estos objetivos y metas han de estar correctamente documentados, así como identificados los plazos para el logro de estos objetivos y metas.

A. Objetivos

Los objetivos deben ser:

- Medibles.
- Coherentes con la política energética de la empresa.
- Comprometidos con la mejora de la eficiencia energética.
- Cumplidores de los requisitos legales vigentes.
- Considerar las opciones tecnológicas, financieras y operacionales de la empresa.
- Coherentes con la opinión de las partes implicadas.

B. Metas

Las metas deben ser:

- Ambiciosas, para comprometer a la empresa con la mejora continua.
- Realistas, para que puedan alcanzarse dentro de los límites de tiempo especificados.
- Específicas y medibles.

Los objetivos y metas se deberían revisar y modificar periódicamente.

Se deben establecer metas para cada aspecto energético significativo identificado en la evaluación.

Las metas de reducción energética deben expresarse mediante indicadores del desempeño energético tales como kWh, J, etc. de forma que la meta se considere independiente de las variaciones en la actividad empresarial.

C. Planes de acción

Para una correcta implantación del SGEN, se deben establecer uno o varios planes de acción para alcanzar los objetivos y metas previamente establecidos. Cada uno de estos planes debe contener:

- Asignación de responsabilidades para lograr los objetivos y metas en las funciones y niveles establecidos.
- Establecer los medios y calendarios para lograrlos.
- Una declaración del método mediante el cual debe verificarse la mejora del desempeño energético.
- Así como una declaración del método para verificar los resultados.

Al igual que el resto de las actuaciones de la implantación de la Norma, los objetivos, metas y planes de acción deben documentarse correctamente y actualizarse a intervalos previamente determinados.

4.4.5 Implementación y operación

Las fases de la implantación del sistema de gestión de la energía son muy similares a las de otros sistemas de gestión, las podemos desglosar:

1. Generalidades.
2. Competencia, formación y toma de conciencia.
3. Comunicación.
4. Documentación.
5. Control operacional.
6. Diseño.
7. Adquisición de servicios de energía, productos, equipos y energía.

De los siete apartados anteriores, los tres últimos son los que nos exigen un tratamiento diferenciado al del resto de sistemas de gestión.

4.4.6 Verificación

Dentro de este capítulo la norma lo desglosa en cinco apartados:

1. Seguimiento, medición y análisis.

2. Evaluación del cumplimiento de los requisitos legales y de otros requisitos.
3. Auditoría interna del sistema de gestión de la energía.
4. No conformidad, corrección, acción correctiva y acción preventiva.
5. Control de registros.

Seguimiento, medición y análisis

Desde la empresa se tienen que establecer procedimientos el seguimiento y de forma regular de las características fundamentales de las operaciones que puedan tener impacto en el uso de la energía.

Es importante que el responsable energético compruebe que los equipos de seguimiento y medición son los adecuados, se mantienen verificados y tienen los registros asociados.

En intervalos regulares, la empresa debe realizar un seguimiento, medición y registro del consumo energético significativo y factores energéticos asociados y debe establecer la relación entre ellos, junto con la evaluación del consumo energético real frente al esperado.

Se tiene que mantener registro de todas las operaciones de seguimiento y medición junto con las desviaciones significativas detectadas respecto al consumo energético esperado.

Las desviaciones detectadas deben documentarse incluyendo sus causas y posibles medidas de solución.

Es útil para las empresas hacer el seguimiento del consumo energético través de indicadores del desempeño energético como kWh por unidad de producción o kWh por m² de superficie.

Regularmente la empresa debe de comparar sus indicadores de desempeño energético con otras empresas o situaciones similares, para conocer su posición relativa dentro del sector, actividad, localización geográfica, etc.

Para las empresas puede ser muy útil la planificación del seguimiento y la medición de todo el consumo energético significativo y de los factores energéticos.

Este planning de verificación debe incluir una descripción de:

- Cómo se miden y registran los consumos energéticos significativos.
- El alcance y seguimiento del equipo.

- Identificación de las tareas y responsabilidades del personal encargado de las mediciones.
- Criterios de cálculo para las mediciones realizadas.

Evaluación del cumplimiento de los requisitos legales y de otros requisitos

La empresa en referencia a los requisitos legales aplicables debe establecer, implementar y mantener procedimientos que le permitan evaluar periódicamente cumplimiento de los requisitos legales vigentes en cada momento. La imagen 4.6 muestra un esquema de actuación en la verificación del cumplimiento de los requisitos legales.



Imagen 4.6. Esquema de actuación en la verificación de requisitos legales.

Auditoría interna del Sistema de gestión

El objetivo de una auditoría interna es llevar a cabo una revisión sistemática y periódica del procedimiento utilizado para la implantación del sistema de gestión de la energía y evaluar si este procedimiento opera de acuerdo con los criterios formulados por la empresa a través de la política energética, y contrastar los datos obtenidos con aquellos establecidos por la Norma de gestión energética.

La dirección debe comprobar que las auditorías internas se realizan de forma periódica y en los intervalos planificados.

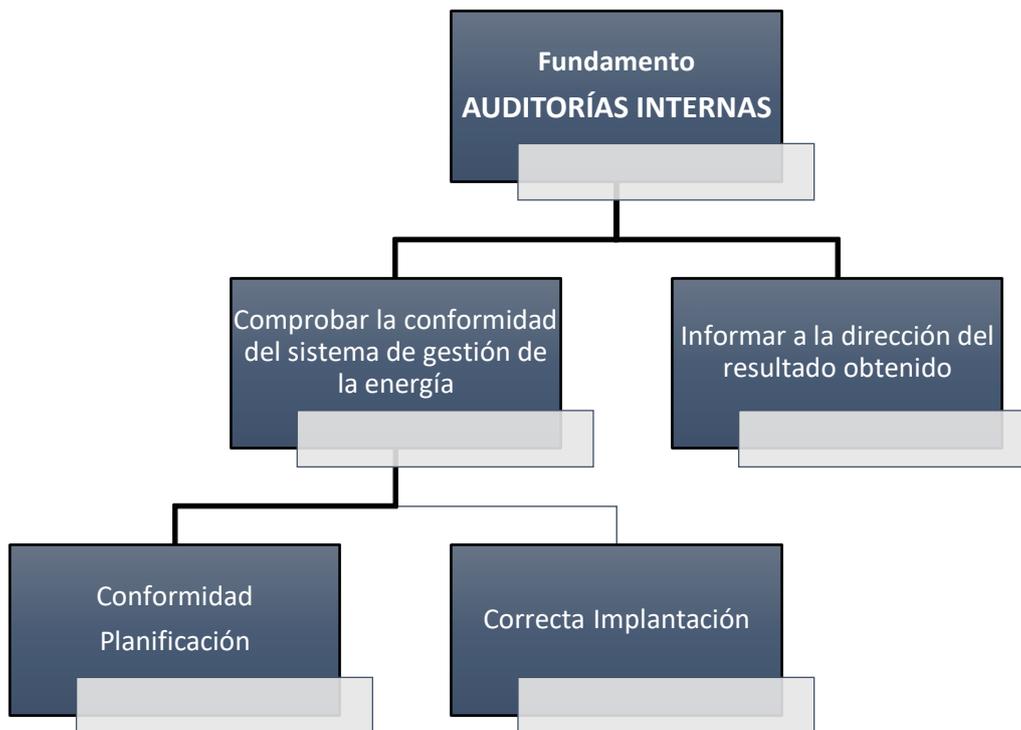


Imagen 4.7. Fundamentos Auditorías Internas.

En la planificación para la realización de las auditorías internas se deben tener en cuenta criterios energéticos sobre el uso de la energía, junto con los resultados de las auditorías internas previas.

Para el establecimiento de los procedimientos que afectan a las auditorías internas, según la Norma se debe seguir los siguientes requisitos:

- Determinar el alcance, frecuencia y métodos.
- Establecer las responsabilidades.
- Precisar los requisitos para la planificación y realización de las auditorías.
- Informar sobre los resultados de la auditoría.
- Mantener los registros asociados.
- Selección de los auditores asegurando la objetividad e imparcialidad de estos.

Las auditorías del sistema de gestión se llevan a cabo por parte de la empresa, o en caso de no disponer de los recursos humanos y técnicos precisos, por una o varias consultoras externas. Externalizando la parte del trabajo que la propia empresa no puede ejecutar con recursos internos.

Esta auditoría de gestión puede ser la base para una auto declaración de conformidad con la Norma ISO 50001:2011.

Estas auditorías deben estar correctamente documentadas e informadas a la dirección de la empresa.

Como regla general, el sistema de gestión de la energía ha de desarrollar un plan y un cronograma de auditoría. En este plan se ha de considerar el estado e importancia de los procesos, así como las áreas a auditar.

No conformidad, acción correctiva y acción preventiva

Es frecuente en la implantación de cualquier sistema de gestión, la aparición de actuaciones que no se ajustan los criterios establecidos, bien por la norma energética o por el plan de actuación elaborado. En este caso surgen las no conformidades, en caso de no ser correcta la actuación, se ha de establecer la acción que se va a ejecutar para solucionar la cuestión planteada, así como el diseño de las actuaciones pertinentes, con el objeto de que no se repita.

El responsable energético tiene que establecer un procedimiento para el tratamiento de las siguientes acciones.

- **No conformidades.** Surgen cuando, no se cumple con la política, objetivos, metas, programas energéticos o procedimientos documentados. Estas no conformidades se pueden clasificar en:
 - Reales. La no conformidad existe y como tal se documenta.
 - Potenciales. De continuar con una actuación se incurrirá en una no conformidad real.
- **Acciones correctivas.**
- **Acciones preventivas.**

Todas y cada una las acciones que se detecten e implanten tienen que estar perfectamente documentadas y ser coherentes con la proporción del impacto energético en el que se fundamentan.

Los requisitos que estos procedimientos deben de cumplir según la Norma ISO 50001:2011, son los siguientes:

- Identificación y corrección de las no conformidades, mediante acciones que minimicen su impacto energético.
- Investigación de las no conformidades, identificando sus causas y tomando las medidas oportunas de prevención.
- Evaluación de la necesidad de acciones preventivas para prevenir las no conformidades.
- Implantación de acciones preventivas para evitar las no conformidades.
- Registro de las acciones correctivas realizadas y las acciones preventivas tomadas.
- Evaluación de la eficacia de las acciones correctivas y preventivas tomadas.

Es el responsable energético quien determina qué acción se toma ante una no conformidad, incluyendo los criterios para determinar cuándo la no conformidad es de tal naturaleza que requiere de una acción. Siendo responsabilidad de la empresa investigar las no conformidades y actuar ante estas de manera correcta.

Control de los registros

Se tiene que establecer y mantener los registros que son precisos, esto le permite demostrar a la empresa:

- Su conformidad con los requisitos solicitados en la Norma objeto de aplicación.
- Los resultados logrados.

Como características importantes de los registros estos han de ser legibles, identificables y trazables a la actividad empresarial.

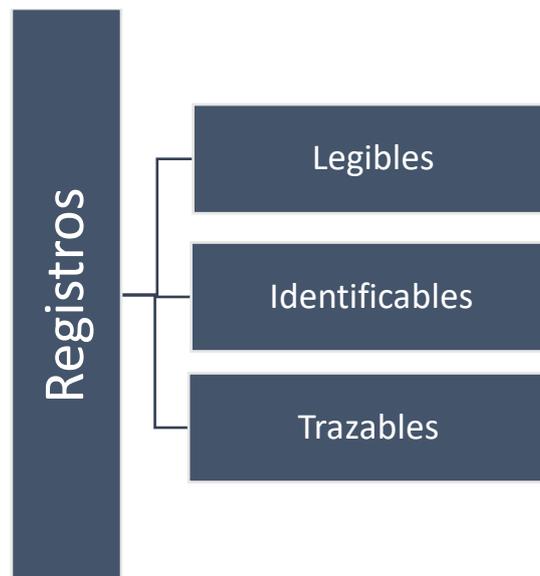


Imagen 4.8. Principales características de los registros

El responsable energético ha de establecer los controles precisos para una correcta gestión de los registros.

5 SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL

5.1 INTRODUCCIÓN

ALTADIS, multinacional procedente de la antigua Tabacalera, a pesar de la diversificación de su negocio, sigue siendo fundamentalmente en el campo de la fabricación de tabaco uno de sus principales puntos de interés económico.

Entre sus centros de producción, nos encontramos con la fábrica de cigarros de Cantabria, objeto de esta auditoría.

Trabaja anualmente **1.200.000 Kg** de tabaco en rama. Su proceso consiste fundamentalmente en el batido de la tripa, la elaboración de Tirulos, el liado de cigarros y su posterior empaquetado.

5.2 ANALISIS DE LOS SUMINISTROS ENERGETICOS

Se dispone de dos tipos de suministro de energía: electricidad y gas.

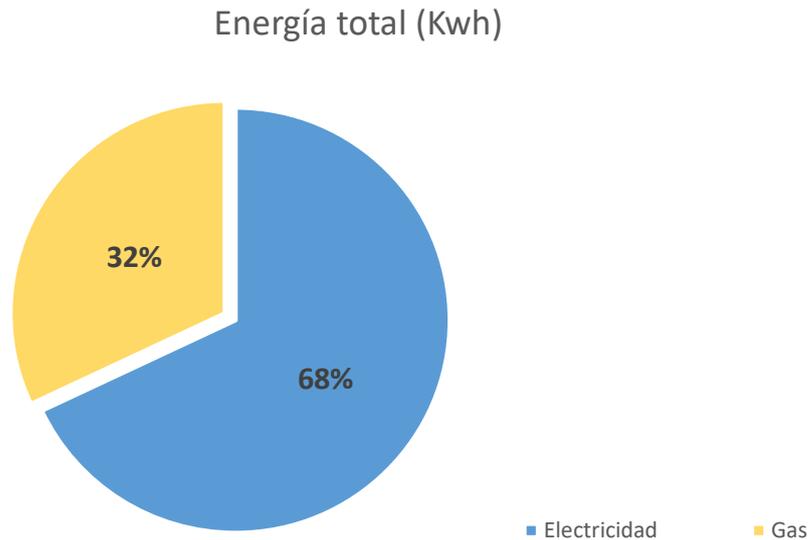
El consumo del FY17 en kWh para cada suministro se resume en la siguiente tabla:

FY17	Kwh	%Kwh
ELECTRICIDAD	5.593.792	68%
GAS	2.663.034	32%
TOTAL	8.256.826	100%

Tabla 5.1. Consumos electricidad y gas

Los datos usados en la tabla 4.1 provienen directamente de la suma de los datos de las facturas correspondientes, según sean de gas o electricidad.

Para una fácil visualización presentamos la siguiente gráfica:



Gráfica 5.1. Porcentaje de consumos electricidad y gas

Se puede apreciar claramente que el consumo más significativo en la fábrica es la electricidad, de ahí el motivo de nuestro estudio que posteriormente realizaremos para intentar disminuir el consumo de este tipo de energía.

5.3 ELECTRICIDAD

ALTADIS, en su fábrica de Cantabria, posee un suministro de media tensión de 12.300 V, que, una vez llegado a fábrica y a través de un centro de transformación propio, reduce a 390 V para dar servicio a sus propias instalaciones.

El contrato del suministro eléctrico expone a Acciona Green Energy Developments, S.L.U como empresa comercializadora [3].

La tarifa contratada es la 6.1A (6.1 antes del cambio regulatorio del 1/01/2015 sobre la ley de Impuestos Especiales), y las potencias contratadas son:

P1	2100	P4	2100
P2	2100	P5	2100
P3	2100	P6	2500

Tabla 5.2. Potencias contratadas en cada periodo en KW

5.3.1 Costes de los diferentes conceptos facturados.

En la tabla 5.3 se presentan los precios del Kwh, además de las potencias contratadas dependiendo del periodo en el que nos encontremos.

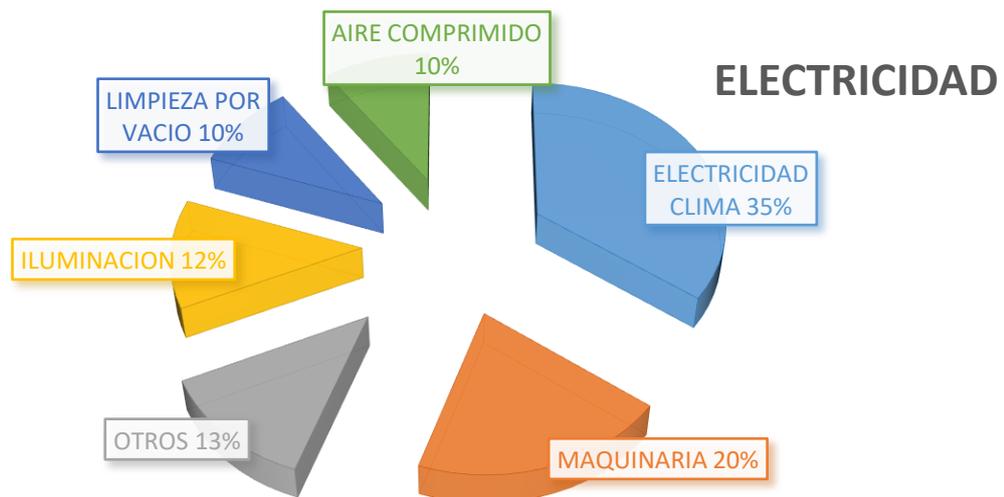
2016 - 2017 ACCIONA		
Periodo	€/Kwh	Potencia (KW)
P1	0,071308	2100
P2	0,066148	2100
P3	0,064415	2100
P4	0,061416	2100
P5	0,058947	2100
P6	0,04874	2500

Tabla 5.3. Potencia contratada y precio del Kwh por periodo.

El impuesto eléctrico es de 4.864%.

5.3.2 Uso de la energía eléctrica

Gracias a los 25 analizadores de red de los que se dispone conectados a un sistema SCADA, se tiene conocimiento de la distribución del consumo eléctrico. Actualmente se sigue con un porcentaje de consumo no registrado, que es calculado restando al contador general de la Fábrica la suma de la energía contabilizada en los 25 analizadores.



Gráfica 5.2. Distribución del consumo eléctrico.

En la siguiente tabla se observará, en valor absoluto, el consumo real a lo largo del año fiscal 2017 (FY17) en comparación con el año fiscal 2016 (FY16) para ver lo que se consume dentro de cada una de las secciones delimitadas:

FY17	KWh	%	FY16	KWh	%
ELECT. CLIMA	1.958.851	35%	ELECT. CLIMA	1.670.139	33%
MAQUINARIA	1.131.599	20%	MAQUINARIA	989.178	19%
OTROS	725.712	13%	OTROS	756.580	15%
ILUMINACION	683.149	12%	ILUMINACION	687.343	13%
VACIO	548.654	10%	VACIO	483.531	9%
AIRE COMP	545.826	10%	AIRE COMP	509.533	10%
TOTAL	5.593.792	100%	TOTAL	5.096.304	100%

Tabla 5.4. Desglose de consumos reales FY17 vs FY16

En el apartado "otros" se encuentran todos los consumos que bien porque no se han identificado, o bien por su pequeña contribución, como pueden ser equipos informáticos, instalación de paletizado, seguridad, carga de carretillas eléctricas, cámaras frigoríficas... (Aunque su suma represente un sexto del consumo energético total). Por otro lado, imputado energéticamente a maquinaria, también existe un porcentaje que corresponde a iluminación, es el de las luminarias conectadas directamente a las máquinas, que refuerza el alumbrado de la zona de trabajo de las máquinas.

La climatización desde un punto de vista energético es el proceso que mayor consumo representa, puesto que se lleva un tercio del consumo eléctrico y gran parte del combustible consumido es para generar el agua caliente para el consumo en calefacción. Además, habría que añadir el consumo de las cámaras frigoríficas que se encuentran en el apartado "otros".

Este gran consumo se debe sin lugar a duda a la gran exigencia de acondicionamiento térmico que requiere la factoría en su proceso productivo, y en menor medida las oficinas.

5.3.3 Consumos por periodos

La tarifa contratada 6.1A, implica la facturación del consumo por periodos. Dependiendo de la hora, del día y del mes del año, el precio kW/h es distinto. Veamos una tabla resumen:

Hora	0-7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Enero	6	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2
Febrero	6	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2
Marzo	6	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4
Abril	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Mayo	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Junio 1 ^a	6	4	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Junio 2 ^a	6	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Julio	6	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Ago S,D y fiestas	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Septiembre	6	4	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Octubre	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Noviembre	6	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4
Diciembre	6	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2

Tabla 5.5. Periodos en función de la hora y del mes.

En la tabla 5.5 se aprecia como a distintas horas del día y dependiendo de cada mes se aplican periodos tarifarios diferentes. Como se puede ver durante todos los meses de 00:00 a 7:00 horas, se tiene periodo 6 que es el más barato de todos como indicamos anteriormente ($P_6 < P_5 < P_4 < P_3 < P_2 < P_1$), lo mismo sucede a lo largo de todas las horas del día del mes de octubre, además de los fines de semana y festivos. Esto es lógico ya que se pagará menos por el consumo de energía en momentos del día en el que la demanda general de energía sea más baja, como sucede por las noches, los fines de semana o en el mes de agosto donde gran parte de las empresas establecen las vacaciones de verano.

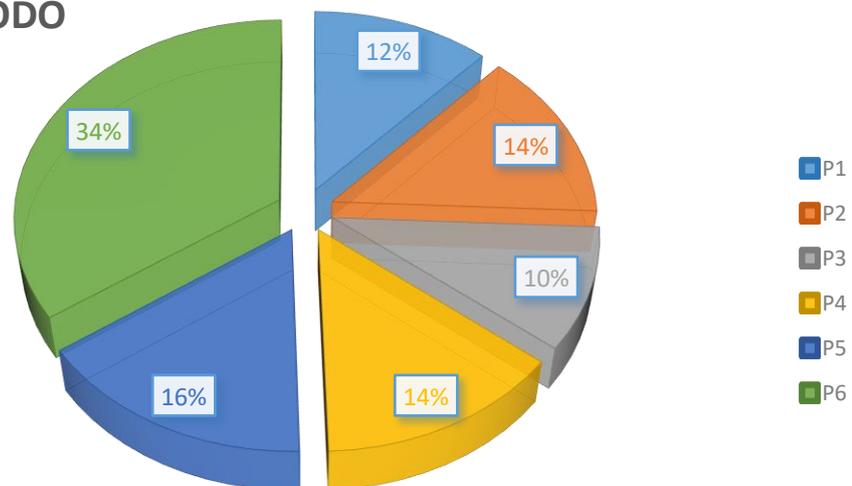
Los precios fijos y variables están anteriormente detallados en el apartado 5.3.1

El motivo de este análisis se debe a que la facturación del consumo energético depende de cuando se ha producido dicho consumo. Por ello calculamos porcentajes de consumo por periodo.

Mes	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Octubre					306.105	129.082
Noviembre			141.547	205.761		136.963
Diciembre	107.274	153.403				124.816
Enero	126.930	179.584				131.112
Febrero	130.724	184.236				126.480
Marzo			141.277	210.854		134.180
Abril					222.299	109.561
Mayo					381.018	133.167
Junio	120.904	96.209	92.278	134.933		145.078
Julio	183.841	148.383				135.900
Agosto						503.950
Septiembre			158.136	232.168		136.889
Total FY17 (kWh)	669.673	761.815	533.238	783.716	909.422	1.947.178
	12%	14%	10%	14%	16%	35%

Tabla 5.6. Porcentaje de consumos por periodo en FY17

PORCENTAJES DE CONSUMOS POR PERIODO



Gráfica 5.3. Distribución del consumo eléctrico por periodos.

Se comprueba que el mayor porcentaje de consumo que se realiza es en periodo 6. Esto nos beneficia económicamente.

Este tipo de análisis nos da otra perspectiva desde la cual entran en juego, no solo la cantidad consumida, sino que también, implica el momento en que es consumida. No tener en cuenta estos factores puede suponer unas pérdidas considerables o desaprovechar una oportunidad de ahorro según se mire.

Cualquier cambio regulatorio sobre la distribución de los periodos, o la reducción e incremento de horas de un periodo, nos influye económicamente.

5.3.4 Consumos mensuales

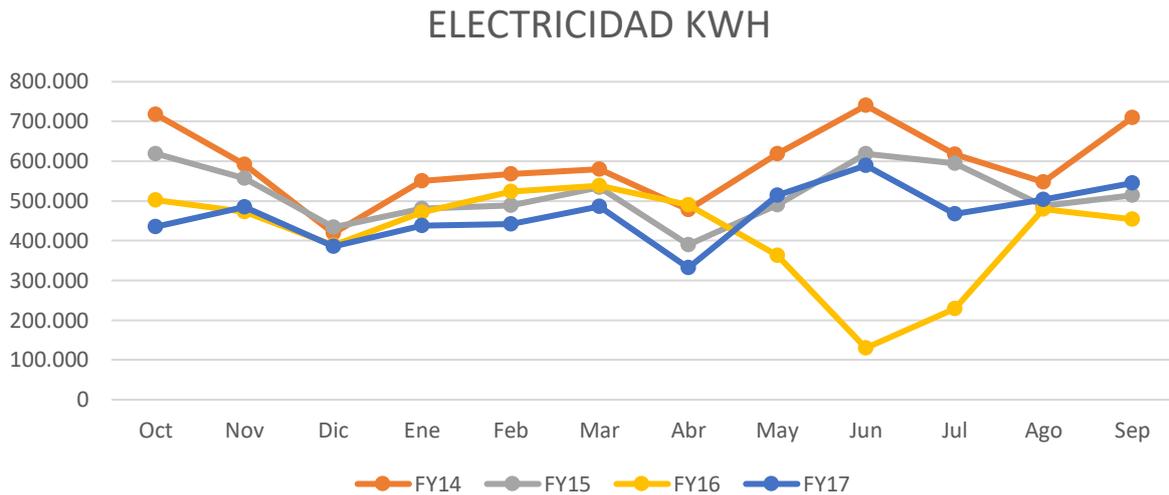
Vamos a observar los consumos eléctricos de manera mensual. Para ello, vamos a utilizar los datos del FY 14, 15 y 16 para ver el progreso en cuatro años.

El mayor contraste de consumo respecto a años anteriores, lo analizaremos en apartados posteriores con la Base Line.

La tabla siguiente muestra los KWh, mes a mes en los años FY14, FY15, FY16 y FY17.

CONSUMOS ELECTRICIDAD				
KWh	FY14	FY15	FY16	FY17
Oct	717.671	619.263	501.893	435.187
Nov	591.989	556.922	472.613	484.271
Dic	418.755	434.212	387.836	385.493
Ene	549.926	481.324	471.881	437.626
Feb	568.525	489.050	524.013	441.440
Mar	580.092	534.594	538.490	486.311
Abr	477.529	390.062	490.810	331.860
May	618.260	489.647	363.241	514.185
Jun	740.085	618.773	130.090	589.402
Jul	616.981	594.269	229.543	468.124
Ago	548.109	487.915	480.124	503.950
Sep	709.508	514.764	453.503	545.254
Total	7.137.430	6.210.795	5.044.037	5.623.103

Tabla 5.7. Registro de consumos eléctricos mensuales.



Gráfica 5.4. Registro de consumos eléctricos mensuales.

En las gráficas puede comprobarse la diferencia de consumo entre los años FY14, FY15, FY16 y FY17.

5.4 GAS

En la actualidad existe un suministro canalizado, con una conexión a la red de gas natural, disponiendo de una E.R.M para bajar presión y dar servicio a los procesos. Actualmente dicho suministro lo realiza UNION FENOSA GAS COMERCIALIZADORA, S.A. como comercializadora y NATURGAS ENERGIA DISTRIBUCIÓN como empresa distribuidora, con las siguientes características:

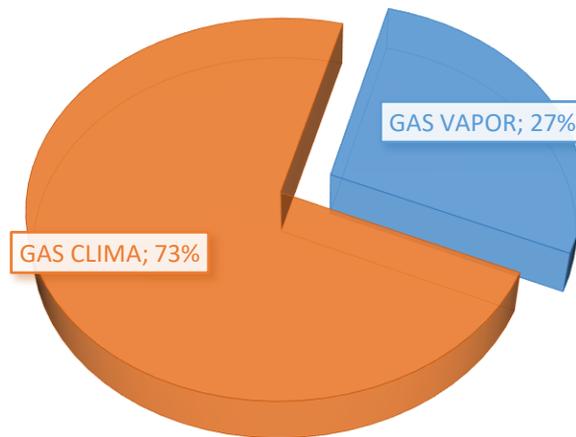
- Qd: 11.000 Kwh/día
- Tarifa de peaje a la red 2.2.
- Consumo a precio fijo: 0,099143 €/(kWh/día) /mes
- Factor de utilización a precio variable.

5.4.1 Uso de la energía térmica

El gas natural es consumido por la caldera generadora de vapor para el proceso productivo, y por las calderas destinadas a climatización y ACS.

Veamos un desglose del consumo por usos:

GAS TOTAL



	Kwh	%
VAPOR	745.093	27%
CLIMA	1.964.611	73%
TOTAL	2.709.704	100%

Gráfica 5.5. Distribución del consumo de gas.

Para poder desglosar el consumo en vapor y clima usamos los datos recogidos por el programa. Estos datos no coinciden exactamente con las facturas, debido a que el programa utiliza la recogida de datos en semanas completas pudiendo incluir días de otros meses y el intervalo de tiempo del registro de las facturas no tiene por qué coincidir con las fechas iniciales y finales de cada mes.

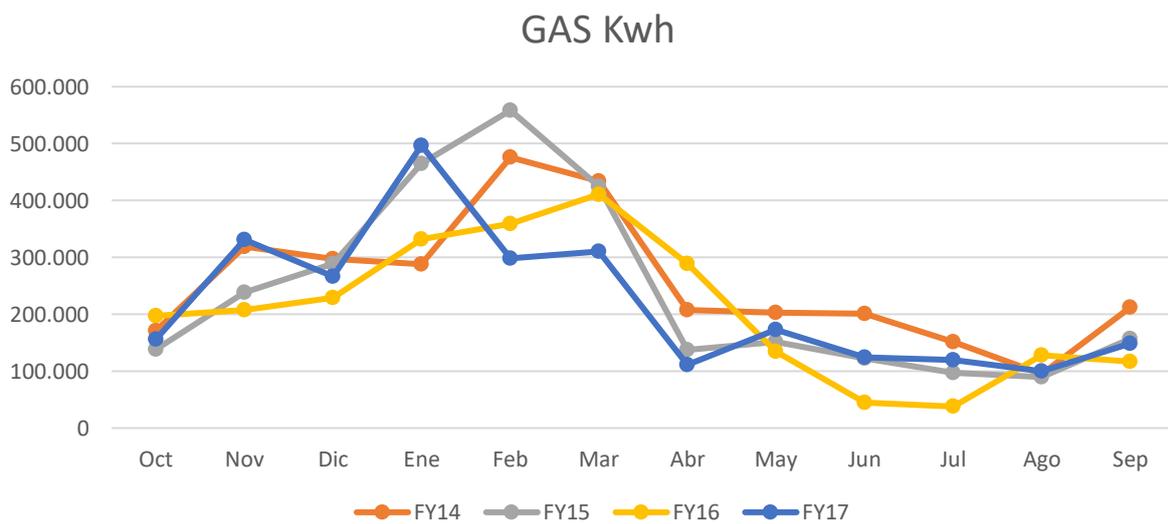
5.4.2 Consumos mensuales

Al igual que en el consumo eléctrico, vamos a analizar el consumo mensual teniendo en cuenta el FY14.

La tabla siguiente muestra los kWh consumidos mes a mes en los años FY14, FY15, FY16:

CONSUMOS GAS				
Kwh	FY14	FY15	FY16	FY17
Oct	170.903	138.150	197.412	156.280
Nov	318.566	238.790	207.308	331.053
Dic	297.213	288.873	229.536	266.945
Ene	287.978	465.041	332.262	496.804
Feb	475.707	558.348	359.226	298.727
Mar	434.237	424.813	410.914	310.862
Abr	207.760	137.669	288.832	111.480
May	203.170	151.365	134.330	173.421
Jun	200.611	122.530	44.825	124.409
Jul	151.791	97.316	37.856	120.058
Ago	95.007	89.706	127.964	99.970
Sep	212.407	156.590	116.486	148.533
Total	3.055.350	2.869.191	2.486.952	2.638.542

Tabla 5.8. Registro de consumos de gas mensuales.



Gráfica 5.6. Registro de consumos de gas mensuales.

5.5 USOS SIGNIFICATIVOS DE LA ENERGIA

A continuación, hacemos un desglose de cada punto de consumo (gas o electricidad).

CUADRO	kWh		%Total
Calderas (kWh)	1.945.744	Consumo gas caldera Clima + ACS	23,57
Vapor (kWh)	717.290	Consumo gas caldera generadora de vapor.	8,69
RESTO FABRICA	671.580	Cantidad no controlada	8,13
CEP09	589.453	Maquinaria Liado	7,14
CEB01	580.212	Enfriadoras y bombeo de agua fría y agua caliente.	7,03
CEP14	545.826	Compresores, secadores y torre de refrigeración.	6,61
CEB06	445.133	UCL-22, UCL-23, UCL-24, UCL-25, UCL-26, UTA-09, UTA-10	5,39
CEA00	440.416	Alumbrado circuito normal	5,33
CEB04	422.635	UCL-01, UCL-02, UCL-03, UTA-01, UTA-02	5,12
CEP11	398.708	Limpieza y aspiración de polvo	4,83
CEE01	242.734	Alumbrado de vigilancia	2,94
CEB02	201.213	UCL-09,10,19,20,21, UTA-03-04, UTA-06, UTA-07, UTA-08	2,44
CEP01	193.210	Maquinaria Tiruleras	2,34
CEB05	178.916	UCL-04, UCL-05, UCL-11, UCL-12, UCL-13, UCL-15, UCL-18	2,17
CEP07	137.133	Maquinaria Envasado	1,66
CEB03	130.743	UCL-06, UCL-07, UCL-08, UCL-14, UCL-16, UCL-17, UTA-5	1,58
CEP10	101.661	Maquinaria PPR	1,23
Donaldson	95.242	ASPIRACION TIRULERAS	1,15
CEP18	78.332	Utilities + Handling	0,95
Riedel	54.704	ASPIRACION DECOUFLES	0,66
Cámaras de frio	31.371	Cámara frio	0,38
CEP06	22.761	Convey	0,28
CEP17	21.968	Maquinaria Promocigar	0,27
MCC	9.842	Skid Impex	0,12
TOTAL	8.256.826		100

Tabla 5.9. Desglose puntos de consumo, analizadores de red.

Al ordenar los consumos de mayor a menor, es evidente, que las calderas para climatizar suponen el mayor punto de consumo en kWh algo para tener en cuenta desde un punto de vista medioambiental. El porcentaje de nuestro consumo no controlado (sin analizadores de consumo), actualmente es de un 8,13% del total (electricidad + gas).

6 ANALIZADORES DE RED

Para poder mantener el seguimiento de los consumos de determinadas cargas se utilizan lo que se denominan analizadores de red.

Actualmente las empresas, las industrias o cualquier consumidor de energía eléctrica buscan optimizar costes para ser más competitivos en el mercado. Para realizar ahorros en los costes se puede actuar sobre un gran número de parámetros, entre ellos el consumo de energía eléctrica.

Los analizadores de redes disponen de la más alta tecnología, miden una gran variedad de parámetros eléctricos, con el principal objetivo de obtener el control y la gestión de una instalación, máquina, industria, etc., permitiendo optimizar al máximo los costes energéticos.

6.1 DESCRIPCIÓN

Estos equipos son analizadores de elevadas prestaciones. Diseñados para ser instalados de forma muy sencilla en cualquier instalación y para que su uso sea totalmente adaptable a cualquier tipo de medida requerida. Disponen de una memoria interna donde se guardan todos los parámetros deseados, totalmente programables.

Además, un mismo analizador puede contener varios softwares, cuyas aplicaciones vayan destinadas a distintos tipos de análisis.

Existe una gran variedad de analizadores los cuales exportan o muestran los parámetros eléctricos directa o indirectamente a través de un display y transmiten por comunicaciones todas las magnitudes eléctricas medidas y calculadas.

Algunos analizadores son expandibles o modulares, pudiendo dotarlos de funciones adicionales asociables a cualquier parámetro eléctrico medido o calculado.

6.2 PRINCIPALES VENTAJAS

- **Ahorro**
 - Detección y prevención del exceso de consumo (Kwh)
 - Análisis de curvas de carga para ver dónde se produce la máxima demanda de energía.

- Detección de la necesidad de instalación de una batería de condensadores, así como su potencia.
- Detección de fraude en los contadores de energía.
- **Prevención**
 - Mantenimientos periódicos del estado de la red eléctrica, tanto en baja como en media tensión.
 - Análisis de las curvas de arranque de motores.
 - Detección de posibles saturaciones del transformador de potencia.
 - Cortes de alimentación.
 - Deficiente calidad de suministro eléctrico.
- **Solventar**
 - Poder analizar dónde tenemos un problema en la red eléctrica.
 - Para poder solucionar problemas de disparos intempestivos, fugas diferenciales, calentamiento de cables, resonancias, armónicos, perturbaciones, flicker, desequilibrios de fases, etc.
 - Al mismo tiempo, nos permite diseñar los tamaños adecuados para los filtros activos o pasivos de armónicos y filtros para variadores de velocidad, etc.

6.3 PARÁMETROS MEDIDOS POR LOS ANALIZADORES DE RED

Flickers

El flicker es una impresión subjetiva de la fluctuación de iluminación o variación notoria instantánea de los niveles de iluminación, ocasionada por fluctuaciones de tensión en la red eléctrica de alimentación. Origina en quien la percibe una sensación desagradable.

El flicker depende fundamentalmente de la frecuencia, amplitud y duración de las fluctuaciones de tensión que lo causan. Estas oscilan entre los 0,5Hz y los 30Hz de frecuencia.

Armónicos

Son voltajes y corrientes con frecuencias múltiplos enteros de la frecuencia fundamental (60Hz). Los armónicos son generados por las cargas no-lineales.

Es decir, es la distorsión de la forma de onda y está compuesto de una onda senoidal fundamental a 60Hz tal como de 3er orden (180Hz) y de 5to orden (300Hz), las cuales se adicionan dando como consecuencia una onda distorsionada.

Los armónicos son clasificados según la frecuencia, orden y secuencia. En el siguiente cuadro se muestra la relación que existe entre estos índices.

Frecuencia	60Hz	120Hz	180Hz	240Hz	300Hz	360Hz	420Hz
Orden	1	2	3	4	5	6	7
Secuencia	+	-	0	+	-	0	+

Tabla 6.1. Clasificación de los armónicos según la frecuencia.

Distorsión armónica (THD) de tensión y corriente

Las corrientes armónicas al circular por el sistema de potencia producen caídas de voltaje armónicas que son capaces de distorsionar la onda de voltaje de suministro.

La forma de evaluar un voltaje o una corriente distorsionada es a través del parámetro denominado distorsión armónica total THD (Total Harmonic Distorsion).

Valor eficaz

Se llama valor eficaz de una corriente alterna, al valor que tendría una corriente continua que produjera la misma potencia que dicha corriente alterna, al aplicar sobre una misma resistencia.

Es decir, se conoce el valor máximo de una corriente alterna (I_0). Se aplica esta sobre una cierta resistencia y se mide la potencia producida sobre ella. A continuación, se busca un valor de corriente continua que produzca la misma potencia sobre esa misma resistencia. A este último valor, se le llama valor eficaz de la primera corriente (la alterna).

Para una señal senoidal, el valor eficaz del voltaje y de la corriente es:

$$V_{ef} = \frac{V_0}{\sqrt{2}} \quad I_{ef} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$$

La potencia eficaz resultará ser:

$$P_{ef} = V_{ef} \cdot I_{ef} = \frac{V_0 \cdot I_0}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{2}} = \frac{V_0 \cdot I_0}{2}$$

Es decir, que es la mitad de la potencia máxima.

La tensión o la potencia eficaz, se nombran muchas veces las letras RMS, por ejemplo, decir 10V RMS o 15W RMS significará 10 voltios eficaces o 15W eficaces, respectivamente.

Potencia y factor de potencia

La presencia de armónicos en un sistema eléctrico hace que se complique el cálculo de la potencia y factor de potencia.

Existen tres cantidades estándares asociadas a la potencia:

- Potencia Aparente (**S**).
- Potencia Activa (**P**).
- Potencia Reactiva (**Q**).

A la frecuencia fundamental, es común relacionar estas condiciones según:

$$P = S \cos \theta \quad Q = S \sin \theta$$

Donde θ es el ángulo entre es el voltaje y la corriente.

El factor **cos ()** es comúnmente llamado factor de potencia y se define según:

$$FP = \frac{P}{S}$$

Las fórmulas son utilizadas para determinar la potencia activa y reactiva en función de la frecuencia fundamental del sistema de potencia, ya que normalmente el voltaje de distorsión es generalmente bajo (THD menor a 5%), con este cálculo es una buena aproximación independientemente de cómo este distorsiona la onda de corriente.

Ante la presencia de armónicos se cumple la siguiente relación:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}$$

Donde "**D**" representa distorsión de la potencia o distorsión de los voltio-amperios.

Otros

Además de los parámetros antes mencionados los analizadores de redes también realizan la lectura de:

- Tensión simple y compuesta.
- Corriente.
- Frecuencia.
- Máxima demanda potencia activa, activa y reactiva;
- Energía reactiva L ; Energía reactiva C ; Energía aparente y Energía Activa.

6.4 CLASIFICACIÓN

6.4.1 Analizadores fijos con montaje en panel

Los analizadores fijos con montaje en panel, instalados en la parte frontal de los gabinetes o tableros eléctricos, permiten una visibilidad directa. Se utilizan para el control en cuadros de distribución y acometidas de baja y media tensión. Totalmente programable la variable a controlar, el valor máximo, el valor mínimo y el retardo, control de la energía activa o reactiva mediante salida de impulsos de parámetros eléctricos medidos.



Imagen 6.1. Analizador de red fijo para montaje en panel.

6.4.2 Analizadores fijos con montaje en carril DIN

Los analizadores fijos con montaje en carril DIN, son instalados internamente de los gabinetes o tableros eléctricos. Se utilizan en cuadros de distribución y acometidas de baja y media tensión.



Imagen 6.2. Analizador de red fijo para montaje en carril DIN.

6.4.3 Analizadores portátiles

Los analizadores portátiles miden todos los principales parámetros eléctricos de una red eléctrica en verdadero valor eficaz con 4 canales de tensión y 4 de corriente. Se pueden realizar estudios completos de una instalación registrando: armónicos, perturbaciones, comprobación de contadores, transitorios, Flickers, etc.



Imagen 6.3. Analizador de red portátil.

6.5 DONDE INTALAR LOS ANALIZADORES

A continuación, se describe las diferentes ubicaciones donde pueden colocarse los analizadores de red según la función que queramos que desempeñen.

6.5.1 En Cabecera

Equipos de altas prestaciones y precisiones dedicados a la monitorización, registro y control de variables eléctricas y energéticas de cualquier instalación. Para medir en redes de Media Tensión o en cabecera de instalaciones de Baja Tensión. Diseñados, además, para medir otras fuentes de energía a través de pulsos como: agua, gas, etc.

6.5.2 En Subcuadros Principales

Equipos dedicados a la lectura de parámetros eléctricos y consumos energéticos en cuadros principales. Equipos dedicados a aportar información relevante sobre el estado general de cada línea, además de actuar sobre cualquier alarma que pueda aparecer.

6.5.3 En Subcuadros Secundarios

Equipos dedicados a la lectura de cargas situadas a final de línea o pequeños cuadros de distribución en Baja Tensión, dando información completa sobre el estado y consumo de cada carga o línea.

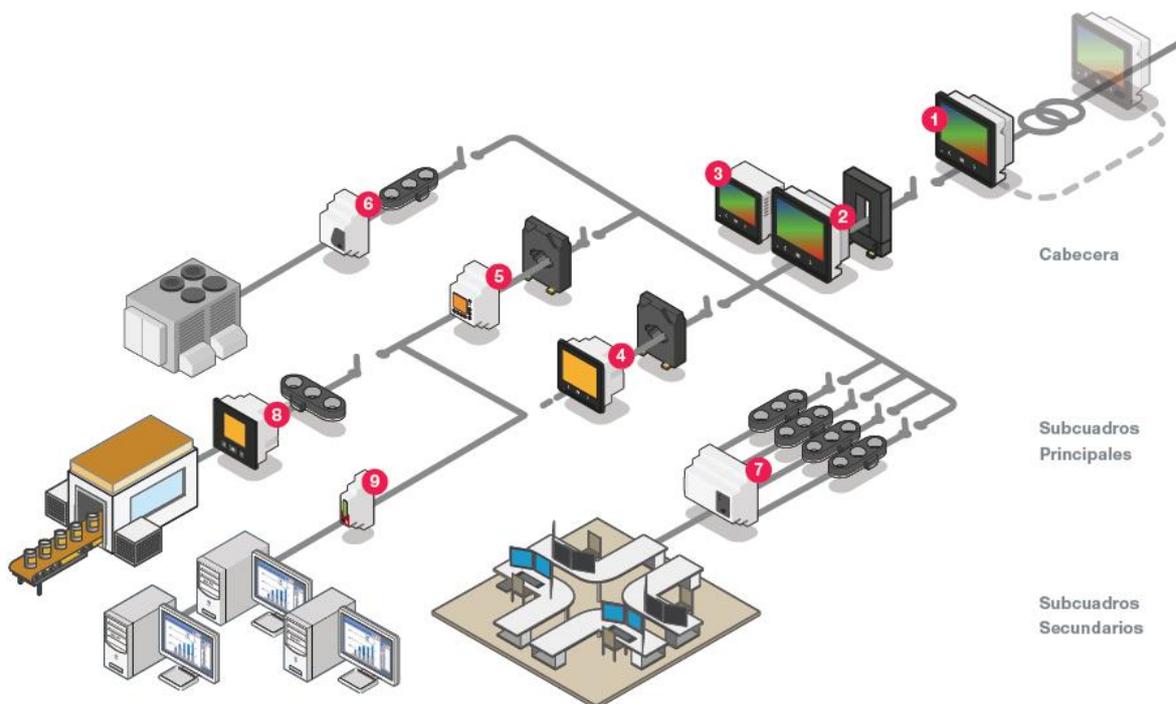


Imagen 6.4. Diferentes posibles situaciones de los analizadores

6.6 ANALIZADORES UTILIZADOS

A continuación, se presentan los diferentes modelos de analizadores de red que utiliza la fábrica para realizar el seguimiento de sus propios consumos de energía eléctrica [15].

6.6.1 Sentron PAC3200 de SIEMENS

Este modelo de analizador perteneciente a la casa Siemens, el cual abarca prácticamente la totalidad de los analizadores de red de la fábrica, es un multímetro tipo central de medida para la visualización de todos los parámetros de red relevantes en la distribución de energía eléctrica en baja tensión. Puede realizar mediciones monofásicas, bifásicas y trifásicas, y puede utilizarse en redes (sistemas) en esquema TN, TT e IT de dos, tres o cuatro conductores.



Imagen 6.5. Analizador de red SENTRON PAC3200

Gracias a su diseño compacto en formato 96 x 96 mm representa un sustituto ideal para los instrumentos analógicos convencionales.

Gracias a su amplio rango de tensión medida, el SENTRON PAC3200 con fuente de alimentación multirango puede conectarse directamente a cualquier red de baja tensión con una tensión nominal de hasta 690 V (máx. 600 V para UL).

Para la variante con fuente de alimentación de muy baja tensión está permitida la conexión directa a redes de hasta 500 V.

Pueden medirse tensiones superiores si se usan transformadores de tensión. Para la medida de corrientes se pueden utilizar transformadores de corriente x/1 A o x/5 A.

La gran pantalla gráfica de cristal líquido permite la lectura incluso a grandes distancias.

El SENTRON PAC3200 dispone de una retroiluminación regulable para garantizar una lectura óptima incluso en condiciones lumínicas desfavorables. Ofrece un manejo intuitivo para el usuario gracias a cuatro teclas de función, e información multilingüe en texto claro. Adicionalmente, el usuario experimentado dispone de una navegación directa, la cual permite realizar una selección rápida del menú deseado. El SENTRON PAC3200 dispone de una serie de útiles funciones de monitoreo, diagnóstico y servicio técnico, un contador de tarifa doble de energía activa y reactiva, un contador universal y un contador de horas de funcionamiento para monitorear el tiempo de servicio de consumidores conectados.

Para la comunicación se puede utilizar la interfaz Ethernet integrada o un módulo de interfaz opcional.

Además, el SENTRON PAC3200 dispone de una entrada y una salida digitales multifuncionales. La parametrización puede realizarse directamente en el dispositivo o a través de una interfaz de comunicación.

Para evitar accesos no autorizados se ha integrado un sistema de protección por clave en la parte frontal del dispositivo.

6.6.2 PM500 de MERLIN GERIN

Este analizador de la ya desaparecida casa Merlin Gerin y rebautizada con el nombre de Schneider Electric, es el que utiliza la empresa para que se encargue de analizar valores generales de la fábrica. Se encuentra ubicado en el exterior del recinto de la fábrica en la caseta de media tensión perteneciente a Viesgo, de la cual la fábrica se abastece, como se comentó anteriormente, de una tensión de 12.300 V.

La central de medida PM500 proporciona las medidas necesarias para el control de las instalaciones eléctricas de baja tensión (monofásicas o trifásicas) o de media tensión como es el caso. PM500 realiza las medidas en verdadero valor eficaz y sobre 4 cuadrantes proporcionando, de base, la energía y la tasa de distorsión armónica (THD) en intensidades y en tensión.



Imagen 6.6. Analizador de red Merlin Gerin PM500

La central de medida PM500 puede ser equipada de módulos opcionales, fácilmente encliquetables en cualquier momento por el usuario. Los módulos se encliquetan en cualquiera de los emplazamientos de la parte posterior del PM500 pudiéndose utilizar como máximo 1 módulo de cada tipo.

PM500 presenta una gran pantalla retroiluminada que permite visualizar hasta 5 medidas simultáneamente proporcionando la información de manera rápida y directa.

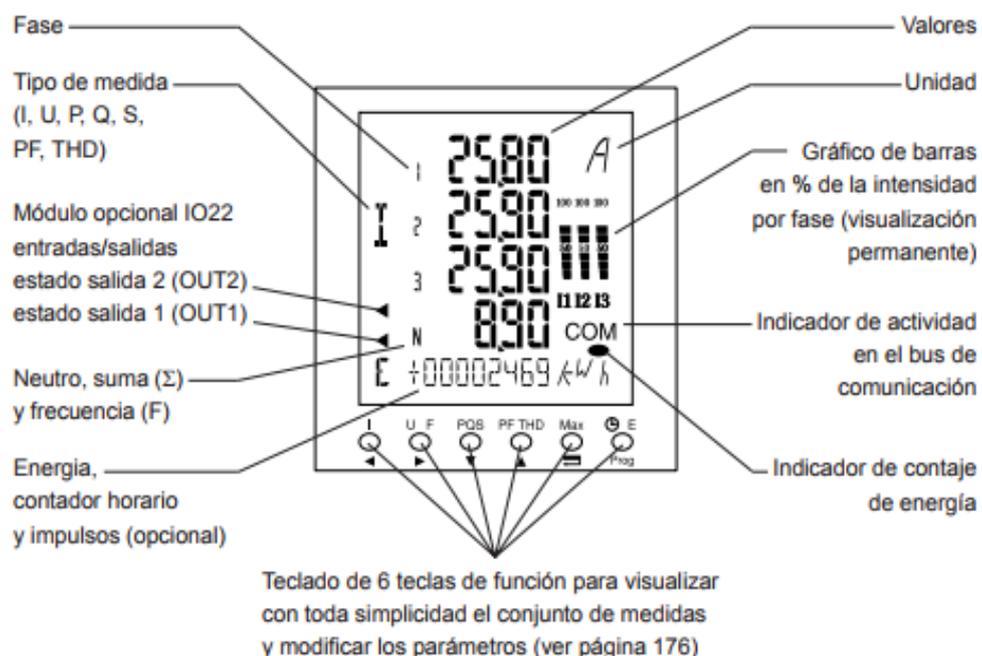


Imagen 6.7. Presentación cara delantera PM500

6.6.3 PM710 de MERLIN GERIN

Se dispone en la fábrica de 4 analizadores de red de este tipo. El potenciómetro PowerLogic de la serie 700 ofrece todas las capacidades de medición necesarias para supervisar una instalación eléctrica en una única unidad de 96 x 96 mm que se extiende sólo 50 mm por detrás de la superficie de montaje.

Con su gran pantalla, puede controlar las tres fases y el neutro al mismo tiempo. La pantalla antideslumbrante muestra grandes caracteres de 11 mm de altura y una potente luz de fondo para una fácil lectura incluso en condiciones de iluminación y ángulos de visualización extremos. El potenciómetro de la serie 700 está disponible en tres versiones:

- PM700, versión básica con THD y lecturas mín./máx.
- PM700P, versión básica más dos salidas de impulsos para medición de energía.
- PM710, versión básica más un puerto RS 485 para comunicación Modbus.



Imagen 6.8. Analizador de red Merlin Gerin PM710

Características:

- Se necesitan sólo 50 mm detrás de la superficie de montaje.
- Pantalla grande con iluminación de fondo y gráficos de barras integrados.
- Uso intuitivo
- Demanda de potencia y corriente, supervisión de armónicos (THD) y lectura mín./máx. en la versión básica.

6.7 LOCALIZACION DE LOS ANALIZADORES DE RED

Como se ha explicado anteriormente, la fábrica cuenta con 25 analizadores de red para controlar y registrar los consumos de energía diarios. Estos analizadores se encuentran distribuidos por toda la fábrica en diferentes zonas.

En la siguiente tabla se muestran los 25 analizadores de red y su ubicación, además del modelo de cada uno y la descripción sobre qué es lo que se encarga de medir cada uno de ellos dentro de la fábrica para obtener diferentes registros de consumos de energía eléctrica.

DENOMINACIÓN	DESCRIPCION	MODELO	UBICACIÓN
Total de fábrica	Analizador total de la fábrica	PM500	Edificio de Instalaciones
CEA 00	General de alumbrado	SENTRON3200	Cuadro General B.T
CEE 01	Alumbrado de vigilancia	SENTRON3200	Sala de Baja Tensión
CEP 01	Maquinaria zona TIRULERAS	SENTRON3200	Taller de tiruleras
CEP 07	Maquinaria zona ENVASADO	SENTRON3200	Taller de elaboración
CEP 09	Maquinaria zona LIADO	SENTRON3200	Taller de elaboración
CEP 10	Maquinaria zona PPR	SENTRON3200	Taller de PPR
CEP 11	Limpieza y aspiración polvo	SENTRON3200	Edificio de Instalaciones
CEP 14	Compresores, secadores y torre de refrigeración	SENTRON3200	Edificio de Instalaciones
CEP17	Maquinaria Promocigar	PM710	IMPEX+Promocigar
CEP 18	Utilities	PM710	IMPEX+Promocigar
CEP06	Convey	SENTRON3200	Almacén Robot
Donaldson+Handling	Aspiración de polvo Donaldson y Handling (zona Impex)	SENTRON3200	Edificio de Instalaciones
RIEDEL	Aspiración de polvo Riedel	SENTRON3200	Edificio de Instalaciones
MMC	Skid Impex	PM710	IMPEX+Promocigar
CAMARAS DE FRIO	Sala congeladora (hasta -25°C)	SENTRON3200	Almacén
CEB 01	Enfriadoras, Sistema bombeo agua fría/caliente para climatización	SENTRON3200	Edificio de Instalaciones
CEB 02	Climatizadores UCL09, UCL10, UCL19-21, UTA03-04, UTA06-08	SENTRON3200	Altillo almacén bateas vacías
CEB 03	Climatizadores UCL06-08, UCL14, UCL16, UCL17, UTA5	SENTRON3200	Taller de elaboración

CEB 04	Climatizadores UCL01, UCL02, UCL03, UTA01, UTA02	SENTRON3200	Altillo de mantenimiento
CEB 05	Climatizadores UCL04, UCL05, UCL11-15, UCL18	SENTRON3200	Taller de elaboración
CEB 06	Climatizadores UCL22-26, UTA09, UTA10	PM710	IMPEX + Promocigar
ENFRIADORA 1	Enfriadora 1	SENTRON3200	Enfriadora 1
ENFRIADORA 2	Enfriadora 2	SENTRON3200	Enfriadora 2
ENFRIADORA 3	Enfriadora 3	SENTRON3200	Enfriadora 3

Tabla 6.1. Analizadores de red de la fábrica.

Para poder orientarnos mejor en cuanto a la localización de los analizadores de red, en la imagen 6.9 se muestra un plano de la fábrica en el cual aparecen cada uno de los analizadores de red en las zonas en las que están distribuidos.

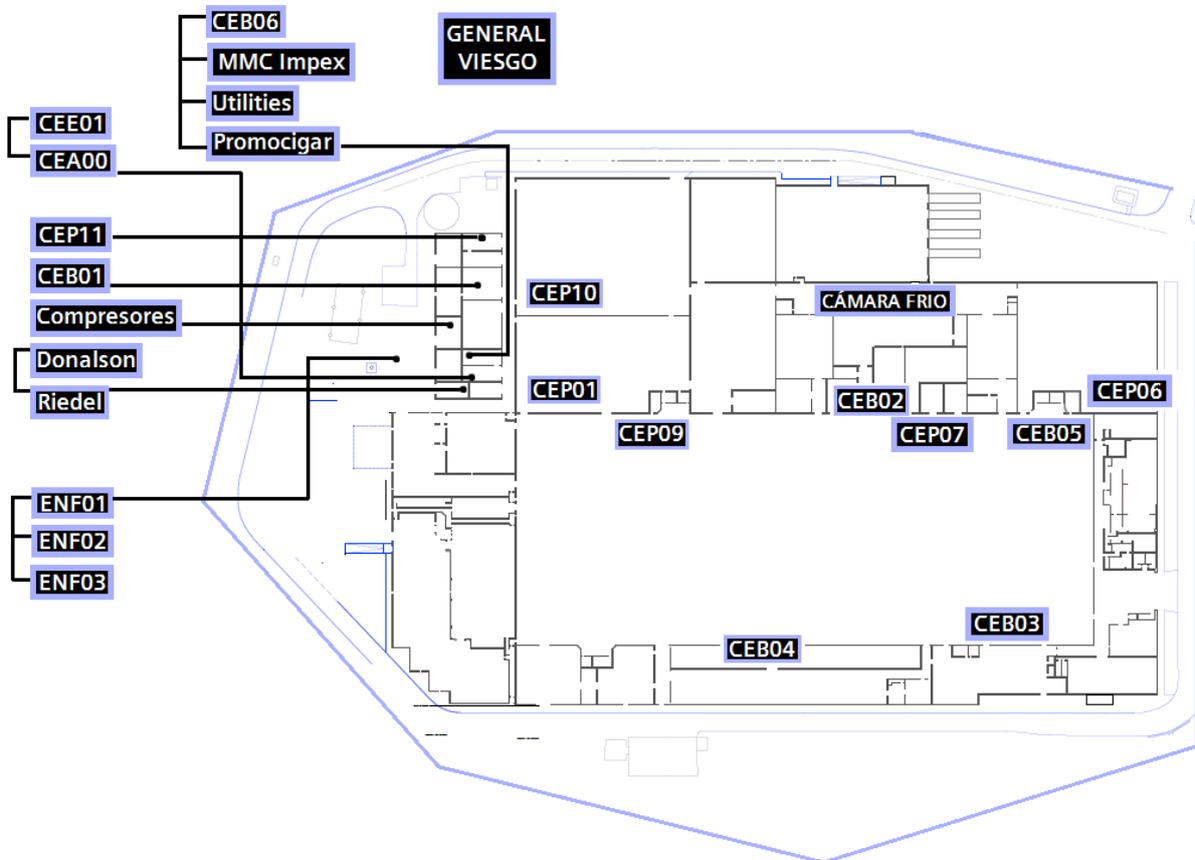


Imagen 6.9. Analizadores de red de la fábrica.

7 CLASIFICACIÓN DE LAS CARGAS

Algo muy importante a la hora de realizar un estudio de eficiencia energética es saber con qué tipos de cargas estamos trabajando. Hay diferentes tipos de cargas dependiendo del tipo de función que desempeñen.

En este apartado describiremos estos tipos de cargas y clasificaremos las que consideramos más importantes a la hora de realizar nuestro estudio de eficiencia energética para así poder analizar en apartados posteriores que mejoras de desempeño energético podemos realizar dependiendo del tipo de carga con el que estemos tratando.

A continuación, en la tabla 7.1 se muestran los consumos eléctricos de todas las cargas registrados a lo largo del FY17 ordenados de mayor a menor consumo.

CUADRO	kWh	Descripción	%Total
RESTO FABRICA	671.580	Cantidad no controlada	12,01
CEP09	589.453	Maquinaria Liado	10,54
CEB01	580.212	Enfriadoras y bombeo de agua fría y agua caliente.	10,37
CEP14	545.826	Compresores, secadores y torre de refrigeración.	9,76
CEB06	445.133	UCL-22, UCL-23, UCL-24, UCL-25, UCL-26, UTA-09, UTA-10	7,96
CEA00	440.416	Alumbrado circuito normal	7,87
CEB04	422.635	UCL-01, UCL-02, UCL-03, UTA-01, UTA-02	7,56
CEP11	398.708	Limpieza y aspiración de polvo	7,13
CEE01	242.734	Alumbrado de vigilancia	4,34
CEB02	201.213	UCL-09,10,19,20,21, UTA-03-04, UTA-06, UTA-07, UTA-08	3,60
CEP01	193.210	Maquinaria Tiruleras	3,45
CEB05	178.916	UCL-04, UCL-05, UCL-11, UCL-12, UCL-13, UCL-15, UCL-18	3,20
CEP07	137.133	Maquinaria Envasado	2,45
CEB03	130.743	UCL-06, UCL-07, UCL-08, UCL-14, UCL-16, UCL-17, UTA-5	2,34
CEP10	101.661	Maquinaria PPR	1,82
Donaldson	95.242	ASPIRACION TIRULERAS	1,70
CEP18	78.332	Utilities+Handling	1,40
Riedel	54.704	ASPIRACION DECOUFLES	0,98
Cámaras de frio	31.371	Cámara frio	0,56
CEP06	22.761	Convey	0,41
CEP17	21.968	Maquinaria Promocigar	0,39
MCC	9.842	Skid Impex	0,18
TOTAL	5.593.792		100 %

Tabla 7.1. Desglose de puntos de consumo eléctrico.

7.1 FIJAS

Consideramos cargas fijas aquellas cargas cuyo consumo es constante y no pueden regularse ni desplazarse en el tiempo. En nuestro caso clasificamos como cargas fijas las siguientes:

- Iluminación (general + vigilancia)
- Cámaras de frío.
- Salas de secado y acondicionado del tabaco.

7.2 VARIABLES

Bajo el criterio que hemos establecido se van a considerar cargas variables a todas aquellas cargas que se puedan regular en función de la necesidad demandada. Clasificamos como variables las siguientes cargas:

- Convey (cinta transportadora).
- Enfriadoras y bombeo de agua fría y caliente (cuentan con variadores de frecuencia).

7.3 DESPLAZABLES

Como cargas desplazables consideramos al conjunto de cargas cuyos consumos pueden trasladarse a otros instantes de tiempo sin que afecte en gran medida al normal funcionamiento de las instalaciones. Hemos clasificado dentro de este tipo de cargas las siguientes:

- Proceso productivo IMPEX.
- Enfriadoras y bombeo de agua fría y caliente.
- Climatización general.
- Maquinaria.
- Limpieza y aspiración de polvo.
- Compresores, secadores y torre de refrigeración.

En la imagen 7.1 podemos ver la gráfica que representa los porcentajes de consumo eléctrico de cada una de las cargas anteriormente clasificadas, las cuales consideramos de mayor relevancia a la hora de realizar nuestro estudio de mejora de la eficiencia eléctrica de la fábrica.

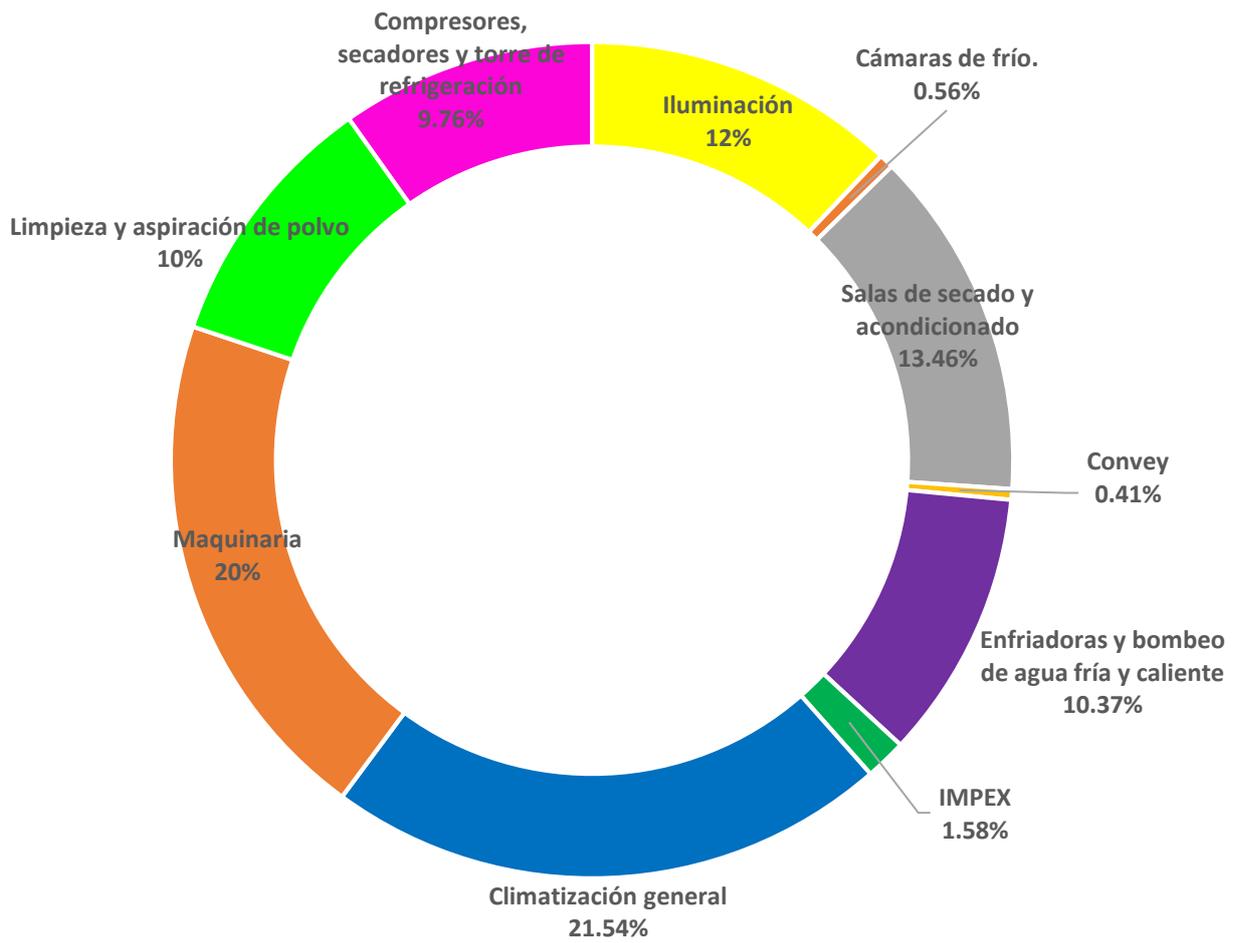


Imagen 7.1. Porcentaje de consumo eléctrico de las cargas más relevantes clasificadas.

8 ANALISIS MENSUAL DE LOS DATOS DE CONSUMO ENERGÉTICO.

8.1 ANÁLISIS CURVAS DE CARGA

La metodología de toma de datos nos proporciona la información necesaria para poder obtener las curvas de carga en términos energéticos de la fábrica.

Una curva de carga es la representación gráfica de los datos de consumo energético a lo largo de un periodo de tiempo tomando estos datos en intervalos de tiempo iguales. Lo más habitual es considerar periodos de tiempo cuarto-horarios y tomando como tiempo total un día, lo cual nos facilita la identificación de patrones de consumos ya que, como veremos más adelante con los ejemplos, el hecho de seguir una rutina día a día hace que los consumos sean similares para las mismas épocas del año. Esto es lógico ya que el uso de las luminarias diferirá mucho si se compara el mes de enero con el de agosto, pero dos días seguidos de enero tendrán un consumo similar, de manera que las curvas de carga de esos dos días serán prácticamente idénticas.

Otros de los factores que también hay que considerar a la hora de hacer este análisis son la ocupación de la fábrica (el horario de apertura y cierre de las instalaciones), temperaturas y humedades, nivel de luminosidad, producciones, etc. Debido a que el edificio a estudio es una planta de producción de cigarrillos, tiene un horario limitado entre semana y los fines de semana suelen estar cerrados a no ser que haya causa extraordinaria como es la apertura los sábados por necesidad de incremento de producción. Esto se verá reflejado en la curva de carga ya que el nivel de consumo en días laborales y fines de semana también variará, por lo que habrá que analizar los consumos con relación a esto por separado.

A continuación, vamos a realizar el estudio de los consumos que se registran mes a mes del año fiscal 2017 o FY17 (octubre 2016 – septiembre 2017), a través del analizador general de la fábrica, el cual nos muestra los siguientes resultados como mostramos en el siguiente gráfico ejemplo del mes de octubre de 2016:

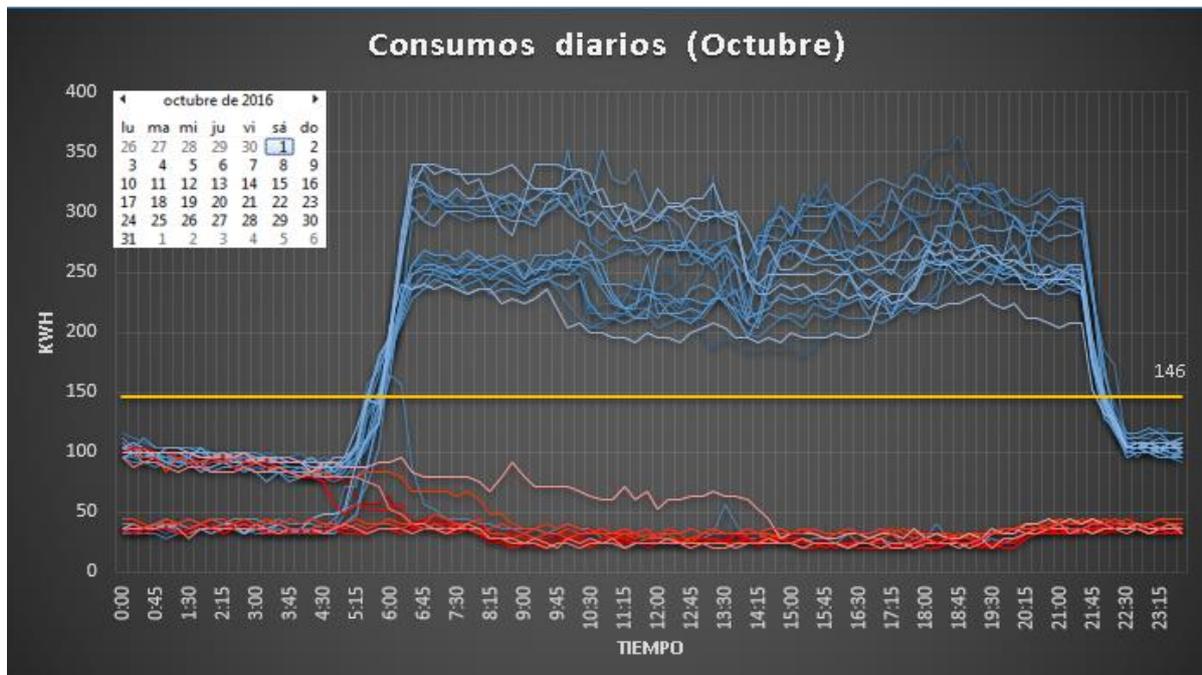


Imagen 8.1. Curvas de carga de consumos diarios del mes de octubre.

Las curvas de carga mostradas representan los consumos diarios en kWh (representados en el eje y) de todos los días de lunes a viernes (líneas azules) y de todos los sábados y domingos (líneas rojas) del mes de octubre de la fábrica de tabacos ALTADIS. Aunque los datos de potencia se muestran en la imagen en intervalos de 45 minutos, en realidad están representados en términos cuarto-horarios (eje x), luego cada día tendrá 96 cuartos de hora, con sus respectivos consumos de potencia. Además, se puede observar una línea amarilla, la cual refleja el consumo medio de todos los días del mes y nos ayudará, como se muestra posteriormente, a hacer un contraste de consumos medios mensuales para ver si guardan alguna relación con las diferentes estaciones del año.

Centrándonos en la Imagen 7.1 podemos contemplar que, en general, existe un patrón de consumos, tanto para los días laborales (L-V) como para los festivos (S y D).

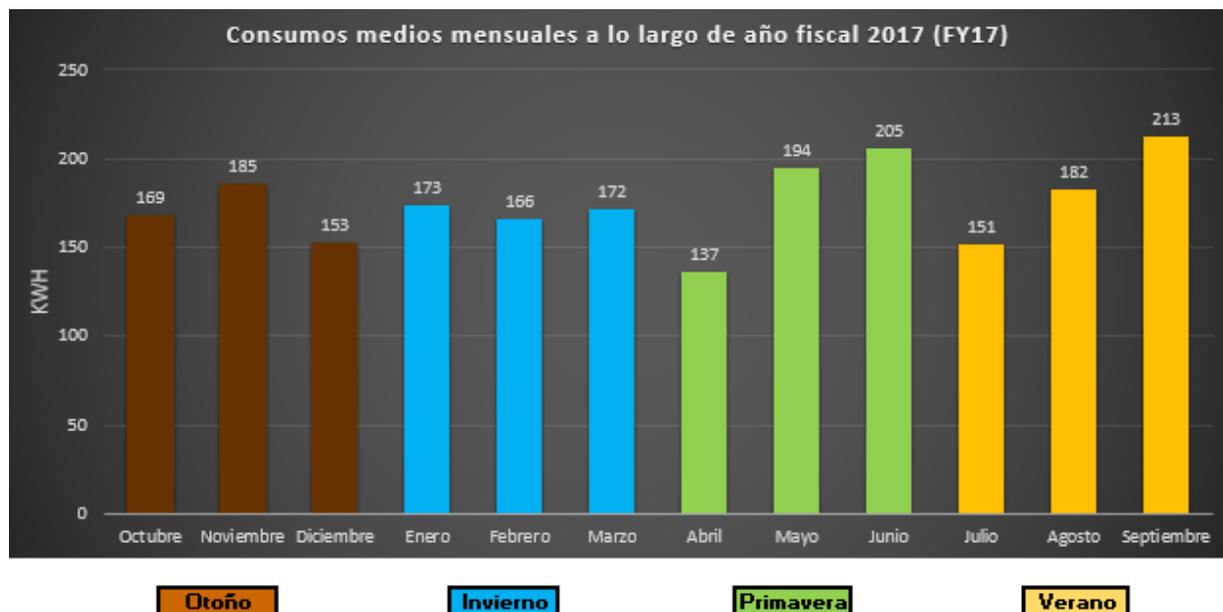
En los días laborales aproximadamente entre las 22:30 y las 5:00 h se registran valores de consumo que rondan los 100 kW a excepción de algunos días en los que los consumos son inferiores a los 50 kW. Se puede apreciar que hay un consumo energético mínimo del cual no se desciende en ningún momento. Esto es debido a que las instalaciones nunca llegan a tener consumo nulo, ya que, hay una serie de cargas que generan un consumo permanente, es decir, ciertos equipos que han de permanecer siempre encendidos, siendo el caso, por ejemplo, los

consumos del alumbrado y sistemas de vigilancia (24 horas), cámaras de refrigeración, salas de secado y acondicionado del tabaco o aparatos de oficina (ordenadores, impresoras, regletas, etc.) que registran consumos nocturnos aun estando apagados. Teniendo en cuenta que la fábrica tiene un horario de trabajo de 6:00 a 14:00 h (Turno A) y seguidamente de 14:00 a 22:00 (Turno B), parece normal el patrón de las curvas de carga en las que los consumos de potencia empiezan a aumentar a las 5:00 h, momento en el cual, se activa mediante un cálculo automático la climatización de la fábrica de manera progresiva, a la cual se empiezan a sumar a lo largo de las siguientes horas los consumos debido a la maquinaria, iluminación, aire comprimido, vacío, etc. No todos los días se registran los mismos consumos ya que hay muchos factores que influyen, como puede ser la temperatura, humedad, producciones, horas de trabajo, o nivel de luminosidad principalmente, pero lo importante es ver que se sigue un patrón diario.

En el anexo se muestran las gráficas de cada uno de los meses restantes con su análisis correspondiente en el caso de observar comportamiento anómalos o inusuales.

8.2 ANÁLISIS DE LOS CONSUMOS MEDIOS MENSUALES.

A continuación, vamos a representar los consumos medios mensuales a lo largo del año fiscal 2017 (FY17) en la siguiente gráfica:



Gráfica 8.1. Consumos medios mensuales FY17.

Como podemos observar, la gráfica realiza una comparación de los consumos medios mensuales por estaciones, los cuales aparecen identificados por colores en función de la estación del año.

Analizando dicha gráfica vemos como los mayores consumos se registran en los meses de primavera y verano. Hay que tener en cuenta que el desfase de consumo del mes de abril con el resto de los meses se debe a la Semana Santa, en la que la fábrica estuvo parada durante 10 días. Durante la segunda quincena del mes de Julio y la primera del mes de agosto la fábrica no trabajó al 100% ya que, durante esas fechas a mucha gente, tanto de producción como de oficina, le correspondían las vacaciones, dando lugar al mismo consumo en la parte fija (clima, iluminación), pero menor consumo en la parte variable (maquinaria, vacío, aire comprimido) debido a la reducida producción. Esto, junto a que fue un verano con unas temperaturas medias por debajo de lo habitual, dio lugar a que en los meses de julio y agosto el consumo de electricidad no haya sido especialmente alto para esas fechas, en las que suele alcanzar valores más altos debido a los consumos en climatización.

Destaca en consumo el mes de junio debido a que las temperaturas medias de este mes fueron más altas de lo esperado (más incluso que las de verano en varias ocasiones), lo que hizo aumentar el consumo en climatización.

La estación en la que menos consumo se registra es el otoño. Esto se debe a que se registraron temperaturas medias templadas, lo que no requiere altas exigencias en climatización, además de unos niveles de luminosidad altos, lo cual disminuye el consumo de focos y luminarias.

La mayor similitud la encontramos en las estaciones de otoño e invierno, en las que los consumos en climatización son semejantes, en algunos casos para calentar (calderas), como en invierno, y en otros casos para enfriar (enfriadoras), como algunos días calurosos de otoño).

La fábrica cuenta con una gran cantidad de lucernarios, excepto en oficinas, pasillos, almacenes y baños. De esta manera se consigue un gran ahorro en iluminación al contar con iluminación natural del exterior, pero hay que tener en cuenta que en invierno los niveles de luminosidad natural son menores, lo que requiere mayor número de minutos diarios de iluminación artificial (focos, luminarias, etc.), por lo tanto, mayor consumo. Sin embargo, en primavera los

niveles de luminosidad natural registrados son mayores, lo que repercute en un menor consumo eléctrico por iluminación artificial.

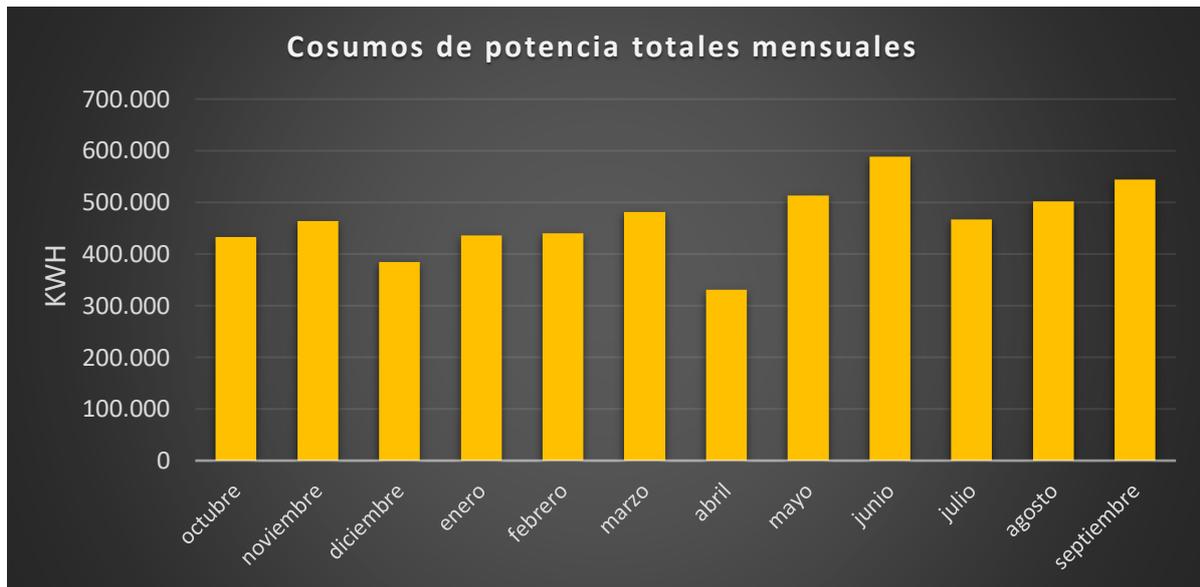
8.3 REVISION DE LA POTENCIA CONTRATADA

Por mediación del módulo de energía de la fábrica controlado por un sistema SCADA podemos visualizar y guardar en formato .XLSX las lecturas en función de los ciclos de consumo (diario, semanal, mensual, etc.). En nuestro caso, se tiene un contrato mensual de alta tensión con una tarifa 6.1 y una potencia contratada, como se describe anteriormente en el apartado 5.3, de 2100 kW para los periodos del 1 al 5 y 2500 kW para el periodo 6.

Mediante esta revisión trataremos de comprobar si el tipo de tarifa contratada es la idónea para nuestro caso y en caso de que no lo sea, ajustarla al consumo de la fábrica para evitar los dos siguientes problemas comunes que nos podemos encontrar:

- El consumo de potencia de la fábrica sea superior a la potencia contratada y nos estén penalizando por ello.
- El consumo de potencia de la fábrica sea inferior a la potencia contratada y se esté pagando potencia en exceso.

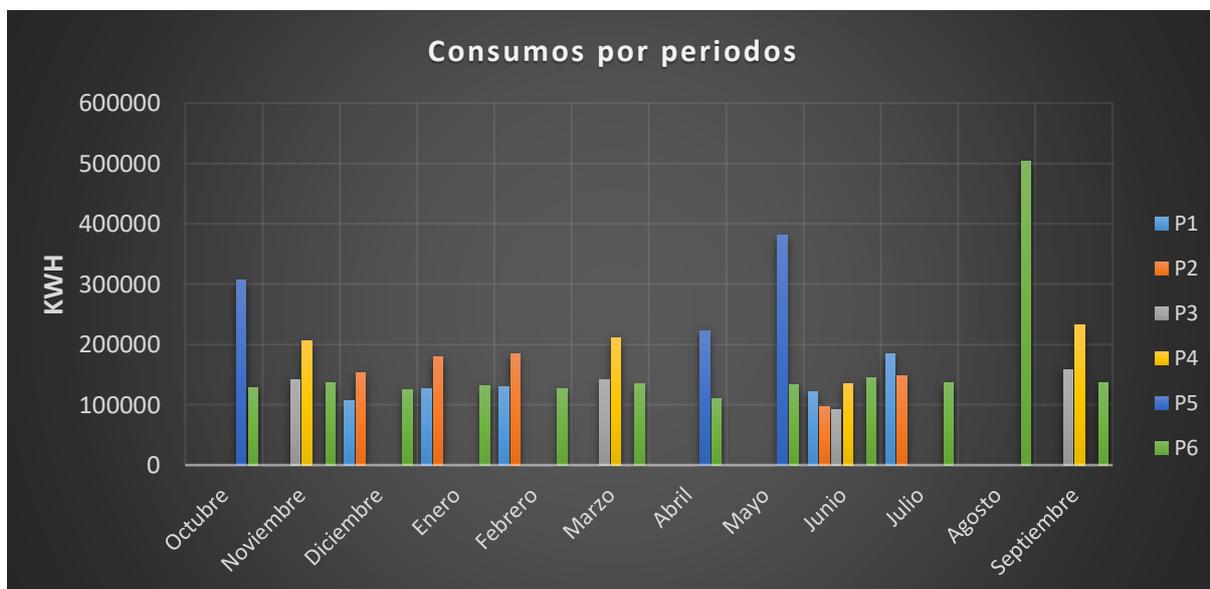
En primer lugar, es interesante obtener el consumo total de potencia para cada uno de los meses para ver si existe una relación estacional como hemos analizado anteriormente con la gráfica de los consumos medios mensuales. Para ello tendremos que realizar un sumatorio de los 96 términos de potencia cuarto horarios que componen cada día (extraídos del analizador de red general de la fábrica) y obtener el valor de consumo total de cada uno de los meses. Esto también podemos realizarlo, ya que se trata de valores totales, extrayéndolo del módulo de energía a través del sistema SCADA, lo cual nos lleva menos tiempo. Finalmente obtenemos lo siguiente:



Gráfica 8.2. Consumos totales de potencia mensuales FY17.

Podemos observar, como es lógico, que guarda relación con la gráfica de consumos medios que obtuvimos anteriormente, por lo que las deducciones que hicimos coinciden en este caso.

Teniendo esto como punto de partida, se procede a hacer un análisis más exhaustivo. El siguiente paso es analizar este consumo atendiendo a los diferentes periodos tarifarios, cabe mencionar, como se indicó en el apartado 5.3.1, que el kWh se cobra a precio diferente en función del periodo, de manera que el P1 será el de mayor coste siendo el P6 el de menor precio.

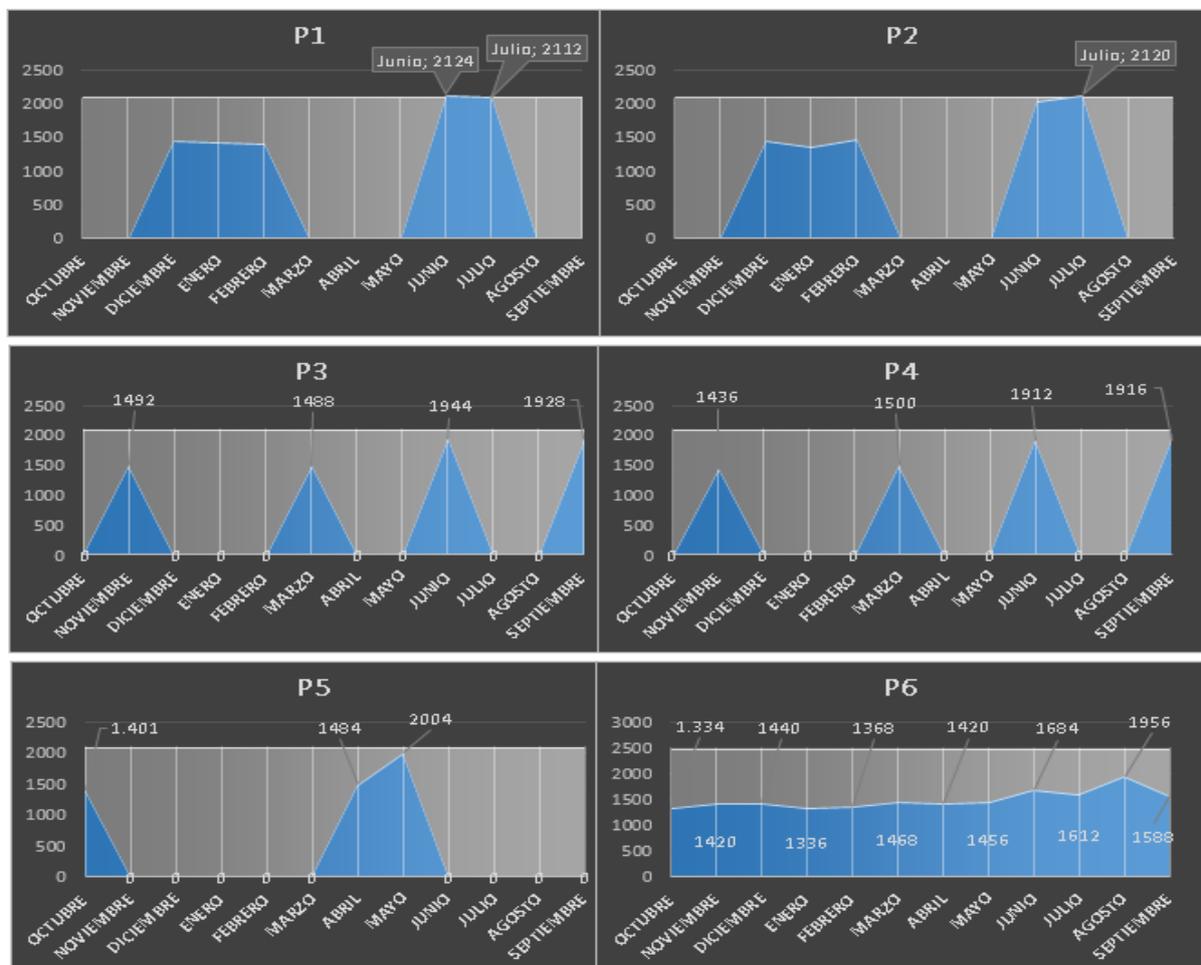


Gráfica 8.3. Consumos de potencia por periodo mensuales FY17.

Los periodos según los que se rige cada uno de los meses están calculados atendiendo a lo redactado en el apartado 5.3.3 Consumos por periodos, con modalidad de seis periodos.

En la gráfica 8.3 se aprecia a simple vista que el mayor despunte se produce con el periodo 6 para el mes de agosto, teniendo valores de consumo en torno a 500.000 kWh.

Todo el estudio que se ha realizado hasta ahora nos dice mucho del consumo de la fábrica que estamos analizando, pero, se puede entrar a más detalle. Por lo cual, se va a analizar mes a mes en función del periodo tarifario que corresponda en cada caso, los consumos máximos de los mismos. A continuación, se muestra gráficamente el resultado del análisis de consumo máximo de potencia para el intervalo considerado. La franja gris muestra en cada caso el límite de potencia para cada uno de los periodos ($P1=P2=P3=P4=P5=2100$ kW y $P6=2500$ kW) y la franja azul los consumos máximos en los meses correspondientes dentro del periodo al que nos referimos.



Gráfica 8.4. Máximos consumos de potencia mensuales en cada uno de los periodos.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Potencia máxima contratada (kW)	2100	2100	2100	2100	2100	2500
Potencia máxima consumida (kW)	2124	2120	1944	1916	2004	1956

Tabla 8.1. Máximo consumo de potencia por periodo.

En la tabla 8.1 podemos ver en color rojo los valores de potencia máxima consumida que superan la potencia máxima contratada y en color verde los valores de potencia máxima consumida que no han alcanzado el límite de potencia contratada.

Tras ver los valores que se han obtenido no parece necesario a simple vista reducir la potencia contratada del Periodo 1 al Periodo 5 ya que la potencia máxima consumida de ajusta bastante al límite establecido, tanto por encima como por debajo. Sin embargo, si consideramos necesario la reducción de la potencia máxima contratada en el Periodo 6 debido a que aun tratándose del periodo en el que más energía se consume como se indicó en la tabla 5.6, alcanzando un 35% del consumo total anual, no se registraron valores de potencia máxima consumida superiores a 1956 kW. Podríamos ajustar dicha reducción al mismo valor para el resto de los periodos, es decir 2100 kW de potencia máxima contratada.

Otra posibilidad es conseguir reducir los picos de potencias máximas consumidas para a su vez reducir la potencia máxima contratada. Para ello en los siguientes apartados trataremos de realizar diferentes proyectos de mejora para la reducción del consumo eléctrico en la fábrica además de intentar desplazar algunas cargas a otros instantes de tiempo en los que el consumo general de la fábrica no sea tan elevado para reducir algunos picos de potencia.

8.4 DESGLOSE DE LAS CURVAS DE CARGA

En este apartado el objetivo del estudio es desglosar todas las curvas de carga diarias de cada mes en tres tipos de curva, una curva de valores máximos (MAX), una curva de valores mínimos (MIN) y una de valores medios (MED) para poder interpretar con mayor facilidad las curvas de carga, centrándonos fundamentalmente en las curvas de carga de máximos que obtendremos de cada uno de los meses. Esto lo realizaremos para cada uno de los meses del año fiscal 2017 (FY17), separando por un lado los días laborales del mes, y por otro lado los festivos.

Para este estudio se han escogido las curvas de carga de cada uno de los días que siguen patrones normales y similares entre sí, descartando las curvas que alcanzan valores extraños y desproporcionados debido a diversos motivos que hayan dado lugar a dichas curvas anómalas. De esta manera conseguimos unas curvas de carga más limpias y equilibradas, facilitando nuestro estudio.

A continuación, se presenta en la imagen 8.2 las curvas de carga correspondientes al mes de octubre. Como se puede observar, a diferencia de la imagen 8.1, se muestra una imagen más filtrada en la que se han anulado algunas de las curvas diarias que presentaban comportamientos fuera de lo normal.



Imagen 8.2. Grafica filtrada de curvas de carga de consumos diarios de octubre.

El siguiente paso por dar es separar la gráfica de la imagen 8.2 en dos gráficas, una para las curvas de carga de los días laborales (lunes a viernes) y otra para los días festivos (sábado y domingo). Dentro de cada una de las dos gráficas se llevará a cabo un desglose de todo el conjunto de las curvas de carga, simplificándolo todo en tres únicas curvas como se comentaba al principio del apartado, una curva de valores máximos (MAX), una curva de valores mínimos (MIN) y otra de valores medios (MED).

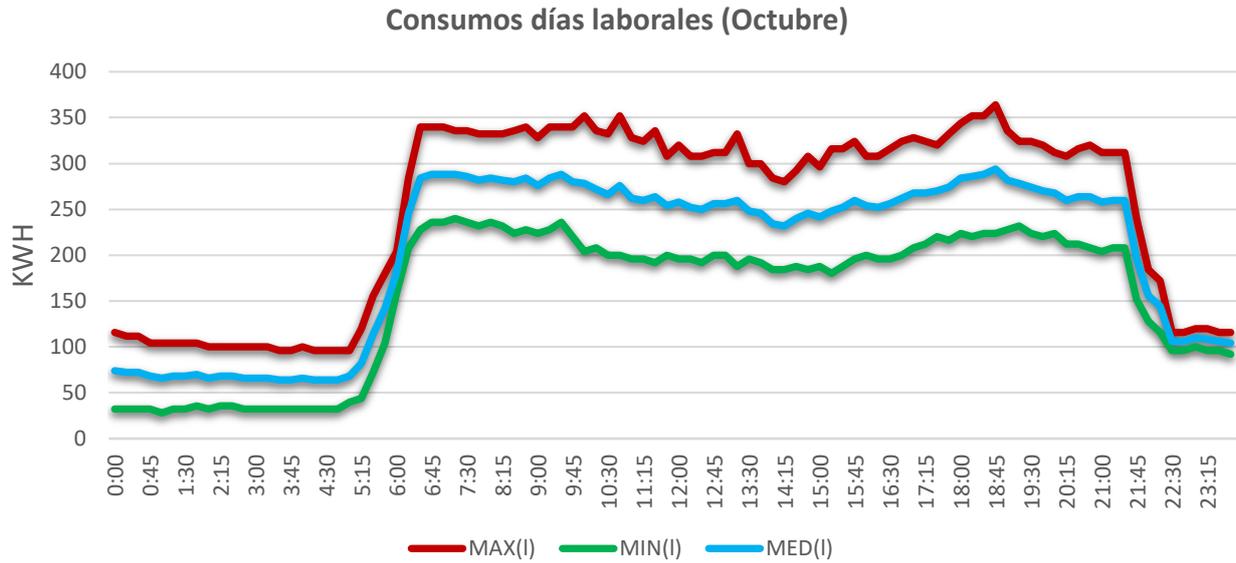


Imagen 8.3. Curvas de carga de valores máximos, mínimos y medios de días laborales.

En la imagen 8.3 podemos ver en color rojo (MAX[L]) la curva de carga obtenida de los valores máximos de todos los días laborales en cada periodo de tiempo cuarto-horario. De igual forma obtenemos la curva de carga verde (MIN[L]) para los valores mínimos y finalmente podemos obtener la curva de carga media de color azul (MED[L]) realizando una media entre los valores de la curva máxima y la mínima. La curva de valores máximos es la que más nos interesa en un principio, pero no queremos prescindir de la máxima y la mínima ya que pueden ser interesantes en futuros análisis que podríamos plantearnos realizar.



Imagen 8.4. Curva de carga de valores máximos.

A continuación, en la imagen 8.5 se representa la misma gráfica de la curva de carga máxima que en la imagen 8.4, pero en este caso en kW. Además, en color amarillo, se muestra el límite del término de potencia contratada según en periodo en el que estemos. Como recordamos la potencia contratada era de 2500 kW para el periodo 6 (el más barato) y de 2100 kW para el resto de los periodos (del P1 a P5).

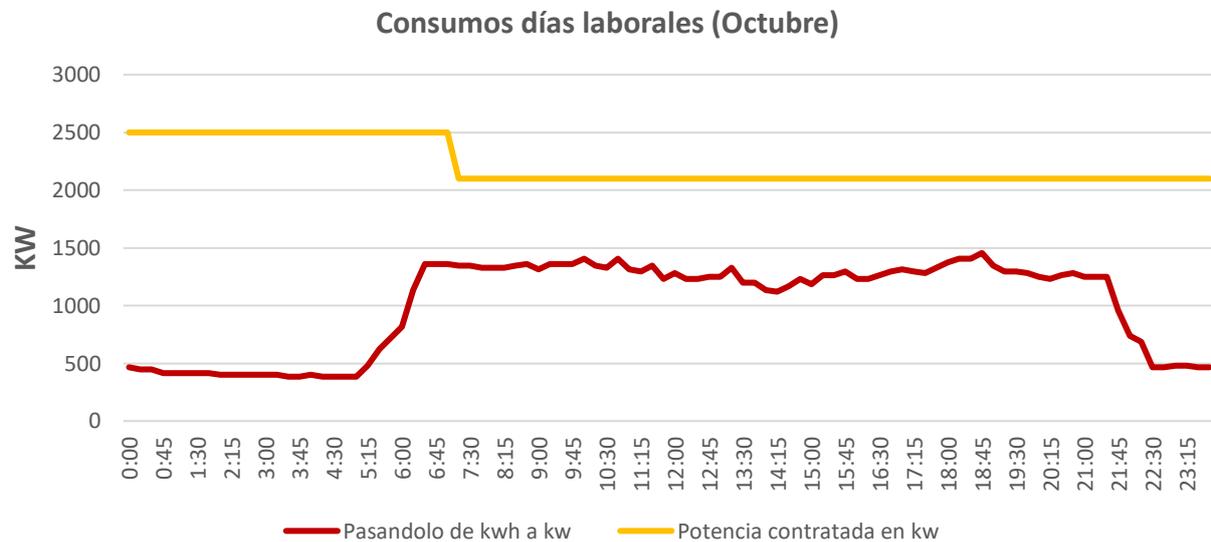


Imagen 8.5. Curva de carga de valores máximos y límite de potencia contratada en kW.

En la imagen 8.6 se pueden distinguir de nuevo las tres curvas de carga anteriormente descritas para la imagen 8.3, pero en este caso corresponden a los días festivos en los que siempre hay un consumo mínimo como se comentó anteriormente.

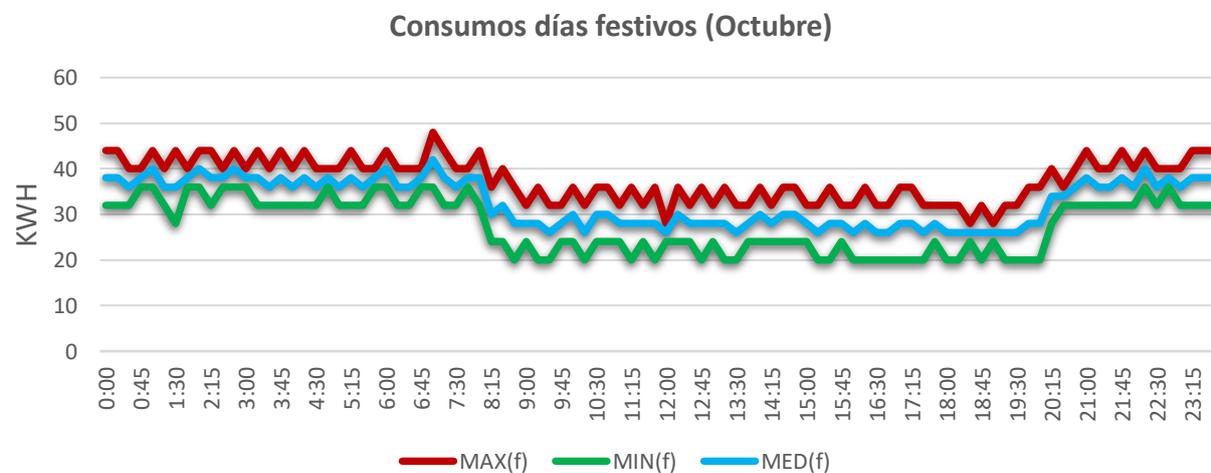


Imagen 8.6. Curvas de carga de valores máximos, mínimos y medios de días festivos.

El resto de las gráficas obtenidas de cada uno de los meses restantes aparecen registradas en el Anexo 2.

Una vez tenemos todas las curvas de carga medias de cada mes trataremos de agruparlas, por un lado, las de los días laborales y por otro las de los festivos. De esta manera intentaremos ver si podemos clasificar de alguna forma las curvas obtenidas, bien por estaciones o de cualquier otra manera.

En la imagen 8.7 se ven todas las curvas de carga máximas mensuales que hemos obtenido anteriormente para los días laborales. Como podemos ver siguen un patrón bien definido de consumo, sin reflejar valores anómalos debido al filtrado que se realizó previamente.

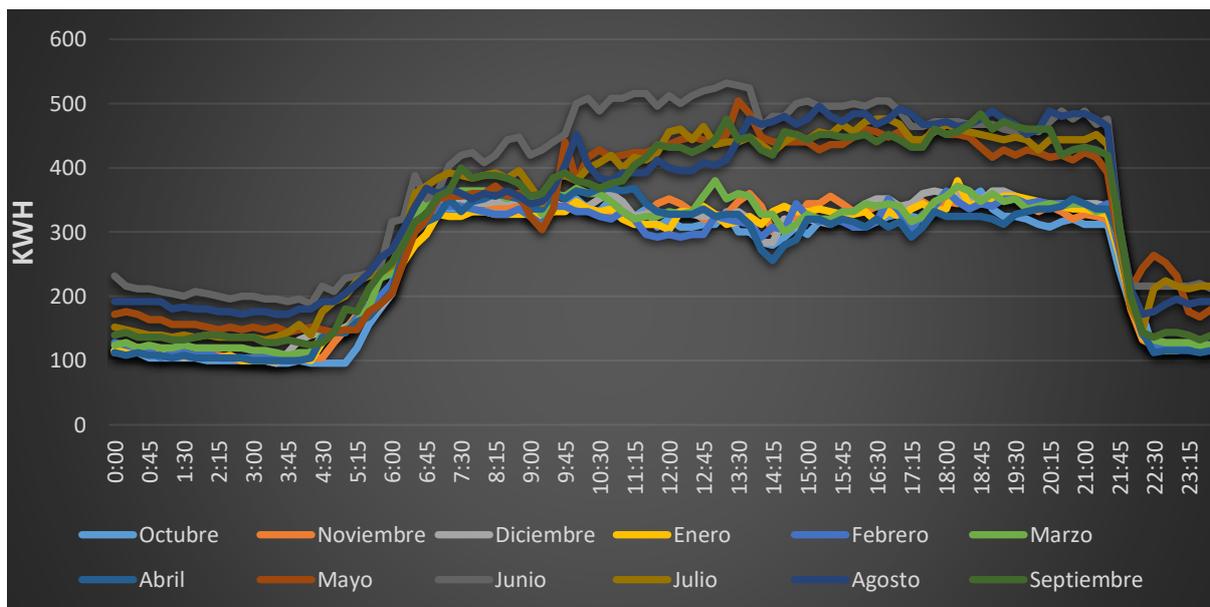


Imagen 8.7. Curvas de carga máximas mensuales de días laborales.

Partiendo de esta gráfica, el siguiente paso será realizar agrupaciones según la similitud de las curvas mensuales que tenemos. Para este estudio de eficiencia energética de la fábrica de cigarros Altadis la mejor opción que se contempla es la de hacer dos únicos grupos, el primero coincide con las estaciones de otoño-invierno y el segundo con las estaciones de primavera-verano, a excepción del mes de abril que entrará en el grupo de los meses de invierno ya que los consumos registrados en este mes fueron menores a lo habitual debido al cierre de la fábrica en la Semana Santa durante 10 días.

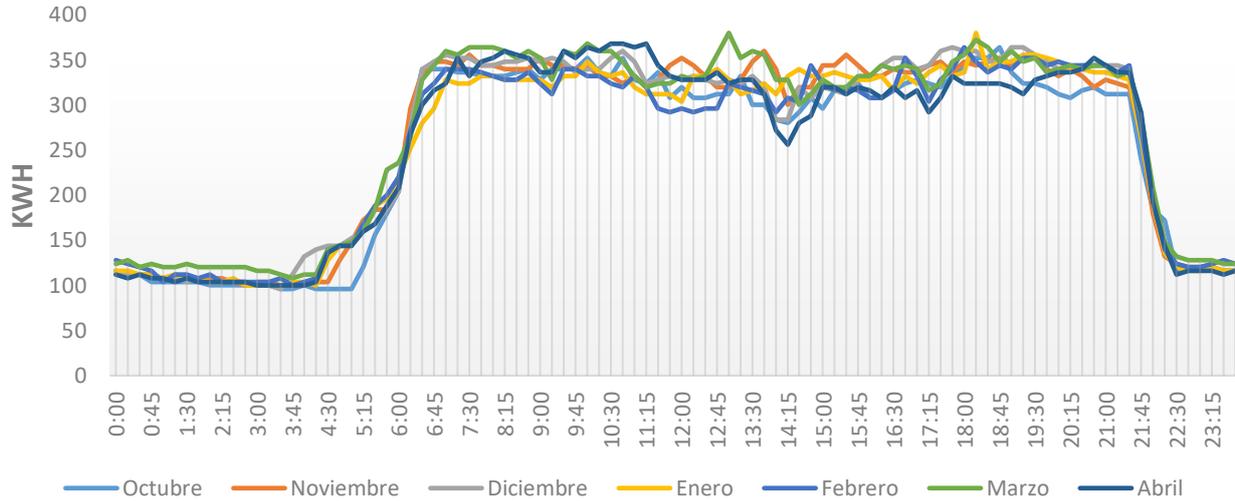


Imagen 8.8. Agrupación de curvas de carga otoño-invierno.

En la imagen 8.8 se agrupan todas las curvas de carga que corresponden a las estaciones de otoño-invierno, incluyendo como excepción el mes de abril. En el intervalo de tiempo comprendido entre las 6 y las 22 horas, todas las curvas alcanzan consumos comprendidos en una franja de entre 300 y 350 KW aproximadamente, a diferencia de la imagen 8.9, que se corresponde a las estaciones de primavera-verano, la cual muestra en el mismo intervalo de tiempo consumos comprendidos entre 350 y 500 KW aproximadamente.

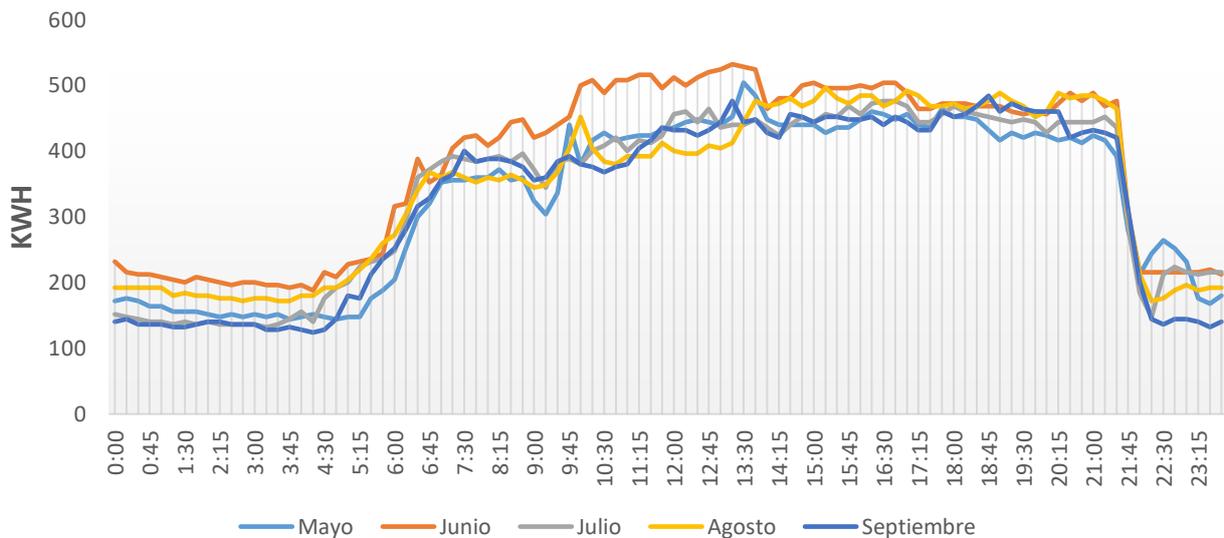


Imagen 8.9. Agrupación de curvas de carga primavera-verano.

Finalmente obtenemos dos últimas gráficas que son las que utilizaremos para nuestro estudio de eficiencia energética. La primera gráfica (imagen 8.10) muestra la curva de carga media que

hemos obtenido de todas las curvas de carga máximas de cada uno de los meses del primer grupo otoño-invierno, mientras que la segunda gráfica (imagen 8.11) representa la curva de carga media obtenida de todas las curvas de carga máximas de los meses correspondientes al periodo primavera-verano.

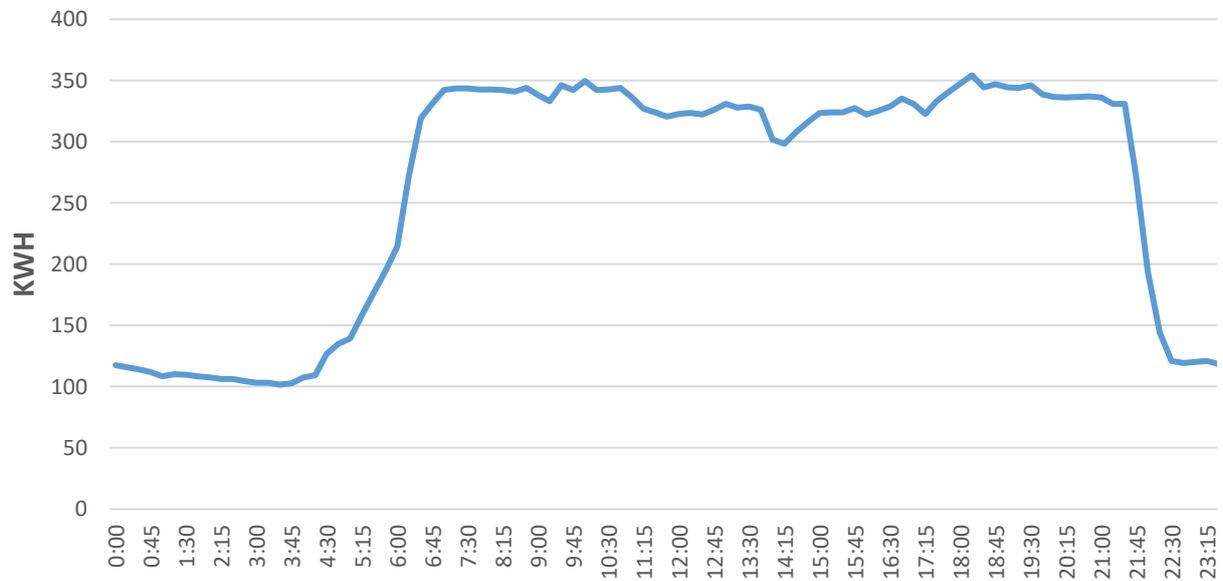


Imagen 8.10. Curva de carga media otoño-invierno

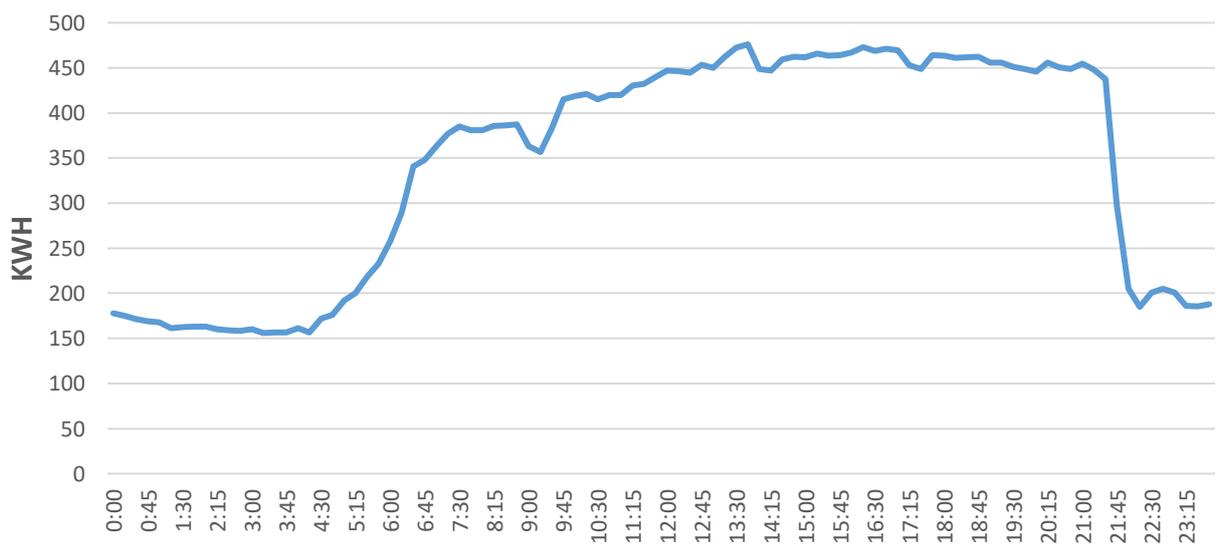


Imagen 8.11. Curva de carga media primavera-verano.

En la imagen 8.12 se presenta la tarifa establecida por el IDAE correspondiente a los 6 periodos para alta tensión en su informe del mes de abril de 2018 [5]. Concretamente se trata de la tarifa 6.1A que es la que corresponde con la contratada por la fábrica (≥ 1 kV y ≤ 30 kV).

INFORME DE PRECIOS ENERGÉTICOS REGULADOS

Datos abril de 2018

TARIFA ALTA TENSION: 6 PERIODOS TARIFARIOS					
TARIFA 6.1A (≥ 1 kV y < 30 kV) (**)					
TP	€/kW y año	Δ (*)	TE	€/kWh	Δ (*)
P1	39,139427	0,00%	P1	0,026674	0,00%
P2	19,586654		P2	0,019921	
P3	14,334178		P3	0,010615	
P4	14,334178		P4	0,005283	
P5	14,334178		P5	0,003411	
P6	6,540177		P6	0,002137	

Imagen 8.12. Tarifa 6.1A regulada por el IDAE en abril de 2018.

En la imagen 8.13 se trata de representar de una manera un poco más visual el precio que tendríamos que pagar en 2018 por el kWh en cada momento a lo largo del día basándonos en la curva de carga máxima media primavera-verano obtenida del año fiscal 2017 (FY17), ya que es la más restrictiva.

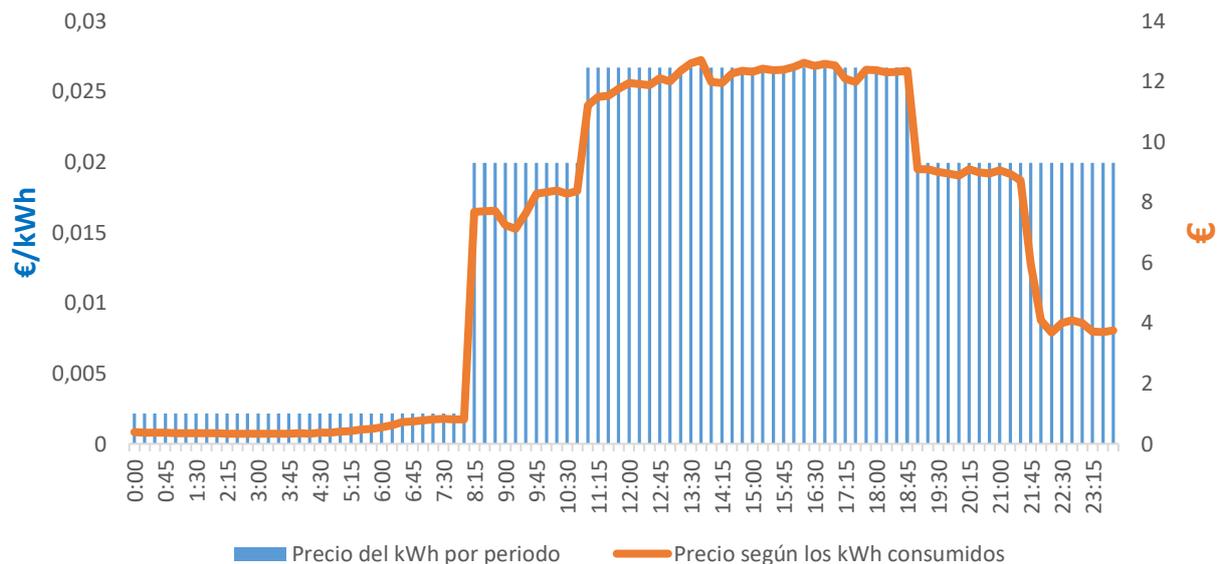


Imagen 8.13. Curva de carga media primavera-verano y precio kWh por periodo.

Finalmente, en la imagen 8.14, se representa en kW la curva de carga media primavera-verano que anteriormente podíamos ver en la imagen 8.11 en kWh. Además, también aparece en

color naranja, la línea que representa el límite de potencia contratada según el periodo, también en kW.

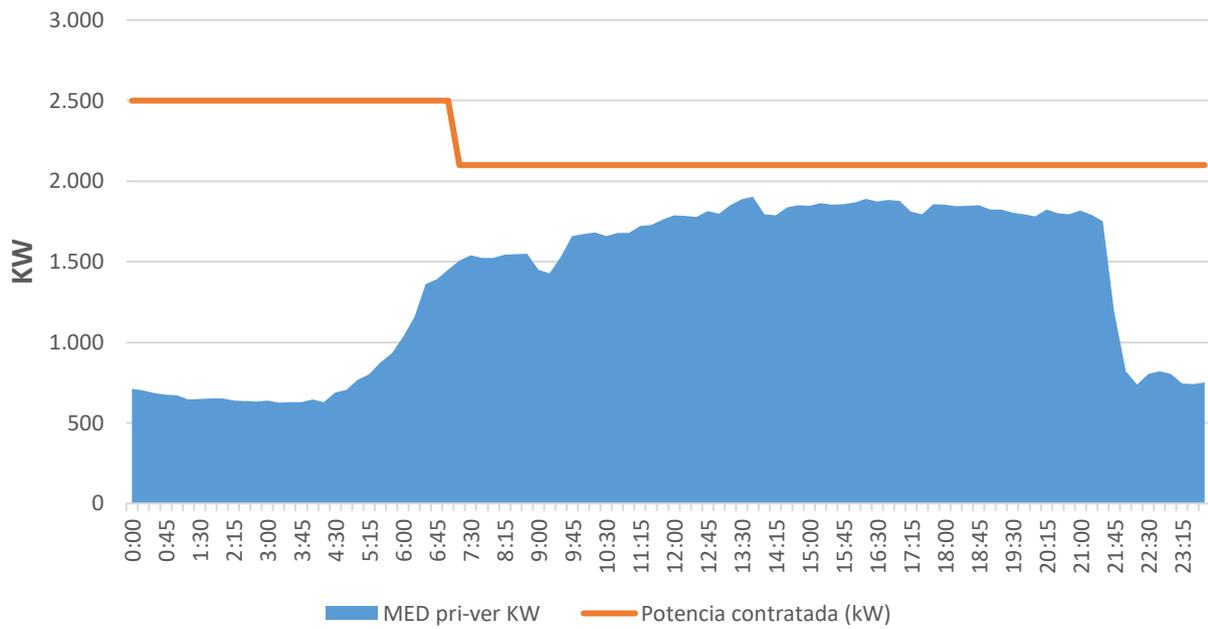


Imagen 8.14. Curva de carga media primavera-verano y potencia contratada por periodo en kW.

9 PROPUESTAS DE MEJORA

9.1 MEJORAS EN EL RENDIMIENTO DEL ALUMBRADO

La iluminación está controlada mediante un luxómetro situado bajo uno de los lucernarios de la fábrica. Actualmente la fábrica cuenta con campanas de vapor de sodio de 500 y 250W en los talleres de elaboración y mantenimiento, las cuales se propone sustituir por luminarias LED.

El sistema de iluminación controlado por SCADA está automatizado de manera que, en el momento en el que el nivel de iluminación detectado por el luxómetro alcance los 3000 luxes, las campanas de vapor de sodio de la planta se apaguen transcurrido un breve periodo de tiempo de aproximadamente dos o tres minutos. De la misma manera tiene lugar el encendido de las campanas de vapor de sodio, de forma que cuando el luxómetro registre valores inferiores a los 2000 luxes, la iluminación se encenderá automáticamente.

En la imagen 9.1 se muestra la representación del control de la iluminación, mediante Scada, de toda la fábrica en un plano en el que se puede ver con facilidad la distribución de las diferentes zonas de trabajo de la fábrica, además del panel de control donde se puede configurar y ajustar el control luminario.

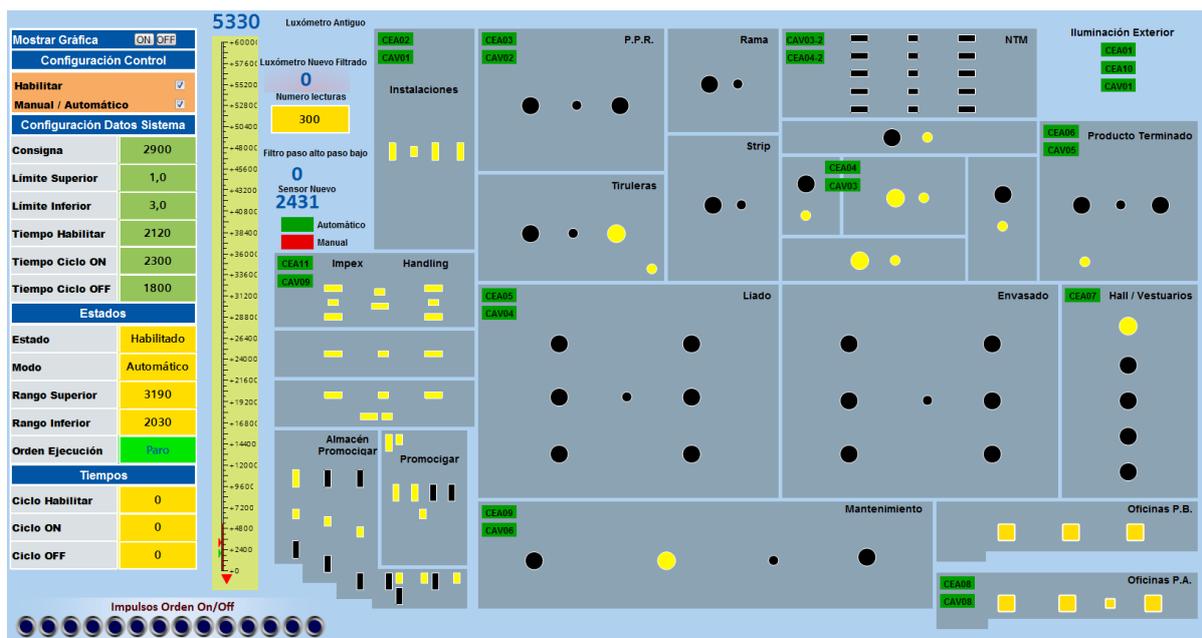


Imagen 9.1. Sistema de control de iluminación mediante Scada

Seleccionando en el Scada sobre cada una de las zonas de trabajo, como se muestra en la imagen 9.2, podemos contabilizar tanto el número de luminarias correspondientes al alumbrado general como del alumbrado de vigilancia y ver de qué armario eléctrico cuelga cada grupo de luminarias.

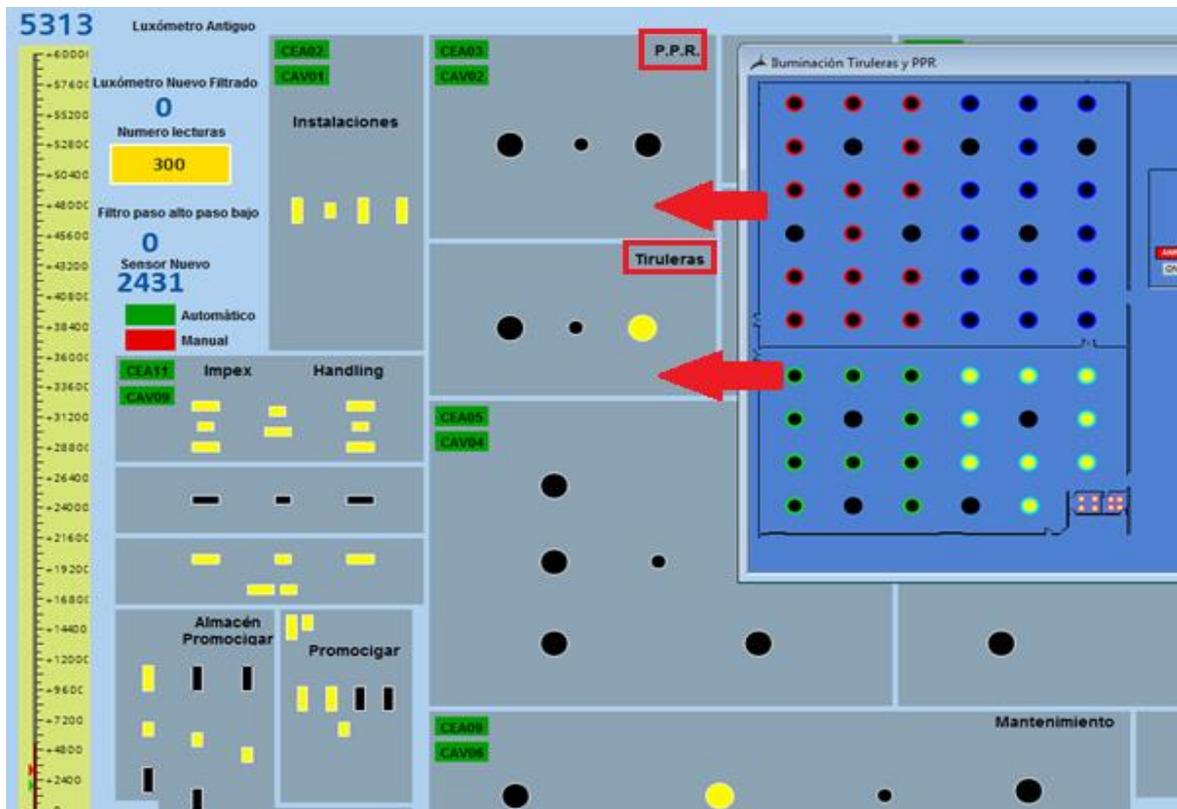


Imagen 9.2. Representación de luminarias en el sistema Scada

Una propuesta de mejora sería ajustar los rangos de encendido y apagado para así aprovechar al máximo la luz natural y recortar algo el consumo de las campanas actuales. En este caso no podemos realizar ningún cambio debido a que esto está muy ajustado ya que es muy importante mantener unos buenos niveles de iluminación para que los trabajadores dispongan de una buena calidad visual en todo momento.

Por lo tanto, vamos a centrarnos en la sustitución del alumbrado actual de las zonas de trabajo por luminarias LED. Procedemos a realizar en primer lugar el estudio para dicha sustitución en las principales zonas de elaboración donde se utilizan campanas de vapor de sodio. Hay otras zonas en las que se utilizan tubos fluorescentes de bajo consumo que no nos interesan para nuestro estudio.

Por otro lado, otras zonas que nos interesan para nuestro estudio de sustitución por luminarias led son algunas de las oficinas, pasillos, cámara congeladora, zona de enfermería y áreas de descanso, en las que se cuenta hasta con 16 horas de encendido diario ya que en estas zonas no se cuenta con lucernarios, lo cual resulta interesante para un buen ahorro.

9.1.1 Sustitución alumbrado en talleres de elaboración y mantenimiento

Para este primer estudio vamos a realizar el cálculo para la sustitución en los talleres de elaboración (PPR, Tiruleras, Liado y Envasado) y taller de mantenimiento de las actuales campanas de vapor de sodio de 500W por luminarias led de 100W. En la tabla 9.1 se presenta un recuento de las campanas de vapor de sodio que se disponen en cada una de las zonas de trabajo en las que estamos estudiando sustituir por LED.

ZONA DE TRABAJO	NÚMERO DE CAMPANAS DE VAPOR DE SODIO	CONSUMO INDIVIDUAL (W)
Taller de PPR	36	500
Taller de Tiruleras	23	500
Taller de liado y envasado	162	500
Taller de mantenimiento	18	500
Total	239	119.500 W

Tabla 9.1. Campanas de vapor de sodio en las diferentes zonas de trabajo.

En la tabla 9.2, tras la elección de las nuevas luminarias LED, se muestra el consumo que van a generar las mismas a diferencia de las actuales campanas de vapor de sodio, manteniendo de momento el mismo número de luminarias tras la futura sustitución debido a las grandes dimensiones de los talleres de elaboración.

ZONA DE TRABAJO	NÚMERO DE LUMINARIAS LED	CONSUMO INDIVIDUAL (W)
Taller de PPR	36	100
Taller de Tiruleras	23	100
Taller de liado y envasado	162	100
Taller de mantenimiento	18	100
Total	239	23.900 W

Tabla 9.2. Luminarias LED para la sustitución.

A continuación, se presentan dos posibilidades dentro del estudio, la primera opción consiste simplemente en la sustitución directa por luminarias LED, en el que el ahorro está garantizado

y en la segunda se estudia la posibilidad de realizar la sustitución por luminarias LED con regulación, mediante la cual intentaremos comprobar si de esta manera el ahorro se incrementaría o no respecto a la sustitución por LED sin regulación [7].

Sustitución por LED

Debido a que la luz capaz de emitir un led no es muy intensa, para alcanzar la intensidad luminosa similar a las otras lámparas existentes como las incandescentes o las fluorescentes compactas, las lámparas LED están compuestas por agrupaciones de ledes, en mayor o menor número, según la intensidad luminosa deseada.

Actualmente las lámparas de led se pueden usar para cualquier aplicación comercial, desde el alumbrado decorativo hasta el de viales y jardines, presentado ciertas ventajas, entre las que destacan su considerable ahorro energético, arranque instantáneo, aguante a los encendidos y apagados continuos y su mayor vida útil, pero también con ciertos inconvenientes como su elevado costo inicial, aunque hay que tener en cuenta que cada año su precio sigue disminuyendo.

A continuación, se presentan los cálculos para determinar en cuantos kWh/año seríamos capaces de reducir el consumo eléctrico tras la sustitución de las actuales campanas de vapor de sodio de 500W por las luminarias LED de 100W, además de un cálculo de amortización.

El precio por luminaria LED que nos facilita la empresa, incluyendo la instalación, es de 200 €.

1. Diferencia de consumo total tras la sustitución en todos los puntos de luz.

$$119.500 \text{ W (vapor de sodio)} - 23.900 \text{ W (LED)} = 95.600 \text{ W} = \mathbf{95,6 \text{ kW}}$$

2. Calculo de los consumos anuales

Con los registros que almacena el Scada de la fábrica, se han llevado a cabo una serie de cálculos para poder establecer un número medio de horas de encendido al día del alumbrado general de la fábrica, considerando todos los valores de un año de días laborables (205 días). Finalmente se establece que el número medio de horas de encendido del alumbrado general es de 10 horas/día.

Teniendo esto en cuenta podemos proceder al cálculo del ahorro que nos supondría la iluminación LED frente a la iluminación actual.

En primer lugar, calculamos el consumo anual de las lámparas de vapor de sodio con las que se cuenta actualmente:

$$0,5 \text{ kW} * 10 \text{ h/día} * 205 \text{ días} * 239 \text{ campanas} = \mathbf{244.975 \text{ kWh/año}}$$

A continuación, calculamos el consumo anual de las nuevas luminarias LED que se proponen para la sustitución:

$$0,1 \text{ kW} * 10 \text{ h/día} * 205 \text{ días} * 239 \text{ luminarias} = \mathbf{48.995 \text{ kWh/año.}}$$

3. Ahorro anual

Calculamos el ahorro anual de la iluminación LED frente a la iluminación actual:

$$244.975 \text{ kWh/año} - 48.995 \text{ kWh/año} = \mathbf{195.980 \text{ kWh/año.}}$$

$$\text{€/año ahorrados} = 195.980 \text{ kWh/año} * 0,115 \text{ €/KWh}^{[2]} = \mathbf{22.538 \text{ €/año}}$$

4. Amortización

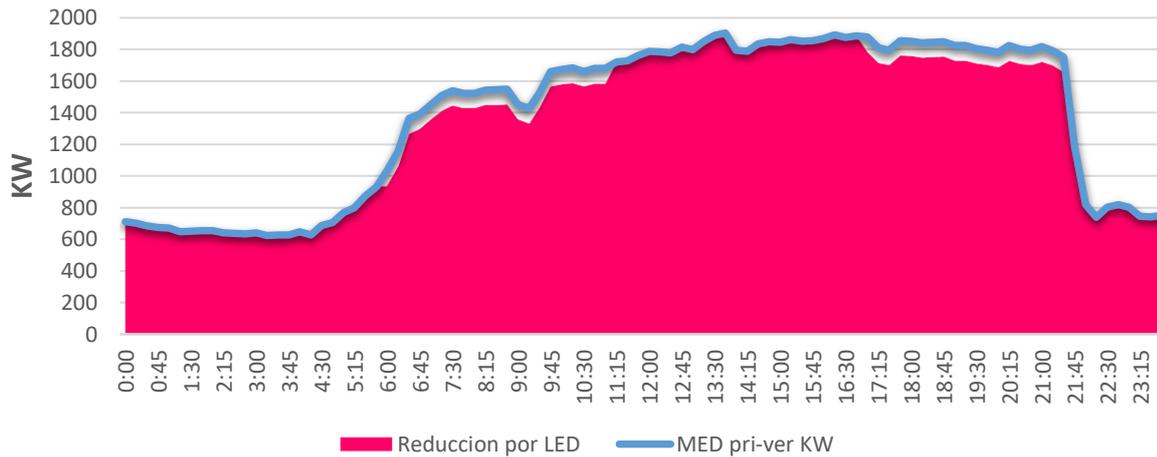
Finalmente realizamos el cálculo de la amortización.

$$\text{Precio sustitución luminarias} = 239 \text{ luminarias} * 200\text{€} = 47.800 \text{ €}$$

$$\mathbf{\text{Amortización}} = 47.800 \text{ €} / 22.538 \text{ €/año} \approx \mathbf{2 \text{ años}}$$

En la gráfica 9.1 podemos contemplar la reducción en la curva de carga que supondría la sustitución del alumbrado por LED. La reducción de la potencia se ha estimado en los intervalos de tiempo de 6:00h a 11:00h y de 17:00h a 22:00h, alcanzando las 10 horas de encendido diario de media del que se habló anteriormente.

^[2] Precio medio del kWh calculado de las facturas correspondientes al año fiscal 2017 (FY17). Se ha calculado dividiendo mes a mes el precio en euros entre el consumo en kWh, ambos extraídos de las facturas, y a continuación calculando con todos los valores del precio del kWh mensuales el valor medio.



Gráfica 9.1. Reducción de la curva de carga de consumo tras la sustitución por LED

Sustitución por LED con regulación

Existe la posibilidad, como se comentó anteriormente, de implantar un sistema de alumbrado LED con regulación.

La regulación trata de ofrecer un alumbrado que se adapte a las necesidades de cada instalación y situación, creando ambientes adecuados para cada momento y proporcionando tanto un alto grado de confort como un elevado ahorro de energía.

El ahorro de energía que proporcionan los sistemas de regulación y control del alumbrado, además del ahorro económico, tiene un efecto muy positivo desde el punto de vista ecológico, ya que el menor consumo de energía supone tanto la reducción de emisiones de CO₂ como un uso sostenible de los recursos naturales y las fuentes de energía, preservando de esta forma el medioambiente.

Existen diferentes métodos de regulación, pero nosotros vamos a centrarnos únicamente en el método de regulación 1-10V, ya que se ha observado que es el que mejor se adapta a nuestras instalaciones por diversas razones, una de ellas es que ofrece una mayor facilidad en el manejo del sistema de regulación debido a que podríamos controlarlo a través del sistema Scada de la fábrica, el cual ya tiene integrado el registro de valores que se obtiene con el luxómetro, mediante el cual queremos que se lleve a cabo la regulación.

El denominado protocolo 1-10V permite la regulación del flujo luminoso entre el 1 y el 100% mediante la variación de una señal continua entre valores de 1 a 10 V. Su mínimo valor se

obtiene, bien cuando la diferencia de potencial entre bornes es de 1V, o bien cuando éstos se encuentran en cortocircuito. En cambio, su máximo se consigue cuando la señal recibida es igual a 10V, o cuando los bornes se dejan en circuito abierto.

Por otra parte, en este protocolo es importante tener en cuenta dos aspectos esenciales. En primer lugar, que la señal de regulación necesita instalar una línea adicional de control (2 hilos). En segundo lugar, que la citada señal se ocupa de la regulación (en ningún caso para apagar la luminaria); razón por la cual nunca se conseguiría reducir el consumo a cero cuando no existan personas en la zona de trabajo.

En el ya mencionado sistema de regulación, el sensor provoca una mayor o menor caída de tensión en bornes de la línea de control de la fuente; tal y como funcionaría un potenciómetro. La fuente analiza la caída de tensión y regula la corriente suministrada a la luminaria para disminuir o aumentar el flujo lumínico.

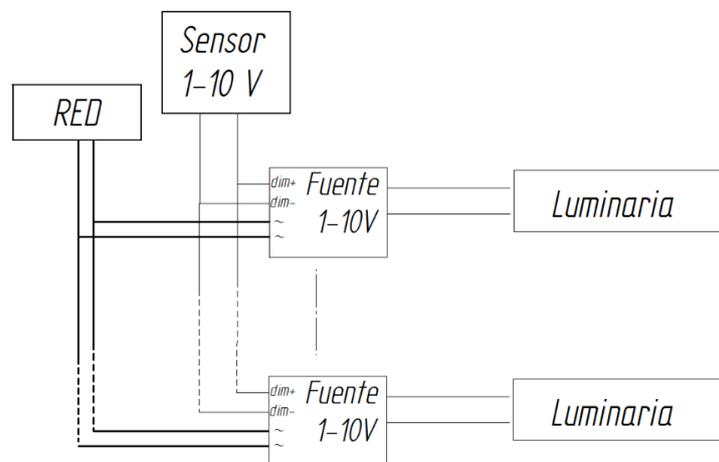


Imagen 9.3. Esquema de funcionamiento del protocolo de regulación 1-10V.

Este sistema de regulación es unidireccional, es decir la información fluye en un único sentido, desde el controlador hacia el equipo de iluminación, no generando el equipo ningún tipo de retorno hacia el control. Es necesario realizar la creación de grupos de forma cableada.

La longitud del cableado de la línea de control está limitada por la caída de tensión que se produce a lo largo de la misma, por tanto, la máxima distancia está limitada por el número de equipos a controlar conectados. Estos últimos fijan la corriente por la línea y la sección del cable usado.

A continuación, se presenta el estudio punto por punto, con sus respectivos cálculos, del ahorro que supondría la instalación de dicho sistema de iluminación LED con regulación en la fábrica, contrastándolo con la iluminación LED sin regulación para comprobar si verdaderamente la regulación supone una mejora en el ahorro del consumo anual.

En primer lugar, hay que seleccionar el rango de valores del nivel de luminosidad en el que se pretende regular. Para ello, debido a que se pretende controlar el nivel de iluminación (regulación) con el luxómetro de la fábrica, el cual se encuentra situado en uno de los lucernarios de la fábrica a unos 10 metros de altura, es necesario saber antes que nada que variación de luxes hay desde el punto donde el luxómetro toma sus mediciones (10m) y la altura de la zona de trabajo (1 - 1,5m). Una vez se ha obtenido una relación de la variación de luxes de un punto a otro, midiendo con un luxómetro de mano a un metro del suelo y contrastándolo con la medición del luxómetro a diez metros en diferentes zonas de la fábrica y en diferentes momentos del día con diferentes niveles de luminosidad, se establece el rango de regulación entre 300 y 3000 luxes, donde con 300 luxes la luminaria estaría trabajando al 100% y con 3000 luxes estaría trabajando al 1%. Esto se debe a que no tiene sentido empezar a regular a un nivel por debajo de los 300 luxes ya que en ese caso se ha observado que no se alcanzaría el nivel de iluminación mínimo requerido para la zona de trabajo si la luminaria comienza a reducir su flujo luminoso tan pronto. Por el contrario, una vez alcanzados los 3000 luxes según nuestro luxómetro general, se ha visto que ya sería posible dar la orden de apagado de las luminarias.

A continuación, con los registros de los niveles de iluminación de un año laborable de fábrica (205 días) que registra el Scada se han llevado a cabo una serie de cálculos para poder establecer un número medio de horas al día en el que se puede llevar a cabo la regulación. Se establece que el número medio de horas en que el alumbrado general puede estar regulando es de 4,5 horas/día. Además, se calcula la aportación media de luz natural que se obtiene en dicho rango de entre 300 y 3000 luxes a lo largo del año, la cual es 1455 luxes. En la imagen 9.4 se muestra una gráfica orientativa que representa los niveles de iluminación a lo largo de un día laborable del mes de octubre para poder visualizar con facilidad las franjas de tiempos de encendido, apagado y de regulación.

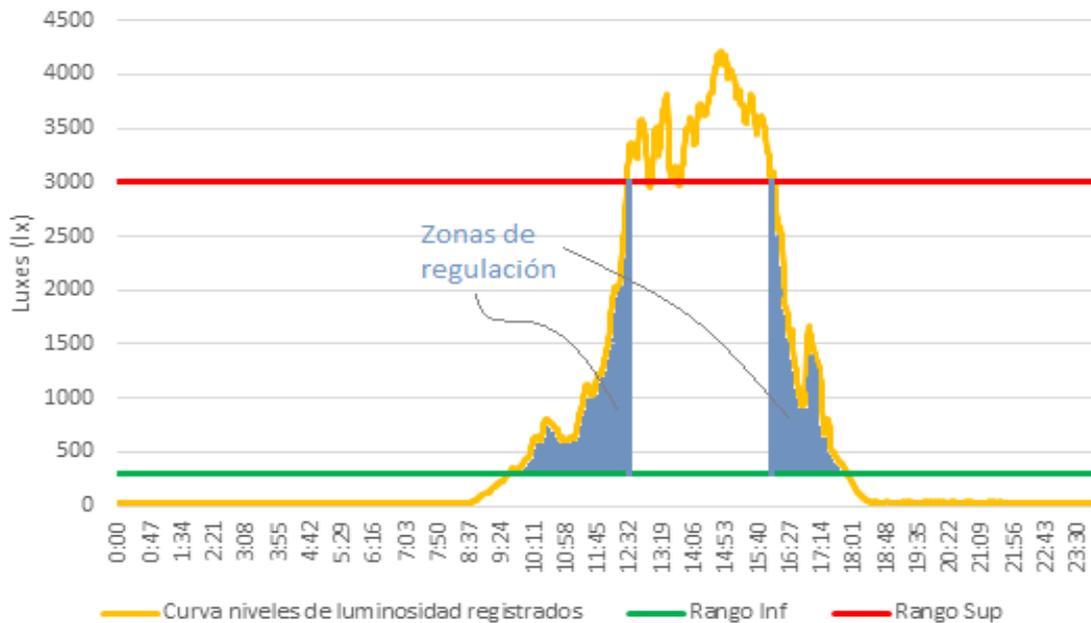


Imagen 9.4. Grafica que representa los niveles de iluminación registrados un día de octubre.

El valor de aportación media de luz natural calculado, gracias a los registros, de 1455 luxes es importante para nuestro estudio ya que si consideramos que la luminaria trabaja al 100% cuando se alcanzan los 300 luxes y que trabaja al 1% cuando se alcanzan los 3000 luxes, podemos realizar una interpolación para saber a qué tanto por ciento debe trabajar la luminaria (de media) a lo largo del año dentro de la zona de regulación establecida si contamos con un valor medio de aportación de luz natural de 1455 luxes. Definitivamente, tras realizar la interpolación, llegamos a la conclusión de que las luminarias trabajarán de media al 55,6% de su potencia a lo largo de las horas en las que se produce la regulación. Como se dijo, la potencia de las luminarias a sustituir es de 100 W por luminaria LED, por lo tanto, en el rango de regulación vamos a suponer que las luminarias van a estar trabajando, como hemos dicho, al 55,6% que se traduce en unos 67W de potencia por luminaria, como se muestra en la tabla 9.3, según mediciones propias realizadas ya que el consumo de la luminaria no sigue un aumento proporcional.

LUMINARIA LED REGULACIÓN 100W				
Intensidad (A)	Iluminac (Lux)	Tensión (V)	Potencia (W)	Porcent consumo %
0,09	24,1	0	19,8	1%
0,12	119,6	1	26,4	9%
0,17	229	2	37,4	21%
0,2	339	3	44	29%
0,23	448	4	50,6	37%
0,27	557	5	59,4	47%
-	-	-	66.97	55,6%
0,31	664	6	68,2	57%
0,35	770	7	77	67%
0,4	875	8	88	80%
0,43	980	9	94,6	87%
0,46	1084	10	101,2	100%

Tabla 9.3. Porcentajes de consumo luminaria LED con regulación

En el estudio del alumbrado led con regulación, a diferencia del alumbrado sin regulación que realizamos inicialmente, es necesario separar por un lado las horas en las que se trabaja con las luminarias funcionando al 100% y por otro lado las horas de consumo en las que las luminarias estarían regulando al 55,6% de su potencia de media.

ZONA DE TRABAJO	NÚMERO DE LUMINARIAS LED	CONSUMO INDIVIDUAL 100% (W)	CONSUMO INDIVIDUAL 55,6% (W)
Taller de PPR	36	100	67
Taller de Tiruleras	23	100	67
Taller de liado y envasado	162	100	67
Taller de mantenimiento	18	100	67
Total	239	23.900 W	16.013 W

Tabla 9.4 Luminarias LED con regulación para la sustitución.

El precio por luminaria LED incluyendo la instalación es de 300 €.

Para ello realizamos los siguientes cálculos:

1. Diferencia de consumo total tras la sustitución en todos los puntos de luz.

$$119.500 \text{ W (vapor de sodio)} - 23.900 \text{ W (LED 100\%)} = 95.600 \text{ W} = \mathbf{95,6 \text{ kW}}$$

$$119.500 \text{ W (vapor de sodio)} - 16.013 \text{ W (LED 55,6\%)} = 103.487 \text{ W} = \mathbf{103,5 \text{ kW}}$$

2. Calculo de los consumos anuales

Como se comentó anteriormente, se han llevado a cabo una serie de cálculos para poder establecer un número medio de horas de encendido al día del alumbrado general de la fábrica, considerando todos los valores de un año de días laborables (205 días). Se establece que el número medio de horas de encendido del alumbrado general es de 10 horas/día.

Teniendo esto en cuenta podemos proceder al cálculo del ahorro que nos supondría la iluminación LED con regulación frente a la iluminación actual.

Recordamos el cálculo, realizado anteriormente, del consumo anual de las lámparas de vapor de sodio con las que se cuenta actualmente:

$$0,5 \text{ kW} * 10 \text{ h/día} * 205 \text{ días} * 239 \text{ campanas} = \mathbf{244.975 \text{ kWh/año}}$$

A continuación, calculamos el consumo anual de las nuevas luminarias LED con regulación que se proponen para la sustitución.

Como se indicaba anteriormente, el tiempo medio durante el cual se lleva a cabo la regulación a lo largo de un día es de 4,5 horas de media. Por lo tanto, sabiendo que el número medio de horas de encendido total a lo largo de un día es de 10 horas (como se explicaba anteriormente), consideramos que, el número de horas de encendido sin regulación teniendo en cuenta que a lo largo de un día contamos con 4,5 horas regulando es de 5,5 horas.

$$0,067 \text{ kW} * 4,5 \text{ h/día con regulación} * 205 \text{ días} * 239 \text{ luminarias} = \mathbf{14.771 \text{ kWh/año}}$$

$$0,1 \text{ kW} * 5,5 \text{ h/día sin regulación} * 205 \text{ días} * 239 \text{ luminarias} = \mathbf{26.947 \text{ kWh/año}}$$

3. Ahorro anual

Calculamos el ahorro anual de la iluminación LED con regulación frente a la iluminación actual:

$$244.975 \text{ kWh/año.} - (14.771 + 26.947) \text{ kWh/año} = \mathbf{203.257 \text{ kWh/año}}$$

$$\text{€/año ahorrados} = 203.257 \text{ kWh/año} * 0,115 \text{ €/KWh} = \mathbf{23.375 \text{ €/año}}$$

Por lo tanto, podemos comprobar la diferencia de ahorro anual entre la iluminación LED con regulación y la iluminación LED sin regulación:

$$203.257 \text{ kWh/año (con reg.)} - 195.980 \text{ kWh/año (sin reg.)} = \mathbf{7.277 \text{ kWh/año}}$$

Como se ha demostrado, la sustitución de todas las campanas de vapor de sodio por luminarias LED con regulación supone un ahorro anual mayor que la sustitución por LED sin regulación.

4. Amortización

Finalmente realizamos el cálculo de la amortización.

$$\text{Precio sustitución luminarias} = 239 \text{ luminarias} * 300\text{€} = 71.700\text{€}$$

$$\mathbf{\text{Amortización}} = 71.700\text{€} / 23.375\text{€/año} \approx \mathbf{3 \text{ años}}$$

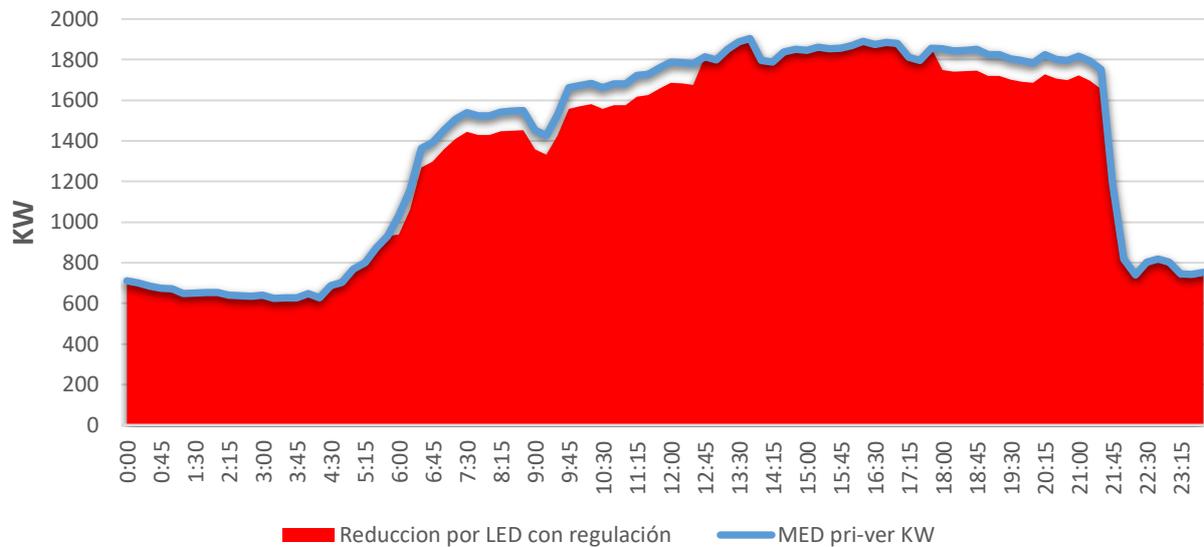
Por lo tanto, se aprueba la sustitución del alumbrado actual por alumbrado LED con regulación, no solo porque supone un ahorro mayor, sino porque además ajusta mejor el nivel de iluminación necesaria en cada momento dentro del rango establecido, lo cual se traduce en una mejora de la calidad visual para los trabajadores.

Los únicos problemas serían que el precio al instalar LED con regulación sería superior además de requerir alguna instalación adicional de cableado y adaptación al sistema Scada de la fábrica mediante algún PLC.

Aunque puede parecer una reducción muy elevada al pasar de campanas de vapor de sodio de 500W a luminarias LED de 100W, sería suficiente debido a que además de reducir la potencia se pretende disminuir la altura a la que se encuentran las campanas actuales unos dos metros. Esto nos permite reducir aún más la potencia en la sustitución.

En la gráfica 9.2 podemos contemplar la reducción en la curva de carga que supondría la sustitución del alumbrado por LED con regulación. La reducción de la potencia se ha estimado en los intervalos de tiempo de 6:00h a 9:30h y de 20:00h a 22:00h para las luminarias LED trabajando al 100%, alcanzando las 5,5 horas de encendido diario de medio calculado. Por otro lado, la reducción de la potencia se ha estimado en los intervalos de tiempo de 9:30h a 12:00h y de 18:00h a 20:00h para las luminarias LED trabajando al 55.6%, alcanzando las 4,5 horas de regulación medias calculadas. Como sabemos el número total de horas de encendido

medio con regulación y sin regulación debe ser igual a 10 horas como se ha estimado anteriormente.



Gráfica 9.2. Reducción de la curva de carga tras la sustitución por LED con regulación

Como vemos la gráfica 9.2 tiene similitud con la gráfica 9.1 obtenida para la sustitución por LED sin regulación dado que la diferencia de ahorro entre uno y otro no es muy elevada. Como calculamos anteriormente, la diferencia de ahorro anual entre la iluminación LED con regulación y la iluminación LED sin regulación es de 7.277 kWh/año, lo cual hace que la diferencia de ahorro anual entre ambos sea insignificante para esta empresa ya que no llega a 900€, pero desde el punto de vista medioambiental es una mejora importante para tener en cuenta de cara a una auditoria.

9.1.2 Sustitución del alumbrado en otras zonas de trabajo

Existen otras zonas de trabajo al margen de las de los talleres de elaboración y mantenimiento que cuentan con un considerable número de horas de encendido diario, superando su mayoría las 8 horas de encendido, lo cual nos parece interesante para realizar un estudio de ahorro de energía. Dichas zonas aparecen representadas en la tabla 9.5 en función del número de horas de encendido, número de luminarias por zona y consumos.

ZONA DE TRABAJO	SITUACIÓN ACTUAL		
	Nº LUMIN	CONSUMO (W)	CONSUMO TOTAL
Oficina de calidad (16h)	16	72	1152
Oficina de logística (16h)	9	72	648
Pasillo punto limpio (16h)	3	250	750
Cámara congeladora (5h)	6	1000	6000
Zona enfermería (8h)	16	72	1152
Total	50		9.702 W

Tabla 9.5. Consumo de las luminarias fluorescentes actuales.

Dichas zonas cuentan con luminarias fluorescentes de dos tubos excepto la cámara congeladora y el pasillo que conduce al punto limpio de la fábrica, los cuales cuentan con campanas de vapor de sodio.

En la tabla 9.6 aparecen reflejadas las sustituciones por luminarias led que se plantean realizar tras un estudio en el que se establece que potencia por luminaria se requiere además de la distribución que se precisa en cada zona para una adecuada calidad visual. Además, en dicha tabla se refleja el precio unitario de cada una de las luminarias LED propuestas a sustitución incluyendo mano de obra, además de un cálculo del presupuesto total de todas las luminarias.

ZONA DE TRABAJO	SUSTITUCION POR LED				
	Nº LUMIN	CONSUMO (W)	CONSUMO TOTAL	PRECIO	PRECIO TOTAL
Oficina de calidad (16h)	16	36	576	60 €	960 €
Oficina de logística (16h)	9	36	324	60 €	540 €
Pasillo punto limpio (16h)	3	70	210	180 €	540 €
Cámara congeladora (5h)	15	40	600	120 €	1800 €
Zona enfermería (8h)	16	36	576	60 €	960 €
Total	59		2.286 W		4.800 €

Tabla 9.6. Consumo de las luminarias LED propuestas.

Para este estudio se ha considerado la sustitución, únicamente, por luminarias LED sin regulación ya que hay zonas que no cuentan con ventanales o lucernarios que proporcionen luz natural del exterior, lo que hace imposible la regulación. Hay otras zonas que, si cuentan con ventanales, pero no se considera necesaria la regulación debido al elevado número de horas de encendido y dado que se necesita un aporte lumínico mayor que para otras zonas de trabajo.

A continuación, se presenta el procedimiento para realizar el cálculo de ahorro energético y de amortización.

1. Diferencia de consumos tras la sustitución en todos los puntos de luz.

$$9.702 \text{ W} - 2.286 \text{ W} = 7.416 \text{ W} = \mathbf{7.4 \text{ kW}}$$

2. Calculo del ahorro anual

Teniendo en cuenta las horas de encendido diarias podemos proceder al cálculo del ahorro que nos supondría la iluminación LED frente a la iluminación actual en el conjunto de todas las zonas de trabajo anteriormente mencionadas.

- Zonas con 16h (Of. Calidad, Of. Logística, Pasillo pto limpio)

$$\text{KW ahorrados} = 2550 - 1110 = 1440 \text{ W} = \mathbf{1.4 \text{ KW}}$$

$$\text{KWh/año ahorrados} = 1,4 \text{ KW} * 16 \text{ horas} * 205 \text{ días} = \mathbf{4.592 \text{ KWh/año}}$$

$$\text{€/año ahorrados} = 4.592 \text{ KWh/año} * 0,115 \text{ €/KWh} = \mathbf{528 \text{ €/año}}$$

- Zonas con 5h (Cámara congeladora)

$$\text{KW ahorrados} = 6000 - 600 = 5400 \text{ W} = \mathbf{5,4 \text{ KW}}$$

$$\text{KWh/año ahorrados} = 5,4 \text{ KW} * 5 \text{ horas} * 205 \text{ días} = \mathbf{5.535 \text{ KWh/año}}$$

$$\text{€/año ahorrados} = 5.535 \text{ KWh/año} * 0,115 \text{ €/KWh} = \mathbf{637 \text{ €/año}}$$

- Zonas con 8h (Zona de enfermería)

$$\text{KW ahorrados} = 1152 - 576 = 576 \text{ W} = \mathbf{0,576 \text{ KW}}$$

$$\text{KWh/año ahorrados} = 0,576 \text{ KW} * 8 \text{ horas} * 205 \text{ días} = \mathbf{945 \text{ KWh/año}}$$

$$\text{€/año ahorrados} = 945 \text{ KWh/año} * 0,115 \text{ €/KWh} = \mathbf{109 \text{ €/año}}$$

Finalmente, una vez obtenido el ahorro anual que supone la sustitución en cada zona de trabajo podemos conocer el ahorro anual total:

$$\text{Total ahorro anual} = 4.592 + 5.535 + 945 = \boxed{11.072 \text{ KWh/año}}$$

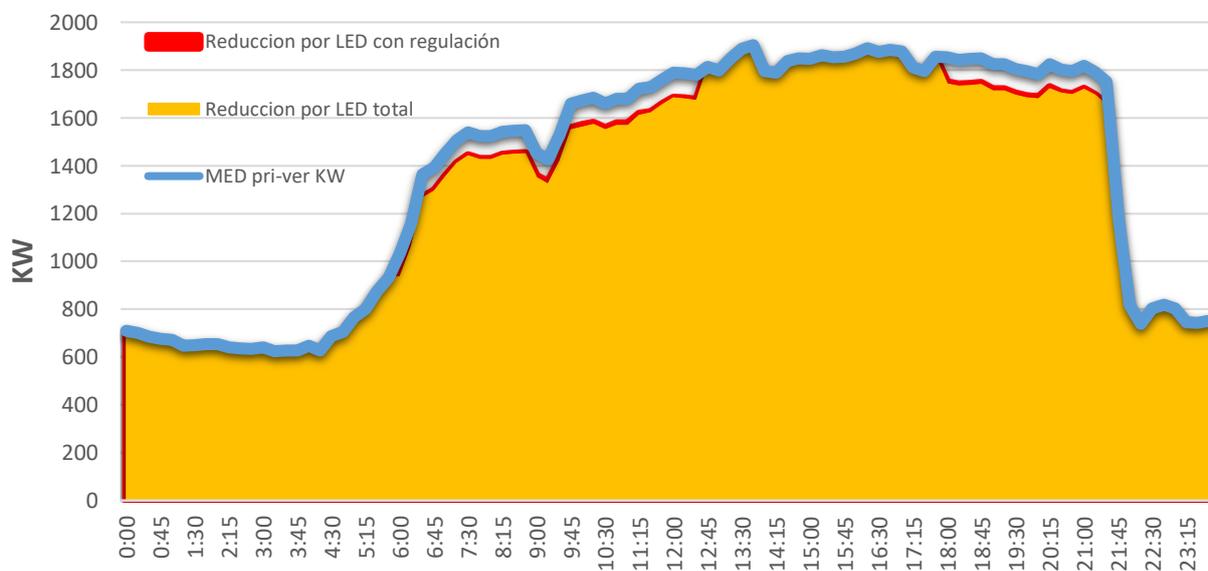
$$\text{Total ahorro anual (€)} = 528 + 637 + 109 = \boxed{1.274 \text{ €/año}}$$

$$\text{Amortización} = 4.800 \text{ €} / 1.274 \text{ €/año} \approx \mathbf{3.5 \text{ años}}$$

Para el caso del cambio del alumbrado de la cámara congeladora, aunque el número de horas de encendido no es elevado, se prevé un ahorro energético no solo por la potencia eléctrica sino también por la reducción de calor de la luminaria.

La reducción de la potencia se ha estimado en los intervalos de tiempo de 6:00h a 22:00h para las zonas con 16 horas de encendido, de 6:00h a 14:00h para la zona de enfermería (8 horas de encendido) y finalmente de 9:00h a 11:30 y de 18:00h a 20:30h para la cámara congeladora que cuenta con 5 horas de encendido diarias.

En la gráfica 9.3, en color amarillo, podemos contemplar la reducción de la curva de carga media (representada en color azul), tras la sustitución del alumbrado por LED en las zonas estudiadas (oficinas, cámara congeladora, etc.) más la reducción por LED con regulación en talleres de elaboración y mantenimiento. El área en color rojo muestra la reducción de la curva carga calculada que se mostró anteriormente en la gráfica 9.2 (también en color rojo) tras la sustitución por LED con regulación en los talleres de elaboración y mantenimiento.



Gráfica 9.3. Reducción de la curva de carga tras la sustitución por LED con regulación

9.2 INSTALACIÓN DETECTORES DE PRESENCIA EN LA CAMARA

Tras realizar un seguimiento del sistema de alumbrado de las diferentes zonas de la fábrica a través del sistema Scada, se detecta que en la cámara congeladora se producen largos periodos de encendido del alumbrado de más de 10 horas ininterrumpidos cuando en estas salas la presencia humana tiene lugar en breves intervalos de tiempo ya que se trata de zonas en las que únicamente se entra para depositar o recoger fardos o cajas de tabaco. Esto es debido a la falta de concienciación del personal que entra y sale de dichas salas, desentendiéndose voluntaria o involuntariamente de realizar un correcto uso de la energía.

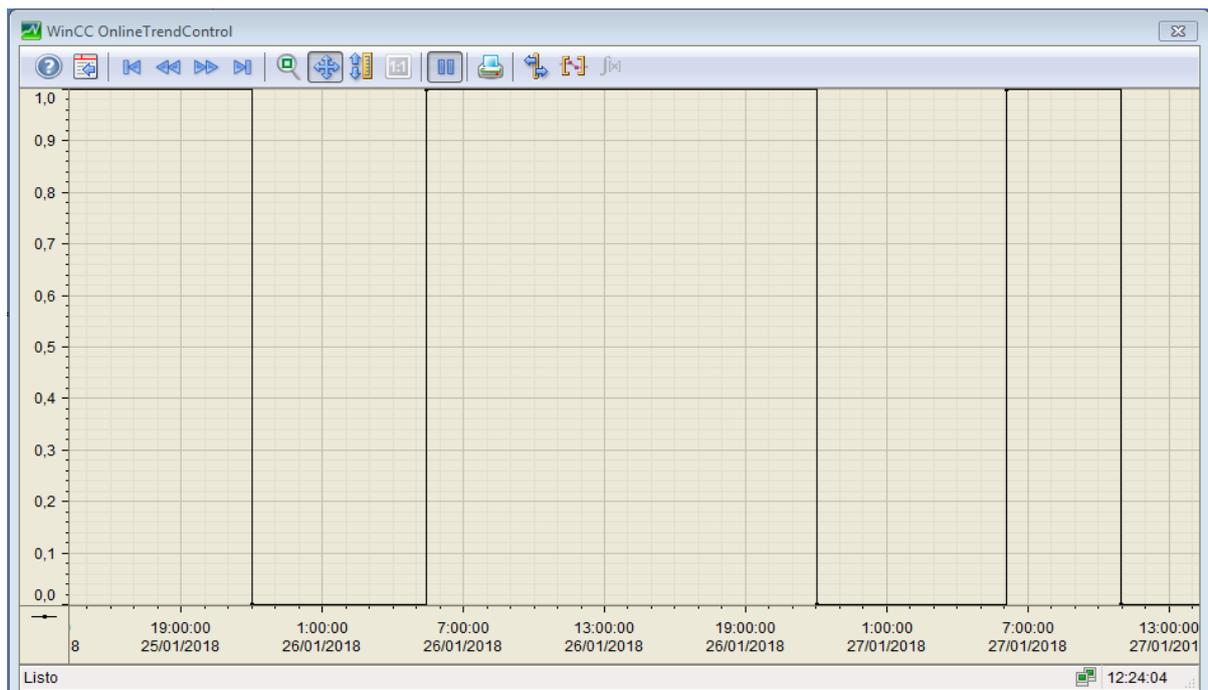


Imagen 9.5. Flancos de encendido y apagado de una de las cámaras frigoríficas.

En la imagen 9.5 podemos ver graficados los periodos de encendido y apagado de las luminarias de dichas cámaras, viendo como se ha comentado, los largos tiempos de encendido continuado a lo largo del día.

Debido a esto se propone como posible medida de ahorro energético la sustitución de los interruptores manuales de encendido y apagado del alumbrado por detectores de presencia para poder regular de una forma adecuada los encendidos y apagados dentro de dichas zonas, reduciendo de una manera considerable los tiempos en los que las luminarias están encendidas inútilmente.

Como se reflejaba en la tabla 9.4, actualmente contamos con 6 luminarias de 1000W de consumo cada una, lo que resulta un consumo total de 6000W.

Consultando nuestros registros, se ha realizado el cálculo del número medio de horas de encendido de la cámara congeladora a lo largo del último año fiscal (FY17), el cual ronda las 11 horas de encendido diarias. Se estima que de media las luminarias de la cámara congeladora no deberían estar encendidas más de 5 horas de media al día.

Procedemos al cálculo de ahorro y de amortización propuesto en este punto:

1. Calculo de los consumos anuales

En primer lugar, calculamos el consumo medio anual de las luminarias controladas por interruptor:

$$1 \text{ kW} * 11 \text{ h/día} * 205 \text{ días} * 6 \text{ luminarias} = \mathbf{13.530 \text{ kWh/año}}$$

A continuación, calculamos el consumo anual de las luminarias controladas por detectores de presencia que se proponen:

$$1 \text{ kW} * 5 \text{ h/día} * 205 \text{ días} * 6 \text{ luminarias} = \mathbf{6.150 \text{ kWh/año.}}$$

2. Ahorro anual

Calculamos el ahorro anual de la iluminación controlada por sensores frente a la iluminación actual controlada por interruptor tradicional:

$$13.530 \text{ kWh/año} - 6.150 \text{ kWh/año} = \mathbf{7.380 \text{ kWh/año.}}$$

$$\text{€/año ahorrados} = 7.380 \text{ kWh/año} * 0,115 \text{ €/KWh} = \mathbf{848,7 \text{ €/año}}$$

3. Amortización

Finalmente realizamos el cálculo de la amortización.

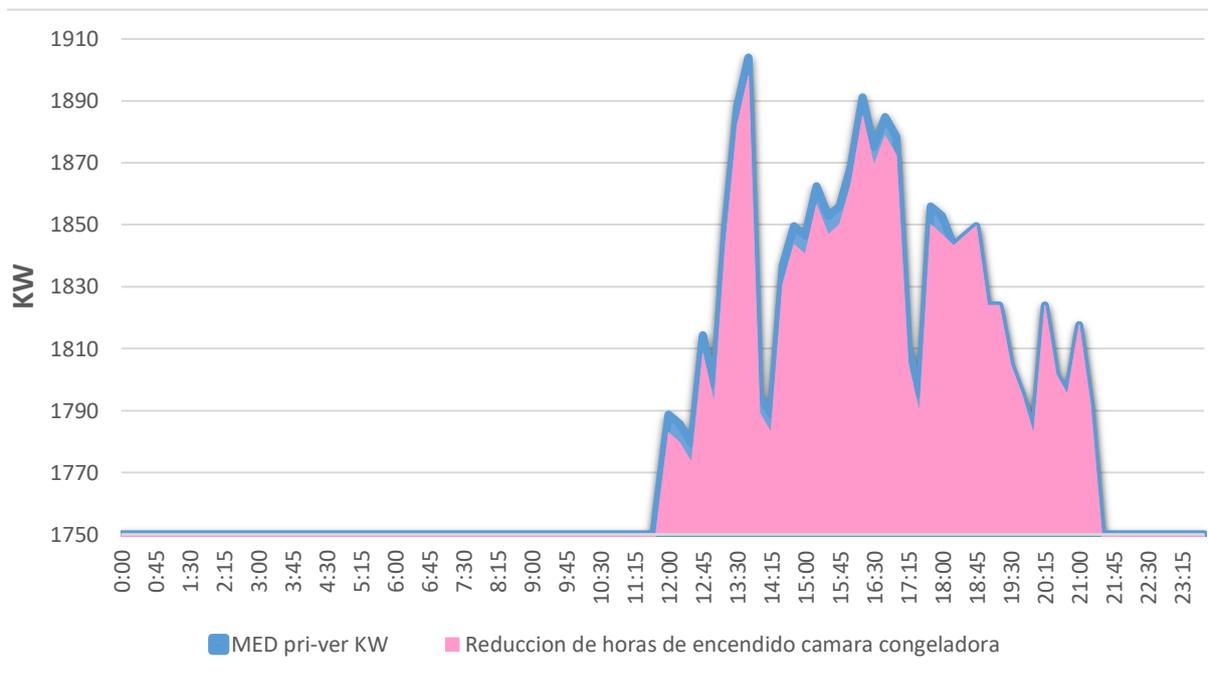
$$\text{Precio detector con instalación} = 60 \text{ €}$$

$$\mathbf{\text{Amortización}} = 60\text{€} / 848,7\text{€/año} \approx \mathbf{1 \text{ mes}}$$

Como se puede ver, esta mejora no supone grandes ahorros para la empresa a diferencia de la sustitución por LED que se detallaba en el apartado 9.1, pero medioambientalmente sí que supone una mejora importante con una inversión mínima.

Como se ha estimado (según los registros) que aproximadamente en los intervalos de tiempo de 9:00h a 11:30 y de 18:00h a 20:30h la cámara congeladora debería permanecer encendidas normalmente (5 horas de media), las 6 horas restantes para cumplir las 11 horas de media de encendido diario que se estaban registrando las distribuiremos de 11:30h a 18:00h.

En la gráfica 9.4 podemos ver en color azul las áreas que corresponden a la reducción de potencia correspondiente a esta mejora, que como dijimos, no es muy significativa económicamente pero sí ambientalmente.



Gráfica 9.4. Reducción de la curva de carga tras la instalación de detectores de presencia

9.3 ADELANTAR LA HORA PARA EMPEZAR A ENFRIAR

La fábrica dispone de tres enfriadoras, una de ellas de frecuencia variable, las cuales son las encargadas de refrigerar grandes cantidades de agua que pasan por ellas, para que después, mediante una red de tuberías y con la ayuda de un sistema de bombeo, llegue ese agua fría a las climatizadoras, para que generen el aire frío que proporcionará en la mayoría de las zonas de la fábrica una temperatura apropiada a los trabajadores (21°C) durante los meses en los que la temperatura es más elevada en el exterior.

Partiendo de que sabemos que excepto durante tres o cuatro meses, los restantes ocho o nueve meses se está enfriando la fábrica para mantener los niveles de temperatura adecuados, se propone desplazar las horas de funcionamiento de las enfriadoras y de los sistemas de climatización para que podamos aumentar el margen de consumo hasta el límite de potencia máxima contratada, de tal manera que podamos llegar a intentar reducir ese límite contratado.

La fábrica dispone de un sistema de cálculo automatizado para la activación del sistema de climatización controlado por SCADA, el cuál realiza diferentes tipos de cálculos teniendo en cuenta varios factores como bien puede ser la temperatura, el tiempo, humedad, etc., de manera que, en resumidas cuentas, determina en qué momento de la mañana el sistema de climatización tiene que activarse para que a la hora a la que empieza a trabajar el primer turno (6:00h) la fábrica ya haya alcanzado la temperatura de consigna (21°C).

A finales del mes de febrero de 2018 y de cara a auditoría se modificó el cálculo automatizado, para que sobre todo durante los meses de verano, en los que normalmente la temperatura exterior alcanza valores más altos en todo el año, los sistemas de climatización y todo lo que lo concierne, como bien pueden ser las enfriadoras y los sistemas de bombeo, adelanten la hora de arranque. De esta manera se intentó conseguir alcanzar la temperatura de consigna antes de la hora de entrada del primer turno, creyendo que sería preferible ya que de esta forma desplazaríamos las cargas adelantando los mayores consumos en climatización (que se producen en el arranque) a horas en las que la demanda energética es menor (3:30 – 5:00h de la mañana) ya que a partir de las 6:00h comienzan a funcionar el resto de los equipos como los sistemas de iluminación, maquinaria, etc.

En la tabla 9.7 se presentan los consumos de todos los equipos relacionados con la climatización, como son las enfriadoras, los sistemas de bombeo de agua caliente y agua fría y los equipos de climatización.

ENFRIADORA 1	Analiz. en Enfriadora 1	SENTRON3200	Enfriadora 1	
		Instalación	Equipo	Consumo kW
		Climatización	Enfriadora YORK	215
ENFRIADORA 2	Analiz. en Enfriadora 2	SENTRON3200	Enfriadora 2	
		Instalación	Equipo	Consumo kW
		Climatización	Enfriadora CLIMAVENETA	315

ENFRIADORA 3	Analiz. en Enfriadora 3	SENTRON3200	Enfriadora 3	
		Instalación	Equipo	Consumo kW
		Climatización	Enfriadora CLIMAVENETA	315
CEB 01	Sist bombeo agua fría y caliente para climatización	SENTRON3200	Edificio de Instalaciones	
		Instalación	Equipo	Consumo kW
		Climatización	Bombas agua caliente primario (5 unidades)	4
		Climatización	Bombas agua caliente secundario (4 unidades)	11
		Climatización	Bombeo agua fría primario (5 unidades)	5,5
	Climatización	Bombeo agua fría secundario (4 unidades)	18,4	
CEB 02	Analiz. Climatizadores UCL-09, UCL-10, UCL-19, UCL-20, UCL-21	SENTRON3200	Altillo almacén bateas vacías	
		Instalación	Equipo	Consumo kW
		Climatización	Climatizadores KOOLCLIMA (5 unidades)	108,5
CEB 03	Analiz. Climatizadores UCL-06, UCL-07, UCL-08, UCL-14, UCL-16, UCL-17	SENTRON3200	Taller de elaboración	
		Instalación	Equipo	Consumo kW
		Climatización	Climatizadores KOOLCLIMA (6 unidades)	130,2
CEB 04	Analiz. Climatizadores UCL-01, UCL-02, UCL-03	SENTRON3200	Altillo de mantenimiento	
		Instalación	Equipo	Consumo kW
		Climatización	Climatizadores KOOLCLIMA (3 unidades)	65,1
CEB 05	Analiz. Climatizadores UCL-04, UCL-05, UCL-11, UCL-12, UCL-13, UCL-15, UCL-18	SENTRON3200	Taller de elaboración	
		Instalación	Equipo	Consumo kW
		Climatización	Climatizadores KOOLCLIMA (7 unidades)	151,9
CEB 06	Analiz. Climatizadores UCL-22, UCL-23, UCL-24, UCL-25, UCL-26	PM710	IMPEX + Promocigar	
		Instalación	Equipo	Consumo kW
		Climatización	Climatizadores KOOLCLIMA (5 unidades)	108,5
TOTAL				1448 kW

Tabla 9.7. Consumos de enfriadoras, sistemas de bombeo de agua y climatizadores

Aunque en la tabla 9.7 aparecen todos los equipos con los que cuenta la fábrica, normalmente, no todos se utilizan a primeras horas del día para enfriar, salvo en alguna ocasión excepcional, por lo que tendremos que tener en cuenta cuales de ellos nos interesan para nuestro estudio y cuáles no.

Como hemos indicado, la fábrica cuenta con tres enfriadoras, pero únicamente se utiliza durante las primeras horas la Enfriadora 1 (215kW). Las otras dos enfriadoras hacen de soporte a esta en caso de fallo o en caso de días en los que la temperatura externa es tan alta que con una única enfriadora no se consigue alcanzar la temperatura de consigna (21°C).

Por otro lado, los equipos de climatización de la zona IMPEX y Promocigar recogidos en el analizador de red CEB 06 (108,5 kW) no empiezan a funcionar hasta el turno de tarde, luego no nos interesa tenerlos en cuenta para las primeras horas de la mañana. Además, seis de las unidades de climatización del taller de elaboración, recogidas en el CEB 03 (130,2 kW), tampoco arrancan salvo que la demanda de frío sea demasiado alta.

En la imagen 9.6 vamos a comparar nuestra curva de carga media de valores máximos del FY17 con la nueva curva de carga que hemos obtenido de los valores máximos registrados en el mes de marzo de 2018, donde ya contamos con la modificación del cálculo automático, adelantando la hora de encendido de los equipos encargados de enfriar a primeras horas de la mañana.

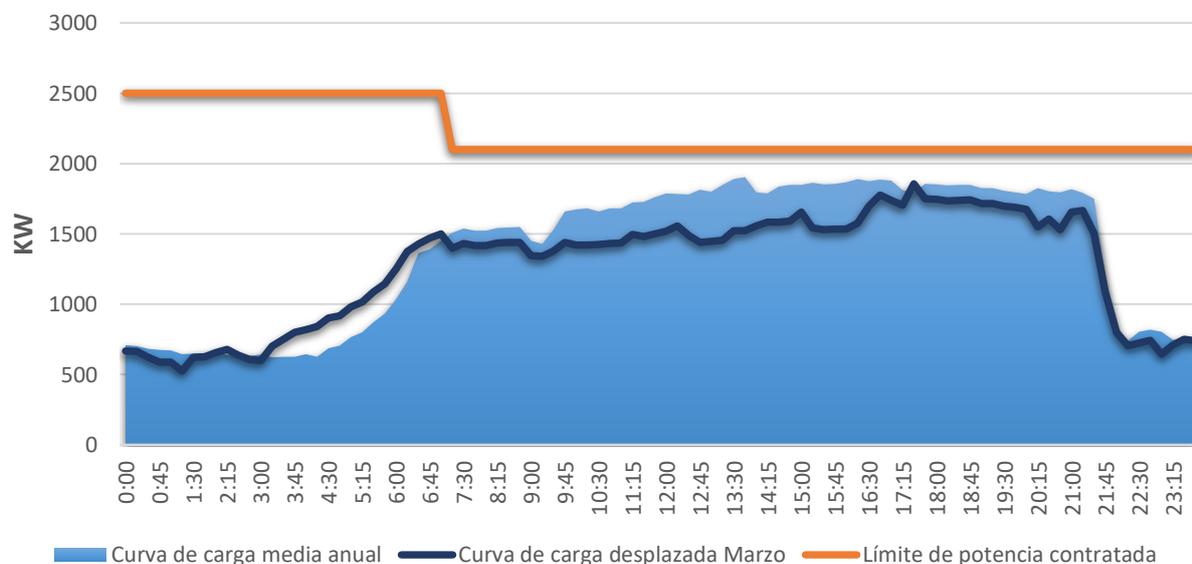


Imagen 9.6. Curva de carga desplazada en el tiempo frente a curva de carga media anual

Esta nueva curva de carga media del mes de marzo, representada en azul oscuro, se ha contrastado como podemos ver en la imagen 9.6 con nuestra curva de carga media de valores máximos del FY17 (área en azul claro) para tener una referencia y poder ver que se cumple que en la curva de carga media del mes de marzo se ha producido un desplazamiento de las cargas correspondientes a los equipos encargados de enfriar. Se ve que las cargas han sido adelantadas un tiempo determinado y que el margen con la potencia contratada ha aumentado, permitiendo así determinar si nos conviene más reducir el límite de potencia contratada o mantener el margen del que disponemos por si se diera el caso, por ejemplo, de incorporar nueva maquinaria que aumente los valores de consumo representados en nuestra curva de carga [8].

10 CONCLUSIONES

A lo largo de este estudio se ha llevado a cabo una revisión energética de la planta de tabaco Altadis, a partir de la cual se ha intentado realizar una auditoría energética, siguiendo algunos de los puntos fundamentales de la Norma ISO 50.001, la cual se encarga de establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar la eficiencia energética de las empresas, conduciendo a reducir consumo y costes energéticos, así como impacto ambiental, todo ello a través de una gestión sistemática de la energía.

Tras analizar sobre qué puntos sería interesante incidir para reducir el consumo eléctrico, ya que es la forma de energía sobre la que vamos a realizar este estudio, se ha procedido a estudiar el comportamiento de las curvas de carga a lo largo de un año fiscal, concretamente del año fiscal 2016 (FY16), con la ayuda de los 25 analizadores de red que dispone la fábrica actualmente.

A continuación, se ha procedido a clasificar las cargas en función de sus características. Seguido a esto, se ha realizado un análisis mensual de los datos de consumo eléctrico, empezando por estudiar mes a mes las curvas de carga diarias, obteniendo unas curvas de carga máximas mensuales, las cuales se han dividido en dos grupos en función de los consumos máximos registrados. De cada uno de esos grupos se han obtenido finalmente dos curvas de carga medias de los valores máximos, una para las estaciones de primavera-verano y otra para las estaciones de otoño-invierno, siendo la primera la que se ha considerado principalmente para nuestro estudio debido a que los consumos medios calculados son más elevados.

Finalmente se han llevado a cabo diferentes propuestas de mejora, como del rendimiento del alumbrado, instalación de detectores de presencia e intentar trasladar algunas cargas desplazables a otros instantes de tiempo. Todo esto con el objetivo de intentar aumentar el margen de la curva de carga de consumos con el límite de potencia contratada, para así optar por reducir dicho límite de potencia contratada o por mantenerlo para tener un margen de seguridad en el caso de alguna incorporación de nuevos equipos que provoquen un aumento del consumo de potencia o días en los haya mas maquinaria trabajando de lo habitual en caso de una mayor demanda de producción de cigarros.

Hay que añadir que, aunque no se comenta en el estudio, creemos que sería interesante en un futuro trasladar uno de los dos turnos diurnos de trabajo a horario nocturno, ya que el precio del kWh por la noche corresponde al periodo 6, que es el más barato. Esto no sucede actualmente ya que la fábrica trabaja así por convenio desde su origen. Pero esto no quiere decir que no pueda cambiarse en el futuro, lo cual supondría un ahorro en el consumo de electricidad muy importante.

Finalmente solo queda resaltar que de todas las propuestas de ahorro energético, la más factible actualmente y la que mejor resultados de ahorro y amortización arroja es la propuesta de sustitución del alumbrado actual compuesto por campanas de vapor de sodio por luminarias LED con regulación para los talleres de elaboración y mantenimiento y sustituir por luminarias LED sin regulación las luminarias con tubos fluorescentes de las oficinas, pasillos y otras zonas que no cuentan con la suficiente aportación de luz natural, o en algunos casos, que no cuentan con nada de aportación de luz natural.

11 BIBLIOGRAFIA

- [1] MINETUR (2015), *Planificación Energética 2015-2020*
- [2] REE, *Informe sobre el Sistema Eléctrico Español*. Informes anuales
- [3] ACCIONA ENERGIA
 - Información consumo instalaciones
- [4] Sancha, J. L. (2016), *Presume de entender (a fondo) las facturas de la luz y del gas*, Madrid (España), UNE.
- [5] IDAE (2011), *Guía Práctica de la Energía. Consumo eficiente y responsable*.
- [6] Sancha, J. L. (2012), *El Mercado Eléctrico. Revistas ANALES*.
- [7] Carretero Peña, A. y García Sánchez, J. M (2015). *Gestión de la Eficiencia Energética: Cálculo del Consumo, Indicadores y Mejora*, AENOR.
- [8] Sabina Scarpellini (2006), *DISMINUCION DE COSTES ENERGETICOS EN LA EMPRESA: Tecnologías y estrategias para el ahorro y la eficiencia energética*. FC EDITORIAL.
- [9] Yusta, J. M (2013), *Contratación del suministro eléctrico: oportunidades y estrategias para reducir el coste de las facturas eléctricas*. Madrid, Ed. Paraninfo.
- [10] Martín Sonseca, M. A (2018), *Código de la Energía Eléctrica*, BOE.
- [11] Aranda Usón, J. A (2014), *Sistemas de gestión de la energía ISO 50001: serie eficiencia energética*. Zaragoza (España). Prensas Universidad de Zaragoza.
- [12] UNE-EN ISO 50001 (2011), *Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso*. Madrid (España). AENOR.
- [13] MINETAD. *Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital*.
 - <http://www.minetad.gob.es/energia/es-ES/Paginas/index.aspx>
 - <http://www.controlastuenergia.gob.es/Paginas/Index.aspx>
- [14] OMIE. *Operador del Mercado Ibérico de Energía*.

[15] Características Analizadores de Red

- Analizador de red SENTRON PAC3200 SIEMENS

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/26504150/manual-de-producto-sentron-mult%C3%ADmetro-pac3200?dti=0&lc=es-WW>

- Analizador de red MERLIN GERIN PM500

http://www2.schneiderelectric.com/resources/sites/SCHNEIDER_ELECTRIC/content/live/FAQS/284000/FA284651/es_ES/Manual%20Instalaci%C3%B3n%20y%20utilizaci%C3%B3n%20de%20PM500.pdf

<https://www.schneider-electric.es/es/faqs/FA284651/>

- Analizador de red MERLIN GERIN PM710

<https://www.schneider-electric.es/es/product-range-presentation/917-pm700-series>

12 ANEXOS

12.1 ANEXO 1: ANÁLISIS DE CURVAS DE CARGA MENSUALES

En este apartado se muestran todas las curvas de carga diarias se han obtenido a lo largo de todo el año fiscal 2017 (FY17), las cuales han sido divididas mensualmente para analizar su comportamiento y poder clasificar en dos grupos las curvas de carga máximas de cada mes según sus consumos.

A continuación, en las siguientes imágenes, se muestran graficadas todas las curvas de carga diarias de los restantes meses del año, gracias a las cuales se ha podido llevar a cabo este estudio. Como ya se explicó anteriormente, las curvas de carga de color rojo hacen referencia a los sábados y domingos y las azules a los días entre semana.

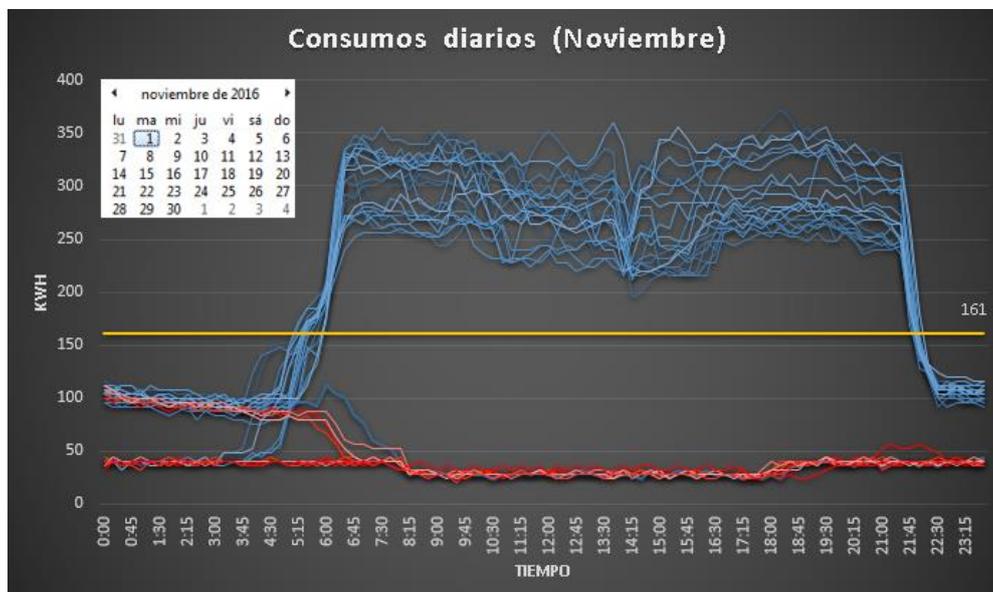


Imagen 12.1. Curvas de carga diarias mes de Noviembre

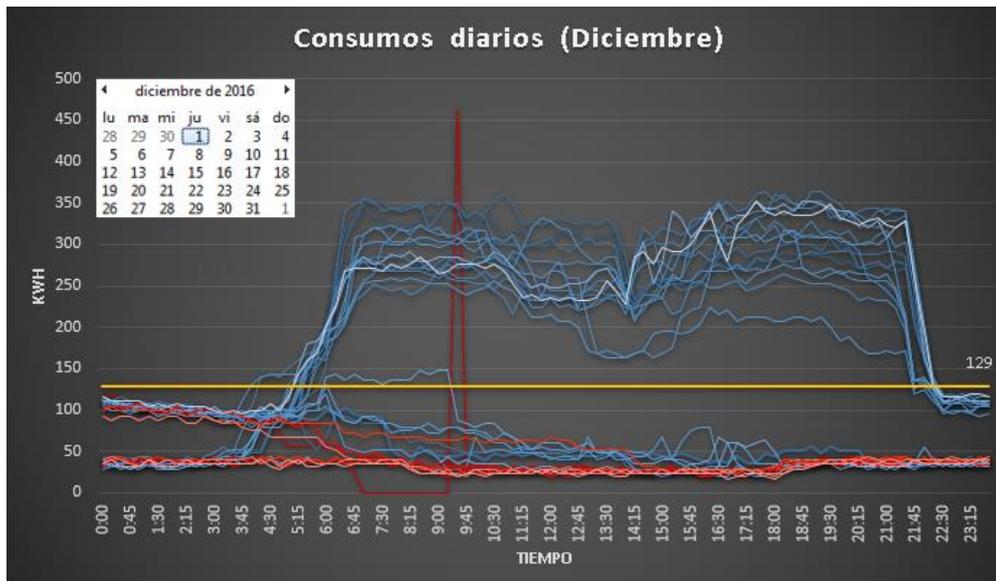


Imagen 12.2. Curvas de carga diarias mes de Diciembre

En la imagen 12.2 podemos ver que hay curvas de carga de color azul que se comportan de forma similar a las de color rojo, esto quiere decir que dichas curvas corresponden a días festivos diferentes a sábados o domingos. Además, se puede apreciar una curva de carga de color rojo la cual refleja unos valores anómalos de consumo llegando a alcanzar un pico de más de 450 kWh, lo cual no corresponde a valores de consumo reales para un día festivo.

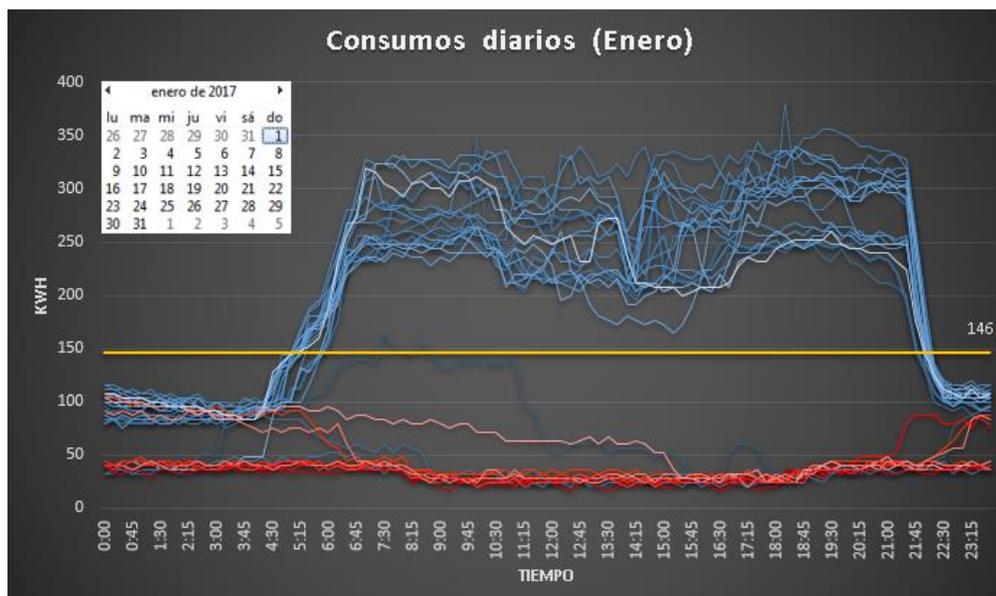


Imagen 12.3. Curvas de carga diarias mes de Enero

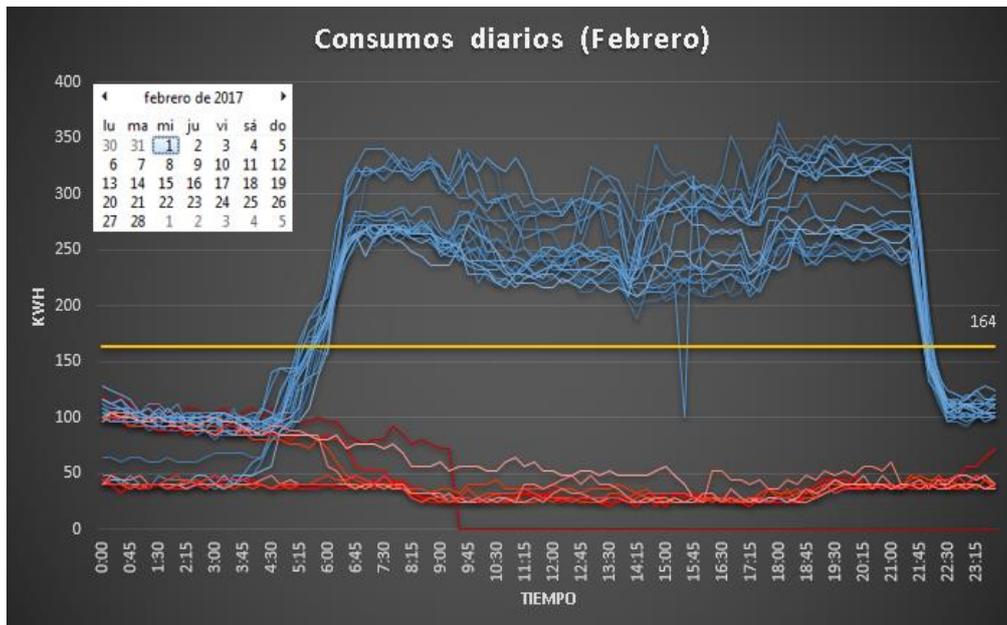


Imagen 12.4. Curvas de carga diarias mes de Febrero

En la imagen 12.4 se ve que una de las curvas de carga en rojo estuvo registrando consumos nulos desde prácticamente las 9:00h. Esto es debido a que se produjo un corte general del suministro de electricidad para pasar la revisión de los transformadores de tensión y del centro de transformación. Una vez se reestableció el suministro, el analizador podría haber empezado a medir, pero no lo hizo ya que por algún motivo estaba programado para empezar a medir de nuevo a partir de las 00:00h en caso de corte.

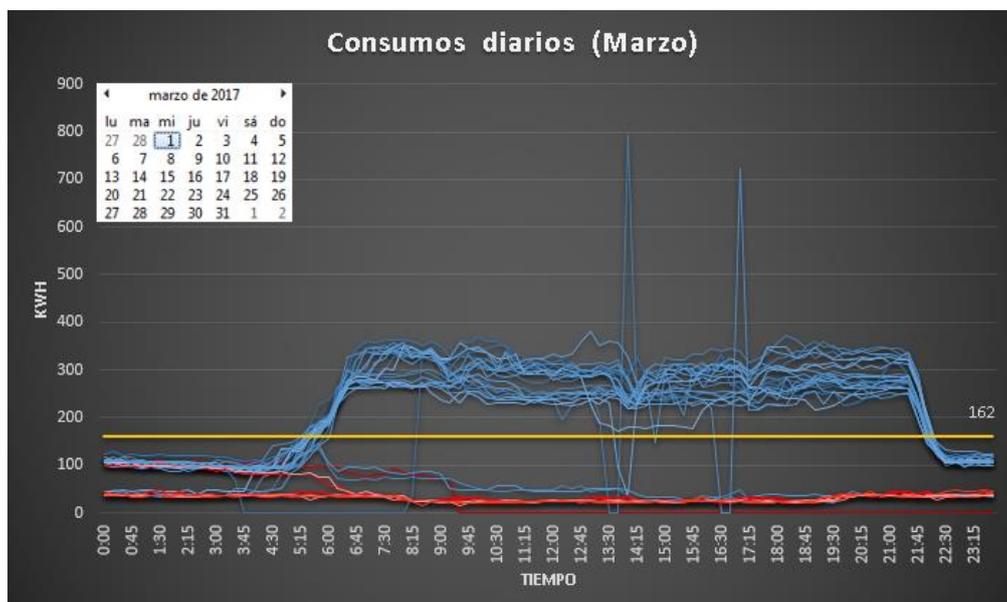


Imagen 12.5. Curvas de carga diarias mes de Marzo

Durante el mes marzo (imagen 12.5) uno de los días se registraron valores anómalos en varias ocasiones, dando lugar a picos desproporcionados que no se corresponden con la realidad. Esto puede ser debido a un fallo del analizador de red o a un reseteo o reajuste de este.

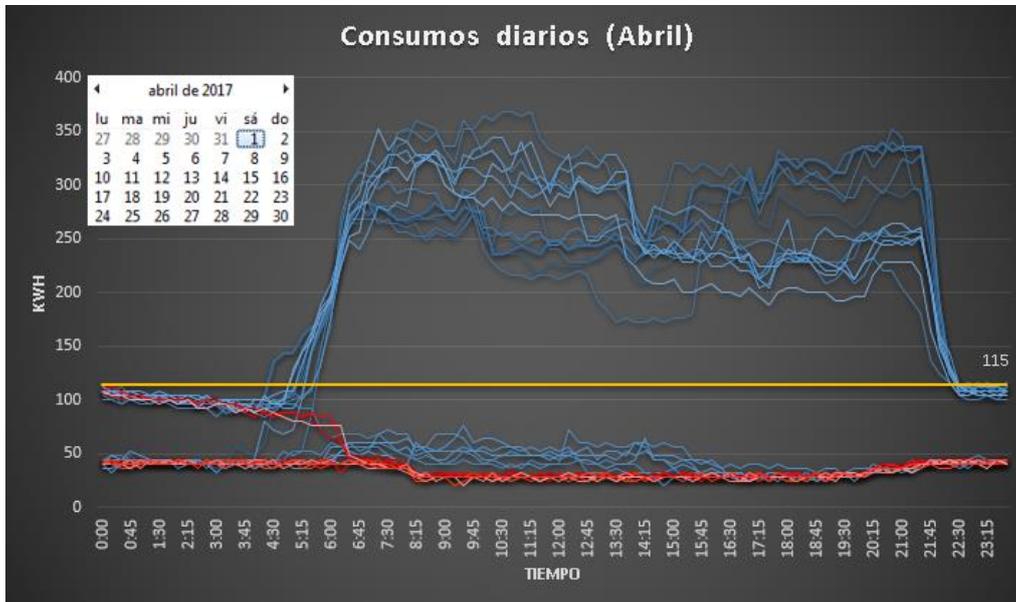


Imagen 12.6. Curvas de carga diarias mes de Abril

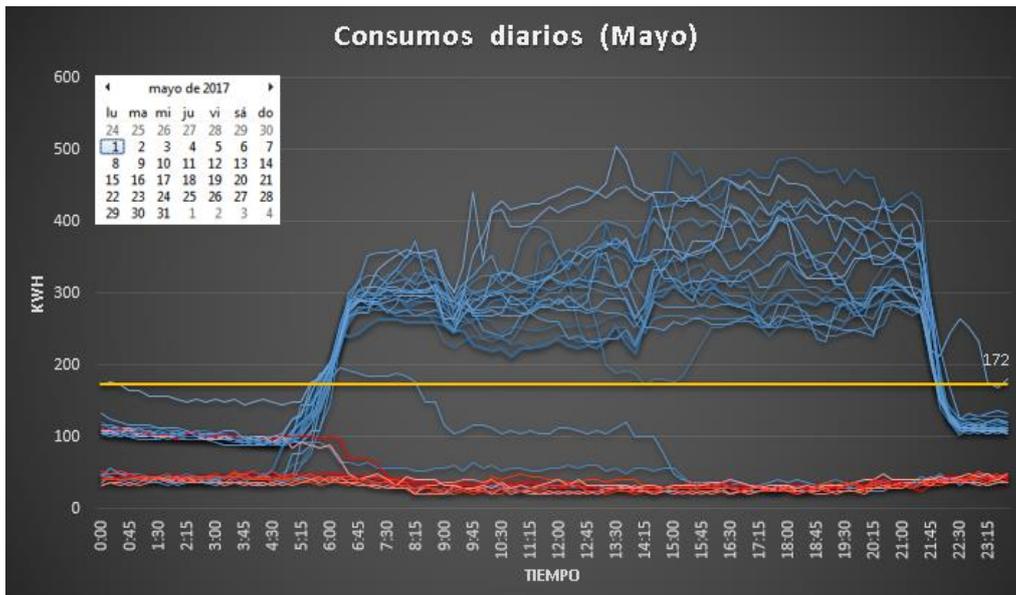


Imagen 12.7. Curvas de carga diarias mes de Mayo

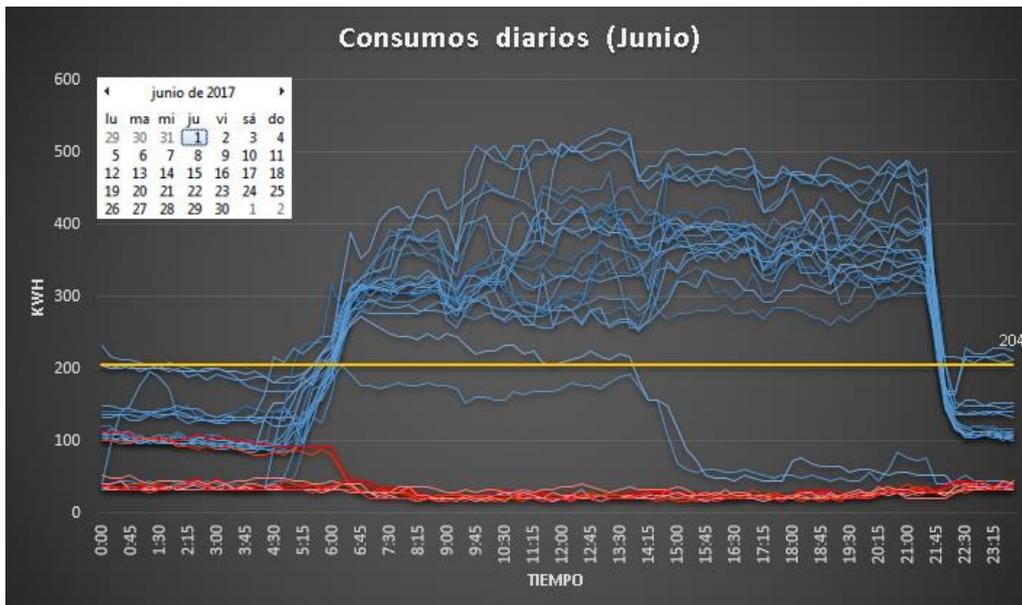


Imagen 12.8. Curvas de carga diarias mes de Junio

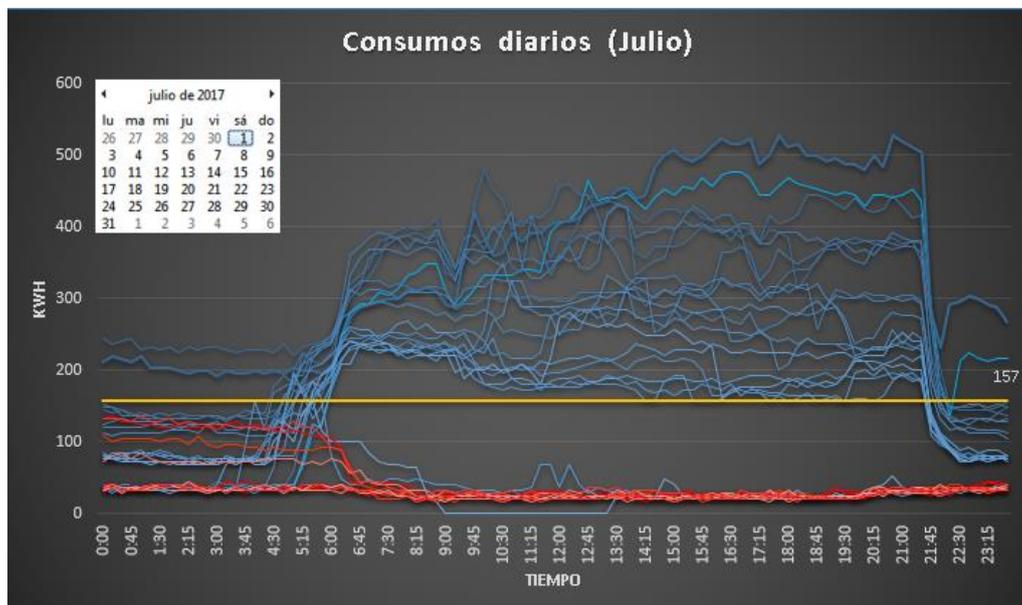


Imagen 12.9. Curvas de carga diarias mes de Julio

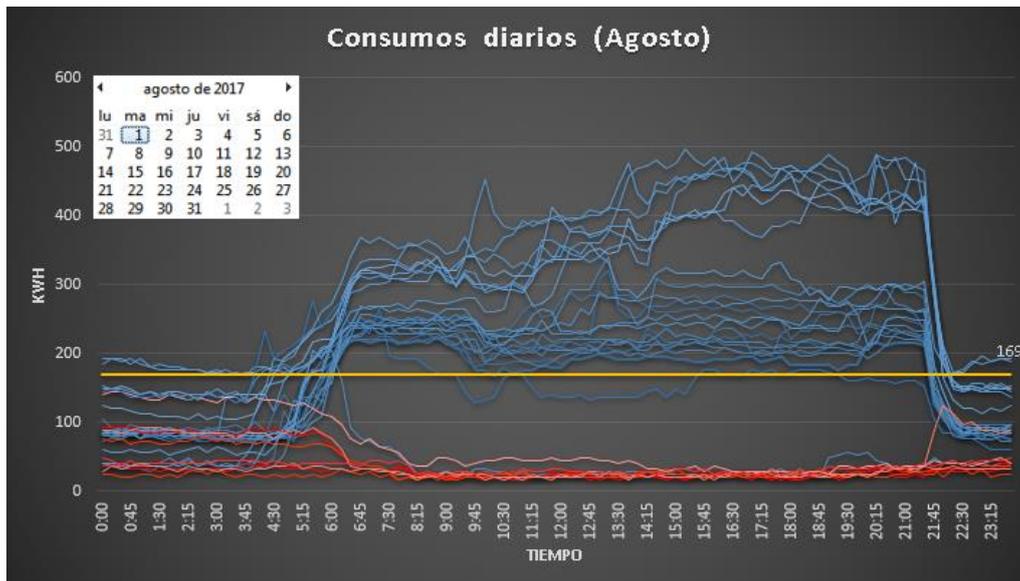


Imagen 12.10. Curvas de carga diarias mes de Agosto.

Durante los meses de junio, julio y agosto, representados en las imágenes 8, 9 y 10, se aprecia que las curvas de carga de color azul (días laborales) no siguen un patrón de consumo tan equilibrado como en el resto de los meses. Esto se debe a que durante estos tres meses de verano el tiempo fue muy inestable, afectando esto a la climatización (35% del consumo total de la fábrica), que hizo que unos días se tuviese que enfriar mucho y otros días bastante menos. Además, durante los meses de julio y agosto hubo varias semanas salteadas en las que las vacaciones del personal dieron lugar a que durante algunos días las máquinas solo funcionasen durante uno de los dos turnos, afectando también esto a los consumos totales de cada día que luego se han reflejado en las curvas de carga.

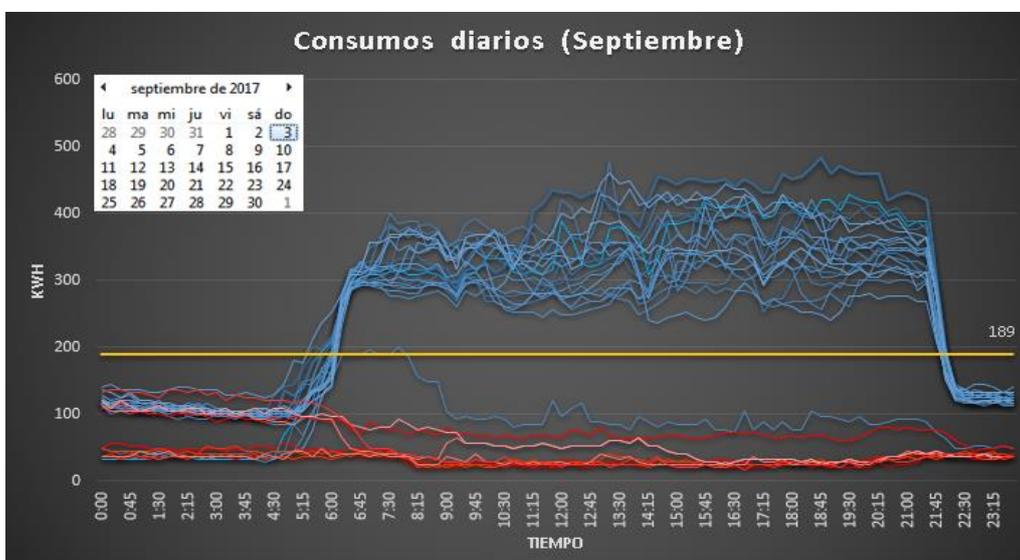


Imagen 12.11. Curvas de carga diarias mes de Septiembre.

12.2 ANEXO 2: OBTENCIÓN DE LAS CURVAS DE CARGA DE LOS VALORES MÁXIMOS, MÍNIMOS Y MEDIOS MESALES.

A continuación, en este apartado se van a exponer las curvas de carga máximas, mínimas y medias en kWh de cada uno de los meses del año fiscal 2017, teniendo en cuenta en primer lugar los días laborales y en segundo lugar los días festivos de cada mes.

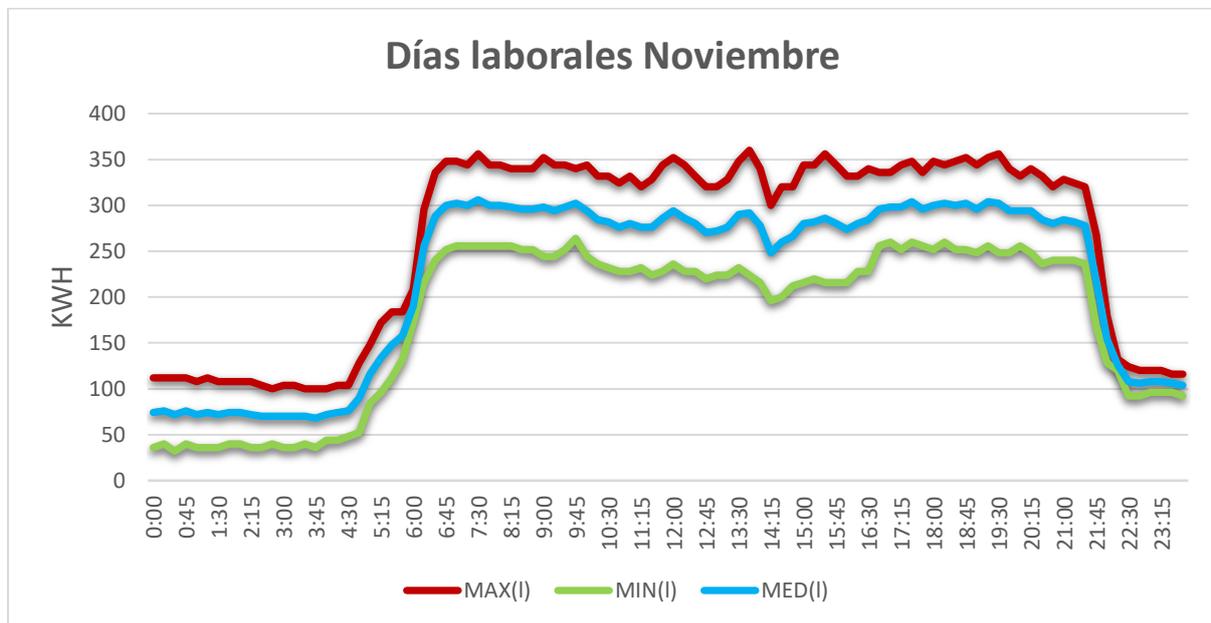


Imagen 12.12. Curvas de carga máxima, media y mínima mes de Noviembre.

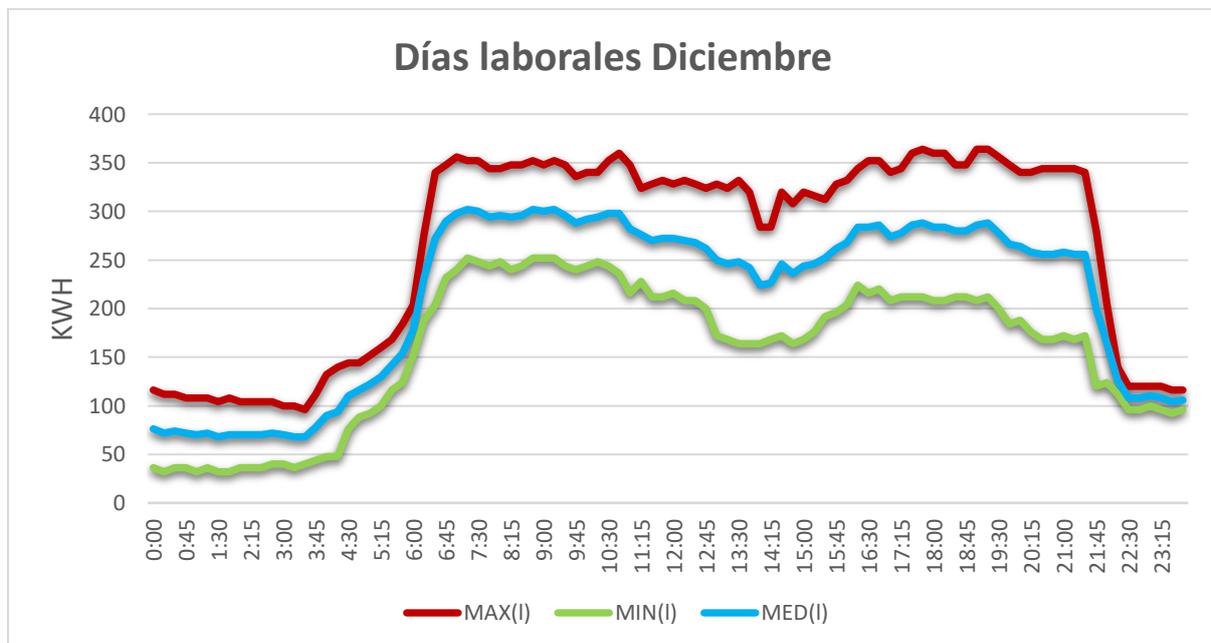


Imagen 12.13. Curvas de carga máxima, media y mínima mes de Diciembre.

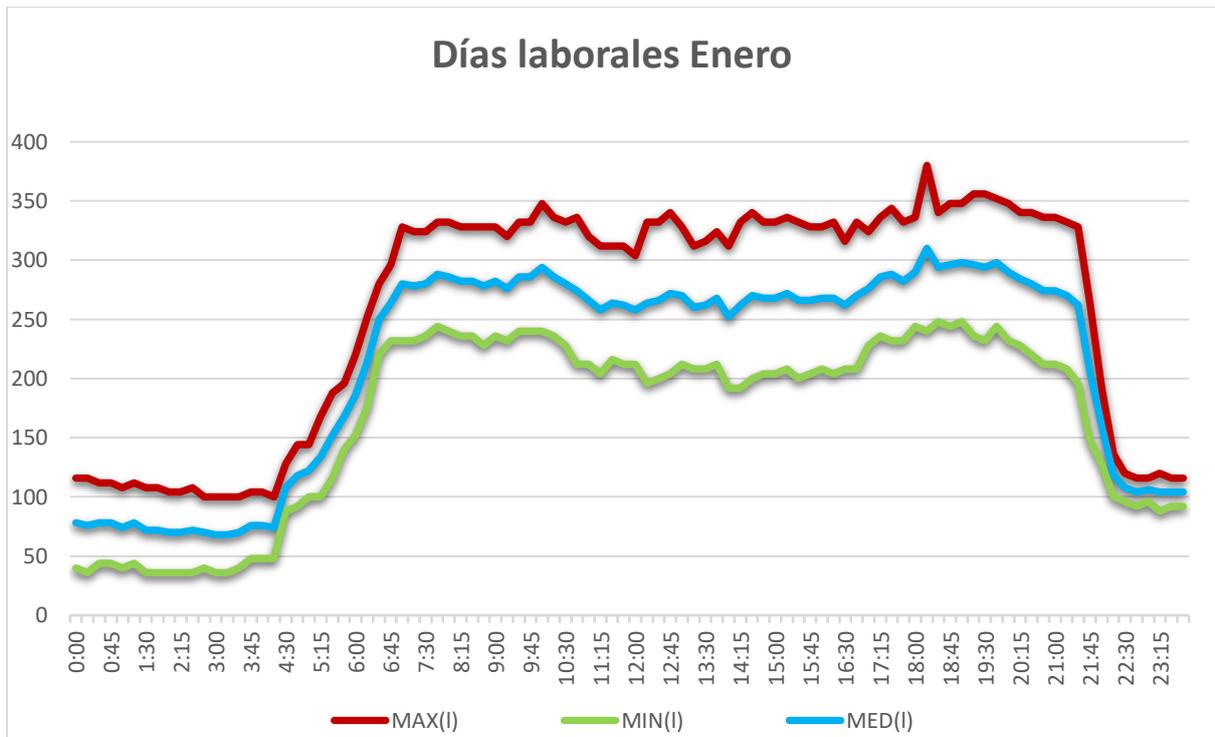


Imagen 12.14. Curvas de carga máxima, media y mínima mes de Enero.

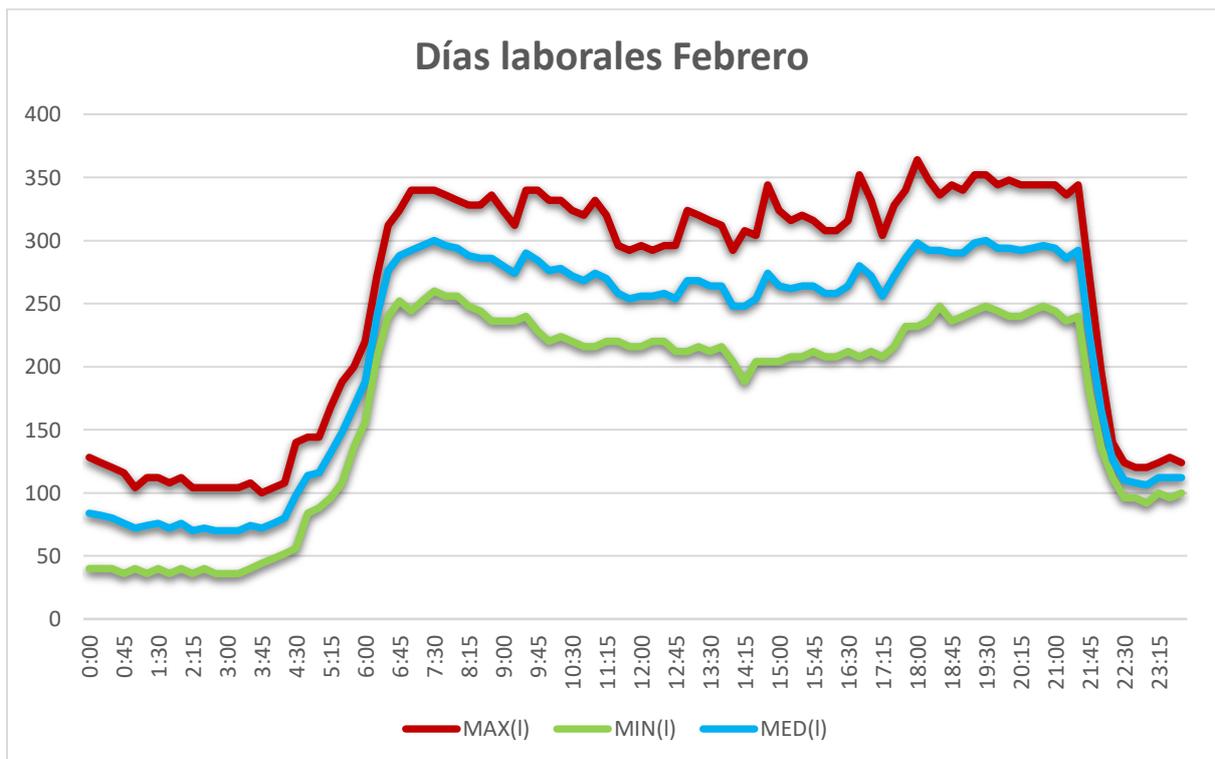


Imagen 12.15. Curvas de carga máxima, media y mínima mes de Febrero.

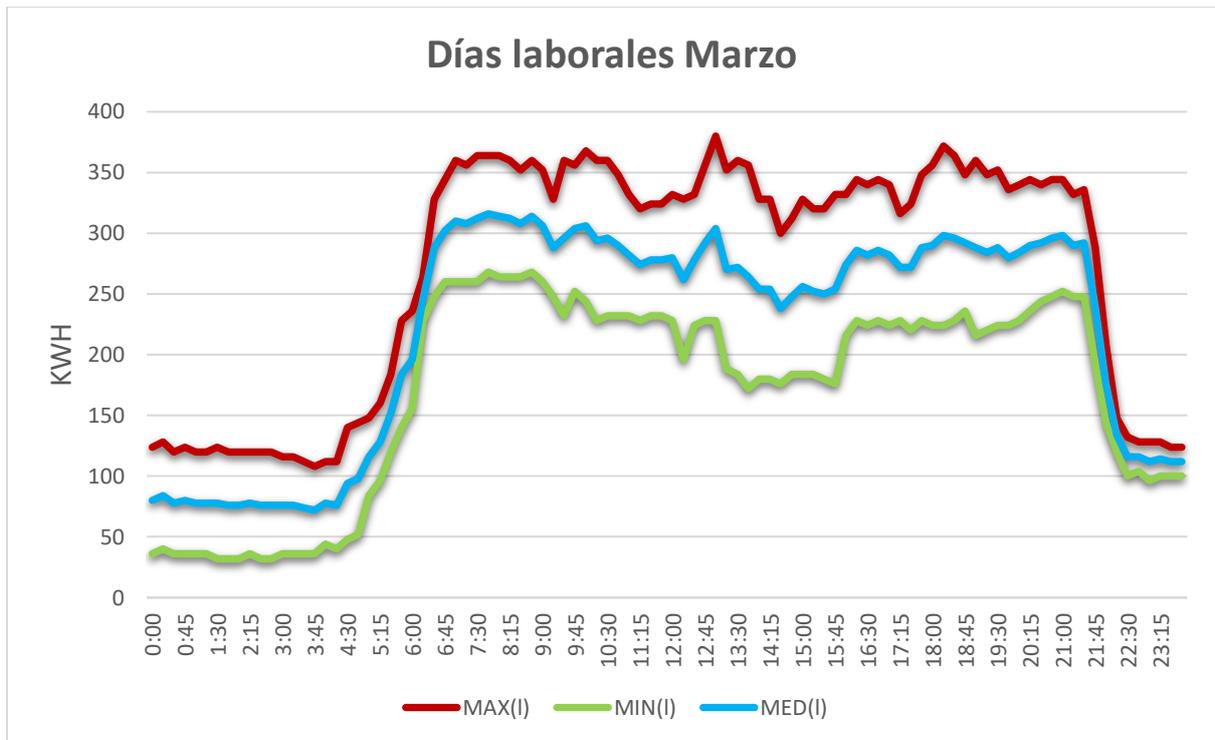


Imagen 12.16. Curvas de carga máxima, media y mínima mes de Marzo.

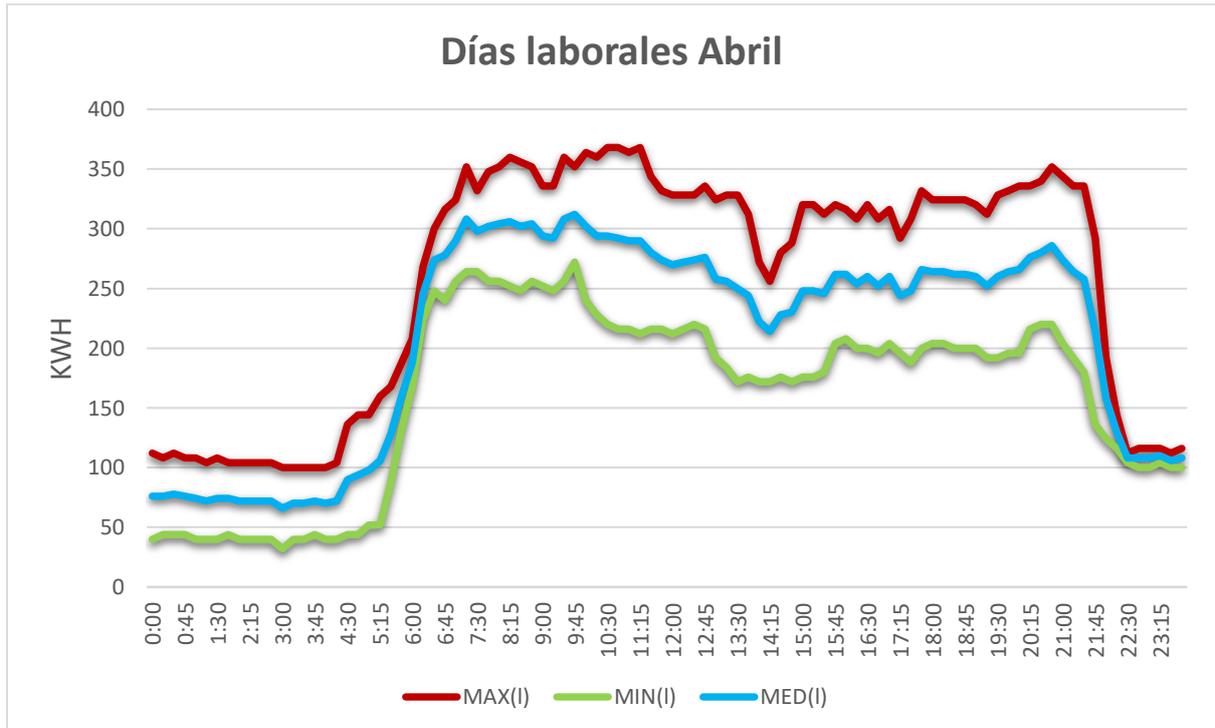


Imagen 12.17. Curvas de carga máxima, media y mínima mes de Abril.

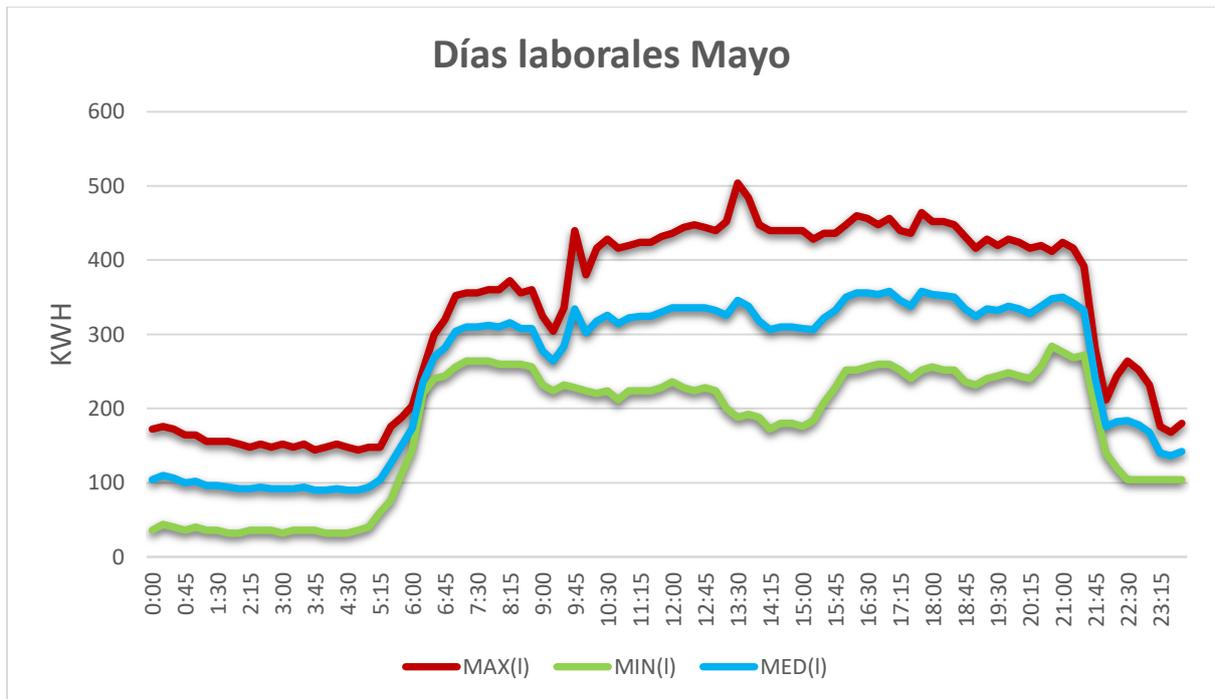


Imagen 12.18 Curvas de carga máxima, media y mínima mes de Mayo.

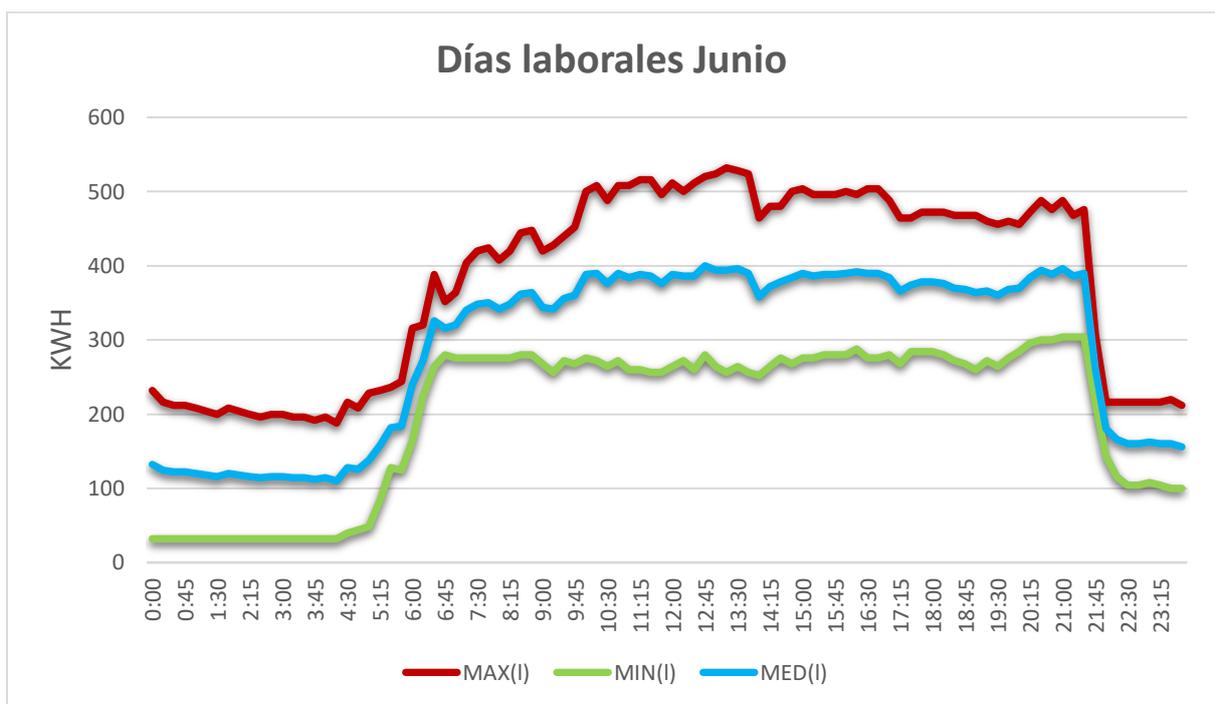


Imagen 12.19. Curvas de carga máxima, media y mínima mes de Junio.

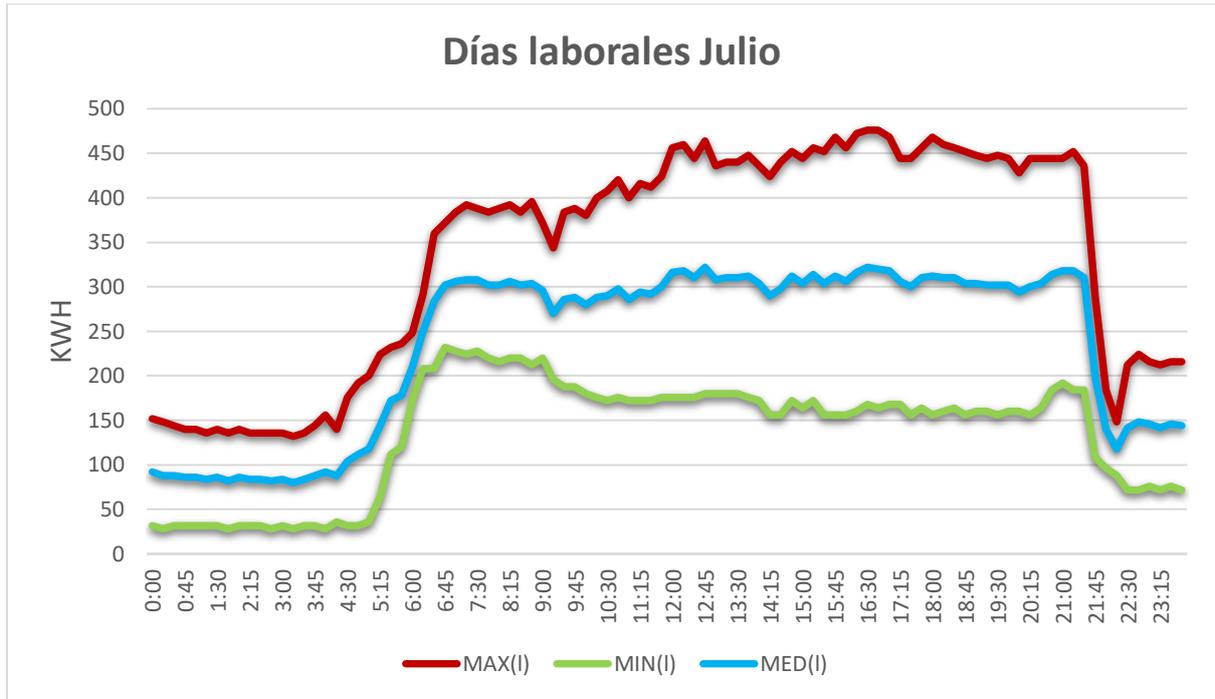


Imagen 12.20. Curvas de carga máxima, media y mínima mes de Julio.

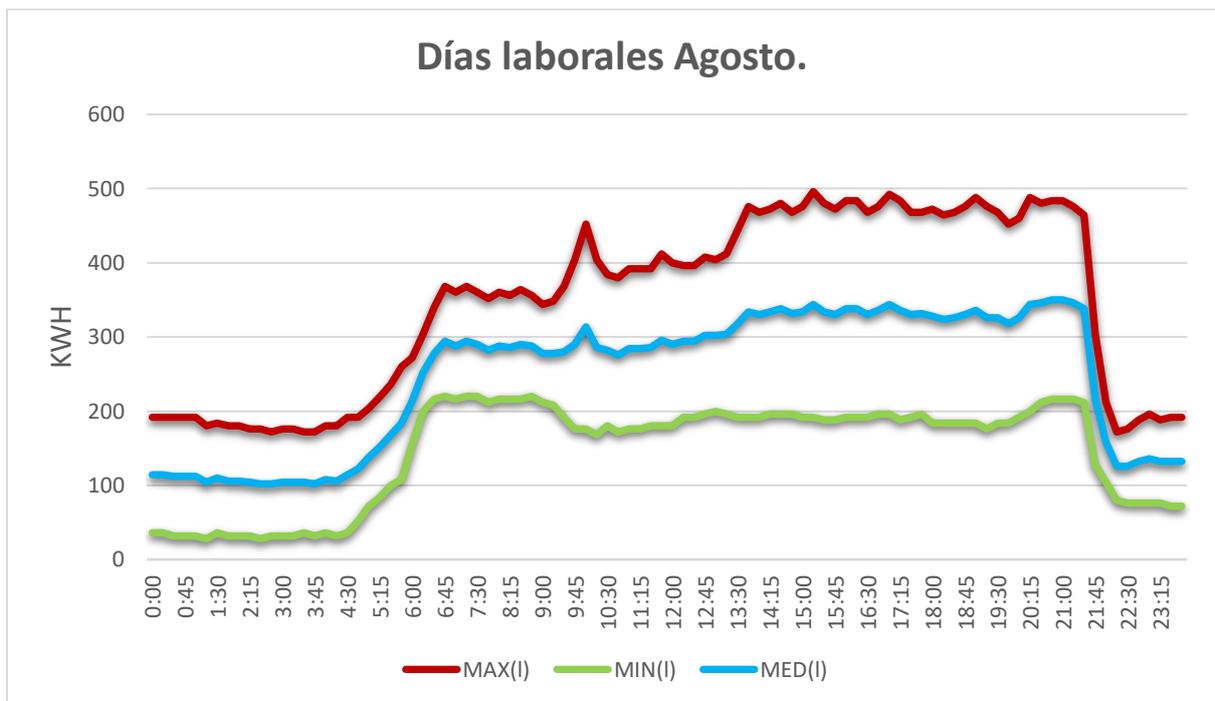


Imagen 12.21. Curvas de carga máxima, media y mínima mes de Agosto.

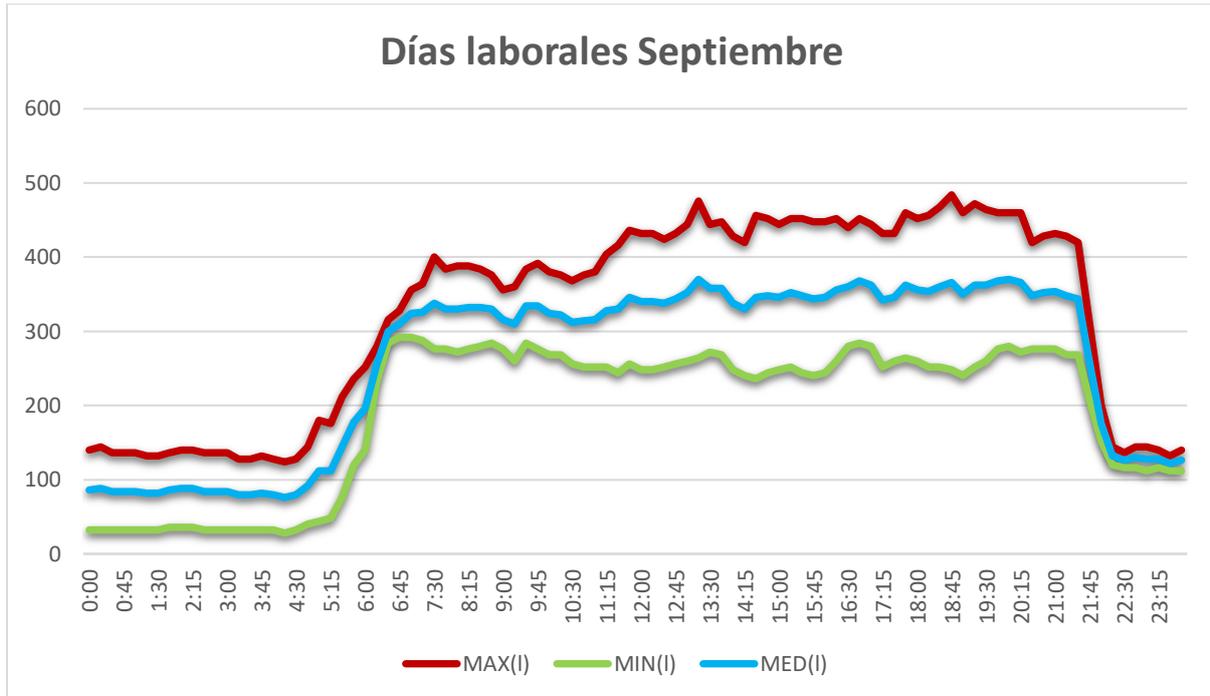


Imagen 12.22. Curvas de carga máxima, media y mínima mes de Septiembre.

A continuación, se muestran las curvas de carga máximas, mínimas y medias en kWh de cada uno de los meses, pero en este caso solo teniendo en cuenta los días festivos.

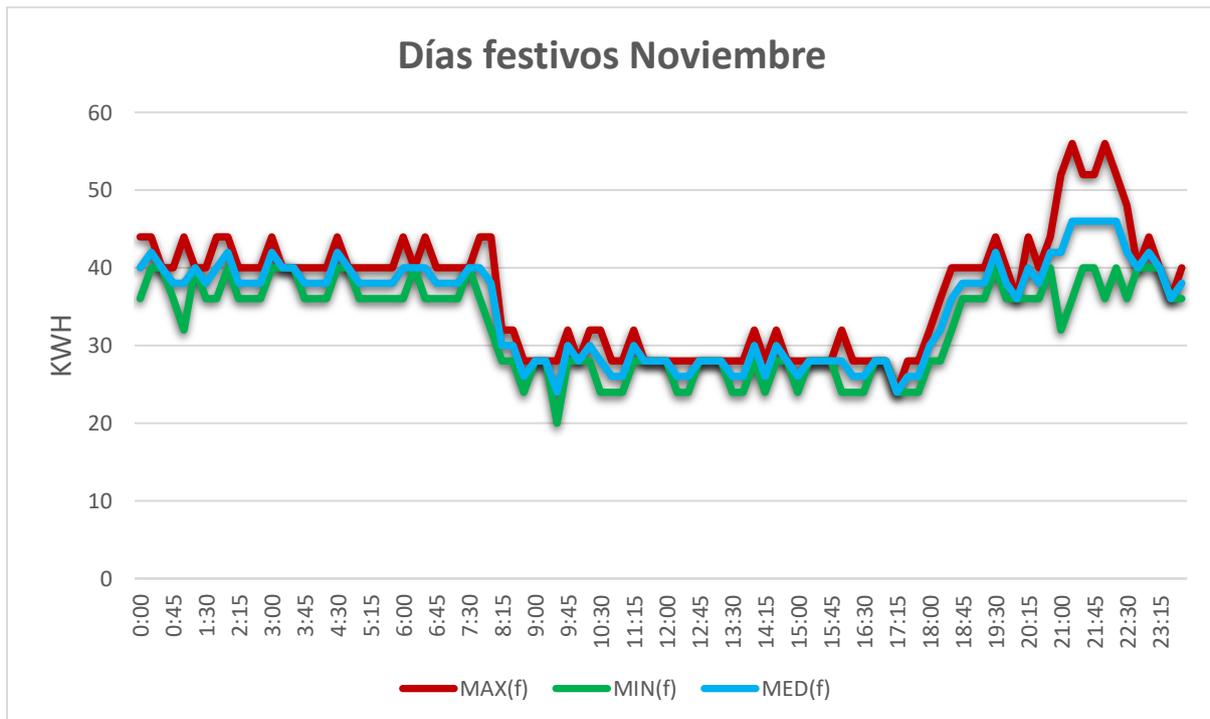


Imagen 12.23. Curvas de carga máxima, media y mínima mes de Noviembre.

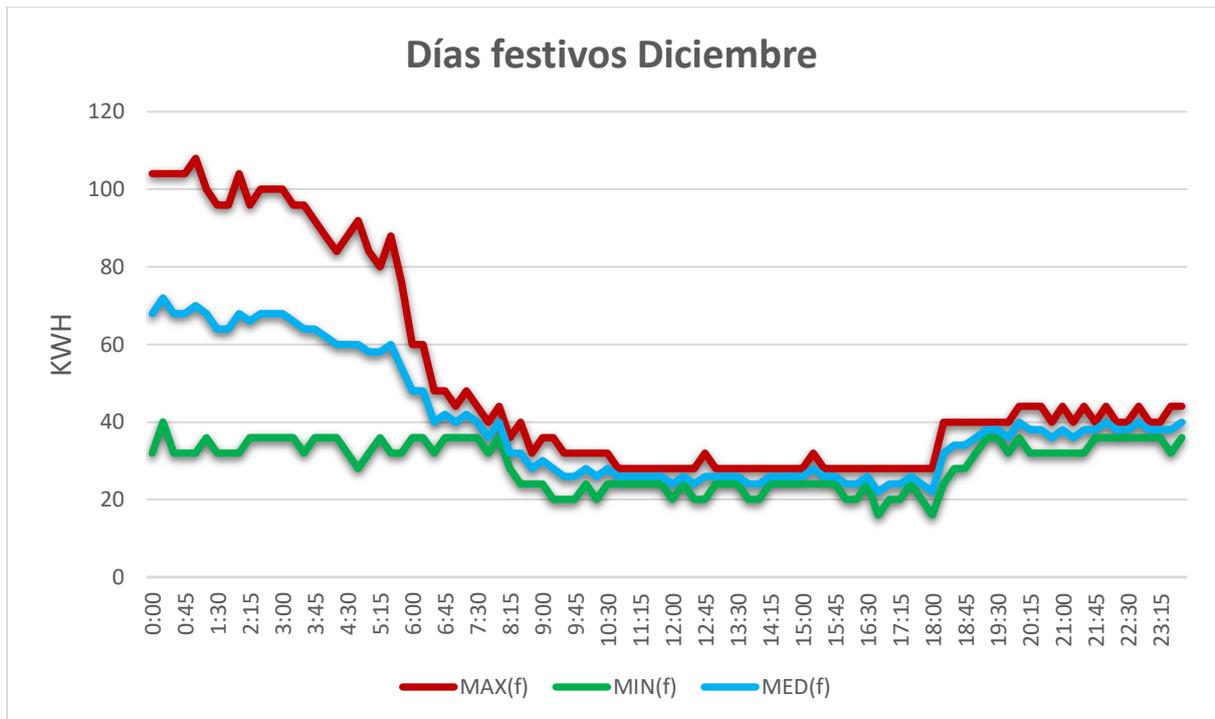


Imagen 12.24. Curvas de carga máxima, media y mínima mes de Diciembre.

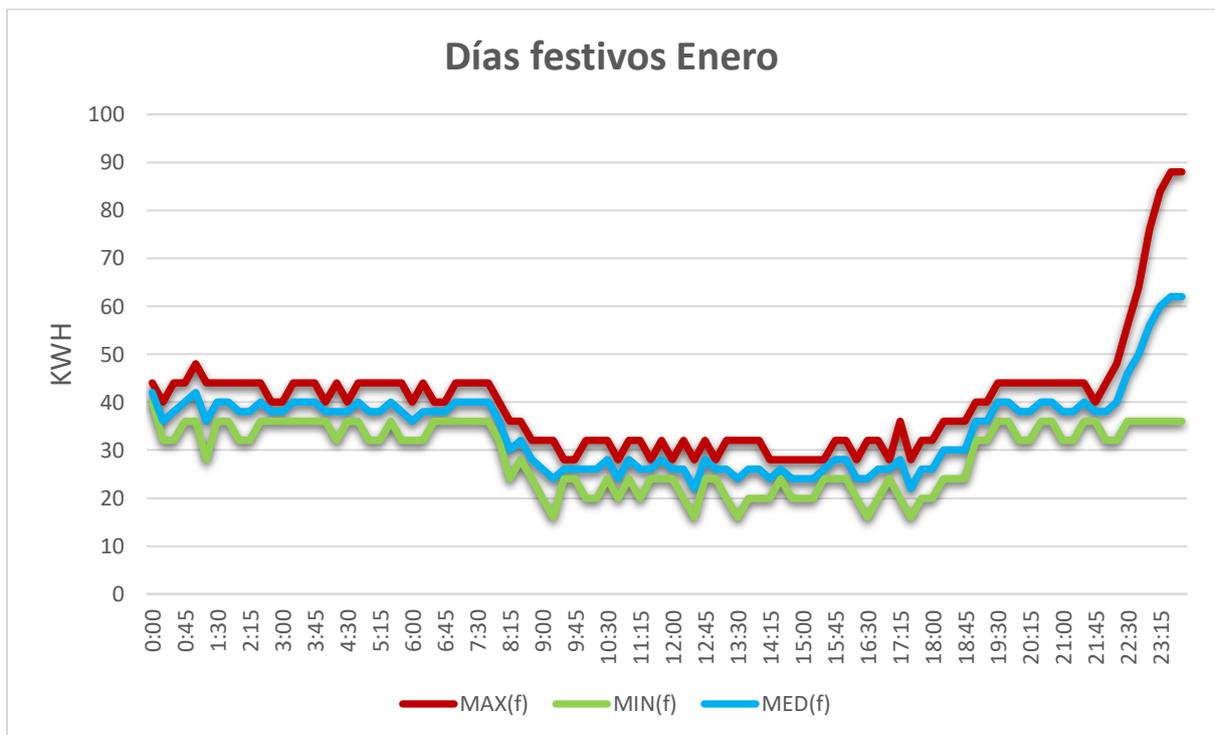


Imagen 12.25. Curvas de carga máxima, media y mínima mes de Enero.

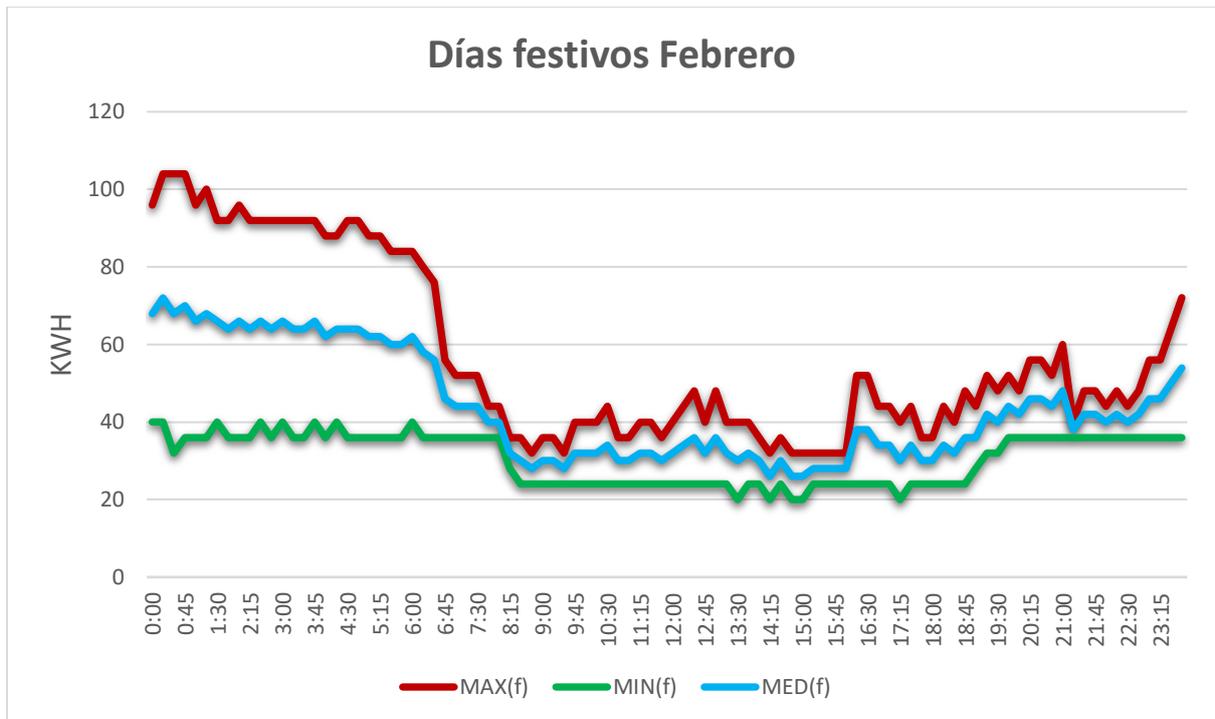


Imagen 12.26. Curvas de carga máxima, media y mínima mes de Febrero.

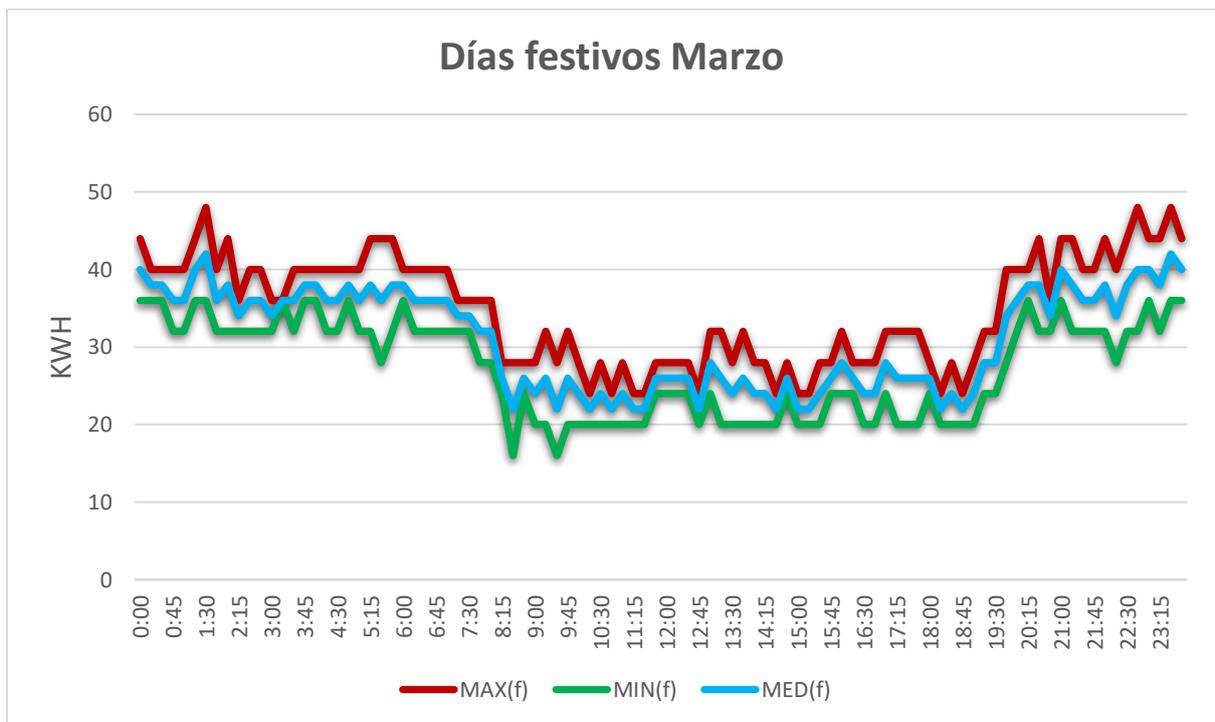


Imagen 12.27. Curvas de carga máxima, media y mínima mes de Marzo.

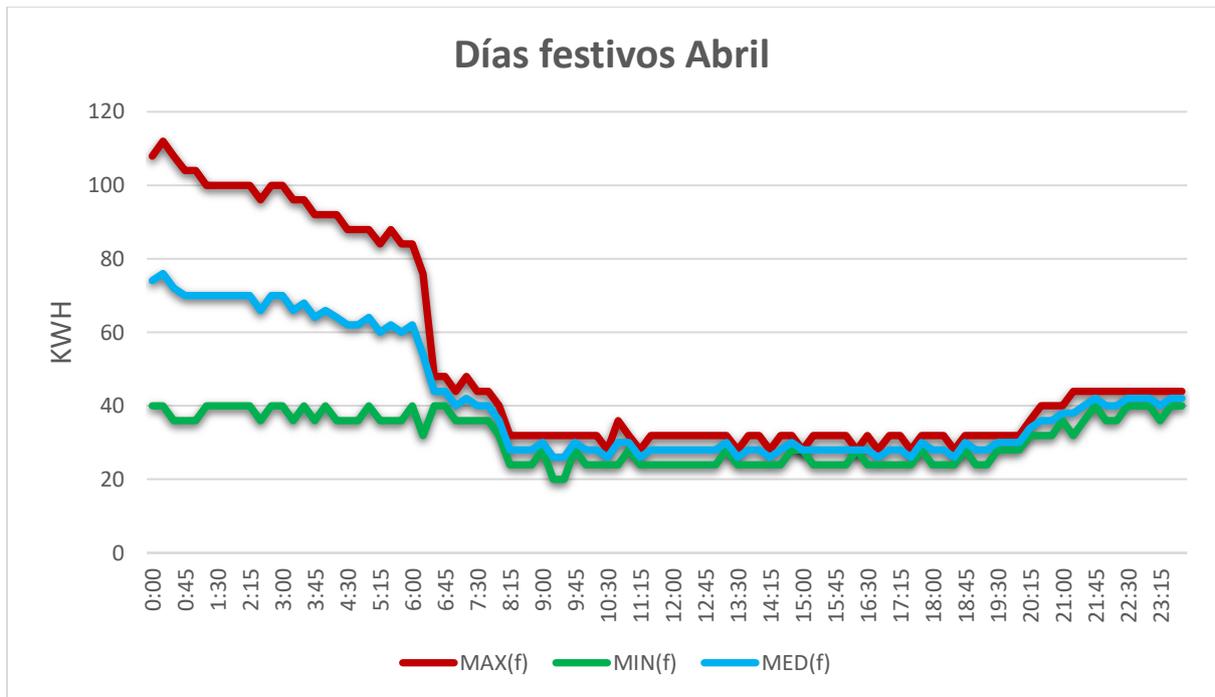


Imagen 12.28. Curvas de carga máxima, media y mínima mes de Abril.

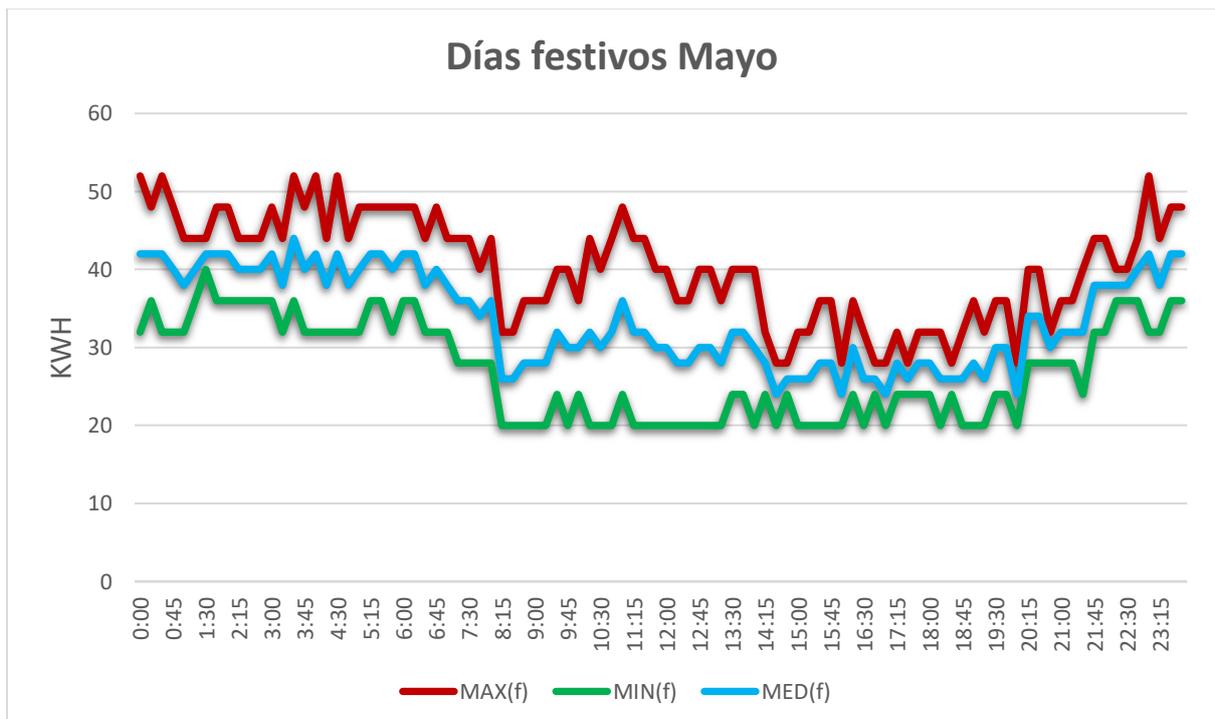


Imagen 12.29. Curvas de carga máxima, media y mínima mes de Mayo.

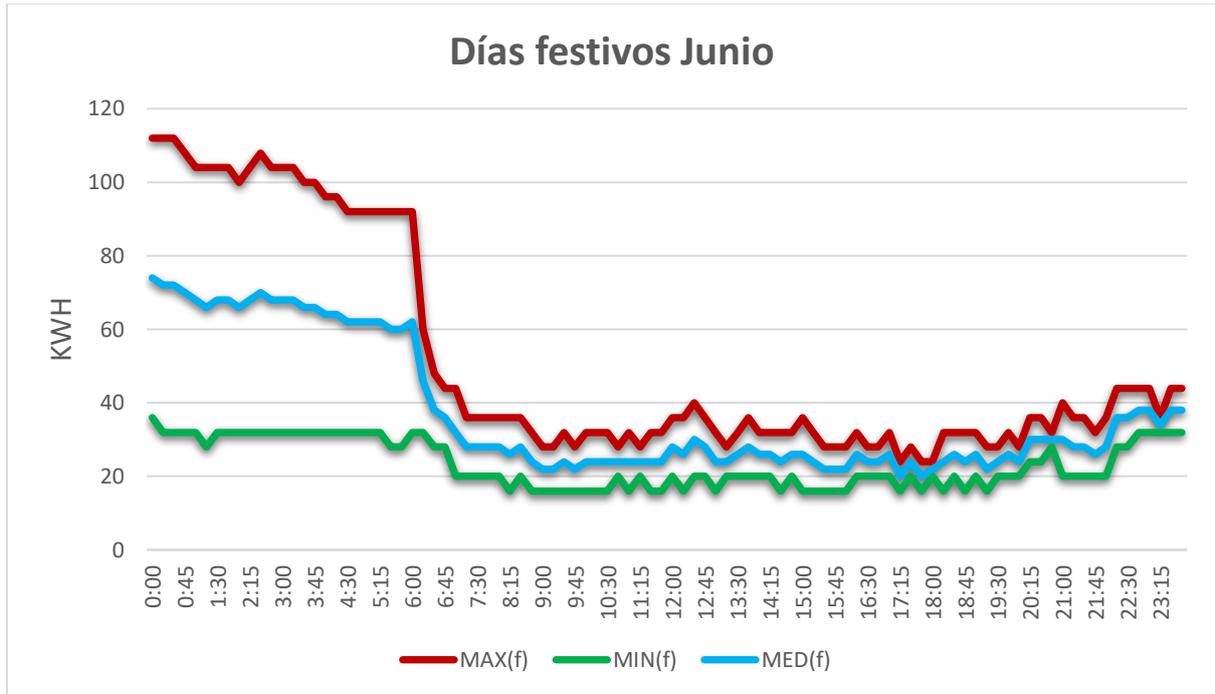


Imagen 12.30. Curvas de carga máxima, media y mínima mes de Junio.

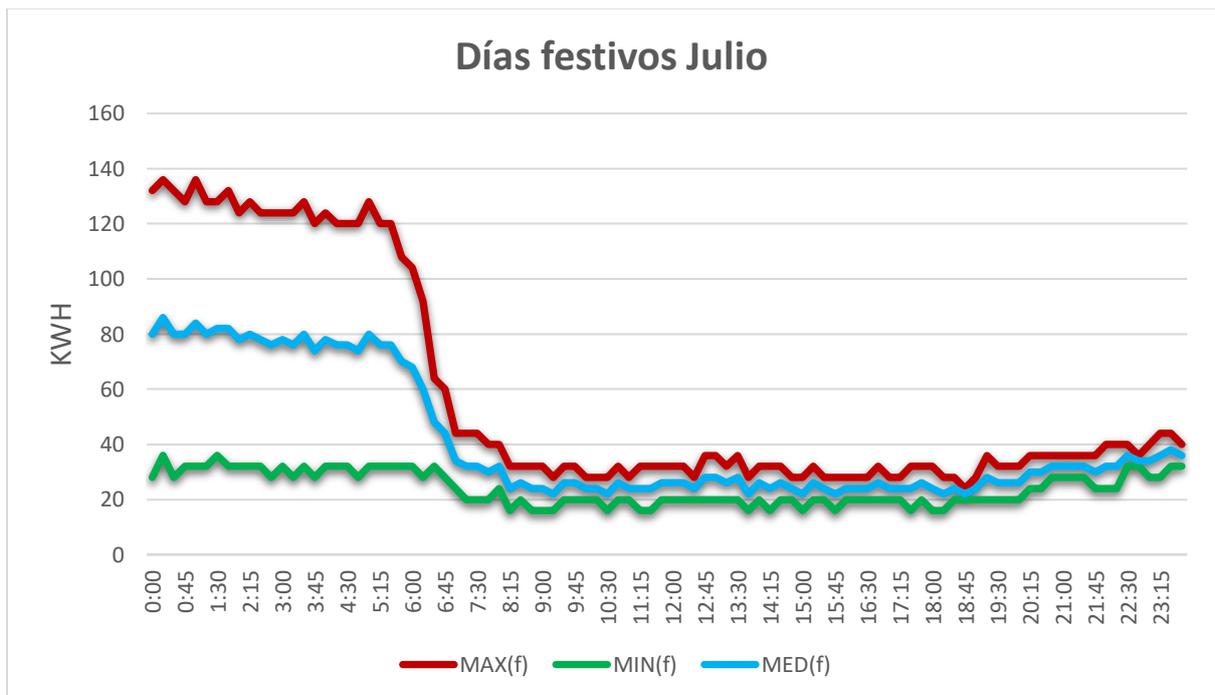


Imagen 12.31. Curvas de carga máxima, media y mínima mes de Julio.

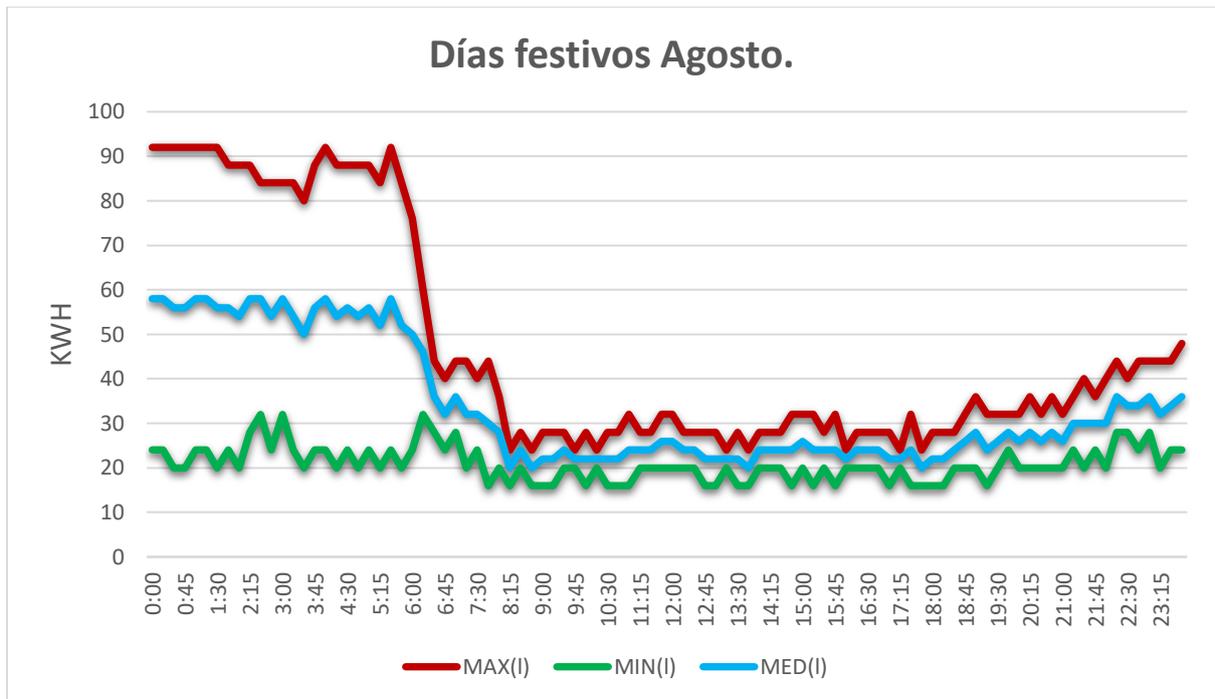


Imagen 12.32. Curvas de carga máxima, media y mínima mes de Agosto.

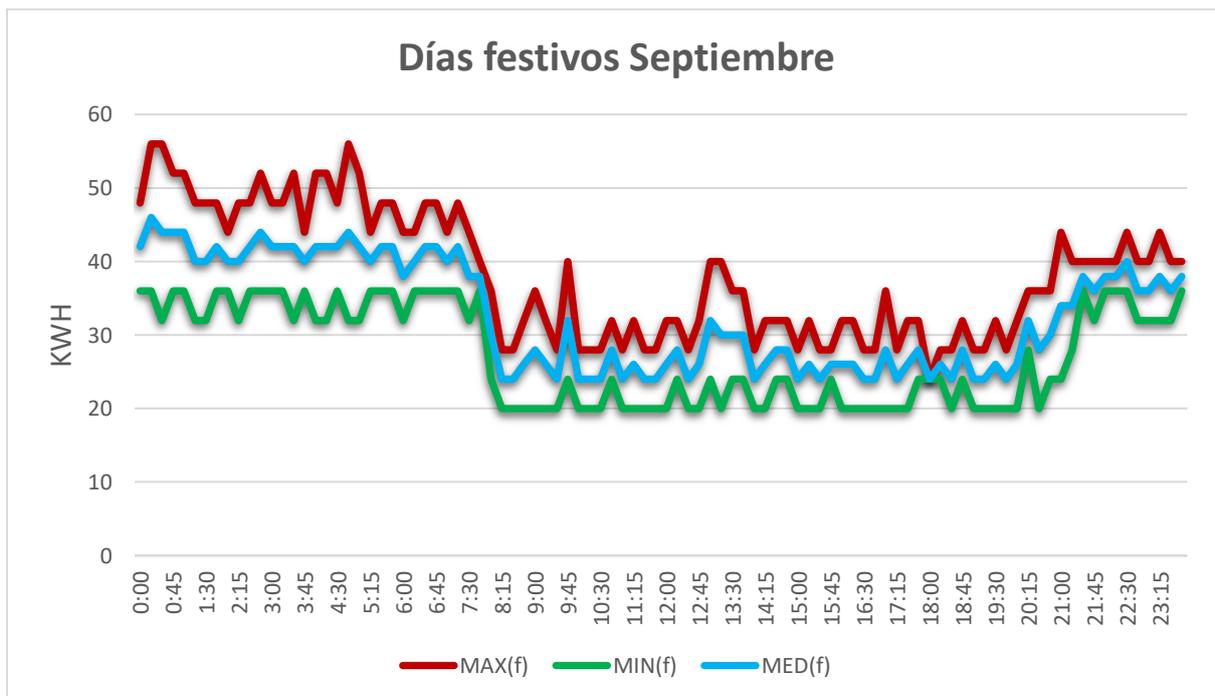


Imagen 12.33. Curvas de carga máxima, media y mínima mes de Septiembre.