UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA
DE MINAS Y ENERGÍA

Trabajo Fin de Grado

AUDITORÍA ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO TERCIARIO

Energy Audit of a Tertiary Building

Para acceder al título de:

Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos

Autor: Miriam Martínez Gómez
Director: Juan Carcedo Haya
Convocatoria: Julio 2023

ÍNDICE DE CONTENIDOS.

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES. 5
ÍNDICE DE GRÁFICOS. 8
ÍNDICE DE TABLAS. 9
1. INTRODUCCIÓN. 10
1.1. INTRODUCCIÓN A LA AUDITORÍA ENERGÉTICA. 10
1.2. CONTEXTO ENERGÉTICO. 10
1.2.1. Situación Energética Global. 10
1.2.2. Situación Energética en España. 11
1.2.3. Situación Energética del Sector Educativo. 12
2. OBJETO Y ALCANCE. 14
2.1. OBJETO DE LA AUDITORÍA. 14
2.2. ALCANCE DE LA AUDITORÍA. 14
3. ESTADO DEL ARTE. 15
3.1. ESTUDIO TEÓRICO. 15
3.1.1. Auditorías energéticas. 15
3.1.2. Proceso y fases de una auditoría energética. 17
3.1.3. Materiales necesarios en una auditoría energética. 22
3.1.4. Competencias de los auditores energéticos. 30
3.2. NORMATIVA APLICABLE. 33
3.2.1. Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía. 33
3.2.2. Norma UNE-EN 16247:2023, de Auditorías Energéticas. 34
3.2.3. Norma UNE-EN ISO 50.001:2018, Sistemas de gestión de la energía. 35
3.2.4. Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. 36
3.2.5. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. 37
3.2.6. Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11. 37
3.3. METODOLOGÍA A SEGUIR. 38
3.3.1. Generalidades. 39

3.3.2. Estado de las instalaciones. 40
3.3.3. Realización de una contabilidad energética. 43
3.3.4. Análisis de propuestas de mejora. 44
3.3.5. Informe final y resultados. 46
4. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO. 47
4.1. ESPACIOS INTERIORES. 49
4.1.1. Aulas 51
4.1.2. Baños 52
4.1.3. Otros espacios 52
4.2. SISTEMA ELÉCTRICO. 53
4.2.1. Esquema general de la instalación eléctrica. 54
4.3. SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN. 67
4.3.1. Esquema general de la instalación de calefacción. 67
4.4. SISTEMA DE PRODUCCÍON DE AGUA CALIENTE SANITARIA. 73
4.4.1. Esquema general de la instalación de agua caliente sanitaria. 73
5. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL EDIFICIO. 76
5.1. CONSUMO DE ELECTRICIDAD 76
5.1.1. Facturación eléctrica. 76
5.1.2. Tarifa eléctrica. 81
5.1.3. Consumo energía. 84
5.1.4. Potencia contratada. 89
5.1.5. Gasto eléctrico. 94
5.2. CONSUMO DE GAS NATURAL. 99
5.2.1. Facturación suministro de Gas Natural. 99
5.2.2. Tarifa de Acceso. 105
5.2.3. Consumo de energía. 106
5.2.4. Coste suministro de Gas Natural. 109
6. MEDIDAS DE MEJORA PROPUESTAS. 118
6.1. IMPLEMENTACIÓN DE UNAS PRÁCTICAS DE USO EFICIENTE DEL EDIFICIO. 118
6.1.1. Ahorrar en iluminación. 118
6.1.2. Ahorrar energía en equipamientos. 119
6.1.3. Ahorrar en climatización. 120
6.2. MONITORIZACIÓN DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS EXTERIORES. 120
6.2.1. Factores Principales de Valoración. 121

6.2.2. Estaciones meteorológicas DAVIS VANTAGE PRO2. 122
6.2.3. Estación meteorológica LAMBRECHT ALL-IN-ONE. 125
6.2.4. Estación meteorológica ATMOS 41. 127
6.3. MONITORIZACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD Y CONFORT INTERIORES. . 129
6.3.1. Métodos de medición y monitorización. 129
6.3.2. Parámetros que determinan la calidad del Aire Interior. 130
6.3.3. Valores de referencia de la calidad del Aire Interior. 132
6.3.4. Dispositivos de monitorización de calidad del Aire Interior. 133
6.3.5. Medidor de calidad de aire interior PCE-AQD 50-ICA..... 134
6.3.6. Medidor de calidad de aire interior Testo 160 IAQ. 136
6.3.7. Medidor de calidad de aire interior Nanoenvi IAQ. 137
6.4. PRESENTACIÓN DE PARÁMETROS AMBIENTALES EN LAS ZONAS COMUNES. 139
6.4.1. Características de las Pantallas LED. 140
6.4.2. Pantalla LED P3. 141
6.4.3. Pantalla VISUAL LED. 142
6.5. REGULACIÓN DE LA CALDERA. 143
6.5.1. Tipos de sistemas de regulación y control de la caldera. 144
6.5.2. Controlador de calefacción Siemens RVL480. 148
6.5.3. Controlador de calefacción Baxi Elfatherm E8.0631. 150
6.6. REGULACIÓN DE LOS RADIADORES. 152
6.6.1. Tipos de válvulas de regulación de los radiadores. 153
6.6.2. Características de las válvulas termostáticas. 154
6.6.3. Válvula termostática Harmony Orkli. 155
6.6.4. Válvula termostática inteligente Tuya. 156
6.6.5. Válvula termostática inteligente SPC VESTA. 158
7. RESULTADOS Y CONCLUSIONES. 159
7.1. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA. 159
7.2. CONCLUSIONES..... 160
8. BIBLIOGRAFÍA..... 162
8.1. REFERENCIAS GENERALES. 162
8.2. REFERENCIAS ESPECIFICAS. 162

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1: Imagen de un analizador de redes. 23
Ilustración 2: Imagen de unas pinzas amperimétricas. 24
Ilustración 3: Imagen de una cámara termográfica. 24
Ilustración 4: Imagen de un analizador de combustión. 25
Ilustración 5: Imagen de un luxómetro. 26
Ilustración 6: Imagen de un termohigrómetro. 27
Ilustración 7: Imagen de un medidor de la calidad del aire. 27
Ilustración 8: Imagen de un anemómetro de hilo caliente. 28
Ilustración 9: Imagen de un manómetro mecánico portátil. 29
Ilustración 10: Imagen de un caudalímetro ultrasónico 30
Ilustración 11: Fragmento de mapa de GoogleMaps.[14] 47
Ilustración 12: Fragmento en relieve del centro educativo en GoogleMaps.[15] 48
Ilustración 13: Centro Integrado de F.P. Número Uno, vista aérea posterior.[17] 49
Ilustración 14: Centro Integrado de F.P. Número Uno, vista aérea frontal.[18] 49
Ilustración 15: Plano planta baja. 50
Ilustración 16: Plano primera planta. 51
Ilustración 17: Fotografía del cuadro eléctrico del centro de transformación. 54
Ilustración 18: Fotografía entrada de la línea al centro de transformación. 54
Ilustración 19: Celdas de media tensión. 55
Ilustración 20: Fotografía del borne del primario. 56
Ilustración 21: Fotografía bornes del secundario. 56
Ilustración 22: Ilustración del transformador.[19] 57
Ilustración 23: Fotografía de la placa de características del transformador. 57
Ilustración 24: Fotografía de las celdas de baja tensión. 58
Ilustración 25: Fotografía del medidor de energía eléctrica. 59
Ilustración 26: Fotografía de los transformadores de medida. 59
Ilustración 27: Fotografía de las protecciones a tierra. 60
Ilustración 28: Fotografía de las líneas salientes del centro de transformación. 60
Ilustración 29: Fotografía de la caja general de protección del instituto. 61
Ilustración 30: Fotografía del embarrado del cuarto de distribución y conexiones. 61
Ilustración 31: Fotografía armario eléctrico zona superior. 62

Ilustración 32: Fotografía armario eléctrico zona intermedia. 62
Ilustración 33: Fotografía armario eléctrico zona intermedia. 62
Ilustración 34: Fotografía armario eléctrico zona inferior. 63
Ilustración 35: Fotografía armario comunicaciones zona superior. 63
Ilustración 36: Fotografía armario comunicaciones zona intermedia. 63
Ilustración 37: Fotografía armario comunicaciones zona inferior. 64
Ilustración 38: Fotografía cuadro eléctrico de instalaciones singulares. 64
Ilustración 39: Fotografía esquema unifilar de instalaciones singulares. 65
Ilustración 40: Fotografía cuadro eléctrico instalaciones electrotécnicas de interior. .. 65
Ilustración 41: Fotografía cuadro eléctrico instalaciones automatizadas. 66
Ilustración 42: Fotografía cuadro eléctrico de analogía electrónica. 67
Ilustración 43: Fotografía del cuarto de caldera, parte del sistema de calefacción. 68
Ilustración 44: Fotografía de la etiqueta de características del quemador. 69
Ilustración 45: Fotografía del panel de la caldera de gas. 69
Ilustración 46: Fotografía de la bomba de impulsión. 70
Ilustración 47: Fotografía del vaso de expansión. 71
Ilustración 48: Fotografía del contador de gas. 71
Ilustración 49: Fotografía del detector de fugas de gas. 72
Ilustración 50: Fotografía del programador de la caldera. 72
Ilustración 51: Fotografía de un radiador Xian-700 de 10 elementos. 73
Ilustración 52: Fotografía del cuarto de la caldera, parte del sistema de ACS. 74
Ilustración 53: Fotografía del contador de agua. 74
Ilustración 54: Fotografía de los termos eléctricos. 75
Ilustración 55: Factura de electricidad de Febrero 2020. 80
Ilustración 56: Factura eléctrica de Junio 2021. 81
Ilustración 57: Ejemplo Factura de gas Naturgy. 103
Ilustración 58: Ejemplo Factura de gas Aldro. 104
Ilustración 59: Imagen de Davis Vantage Pro2 Plus Inalámbrica Autoaspirada 6163. . 123
Ilustración 60: Imagen de la Estación Lambrecht All-in-one. 126
Ilustración 61: Imagen de la estación meteorológica ATMOS 41 y el registrador ZL6. 127
Ilustración 62: Imagen de la estación meteorológica ATMOS 41. 128
Ilustración 63: Imagen del medidor de calidad de aire PCE-AQD 50-ICA. 135
Ilustración 64: Imagen del medidor de calidad de aire Testo 160 IAQ. 136
Ilustración 65: Imagen medidor de calidad de aire AQI. 138

Ilustración 66: Imagen de la Pantalla P3 DieCast. 142
Ilustración 67: Imagen de la pantalla VISUAL LED cabinet. 143
Ilustración 68: Imagen del controlador RVL480 de Siemens. 148
Ilustración 69: Imagen de la central Baxi Elfatherm E8.0631. 150
Ilustración 70: Imagen sonda ambiente FBR1. 151
Ilustración 71: Imagen Cabezal termostático Harmony. 156
Ilustración 72: Imagen de la Válvula termostática Wi-Fi inteligente Tuya. 157
Ilustración 73: Imagen del Vesta Starter Kit de SPC. 158

ÍNDICE DE GRÁFICOS.

Gráfico 1: Consumo mundial de energía primaria en 2020. 11
Gráfico 2: Consumo de energía primaria en España en 2020 12
Gráfico 3: Diagrama de flujo del proceso de auditoría energética.[13] 39
Gráfico 4: Distribución por periodos para la península Tarifa 3.1A.[40] 82
Gráfico 5: Distribución por periodos para la península Tarifa 6.1TD.[40] 84
Gráfico 6: Consumo mensual de energía eléctrica. 85
Gráfico 7: Desglose por periodos del consumo mensual de energía (1er Periodo). 87
Gráfico 8: Desglose por periodos del consumo mensual de energía (2º Periodo). 88
Gráfico 9: Registro de bonificaciones y penalizaciones económicas (Antigua Tarifa). .. 90
Gráfico 10: Importes asociados a los conceptos de potencia (Nueva Tarifa). 91
Gráfico 11: Desglose por periodos de las potencias contradas (Antigua Tarifa). 92
Gráfico 12: Desglose por periodos de las potencias contradas (Nueva Tarifa). 93
Gráfico 13: Importes totales mensuales de la facturación eléctrica. 94
Gráfico 14: Desglose mensual del importe total en sus componentes (1er Periodo)..... 96
Gráfico 15: Peso anual de los componentes del importe total eléctrico (1er Periodo). . 97
Gráfico 16: Desglose mensual del importe total en sus componentes (2º Periodo). 98
Gráfico 17: Peso anual de los componentes del importe total eléctrico (2º Periodo)... 99
Gráfico 18: Consumo energético mensual de gas natural (Naturgy). 108
Gráfico 19: Consumo energético mensual de gas natural (Aldro). 109
Gráfico 20: Importes totales mensuales de la facturación Naturgy. 111
Gráfico 21: Importes totales mensuales de la facturación Aldro. 112
Gráfico 22: Desglose mensual del importe final en sus componentes (Naturgy). 113
Gráfico 23: Participación anual de los componentes en el importe final (Naturgy). ... 114
Gráfico 24: Desglose mensual del importe final en sus componentes (Aldro). 116
Gráfico 25: Participación anual de los componentes en el importe final (Aldro). 117

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Ficha técnica del transformador trifásico fuente Cotradis.[20] 58
Tabla 2: Ficha de características técnicas del quemador fuente.[22] 69
Tabla 3: Consumo mensual de energía eléctrica. 86
Tabla 4: Potencias contratadas (Antigua Tarifa). 89
Tabla 5: Potencias contratadas (Nueva Tarifa). 90
Tabla 6: Importes totales mensuales del suministro eléctrico. 94
Tabla 7: Cambio de tarifa del gas natural.[48] 106
Tabla 8: Consumo energético mensual de gas natural. 106
Tabla 9: Importes finales mensuales del suministro de gas natural. 109
Tabla 10: Registro mensual de los importes facturados (Naturgy). 112
Tabla 11: Registro mensual de los importes facturados (Aldro). 114
Tabla 12: Criterios de valoración según la norma UNE 171330.[61] 133
Tabla 13: Equivalencias del selector de la temperatura del cabezal termostático. 155

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. INTRODUCCIÓN A LA AUDITORÍA ENERGÉTICA.

Una auditoría energética consiste en un procedimiento sistemático de análisis cuyo fin es obtener un desglose detallado del perfil de consumo de una instalación que permita determinar y cuantificar las posibilidades de ahorro de energía, la viabilidad económica de las diferentes alternativas y la elaboración de un informe final que facilite la adopción de decisiones de inversión.

Para conocer la situación energética actual del edificio se debe realizar un inventariado de las principales instalaciones y equipos existentes y también un estudio detallado de los principales parámetros energéticos. De este modo, se conseguirá analizar y detectar las posibilidades de optimización del suministro energético y proponer mejoras mediante una evaluación técnica y económica.

A través de esta auditoría se identifican y valoran los posibles factores que afectan al consumo energético, determinando las posibilidades de ahorro desde el punto de vista técnico, económico y de actuación.

Posteriormente, se obtiene un informe técnico en el que se recogen las medidas adecuadas para realizar una gestión y uso apropiado de la energía, así como las alternativas de mejora mediante inversión y su rentabilidad en el tiempo.

1.2. CONTEXTO ENERGÉTICO.

1.2.1. Situación Energética Global.

Tomando los datos recogidos en el informe anual de bp Statistical Review of World Energy 2021, la energía primaria a nivel mundial que se consume está basada principalmente en el petróleo (31,2%), carbón (27,2%) y gas (24,7%). En menor proporción se basa en las energías renovables (12,6%) y en la nuclear (4,3%). En conjunto, el uso de combustibles fósiles representa el 84,7% del total de energía primaria consumida a nivel mundial lo que supone una gran dependencia de los recursos no renovables y que más emisiones de gases invernadero generan.[1]

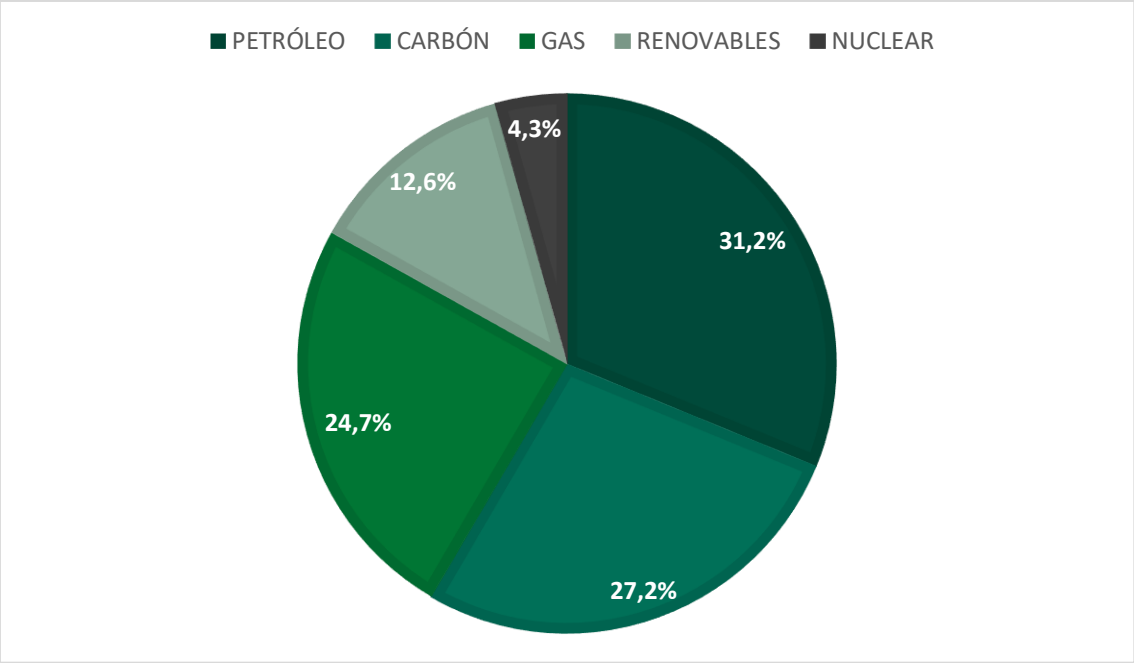


Gráfico 1: Consumo mundial de energía primaria en 2020.

La última década ha estado marcada por un alto precio de barril de petróleo, lo que ha llevado a un costo mayor de la energía a nivel mundial. Esto ha influido en que otros recursos como el carbón y el gas se han encarecido y ha supuesto un incentivo para que energías que antes parecían ser caras a que ahora se desarrollen a precios más competitivos.

Otro factor importante que considerar ha sido la meta impuesta por los países desarrollados para bajar la emisión de CO2 y la búsqueda de alternativas energéticas debido al agotamiento de recursos como el petróleo, gas y carbón. La situación de Fukushima también sienta un precedente para la generación nuclear como una opción agotada por algunos países que están cerrando este tipo de centrales.

Debido a los factores anteriores, queda de manifiesto que se necesitan otras fuentes energéticas para sustentar el crecimiento económico y suplir la demanda de energía mundial reduciendo la huella de carbono. La alternativa más fomentada por ciertos países desarrollados es la implantación de energías renovables y la investigación de las tecnologías de almacenamiento energético.

1.2.2. Situación Energética en España.

Según el bp Statistical Review of World Energy 2021, en España la energía renovable aumentado durante los últimos años hasta representar el 20,3% del total de energía primaria, lo que las posiciona en tercer lugar, por detrás de los productos petrolíferos (44,4%) y del gas natural (23,5%). Por debajo de las renovables se situaron la nuclear con un 10,4% de participación y el carbón con un 1,4%.[1]

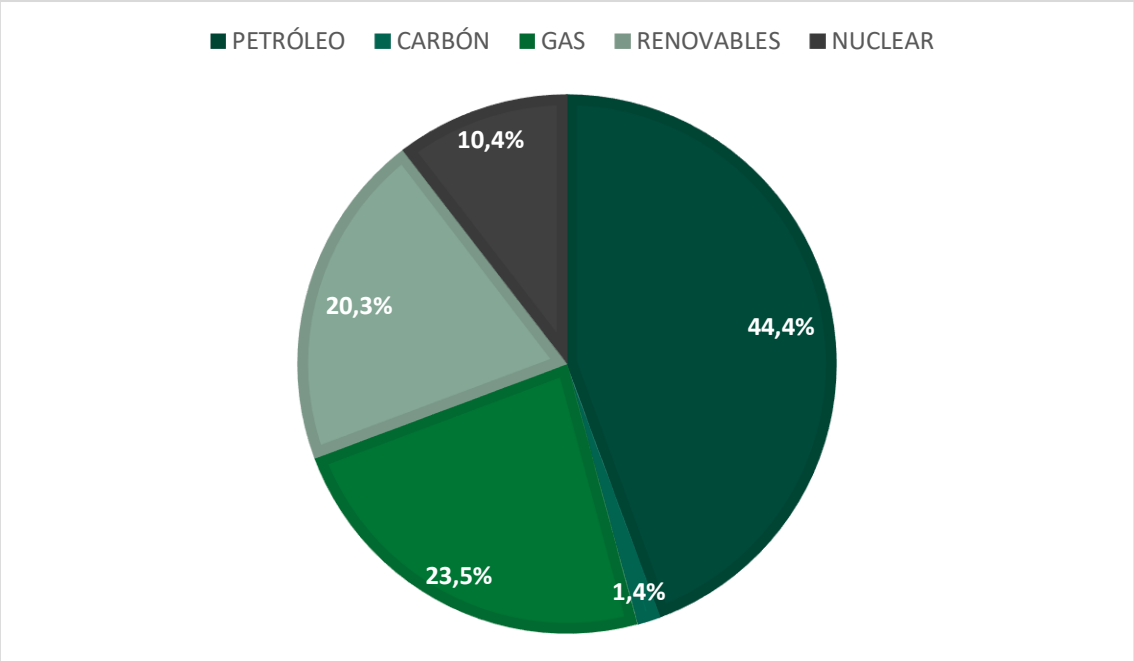


Gráfico 2: Consumo de energía primaria en España en 2020

Las energías renovables tienen una distribución desigual en España. En lo referente al sector eléctrico, nuestro país ha sido un referente en integración de renovables en el sistema eléctrico. A pesar, de que el porcentaje de energías renovables en España es superior al mundial sigue existiendo una gran dependencia de los recursos fósiles especialmente en el sector transporte e industrial.

Por otro lado, en España está contemplado en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) como uno de los objetivos la descarbonización del país. Para cumplir dicho objetivo, se han cerrado diversas centrales termoeléctricas de carbón. También, está previsto el cierre de centrales de generación eléctrica nucleares durante esta década y la siguiente. El consumo del país tiene una tendencia a aumentar, por lo tanto, resulta necesario que los apagones de centrales convencionales se suplan con la instalación de tecnologías renovables y el aumento de la eficiencia energética como viene recogido en el PNIEC.[2]

1.2.3. Situación Energética del Sector Educativo.

Los Centros Docentes se encuentran enmarcados dentro del Sector Terciario, siendo el que menor peso tiene en el consumo de energía. Los edificios destinados a la enseñanza que son susceptibles de una gestión energética son de muy diversos tipos y van desde Centros de Educación superior como Universidades y Escuelas Politécnicas, hasta Guarderías pasando por Institutos y Colegios. Se debe contemplar no sólo la existencia de aulas y zonas de trabajo, sino también la presencia de otro tipo de espacios como pueden ser las zonas comunes, aseos, vestuarios, cafeterías, instalaciones deportivas, etc.

En el sector de los edificios de uso educativo el consumo de energía primaria se encuentra repartido en porcentajes variables entre la electricidad, los productos petrolíferos, los gases y formas de energía renovable. Los consumos más significativos en este tipo de edificios son fundamentalmente debidos a la climatización, la iluminación, el agua caliente sanitaria, la ventilación y el equipamiento. No se debe olvidar que los edificios destinados a la educación van a tener un alto grado de ocupación y durante varias horas al día. Es necesario mantener unas exigencias mínimas de confort relativas a la temperatura, humedad y la calidad del aire.

2. OBJETO Y ALCANCE.

2.1. OBJETO DE LA AUDITORÍA.

Este Trabajo de Fin de Grado (TFG) se ha realizado con el objeto de evaluar cómo se consume energía en un edificio terciario dedicado a la docencia situado en la Comunidad Autónoma de Cantabria, facilitando en la medida de lo posible mejorar, por un lado, este consumo energético a través de la eficiencia energética y, por otro lado, aminorar los efectos negativos del cambio climático.

Con la realización de la auditoría energética se pretende conseguir los siguientes objetivos:

- Caracterizar las instalaciones básicas del edificio y su utilización.
- Identificar los consumos más importantes examinando la facturación.
- Estudiar detalladamente los principales consumos energéticos.
- Analizar las posibilidades de optimización de los sistemas energéticos.
- Proponer acciones de mejora mediante una evaluación técnica y económica**.**

2.2. ALCANCE DE LA AUDITORÍA.

El alcance que contempla la presente auditoría se fragmenta en diversos términos que se exponen a continuación:

- Describir el edificio auditado definiendo las características de sus instalaciones y sus modos de uso.
- Realizar un análisis de los suministros energéticos, tanto de energía eléctrica como de los combustibles utilizados.
- Establecer una serie de medidas concretas para monitorizar parámetros necesarios para establecer una línea base.
- Establecer varias medidas básicas y evidentemente necesarias que se puedan aplicar de forma directa.

3. ESTADO DEL ARTE.

3.1. ESTUDIO TEÓRICO.

El Marco Teórico de una auditoría está compuesto por el conjunto de enfoques teóricos, investigaciones y antecedentes que se consideran válidos para el enmarque correcto de la investigación o estudio que se pretende efectuar. Debe definirse siguiendo la normativa vigente para realizar una correcta exposición y análisis de la teoría específica que sirve como fundamento para explicar los antecedentes e interpretar los resultados.

3.1.1. Auditorías energéticas.

Según la norma UNE EN 16247-1:2023 Auditorías Energéticas, se define como una inspección y análisis sistemático del uso y consumo de energía en un emplazamiento, edificio, sistema u organización con el fin de identificar los flujos de energía y el potencial de mejora de la eficiencia energética.

Otra definición válida, una auditoría energética es todo procedimiento sistemático independiente orientado a obtener conocimientos fiables y adecuados del perfil de consumo de energía existente de un edificio o grupo de edificios, de una instalación u operación industrial o comercial, o de un servicio privado o público, así como para determinar y cuantificar las posibilidades de ahorro de energía o de diversificación energética, a un coste eficiente e informar al respecto de las medidas de mejora y la posibilidad de mejora de la eficiencia energética.

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

De forma más particular se pueden definir que los objetivos específicos de la realización de este tipo de auditorías son [3]:

* Obtener un conocimiento fiable del consumo energético y su coste asociado
* Identificar y caracterizar los factores que afectan al consumo de energía
* Detectar y evaluar las distintas oportunidades de ahorro, mejora de la eficiencia y diversificación energética y su repercusión en coste energético y de mantenimiento.

El alcance técnico de una auditoría energética consiste en definir las instalaciones, servicios y zonas a incluir en la misma, así como la profundidad y nivel de detalle que se desean conseguir. Este alcance debe ser adaptado a las distintas necesidades que el cliente u organización precise pudiendo variar de manera significativa.

Las auditorías energéticas son instrumentos que permiten a las organizaciones conocer su situación respecto al uso de energía, detectando las operaciones dentro de los procesos que pueden contribuir al ahorro y la eficiencia de la energía primaria consumida, así como para optimizar la demanda de energética de la instalación. Por este motivo, han de convertirse en la herramienta fundamental para la penetración de la eficiencia energética en el mercado.[4]

En relación con lo indicado por el Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero los criterios mínimos que deben contener las auditorías energéticas se pueden resumir en los tres siguientes:

- Las auditorías deberán estar basadas en datos operativos actualizados, medidos y verificables, de consumo de energía
- Estos estudios deberán estar fundamentados en el perfil de consumo de energía de los edificios o grupos de edificios, de una instalación u operación industrial o comercial, o de un servicio privado o público, o flotas de vehículos, incluyendo el transporte dentro de las instalaciones.
- Los datos extraídos deben ser suficientemente representativos para poder trazar una imagen fiable del rendimiento energético actual de la empresa y se puedan establecer de manera precisa las oportunidades de mejora más significativas.

Es preciso tener en consideración que las auditorías energéticas se realizan de distinta forma dependiendo del sector en el que se pueda encontrar la organización, así como el país donde se aplique y sus hábitos, siendo precisa una normalización que permita hacer comparables los resultados obtenidos.

Por esta razón, es necesario establecer los requisitos que se deben de tener en cuenta para que, realizada una auditoría energética en distintos tipos de organización, pueda ser comparable y describa los puntos clave donde se puede influir en el aumento de la eficiencia energética, el fomento del ahorro energético y la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Los modelos de auditoría energética son variados dependiendo de las necesidades de consumidor y se puede aplicar en diversos casos como en el proyecto de un edificio, en la ejecución material de una obra, en edificios que estén en servicio, en instalaciones industriales de todo tipo o en el análisis de la problemática energética del transporte.

En España se ha determinado una estandarización, así como una clasificación en lo que se refiere al alcance técnico y los tipos de auditoría energética que son posibles de realizar dividido en cuatro niveles:

* Grado 0: Análisis energético preliminar.

Consiste en una revisión de los consumos energéticos en el que se puede determinar en base a la facturación una visión general del patrón de consumo de energía.

* Grado I: Diagnóstico energético.

Se basa en el análisis de las facturas energéticas como mínimo de un año completo y la revisión de un formulario, con el objetivo principal de identificar Medidas de Ahorro Energético de nulo o bajo coste, realizándose normalmente un inventariado de consumos por grandes centros de carga.

* Grado II: Auditoría energética.

Proporciona un análisis detallado de uso de la energía desglosando las cargas principales e identificando las medidas de ahorro que cumplen los requerimientos del cliente, se elabora un balance energético y realiza un listado de medidas de ahorro energético aportando los costos y beneficios.

* Grado III: Auditoría energética ESE o de inversión.

Está destinada a proyectos de ahorro compartidos o a la sustitución de equipos, proporciona un estudio detallado de las mejoras intensivas en capital, por lo que incluye un estudio financiero detallado, así como presupuestos de equipos e instalaciones.

3.1.2. Proceso y fases de una auditoría energética.

La auditoría energética se debe realizar siguiendo un procedimiento, establecido por la norma UNE-EN 16247-1, que detecte las medidas de mejora, así como los posibles cambios en materia de actuación para poder cubrir las necesidades de eficiencia requeridas, que son:

* La disminución de costes, reduciendo la demanda energética de las instalaciones, aumentando la eficiencia energética y reduciendo los costes operativos.
* La reducción de inversiones, mejorando el mantenimiento de las instalaciones y equipos y además alargando su vida útil.
* La mejora de la imagen global, apostando por técnicas de sostenibilidad y cuidado del medio ambiente.

Este proceso debe de cumplir con los siguientes requisitos para poder hacer frente a la disminución de costes, la reducción de inversiones y la mejora de la imagen:

* Tiene que estar proporcionado al alcance, a los objetivos y al grado de detalle acordados entre el cliente o auditado y el auditor o empresa auditora.
* Ha de ser completo para conseguir definir con exactitud el objeto auditado y la organización en cuestión.
* Tiene que ser totalmente representativo para poder cumplir con el objetivo de recopilar datos fiables y relevantes.
* Debe ser fácilmente trazable para permitir identificar el origen y el procesamiento de los datos.

- Ha de ser totalmente útil, incluyendo un análisis de efectividad de los costes de las oportunidades de ahorro de energía.
- Debe ser verificable para permitir a la organización supervisar los logros en relación con los objetivos marcados para las oportunidades de mejora de la eficiencia energética implementadas.

El proceso de una auditoría energética consta de una serie de pasos como son la planificación, la toma de datos, el análisis de datos, las propuestas de mejoras y la emisión de informe de la auditoría energética y se puede detallar en las siguientes fases [4]:

- Contacto preliminar.

El Auditor o empresa Auditora antes de preparar una propuesta económica a la organización debe planificar los objetivos, necesidades, el alcance, el nivel de detalle, los plazos, los criterios para evaluar las medidas de mejora, la dedicación de recursos de la organización, los horarios de trabajo, los datos necesarios previos al inicio de la auditoría y la posibilidad de realización de mediciones.

En esta fase es imprescindible que el auditor solicite la información acerca del contexto de la auditoría, sobre la reglamentación o las limitaciones que puedan afecten al alcance. Si está incluida en un programa estratégico, solicitar si existe previsión de confeccionar un sistema de gestión de información, que puede ser ambiental, de energía o de otro tipo.

Conocer si se van a realizar cambios en las instalaciones durante la auditoría, así como cualquier idea o restricción referente a las medidas de mejora de la eficiencia. Asimismo, pactar los entregables previstos, el formato del informe y la presentación de este.

Por último, durante esta fase es necesario informar sobre cualquier tipo de instalación o equipamiento especial que sea obligatorio para la elaboración de la auditoría y si tiene algún interés comercial que pueda influir en las conclusiones.

- Reunión inicial.

Es necesaria para informar a todas las partes interesadas acerca de los objetivos, el alcance, los límites y el grado de detalle, así como acordar los aspectos prácticos de esta tales como:

- La designación de una persona responsable máximo por parte de la organización con conocimiento de las instalaciones.
- La garantía de cooperación de todas las partes implicadas de la organización, así como poner en conocimiento del auditor cualquier circunstancia que pueda afectar al consumo durante la auditoría.
- Acordar aspectos como: accesibilidad a instalaciones y equipos, normas de seguridad y prevención, programa de visitas previsto con sus necesidades,

requisitos para mediciones especiales, procedimientos a seguir para la instalación del equipo de medición, etc.
- Solicitar información acerca de contratos de arrendamiento, facturas energéticas, inventariado de equipos, etc.

* Recopilación de datos.

Durante esta fase el auditor debe de poder recopilar toda la información disponible sobre el edificio o lugar a auditar que sea útil para la detección de las mejoras:

- Inventariado energético de sistemas y equipos que utilizan energía con sus características técnicas y todos los factores de ajuste que puedan tener.
- Datos históricos de consumo energético (electricidad, gas, gasóleo, etc.), factores de ajuste, mediciones relacionadas que sean relevantes en años anteriores, horas de funcionamiento de equipos, etc.
- Documentación de diseño de proyectos y planos de arquitectura e instalaciones, funcionamiento y mantenimiento, incluyendo historial de operaciones y eventos pasados que puedan afectar al consumo en el periodo dado, contratos energéticos con precios actuales y futuros.
- El estado del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) existente en la organización.

Toda la recopilación de datos de consumo energético, así como las horas de funcionamiento de equipos que se definan en esta fase proporcionaran una gran ayuda para definir el comportamiento del edificio y de analizar las posibles mejoras.

* Trabajo de campo.

El auditor tras estudiar detenidamente la información recopilada en la fase anterior debe de realizar las siguientes actuaciones durante esta fase:

- Inspeccionar los objetos que se van a auditar, como instalaciones o equipos, evaluando su uso energético y de acuerdo con el objetivo, alcance y grado de detalle acordado.
- Comprender las rutinas de funcionamiento, el comportamiento de los usuarios y su impacto en el consumo de energía y la eficiencia energética.
- Identificar medidas de mejora preliminares.
- Detectar los puntos a monitorizar necesarios para realizar en análisis posterior y que ayudaran a cuantificar las inversiones y los ahorros producidos.
- Garantizar que las mediciones y observaciones se realizan de forma fiable y en situaciones representativas del funcionamiento normal, realizando en ocasiones mediciones fuera del horario normal.

En esta fase es fundamental que el auditor disponga de una lista de verificación en la visita a la organización, para revisar cada una de las características del edificio, así como una serie de equipos técnicos específicos para la realización de la toma de datos.

El sistema de automatización del que disponga la organización es una herramienta indispensable para analizar el funcionamiento de un edificio ya que proporciona una gran cantidad de información para el auditor:

- Horas de funcionamiento de equipos.
- Control de horario encendido/ apagado.
- Condiciones ambientales.
- Consignas de temperatura y humedad.
- Curvas de compensación.
- Saltos térmicos en equipos de producción.
- Visualización de consumos.

* Análisis.

Es una parte esencial del proceso de la auditoría, siendo en esta fase el auditor energético el encargado de cumplir una parte fundamental del procedimiento ya que debe de establecer los dos puntos clave para el objetivo de la auditoría, que son establecer la situación de rendimiento energético presente en el centro de enseñanza, y posteriormente identificar racionalmente las oportunidades de mejora energética en base a la situación del rendimiento.

El primer punto es la situación del rendimiento energético existente, que hará referencia a la relación con la cual es posible medir las mejoras, debiendo incluir:

- Desglose de consumo por uso y fuente.
- Los flujos de energía y el balance de energía.
- Un patrón de la demanda de energía a lo largo del tiempo.
- Indicadores de rendimiento energético.

El segundo punto es identificar las oportunidades de mejora energética en base a la situación de rendimiento energético existente. El auditor debe identificar estas oportunidades de mejora evaluando su impacto en base a las siguientes cuestiones:

- El ahorro económico generado por las medidas.
- La inversión necesaria.
- El retorno de la inversión.
- El mantenimiento de las instalaciones y equipos.
- El confort de los usuarios del edificio.

Todas las acciones de ahorro económico deben de ordenarse según los criterios acordados y en general se pueden aplicar múltiples medidas de eficiencia energética que afecten tanto a la reducción de la demanda o una mayor eficiencia en el suministro.

Para conseguir alcanzar los dos puntos anteriores, el auditor durante esa fase debe de:

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

* Informe de auditoría.

Este informe con los resultados de la auditoria debe contener los siguientes datos:

Un resumen ejecutivo que contenga:

- Una clasificación ordenada de las oportunidades de mejora energética.
- El programa de implementación propuesto.

Los antecedentes:

- Información general acerca de la organización auditada.
- Contexto y metodología de la auditoría energética.
- Descripción del objeto u objetos auditados.
- Las normas y reglamentos relevantes.

La auditoría energética:

- Descripción, alcance, objetivo, grado de detalle, plazo y límites.
- Información acerca de la recopilación de datos: instalación de contadores, indicadores acerca de los datos utilizados, copia de datos clave utilizados y certificados de calibración, etc.
- Análisis del consumo energético.
- Criterios según los cuales se ha establecido la clasificación ordenada de las medidas de mejora de la eficiencia energética.

Las Oportunidades de Mejora de la Eficiencia Energética:

- Acciones propuestas, recomendaciones, plan y programa de implementación.
- Suposiciones utilizadas para el cálculo del ahorro y la consiguiente precisión de las recomendaciones.
- Análisis económico adecuado.
- Posibles interacciones con otras recomendaciones propuestas.
- Métodos de medición y verificación que se utilizan para evaluar las oportunidades recomendadas tras su aplicación.

Las conclusiones a las que llega la auditoría:

- Explicación de las conclusiones a las que llega la auditoría.

- Detalle de las conclusiones tanto económico como técnico.

Para conseguir completar esta fase y realizar el informe de los resultados el auditor debe cumplir los siguientes puntos:

- Garantizar que se hayan alcanzado los requisitos acordados.
- Resumir las mediciones relevantes comentando la coherencia y calidad de los datos, el motivo de las mediciones, así como las dificultades halladas durante la recopilación de los datos.
- Indicar si los resultados del análisis se basan en cálculos, simulaciones o estimaciones.
- Indicar los límites de precisión de las estimaciones de ahorro y coste.
- Indicar las oportunidades de mejora de la eficiencia energética por orden.

* Reunión final.

Durante esta reunión final el auditor debe realizar los siguientes pasos:

- Entregar el informe relativo a la auditoría energética.
- Presentar los resultados de la auditoría energética de un modo que facilite la toma de decisiones por parte de la organización.
- Explicar los resultados finales y como se ha llegado a estos.
- Debatir la necesidad de un posible seguimiento.
- Llegar a una conclusión consensuada.

3.1.3. Materiales necesarios en una auditoría energética.

Como se ha mencionado anteriormente, el alcance técnico de una auditoría energética puede variar de forma significativa según las necesidades por lo tanto también es posible que los equipos necesarios para la realización de la auditoría cambien según el nivel exigido.

A continuación, se describen los equipos más relevantes que un auditor debe de utilizar en la etapa de trabajo de campo para realizar la toma de datos de forma completa.

* Analizador de redes.

Es un dispositivo de medida multifunción que mide directamente o calcula los diferentes parámetros eléctricos de una red, normalmente de baja tensión: intensidad, tensión, resistencia, frecuencia, potencia activa y reactiva, factor de potencia, etc.

También mide parámetros de calidad eléctrica como armónicos, asimétricos, etc. Este tipo de instrumento dispone de una memoria para registrar y guardar los parámetros mediante distintas funciones de programación. Otro aspecto que destacar del analizador de redes eléctricas es su pantalla gráfica que permite ver las ondas de las señales eléctricas y las mediciones directamente.

Ilustración 1: Imagen de un analizador de redes.

Este equipo está formado por los siguientes elementos:

- Equipo registrador/analizador.
- Tres pinzas amperimétricas.
- Cuatro pinzas voltimétricas.
- La pantalla gráfica, que puede ser táctil.
- Un disco o una tarjeta de memoria para almacenar datos.
- Un cable para sincronizarlo con el PC.
- El software específico para el tratamiento de los datos.

* Pinzas amperimétricas.

Es una herramienta de medición eléctrica que cuantifica la intensidad de corriente que circula a través de conductores activos sin la necesidad de interrumpir el normal funcionamiento del circuito a medir. Este instrumento permite medir de forma sencilla y rápida la intensidad de corriente circulante tanto en continua o como en alterna.

Además, existe la opción de incorporar a estas pinzas la medición de otra serie de parámetros como la tensión, la capacidad o la resistencia del circuito.

Ilustración 2: Imagen de unas pinzas amperimétricas.

* Cámara termográfica.

Es un equipo que detecta y mide la energía infrarroja de los objetos, siendo capaz de registrar y esquematizar medidas de temperatura sobre distintas áreas. De este modo, permite descubrir las posibles pérdidas térmicas o determinar posibles fuentes de calor. La cámara convierte los datos infrarrojos en una imagen electrónica que muestra la temperatura aparente de la superficie del objeto medido.

Ilustración 3: Imagen de una cámara termográfica.

Es una herramienta de diagnóstico muy valiosa para las inspecciones no invasivas de edificios y puede ser utilizado para desarrollar múltiples acciones beneficiosas para una auditoría energética:

- Comprobar el aislamiento estructural del edificio.
- Encontrar desequilibrios en instalaciones eléctricas como cuadros eléctricos, motores y máquinas de cualquier tipo.
- Localizar fugas de aire y agua en conductos o tuberías.

- Detectar fugas de calor e infiltraciones de aire.
- Visualizar las pérdidas de energía.
- Detectar una falta de aislamiento o un aislamiento defectuoso.
- Encontrar humedad en el aislamiento, en los tejados y muros, tanto en la estructura interior como en la exterior.
- Detectar moho y áreas mal aisladas.
- Localizar puentes térmicos.
- Localizar filtraciones de agua en tejados planos.
- Detectar roturas en tuberías de agua caliente.
- Detectar fallos de construcción.
- Supervisar el secado de edificios.
- Encontrar averías en el tendido eléctrico y en la calefacción central.
- Detectar fallos eléctricos.

* Analizador de combustión.

Es un aparato que examina los gases de combustión, midiendo directamente, o calculando los diferentes parámetros que determinan las características de una combustión en un determinado equipo consumidor de combustible como en calderas, hornos y motores.

Los parámetros más característicos que este equipo puede medir son la concentración de oxígeno, de monóxido de carbono, de óxidos de nitrógeno, de óxidos de azufre, de inquemados sólidos, el tiro de la chimenea y la temperatura del aire ambiente y de los humos. Además, a partir de estas mediciones e indicando el tipo de combustible utilizado puede calcular el porcentaje de dióxido de carbono, el rendimiento de combustión, el índice de exceso de aire o las pérdidas por humos entre otros.

Ilustración 4: Imagen de un analizador de combustión.

* Luxómetro.

Este aparato permite medir la iluminancia o nivel de iluminación (lux) sobre una determinada superficie. Son equipos muy sencillos y ligeros, y están formados por el analizador y la sonda fotosensible.

En espacios interiores el luxómetro mide el nivel de iluminancia de un espacio, es decir, mide la cantidad de energía radiante medida en un plano de trabajo y expresada en lux, debiendo estar este nivel de iluminancia por encima de un mínimo establecido en la norma UNE-EN 12464 en función de la actividad y el tipo de espacio.

La iluminancia es muy dependiente de la orientación del sensor y de la altura a la que se posiciona, la presencia de sombras u otras circunstancias. La incertidumbre de medida es elevada puesto que se suelen obtener grandes diferencias entre las lecturas de distintos aparatos para una misma medición.

Ilustración 5: Imagen de un luxómetro.

* Termohigrómetro.

Este equipo permite conocer los valores de temperatura (ºC) y humedad relativa (%) del ambiente de los espacios tanto interiores como exteriores del edificio que se quiera auditar. Adicionalmente, calcula el punto de rocío y la temperatura de bulbo húmedo.

Ilustración 6: Imagen de un termohigrómetro.

* Medidor de calidad del aire.

Este instrumento es perfecto para supervisar la concentración de dióxido de carbono en empresas, edificios públicos, casas o lugares donde se puedan concentrar las personas. Está demostrado que las altas concentraciones de dióxido de carbono producen síntomas de cansancio, dificultad para la concentración y malestar general y por tanto perdida de rendimiento y capacidades.

Estos equipos suelen medir la proporción de dióxido de carbono lo cual supone una referencia para la ventilación o las infiltraciones. Mayoría de equipos también proporcionan otros parámetros como la cantidad de monóxido de carbono, la temperatura, la humedad relativa y absoluta, el punto de rocío, la razón de mezcla, y el tanto por ciento de aire exterior.

Ilustración 7: Imagen de un medidor de la calidad del aire.

* Anemómetro de hilo caliente.

Esto equipo permite determinar la velocidad del aire y del caudal volumétrico, basándose en la velocimetría térmica, con una resolución espacial y temporal muy alta. Están compuestos principalmente por una sonda, un puente Wheatstone y un sistema electrónico. Son aparatos de pequeño tamaño y pueden introducirse en orificios de un centímetro de diámetro para medir en conducciones.

Ilustración 8: Imagen de un anemómetro de hilo caliente.

* Manómetro y vacuómetro.

Son aparatos utilizados para medir la presión en los fluidos en circuitos cerrados, como agua, aceite o aire, generalmente determinando la diferencia de presión entre el fluido y la presión local. Si es de tipo mecánico su funcionamiento se basa en amplificar la deformación producida por la presión para poder realizar la lectura en una escala graduada a través de una aguja calibrada que se acciona.

Lo que realmente hacen es comparar la presión atmosférica con la de dentro del circuito por donde circula al fluido. Es decir, determinan la presión relativa respecto de la presión atmosférica, que puede ser positiva si se mide por un manómetro, o negativa si se mide con un vacuómetro. En ciertos equipos, se puede realizar ambas medidas llamándose manovacuómetro.

En la actualidad existen este tipo de aparatos que además de la presión relativa también miden la presión absoluta que es la suma de la relativa más la atmosférica y la diferencial entre dos puntos.

Ilustración 9: Imagen de un manómetro mecánico portátil.

* Caudalímetro.

Es un instrumento que se encarga de medir el caudal de líquidos o gases circulantes por una tubería. Generalmente en las auditorías se utilizan más para medir el caudal de agua siendo el más usual el caudalímetro de ultrasonidos, pudiendo ser usados de manera no intrusiva en las paredes de tuberías.

Se utiliza este tipo en particular cuando las instalaciones no tienen colocados previamente caudalímetros fijos para la medición. Son equipos bastante costosos que permiten la medida directa del caudal con una alta precisión sin interrumpir el flujo del fluido. Su funcionamiento se basa en la propagación de ondas de presión, ultrasonidos, que viajan a una determinada velocidad constante y conocida respecto al fluido, al estar este en movimiento se puede utilizar el tiempo de tránsito entre emisor y receptor para deducir el caudal en un conducto.

Necesitan cierta información, como el tipo de fluido, material, diámetro y espesor de la conducción, para la realización de sus cálculos. Requieren que tanto las paredes de la tubería como el líquido permitan la propagación del sonido.

Ilustración 10: Imagen de un caudalímetro ultrasónico

3.1.4. Competencias de los auditores energéticos.

El auditor energético es el encargado de ejecutar, o liderar un equipo de personas que se encarguen de ejecutar, todas las operaciones necesarias para conseguir realizar una auditoría energética.

Las complejidades técnicas que puedan existir en las instalaciones o lugar a auditar, así como la necesidad de manejar equipos de medida y control o de encargarse de la realización de ciertos cálculos, exigen que el auditor sea una persona cualifica y especializada para llegar a ofrecer las soluciones energéticas requeridas.

Esto supone que tanto el auditor como el equipo auditor deben de cumplir con los requisitos y competencias necesarias para que la auditoría realizada cumpla con la normativa pertinente y sea válida a efectos legales.

De acuerdo con el Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero solo los auditores energéticos cualificados podrán realizar las auditorías energéticas. Un auditor energético cualificado deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- Estar en posesión de una titulación universitaria u otras licenciaturas, Grados o Máster universitarios en los que se impartan conocimientos en materia energética.
- Tener los conocimientos teóricos y prácticos sobre auditorías energéticas. En cualquiera de estos dos siguientes casos se debe acreditar además un curso de conocimientos específicos de auditorías energéticas:
  - Un título de FP o certificado de profesionalidad incluido en el Catálogo Nacional de Cualificaciones Profesionales.
  - Tener reconocida una competencia profesional adquirida y reconocida por experiencia, de acuerdo con lo estipulado en el Real Decreto 1224/2009.

Se permite que sean técnicos cualificados de la propia empresa los que la lleven a cabo la auditoría energética, siempre y cuando no tengan relación directa con las actividades auditadas y pertenezcan a un departamento de control interno de dicha empresa. Si la empresa decide realizar la auditoría energética con los auditores propios de la empresa, se debe establecer un órgano de control para garantizar la objetividad de dicha auditoría.[5]

Según la norma UNE 16247-5, un auditor energético debe reunir y se caracteriza por aportar a la auditoría las siguientes cualidades:

- Ser competente: El auditor debe de estar adecuadamente cualificado de acuerdo con las directrices y recomendaciones locales y debe de tener experiencia en el tipo de trabajo que se realiza y para el alcance, objetivo y grado de detalle que se acuerde con la organización.
- Tener confidencialidad: El auditor debe tratar como confidencial toda la información que la organización le proporcione o que le sea dada a conocer durante la realización de la auditoría energética.
- Ser objetivo: El auditor debe considerar primordiales los intereses de la organización y debe actuar de forma objetiva. Debe garantizar que los objetivos de competencia, confidencialidad y objetividad se aplican a sus subcontratistas.
- Tener transparencia: Si el auditor tuviera alguna implicación en los objetivos empresariales de la organización, así como en los productos, procesos o comercialización que pudiera entrar en conflicto con la auditoría energética, debe de dar a conocer dicho conflicto de interés de la forma más transparente posible.
- Ser flexible: En todos los tipos de proyectos y en especial en las auditorías energéticas es necesario adaptar las necesidades de la organización al plan de gestión de las actuaciones de la auditoría, por ese motivo el auditor debe de tener una gran capacidad de adaptación, siendo capaz de diferenciar las posibles necesidades energéticas de cada tipo de organización.

Todas las tareas que el auditor energético realice deben seguir los principios y la metodología en el ámbito de la auditoría energética de acuerdo con la norma UNE-EN 16247 en concreto con la parte 5 de esta norma la cual está dedicada a los auditores.

El auditor además de adquirir las competencias anteriormente citadas debe de tener conocimientos amplios sobre los siguientes puntos:

- Leyes, política, normativa y regulaciones referentes a la organización y al ámbito local que lo rodea.
- Principios físicos relacionado con la energía (térmica, eléctrica, termodinámica, mecánica de fluidos, transferencia térmica, etc.).
- Procedimientos, actividades, usos de la energía y tecnologías relacionadas con el sector de la auditoría energética.

- Debe de conocer el equipo de medición, así como el suministro de energía incluido la disponibilidad de fuentes u operadores de energía y producción.
- Métodos de análisis, presentación y redacción de informes.
- Oportunidades para la mejora de la eficiencia energética y posibles soluciones alternativas para su implementación.

Además, debe de disponer de una serie de habilidades especialmente importantes que le consigan completar como profesional y especialista del sector:

- Gran capacidad de comunicación, siendo capaz de articular conceptos e ideas adaptadas a cada necesidad que la organización pueda requerir, o incluso ser capaz de adaptarse a situaciones inesperadas y de presentar propuestas concretas de mejora.
- Tener la capacidad de aconsejar de manera apropiada sobre todos los aspectos técnicos de la auditoría, teniendo presente que los integrantes de la organización objeto de ser auditada es posible que no tengan los conocimientos necesarios para entender de la necesidad de disponer un plan de eficiencia energética durante el proceso productivo.
- Buena capacidad de observación, realizando una medición y un análisis correctos y efectivos para conseguir así llegar a una correcta síntesis de las posibilidades de mejora en concepto de eficiencia energética.
- Habilidades para la correcta gestión de proyectos, así como capacidad de establecer una correcta metodología para cada fase o necesidad requerida durante la auditoría, actuando de una manera totalmente imparcial y objetiva frente a los distintos imprevistos que puedan surgir durante la ejecución de esta.
- Ser capaz de aplicar los principios y metodología, siguiendo la normativa competente sus recomendaciones para gestionar de forma correcta todo el proceso completo de la auditoría energética.
- Ser capaz de elaborar un plan de medición para actividades de recopilación de datos y conseguir verificar y gestionar los equipamientos necesarios para realizar la auditoría.
- Ser capaz de verificar y validar todas las mediciones tomadas sobre todos los datos y así poder generar unas conclusiones y extraer los resultados los más ajustados y reales posibles.
- Habilidades para recomendar oportunidades de mejora de eficiencia energética a la organización y sus posibles soluciones alternativas para su implementación de estas.
- Tener la capacidad de calcular el ahorro de energía y/o las posibilidades de mejora en conceptos de eficiencia energética, además de explicar estos cálculos de forma pormenorizada.
- Capacidad para realizar la estimación de todas las interacciones posibles entre las oportunidades de mejora en concepto de eficiencia energética.

* Ser capaz de proponer un plan de actuación completo a la institución, haciendo que esta disponga de una monitorización durante el tiempo futuro del rendimiento energético conseguido al ejecutar las propuestas de mejora de eficiencia energética o las posibles inversiones en materia de sustitución de instalaciones o mejora de la tecnología.

3.2. NORMATIVA APLICABLE.

A continuación, se exponen las leyes o normativas más significantes en cuanto a la elaboración del presente documento y por las que se rigen las auditorías energéticas:

3.2.1. Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía.

Se toma como punto de referencia en cuanto a lo referente a la aplicación de normativas base, el Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, referente a las auditorías energéticas en España. Este Real Decreto es traspuesto de la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicio y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía.[6]

La razón por la cual se traspone esta directiva en el Real Decreto es porque la Unión Europea tiene como meta para el 2020 aumentar la eficiencia energética en un 20 %, y por tanto España debe de cumplir con este objetivo. Adicionalmente, se incorporan nuevos escenarios para cumplir más objetivos relacionados con la eficiencia energética. Para el caso de España se pretende lograr una mejora del 39,5 % en materia de eficiencia energética para 2030.

El objetivo principal del Real Decreto 56/2016 es impulsar y promocionar todas las actuaciones que sean necesarias realizar en los procesos de consumo de energía que contribuyan al ahorro y a la eficiencia energética, así como fomentar la optimización de la demanda energética en las instalaciones, equipos o sistemas que consuman energía, por último, busca disponer de profesionales cualificados en materia de eficiencia energética, competentes y fiables con el objetivo de asegurar una aplicación efectiva y oportuna de la Directiva Europea 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, e 25 de octubre de 2012.

Una de las partes más relevantes en relación con este trabajo de fin de grado es el Capítulo II. Auditorías energéticas, ya que recoge el ámbito de aplicación y la regulación de las auditorías energéticas, además de su alcance y los criterios y requisitos mínimos que se deben de cumplir para alcanzar la cualificación de auditor energético.

Este capítulo contiene el Articulo 2. Ámbito de aplicación, que está dedicado a aquellas empresas que se consideran grandes empresas, las que al menos cuentan con 50 trabajadores o en su defecto tengan un volumen de negocio que exceda de 50 millones de euros y, a la misma vez, un balance general que exceda de 43 millones de euros. También se aplica a los grupos de sociedades definidos según lo establecido en el artículo 42 del Código de Comercio que cumplan los requisitos de gran empresa.

En el Artículo 3. Alcance de la exigencia y criterios mínimos a cumplir por las auditorías energéticas, se establece el periodo de realización de auditorías para las grandes empresas, fijado en 4 años a partir de la fecha de la última auditoría realizada en dicha organización, cubriendo al menos el 85 % del consumo total de energía final del conjunto de las instalaciones ubicadas en el territorio nacional que dichas organizaciones o grupos gestionen en el desarrollo de su actividad.

En este artículo también se indica a las grandes empresas la posibilidad de elegir dos alternativas para justificar el cumplimiento de la obligación anterior. Pudiendo las organizaciones elegir entre realizar una auditoria energética que cumpla con las directrices mínimas, o aplicar un sistema de gestión energética o ambiental, certificado por un organismo independiente con arreglo a las normas europeas o internacionales correspondientes.

Con lo referente a los requisitos mínimos que debe de cumplir un auditor, en el Capítulo III. Sistema de acreditación para proveedores de servicios y auditores energéticos, en el Articulo 8. Requisitos para el ejercicio de la actividad profesional de auditor energético, se establece como deben de ser realizadas las auditorías energéticas por los auditores, así como las condiciones que un auditor energético debe cumplir para poder realizar esta actividad profesional.

3.2.2. Norma UNE-EN 16247:2023, de Auditorías Energéticas.

La norma UNE EN 16247:2023 es la más reciente actualización de la normativa sobre auditorías energéticas. Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico CTN-UNE 216 Eficiencia energética, cambio climático y energías renovables, cuya secretaría desempeña UNE y anula y al mismo tiempo sustituye sin cambios significativos para el presente trabajo a su predecesora de 2012. Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 16247-1:2022. Este documento especifica los requisitos, la metodología común y los entregables de las auditorías energéticas. Es aplicable a todo tipo de instalaciones y organizaciones, a todos los tipos y usos de la energía.[7]

La norma UNE EN 16247:2012 sobre auditorías energéticas es creada con motivo de la publicación del Real Decreto 56/2016 sobre auditorías energéticas por el cual se obliga a grandes sociedades y empresas con más de 250 trabajadores a la realización de auditorías energéticas. Además, esta norma anula también a su antecesora la UNE-EN 216501:2009 que, a diferencia de la actual, tenía un carácter más generalista en cuanto

a la realización de auditorías energéticas, estando la actual centrada en su destino final ya sea una auditoría para un edificio, un proceso o un sistema de transporte. Específica los requisitos, la metodología y que documentos son necesarios entregar para la realización de una auditoría energética, se aplica a todo tipo de instalaciones y organizaciones, y a todos los tipos de usos de energía, excluyendo viviendas particulares.

Esta norma la componen cinco partes, las cuales vienen citadas en el Real Decreto 56/2016 como metodología y procedimiento a seguir para la realización de auditorías energéticas.[8]

Las partes que componen esta norma son las siguientes, siendo las más importantes para la realización de este trabajo la primera que está especializada en cómo debe de realizarse una auditoría energética, la segunda que tiene aplicación en edificios y la quinta que específica el conjunto de requisitos que debe de cumplir un auditor energético:

- Parte 1: Requisitos Generales.
- Parte 2: Auditorías energéticas en edificios.
- Parte 3: Auditorías energéticas en procesos.
- Parte 4: Auditorías energéticas en transporte.
- Parte 5: Auditores energéticos.

La primera parte de esta norma hace referencia a todos los requisitos generales que una auditoría energética debe de cumplir, así como la metodología común en cualquier auditoría e indica cuales son los documentos entregables requeridos.

En la segunda parte trata sobre los requisitos específicos y adicionales de las auditorías en los edificios siendo suplementaria de la primera parte. También expone la metodología y entregables de un edificio o grupo de edificios, excluyendo las viviendas privadas individuales.

En la quinta parte de esta norma se define la formación y experiencia necesaria de un auditor energético para la realización de una auditoría, así como las habilidades necesarias requeridas al auditor o equipo de auditores.

3.2.3. Norma UNE-EN ISO 50.001:2018, Sistemas de gestión de la energía.

El objetivo de este documento es permitir a las organizaciones establecer los sistemas y procesos para mejorar continuamente el desempeño energético, incluyendo el uso y el consumo de energía. El documento especifica los requisitos de un sistema de gestión dela energía para una organización (SGEn).[9]

Esta norma tiene como finalidad principal la de contribuir a tener un uso más eficiente de las fuentes de energía de las que se dispone, para así mejorar la competitividad y

reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y otros posibles impactos ambientales.

Es aplicable a cualquier organización, sin importar su tipo, tamaño, complejidad, ubicación geográfica, cultura organizacional o los productos y servicios que suministra. También se aplica a las actividades que afectan al desempeño energético, gestionadas y controladas por la organización.

En ella se especifican los requisitos necesarios para establecer, implementar, mantener o mejorar un sistema de gestión de la energía completo, para así permitir a la organización tener un enfoque en el que consiga alcanzar la mejora continua en lo que a su desempeño energético se refiere, incluyendo también conceptos de eficiencia energética, formas de consumo y uso de energía durante los procesos productivos.

Una de las partes más importantes en esta norma es el punto 6 que trata sobre la planificación, está relacionada con la política energética, que establece el compromiso que la organización debe cumplir para alcanzar una mejora en el desempeño energético, o la importancia de la planificación energética. En esta parte se recogen aspectos como las acciones para abordar riesgos y oportunidades, los objetivos, metas energéticas y su planificación para lograrlo, la revisión energética, los indicadores de desempeño energético, la línea base energética y la planificación para la recopilación de datos.

En este punto también se tratan otras partes importantes como la línea base energética, los indicadores de desempeño energético, los objetivos energéticos, metas y planes de acción en la gestión de la energía o el seguimiento, medición o análisis.

Otro punto significativo para el presente trabajo es el 9 Evaluación del desempeño, en el cual se engloban los subapartados sobre el seguimiento, medición, análisis y evaluación del desempeño energético, la auditoría interna y la revisión por la dirección.

Estas partes mencionadas y el resto que forman la norma son fundamentales para conseguir una correcta implantación de un Sistema de Gestión de la Energía, que cumpla con los requisitos y funcionalidades de la norma y que principalmente permita a la organización certificarse adecuadamente.

3.2.4. Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

Otra de normativa a destacar y muy relacionada con la ejecución de esta auditoría energética es el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Ha tenido diversas variaciones a lo largo de los años, la última modificación es el Real Decreto 178/2021, de 23 de marzo.[10]

Por otra parte, este reglamento ha constituido el marco normativo básico en el que se regulan las exigencias de eficiencia energética y de seguridad que deben cumplir las

instalaciones térmicas en los edificios para atender la demanda de bienestar e higiene de las personas.

A efectos de la aplicación del RITE se considerarán como instalaciones térmicas las instalaciones fijas de climatización (calefacción, refrigeración y ventilación) destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene de las personas, o las instalaciones destinadas a la producción de agua caliente sanitaria (ACS), incluidas las interconexiones a redes urbanas de calefacción o refrigeración y los sistemas de automatización y control.

En relación con el presente trabajo, es obligatorio el cumplimiento de los aspectos que le son de aplicación de este reglamento en el edificio que se audita. Por ello, será necesario un conocimiento de los requisitos que deben cumplirse y la confirmación de que se aplican correctamente.

3.2.5. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

El vigente Reglamento electrotécnico para baja tensión, deroga al Decreto 2413/1973, de 20 de septiembre, supuso un considerable avance en materia de Reglas técnicas y estableció un esquema normativo, basado en un reglamento marco y unas instrucciones complementarias, las cuales desarrollaban aspectos específicos, que se reveló altamente eficaz, de modo que otros muchos reglamentos se realizaron con análogo formato.[11]

Este Reglamento tiene por objeto establecer las condiciones técnicas y garantías que deben reunir las instalaciones eléctricas conectadas a una fuente de suministro en los límites de baja tensión, con la finalidad de:

* Preservar la seguridad de las personas y los bienes.
* Asegurar el normal funcionamiento de dichas instalaciones y prevenir las perturbaciones en otras instalaciones y servicios.
* Contribuir a la fiabilidad técnica y a la eficiencia económica de las instalaciones

El presente trabajo entra dentro del campo de aplicación de este reglamento ya que el edificio a auditar contiene instalaciones receptoras eléctricas, con tensiones nominales igual o inferior a 1.000 voltios en corriente alterna o para corriente continua igual o inferior a 1.500 voltios.

3.2.6. Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11.

Este reglamento, que se enmarca en los ámbitos establecidos por la Ley 34/1998, de 7 de octubre, del sector de hidrocarburos, y por la Ley 21/1992, de 16 de julio, de

industria, tiene por objeto establecer las condiciones técnicas y garantías que deben reunir las instalaciones de distribución y utilización de combustibles gaseosos y aparatos de gas, con la finalidad de preservar la seguridad de las personas y los bienes.[12]

Las prescripciones de este reglamento se aplicarán con carácter general a todas las instalaciones incluidas en su campo de aplicación, y con carácter específico a las contenidas en las respectivas instrucciones técnicas complementarias (ITCs) para cada tipo de instalaciones.

El presente trabajo entra dentro del campo de aplicación de este reglamento, ya que este último se aplica a las instalaciones de distribución de combustibles gaseosos por canalización como son las redes de distribución de gas de presión máxima de diseño igual o inferior a 16 bar, y sus instalaciones auxiliares, incluyendo estaciones de regulación y las acometidas conectadas a estas redes de distribución, así como los gasoductos de presión máxima de diseño superior a 16 bar comprendidos en el artículo 59.4 de la Ley 34/1998, de 7 de octubre, en la redacción dada por el Real Decreto-ley 6/2.

En concreto la ITC-ICG 01, Instalaciones de distribución de combustibles gaseosos por canalización está relacionada con la auditoría de un centro educativo puesto que, en estos edificios existen este tipo de instalaciones para calefactar y proporcionar agua caliente sanitaria. La presente instrucción técnica complementaria tiene por objeto fijar los requisitos técnicos esenciales y las medidas de seguridad mínimas que deben observarse al proyectar, construir y explotar las instalaciones de distribución de combustibles gaseosos por canalización.

3.3. METODOLOGÍA A SEGUIR.

Tal y como se puede ver en el siguiente esquema en donde se muestra la metodología propuesta por la norma UNE-EN 16247:2023, que será extendida en los próximos subcapítulos, no existen muchas diferencias con su antecesora UNE 216501 en cuanto a metodología ya que esta norma, ya anulada por la UNE-EN 16247:2012, tenía un carácter muy general ya que no distinguía si la auditoría energética iba destinada a un edificio, a un proceso o a un sistema de transporte.

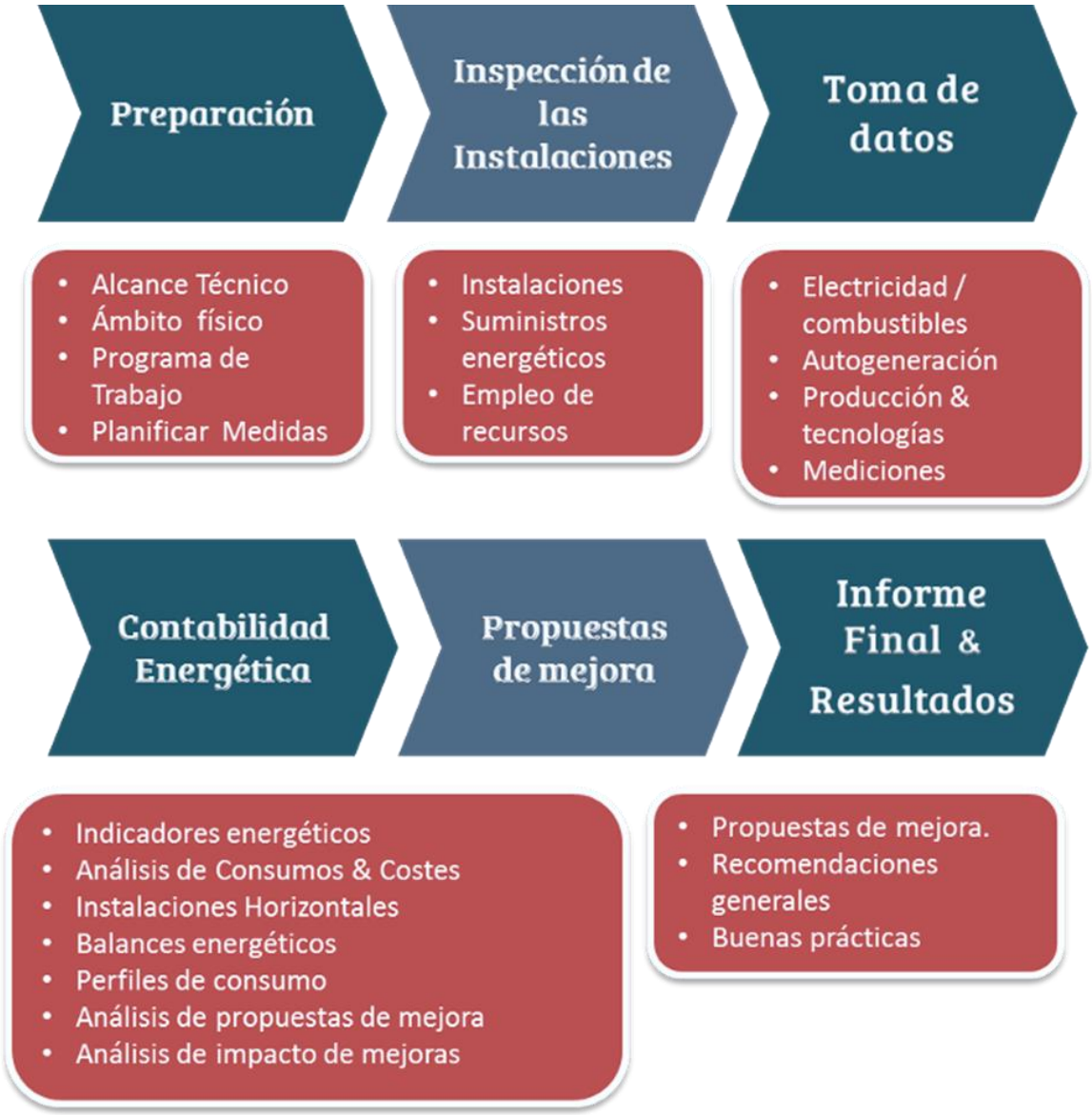


Gráfico 3: Diagrama de flujo del proceso de auditoría energética.[13]

3.3.1. Generalidades.

Una vez se establezca un consenso sobre el objeto y el alcance de la auditoria es preciso realizar una serie de actuaciones para obtener una buena ejecución en la auditoría:

* Establecer canales de comunicación con interlocutores designados de la organización y del auditor para asegurar la buena transmisión de datos e información. El personal designado por la organización debe conocer y tener acceso a todas las instalaciones.
* Solicitar por escrito a la organización la relación de información, datos y documentos necesarios para la ejecución de la auditoria y pactar las fechas de entrega de esta, así como las fechas de visita a las instalaciones.

* Establecer un programa de trabajo pactado entre la organización y el auditor incluyendo las posibles entrevistas con el personal.
* Realizar las medidas in situ, si procede, con conocimiento y acuerdo previo de la organización, contemplando las medidas de seguridad pertinentes.
* Elaborar y entregar un informe de la auditoria energética según la norma UNE-EN 16247:2023.

3.3.2. Estado de las instalaciones.

Es esencial realizar una o varias visitas al edificio u organización que se desea auditar para poder obtener información objetiva sobre la energía consumida por el mismo y conocer el estado actual de sus instalaciones. Para alcanzar el grado de conocimiento necesario se siguen los puntos siguientes:

Análisis de los suministros energéticos

En este análisis es esencial tener en cuenta los criterios de elección y de utilización además de conocer cuáles son las fuentes de energía presentes:

* Energía eléctrica:
  - Esquema unifilar actualizado.
  - La contratación actual.
  - El consumo de esta energía.
  - El coste de los diferentes conceptos existentes en la facturación, así como la evolución durante al menos los últimos 12 meses.
  - Uso de energías renovables, el tipo y el porcentaje de estas.
  - Determinación del coeficiente de simultaneidad.
  - El uso de generadores de emergencia, con su potencia, autonomía y servicios de garantía.
  - Una lista de las potencias de los principales equipos consumidores.

* Combustibles:
  - Tipo de suministro eléctrico y contratación actual del mismo.
  - El consumo de esta energía.
  - El coste de los diferentes conceptos existentes en la facturación, así como la evolución durante al menos los últimos 12 meses.

* Autoproducción de energía:
  - Tipo de la instalación de autoproducción.
  - Evaluación de variables de la producción durante los últimos 12 meses.
  - Contratación y condiciones contractuales de venta de energía producida.
  - Determinación de autoconsumos y excedentes.

- Otras fuentes de energía como vapor, gases calientes, agua caliente o refrigerada, etc.:
  - Contratación y condiciones contractuales de compraventa.
  - Evolución de las diferentes variables de consumo durante al menos los últimos 12 meses.
  - Coste de los diferentes conceptos facturados y su evolución durante los últimos 12 meses.
  - La posibilidad de sustitución o simultaneidad por fuentes de energía renovable.

Análisis del proceso de producción**.**

Es necesario realizar un análisis de las distintas operaciones de la organización, así como de cada uno de los principales equipos consumidores de energía que intervienen en las mismas.

Debido a este análisis es posible determinar que partes de los procesos tienen un mayor consumo energético, determinando el potencial de reducción de consumo energético y definir las propuestas de mejora.

Para llegar a identificar estas partes de los procesos es necesario efectuar las siguientes acciones:

- Alcanzar un conocimiento suficiente del proceso de producción en lo que a sus implicaciones energéticas se refiere.
- Identificar las principales operaciones básicas, líneas de proceso que trabajan de forma independiente y las que lo hacen de forma secuencial o encadenada.
- Para cada operación básica, se debe identificar y caracterizar la forma o formas de energía que se utilizan, los principales sistemas y equipos que la desarrollan y sus vínculos con otras operaciones básicas, así como los flujos másicos involucrados o procesados para obtener indicadores que permitan asignar costes energéticos por proceso o por producto.
- Adquirir conocimiento del horario de operación de planta de fabricación y de los principales sistemas y equipos consumidores de energía que la conforman.
- Régimen del establecimiento de la organización: nº de empleados que tiene, estacionalidad del proceso, régimen de funcionamiento.
- Registro, y en su defecto calculo o estimación, y análisis de los consumos con el mayor detalle posible de los principales equipos, sistemas o partes del proceso.
- Análisis del estado de conservación general de los equipos y sistemas, y sus características técnicas.

Análisis de las tecnologías horizontales y servicios.

Tiene especial importancia conocer la eficiencia con que se aplican las tecnologías horizontales y se prestan los servicios, con el objetivo de identificar y examinar las posibilidades de ahorro o diversificación energética en todos los equipos y sistemas de la organización definidos en el alcance, como:

- El comportamiento térmico del edificio: características de envolvente térmica, orientación del edificio, zona climática, condensaciones, permeabilidad, puentes térmicos etc.
- Sistema eléctrico: acometida, transformación, distribución interior hasta los puntos de consumo.
- Iluminación natural y artificial interior y exterior de la organización.
- Acondicionamiento térmico del edificio o edificios, calefacción, refrigeración, calidad el aire y ventilación.
- Sistemas de producción de aire comprimido y red de distribución.
- Central térmica: calderas de agua caliente y sobrecalentada, generadores de vapor, aceite térmico y gases calientes.
- Sistema de producción, acumulación y distribución de agua caliente sanitaria.
- Sistemas de combustión y recuperación de calor en equipos de proceso.
- Central frigorífica: equipos de producción de agua refrigerada, y sistemas de condensación.
- Redes de distribución de fluidos calientes, refrigerados a presión, destinados tanto a climatización como a proceso.
- Elementos emisores y cambiadores de calor del sistema de climatización.
- Motores eléctricos y su regulación.
- Acometida y distribución de agua fría, grupos de presión, regulación y control de caudales.
- Otras fuentes de captación de agua y otras instalaciones.
- Sistemas de autoproducción de energía.

Medición y recogida de datos.

Engloba el proceso de trabajo realizado en el lugar objeto del estudio, y se debe realizar mediante visita a campo. Antes de efectuar las medidas es necesario inspeccionar las instalaciones y recoger los datos necesarios que no puedan ser recopilados a distancia.

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

Se debe conocer el patrón de funcionamiento de la instalación objeto de estudio y relacionarlo con los resultados conseguidos en la medición y recogida de datos.

Las mediciones, registros y toma de datos pueden realizarse en cualquier momento a lo largo de la auditoria, pudiendo tener un carácter de análisis de la situación existente o bien formar parte del proceso de análisis y evaluación de medidas de ahorro concretas.

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

Existen unas labores imprescindibles a realizar en la fase de medición y toma de datos:

- Todas las labores se realizarán con conocimiento y tras llegar a un acuerdo previo de la organización.
- Se evitará que los operadores del establecimiento modifiquen sus prácticas y puntos de consigna habituales durante la auditoria para que tanto las mediciones y la toma de datos sean lo más realistas posibles con respecto a la actuación diaria normal.
- Se evitará o se tratara de reducir al mínimo las posibles molestias causadas por la ejecución de la toma de datos o las mediciones a la organización y a las personas que la integran la misma durante su actividad normal.
- Se trabajará con los equipos adecuados, y de precisión conocida, estando estos calibrados adecuadamente para cada tipo de medición y momento durante la auditoria.
- Se tendrán en cuenta todas las medidas de seguridad pertinentes a seguir durante la ejecución de la auditoria, así como posibles recomendaciones del personal del departamento de riesgos laborares de la organización para las personas y equipos.
- Se cumplirá toda la normativa que exista en vigor al efecto, así como recomendaciones de la administración competente o normas existentes de otros países sobre cómo realizar las mediciones y la toma de datos

3.3.3. Realización de una contabilidad energética.

Como viene recogido por norma UNE-EN 16247-1, el objetivo de la contabilidad energética es la asignación de consumo de energía a equipos, sistemas, operaciones o cualquier otra división de la organización que se considere efectiva a fin de conseguir los objetivos de la auditoria energética.

La precisión de la contabilidad energética debe de guardar una proporción con respecto a la relevancia del consumo de dicha división y a las posibilidades de ahorro a través de la implantación de medidas.

El resultado de esta contabilidad debe corresponder a un año tipo o de referencia en cuanto a consumos de energía y coste y a ser posible su relación con la producción o el

servicio prestado. Los valores así definidos se deben emplear como referencia para el cálculo de los ahorros que se deriven de las mejoras de propuesta.

Esta contabilidad energética debe definir los siguientes puntos:

- Generación y consumos energéticos y costes asociados anuales, según fuentes.
- Balance energético de los consumos anteriores por tipos de instalaciones (equipos y líneas de proceso, y servicios).
- Un perfil temporal de consumo para cada fuente o vector energético usado por cada equipo, sistema, operación, o división que se considere de interés por el auditor.
- Un precio medio de cada forma de energía en el año tipo considerado.
- Ratios de generación, consumo y/o consumos específicos que resulten significativos.

De igual forma esta contabilidad debe de alimentarse y partir de los siguientes datos para su correcta ejecución:

- Curvas de carga facilitadas por la organización o suministrador de energía, construidas a partir de contadores homologados, de precisión conocida y con calibración actualizada.
- Facturas de las empresas suministradoras de energía.
- Registros de contadores propios de la organización, previamente habiendo comprobado de su precisión.
- Toma de datos, mediciones y registros realizados durante la auditoria.
- Registro de tiempos de uso de equipos auxiliares si existiesen.
- Tiempo de ejecución de instalaciones y equipos durante el proceso productivo desglosado en el tiempo de forma mensual y anual durante al menos el último año.

3.3.4. Análisis de propuestas de mejora.

El conjunto de mejoras que finalmente se propongas a la organización deben de cumplir al menos uno a varios de los siguientes objetivos:

- Reducir el consumo, bien final directo o bien de energía primaria equivalente.
- Reducir el coste asociado al consumo energético.
- Diversificar la forma de energía consumida hacia formas más baratas, limpias y de menor impacto ambiental, de origen o abastecimiento más seguro y que permitan aumentar la eficiencia en su consumo final.
- Aumentar la eficiencia o la reducción del consumo especifico de algún equipo,
- sistema, servicio, operación, línea de proceso etc., de la organización.
- Usar o implantar las mejoras tecnológicas disponibles económicamente viables.

- En caso de generar su propia energía, aumentar la producción, el rendimiento y disminuir las perdidas

Desarrollo de las acciones de mejora.

Se deben de analizar una serie de aspectos para la concepción de cada una de las mejoras:

- Situación actual: descripción del sistema o equipo afectado, su desempeño energético actual y motivo de propuesta de mejora.
- Concepto de la mejora: descripción suficiente para justificar el origen del ahorro las operaciones y actuaciones a llevar a cabo.
- Situación futura: descripción de la nueva situación en cuanto a equipos y modos de operación que se obtendría, tras la implantación de la mejora.
- Ahorro energético anual previsto: se calculará por diferencia entre situación actual y futura
- El cálculo del ahorro energético se debe de realizar tanto en energía final como en energía primaria indicándose los factores de conversión empleados y la fuente de estos.
- Variables ambientales: cuantificar la variación de emisiones de dióxido de carbono equivalentes, como mínimo se debe indicar los factores de conversión empleaos y la fuente de estos.
- Factores económicos: ahorro anual derivado del energético, otros ahorros no energéticos, pero indirectamente relacionados, nuevos costes de operación y mantenimiento, inversión necesaria y plazo de recuperación

Concatenación de las medidas propuestas.

Puede darse el caso en que dos o más mejoras a la misma vez afecten a un mismo sistema o equipo, por lo tanto, estas se deberán calcular por separado inicialmente, y después de forma conjunta, de esta manera se podrá disponer de toda la información que proporcionen ambas opciones solucionando esta cuestión.

Recomendaciones y buenas prácticas.

Se consideran como recomendaciones todos aquellos consejos de actuación para el uso de la energía de manera racional, siendo su efecto no cuantificable por depender en gran parte del comportamiento y de los hábitos de las personas y los usos de las instalaciones.

Estas recomendaciones y buenas prácticas tienen la gran ventada de que suponen una inversión relativamente pequeña o nula, haciendo que la organización y el equipo

competente puedan generar una mayor competitividad en su ocupación sin necesidad de realizar inversiones en nuevas instalaciones o mejoras tecnológicas.

Siempre se tendrá en cuenta la situación actual como punto de partida, y el motivo de la recomendación que se pretende realizar, junto con una estimación orientativa del ahorro alcanzable, así como de la forma de adoptar la buena práctica o recomendación. Todas las recomendaciones y buenas prácticas que se pretendan gestionar serán adaptadas específicamente a la estructura, funcionalidades y utilización de las instalaciones o quipos objetos del estudio.

De esta manera se pretende que tanto la organización, como el equipo competente, se conciencie de la necesidad de llevar a cabo una actuación en el día a día que sea acorde tanto con la producción como con la eficiencia energética.

3.3.5. Informe final y resultados.

El informe final que se debe de presentar contendrá tanto el objeto principal de la auditoria, así como su alcance, ambos detallados específicamente para el tipo de auditoría que se ha realizado y la organización concreta.

Deberá contener la metodología, sus generalidades y la caracterización pormenorizada de todas las instalaciones y equipos auditados, así como una contabilidad energética detallada.

Por último, el documento constara de un Análisis de Propuestas de Mejora, de forma que todas las propuestas queden cuantificadas económicamente, así como los resultados finales de la auditoría.

4. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.

Se trata de un edificio destinado a la enseñanza pública que forma parte del Centro Integrado de Formación Profesional Número Uno. El Centro Integrado de Formación Profesional Número Uno está situado en la calle Francisco Rivas Moreno (s/n) del término municipal de Santander, ubicado a cuatro kilómetros del centro de la ciudad, en una zona en plena expansión urbanística de la capital, conocida como Peñacastillo. El Centro se encuentra en una finca urbana de alrededor de 40.000 m2. Actualmente cuenta con dos edificios con una superficie construida de aproximadamente 6.000 m2:

- Uno de ellos alberga la zona de administración y aulas. En dos naves adosadas a él se encuentran talleres y aulas de las familias profesionales de Fabricación Mecánica, Mantenimiento de Vehículos Autopropulsados, Marítimo-Pesquera e Instalación y Mantenimiento.
- En el otro edifico están ubicadas aulas, laboratorios y talleres de la familia de Electricidad–Electrónica y en una dependencia del I.E.S. Augusto González de Linares se ubica el denominado hangar del ciclo de Aeromecánica. Cuenta además con zonas adyacentes de aparcamiento y patios en los que, en su zona más oriental, está previsto realizar un edificio para la ampliación de las ofertas formativas.

En la actualidad, en este centro educativo se imparten 14 ciclos formativos y dos cursos de especialización en las familias profesionales de Electricidad y Electrónica; Fabricación Mecánica; Transporte y Mantenimiento de Vehículos; Marítimo Pesquera e Instalación y Mantenimiento.

Ilustración 11: Fragmento de mapa de GoogleMaps.[14]

Ilustración 12: Fragmento en relieve del centro educativo en GoogleMaps.[15]

En el Centro Integrado de Formación Profesional Número Uno, en este momento se está ejecutando el proyecto ya aprobado en 2019 por el gobierno cántabro y que va a incrementar la superficie de los centros en 2.363 m2 adicionales. Se va a realizar la construcción de un nuevo edificio para albergar la enseñanza relativa a aeronaves, motores y sistemas de estructura, la construcción de un edificio de ampliación de los talleres del actual edificio de electricidad y electrónica, de la estructura necesaria para cubrir una zona de patio; la reforma de la zona de vestuarios del edificio de automoción, la reforma de la zona de vestuarios del edificio de fabricación mecánica; la reforma del laboratorio de riesgos químicos y la colocación de puertas de emergencia en las naves de automoción y fabricación mecánica. Las obras concluirán en unos meses y se estima que estarán operativas para el próximo curso 2023/2024. Además de mejorar las instalaciones, la ampliación permitirá introducir tres nuevas titulaciones: un nuevo curso de especialización y dos nuevos ciclos, el de Grado Superior en Mantenimiento Aeromecánico de Helicópteros con Motor de Turbina y el Grado Medio de Mantenimiento Electromecánico.[16]

El edificio a auditar es en concreto el de Electricidad y Electrónica también llamado Instituto Politécnico y la fecha de realización de las visitas e información utilizada es durante el año 2022, anterior al inicio de las obras anteriormente mencionadas, las cuales no reforman al edificio en sí. Este tiene una planta cuadrada y está construido mayoritariamente en hormigón armado, aunque también presenta alguna zona de vidriera. Se distribuye en tres plantas comunicadas entre sí mediante escaleras y un ascensor. En la planta baja se encuentra la sala de estudios, varias aulas, unos baños, la sala de la caldera y la sala de comunicación y distribución. La primera planta se reparte entre diversas aulas y unos baños. La última planta que no es funcional es de un tamaño bastante menor que las anteriores y tiene el acceso a la azotea.

Ilustración 13: Centro Integrado de F.P. Número Uno, vista aérea posterior.[17]

Ilustración 14: Centro Integrado de F.P. Número Uno, vista aérea frontal.[18]

4.1. ESPACIOS INTERIORES.

Como se aprecia en el plano de debajo la planta baja está compuesta de las siguientes estancias:

- Entrada
- Cuarto de la caldera
- Cuarto del ascensor
- Ascensor
- Cuarto de comunicaciones y distribución
- Baños de alumnos
- Baños de alumnas
- Baños minusválidos
- Cuarto de limpieza

- Departamento
- Automatismos y maquinas
- Aula 1 de electricidad
- Aula 2 de electricidad
- Instalaciones singulares
- Instalaciones automatizadas
- Instalaciones electrotécnicas de interior
- Escaleras interiores
- Escaleras exteriores

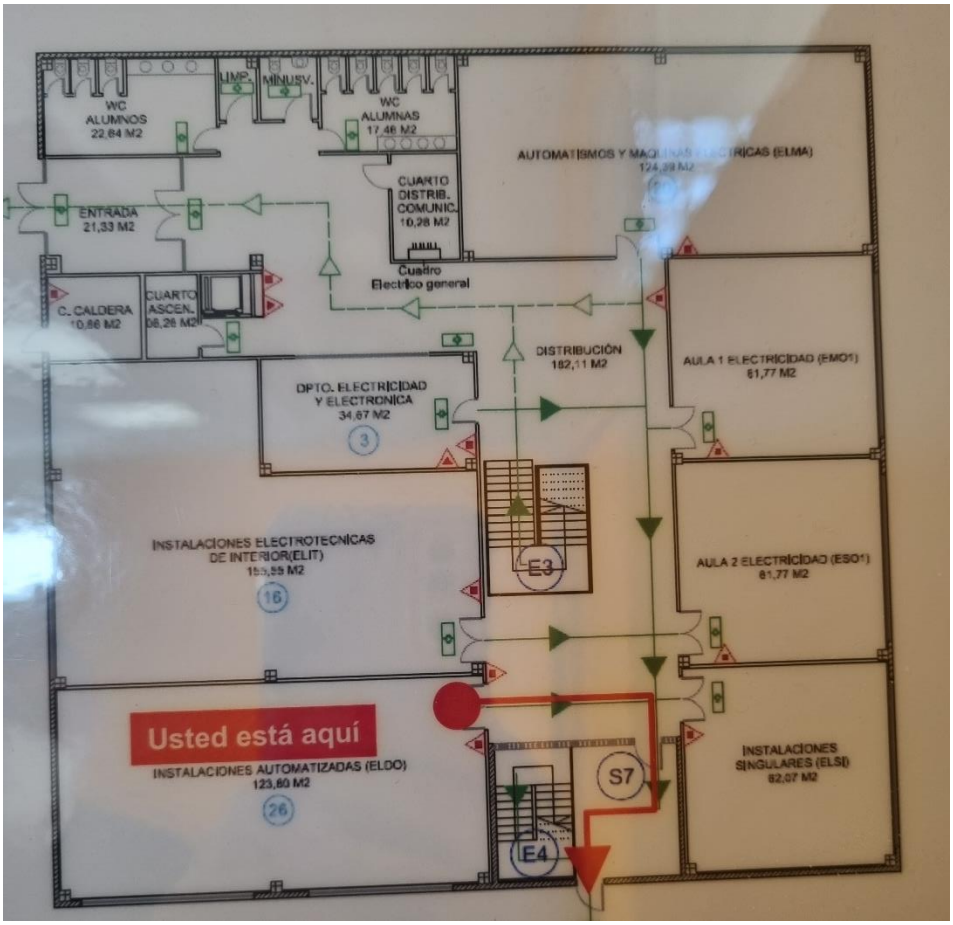


Ilustración 15: Plano planta baja.

La primera planta como se puede ver en el plano posterior se reparte en las siguientes zonas:

- Baños de profesores
- Baños de profesoras
- Terraza 1
- Terraza 2
- Analogía electrónica

- Aula 1 de electrónica
- Aula 2 de electrónica
- Equipos electrónicos de consumo
- Mantenimiento de equipos electrónicos
- Sistemas digitales
- Escaleras interiores
- Escaleras exteriores
- Ascensor

Ilustración 16: Plano primera planta.

La segunda planta es simplemente una zona abierta con cristaleras que se utiliza de almacén y tiene acceso a través de una puerta la terraza del edificio. No conserva las dimensiones de las otras dos plantas, siendo su tamaño una décima parte aproximadamente.

4.1.1. Aulas

No se debe obviar el tipo de edificio que es y cuál es su uso, que es la formación profesional de la rama de ciencias en las que predomina el estudio de la electricidad y

la electrónica. Por este motivo, la gran parte del espacio está destinada a las aulas y talleres necesarios para enseñar de la manera más completa a los alumnos.

Dentro de esta categoría de estancia se pueden diferenciar dos tipos, por un lado, aquellas aulas para impartir enseñanzas teóricas que contienen mesas, sillas, proyector y pizarra, y por otro lado talleres con una infinidad de equipos e instrumentos para realizar unas enseñanzas más prácticas. Ambas están provistas de ventanas con persianas y radiadores que son asistidos por el sistema de calefacción del edificio.

Las aulas que son más convencionales y simples son las de electricidad y electrónica en las cuales se imparten conocimientos teóricos y no necesitan de circuitos de fuerza sino de alumbrado y líneas con enchufes. Este tipo de aula está compuesto básicamente por mesas y sillas repartidas en filas para los alumnos, una mesa grande con silla para el docente, pizarra y proyector.

El otro tipo de aulas son como talleres cada uno de una temática y con un tipo de aparatos, máquinas y dispositivos que permiten una enseñanza práctica de los distintos ciclos de formación que se imparten en el edificio. En estos están formados por mesas, sillas y bancos de trabajo y contienen una gran cantidad de máquinas eléctricas, dispositivos digitales, ordenadores, antenas, televisiones, impresoras de circuitos, conexión trifásica en algunos casos, aparatos de medida, elementos de telecomunicación, simulador de domótica, etc.

4.1.2. Baños

Siguiendo con el cumplimiento legal es obligatorio destinar una parte del edificio para ubicar unos baños. En la planta baja se encuentran los baños de alumnos, baños de alumnas, además del de minusválidos. En la primera planta se localizan los baños para profesores y también los baños de profesoras. Todos están compuestos por unos inodoros y unos lavabos que son asistidos por el sistema de agua caliente sanitaria.

Tanto los baños de la planta baja (a un lado) como de la primera planta (justo encima) se encuentran ubicados relativamente cerca del cuarto de caldera, que es donde se encuentra el sistema de producción de ACS y la toma de agua de la red local.

4.1.3. Otros espacios

La entrada del edificio está limitada por dos puertas, la primera comunica con el exterior y la segunda con el interior del edificio. La primera permite el acceso de dos formas mediante un tarjetero que no funciona o mediante un telefonillo. La segunda siempre permanece abierta mientras este el edificio en horario lectivo. Ambas pueden ser cerradas mediante llaves.

El departamento está ubicado en la planta baja, contiene unas mesas que están agrupadas en el centro y unas sillas alrededor, una serie de estanterías dispuestas por la pared y una gran cristalera que permite ver la entrada al edificio.

Las terrazas de la primera planta son unos espacios que no tienen uso educativo y que sirven para introducir luz natural, ya que sus paredes son de vidrio.

Las escaleras son amplias. Las escaleras interiores comunican una planta baja con la primera planta y a esta con la segunda. Estas son las que se utilizan habitualmente por las personas que asisten al centro educativo. Además, existen unas escaleras exteriores que se utilizan en caso de salida de emergencia del edificio.

El ascensor comunica la planta baja con la primera planta. Se acciona con un sistema hidráulico ubicado en un cuarto aledaño en la planta baja. Tiene capacidad para cuatro personas.

4.2. SISTEMA ELÉCTRICO.

El suministro eléctrico del edificio viene dado por un centro de transformación que se encuentra ubicado cerca del mismo. Ese centro de transformación está conectado a una línea de alta tensión de la compañía Viesgo y a su vez abastece en baja tensión a otros centros educativos como son el Instituto Augusto González de Linares y al Instituto Peñacastillo.

Como se puede observar en la imagen siguiente, en el cuadro eléctrico del centro de transformación se encuentra tanto los contadores como los interruptores automáticos de cada uno de los centros educativos mencionados, además del interruptor automático general.

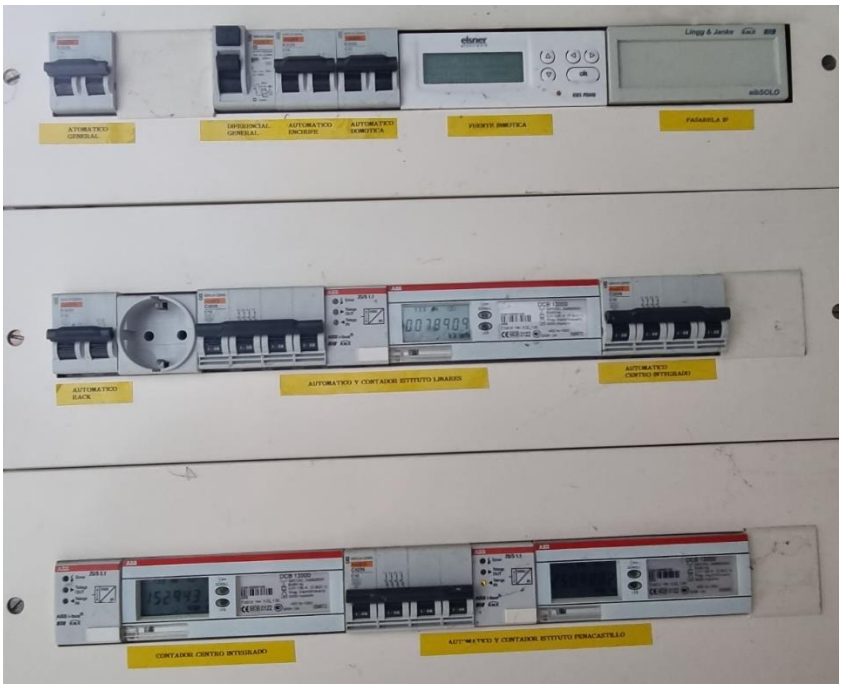


Ilustración 17: Fotografía del cuadro eléctrico del centro de transformación.

4.2.1. Esquema general de la instalación eléctrica.

Un centro de transformación (CT) tiene la función de distribuir la energía eléctrica a tensiones de diferente nivel, al mismo tiempo que facilita la conexión a líneas y redes que suministran a un abonado. En este caso, el CT está conectado a través de una línea subterránea a la red y se trata de una caseta modular prefabricada en hormigón.

Ilustración 18: Fotografía entrada de la línea al centro de transformación.

Dentro del centro de transformación se ubica el transformador de alta a baja tensión, las celdas con su cableado pertinente, los aparatos de comunicación y medida.

Se denomina celda al conjunto de aparamenta eléctrica, (seccionador, interruptor, fusibles, etc.) alojados bajo una envolvente que constituye un único compartimento, con su función determinada. Este centro de transformación contiene diversas celdas de media o alta tensión según el criterio. Las celdas de línea, la de entrada es la que recibe el conductor que alimenta el centro de transformación y la de salida enlaza el centro de transformación con otro centro de transformación. La celda de protección es la encargada de alojar los elementos de seccionamiento y protección general del frente a sobreintensidades y cortocircuitos. La celda de transformación constituye el punto donde se coloca el transformador de potencia.

Ilustración 19: Celdas de media tensión.

El transformador trifásico es de la marca Cotradis, tiene una potencia de 1000kVA, con una conexión en triangulo estrella, utiliza como líquido refrigerante el aceite mineral y solo requiere de ventilación natural. Su entrada está conectada a las celdas de media tensión y su salida a las de baja tensión.

Ilustración 20: Fotografía del borne del primario.

Deberá estar protegido por tabiques o muros que impidan la proyección de material y aceite al resto de las instalaciones, en caso de proyección de los mismo. Debe preverse la recogida del aceite en caso de accidente mediante una cuba en la parte de abajo del transformador y de ventilación para el mismo. De los bornes del secundario salen los conductores aislados al cuadro o celdas de baja tensión.

Ilustración 21: Fotografía bornes del secundario.

Ilustración 22: Ilustración del transformador.[19]

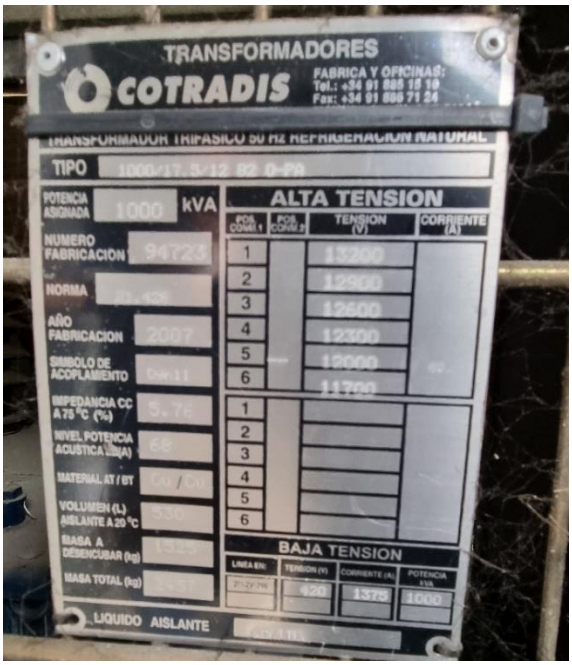


Ilustración 23: Fotografía de la placa de características del transformador.

Tabla 1: Ficha técnica del transformador trifásico fuente Cotradis.[20]

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS										
Potencia en kVA			**250**	**400**	**630**	**800**	**1000**	**1250**	**1600**	**2000**	**2500**
Tensión	Primaria	Tensión más Elevada para el Material 24 kV								
Asignada	Secundaria en Vacío*	420 V entre fases en vacío								
Regulación sin Tensión		± 2,5 ± 5% ó +2,5 + 5 + 7,5 + 10% (otras regulaciones bajo contrato)								
Grupo de Conexión*		Dyn 11								
Pérdidas en Vacío (W)*			650	930	1300	1550	1700	2130	2600	3100	3800
Pérdidas en Carga (W)*			3250	4600	6500	8100	10500	13500	17000	20200	26500
Impedancia de Cortocircuito % a 75° C *			4	4	4	6	6	6	6	6	6
Intensidad de Vacío al 100% de Vn*			2	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9
Nivel de Potencia Acústica*			62	65	67	68	68	70	71	73	76
Caída de Tensión		cos φ = 1	1,4	1,2	1,1	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2
a Plena Carga %		cos φ = 0,8	3,3	3,2	3,1	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
Rendimiento (%)	Carga 100%	cos φ = 1	98,5	98,6	98,8	98,8	98,8	98,8	98,8	98,9	98,8
		cos φ = 0,8	98,1	98,3	98,5	98,5	98,5	98,5	98,5	98,6	98,5
	Carga 75%	cos φ = 1	98,7	98,8	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,1	99,0
		cos φ = 0,8	98,4	98,6	98,7	98,7	98,8	98,7	98,8	98,8	98,8

* Otras posibilidades bajo contrato

Las celdas de baja tensión constan en la parte superior del módulo de acometida donde se conectan los cables de baja tensión que salen del transformador, una serie de fusibles de protección y en la parte inferior las salidas de baja tensión.

Ilustración 24: Fotografía de las celdas de baja tensión.

Dentro también se encuentra un armario de medida que contiene un contador de energía con telemedida de la empresa Circutor, modelo Cirwatt diseñado para la facturación de clientes tipo 4 [21], y también alberga el modem necesario para la comunicación de la marca Syscom con conexión vía GPRS. Esto se debe a que Viesgo factura la electricidad en conjunto, a través del contador inteligente, a los tres centros

de educación y para repartir lo que corresponde de la factura eléctrica a cada uno se realiza la medición con unos transformadores de medida colocados en las respectivas líneas eléctricas que salen hacia cada instituto y unos contadores individuales.

Ilustración 25: Fotografía del medidor de energía eléctrica.

Ilustración 26: Fotografía de los transformadores de medida.

En el centro de transformación por seguridad y obligado cumplimiento del reglamento se instala tanto una tierra de neutros como una tierra de herrajes. Su finalidad es proteger a las personas contra tensiones de contacto peligrosas. El neutro del transformador está conectado a una malla metálica enterrada en el terreno y todas las carcasas metálicas no puestas en tensión normalmente (que no forman parte del circuito activo) están igualmente conectadas a una placa o pica enterrada.

Ilustración 27: Fotografía de las protecciones a tierra.

La línea trifásica sale del centro de transformación hasta la caja general de protección del edificio en estudio es una acometida de tipo subterránea, es decir, los cables van enterrados dentro de un tubo plástico.

Ilustración 28: Fotografía de las líneas salientes del centro de transformación.

La caja general de protección de 400A conecta los puntos de consumo eléctrico o clientes a la red de la empresa distribuidora, normalmente en baja tensión. Está construida con material aislante y aloja en su interior los elementos de protección de las líneas generales de alimentación de una instalación eléctrica, como los fusibles y un interruptor general. Su cometido es garantizar la seguridad de la instalación y protegerla frente a cortocircuitos, sobrecargas o averías. Como la acometida es subterránea su instalación se realiza en hueco de nicho.

Ilustración 29: Fotografía de la caja general de protección del instituto.

La línea general de alimentación enlaza la caja general de protección con el embarrado del cuarto de distribución y comunicación.

Ilustración 30: Fotografía del embarrado del cuarto de distribución y conexiones.

El cuarto de distribución y comunicaciones está formado por todos los elementos necesarios para realizar las derivaciones en los múltiples circuitos interiores y establecer todas las conexiones necesarias para el funcionamiento del instituto. De este salen todos los circuitos internos que se reparten por el interior del edificio de forma que se pueden desconectar cualquier circuito desde el mismo. Destacan por su complejidad tanto el armario de comunicaciones como el armario de cuadros eléctricos, como se puede apreciar su tamaño y variedad de dispositivos en las imágenes siguientes.

El armario de cuadros eléctricos cuenta con un automático general, analizador de redes, automáticos y diferenciales de otros circuitos secundarios, derivaciones a tierra y el sistema KNX de Jung para la domótica.

Ilustración 31: Fotografía armario eléctrico zona superior.

Ilustración 32: Fotografía armario eléctrico zona intermedia.

Ilustración 33: Fotografía armario eléctrico zona intermedia.

Ilustración 34: Fotografía armario eléctrico zona inferior.

En el armario de comunicaciones se encuentran elementos más variados como son las extensiones de la centralita, el modem, una pantalla, dos torres y todo el cableado necesario.

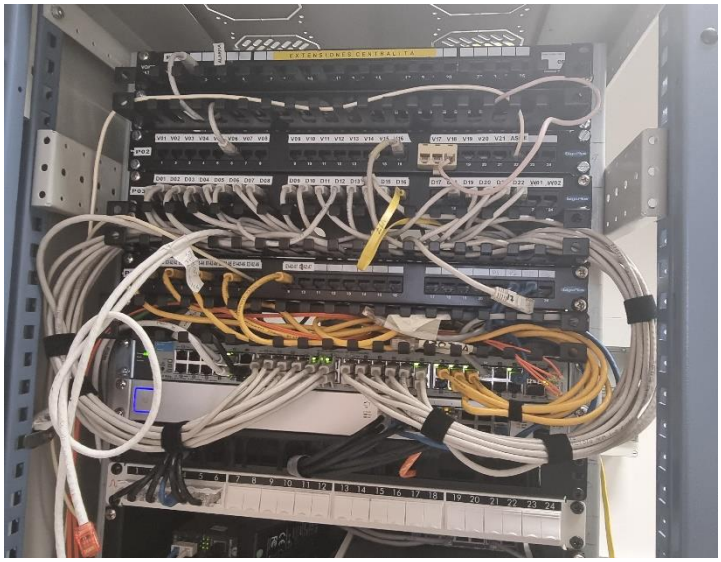


Ilustración 35: Fotografía armario comunicaciones zona superior.

Ilustración 36: Fotografía armario comunicaciones zona intermedia.

Ilustración 37: Fotografía armario comunicaciones zona inferior.

Finalmente existe en cada aula un cuadro eléctrico, en general son todos bastante similares. En la imagen siguiente se muestra un ejemplo, se trata del cuadro eléctrico de la instalación de singulares que es un taller, en el cual se observa un automático de fuerza que predomina sobre el resto de los automáticos de cada subcircuito. También se aprecia una serie de subcircuitos con sus automáticos y diferenciales pertinentes, uno cada dos subcircuitos. Estos subcircuitos están destinados a alimentar máquinas ya que gran parte de la enseñanza de este centro es de tipo práctica.

Ilustración 38: Fotografía cuadro eléctrico de instalaciones singulares.

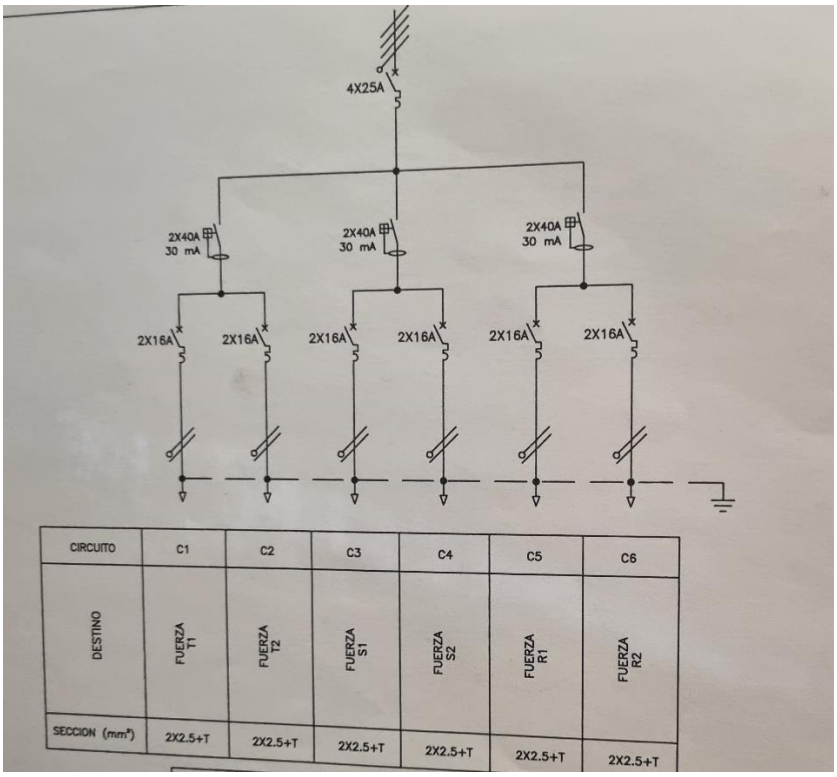


Ilustración 39: Fotografía esquema unifilar de instalaciones singulares.

De forma parecida al anterior cuadro es del aula de instalaciones electrotécnicas de interior, el cual además de circuitos de fuerza incluye una serie de transformadores de aislamiento que protegen los dispositivos electrónicos cuyo carácter es menos robusto. Además, en este cuadro se añade una centralización de contadores analógicos.

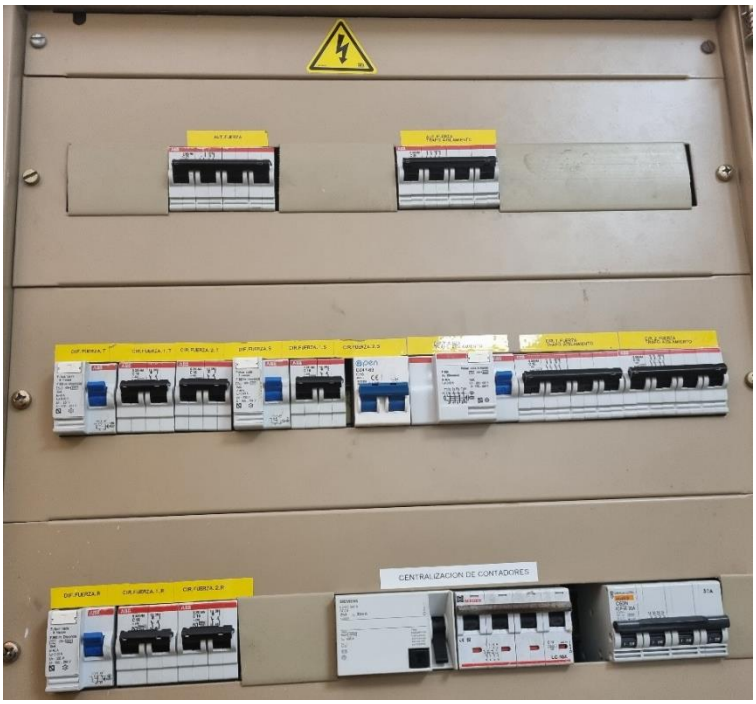


Ilustración 40: Fotografía cuadro eléctrico instalaciones electrotécnicas de interior.

En un par de aulas existen máquinas muy características que requieren de un cuadro eléctrico particular como se puede ver en las siguientes imágenes.

En el caso de la instalación de singulares se imparten conocimientos sobre domótica lo cual hace que el cuadro eléctrico difiera del resto de aulas de enseñanzas más convencionales. Se puede ver que contiene los circuitos para los ordenadores para la iluminación, también un circuito de fuerza y unos contadores inteligentes. Lo más singular es el sistema de comunicación inteligente formado por el smartlink y el homelink, que sirven para conectar y programar un sinfín de aplicaciones.

Ilustración 41: Fotografía cuadro eléctrico instalaciones automatizadas.

Por último, el cuadro eléctrico del aula de analogía electrónica en el cual se estudia con equipos tecnológicos muy sensibles, como el SAI o un RACK, que necesitan de unas protecciones especiales y de un analizador de redes como se puede observar a continuación:

Ilustración 42: Fotografía cuadro eléctrico de analogía electrónica.

4.3. SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN.

El edificio cuenta con un sistema de calefacción alimentado por una caldera de gas natural canalizado. La instalación de calefacción se divide principalmente entre el cuarto de la caldera, compuesto por diversos equipos, el circuito de tuberías que transporta el agua y los radiadores distribuidos. No tiene instalado sistema de ventilación artificial ni tampoco equipos de aire acondicionado.

4.3.1. Esquema general de la instalación de calefacción.

Como se puede observar en las imágenes posteriores del cuarto de la caldera para que el sistema de calefacción funcione se necesitan ciertos equipos que se detallarán después. El cuarto de la caldera está formado por la propia caldera de gas en este caso, la chimenea, la bomba, un vaso de expansión, tuberías de agua tanto de impulsión como de retorno, las válvulas pertinentes, tuberías de gas, contador, detector de fugas, aparatos de medida como sondas térmica y manómetros, y un cuadro eléctrico específico.

Ilustración 43: Fotografía del cuarto de caldera, parte del sistema de calefacción.

La caldera de gas es un equipo generador que permite disponer de agua caliente sanitaria y calefacción de forma instantánea, mediante la combustión de gas en el quemador. Es el sistema de calefacción más extendido. Su instalación ha de llevarse a cabo por un instalador certificado.

El agua de retorno entra a la caldera si está por debajo de cierta temperatura de consigna para volver a aumentar su temperatura sino pasa por el baipás. Una vez caliente, el agua se envía por las tuberías de impulsión hasta los elementos de irradiación, en este caso, radiadores. Se trata de un circuito cerrado que recorre todo el edificio. Es necesario evacuar los humos generados en la combustión del gas natural y para ellos en la salida de la caldera se ubica una chimenea.

En este instituto el funcionamiento de la caldera sirve exclusivamente para calefactar y es una caldera de media potencia de la gama CPA-BT de Baxi Roca [1]. El quemador es el modelo Tecno 28-G de la marca Roca también, cuya ficha de características se expone a posteriori. Y en la cual se puede apreciar que es modulable contando con dos llamas.[2]

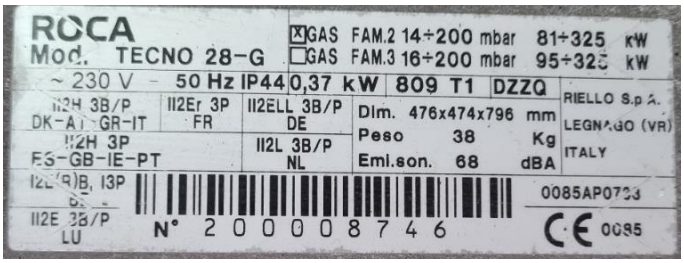


Ilustración 44: Fotografía de la etiqueta de características del quemador.

Tabla 2: Ficha de características técnicas del quemador fuente.[22]

MODELO			TECNO 28-G		TECNO 38-G		TECNO 50-G	
POTÊNCIA (1)	2.ª llama	kW Mcal/h	163 - 325 140 - 280		232 - 440 200 - 378		290 - 581 249 - 500	
	min. 1ª llama	kW Mcal/h	81 70		105 90		116 100	
COMBUSTIBLE			GAS NATURAL: G20 - G21 - G22 - G23 - G25					
			G20	G25	G20	G25	G20	G25
- Poder Calorífico Inferiorr		kWh/Nm³ Mcal/Nm³	10 8,6	8,6 7,4	10 8,6	8,6 7,4	10 8,6	8,6 7,4
- Densidad absoluta		kg/Nm³	0,71	0,78	0,71	0,78	0,71	0,78
- Caudal máximo		Nm³/h	32	38	44	51	58	68
- Presión al máximo caudal (2)		mbar	7,5	11,1	6,6	9,7	7,2	10,6
FUNCIONAMIENTO			• Intermitente (mín. 1 paro en 24 horas). • 2 llamas (2.ª y 1.ª) o 1 llama (todo - nada)					
UTILIZACIÓN			Calderas: de agua, a vapor y aceite térmico					
TEMPERATURA AMBIENTE		°C	0 - 40					
TEMPERATURA AIRE COMBURENTE		°C max	60					
ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA		V Hz	230 ~ +/-10% 50 - monofásica				230-400 com neutro ~ +/-10% 50 - trifásica	
MOTOR ELÉCTRICO		rpm W V A	2800 250 220 - 240 2,1		2800 420 220 - 240 2,9		2800 650 220/240-380/415 3 - 1,7	
CONDENSADOR MOTOR		µF/V	8/450		12,5/450			
TRANSFORMADOR DE ENCENDIDO		V1 - V2 I1 - I2	230 V - 1 x 8 kV 1 A - 20 mA					
POTENCIA ELÉCTRICA ABSORBIDA		W max	370		600		750	
GRADO DE PROTECCIÓN			IP 44					
CONFORMIDAD DIRECTIVAS CEE			90/396 - 89/336 - 73/23 - 92/42					
NIVEL SONORO (3)		dBA	68		70		72	
HOMOLOGACIÓN		CE	0085AP0733		0085AP0734		0085AP0735	

(1) Condiciones de referencia: Temperatura ambiente 20ºC - Presión barométrica 1000 mbar - Altitud sobre el nivel del mar 100 metros.
(2) Presión en la toma 8)(A)p.3, con presión cero en la cámara de combustión, con el disco del gas 2)(B)p.7 abierto y a la potencia máxima del quemador.
(3) Presión acústica medida en el laboratorio de combustión del constructor, con quemador funcionando en caldera de prueba a la máxima potencia.

Ilustración 45: Fotografía del panel de la caldera de gas.

El panel de la caldera permite seleccionar el modo manual y controlar desde este mismo el funcionamiento, encendido y apagado y las temperaturas de funcionamiento de las llamas. También incluye unos indicadores luminosos y un termómetro que informan del funcionamiento.

La bomba de circulación es una máquina que se utiliza para hacer recircular el agua dentro de un sistema de calefacción. Es algo así como el corazón del circuito de calefacción, el cual por sí mismo no tendría manera de impulsar el agua por la red de tuberías. Antes de la entrada a la bomba va instalada una válvula de tres vías para que pase el agua recirculada y para el recalentado. Este es el circulador MC-50-II de la marca Baxi Roca y es tipo brida. Posee dos velocidades de 1.660 y 2.600rpm.[23] [24]

Ilustración 46: Fotografía de la bomba de impulsión.

El vaso de expansión es un elemento de seguridad que se encarga de absorber el aumento de presión del agua que se origina en el circuito de ACS o calefacción cuando se calienta el agua. Este en particular tiene una capacidad de 80 litros, precarga a 1,5 bares y con presión máxima de 6 bares y pertenece a la serie CMF de la marca Varem.[25]

Ilustración 47: Fotografía del vaso de expansión.

El contador de gas es un dispositivo que se encarga de medir el gas natural que una instalación ha consumido a lo largo del periodo de facturación. En este caso, es de la marca Actaris, modelo G16 y mide en metros cúbicos.[26]

Ilustración 48: Fotografía del contador de gas.

El detector de fugas es un dispositivo que detecta la presencia de gases en un área, especialmente diseñado para garantizar un sistema de seguridad. En esta instalación, el detector es de la marca Sentinel modelo GSX-MET.[27]

Ilustración 49: Fotografía del detector de fugas de gas.

El cuadro eléctrico contiene los elementos necesarios para dar suministro eléctrico a todos los dispositivos de la sala que lo requieran como puede ser la bomba de circulación del agua o los termos eléctricos. Además de los interruptores y diferenciales necesarios para controlar y proteger los diferentes equipos que componen el cuarto de la caldera.

El temporizador de funcionamiento de la caldera es un dispositivo que maneja el encendido y apagado de la caldera. Este en concreto es la centralita de regulación Elfatherm E25-M de Baxi Roca, que consta de un reloj analógico semanal, el cual requiere que una persona este pendiente de su regulación cuando se producen cambios en las jornadas lectivas o en los periodos vacacionales que afectan al uso del edificio.[28]

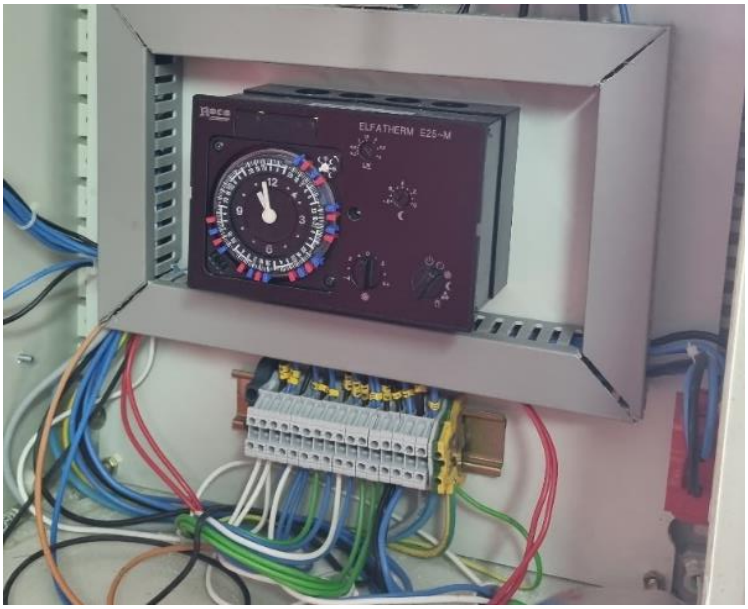


Ilustración 50: Fotografía del programador de la caldera.

Los radiadores de agua caliente están repartidos por algunas de las estancias que conforman el edificio en cuestión. En el edificio se han instalado los de la marca Ferroli, concretamente el modelo Xian-700 que puede variar el número de elementos adaptando así la potencia y ajustándose a los distintos espacios disponibles. Están fabricados en aluminio que son los del material más utilizado debido a su económico precio. Estos radiadores emiten el 80% del calor mediante convección y el 20% por radiación. Además, tienen muy alta velocidad de respuesta.[29]

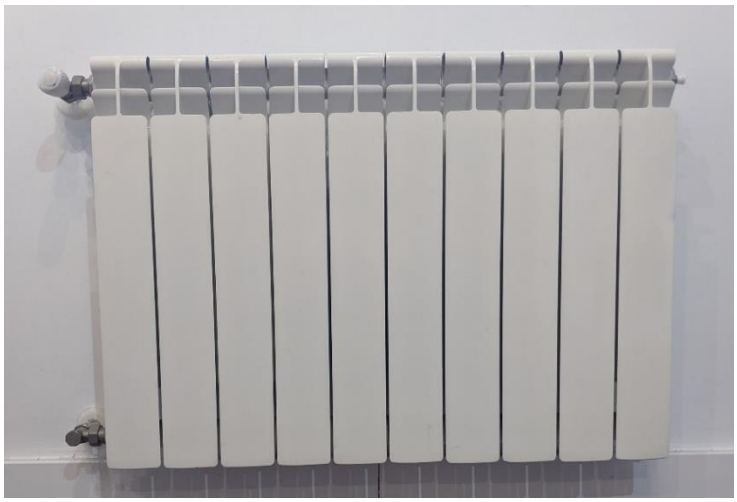


Ilustración 51: Fotografía de un radiador Xian-700 de 10 elementos.

4.4. SISTEMA DE PRODUCCÍON DE AGUA CALIENTE SANITARIA.

En el cuarto de la caldera, se ubica la base de la instalación para el suministro de agua caliente sanitaria (ACS) formada por unos termos eléctricos y un medidor de la cantidad de agua. De este parten una serie de circuitos de tuberías que suministran agua caliente y fría a los grifos distribuidos por el edificio.

4.4.1. Esquema general de la instalación de agua caliente sanitaria.

La instalación para el suministro de ACS se compone del conjunto de válvulas y tuberías, además de un par de termos eléctricos. Esta instalación abastece en su mayoría a los baños del edificio y alguna aula. Se puede observar en la siguiente fotografía varias derivaciones, de izquierda a derecha, las dos primeras abastecen agua fría a grifos y las dos siguientes (de menor diámetro) a los inodoros. Las tuberías que salen de los termos son las que suministran el agua caliente a los grifos. En este caso, se impulsa agua fría obtenida de la red de abastecimiento local de modo que el circuito es abierto, es decir, no se recircula el agua.

Ilustración 52: Fotografía del cuarto de la caldera, parte del sistema de ACS.

El contador es un dispositivo que mide la cantidad de agua que circula por una tubería. Este es del tipo magnético y de la marca Arad y modelo WST50.[30]

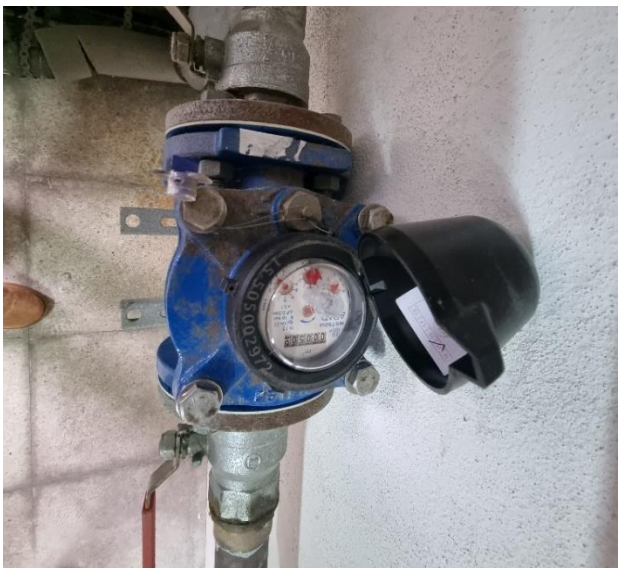


Ilustración 53: Fotografía del contador de agua.

Los termos eléctricos son unos equipos que producen agua caliente sanitaria mediante resistencias eléctricas por el efecto Joule que transforma la energía eléctrica en calor. Para esta instalación se utilizan dos generadores de calor, ambos son el mismo modelo TE-50 de la marca Cointra con una capacidad de 50 litros.[31]

Ilustración 54: Fotografía de los termos eléctricos.

Esta instalación está compuesta por tuberías de agua fría y caliente, las primeras son las que abastecen al generador y ambas pueden suministrar agua a los aparatos de consumo finales. Además, hay que tener en cuenta que, para el funcionamiento del circuito, es necesario el uso de uniones como codos, soportes y otros elementos como dilataciones.

Los tipos de válvulas para agua potable que se emplean son las de bola o esfera, las de compuerta y las de mariposa (obturador). Estas permiten regular el paso del agua, permitiendo o restringiendo su paso.

Los elementos o puntos terminales de consumo, en este caso específico, son los grifos y los inodoros que están ubicados en los baños principalmente. Existe en algún aula, de forma puntual, alguna toma de agua. Únicamente se han colocado grifos para el uso en los lavabos no se dispone de duchas.

El sistema de desagüe: la evacuación de aguas residuales en edificios es posible gracias a una red de drenaje formada por tuberías plásticas con las características adecuadas, que permite agrupar y encaminar estos fluidos, desde su origen hasta los sistemas colectores públicos. El agua desperdiciada por cada aparato se mueve a la trampa, una tubería con forma de P que retiene el agua. Esta cantidad de agua se encarga de evitar que los gases tóxicos e inflamables de la alcantarilla accedan al edificio.

5. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL EDIFICIO.

5.1. CONSUMO DE ELECTRICIDAD

5.1.1. Facturación eléctrica.

Para poder comprender como es la facturación de la electricidad y realizar un buen análisis es fundamental definir como es una factura eléctrica tipo. Los componentes de esta son que se especifican a continuación[32]:

- Término de Potencia (TP): Se puede definir el precio que pagas por la potencia eléctrica contratada para tu instalación y tiene un coste fijo anual. Es decir, es la cantidad máxima de energía simultánea que tu instalación va a soportar y que se contrata en función del consumo, instalación y uso que se da a la energía.
  Se calcula a partir de la potencia contratada (kW) multiplicada por el coste unitario en €/kW y se expresa su valor en €.
  La potencia se contratará en función de la potencia instalada y el grado de utilización estacional de la misma. Generalmente las compañías ofrecen el precio en €/kW y año. Un exceso de potencia consumida puede dar lugar a recargos.
- Término de Energía (TE): hace referencia a la electricidad consumida y por ello es un concepto de la factura eléctrica que va variando mes a mes. Sus cambios dependen del consumo realizado por el usuario.
  Se calcula a partir de la energía consumida (kWh) y registrada por los equipos de medida multiplicada por el coste unitario en €/kWh, durante el período de facturación. También aparece expresada en € en la factura.
- Recargos Energía Reactiva (Ter): Se encuentra sujeta a las condiciones de facturación establecidas en el artículo 9.3 del Real Decreto1164/2001. Si la energía reactiva inductiva que aparece en nuestra instalación es inferior al 33% de la energía activa utilizada, no habrá penalización. Hasta el 33% nunca se paga. Se paga cada kVArh extra, si se supera este 33%.
  Se calcula a partir de la energía reactiva consumida (kVArh) y registrada por los equipos de medida multiplicada por el coste unitario en €/kVArh, durante el período de facturación. Se facturará en función del valor de factor de potencia de la instalación y solo los excesos del cos fi < 0,95.
- Alquiler del Equipo Medida: Es la cantidad mensual que se paga a la empresa eléctrica cuando el contador es propiedad de ésta. Se regula anualmente a través de una Orden del Ministerio de Energía e Industria. El coste es fijo y anual. El usuario puede ser propietario del equipo de medida y en este caso no pagaría este concepto en su factura.
- Impuesto Especial sobre la Electricidad (IEE): Se encarga de gravar tanto la potencia que se tiene contratada como el consumo de electricidad y se conoce como un impuesto indirecto. Este tributo es establecido por la Ley 66/1997 y se

encuentra regulado por la Ley 38/1992 de Impuestos Especiales. El tipo impositivo habitual es 5,113% pero durante un periodo de tiempo el RDL 27/2021 rebaja el mismo al 0,5% y otras medidas del gobierno extienden este plazo hasta el 31 de Diciembre de 2023.

Se calcula multiplicando el tipo impositivo que marca la ley por la suma del término de energía más el termino de potencia.

- Impuesto sobre el Valor Añadido (IVA): Es un tributo que se debe abonar en cada recibo energético que te facturan y, actualmente, se encuentra reducido al 5% para instalaciones de una potencia menor a 10kW. La reducción actual de IVA durará hasta el 31 de diciembre de 2023, después de la prórroga del Gobierno. Su valor habitual anterior era el 21%, también denominado IVA general. El Real Decreto-ley 11/2022, del 25 de junio, además, indica que se mantendrá el IVA reducido siempre que el precio en el mercado mayorista sea superior a 45€ por MWh.

  Se calcula aplicando el porcentaje establecido a la base imponible de la factura que suma todos los términos anteriores detallados. Es decir, graba a todos los conceptos de la factura y por ello una rebaja supone un ahorro considerable.

A continuación, se muestra algún ejemplo de las facturas eléctricas proporcionadas por el centro de formación para realizar el análisis de consumo registrado en el centro de transformación y como se puede observar los componentes, los coeficientes aplicados y la forma de calcular los importes han variado de la una a la otra.

En las facturas anteriores al 1 de Junio de 2021 los importes de la factura se calculaban como la suma de los conceptos:

- Energía eléctrica.
- Tarifa de acceso.
- Termino de potencia.
- Excesos/Bonificaciones de potencia.
- Suplemento Territorial 2013.
- Alquiler Equipo de Medida.
- Importe Impuesto Especial Eléctrico.
- Importe Impuesto Valor Añadido.

En las facturas posteriores al 1 de Junio 2021, debido a la entrada en vigor de una reforma, se modifica la estructura y la manera de calcular las facturas de electricidad. Algunos términos se mantienen y otros son reemplazados por otros nuevos de una naturaleza similar introduciendo variaciones principalmente en los coeficientes utilizados y en los periodos de distribución horaria.[33] De esta forma, las facturas actuales se calculan como el sumatorio de los siguientes conceptos:

- Energía eléctrica.
- Tarifa de acceso.

- Termino de potencia.
- Cargos por Potencia Contratada.
- Cargos por Energía Consumida.
- Alquiler Equipo de Medida.
- Importe Impuesto Especial Eléctrico.
- Importe Impuesto Valor Añadido.

Como se puede observar se modifica la forma de calcular los costes fijos y los variables y no se producen cambios en los tres últimos.

- Dentro del término fijo y el variable, referidos respectivamente a la parte de potencia contratada y a la energía consumida, los consumidores pagan los peajes, que sirven para cubrir los costes de transportar la energía y distribuirla por los hogares. Los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución se determinan conforme a la metodología de la Circular 3/2020 y los precios concretos serán publicados anualmente en la correspondiente resolución de precios.[34]
- Dentro del término fijo se pagan los cargos al sistema eléctrico, que incluyen gastos por subvenciones a las energías renovables, compensación del déficit acumulado en años pasados por no haber cubierto gastos, ayudas a los sistemas no peninsulares, entre otros. Los cargos para recuperar el resto de los costes del sistema se determinan conforme a la metodología establecida en el Real Decreto 148/2021.[35] La Orden TED/371/2021, de 19 de abril, establece los precios de los cargos del sistema eléctrico y de los pagos por capacidad que resultan de aplicación a partir del 1 de junio de 2021.[36]

La Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) será la encargada de establecer el precio de los peajes cuando cambie la factura. Mientras que el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico establecerá los cargos del sistema, para ello ha seguido la estructura propuesta por la CNMC.[37]

Se ha suprimido de las nuevas facturas eléctricas los términos:

- Sistema de bonificaciones y excesos de potencia contemplado en el Real Decreto 1164/2001 que regulaba los antiguos peajes 3.0 A y 3.1 A.
  La Circular 3/2020 introduce varias modificaciones como la separación de la facturación de la potencia contratada y de la potencia demandada, también elimina la flexibilidad del 85%-105%, es decir, se factura todo el exceso de potencia respecto de la contratada y además modifica el precio del exceso de potencia.

- Suplemento territorial: es un cargo extra en la factura de la electricidad y será aplicado en las facturaciones a cada una de las personas titulares de los puntos de suministro de energía eléctrica que contasen con contratos en vigor entre el

1 de enero y el 31 de diciembre de 2013, aunque hayan cambiado de comercializadora, y estén o no en mercado regulado. Será fraccionado en partes iguales superiores a 1 euro por las empresas comercializadoras en las facturas emitidas en el plazo máximo de 12 meses a partir de la primera regularización.
Tras la orden TEC/271/2019, que entró en vigor el 6 septiembre de 2019, los suplementos territoriales vuelven a cobrarse, esta vez en Andalucía, Aragón, Principado de Asturias, Cantabria, Castilla y León, Extremadura, Galicia, Madrid, Región de Murcia, Navarra y Cataluña.[38]

En referencia al conjunto de facturas utilizadas para el análisis, que se trata de 24 facturas generadas por la Comercializadora EDP y facilitadas por la secretaría del centro de formación al que pertenece el edificio en estudio. Estas facturas abarcan un periodo de 24 meses, desde Diciembre de 2019 hasta Noviembre de 2021 y en ellas se ve reflejado el cambio de metodología en la facturación de la ya mencionada circular 3/2020 y también otra serie de medidas aplicadas por el Gobierno a través de Reales Decretos.

En relación con los conceptos que componen las facturas, se ha de señalar ciertas puntualizaciones particulares al caso en estudio:

- El IVA al no tratarse de un tipo de instalación de menos de 10kW se ha mantenido durante todo el periodo de facturación en su valor habitual del 21%.
  El importe final que supone depende del resto de términos de la factura ya que su valor se mantiene constante durante el periodo de la facturación.
- El IEE en cambio sí que se ha visto rebajado en la facturación de un 5.1269% a un 0.5%, esto cambia por primera vez en la factura de Julio de 2021. Suponiendo una disminución considerable en el importe generado por este tributo. Tomando ejemplo el dato del mes mencionado antes que es de 16.96€ y el mes anterior, de Junio de 2021 que es de 257.22€, se aprecia la influencia de la reducción.
- El Alquiler del Equipo de Medida no supone en este caso concreto un importe significativo puesto que el consumo de energía y la potencia contrada es bastante alto. Dependiendo del número de días del mes a facturar puede variar ligeramente entre 36.69€.35.51€ y 33.14€.
- La Energía Reactiva tiene aplicación para este tipo de instalación al ser de más 15kW. En las facturas simplemente viene registrada en una tabla con el resto de los consumos, pero en ninguna factura se supera el límite del 33% de energía activa, por lo tanto, no se penaliza ni supone un coste en la facturación.

El resto de los conceptos, como es el consumo de energía o la potencia contratada, se van a detallar en adelante en diversos aparatados ya que necesitan de un análisis más profundo y extenso.

DUPLICADO

Factura electricidad

Datos del contrato

Titular del contrato:
CENTRO INTEGRADO DE FORMACIÓN PROFESIONAL Nº 1
Domicilio: Francisco Rivas Moreno nº2,
39011 SANTANDER, Cantabria
CIF / NIF: [redacted] CUPS: [redacted]
Dirección del suministro:
Francisco Rivas Moreno 2,
39011 , SANTANDER - Cantabria
Nº Cta. Contrato: [redacted] Tarifa ATR: 3.1A
Nº de factura: 31200000025463
Fecha de emisión: 07-03-2020 Fecha de vencimiento: 06-05-2020
Periodo de facturación: 01-02-2020 a 29-02-2020

[redacted]

CENTRO INTEGRADO DE FORMACIÓN PROFESIONAL Nº
Francisco Rivas Moreno nº2,
39011 SANTANDER, Cantabria
España

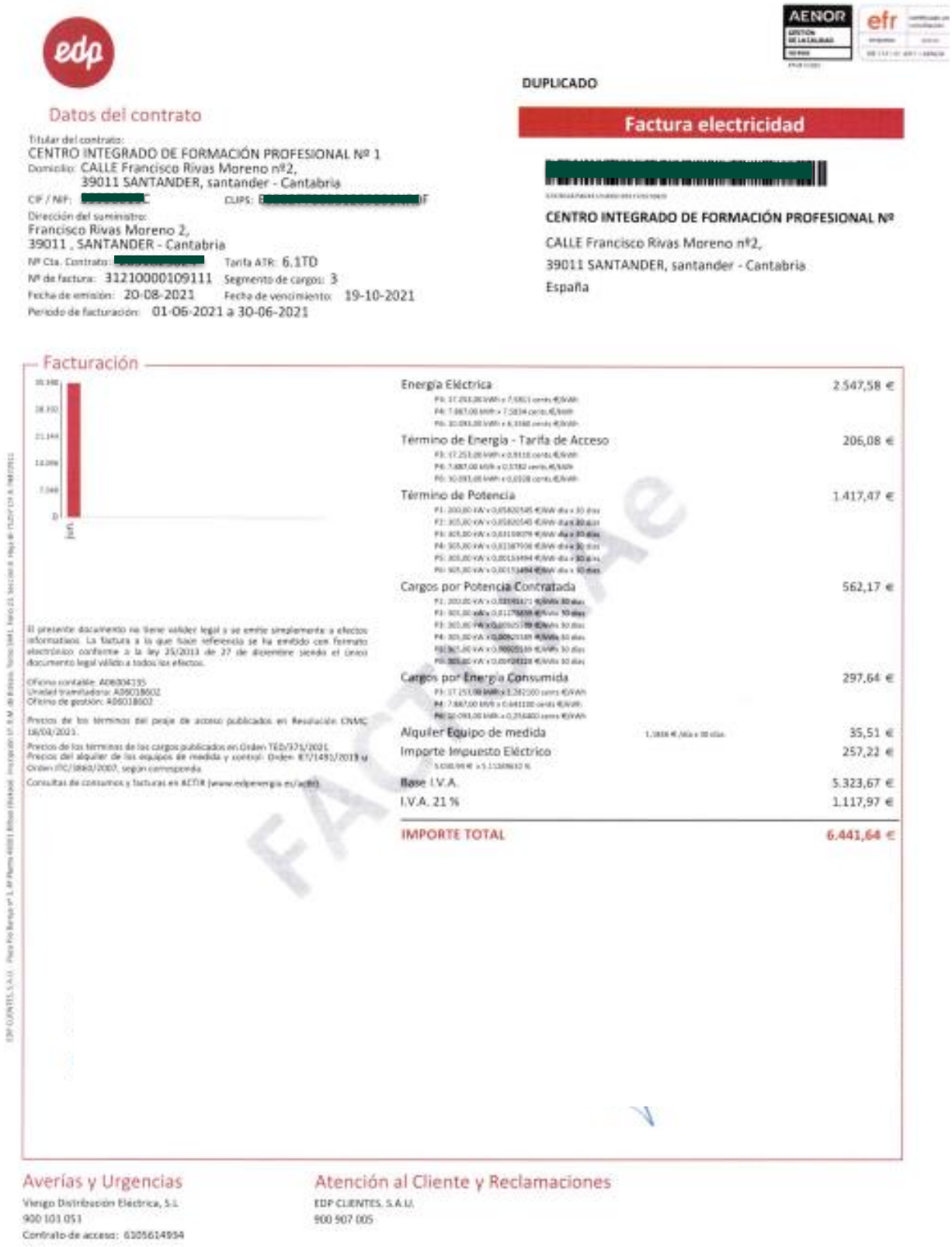
Facturación

Energía Eléctrica	3.476,81 €
Término de Energía - Tarifa de Acceso	553,70 €
Término de Potencia	2.021,67 €
Excesos / Bonificación Potencia	-227,40 €
Suplemento territorial 2013 (*) 01-01-2013 a 31-12-2013	58,63 €
Alquiler Equipo de medida	34,23 €
Importe Impuesto Eléctrico	300,80 €
Base I.V.A.	6.218,44 €
I.V.A. 21 %	1.305,87 €
IMPORTE TOTAL	7.524,31 €

Averías y Urgencias
Viesgo Distribución Eléctrica, S.L.
900 101 051
Centro de acceso: 8105399516

Atención al Cliente y Reclamaciones
EDP Comercializadora, S.A.U.
900 907 005
lineasempresas@edpenergia.es

Ilustración 55: Factura de electricidad de Febrero 2020.



DUPLICADO

Factura electricidad

Datos del contrato

Titular del contrato:
CENTRO INTEGRADO DE FORMACIÓN PROFESIONAL Nº 1
Domicilio: CALLE Francisco Rivas Moreno nº2,
39011 SANTANDER, santander - Cantabria
CIF / NIF: [redacted] CUPS: [redacted]
Dirección del suministro:
Francisco Rivas Moreno 2,
39011 , SANTANDER - Cantabria
Nº Cta. Contrato: [redacted] Tarifa ATR: 6.1TD
Nº de factura: 31210000109111 Segmento de cargos: 3
Fecha de emisión: 20-08-2021 Fecha de vencimiento: 19-10-2021
Periodo de facturación: 01-06-2021 a 30-06-2021

[redacted]

CENTRO INTEGRADO DE FORMACIÓN PROFESIONAL Nº
CALLE Francisco Rivas Moreno nº2,
39011 SANTANDER, santander - Cantabria
España

Facturación

Energía Eléctrica	2.547,58 €
Término de Energía - Tarifa de Acceso	206,08 €
Término de Potencia	1.417,47 €
Cargos por Potencia Contratada	562,17 €
Cargos por Energía Consumida	297,64 €
Alquiler Equipo de medida	35,51 €
Importe Impuesto Eléctrico	257,22 €
Base I.V.A.	5.323,67 €
I.V.A. 21 %	1.117,97 €
IMPORTE TOTAL	6.441,64 €

Averías y Urgencias
Viesgo Distribución Eléctrica, S.L.
900 101 051
Contrato de acceso: 6305614954

Atención al Cliente y Reclamaciones
EDP CLIENTES, S.A.U.
900 907 005

Ilustración 56: Factura eléctrica de Junio 2021.

5.1.2. Tarifa eléctrica.

Como se puede leer en la ilustración de la factura de Febrero de 2020, la tarifa de acceso de terceros a la red (ATR) de parte de las facturas es la tarifa 3.1A. Se trata de una tarifa

de media o alta tensión dirigida a instalaciones de cierto tamaño y que realizan importantes consumos. Es decir, una tensión entre 1 kV y 36 kV y una potencia inferior a 450 kW.[39]

El horario consta de tres periodos horarios tanto para la energía como para la potencia siendo estos, Punta, Llano y Valle, durante la semana y para días no festivos. El fin de semana y los días festivos, tiene dos períodos horarios el Valle y el Llano, que no modifican su horario al realizar el cambio de hora de invierno. Los meses considerados de invierno son Enero, Febrero, Marzo, Noviembre y Diciembre. Los meses que se incluyen dentro de verano son Abril, Mayo, Junio, Julio, Agosto, Septiembre y Octubre. El periodo de punta se asocia al peaje P1, el de llano a P2 y el de valle a P3 como se muestra en la siguiente ilustración:

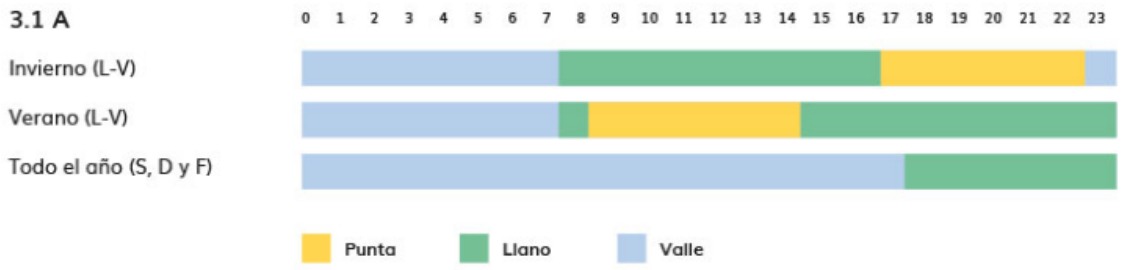


Gráfico 4: Distribución por periodos para la península Tarifa 3.1A.[40]

En esta tarifa se utiliza un maxímetro, el cual es de obligada instalación, para detectar si se ha sobrepasado dicha potencia contratada. La potencia facturada es una relación matemática entre la potencia contratada y la potencia registrada por el maxímetro, según las siguientes normas[41]:

- Si la potencia registrada no alcanza el 85% de la contratada, se facturará el 85% de la potencia contratada.
- Si la potencia registrada se encuentra entre el 85% y el 105% de la contratada, se facturará el 100% de la potencia contratada.
- Si la potencia registrada supera el 105% de la contratada, se calculan los excesos en base a una simple fórmula: PF=PR+2*(PR-105%*PC), siendo PF la potencia a facturar, PR la potencia registrada y PC la potencia contrada.

Otra parte de las facturas tienen una tarifa 6.1TD, como se puede comprobar en la factura anterior de Julio de 2021, ya que el centro de transformación que alimenta al complejo educativo está conectado en una red de tensión comprendida entre 1 kV y 30 kV, de alto consumo energético. Este cambio viene marcado por la entrada en vigor de la nueva estructura de peajes, el 1 de Junio de 2021, de la circular ya comentada 3/2020 de la CNMC.

Es un tipo de tarifa eléctrica dividida en 6 periodos horarios (P1 a P6) tanto para la energía como la potencia, en función de la temporada, el día de la semana y la hora del día. El precio varía según el periodo horario en el que se encuentre y si es temporada

baja, media o alta. La potencia contratada debe ser superior a 0 kW y se puede establecer el valor que se quiera. Las potencias contratadas en los diferentes periodos serán tales que la potencia contratada en un periodo Pn+1 sea siempre mayor o igual que la potencia contratada en el periodo anterior Pn.[42]

La facturación de la potencia en esta tarifa se lleva a cabo a partir de la curva cuarto-horaria, cuya medición se realiza cada 15 minutos. De esta manera, ha desaparecido la bonificación del 85% de la potencia contratada, que se aplicaba a la anterior tarifa.

En el caso de superar la potencia contratada en alguno de los 6 periodos, los excesos registrados serán facturados al cliente. Asimismo, los usuarios podrán modificar hasta dos veces su potencia contratada de forma gratuita dentro del periodo de un año, a contar a partir del 1 de junio del 2021.[43]

Las temporadas para la península son:

- Temporada alta: enero, febrero, julio y diciembre.
- Temporada media alta: marzo y noviembre.
- Temporada media: junio, agosto y septiembre.
- Temporada baja: abril, mayo y octubre.

Los tipos de días se clasifican de la siguiente forma:

- Tipo A: de lunes a viernes no festivos de temporada alta.
- Tipo B: de lunes a viernes no festivos de temporada media alta.
- Tipo B1: de lunes a viernes no festivos de temporada media.
- Tipo C: de lunes a viernes no festivos de temporada baja.
- Tipo D: sábados, domingos, festivos y festivos nacionales.

En la siguiente tabla se muestra un resumen anual, para saber a cada hora de cada día del mes que periodo de P1a P6 se aplica, los coeficientes asociados a cada peaje van se van reduciendo en valor, es decir, el de P1 es superior al de P6 y por la misma cantidad de energía o potencia se pagaría más.

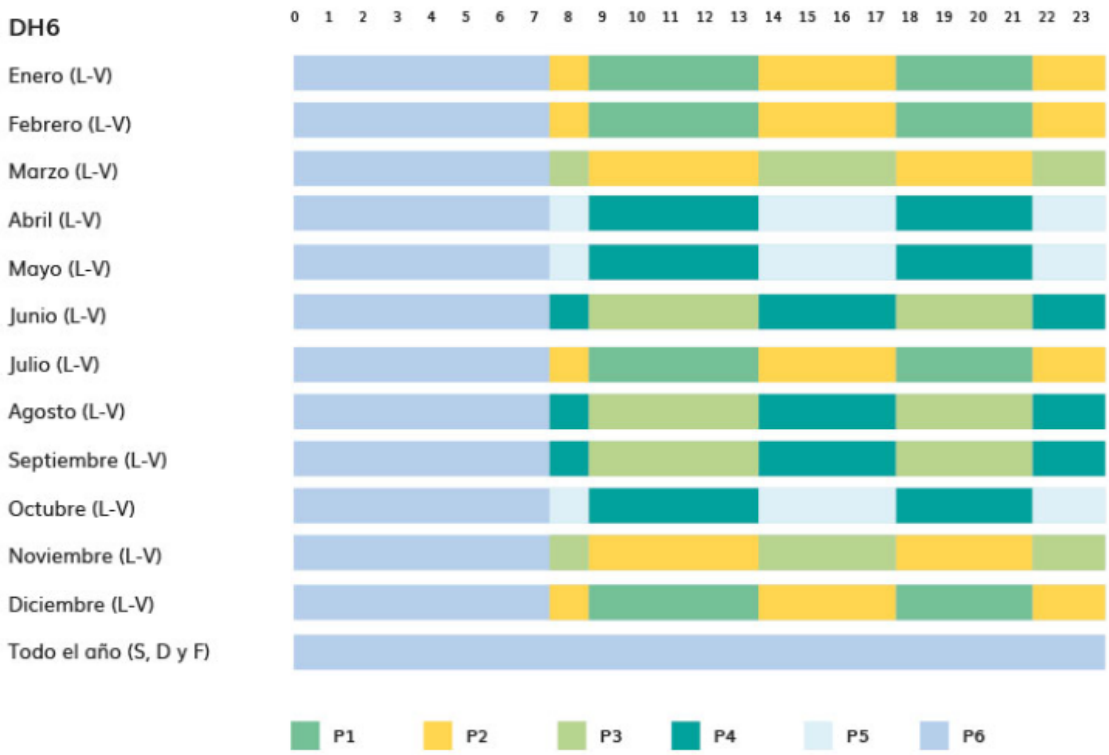


Gráfico 5: Distribución por periodos para la península Tarifa 6.1TD.[40]

Si se realiza una comparación entre la antigua tarifa y la nueva tarifa se observa a priori una mayor complejidad en la distribución de los peajes además del aumento de 3 a 6 periodos. Antes solo se diferenciaban las temporadas de verano e invierno y la nueva tarifa se divide en un total de 4 temporadas. Cada una de ellas se divide en unos determinados meses, los cuales van variando en función del territorio donde se contrate y aplique la tarifa de la luz. Así pues, también añade variaciones en relación con el territorio español, que queda dividido en Península, Ceuta y Melilla, Baleares y Canarias. Cada una de estas zonas dispondrá de una variación para el precio de la energía y la potencia.

5.1.3. Consumo energía.

El cálculo del consumo de energía se ve afectado por el cambio de metodología en la facturación. De modo que, para las facturas de la anterior tarifa 3.1A se cobraba por la cantidad de energía suministrada a la instalación y también por los peajes de acceso repartidos en 3 periodos horarios y para las facturas más actuales de la tarifa 6.1TD, se divide en tres términos que son igualmente la cantidad de energía consumida, los peajes de las redes de transporte y además unos cargos de sistema, todos ellos calculados en función de unos coeficientes repartidos en 6 periodos.

Los importes anteriormente mencionados se calculan de la misma forma, multiplicando la cantidad de energía consumida por su coeficiente correspondiente. Aunque en la nueva tarifa la distribución horaria sea de 6 periodos para cada mes se aplican 3, por lo

que, el sumatorio de energía consumida, de la tarifa de acceso o de los cargos sigue estando compuesto por 3 sumandos. En consecuencia, por la energía consumida se paga por 3 periodos los cuales van variando en función del mes, no como pasa en el cálculo de la potencia que se paga por los 6 periodos todos los meses desde la aplicación de la tarifa 6.1TD.

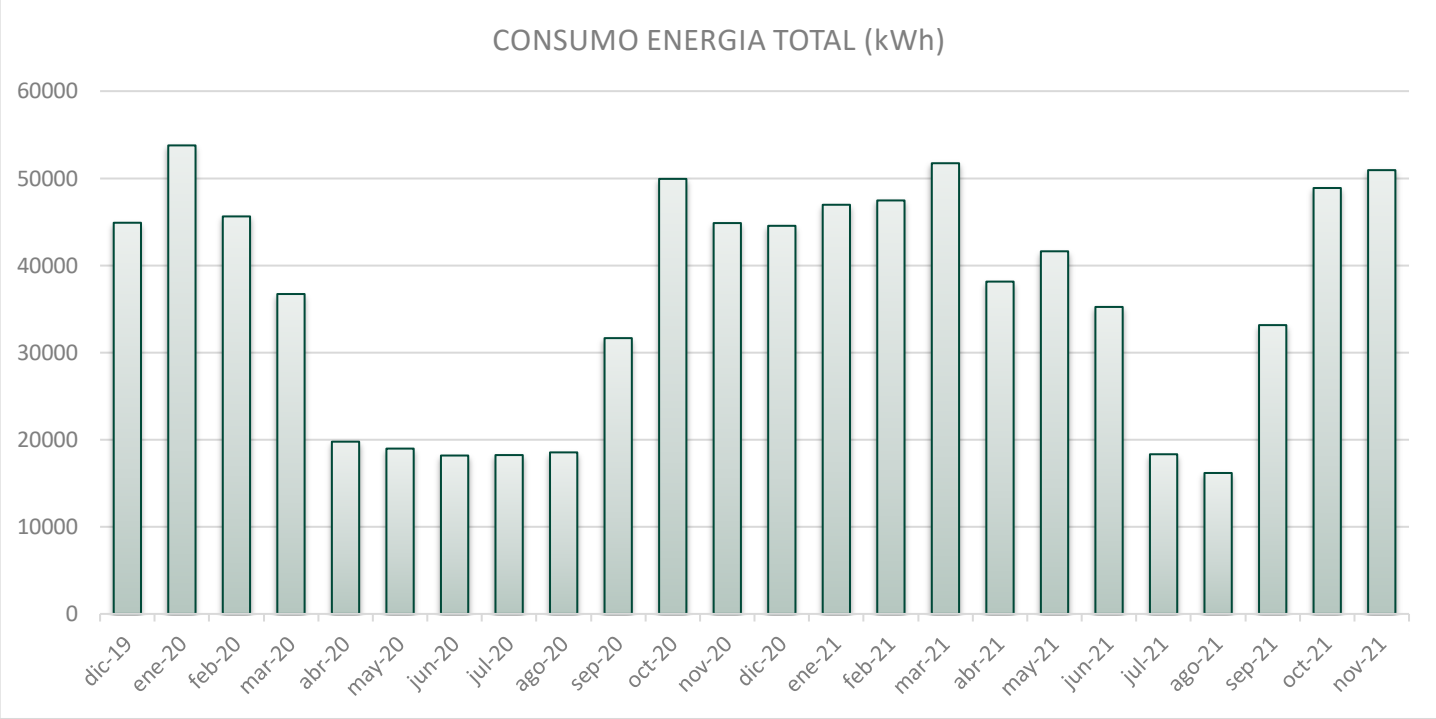


Gráfico 6: Consumo mensual de energía eléctrica.

En el diagrama de barras anterior, se muestra el consumo de energía total eléctrica, la suma de energía de todos los periodos horarios, en un periodo de dos años, es decir, 24 meses.

Se observa claramente un consumo estacional de energía que está relacionado directamente con el uso educativo que tienen las instalaciones alimentadas por el punto de suministro. En los meses estivales se reduce en torno a la mitad el consumo energético en comparación con los meses de otoño e invierno, ya que los cursos escolares de forma general empiezan en el mes de septiembre y acaban en junio.

Se aprecia la influencia de la epidemia mundial Covid-19, ya sea por el confinamiento de la población o cierre de los centros de forma física de forma parcial o total con clases a distancia, que reduce bastante el consumo de electricidad en el instituto en los meses de marzo, abril y de mayo de 2020.

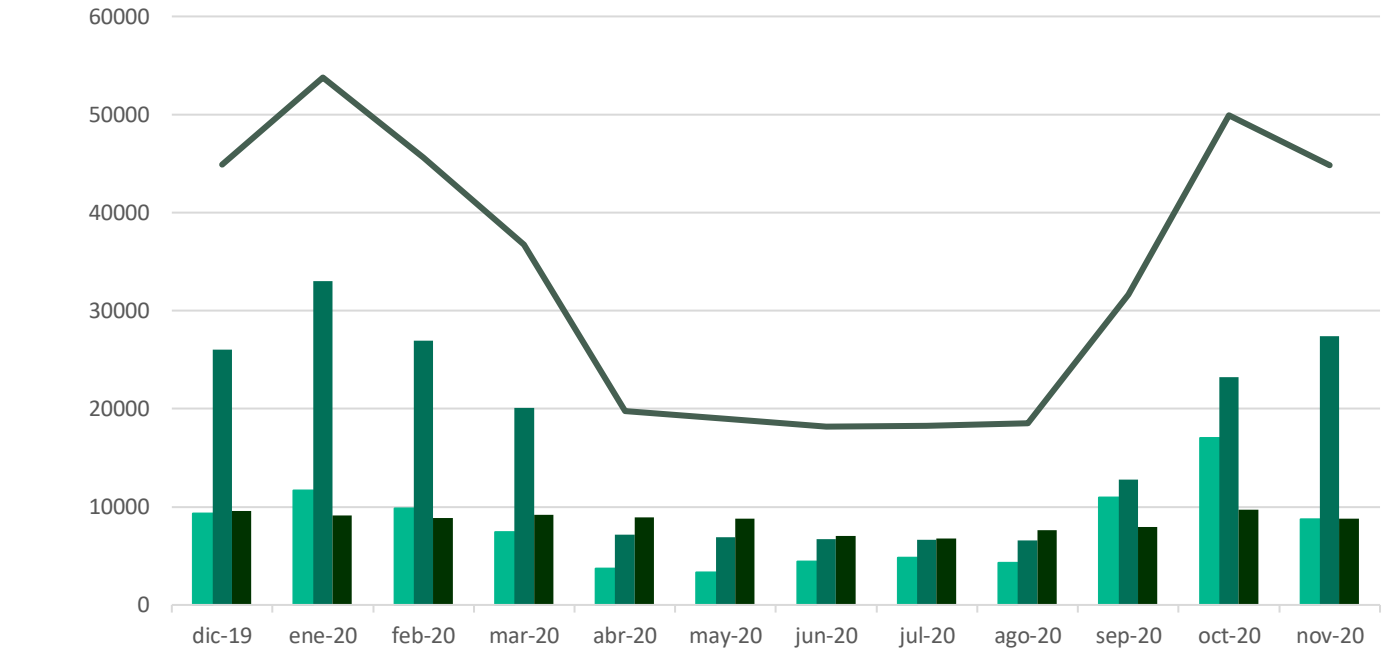
En la siguiente tabla se recogen los valores registrados en las facturas de energía consumida a partir de los cuales se ha representado el grafico anterior:

Tabla 3: Consumo mensual de energía eléctrica.

	ENERGIA (kWh)		ENERGIA (kWh)
Dic-19	44.896	Dic-20	44.544
Ene-20	53.771	Ene-21	46.959
Feb-20	45.622	Feb-21	47.456
Mar-20	36.716	Mar-21	51.728
Abr-20	19.769	Abr-21	38.141
May-20	18.974	May-21	41.620
Jun-20	18.179	Jun-21	35.233
Jul-20	18.232	Jul-21	18.325
Ago-20	18.539	Ago-21	16.175
Sep-20	31.654	Sep-21	33.147
Oct-20	49.931	Oct-21	48.882
Nov-20	44.860	Nov-21	50.933
Total	**401.143**	**Total**	**473.143**

Se ha divido en 2 periodos de 12 meses cada uno el conjunto de las facturas con el fin de realizar ciertas comparativas y representaciones gráficas más optimas y adaptadas al espacio disponible. Como viene expuesto en la última fila de la tabla anterior el total de energía para los primeros 12 meses es de 401.143 kWh mientras que para los últimos es de 473.143 kWh. Esto supone un consumo total durante los dos años que se tiene registro de 874.286 kWh. Esta cierta diferencia en el consumo de energía entre un año y el otro se puede deber a que el primer periodo está afectado por el cierre del centro educativo debido a la pandemia de la Covid-19.

De acuerdo con Red Eléctrica de España (REE), el consumo de kWh mensual de un hogar español medio es de unos 270 kWh, lo que hace un total de 3.272 kWh/año aproximadamente. La cantidad de energía consumida por el complejo educativo es enorme si se compara con el consumo de una vivienda. El consumo eléctrico del grupo de tres institutos equivale al consumo de unas 130 viviendas tipo en nuestro país.

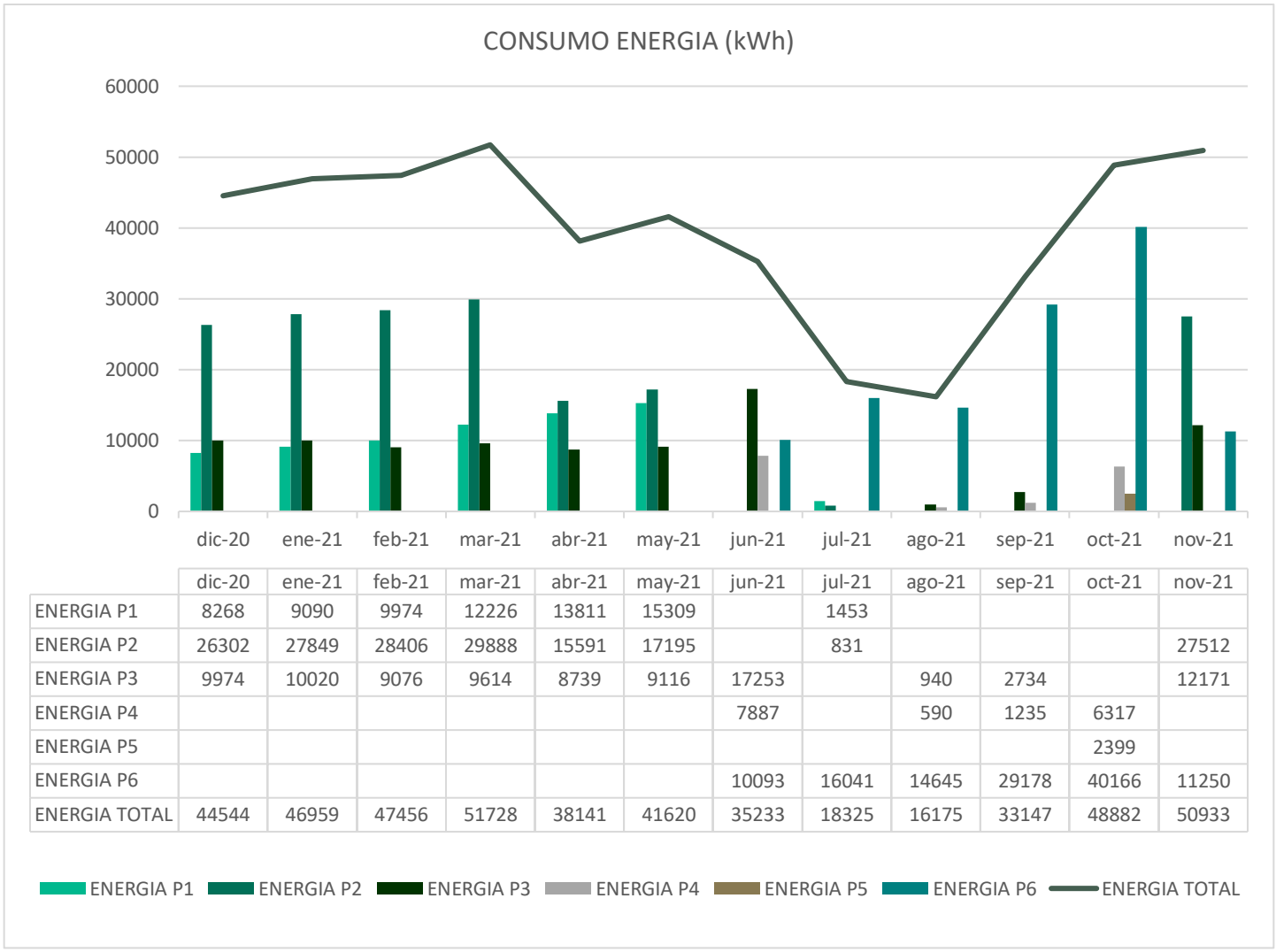


	dic-19	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	jul-20	ago-20	sep-20	oct-20	nov-20
ENERGIA P1	9303	11656	9867	7440	3682	3287	4447	4805	4292	10970	17016	8716
ENERGIA P2	26014	33023	26914	20084	7134	6887	6710	6671	6597	12756	23194	27379
ENERGIA P3	9579	9092	8841	9192	8953	8800	7022	6756	7650	7928	9721	8765
ENERGIA TOTAL	44896	53771	45622	36716	19769	18974	18179	18232	18539	31654	49931	44860

Gráfico 7: Desglose por periodos del consumo mensual de energía (1er Periodo).

En la representación anterior se detalla el consumo eléctrico de los 12 primeros meses de la muestra de facturas con tarifa 3.1A repartido según el periodo horario en el que se produce.

Se distingue claramente que el periodo P2 que se llama periodo de llano es cuando se produce el mayor consumo de energía por las instalaciones. El horario asociado al llano en el periodo de invierno, que entresemana va de 8:00 a 17:00 horas y de 23:00 a 24:00 horas, coincide con el horario lectivo habitual en los centros de enseñanza, por lo tanto, el lógico que sea el periodo de mayor consumo energético. En el periodo de verano, que abarca desde abril hasta septiembre, este horario cambia coincidiendo el horario de punta P1, que de lunes a viernes es desde las 10:00 a las 16:00 horas, coincidiendo con la mañana lectiva. Debido a este cambio en la distribución horaria se aprecia en el gráfico anterior y también en el posterior, que en el P2 se reduce el consumo de energía para los meses de verano.



	dic-20	ene-21	feb-21	mar-21	abr-21	may-21	jun-21	jul-21	ago-21	sep-21	oct-21	nov-21
ENERGIA P1	8268	9090	9974	12226	13811	15309		1453				
ENERGIA P2	26302	27849	28406	29888	15591	17195		831				27512
ENERGIA P3	9974	10020	9076	9614	8739	9116	17253		940	2734		12171
ENERGIA P4							7887		590	1235	6317	
ENERGIA P5											2399	
ENERGIA P6							10093	16041	14645	29178	40166	11250
ENERGIA TOTAL	44544	46959	47456	51728	38141	41620	35233	18325	16175	33147	48882	50933

Gráfico 8: Desglose por periodos del consumo mensual de energía (2º Periodo).

En el gráfico de barras se representa el consumo eléctrico de los 12 últimos meses de la muestra de facturas, seis de estos con tarifa 3.1A hasta mayo y los otros 6 restantes, a partir de Junio con la nueva tarifa 6.1TD.

Se distingue fácilmente la modificación de los periodos horarios, pasando de 3 a 6 diferentes que se varían en función del mes en facturación. Aun así, se sigue repartiendo el día en 3 periodos por que únicamente se observan 3 barras por cada mes, lo que pasa que varían de unos meses a otros. Por ejemplo, en el mes de Junio las 24 horas del día se reparten en los periodos P3, P4 Y P6 mientras que el mes de Julio se dividen entre P1, P1 Y P6.

Por otra parte, es llamativo como a partir de la modificación en la metodología de facturación el periodo que mayor consumo de energía aglutina es el P6 cuyo horario es de 00:00 hasta las 8:00 horas independientemente del mes, es el único periodo que se mantiene invariable durante todo el año. Este horario nocturno no coincide con las jornadas lectivas habituales, pero como no se tiene constancia de la actividad ni los usos

detallados de los otros dos institutos que comparten el centro de transformación con el instituto en estudio pues no se puede definir una explicación válida para este hecho.

5.1.4. Potencia contratada.

La potencia facturada está directamente ligada a la tarifa ATR ya que al cambiar de la antigua tarifa 3.1A a la nueva 6.1TD cambia la forma de facturar y el número de periodos.

Para las facturas con la tarifa antigua, la potencia facturada se calcula multiplicando cada potencia contrada en su periodo por el coeficiente correspondiente y por los días facturados. El precio de los coeficientes va variando de unos años a otros. La potencia contrada según cada periodo viene recogida en la siguiente tabla:

Tabla 4: Potencias contratadas (Antigua Tarifa).

POTENCIA CONTRATADA 3.1A	kW
P1	200
P2	305
P3	305

Además, como ya se ha comentado se utilizaba el sistema de excesos y bonificaciones de potencia, el cual tenía un margen del más 5% y menos 15% de la potencia contrada para cada periodo. En la gran mayoría de facturas se produce la bonificación, en otras palabras, no se llega al 85% de la potencia contratada y esto supone un descuento en la factura, el concepto que aparece precedido con signo menos. En ciertas ocasiones, se supera el 105% de la potencia contrada, se aplica la formula anteriormente expuesta y este término suma un importe a la factura, aparece con un signo más el concepto.

Tomando un ejemplo real, la factura de Octubre de 2020 se llega a una penalización por exceso de potencia de 612.98€, lo cual repercute en el importe final siendo la mayor factura generada, como se puede observar en el gráfico de Gasto Total.

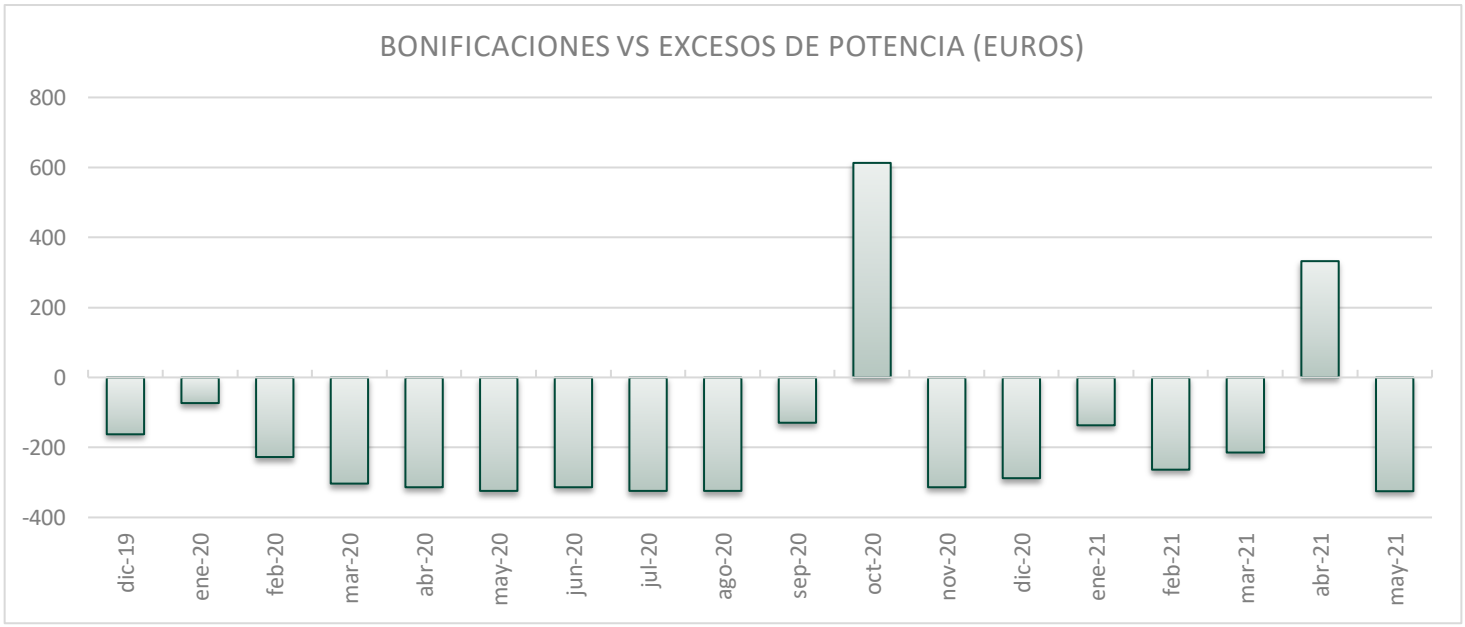


Gráfico 9: Registro de bonificaciones y penalizaciones económicas (Antigua Tarifa).

Para las facturas de la nueva tarifa, desde el 1 de Junio de 2021, la potencia facturada coindice con la contratada, ya que no se registran excesos de potencia. Para esta tarifa el término de potencia se calcula de la misma forma que para la predecesora, solo que pasa a estar compuesta por 6 sumandos correspondientes a los 6 periodos y las potencias contradas para cada periodo se reflejan en la tabla siguiente:

Tabla 5: Potencias contratadas (Nueva Tarifa).

POTENCIA CONTRATADA 6.1TD	kW
P1	200
P2	305
P3	305
P4	305
P5	305
P6	305

Se tienen dos conceptos relacionados con la potencia que son, los llamados en las facturas de EDP, termino de potencia y los cargos por potencia contratada. El primero tiene un peso considerable en el importe final de la factura mientras que el segundo tiene menor peso como se puede apreciar en el siguiente gráfico:

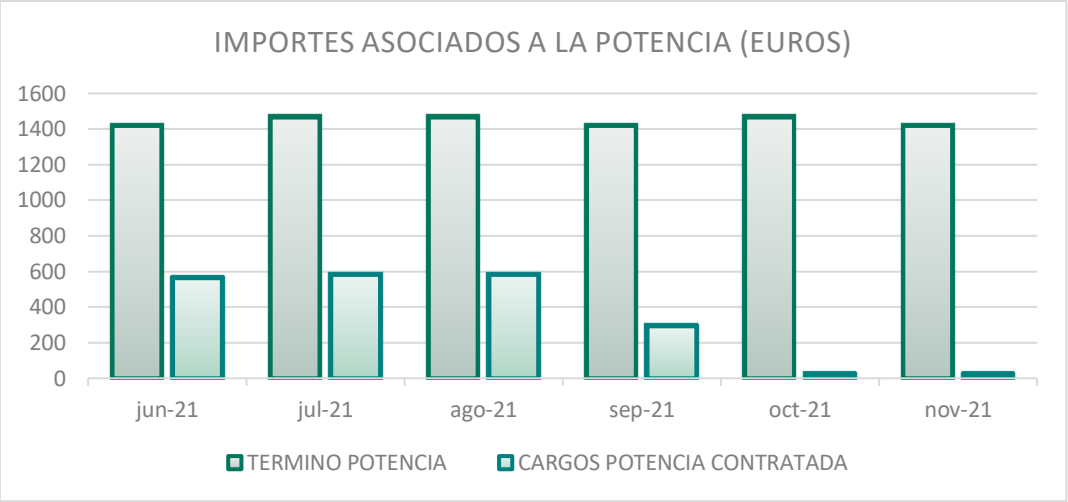
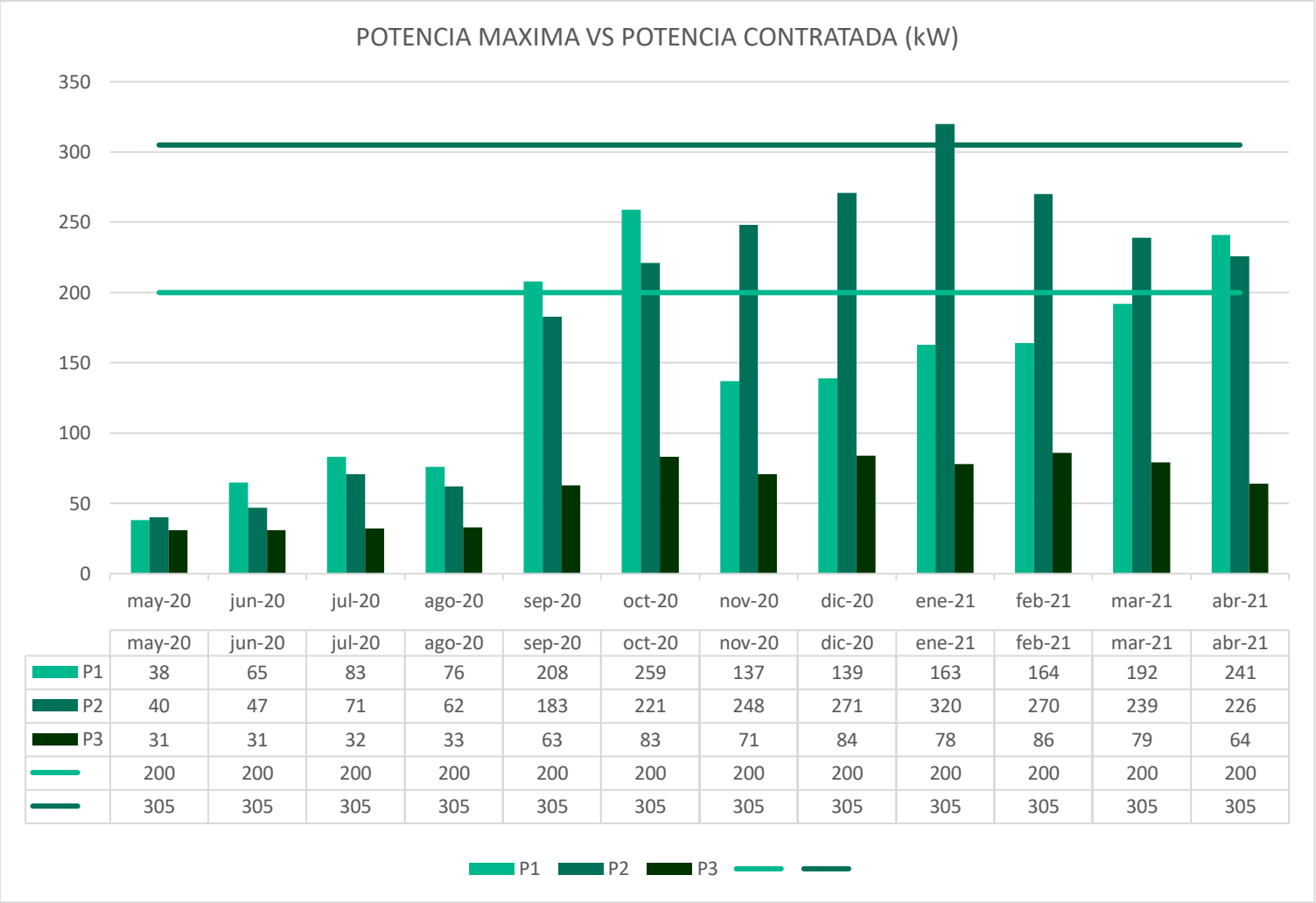


Gráfico 10: Importes asociados a los conceptos de potencia (Nueva Tarifa).

Se ve en el gráfico anterior, una importante reducción del importe de los cargos de la potencia contratada y es debido a la aplicación del Real Decreto-ley 17/2021, de 14 de septiembre, de medidas urgentes para mitigar el impacto de la escalada de precios del gas natural en los mercados minoristas de gas y electricidad.

En el siguiente gráfico combinado de barras apiladas y líneas se muestra respectivamente el registro de potencias y las potencias contratadas para las primeras facturas, las asociadas a la tarifa 3.1A.

Como se puede apreciar se produce en 3 ocasiones excesos se potencia para el periodo P1, ya que las potencias máximas los meses de septiembre y octubre de 2020 y el mes de abril de 2021 superan los 200kW. Para el periodo P2 se produce un exceso de potencia en el mes de enero de 2021, puesto que la potencia registrada es mayor de 305kW, la contratada para ese periodo. Del mismo modo, la potencia contratada para el periodo P3 es de 305kW, que en ningún caso es superada por las potencias registradas durante los meses que se tienen datos.



	may-20	jun-20	jul-20	ago-20	sep-20	oct-20	nov-20	dic-20	ene-21	feb-21	mar-21	abr-21
P1	38	65	83	76	208	259	137	139	163	164	192	241
P2	40	47	71	62	183	221	248	271	320	270	239	226
P3	31	31	32	33	63	83	71	84	78	86	79	64
	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
	305	305	305	305	305	305	305	305	305	305	305	305

Gráfico 11: Desglose por periodos de las potencias contradas (Antigua Tarifa).

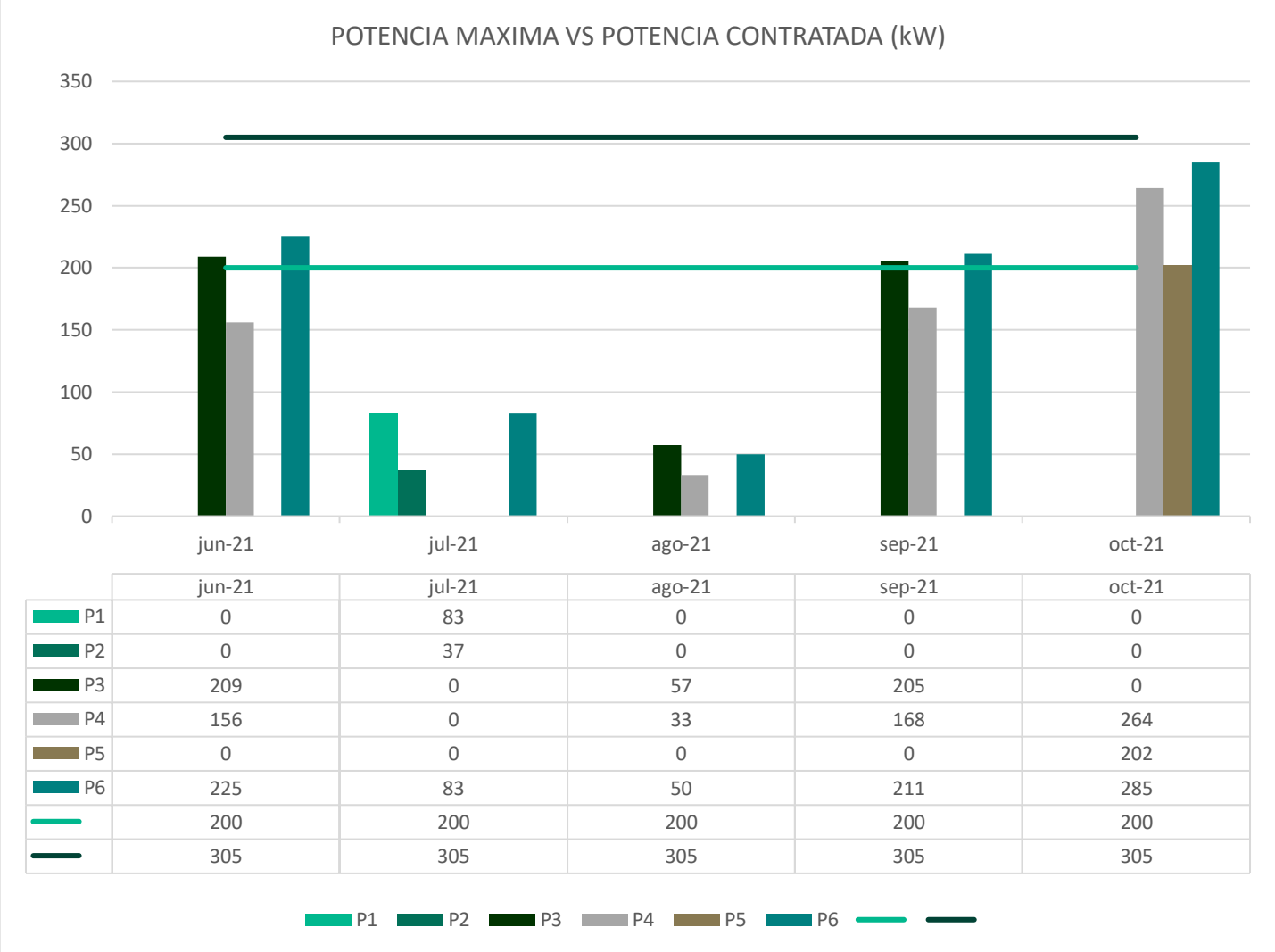
En el siguiente gráfico combinado de barras apiladas y líneas se muestra respectivamente el registro de potencias y las potencias contratadas para las últimas facturas de las que se tienen datos para este análisis, las asociadas a la tarifa 6.1TD.

Como se puede observar no se producen en estos meses excesos se potencia para ningunos de los 6 periodos. Para el periodo P1, ya se ha indicado con anterioridad que su potencia contratada es de 200kW. Para los periodos desde P2 a P6 la potencia contratada es de 305kW, que en ningún caso es superada por las potencias registradas es dichos periodos horarios durante los meses que se tienen datos.

Si esta situación se mantiene en el tiempo, una medida para bajar el gasto eléctrico debido al termino de potencia es reducir el valor de la potencia contratada en algunos periodos de forma que se ajuste mejor a las necesidades de la instalación.

En caso de sobrepasar la potencia contratada, la penalización se aplicará en función del número de veces que se supere durante el periodo facturado (alrededor de un mes) y no por el registro máximo. Para ello calcula el importe que generan los excesos de

potencia se utilizan unas fórmulas que aplican unos coeficientes todo ello regulado por la CNMC, pero en este caso en particular no se han producido dichos excesos.



	jun-21	jul-21	ago-21	sep-21	oct-21
P1	0	83	0	0	0
P2	0	37	0	0	0
P3	209	0	57	205	0
P4	156	0	33	168	264
P5	0	0	0	0	202
P6	225	83	50	211	285
	200	200	200	200	200
	305	305	305	305	305

Gráfico 12: Desglose por periodos de las potencias contradas (Nueva Tarifa).

Para evitar las penalizaciones por exceso de potencia, lo primero que debe saber es en qué rangos horarios se da el exceso de potencia eléctrica. Lo ideal es revisar qué maquinaria ha provocado el exceso de término de potencia. De esta manera se sabe si es posible disminuir las demandas de potencia al evitar solapar maquinas.

Desde el punto de vista económico, hay que buscar el coste mínimo de la suma de la potencia contratada más las penalizaciones por excesos de potencia, para determinar si es necesario ampliar o reducir para optimizar la facturación eléctrica. Por extraño que parezca, a veces es más económico tener penalizaciones por excesos de potencia que contratar un tipo de tarifa eléctrica de potencia superior.

5.1.5. Gasto eléctrico.

El importe final de la factura eléctrica está constituido por otros subconceptos que ya se han detallado con anterioridad y de los cuales se va a analizar su influencia a través de una serie de gráficos creados a partir de los datos de la muestra de facturas eléctricas de la que se dispone.

En el gráfico de barras siguiente se dibujan los importes correspondientes a la facturación mensual que se posee para la realización del presente trabajo:

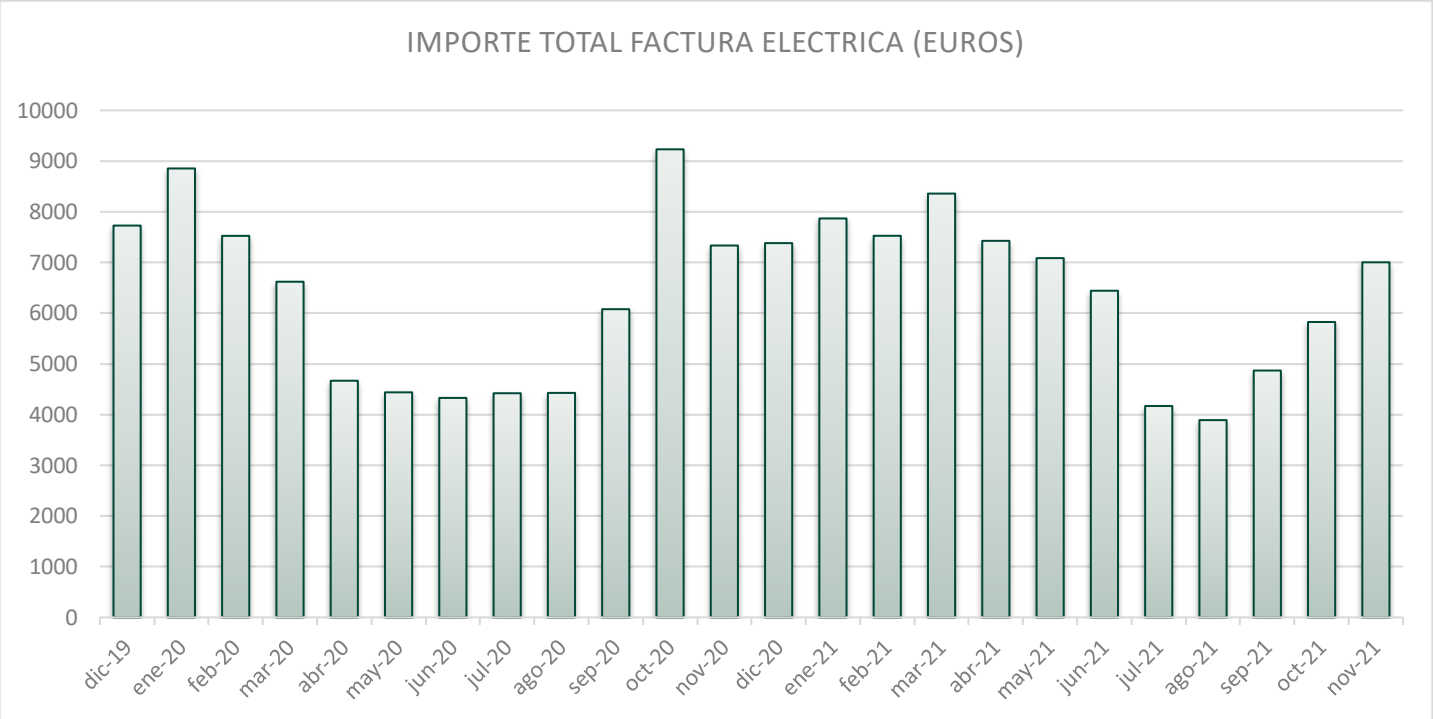


Gráfico 13: Importes totales mensuales de la facturación eléctrica.

La forma general del gráfico se corresponde con bastante exactitud a la de la energía consumida, notándose también en este caso el uso estacional del conjunto de instalaciones educativas. Siendo el gasto mayor en los meses de invierno que en los meses de verano.

Igual en el apartado del consumo de energía, se dividen las facturas en dos grupos de 12 meses cada una por comodidad de tratamiento y para una mejor interpretación y representación.

En la siguiente tabla se detalla el importe total registrado en cada una de las facturas mensuales, los cuales se han representado el grafico anterior:

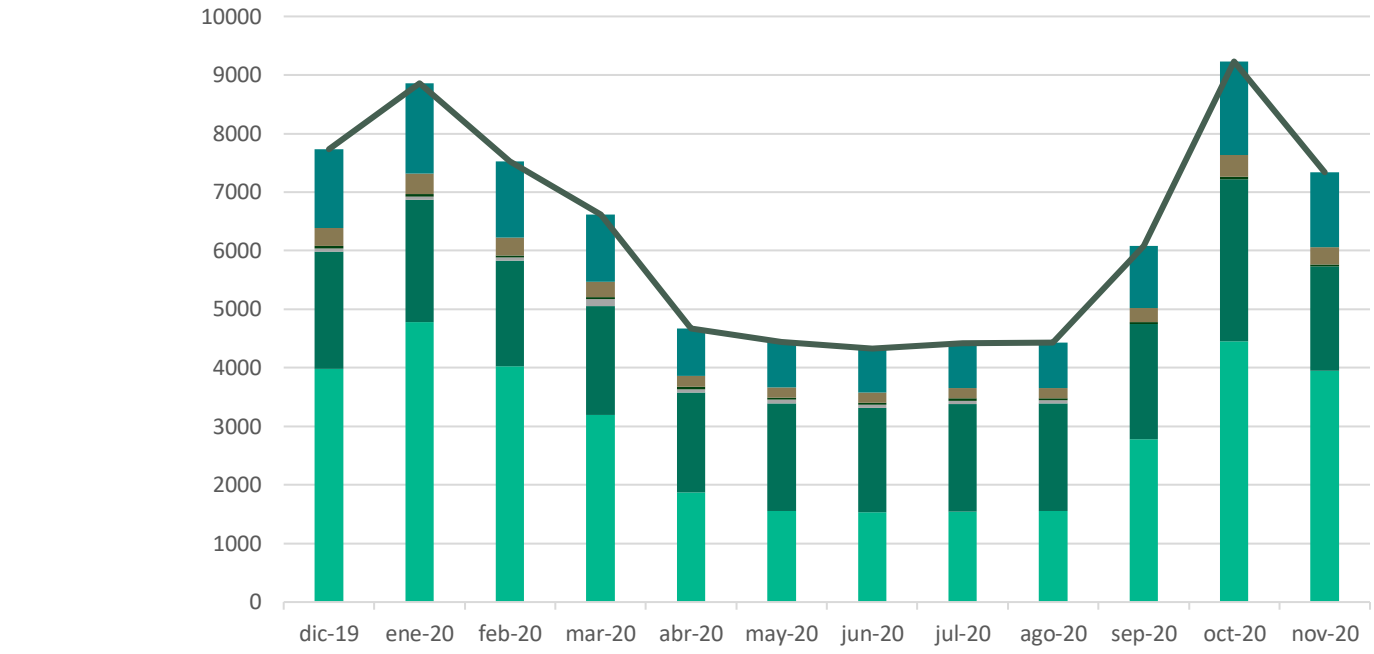
Tabla 6: Importes totales mensuales del suministro eléctrico.

	IMPORTE (€)		IMPORTE (€)
Dic-19	7.726,93	Dic-20	7.381,07

Ene-20	8.853,22	Ene-21	7.867,00
Feb-20	7.524,31	Feb-21	7.525,91
Mar-20	6.619,80	Mar-21	8.358,21
Abr-20	4.667,01	Abr-21	7.425,70
May-20	4.437,86	May-21	7.085,24
Jun-20	4.327,98	Jun-21	6.441,64
Jul-20	4.420,34	Jul-21	4.168,43
Ago-20	4.426,82	Ago-21	3.890,25
Sep-20	6.077,68	Sep-21	4.868,05
Oct-20	9.230,68	Oct-21	5.825,10
Nov-20	7.333,86	Nov-21	7.002,12
Total	**75.646,50**	**Total**	**77.838,70**

Como viene recopilado en la última fila de la tabla anterior el importe total pagado para los primeros 12 meses es de 75.646,50 € mientras que para los últimos asciende a la cantidad de 77.838,70 €. Esto supone un gasto total durante los dos años que se tiene registro de 153.485,21 €.

En la siguiente representación combinada de gráficos y tabla de datos se desglosa los sumandos del importe eléctrico final que se paga mes a mes de la primera parte de las facturas:



	dic-19	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	jul-20	ago-20	sep-20	oct-20	nov-20
IVA 21%	1341	1537	1306	1149	810	770	751	767	768	1055	1602	1273
IMPUESTO ELECTRICO	308,83	354,11	300,8	264,33	185,98	176,62	172,26	175,91	176,17	242,59	369,28	293,09
ALQUILER EQUIPO MEDIDA	36,69	36,59	34,23	36,59	35,41	36,59	35,41	36,59	36,59	35,41	36,59	35,41
SUPLEMENTO TERRITORIAL	58,63	58,62	58,63	117,25	58,63	58,63	58,62	58,63	58,62	0	0	0
TERMINO POTENCIA	2005	2088	1794	1858	1708	1837	1778	1837	1837	1962	2774	1778
TERMINO ENERGIA	3977	4780	4031	3195	1869	1559	1533	1545	1550	2783	4449	3955
IMPORTE TOTAL	7727	8853	7524	6620	4667	4438	4328	4420	4427	6078	9231	7334

Gráfico 14: Desglose mensual del importe total en sus componentes (1er Periodo).

Se ve a simple vista, que el subconcepto dominante en todas las facturas es el termino de energía, que el segundo valor más alto es el termino de potencia y en tercera posición se encuentra el importe asociado al IVA.

Esto se aprecia más claramente en el siguiente diagrama de sectores que recoge en porcentaje el peso de cada componente durante el primer año de la facturación:

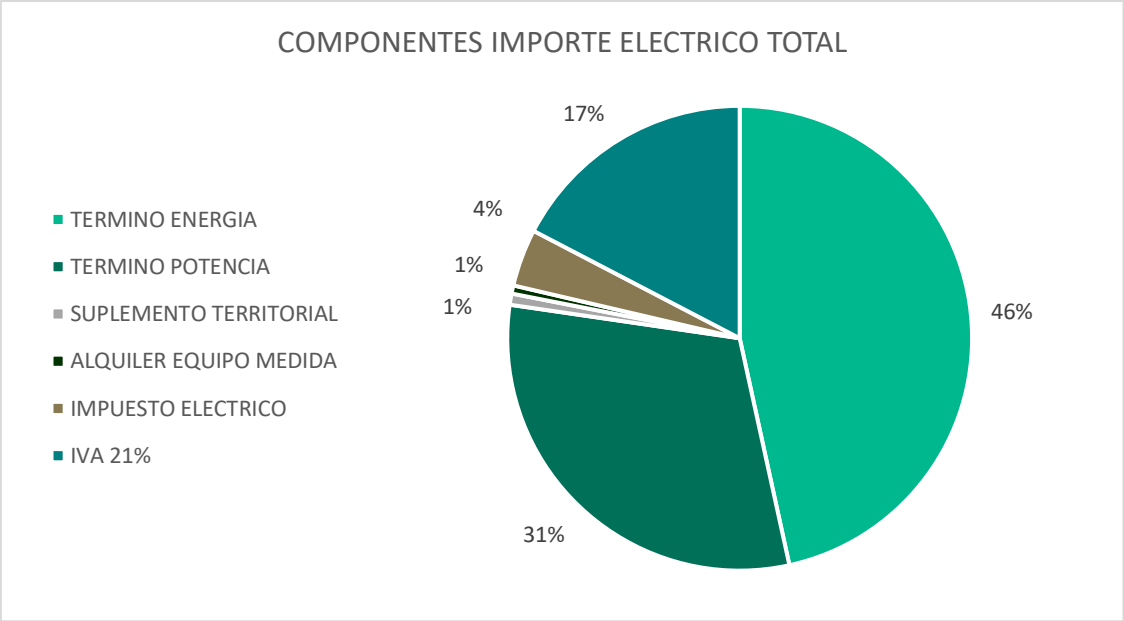
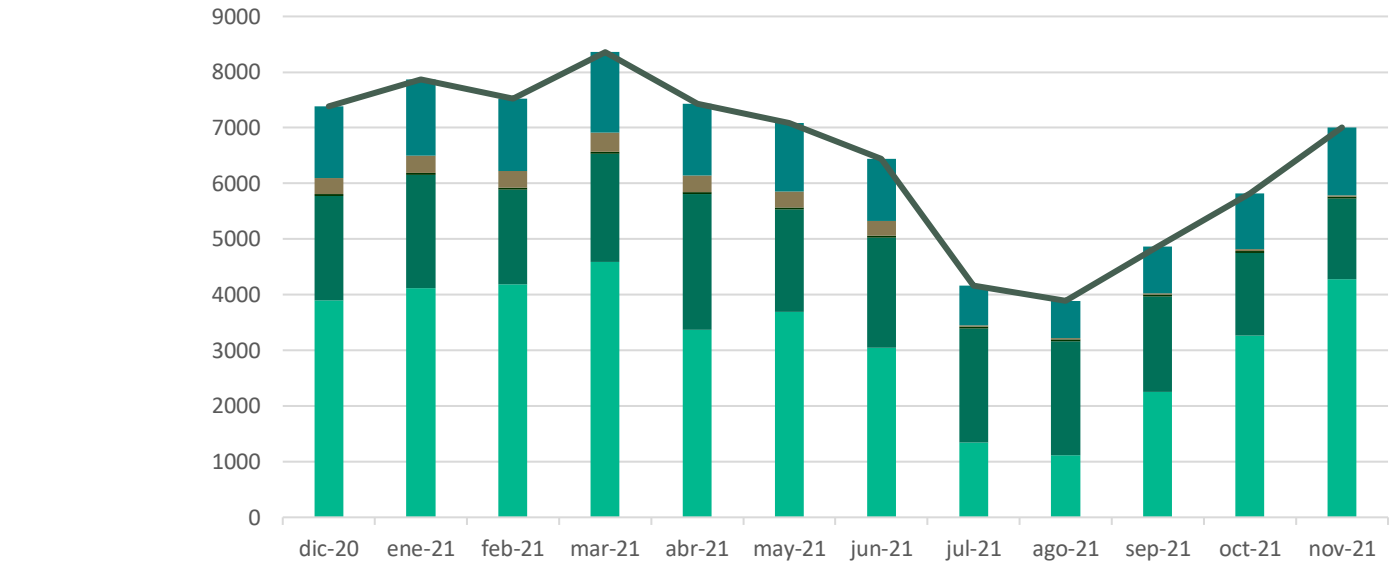


Gráfico 15: Peso anual de los componentes del importe total eléctrico (1er Periodo).

En la siguiente representación combinada de gráficos y tabla de datos se desglosa los sumandos del importe eléctrico final que se paga mes a mes de la segunda tanda de facturas:



	dic-20	ene-21	feb-21	mar-21	abr-21	may-21	jun-21	jul-21	ago-21	sep-21	oct-21	nov-21
IVA 21%	1281	1365	1306	1451	1289	1230	1118	723	675	845	1011	1215
IMPUESTO ELECTRICO	294,93	314,46	300,92	334,2	296,77	283,03	257,22	16,96	15,81	19,84	24,44	28,61
ALQUILER EQUIPO MEDIDA	36,59	36,69	33,14	36,69	35,51	36,69	35,51	36,69	36,69	35,51	36,69	35,51
TERMINO POTENCIA	1873	2030	1694	1953	2429	1842	1980	2046	2046	1710	1487	1439
TERMINO ENERGIA	3895	4120	4192	4584	3375	3694	3051	1346	1117	2258	3266	4283
IMPORTE TOTAL	7381	7867	7526	8358	7426	7085	6442	4168	3890	4868	5825	7002

Gráfico 16: Desglose mensual del importe total en sus componentes (2º Periodo).

En las 12 últimas facturas se mantienen como los importes más influyentes en el gasto de electricidad final el termino de energía, el termino de potencia y el IVA.

Esto se observa en el diagrama de sectores que recoge en porcentaje el peso de cada componente durante el segundo año de la facturación que se expone debajo:

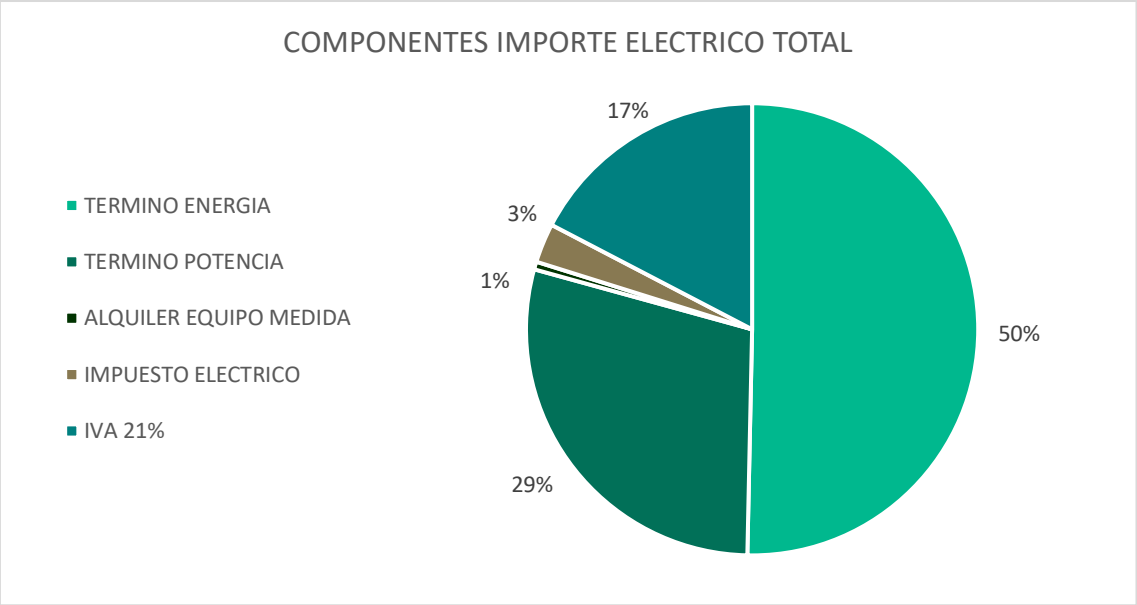


Gráfico 17: Peso anual de los componentes del importe total eléctrico (2º Periodo).

Tanto en el primer como en el segundo año analizado, el porcentaje de facturación debido a la cantidad de energía consumida está en torno al 46%-50%, esto supone prácticamente la mitad del importe final.

De igual manera, la facturación relacionada con la potencia necesaria para que la instalación funcione supone alrededor del 30% de lo facturado. EL importe que graba el IVA es del 17% en ambos años, lo cual es bastante considerable.

El importe del impuesto especial de la electricidad es en comparación con los tres anteriores es significativamente inferior.

Finalmente, tanto el importe del suplemento territorial y como el del alquiler del contador en relación con los otros importes son casi despreciables.

5.2. CONSUMO DE GAS NATURAL.

5.2.1. Facturación suministro de Gas Natural.

Para entender como es la facturación del gas natural utilizado para calefactar el edificio es importante detallar como es una factura de gas tipo. Los elementos correspondientes al detalle la factura de gas son los que se explican a continuación[44]:

- El Término Fijo del gas es la cantidad de euros que tu comercializadora de gas te cobra por tener activo el suministro. No importa la cantidad que se haya consumido. Si un hogar o local está dado de alta el gas, siempre tendrá que pagar esta cuota cada uno o dos meses. La forma de nombrarlo puede variar de unas comercializadoras a otras.

- El Término Variable del gas es el importe de euros que pagas a la comercializadora de gas por cada kWh que consumes. El dinero que se paga por este concepto depende de la cantidad que haya gastado en el periodo de consumo facturado. Dada su naturaleza, otros nombres con los que se conoce al término variable de gas son el término de energía o el término de consumo.
- El Impuesto Especial sobre Hidrocarburos se aplica sobre el término de consumo y es de 0,65€/gigajulio que equivale a 0,00234€/kWh, y además está regulado por la Ley 15/2012 de 27 de diciembre que entró en vigor en el 1 de enero de 2013. Es el resultado de multiplicar la cantidad de gas natural en kWh por el tipo impositivo correspondiente. Se paga siempre que se utilice una energía no renovable. El gas natural y la gasolina son dos de los principales hidrocarburos en los que este impuesto se graba.
- El precio del Alquiler del contador del gas depende del modelo y está establecido por la orden ETU/1283/2017. Si se cuenta con uno en propiedad no se necesita alquilarlo y, por tanto, no se incurre en ese gasto, pero se introduce un gasto nuevo que es su mantenimiento periódico.
- El importe del impuesto de valor añadido en una factura de gas supone un 21% de incremento con respecto a la suma total de conceptos que aparecen en la factura.

Para la realización de este estudio del consumo de gas natural del edificio se tienen una serie de 23 facturas que abarcan desde el 28 de Enero de 2020 hasta 31 de Diciembre de 2021. Durante este periodo la dirección del centro educativo cambia la Comercializadora del gas natural, por lo tanto, la primera tanta de facturas es emitida por la compañía Naturgy y la segunda desde el 19 de Diciembre de 2020 está facturada por Aldro.

En las facturas de la comercializadora Naturgy los importes de la factura se nombran de la siguiente forma:

- Cuota Fija
- Término Variable
- Descuento Término Variable
- Impuesto Especial Hidrocarburos
- Alquiler Equipos de Medida
- Impuesto de Valor Añadido

Por otro lado, las facturas del grupo Aldro se componen de los siguientes conceptos:

- Término Fijo
- Energía Consumida
- Cuota Gestión Técnica del Sistema (GTS)
- Tasa CNMC
- Descuento sobre Energía Consumida

- Impuesto Hidrocarburos
- Alquiler Equipos de Medida y Control
- Impuesto Aplicado

Aunque pueda resultar llamativo, en realidad en ambas facturas se refieren al mismo concepto a pagar solo que lo llaman de forma diferente. En las tres últimas facturas de Aldro aparecen dos nuevos conceptos regulados de forma independiente que son la Tasa de la CNMC y la cuota GTS. Antes del cambio de metodología impuesto por la CNMC a través de la circular 6/2020 del 22 de Julio de 2021 y su aplicación entra en vigor el 1 de Octubre de 2021, se cobraban como parte del término fijo, destinando respectivamente un 0,14% para la Comisión Nacional de los Mercados y de la Competencia y un 0,797% para el Gestor Técnico del Sistema, según la orden ETU/1283/2017.[45]

En relación con los otros conceptos de las facturadas que se poseen del pago por el suministro de gas natural, se van a comentar también ciertas puntualizaciones concretas:

- La Cuota Fija de las facturas de Naturgy es un valor constante que no varía en función de los días del mes en facturación mientras que el Término fijo de las facturas de Aldro si depende su valor del número de días facturados, pero como estos suelen estar en torno a los 30 días es un valor que no cambia significativamente en cada factura.
- El Término Variable de las facturas de Naturgy o el concepto de Energía consumida en las de Aldro se calculan de la misma forma multiplicando la cantidad de kWh consumido por precio unitario establecido en €/kWh. Si bien el registro del contador de la cantidad de gas natural utilizada es en metros cúbicos y el volumen de gas natural gastado se calcula restando las lecturas de los límites del periodo de facturación. Por lo tanto, para saber la energía equivalente en kWh es necesario aplicar unos factores de conversión que están establecidos en función del mes y de la localidad donde se ubique la instalación.
- Descuento Término Variable o de la energía consumida llamado de una forma o de otra según la comercializadora, es una rebaja que se aplica por la cantidad de energía consumida. La comercializadora Naturgy lo calcula multiplicando un precio unitario de 0,001 €/kWh por la cantidad de energía mientras que Aldro aplica un 2% al importe en euros de la energía consumida. Como en la etapa facturada por Aldro se gasta más gas natural estos descuentos son más altos.
- El importe correspondiente al Impuesto Especial Hidrocarburos se calcula de igual formar para todas las facturas independientemente de la comercializadora contratada ya que está regulado por ley su tipo impositivo y no ha sufrido modificaciones.
- El precio a pagar por el Alquiler Equipos de Medida en ambas compañías comercializadoras se calcula multiplicando el número de días del periodo a

facturar por un precio unitario establecido por el gobierno que se va actualizando.

- El importe asociado al Impuesto de Valor Añadido es, en todas las facturas que se tienen para realizar este trabajo, del 21% sobre la base imponible que es el sumatorio de resto de conceptos que forman parte de la factura. El instituto no se ha beneficiado de ninguna rebaja del porcentaje del IVA debido a su tipo de contrato.

A continuación, se muestra uno ejemplo de factura de cada una de las comercializadoras de gas proporcionadas por el Centro de Formación para realizar el análisis de consumo registrado en el cuarto de la caldera del Instituto de Electricidad y Electrónica. Como se ha mencionado antes se puede observar que el formato de facturación es bastante diferente de una a otra.

factura gas

Naturgy

DATOS SOCIALES
CENTRO INTEGRADO DE F.P.Nº1 DE SANTANDER
C FRANCISCO RIVAS MORENO 0001
39011 - SAN ROMAN -SANTANDER-
SANTANDER
CANTABRIA
[redacted]

DOMICILIO DE ENVIO
CENTRO INTEGRADO DE F.P. Nº 1 ATT:JOSÉ LUIS ALEJOS DIEGO
C FRANCISCO RIVAS MORENO 0002
39012 - PEÑACASTILLO
SANTANDER
(CANTABRIA)
[redacted]

FACTURA Nº	CUENTA CONTRATO	FORMA DE PAGO
PI20142000115746	[redacted]	Domiciliación IBAN [redacted]****

FECHA EMISIÓN	CONTRATO
03.04.2020	[redacted]

FECHA VENCIMIENTO	CUPS
25.04.2020	[redacted]

PERIODO
25.02.2020 / 25.03.2020

CONCEPTO	CANTIDAD		MESES	PRECIO UNITARIO	IMPORTE	
CUOTA FIJA	1		1,0	80,97	80,97	Eur
TÉRMINO VARIABLE	9.003	kWh		0,044430	400,00	Eur
DTO. TERMINO VARIABLE	9.003	kWh		-0,001000	-9,00	Eur
IMPUESTO ESPECIAL HIDROCARBUROS - EPÍGRAFE 1.10.1 (0,65 Eur/Gj)*	9.003	kWh		0,002340	21,07	Eur
				Total Suministro	**493,04**	Eur

OTROS CONCEPTOS FACTURACIÓN		
ALQUILER DE EQUIPOS DE MEDIDA	18,82	Eur
Base imponible	511,86	Eur
IVA 21%	107,49	Eur
Total factura	**619,35**	Eur

*Equivalencia: 1 Gj = 277,7779 kWh

158

Información de interés en la última hoja de la factura

AENOR ER Empresa Registrada — AENOR Gestión Ambiental

Atención al cliente: 900.100.264 info@naturgy.com Dirección Postal: Avda. de América 38, 5 Planta. 28028 - Madrid	Distribuidora – Averías: 900.400.523 www.grandesclientes.naturgy.es
de lunes a viernes laborables de 08:00 a 20:00	24 horas, 365 días al año

1 de 3

Ilustración 57: Ejemplo Factura de gas Naturgy.

aldro energía

Aldro Energía y soluciones, SL.

[redacted]

Domicilio social: Avda. Palencia 1, bajo 1 - 39300 Torrelavega, Cantabria.

ALDRO ENERGÍA Y SOLUCIONES S.L. C.I.F.: B-39793264 Domicilio social: Avda. Palencia, 1 - Bajo 01 - 39300 Torrelavega. Inscrita en el Registro Mercantil de Cantabria Tomo: 1072, Folio: 100, Hoja número: 52672O, Inscripción 1ª

DATOS DE FACTURA DE GAS

IMPORTE FACTURA: 91,74 €

Nº de factura: G21ES-00270102
Periodo de consumo: 01/10/2021 a 25/10/2021
Fecha de factura : 28/10/2021
Fecha de cargo: 04/11/2021

FACTURA RESUMEN

Por término fijo:	45,3582 €
Por energía consumida:	13,6835 €
Cuota del gts	0,4758 €
Tasa cnmc	0,0701 €
Descuento sobre energía consumida:	-0,1788 €
Impuesto hidrocarburos:	0,9056 €
Alquiler equipos de medida y control:	15,5100 €
Impuesto aplicado:	15,92 €
TOTAL IMPORTE FACTURA	**91,74 €**

CENTRO INTEGRADO FORMACION PROFESIONAL
Nº1 SANTANDER
CALLE FRANCISCO RIVAS MORENO Nº2
39011 PEÑACASTILLO, CANTABRIA

¿Son correctos sus datos personales?
Puede actualizarlos online en su **Oficina Virtual** de la web entrando en https://aldroenergia.com

INFORMACIÓN DEL CONSUMO DE GAS

	Medidor 1		
Lectura anterior (30-09-2021)	261.427 m³		
Lectura actual (Real) (25-10-2021)	261.461 m³		
Consumo (m³)	34 m³	387,12 kWh	

Los kWh resultan de multiplicar los m³ por el factor de conversión de referencia del periodo (11,3858824)

Su consumo medio diario en el periodo facturado ha sido de 0,20 €
Su consumo medio diario en los últimos 14 meses ha sido de 11,76 €
Su consumo acumulado del último año ha sido de 100.691,00 kWh

DATOS DEL CONTRATO: 20G34001215

D/Dña CENTRO INTEGRADO FORMACION PROFESIONAL Nº1
Titular: SANTANDER NIF [redacted]
Dirección de suministro: CALLE EDUARDO GARCIA Nº S/N, SANTANDER, (CANTABRIA)
Peaje de acceso: RL04
Referencia del contrato de suministro: ALDRO ENERGIA Y SOLUCIONES SL
Referencia del contrato de acceso: NED ESPAÑA DISTRIBUCION GAS, SAU
Entidad bancaria: [redacted]
Datos bancarios: [redacted] **Tipo de pa**[redacted]
Código unificado de punto de suministro CUPS: [redacted]
Atención al cliente y reclamaciones: 900373768 servicioatencionalcliente@aldroenergia.com
Averías y Urgencias distribuidora: NED ESPAÑA DISTRIBUCION GAS, SAU: 900400523
Dirección postal reclamaciones Aldro Energía SL: Avda. Palencia nº1 bajo 39300 Torrelavega (Cantabria)
Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia: Alcalá 47, 28014, Madrid - www.cnmc.es
Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía: Madera 8, 28004, Madrid - www.idae.es
Organismo competente de la Comunidad Autónoma: consultar en www.aldroenergia.com/autoridades-competentes/
Resolución alternativa de conflictos

Si no se pudiese alcanzar una solución amigable ante una controversia entre el Cliente y ALDRO, el Cliente puede solicitar una resolución alternativa de litigios en materia de consumo, a través de la Institución de Mediación "Mediation Quality" https://mediationquality.com , entidad a la que ALDRO está adherida y que está acreditada ante la Comisión Europea para la resolución de conflictos en materia de consumo, por lo que es una entidad independiente, objetiva, imparcial y transparente, que ofrece procesos de mediación en consumo efectivos, rápidos y justos.

Para acceder a la plataforma europea de resolución alternativa de litigios en línea puede acudir al siguiente enlace: https://ec.europa.eu/consumers/odr/main/index.cfm?event=main.home2.showSplash&lng=ES escogiendo como entidad acreditada a "Mediation Quality". La obligación del mediador es ser imparcial, tratando a las dos partes por igual, sin tomar partido por ninguna de ellas.

Ilustración 58: Ejemplo Factura de gas Aldro.

5.2.2. Tarifa de Acceso.

Durante el periodo de facturación se produce, como pasa también con la facturación eléctrica, un cambio de tarifas que afecta a los precios de los peajes de acceso de gas natural y a la estructura de la factura. Esta reforma tarifaria viene regulada por la CNMC a través de la circular 6/2020 del 22 de Julio de 2021 y su aplicación entra en vigor el 1 de Octubre de 2021, en cual se establece la nueva metodología para el cálculo de peajes de transporte, redes locales y regasificación de gas natural. Esta nueva normativa además incluye un nuevo concepto denominado cargos del sistema.[46]

Todas las compañías, tanto las del mercado libre como las del mercado regulado, están obligadas con la nueva normativa a separar en la factura de gas el importe a pagar que corresponde a los Peajes de Acceso y el de los Cargos del Sistema.

- Los Peajes de Acceso son precios destinados a recuperar los costes asociados al uso de las infraestructuras, que incluyen entre otros los costes de las plantas de regasificación, los costes de las redes de transporte y distribución, los costes de los almacenamientos subterráneos de gas, y son determinados por la CNMC.
- Los Cargos del Sistema son los precios destinados a cubrir el resto de los costes regulados, tales como las anualidades del déficit, el coste diferencial del suministro de gas natural licuado en los territorios no peninsulares, la retribución del Operador del Mercado y son determinados por el Ministerio.

El contrato que se tiene de la instalación en inicio es el peaje de acceso 3.4, una vez se introduce la modificación anterior mencionada se pasa a al nuevo peaje RL.4. Los grupos tarifarios venían determinados por el consumo anual y por la presión de la instalación, con la introducción de la nueva circular la presión no se tendrá en cuenta para definir el tramo tarifario. Cada grupo tarifario RL (Red Local) tiene un precio diferente que solo se determinará por tu consumo anual.

También se modifica el año del gas. Cada año, los precios de los Peajes de Acceso se revisan y cambian según los cálculos de la CNMC y del Gobierno. En la normativa antigua coincidía con el año natural (del 1 de enero al 31 de diciembre), con la nueva normativa pasa a transcurrir del 1 de octubre al 30 de septiembre.[47]

En la siguiente tabla se reflejan los grupos tarifarios antiguos y los nuevos:

Tabla 7: Cambio de tarifa del gas natural.[48]

Tarifas de acceso gas natural antiguas	
Tarifa de acceso	Consumo anual
3.1	Hasta 5.000 kWh
3.2	Hasta 50.000 kWh
3.3	Hasta 100.000 kWh
3.4	Más de 100.000 kWh

Nuevas tarifas de acceso de gas natural	
Tarifa de acceso	Consumo anual
RL.1	Hasta 5.000 kWh
RL.2	Hasta 15.000 kWh
RL.3	Hasta 50.000 kWh
RL.4	Hasta 300.000 kWh
RLTB.5	Hasta 1.500.000 kWh
RLTB.6	Hasta 5.000.000 kWh

Las tarifas 3.4 de gas pertenecen al peaje de acceso 3.4. Esto quiere decir que, los consumidores de este rango están conectados a una red de gas de 4 bar de presión como máximo y un consumo de gas superior a 100.000 kWh anual. Esta tarifa queda sustituida por la RL.4, la cual comprende las instalaciones con un rango de energía consumida al año entre 50.000 y 300.000 kWh, sin importar la presión de conexión a red.[49]

5.2.3. Consumo de energía.

En la siguiente tabla se recogen los valores registrados en las facturas de energía consumida a partir de los cuales se van a crear unos gráficos de barras para un mejor análisis:

Tabla 8: Consumo energético mensual de gas natural.

	ENERGIA (kWh)		ENERGIA (kWh)
28.01.2020-24.02.2020	17.806	19.12.2020-28.01.2021	23.374
25.02.2020-25.03.2020	9.000	26.01.2021-22.02.2021	33.974
26.03.2020-24.04.2020	0	23.02.2021-25.03.2021	20.794
25.04.2020-25.05.2020	10.533	26.03.2021-26.04.2021	16.748
26.05.2020-24.06.2020	0	27.04.2021-24.05.2021	4.596
25.06.2020-24.07.2020	0	25.05.2021-24.06.2021	773
25.07.2020-25.08.2020	0	25.06.2021-26.07.2021	0
26.08.2020-24.09.2020	0	27.07.2021-25.08.2021	0

25.09.2020-26.10.2020	68	26.08.2021-30.09.2021	263
27.10.2020-24.11.2020	272	01.10.2021-25.10.2021	387
25.11.2020-18.12.2020	14.926	26.10.2021-29.11.2021	31.272
		30.11.2021-31.12.2021	35.999
Total	**52.605**	**Total**	**168.183**

Como viene detallado en la fila del total de la tabla anterior la suma de energía gastada en los meses de facturación con Naturgy es de 52.605 kWh mientras que para los meses con Aldro es de 168.183 kWh. El consumo energético total durante todos los meses de los que se tiene información es de 220.183 kWh. En comparación el consumo de gas natural durante la etapa con la comercializadora Aldro es tres veces superior al del periodo con Naturgy. Se debe matizar que la etapa de Naturgy se ve afectada por el confinamiento del Covid-19 y que además consta de un periodo más corto ya que no se dispone de la información relativa a la factura de enero de 2020, que es un mes de fuerte consumo de gas natural debido a la necesidad de calentar el instituto. Por esto, no se puede contrastar un periodo con otro ni saber si la tarifa 3.4 que se tiene contratada durante el periodo de Naturgy es la adecuada al consumo o se podía ajustar a la 3.3 y pagar menos por los peajes de acceso.

El gasto medio de gas natural de una vivienda en España está en torno a 5.100kWh/año según el estudio SPAHOUSEC II del IDAE. Aunque este valor cambia dependiendo de si tienes la calefacción de gas o solo agua caliente sanitaria y/o cocina y del número de integrantes sirve para hacerse una idea de la magnitud del consumo de gas natural que tiene el edifico en estudio. Si se compara con el consumo de gas natural del periodo de Naturgy es 10 veces superior y si se hace la comparación con el de Aldro es de 32 veces mayor.

Para una mejor comprensión de los datos y tratamiento de las facturas se han repartido en dos según la comercializadora que la ha emitido, como se ha explicado previamente en el apartado de Facturación Suministro de Gas Natural.

En el diagrama de barras siguiente, se muestra el consumo de energía total, en kilovatios hora, durante el contrato con Naturgy:

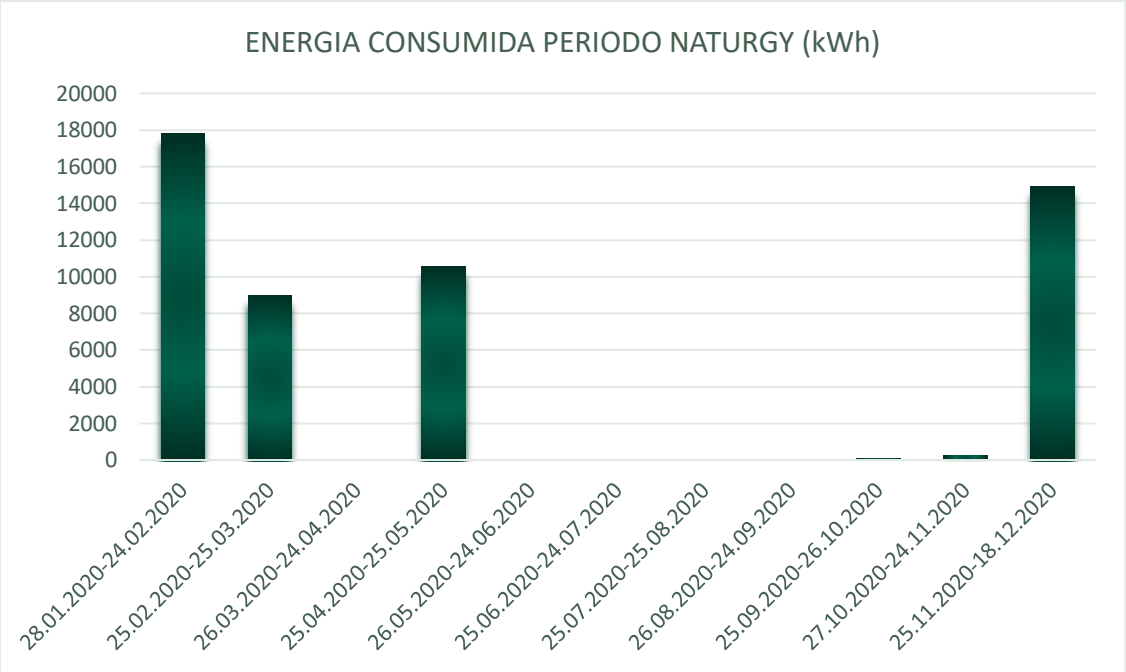


Gráfico 18: Consumo energético mensual de gas natural (Naturgy).

Se observa que los meses más fríos como es lógico el consumo de gas natural es alto ya que se requiere de calefacción para acondicionar el edificio térmicamente. Mientras que en los meses más calurosos no se produce consumo energético de este tipo ya que no es necesario debido al clima de la zona. Destaca que en el periodo que va desde el 26 de marzo al 24 de abril del 2020 no se produce consumo de gas natural a pesar de que es un mes con días lectivos y aún considerado frío, esto se debe a la situación de emergencia a causa de la Covid-19 que supuso el confinamiento de los habitantes de España y el cese de múltiples actividades laborales, como en este caso el cierre de los centros educativos. Esto también afecta al consumo del periodo anterior que va del 25 de febrero al 25 de marzo del 2020 ya que se observa que la energía consumida es menor que en el periodo de 25 de abril al 25 de mayo de 2020 cuando debería ser superior.

De igual manera para las facturas de Aldro, en el diagrama de barras siguiente se muestra la energía total consumida medida en kilovatios hora:

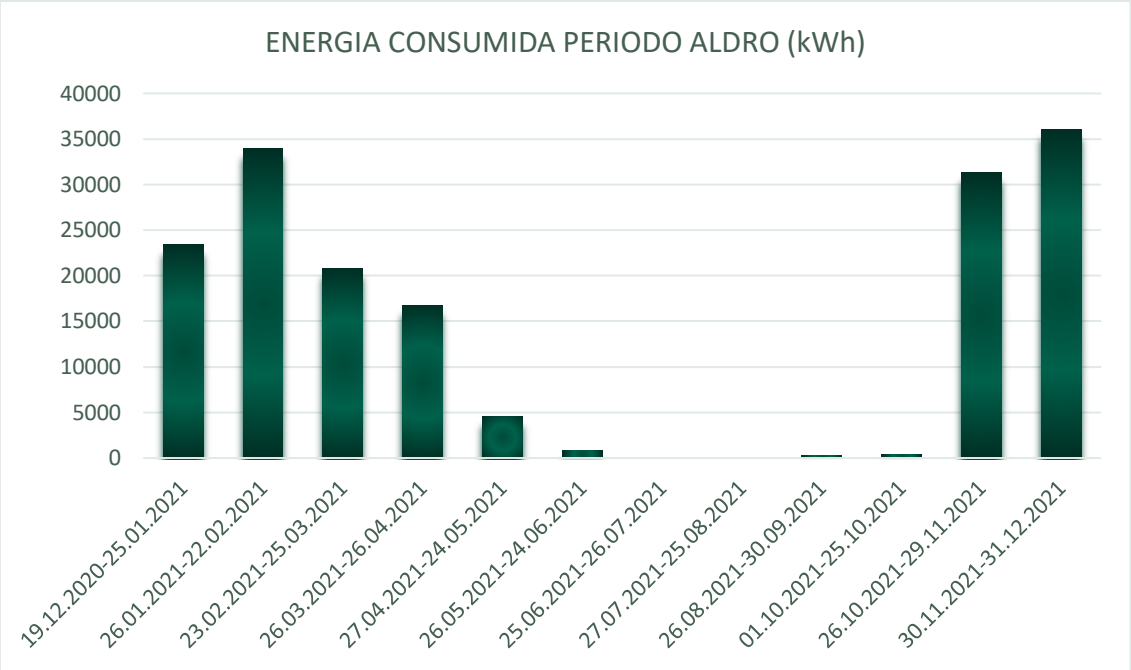


Gráfico 19: Consumo energético mensual de gas natural (Aldro).

En este periodo se repite el mismo reparto de consumo de energía que en el año anterior, que para los meses de invierno es alto debido a la necesidad de encender la caldera del edifico y para los de verano no se necesita suministro de gas. Además, se observa que el consumo de gas natural ha aumentado considerablemente como venía registrado numéricamente en la anterior tabla.

5.2.4. Coste suministro de Gas Natural.

Igual en el apartado del consumo de energía de gas natural, se reparten las facturas en dos grupos en función de la comercializadora contratada para el suministro. Esto proporciona una mayor facilidad para tratamiento, interpretación y representación de los datos de la facturación.

En la siguiente tabla se recoge el importe final pagado en cada una de las facturas mensuales debido al consumo de gas natural:

Tabla 9: Importes finales mensuales del suministro de gas natural.

	IMPORTE (€)		IMPORTE (€)
28.01.2020-24.02.2020	1.098,08	19.12.2020-28.01.2021	1.215,88
25.02.2020-25.03.2020	619,35	26.01.2021-22.02.2021	1.669,98
26.03.2020-24.04.2020	120,75	23.02.2021-25.03.2021	1.073,22

25.04.2020-25.05.2020	689,22	26.03.2021-26.04.2021	893,27
26.05.2020-24.06.2020	120,75	27.04.2021-24.05.2021	307,10
25.06.2020-24.07.2020	120,75	26.05.2021-24.06.2021	168,19
25.07.2020-25.08.2020	120,75	25.06.2021-26.07.2021	125,92
26.08.2020-24.09.2020	120,75	27.07.2021-25.08.2021	117,33
25.09.2020-26.10.2020	123,81	26.08.2021-30.09.2021	156,72
27.10.2020-24.11.2020	133,50	01.10.2021-25.10.2021	91,74
25.11.2020-18.12.2020	782,99	26.10.2021-29.11.2021	1518,78
		30.11.2021-31.12.2021	2275,45
Total	**4.050,70**	**Total**	**9.613,57**

Como viene anotado en la última fila de la tabla anterior el importe total pagado para los primeros meses donde la comercializadora de gas contratada es Naturgy es de 4.050,70 € mientras que para los últimos meses con la comercializadora Aldro se eleva a la cantidad de 9.613,57 €. Esto suma un gasto total durante el periodo del que se tiene registro de 13.664,27 €.

Se observa que el gasto durante la etapa con Aldro es ligeramente superior al doble del total de la facturación con Naturgy, esto se relaciona directamente con el consumo de energía en cada periodo, siendo tres veces mayor el de la etapa de Aldro como comercializadora.

En el gráfico de barras siguiente se dibujan los importes correspondientes a la facturación mensual que se posee de la etapa con la comercializadora Naturgy:

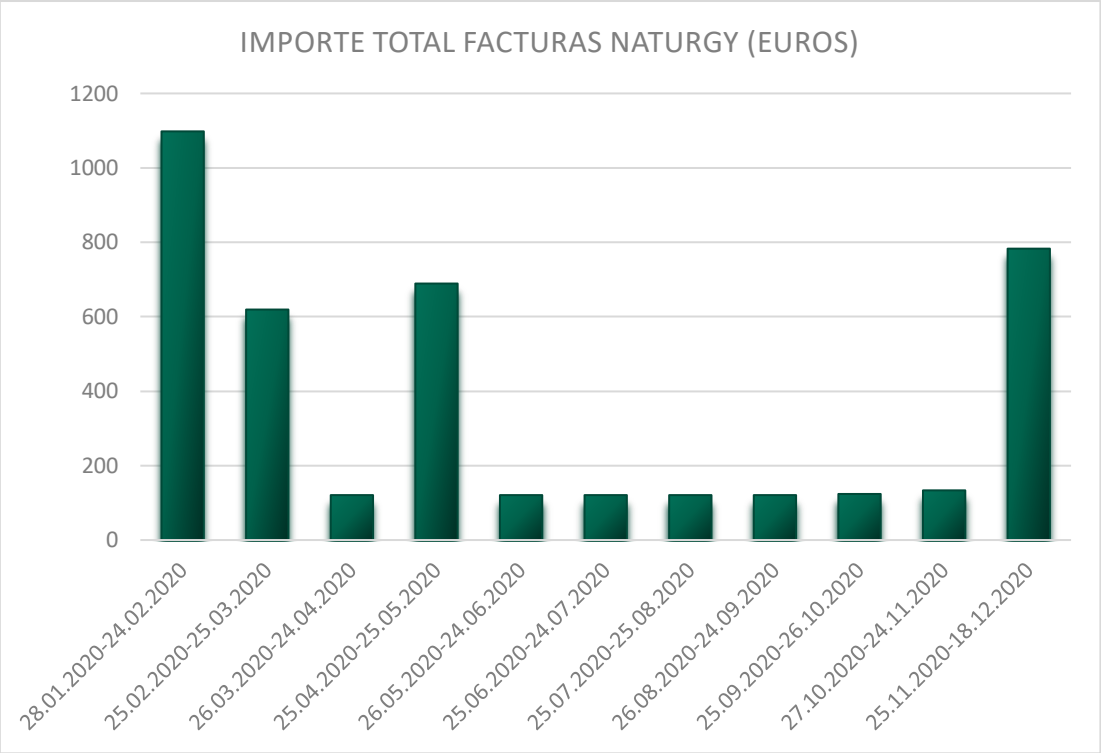


Gráfico 20: Importes totales mensuales de la facturación Naturgy.

La forma general del gráfico del importe total se corresponde totalmente al consumo energía consumida, notándose también en este caso el uso estacional de la necesidad de aporte calórico dentro del edificio. Siendo el gasto muy superior en los meses de clima más frío que en los meses más cálidos, esto se debe al encendido de la caldera para alimentar al sistema de calefacción y así mantener unas condiciones térmicas adecuadas para las personas que utilizan el instituto.

El siguiente gráfico representa el importe final de las facturas de gas durante el periodo de facturación con Aldro:

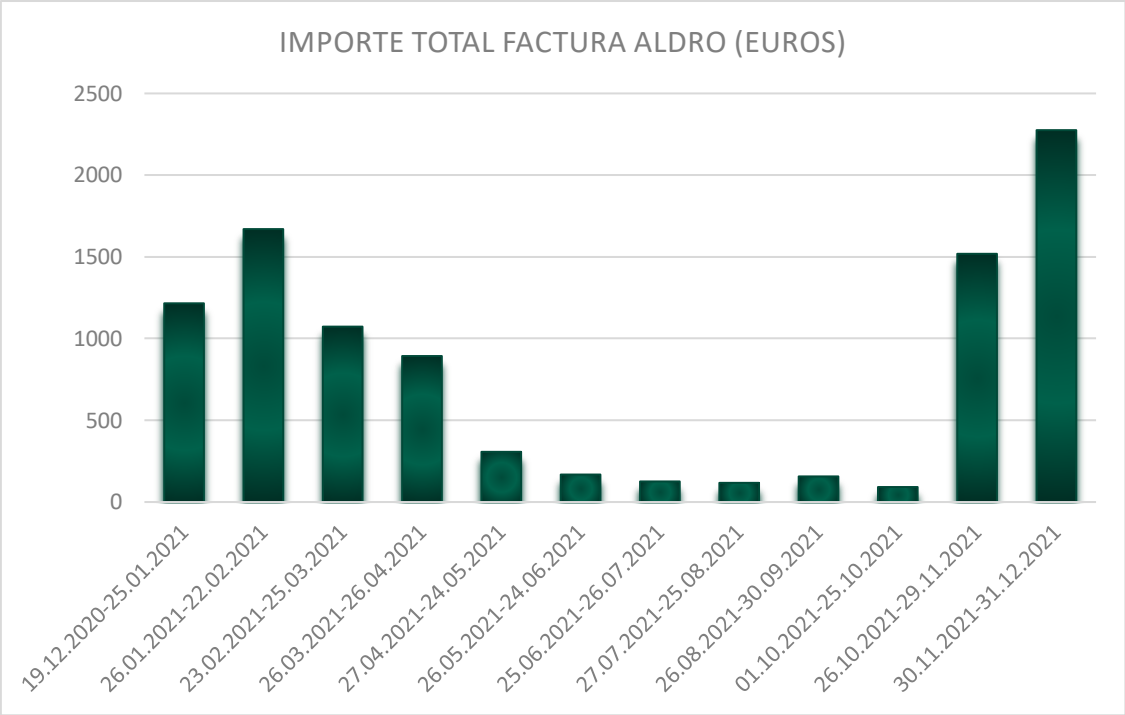


Gráfico 21: Importes totales mensuales de la facturación Aldro.

Se puede aplicar el mismo comentario que para el grafico anterior de los importes totales emitidos por Naturgy ya que el uso del suministro de gas tiene la misma finalidad. La diferencia fundamental es que se ha incrementado mucho el gasto en gas natural para el periodo facturado por Aldro, como se puede apreciar si se observan ambos gráficos y su escala en el eje vertical en euros.

El importe final de la factura de gas natural está compuesto por otros subconceptos que ya se han definido con anterioridad y de los cuales se va a analizar su influencia mediante una serie de gráficos creados a partir de los datos de las facturas gas emitidas por ambas comercializadoras.

En la siguiente tabla se recogen los datos de los importes en euros que forman las facturas de gas natural comercializado por Naturgy:

Tabla 10: Registro mensual de los importes facturados (Naturgy).

	CUOTA FIJA	TERMINO VARIABLE	DESCUENTO T. VARIABLE	IMPUESTO HIDROCARBUROS	ALQUILER CONTADOR	IVA	IMPORTE FINAL
28.01.2020-24.02.2020	80,97	782,68	-17,81	41,67	19,99	190,58	1.098,08
25.02.2020-25.03.2020	80,97	400	-9	21,07	18,82	107,49	619,35
26.03.2020-24.04.2020	80,97	-	-	-	18,82	20,96	120,75
25.04.2020-25.05.2020	80,97	455,69	-10,53	24,65	18,82	119,62	689,22

26.05.2020-24.06.2020	80,97	-	-	-	18,82	20,96	120,75
25.06.2020-24.07.2020	80,97	-	-	-	18,82	20,96	120,75
25.07.2020-25.08.2020	80,97	-	-	-	18,82	20,96	120,75
26.08.2020-24.09.2020	80,97	-	-	-	18,82	20,96	120,75
25.09.2020-26.10.2020	80,97	2,44	-0,07	0,16	18,82	21,49	123,81
27.10.2020-24.11.2020	80,97	9,60	-0,27	0,64	19,39	23,17	133,50
25.11.2020-18.12.2020	80,97	526,74	-14,93	34,93	19,39	135,89	782,99
TOTAL (€)	**890,67**	**2177,15**	**-52,61**	**123,12**	**209,33**	**703,04**	**4.050,70**

En la siguiente representación se desglosan los subconceptos del importe final de gas natural que se paga cada mes para las facturas generadas por Naturgy:

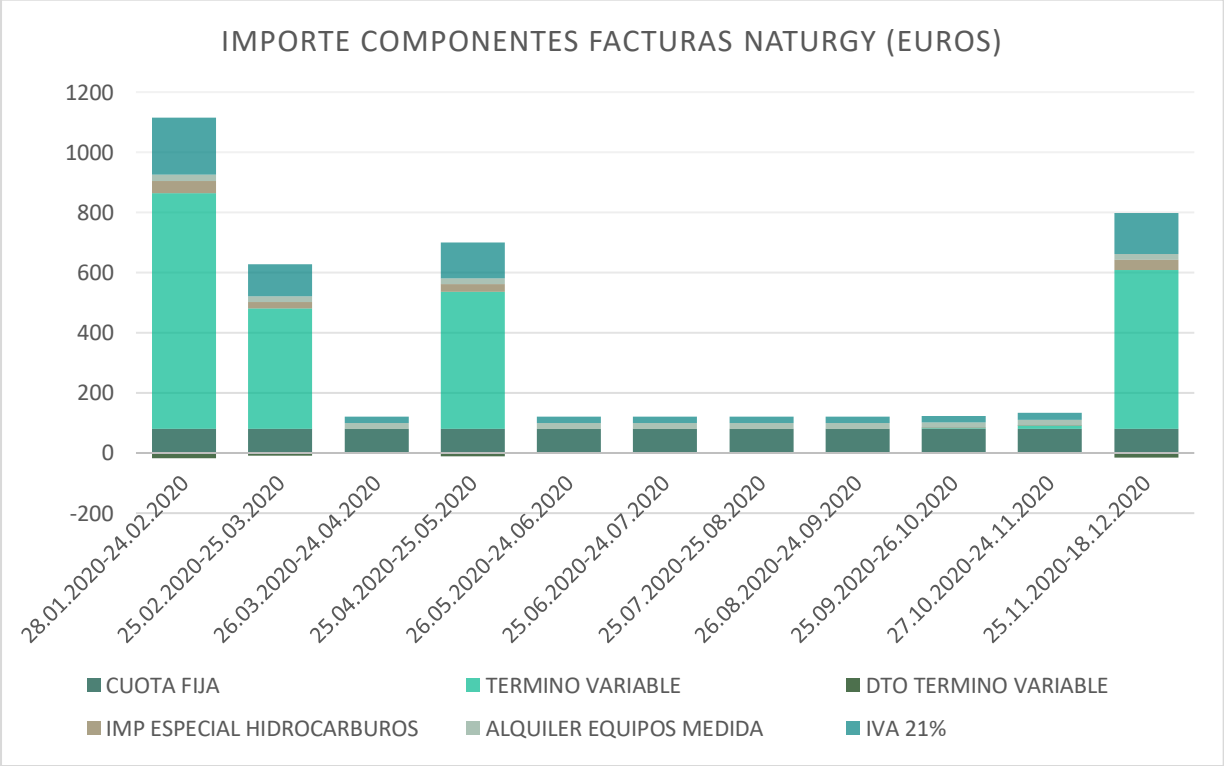


Gráfico 22: Desglose mensual del importe final en sus componentes (Naturgy).

En el primer grupo de facturas se tienen como los importes más influyentes en el gasto final de gas natural el termino variable asociado a la cantidad de energía consumida, el termino fijo llamada en este caso cuota fija y el importe que corresponde al IVA. Esto sucede así siempre y cuando sean meses de consumo de gas natural. En los meses que

no se requiere de suministro se paga igualmente una cantidad fija que es el principal importe de las facturas. Se paga además un importe por el alquiler del equipo de medida y por supuesto el importe que graba el IVA. Esto se debe a que en los contratos de suministro de gas natural se paga un término fijo todos los meses, se consuma o no, por tener el acceso a la red.

Los pesos de cada subconcepto se observan más claramente en el diagrama de sectores que se expone debajo, el cual aglutina en porcentaje la relevancia de los componentes durante la facturación con Naturgy:

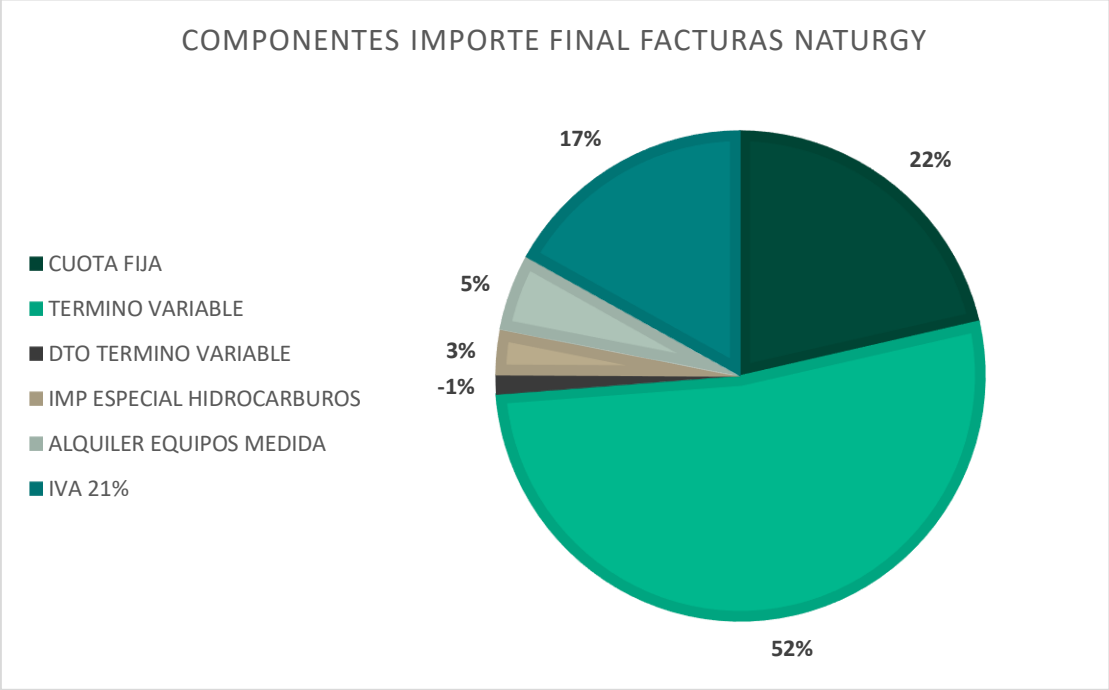


Gráfico 23: Participación anual de los componentes en el importe final (Naturgy).

En la siguiente tabla se detallan los importes en euros que de los distintos componentes que constituyen el importe final de la facturación de gas natural pagada a Aldro:

Tabla 11: Registro mensual de los importes facturados (Aldro).

	CUOTA FIJA	TERMINO VARIABLE	DESCUENTO T. VARIABLE	CUOTA GTS	TASA CNMC	IMPUESTO HIDROCARB.	ALQUILER CONTADOR	IVA	IMPORTE
19.12.2020-28.01.2021	99,25	844,22	-16,88	-	-	54,70	23,57	211,02	1.215,88
26.01.2021-22.02.2021	79,29	1227,07	-24,54	-	-	79,50	18,83	289,83	1.669,98
23.02.2021-25.03.2021	82,65	751,04	-15,02	-	-	48,66	19,63	186,26	1.073,22
26.03.2021-26.04.2021	85,65	604,90	-12,03	-	-	39,19	20,39	155,03	893,27

27.04.2021-24.05.2021	72,88	165,00	-3,30	-	-	0,39	18,83	53,30	307,10
26.05.2021-24.06.2021	80,45	38,39	-0,76	-	-	1,81	19,11	29,19	168,19
25.06.2021-26.07.2021	84,10	-	-	-	-	-	19,97	21,85	125,92
27.07.2021-25.08.2021	78,36	-	-	-	-	-	18,61	20,36	117,33
26.08.2021-30.09.2021	96,64	9,50	-0,19	-	-	0,62	22,95	27,20	156,72
01.10.2021-25.10.2021	45,36	13,68	-0,18	0,48	0,07	0,91	15,51	15,92	91,74
26.10.2021-29.11.2021	63,50	1105,72	-14,45	4,30	0,63	73,18	22,31	263,59	1518,78
30.11.2021-31.12.2021	58,06	1726,60	-13,74	4,81	0,70	84,24	19,87	394,91	2275,45
TOTAL (€)	**926,39**	**6486,12**	**-101,15**	**9,59**	**1,40**	**383,19**	**239,58**	**1668,46**	**9.613,57**

En el siguiente gráfico de barras apiladas se muestran los distintos elementos del importe final de gas natural pagado mensualmente en las facturas emitidas por Aldro:

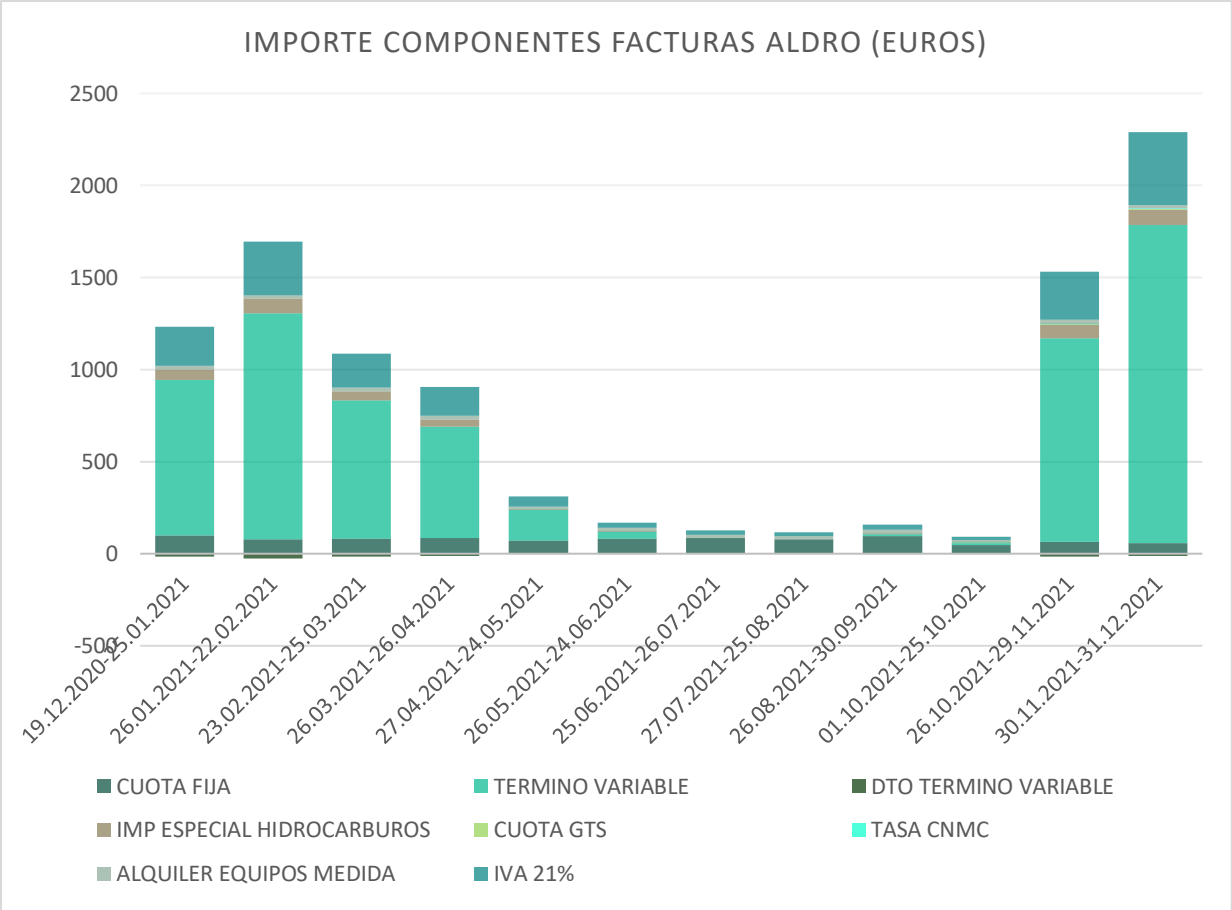


Gráfico 24: Desglose mensual del importe final en sus componentes (Aldro).

Se distingue fácilmente en casi todas las facturas que cuando existe consumo el subconcepto dominante es el termino de energía, el segundo valor más alto es el importe asociado al IVA y en tercera posición se encuentra la cuota fija. En los meses que no se utiliza gas natural para el funcionamiento de la caldera el termino fijo es el principal. Por tanto, los subconceptos con más peso se mantienen a pesar del cambio de comercializadora y esto se debe a la metodología de cálculo regulada. Se añaden dos nuevos importes asociados a los conceptos de la cuota del gestor técnico del sistema y la tasa de la CNMC, los cuales apenas suponen un coste apreciable en los gráficos.

Esto se aprecia más claramente en el siguiente diagrama de sectores que recoge en porcentaje de cada componente sobre el importe total durante toda la facturación con Aldro:

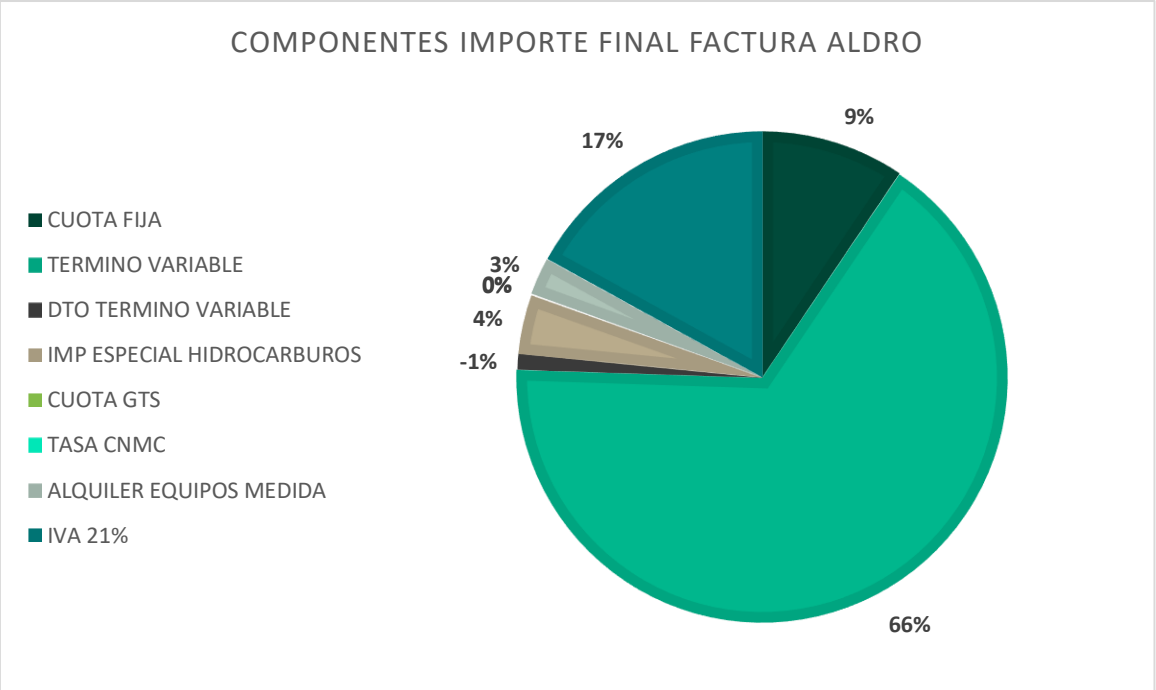


Gráfico 25: Participación anual de los componentes en el importe final (Aldro).

Tanto en el periodo facturado por Naturgy como en el de Aldro, el porcentaje de gasto debido a la cantidad de energía consumida está en torno al 52% y el 66% respectivamente, esto es en ambos casos más de la mitad del importe final.

De igual manera, la facturación relacionada con la cuota fija necesaria para que la instalación este conectada a la red local de transporte de gas natural y tenga el acceso disponible, es del 9% para la etapa de Aldro como comercializadora y del 22% para la de Naturgy. Realmente el importe en euros de la cuota fija no ha variado significativamente, simplemente es que se ha consumido más volumen de gas natural.

El importe que graba el IVA es bastante alto, concretamente del 17% en ambos periodos. El importe del impuesto especial sobre los hidrocarburos y el del alquiler de contador es en comparación con los tres anteriores es muy inferior.

Finalmente, tanto la cuota del GTS como la tasa de la CNMC en relación con los otros importes son prácticamente despreciables.

6. MEDIDAS DE MEJORA PROPUESTAS.

Una vez se ha descrito tanto el interior del edificio como sus sistemas energéticos principales y después del análisis de la facturación facilitada es el momento de proponer una serie de medidas de mejora. Estas propuestas están basadas en una serie de visitas a las instalaciones del Centro de Formación Profesional Número Uno en las cuales se han realizado inspecciones oculares y tomado fotografías. En todo momento acompañada y guiada por un profesor del centro, del cual se ha recibido una gran cantidad de información y detalles sobre las instalaciones.

Como el alcance de la auditoría es del tipo I, es decir, un diagnóstico energético, el cual solo sirve para introducir medidas de bajo coste o nulo, ya que no se posee la suficiente información sobre los parámetros energéticos que respalden mayores inversiones.

6.1. IMPLEMENTACIÓN DE UNAS PRÁCTICAS DE USO EFICIENTE DEL EDIFICIO.

Aunque pueda parecer poco relevante a priori, es muy importante en un edificio destinado al uso educativo en el cual cohabitan un gran número de alumnos con distintos hábitos que se sigan una serie de pautas básicas orientadas al ahorro energético además de utilizar ciertas técnicas sencillas relacionadas con las características del edificio. En algunos casos estas pautas ya son aplicadas, pero igualmente se van a incluir ya que sirven para seguir definiendo aún mejor como es el edificio y algunos de sus sistemas.

6.1.1. Ahorrar en iluminación.

- Aprovechar al máximo la luz natural en el instituto es fundamental. En el caso del Edificio de Electricidad y Electrónica se utiliza la luz natural como fuente de iluminación complementaria. El edificio está formado por paredes que incluyen zonas de vidrieras además parte del techo tiene una cúpula de cristal que introducen a las zonas comunes una gran cantidad de luz del sol. En todas las aulas existen al menos tres ventanas amplias provistas de estores que permiten la regulación de la entrada de luz natural. Es una obviedad, pero cuanto más se aprovecha la luz natural menos luz eléctrica se consume.
- La utilización de colores claros en los parámetros, techos y paredes del interior del instituto es una de las formas de optimización de la luz natural. Cuando se hace referencia a colores luminosos se trata precisamente de eso, colores que aportan y potencian la luz. Todo el interior del instituto está pintado de un blanco neutro y los suelos son de baldosas de color beige claro.
- La iluminación artificial más eficiente es la basada en tecnología led de bajo consumo. Hace unos cuatro años se ejecutó en el edificio un proyecto para realizar el cambio de luminarias de toda la instalación, pasando de tubos

fluorescentes a bombillas led. Esto supone una considerable reducción del consumo debida al sistema de iluminación.

- Un hábito importante es el de apagar todas las luces cuando se salga de una estancia que se ya no va a ser utilizada. Puede resultar muy útil poner carteles a la salida de las distintas estancias recordando el apagado de luces o dispositivos.
- El uso de sensores de movimiento que controlen el encendido y apagado de la iluminación del edificio es una buena opción que requiere de cierta inversión. En determinadas estancias de la escuela esto sería muy apropiado para el ahorro eléctrico. Los sensores son especialmente útiles en estancias de uso no prolongado, como por ejemplo en los baños donde es más frecuente olvidar el apagado de luces.
- Otra práctica importante es mantener totalmente limpias las pantallas, focos y lámparas de luz de las aulas y demás espacios. De esta forma la luz emitida se optimiza al máximo y no es necesario encender más cantidad de luminarias para un mismo nivel lumínico.[50]

6.1.2. Ahorrar energía en equipamientos.

- Es algo fundamental asegurar *el apagado de* los equipamientos electrónicos y eléctricos. De forma general, todos los equipamientos de las aulas deben permanecer apagados siempre que no estén siendo utilizados. Es especialmente importante que queden apagados, más en un centro de enseñanza de este tipo, en el cual existen multitud de aparatos que consumen electricidad. De este modo, el consumo eléctrico debido a los equipamientos será cero al finalizar la jornada lectiva. Se pueden poner carteles recordatorios en diversas zonas de las aulas que fomenten el apagado.
- Los aparatos eléctricos del instituto en “standbye” aunque parecen apagados realmente no lo están y siguen consumiendo energía. Esto es especialmente importante en un centro educativo donde existe una gran cantidad de equipamientos electrónicos propensos a no ser apagados completamente, generando un consumo energético extra.
- Utilizar regletas para los ordenadores y otros dispositivos en las aulas, salas de profesores y en oficinas del colegio, ayuda, precisamente, a desconectar del todo la totalidad de aparatos cuando no sean utilizados. Este método es utilizado para facilitar el apagado de grupos de equipos o dispositivos en el instituto de Electricidad y Electrónica. Por otro lado, algunos circuitos se activan o desactivan manualmente desde el cuadro eléctrico controlando el apagado o encendido de todos los dispositivos conectados.
- Las pantallas de ordenadores pueden ser suspendidas o apagadas entre clase y clase. Y tener programados en el modo reposo en los PC pasado un tiempo sin uso siempre es lo adecuado.

- Los televisores y monitores más antiguos deben ser cambiados a pantallas planas y LCD dado que su consumo es muy inferior, así como su respeto al medio ambiente.[51]

6.1.3. Ahorrar en climatización.

- Cuando la climatización en el instituto está en marcha es importante cerrar bien las ventanas para el correcto funcionamiento y eficiencia de la temperatura en las aulas. En este caso, solo se tiene sistema de calefacción por lo que es fundamental el cierre efectivo de las ventanas para no perder calor de forma innecesaria. Esto se opone a las ventilaciones continuas que se han producido en los centros educativos del país durante el periodo de pandemia con su consiguiente aumento del consumo energético.[52]
- Se tiende a poner los aparatos de climatización a temperaturas muy altas o muy bajas y durante unos periodos establecidos sin realizar mediciones de temperatura alguna. Se debe enseñar tanto a los alumnos como al profesorado que una temperatura constante de 20º en el interior es la correcta. Para ello, la regulación de la caldera mediante un dispositivo programador que permita la optimización del sistema de calefacción es fundamental. Esta mejora se va a presentar como medida a realizar en un apartado posterior.
- No obstaculizar ni tapar los radiadores. En el caso de radiadores en las clases, es importante no taparlos para una buena circulación del aire y buen intercambio térmico. La instalación de termostatos en estos radiadores también es aconsejable para una correcta lectura y ajuste de la temperatura. Esta última, es una de las medidas que se propone más adelante con más detalles.
- Tanto el exceso de ventilación como la falta pueden producir variaciones de la carga térmica del edificio y si no está bien regulado generar el aumento de la demanda del edifico. En el instituto tratado no existe una ventilación controlada sino puntual. En condiciones normales 10 minutos con las ventanas abiertas es suficiente para ventilación de un aula. Ajustarse a este tiempo permite no perder toda la climatización que ya se pueda tener reduciendo así el gasto energético.[53]

6.2. MONITORIZACIÓN DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS EXTERIORES.

Para la realización de una línea base, que sirva como método para establecer las siguientes medidas de mejora que necesita el edificio en estudio, es necesario un amplio volumen de datos para los distintos indicadores de desempeño energéticos seleccionados. Ya que éstos permiten conocer la evolución del consumo energético en el tiempo y la repercusión de los ahorros por las mejoras establecidas en el plan de acción. Por lo tanto, es fundamental la instalación de una torre meteorológica en el

exterior del edificio para poder hacer un buen registro de los parámetros externos que afectan a la demanda energética del mismo.

Una estación meteorológica es un equipo destinado a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas. Está formada dos tipos dispositivos principales: un sensor (o varios) sensible a distintos parámetros atmosféricos: temperatura, humedad, viento, radiación solar, nivel de precipitaciones… que se activa una vez que entra en contacto con ellos, y una consola en la que se muestran los datos en tiempo real.

La mayoría de los modelos ofrecen la posibilidad de visualizar los datos en un ordenador, tableta o smartphone a través de una aplicación o software específico vinculado a la estación. Además, este tipo de estaciones suelen contar con conexión wifi o Bluetooth para transferir los datos de forma sencilla y en tiempo real a una aplicación.

En principio el emplazamiento propuesto para la instalación de la torre es en la azotea del edificio, a la cual se tiene acceso únicamente desde la tercera planta de este. Es un espacio adecuado ya que los edificios cercanos no generan sombras indeseadas ni interfieren en las corrientes de viento, está dentro del recinto del centro educativo y cerca de las conexiones, y protegido del paso de las personas que acuden al instituto.

6.2.1. Factores Principales de Valoración.

A continuación, se nombran una serie de estaciones meteorológicas profesionales válidas para diversos sectores como es el universitario y de investigación. Existe un amplio abanico de campos de estudio universitario que pueden requerir información meteorológica para realizar estudios e investigaciones. Las variables más determinantes que han tenido para valorarlas son estas:

- Precisión y calidad de datos. Es una seña indiscutible de una estación meteorológica profesional. Para ello se considera los datos que dan los propios fabricantes en los que respecta a precisión, resolución y rango de datos, por otro lado, se tiene en cuenta la opinión de otros usuarios avanzados de estaciones meteorológicas y que usan en diferentes redes de aficionados en España.
- Durabilidad y calidad de materiales. En esta categoría las estaciones están hechas con materiales y electrónica más duradera que otros modelos inferiores como pueden ser las de uso doméstico comercializadas por grandes tiendas de electrónica. Aguantan más años a la intemperie. Uno de los problemas es en los sensores exteriores que debido al sol y a las bajas temperaturas van mermando la calidad del material plástico, de modo que se van cuarteando y cambiando de color. Las profesionales aguantan mucho mejor estas condiciones y pueden hasta doblar en años la duración de los modelos de media calidad.
- Preparadas para fenómenos meteorológicos extremos**.** Una de las propiedades más importantes es que estas estaciones están preparadas para recoger de manera óptima los datos de fenómenos meteorológicos extremos, ya sean bajas

temperaturas, precipitaciones torrenciales o altas temperaturas. Cuando se producen este tipo de fenómenos, las estaciones meteorológicas de gama media o baja suelen desviarse bastante de la realidad, tienen una menor tolerancia ya que se electrónica o sus componentes son de menor calidad por lo que sus resultados no suelen dar demasiada confianza si se quieren comparar con otros lugares.

- Velocidad en transmisión de datos. Una de las propiedades que más gusta a los usuarios de este tipo de dispositivos es la velocidad que ofrecen a la hora de recoger y enviar los datos a las consolas centrales. Cuando se produce una situación meteorológica adversa o de interés es interesante observar los cambios, que se producen en pocos segundos, para ver el nivel de la fuerza del evento. Al final, esta velocidad de transmisión garantiza que no se pierden datos.

Seguidamente, se va a listar una serie de modelos de estaciones meteorológicas que por recomendación, análisis y comparativa son las más aptas para monitorizar el clima dentro del ámbito de la aplicación requerida. Está claro que este tipo de estaciones no son usadas normalmente por las agencias estatales de meteorología que utilizan otro tipo de modelos de mayor calidad incluso.[54]

6.2.2. Estaciones meteorológicas DAVIS VANTAGE PRO2.

Vantage Pro2™ es el tope de gama de las estaciones meteorológicas de Davis Instruments. Ofrece altas prestaciones y durabilidad tanto a profesionales como a auténticos aficionados a la meteorología, además de la posibilidad de adaptarla totalmente a sus necesidades específicas. Tiene diferentes modelos cuyos precios aproximados, parten desde los 900€ del modelo más básico hasta los 2200€ de modelos tope de gama con consola incluída, que dependen de las características que posea finalmente.

- Davis Vantage Pro2™ Plus Inalámbrica Autoaspirada 6163**:** Es el modelo más completo de la Davis Vantage Pro2 ya que ofrece un ventilador autoaspirado activo durante 24 horas para poder recoger los datos de temperatura y humedad óptimos, para las aplicaciones más exigentes. También cuenta con el sensor de radiación solar e índice de UV.
- Davis Vantage Pro2™ Inalámbrica 6152: A diferencia del modelo anterior no dispone de auto aspirado y es una versión inalámbrica.
- Davis Vantage Pro2™ Cableada 6152C**:** Esta versión es igual que la anterior, pero con cableado para el sensor exterior.
- Vantage Pro2™ Inalámbrica Autoaspirada 6153: Versión que comparte características con la 6152 pero con sistema de auto aspirado.

Ilustración 59: Imagen de Davis Vantage Pro2 Plus Inalámbrica Autoaspirada 6163.

Los distintos modelos de Davis Vantage Pro comparten muchas características principales y también poseen diferentes ventajas que se especifican debajo:

Las variables meteorológicas que detecta y registra son**:**

- Velocidad y dirección del viento.
- Temperatura y humedad interior y exterior.
- Temperatura de sensación y punto de rocío.
- Lluvia actual y acumulada diaria, mensual y anual.
- Intensidad de lluvia.
- Presión atmosférica actual y tendencia.
- Radiación solar.
- Evapotranspiración.
- Radiación e índice UV.
- Pronóstico meteorológico.
- Fase lunar y hora de puesta y salida del sol

Gran calidad de datos en todos los ámbitos: precisión, rango y resolución. Para demostrarlo, solo hace falta revisar los datos que proporciona el fabricante y ver las numerosas instalaciones profesionales que hay en España en diferentes ámbitos.

Sensores de anemómetro, pluviómetro y termohigrómetro por separado. Frente a la Davis Vantage Vue, con este modelo se pueden instalar los sensores de acuerdo con las recomendaciones de la Organización Mundial Meteorológica (OMM) y así poder recoger los datos en las mismas posiciones que las estaciones oficiales de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET): Anemómetro a 10 metros del suelo y pluviómetro y termohigrómetro a 1,5 metros del suelo. Esto garantiza una calidad de datos comparable con otras estaciones.

Gran cantidad de gráficos y datos en la pantalla. Se pueden ver hasta 80 tipos de gráficas con las variables meteorológicas que recoger. Esto permite visualizar y hacer un seguimiento de las variables de una manera muy precisa y desde diferentes puntos de vista. Más de 100 mensajes diferentes muestran detalles adicionales del pronóstico y de las condiciones actuales.

Alarmas meteorológicas. Hasta 70 alarmas puedes configurar para estar avisado de los cambios meteorológicos que más interesen seguir. Permite alertar de peligros como vientos fuertes, temperaturas de congelación, lluvias intensas con posibilidad de inundaciones y consultar el histórico de las últimas 24 horas, menses y años, registro de máximas y mínimas.

La consola permite visualizar todas las variables meteorológicas de forma simultánea y configurar la estación sin necesidad de un ordenador. Presenta un cómodo teclado y una gran pantalla LCD de 15 x 9 cm con retroiluminación, para una lectura perfecta tanto de día como de noche. Es posible agregar consolas adicionales para visualizar la información en diferentes ubicaciones.

El diseño de Vantage Pro2™ destaca por su elegancia y robustez. Es resistente a la corrosión y a todas las inclemencias del tiempo, desde inviernos helados e intensas tormentas primaverales hasta calurosos veranos y fuertes vientos otoñales. El protector solar brinda una excelente protección contra la radiación solar y otras fuentes de calor radiado y reflejado. El panel solar alimenta al Conjunto Integrado de Sensores (ISS) durante el día, a la vez que carga una batería interna que proporciona energía por la noche. Una pila de litio sirve de respaldo en caso de necesidad.

Garantía de calidad. La Davis Pro2 pasa 10 rigurosas pruebas antes de ser enviada, según el fabricante. Está fabricada en Estados Unidos bajo los estándar y requerimientos de calidad más exigentes del mundo.

El ISS envía los paquetes de datos a la consola de forma inalámbrica a una distancia de hasta 300 metros, con una frecuencia de actualización de 2,5 segundos. Esto es tres veces más lejos que las estaciones de la competencia y hasta diez veces más rápido. Además, la tecnología radio de espectro ensanchado por salto en frecuencia garantiza una transmisión de datos fiable y sin interferencias. El alcance de la transmisión inalámbrica puede ampliarse a través de repetidores de corto y largo alcance.

Posibilidad de conectar la estación a Internet a través de WeatherLink IP. Estas versiones de la Davis Vantage Pro están diseñadas con total compatibilidad con el datalogger WeatherLink® que se acopla al Weather Envoy™ para almacenar los datos meteorológicos y poderlos descargar a un ordenador. El potente software WeatherLink® permite ver las condiciones actuales, elaborar gráficos e informes detallados, exportar los datos a la mayoría de las hojas de cálculo y publicarlos en Internet para compartirlos con personas de todo el mundo.

El modelo Plus incorpora de serie los sensores de radiación solar y UV, gracias a los cuales pueden calcularse diversas variables meteorológicas adicionales.

El modelo autoaspirado incorpora un ventilador, activo las 24 horas del día, que succiona aire a través de la cámara del sensor dentro del protector solar, reduciendo por completo los efectos de la radiación sobre la medida de la temperatura y la humedad, logrando así la máxima precisión y fiabilidad. El sistema incluye una placa solar que alimenta al ventilador durante el día, a la vez que carga una batería interna que proporciona energía por la noche.

Rapidez en la actualización de datos:

- 2,5 segundos dirección y velocidad del viento.
- 20 segundos precipitación.
- 10 segundos temperatura.
- 1 minuto para la humedad.

Es un dispositivo muy versátil ya que las prestaciones pueden ampliarse mediante una extensa gama de sensores, estaciones y accesorios adicionales para adecuarse fácilmente a las necesidades concretas de cada usuario o sector profesional. Esto la convierte en la estación más flexible del mercado con diferencia

Puedes crear redes de sensores para abarcar una gran área. Una de las grandes diferencias de este modelo es que puedes crear una red de sensores interconectados entre ellos y recoger información meteorológica en una gran área.[55]

6.2.3. Estación meteorológica LAMBRECHT ALL-IN-ONE.

La marca alemana Lambrecht pone a disposición la estación meteorológica All-in-one diseñada completamente digital y automática para uso profesional para la monitorización de las diferentes variables meteorológicas. Esta se puede adquirir por 8.650€, incorporando todos los sensores disponibles para medir las variables atmosféricas y también el sistema de datalogger y software para trabajar con los datos recopilados por la estación.

Ilustración 60: Imagen de la Estación Lambrecht All-in-one.

Todos sus sensores están debidamente homologados por la OMM, para poder dar a este equipo una funcionalidad científica y rigurosa.

Estación de uso en observatorios meteorológicos, terrenos agrícolas, infraestructuras de carreteras, vías de comunicación y puertos, parcelas de estudio científico y medioambiental, etc.

Esta estación meteorológica incluye:

- Anemómetro profesional de cazoletas modelo Pro-Wea
- Veleta profesional modelo Pro-Wea
- Pluviómetro automático profesional modelo Joss-Tognini
- Termohigrómetro digital profesional con garita de protección
- Sensor digital de presión atmosférica
- Piranómetro
- Datalogger Tropos de 12+1 canales
- Software Meteoware-CS
- Sistema de mástiles para el montaje

El anemómetro tiene un rango de medida entre 0,5 y 60m/s con una precisión de 0,3m/s en valores por debajo de 10m/s y 0,5m/s hasta 60m/s. Incluye 15m de cable y está fabricado en aluminio.

La veleta tiene una precisión de 2º, en el campo de 0 a 360º. Fabricada en aluminio que incluye 15m de cable.

El pluviómetro digital profesional, está fabricado en aluminio, con una superficie de recolección de 200cm2 acorde a Hellmann. La precisión es de +/- un 2%, con corrección según intensidad. Resolución 0,1mm.

Termo higrómetro con sensor de alta sensibilidad y protección estilo RadiationShield.

Piranómetro WMO de segunda clase, con medida entre 0 y 2000W/M2.con rengo entre 285 y 3000nm. Protección IP67 y certificado de calibración.

Sensor de presión atmosférica con rango entre 600 y 1100hPa, con precisión de +/-1hPa. Fabricado en policarbonato, resistencia al agua IP66 y cable de 2m de largo.

Datalogger TROPOS para 1+12 sensores con capacidad de un año en la tarjeta CF de almacenamiento. Transferencia directa vía puerto serie RS232 o vía módem GSM, telefónico o radiofónico. Los intervalos de medida son fácilmente programables, tanto por canal como por variable.

El equipo se completa del software informático Meteoware CS, compatible con el datalogger Tropos y con el sistema de mástil-trípode para el soporte y anclaje de la estación.

Está disponible una versión con fuente de alimentación solar, lo que la dota de un funcionamiento completamente autónomo para aquellas aplicaciones en lugares más remotos sin acceso a la red eléctrica.[56]

6.2.4. Estación meteorológica ATMOS 41.

Se trata de una estación meteorológica todo en uno que transmite a través de un solo cable los datos meteorológicos, fabricada por MeterGroup. Se puede utilizar combinándola con el registrador ZL6 de la misma marca, proporcionando una gran flexibilidad para agregar otro tipo de sensores, como puede ser la humedad del suelo. El precio del pack de la estación meteorológica junto al registrador es de 2.950€ con impuestos ya incluidos. Este registrador permite el almacenamiento y la gestión de datos basados en la nube, de forma que se puede configurar un sistema de monitoreo completos sin cableado ni programación complejos. Incluye comunicación digital SDI-12.

Ilustración 61: Imagen de la estación meteorológica ATMOS 41 y el registrador ZL6.

La estación meteorológica ATMOS 41 empaqueta 12 sensores meteorológicos en un único dispositivo compacto para las condiciones atmosféricas. Esto significa que no hay piezas móviles que puedan fallar ni desgaste mecánico de modo que el mantenimiento se simplifica al máximo. La instalación inicial es sencilla y se le puede añadir un elemento disuasorio de aves como protección adicional.[57]

Ilustración 62: Imagen de la estación meteorológica ATMOS 41.

Esta estación meteorológica de investigación mide las variables climáticas que se exponen debajo:

- Temperatura del aire
- Humedad relativa
- Presión de vapor
- Presión barométrica
- Velocidad del viento, ráfagas y dirección
- Radiación solar
- Precipitación
- Contador de rayos y distancia

Otras características a reseñar son:

- Es precisa a bajas velocidades de viento gracias a la ausencia de fricciones.
- Detecta variaciones de velocidad del viento a escala fina con una resolución de 0.01m/s.
- El acelerómetro integrado detecta si el sensor está fuera de nivel.
- El resorte integrado actúa como un filtro de pluviómetro para evitar la entrada de partículas grandes, pero permitiendo un flujo de agua suficiente.
- Los pines especiales fabricados en oro miden lluvias pequeñas y proporcionan una resolución de 0.017mm
- Diseñado para un despliegue continuo en climas hostiles.

6.3. MONITORIZACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD Y CONFORT INTERIORES.

Resulta primordial la instalación de una serie de dispositivos que midan los parámetros de calidad y de confort en el interior del edificio para realizar una buena adquisición de datos. Estos son necesarios, como sucede con los parámetros ambientales externos mencionados en la anterior medida propuesta, para la definición de una línea base y para establecer otros indicadores de desempeño energéticos que después de su análisis proporcionen una serie de nuevas mejoras que instaurar.

6.3.1. Métodos de medición y monitorización.

La calidad del aire interior es un factor fundamental en el ámbito de la salud en espacios interiores. De hecho, una persona respira más de 15.000 litros de aire al día, entre un 80 y 90% de las veces en el interior de los edificios según la Organización Mundial de la Salud (OMS). Por otra parte, la tendencia constructiva en el ámbito de la eficiencia energética incide en el aumento de la estanqueidad que, sin una adecuada renovación de aire basada en las condiciones de uso y no en perfiles prefijados, puede derivar en una mayor concentración de contaminantes interiores.

La medición de la calidad del aire interior ha seguido tradicionalmente un protocolo estandarizado para su evaluación a través de la medición directa y/o la utilización de técnicas de laboratorio como detectores de ionización de llama o cromatografía de gases-espectrometría de masas, que proporcionan una forma precisa de identificar gases específicos dentro de una muestra de aire.

Sin embargo, en mediciones donde la variación diaria es significativa, como puede ocurrir en espacios interiores, tanto de uso docente, sanitario, turístico o residencial en función de las condiciones de uso, hábitos de climatización y renovación de aire, entre otros, resulta aún más significativo medir la evolución en el tiempo de la calidad del aire. Una película aporta más información que un solo fotograma.

La monitorización continua de la calidad del aire se presenta como la herramienta básica que permite evaluar los datos en el tiempo para una evaluación de las pautas de uso, del perfil de ocupación, el tipo y grado de contaminación (de fondo, puntual), su periodicidad y el potencial de mejora de un espacio. El uso educativo del edificio en estudio y la gran cantidad de personas que permanecen en su interior en determinados periodos constituyen otro motivo muy importante para la medida y el registro de los parámetros de calidad y confort.

Medir la calidad del aire implica conocer los niveles de contaminación química y biológica, condicionados por la temperatura y la humedad. Las estrategias de mejora se determinarán en función de los valores monitorizados y los riesgos detectados en cada caso. Si el confort termo-higrométrico es inadecuado será necesaria la revisión y ajuste del sistema de climatización, su control, regulación, la necesidad de humidificación o

deshumidificación, pudiendo incluso calcular la cantidad de vapor de agua que un espacio necesita aportar o eliminar para unas condiciones de confort determinadas y elegir el dispositivo o sistema específico para este uso. La monitorización en tiempo real de la temperatura te permite tomar decisiones como ajustar el termostato del sistema de refrigeración o decidir si es necesario abrir o cerrar ventanas.

La monitorización de la concentración de CO2 permite evaluar la eficacia del sistema de ventilación y programar su regulación en función de su concentración. La evolución y pautas detectadas en relación con el resto de los parámetros que determinan la contaminación química, permiten la prescripción de purificadores de aire con filtros de alta eficiencia y adsorbentes para la reducción de contaminantes gaseosos (formaldehído, partículas en suspensión, compuestos orgánicos volátiles totales (COVs), etc.), la implementación de sistemas de fitorremediación, aplicación de radiación ultravioleta o cualquier otra estrategia enfocada a la reducción de las fuentes de contaminación.[58]

6.3.2. Parámetros que determinan la calidad del Aire Interior.

Los parámetros que determinan la calidad del ambiente interior se clasifican según su naturaleza en físicos (como la temperatura, las radiaciones, el ruido…), químicos (como sustancias y/o compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el aire y/o el polvo en suspensión) o biológicos (mohos, esporas, bacterias o ácaros).

Los compuestos químicos presentes en el aire interior se clasifican a su vez en:

- Compuestos orgánicos muy volátiles (COMV): como el formaldehído, el ozono, el cloro, el monóxido de carbono (CO), el dióxido de nitrógeno (NO2) y otros gases de combustión
- Compuestos orgánicos volátiles (COVs): disolventes como aldehídos, alifatos, alcoholes, compuestos aromáticos, glicoles, cetonas, terpenos, etc, partículas en suspensión y fibras
- Compuestos orgánicos semivolátiles (COSV): compuestos orgánicos poco volátiles y persistentes como biocidas, fungicidas, pesticidas o retardantes de la llama, así como metales pesados. Estos componentes pueden ser detectados suspendidos en el aire, pero mayoritariamente en el polvo, tanto en suspensión como sobre superficies de los espacios interiores.

Los elementos más comunes y clave de la calidad del aire interior, considerados en este edificio en concreto, si no se encuentran entre los valores recomendados por las normativas pueden derivar en diferentes peligros para la salud de los ocupantes:

- Partículas en suspensión: También conocidas como PM (1, 2.5, 4 y 10), están compuestas por una gama de partículas de polvo, suciedad y líquidos que quedan suspendidas en el aire. El polvo, los hongos, las bacterias, el polen son

ejemplos fuentes de partículas. Cuanto más pequeñas e invisibles son (como las PM 1 o 2.5), más dañinas resultan para la salud, porque pueden inhalarse y penetrar en lo más profundo del sistema respiratorio. Las partículas PM pueden permanecer en la atmósfera durante bastante tiempo y son transportadas libremente por las corrientes de aire. Si son respiradas pueden causar virus o infecciones bacterianas o derivar en asma, afecciones alérgicas o insuficiencia cardiaca, según su tamaño y naturaleza.

- Compuestos orgánicos volátiles totales: Los compuestos orgánicos volátiles son toxinas liberadas por productos químicos (productos limpieza y desinfección, pinturas, barnices, ceras, cosméticos, perfumes, desodorantes, ambientadores, etc). Los COVs pueden causar efectos graves en la salud a corto y largo plazo, como irritaciones menores de ojos, nariz y garganta hasta problemas de hígado y riñones.
- Formaldehido: Gas tóxico muy volátil y común en espacios interiores, desde 2016 catalogado como cancerígeno 1B por la U.E.
- Dióxido de carbono: Gas inodoro, incoloro, e insípido que en niveles elevados provoca malestar, somnolencia, disminución de la productividad y condiciona la capacidad de concentración y el bienestar en espacios interiores. Indicador de la eficacia de la ventilación. No es un contaminante como tal, sin embargo, en altas concentraciones es tóxico por desplazamiento de oxígeno.
- Humedad: Se recomienda mantener siempre los niveles de humedad relativa en interior entre el 40% y el 60% para disfrutar de un espacio saludable y evitar la propagación de virus. Unos niveles bajos de humedad relativa pueden afectar al rendimiento y causar piel seca y eccemas. En cambio, unos niveles altos de humedad contribuyen a la proliferación de moho y, en consecuencia, aumenta el riesgo de padecer asma, alergia y enfermedades respiratorias.
- Temperatura: Es el parámetro más habitual para determinar el confort térmico en el interior de una estancia. Cualquier temperatura por encima de las condiciones óptimas de temperatura puede resultar en causar fatiga mental y afectar al rendimiento y la productividad. En cambio, las temperaturas bajas pueden debilitar el sistema inmunológico y ayudar a la propagación de virus.
- La presión atmosférica: Está relacionada con los flujos de aire que causan bacterias, polvo y otros contaminantes en el aire. Si la presión de aire en un espacio interior es más baja que en el exterior, la contaminación de la habitación no fluye hacia las áreas circundantes. Una mayor presión dentro de una estancia interior evitará la entrada de contaminantes.

Controlar la calidad del aire, requiere por lo tanto mantener a raya todos estos contaminantes que pueden desprenderse de materiales de construcción, acabado, equipamiento, o del propio uso y mantenimiento de un espacio en forma de productos de higiene y limpieza.[59]

6.3.3. Valores de referencia de la calidad del Aire Interior.

Establecer unos valores de referencia es otro de los aspectos clave para el diagnóstico de la calidad del aire, ya que definir qué valores son óptimos requiere una revisión de la normativa existente y de las recomendaciones que desde la perspectiva de la salud se ofrecen en instituciones privadas y/o públicas.

No existe requerimiento legal, ni consenso legislativo sobre los valores de referencia para la salud en espacios interiores. La base legislativa es, por un lado, las recomendaciones higrotérmicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE) y las exigencias básicas de salubridad del Código Técnico de la Edificación (CTE), sin embargo, no se especifican valores de emisiones al aire interior en el ámbito de la contaminación química en entornos residenciales o educativos, por ejemplos, por lo que se recurren generalmente, sin perspectiva legislativa, a las recomendaciones genéricas de la OMS.

Debido a esa falta de parámetros concretos, se puede tener en cuenta los valores límite de exposición profesional del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). Se va al concepto de entornos profesionales en lugar del ámbito de la vivienda. Podemos encontrar recomendaciones y valores límite en las Notas Técnicas de Prevención, pero siempre mirando al entorno industrial y de la empresa.

Por otro lado, la norma UNE 171330 destinada –según el INSHT– “a establecer un sistema paso a paso de diagnóstico, inspección y gestión de los ambientes interiores”. Para más información, la norma UNE 171330-2 Calidad ambiental en interiores, en su Parte 2: Procedimientos de inspección de calidad ambiental interior, que incluye modificaciones e incorporaciones para los parámetros de control, como los Criterios de Confort o los Criterios Valor Límite. Se incorporan los criterios de valoración para la fracción respirable de partículas en el aire y en lo referente a biocontaminación, se establecen unos recuentos máximos y la necesidad de considerar la relación entre la inspiración y la espiración.[60]

Tabla 12: Criterios de valoración según la norma UNE 171330.[61]

PARÁMETRO	CRITERIO DE VALORACIÓN	
	CRITERIO CONFORT SE ACEPTA HASTA UN 25% DE SUPERACIONES	CRITERIO VALOR LÍMITE MÁXIMO
Evaluación higiénica de los sistemas de climatización	UTAs: Ausencia de suciedad visible	No aplica
	Conductos: Según norma UNE 100012	No aplica
Temperatura y humedad relativa	Temperatura Primavera-Verano: 23-25 °C 30-70% Otoño-Invierno: 21-23 °C 30-70%	Valores límites máximos solo para temperatura (todo el año) 17-27 °C
Dióxido de carbono	Interior-exterior < 500 ppm	Valor límite máximo: 2.500 ppm
Monóxido de carbono	< 5 ppm	Valor límite máximo: 9 ppm
Partículas en suspensión (PM 2,5)	< 20 µg/m³	Valor límite máximo: 1.000 µg/m³
Conteo de partículas	Clase ISO 9 <35.200.000 part de 0,5 micras/m³ <293.000 part de 5 micras/m³	No aplica
Bacterias y hongos en suspensión	Bacterias < 600 ufc/m³ Hongos < 200 ufc/m³	No aplica

Fuera de la normativa española, el International Well Building Institute cita los siguientes parámetros para asegurar unas condiciones o estándares de calidad del aire interior:

- Materia particular: 10 micrómetros o menos de diámetro: 50 ug/m³; 2,5 micrómetros o menos de diámetro: 15 ug/m³.
- Monóxido de carbono: Menos de 9 ppm.
- Compuestos orgánicos volátiles: Menos de 500 ug/m³.
- Formaldehidos: Menos de 27 ppm.
- Dióxido de carbono: Aproximadamente 700 ppm por encima de los niveles del aire exterior (generalmente alrededor de 1.000 a 1.200 ppm).
- Humedad: Por debajo del 60%, idealmente entre 30% y 50%.
- Temperatura: de 20°C a 23°C (invierno); de 25°C a 27°C (verano).

Se puede apreciar que los valores recomendados por la normativa española y la internacional son similares, pero no iguales.

6.3.4. Dispositivos de monitorización de calidad del Aire Interior.

Los dispositivos de monitorización continua permiten hacer un seguimiento continuado de los distintos parámetros que definen la calidad del aire interior. La sensórica empleada en el desarrollo de este tipo de dispositivos es la base para la captación de

datos. La arquitectura IoT de estos aparatos permiten transformar los datos en información útil, gracias a un microprocesador incorporado y una plataforma en la nube.

Cada parámetro tiene un sensor y tecnología específica, según su funcionamiento y naturaleza. Las dudas surgen en las diferencias entre la medición de contaminación química según los protocolos clásicos, respecto de la utilización de dispositivos de monitorización continua de bajo coste. En este sentido, es importante entender que la precisión de la evolución en el tiempo tiene más relevancia que la exactitud de la medida puntual para diagnosticar la calidad del aire interior. Y que la información que ofrecen unos y otros métodos de medición es diferente pero complementaria entre sí.

Este tipo de dispositivos realiza lecturas de la calidad del aire de forma periódica, con el intervalo configurado por el usuario en función del tipo de espacio, el sistema de ventilación y el objetivo de la monitorización a partir de una medición por minuto. Un botón táctil permite hacer una lectura instantánea, activando una luz que se enciende a modo de semáforo para informar del estado general de la calidad del aire.

Estos dispositivos tienen protocolos de comunicación abiertos, siendo posible su interoperabilidad y comunicación con otros sistemas desde el propio dispositivo o su plataforma de datos, a través de una interfaz de programación de aplicaciones (API).

Para controlar la calidad del aire interior en espacios interiores como aulas, oficinas y hogares, se debe utilizar un medidor de calidad del aire que mida tanto el contenido de dióxido de carbono como la temperatura y la humedad del aire interior. Especialmente en edificios relativamente nuevos con una densa envoltura por razones de eficiencia energética, se debe prestar atención a la ventilación según sea necesario. Los sistemas de ventilación no suelen tener una tercera capa de filtrado que pueda filtrar los aerosoles potencialmente virales. Un dispositivo de medición de la calidad del aire con un indicador de semáforo indica si se necesita ventilación con los colores verde / amarillo / rojo para el contenido de dióxido de carbono.[62]

El nivel de dióxido de carbono aumenta debido a la respiración de las personas presentes y, por lo tanto, es también un valor guía del número de virus que pueden introducirse en el aire ambiente por la respiración. Independientemente del número de personas, los medidores de la calidad del aire también deberían poder medir el formaldehído, los compuestos orgánicos volátiles o los polvos finos en algunas habitaciones debido al equipo estructural o los materiales utilizados en la habitación. Si un valor medido se eleva repentinamente, no sólo se puede ventilar la habitación, sino que también se puede aclarar la fuente de las emisiones.

6.3.5. Medidor de calidad de aire interior PCE-AQD 50-ICA.

Este medidor de calidad del aire interior ha sido diseñado para el control prolongado de las condiciones climatológicas de oficinas, aulas o auditorios y se comercializa con un

precio en torno a los 600€ con el IVA incluido, variando ligeramente de un vendedor a otro. El medidor de calidad del aire integra diferentes sensores e incluye un certificado calibración ISO. Es un dispositivo discreto y adaptable con unas dimensiones de 28,5 x 88,5 x 41 mm y un peso de 300 g.

Entre ellos está un sensor NDIR que mide el dióxido de carbono hasta 40.000 ppm, un sensor de temperatura para un rango entre 0 y +50 ºC, un sensor que mide la humedad del aire entre 0 y 100 % H.R y un barómetro con un rango entre 300 y 2000 hPa que permite indicar la presión atmosférica y la absoluta. Gracias a los diferentes sensores que integra el medidor de calidad del aire se puede usar en múltiples aplicaciones. Se pueden visualizar los valores en la pantalla digital del medidor de calidad del aire. Además, incluye una valoración Bien / Regular / Mal de la concentración de CO2 del aire.

Ilustración 63: Imagen del medidor de calidad de aire PCE-AQD 50-ICA.

Mientras mide, el medidor de calidad del aire también puede registrar los valores. Los datos quedan almacenados en la tarjeta de memoria microSD de 32Gb como archivo csv. Esto permite abrir los valores del medidor de calidad del aire en cualquier base de datos interna. A través del software puede visualizar los valores de forma gráfica o en formato tabla.

El medidor de calidad del aire dispone de una función de alarma. Esta función permite ajustar de forma individual los valores umbrales para cada sensor. Una vez que sobrepasa el valor umbral establecido el medidor de calidad del aire alertará de forma acústica y visual. Cuando el valor vuelve a descender por debajo del umbral la alarma se apaga automáticamente.

Puede visualizar los valores de medición en la pantalla con indicación del historial de 2,7" del medidor de calidad del aire. Para un análisis más detallado de los últimos valores puede cambiar el modo de visualización y ver el historial. La pantalla digital de bajo consumo permite aumentar la autonomía del acumulador del medidor de calidad del aire. Según la cuota de registro ajustada puede trabajar con el medidor de calidad del aire hasta 10 meses antes de volver a cargar el acumulador. También puede alimentar el dispositivo de forma continua con el adaptador de red de 12 V DC.[63]

6.3.6. Medidor de calidad de aire interior Testo 160 IAQ.

El testo 160 IAQ es el integrante de la familia de data loggers testo, desarrollados especialmente para las mediciones especiales en museos, centros docentes, oficinas, archivos, galerías, bibliotecas y locales concurridos, ideal para monitorizar la calidad del aire interior. Esta tiene una gran influencia en las personas, su salud y su bienestar. El aire viciado, sin una buena renovación, puede provocar malestar e incomodidad en las salas de exposición o falta de concentración en las salas de lectura. En concreto el modelo Data logger Wi-Fi testo 160 IAQ tiene un precio con IVA incluido de unos 716€. Se puede adquirir de modo adicional los certificados ISO de calibración de los sensores.

El registrador de datos Wi-Fi testo 160 IAQ es un registrador climático de fácil manejo para la supervisión de la calidad del aire interior gracias a los sensores integrados de humedad, temperatura, CO2 y presión atmosférica.

Dentro de estos está un sensor que mide la concentración de dióxido de carbono hasta 5.000 ppm, un sensor de temperatura para un rango entre 0 y +50 ºC, un sensor que mide la humedad del aire entre 0 y 100 % H.R. y un sensor de presión con un rango entre 600 y 1100 mbar que permite indicar la presión atmosférica.

Ilustración 64: Imagen del medidor de calidad de aire Testo 160 IAQ.

Los datos de medición se transmiten y se almacenan directamente en el Testo Cloud desde el registrador de datos a través de WLAN. En caso de sobrepasar o no alcanzar los valores límite configurados, la persona designada recibe una alerta por e-mail o (de manera opcional) por SMS. Además, es posible acceder en cualquier momento y lugar a todos los valores medidos y las funciones de análisis con un smartphone, tablet o PC con conexión a Internet.
Puede colocarse sin problemas en la pared de una sala o una vitrina gracias a su pequeño tamaño (64 x 76 x 22 mm), ligereza (269 g) y su sencillo diseño. Como complemento, el data logger dispone de una cubierta decorativa personalizable según el color o el motivo

de la pared de la sala. De este modo, no distrae a la vista. La cubierta personalizable no se incluye se compra por separado como un accesorio.

El Testo Cloud es el elemento de control central de la familia de registradores de datos testo 160. Con el testo 160 IAQ se pueden almacenar sus datos de medición en la nube Testo a través de una red WLAN existente. Mediante el Cloud se configuran los data loggers Wi-Fi, se ajustan los valores límite para activar las alarmas y se analizan los valores medidos. La instalación del sistema es simple y se puede realizar a través de un navegador.

Según las funciones deseadas existe la posibilidad de usar el Testo Cloud eligiendo entre dos modalidades: Basic (gratuita) y Advanced (de pago). La modalidad Basic dispone de todas las funciones necesarias para manejar y configurar los data loggers. Con la modalidad Advanced se obtienen ventajas adicionales como un mayor número de mediciones registradas o más tiempo para el almacenamiento de datos.
El data logger dispone de una pantalla LCD donde se muestran los valores medidos en tiempo real, los valores sobrepasados o no alcanzados, y la carga de las pilas. Tres LED de colores tipo semáforo indican la calidad del aire interior. La memoria interna del registrador de datos Wi-Fi tiene una capacidad para 40.000 lecturas, y la carcasa está protegida según IP20. El dispositivo funciona mediante la fuente de alimentación que se incluye en el pedido, aunque también puede funcionar mediante pilas estándar AA. Las pilas estándar tienen una duración de 1 año y pueden ser reemplazadas en cualquier momento por el usuario.[64]

6.3.7. Medidor de calidad de aire interior Nanoenvi IAQ.

Nanoenvi IAQ de la marca Envira Sostenible es un dispositivo medidor de calidad de aire interior que protege la salud, colabora con el ahorro energético y contribuye a la preservación de las condiciones óptimas en ambientes interiores. Incorpora la sensórica más precisa del mercado y monitoriza hasta siete variables ambientales clave que afectan a la salud de las personas. Para ello se apoya en fabricantes europeos que ofrecen tecnología de vanguardia, con los más altos estándares de calidad. No necesita ningún tipo de mantenimiento ni de recalibración durante su larga vida útil de 8-10 años. Su diseño limpio, moderno y minimalista le permitirá pasar desapercibido en cualquier espacio para no interferir en su estética. Tiene unas dimensiones de 19 x 19 x 4 cm y una masa de 320 g. Se comercializa con un precio de venta al público de unos 422€ con IVA incluido.

Para medir la cantidad de dióxido de carbono utiliza un sensor NDIR de alta estabilidad, precisión con capacidad de autocalibración y un rango de 400 a 10000 ppm. Un medidor de la concentración de monóxido de carbono (CO) con rango 0 - 5000 ppm. Posee un sensor de temperatura con que mide en un intervalo de 0 a 65ºC y otro para la humedad relativa desde 10 hasta 95 %. Incorpora un sensor para la presión barométrica de rango 500 hPa a 1150 hPa. Además, incluyes sensores para medir concentraciones de

compuestos orgánicos volátiles (400 - 10000 ppm) y material particulado, PM1, PM2.5, PM4, PM10, (0 - 1000 µg/m^3).

Ilustración 65: Imagen medidor de calidad de aire AQI.

Dentro de los variados sectores, como por ejemplo gimnasios, oficinas, hospitales o restauración, en los que tiene aplicaciones destaca por su relación con el presente trabajo el de la ingeniería de eficiencia energética. Las empresas de ingeniería energética tienen una mayor necesidad de demostrar resultados del impacto real de sus estudios, auditorías e instalaciones energéticas. La calidad del aire interior adquiere cada vez más peso en certificaciones verdes y es uno de los requerimientos más destacados en la normativa de materia de eficiencia energética. Es un dispositivo de monitorización de la calidad del aire que ahorra esfuerzos en la realización de auditorías, contribuye a optimizar el coste de la inversión en proyectos de ingeniería de instalaciones y mejora la gestión de los activos y recursos energéticos.

Con Nanoenvi IAQ los usuarios pueden conocer cómo es el Índice de calidad del aire interior ambiental (AQI) a simple vista gracias a un código de colores:

- Óptima: La calidad del aire es excelente (Color del led: azul)
- Buena: La calidad del aire es buena y los parámetros están dentro de los límites recomendados. (Color del led: verde)
- Moderada: Se recomiendan acciones para que la calidad del aire no se vea comprometida. (Color del led: amarrillo)
- Pésima: Los parámetros de calidad del aire exceden los límites y es necesario tomar medidas como reducir aforo o aumentar la tasa de ventilación. (Color del led: rojo)

Cuenta con una plataforma que permite gestionar y analizar los datos de calidad del aire de un vistazo con acceso a tendencias y análisis avanzados. El panel de control de Nanoenvi proporciona una solución rápida y fácil para ver, comparar y exportar datos para gestionar la calidad del aire. El objetivo de la plataforma es transformar

información en conocimiento para que los gestores de instalaciones puedan tomar las mejores decisiones.

- Supervisa los múltiples dispositivos instalados y recibe alertas cuando la calidad del aire sea deficiente.
- Analiza datos en tiempo real y en tiempo histórico, compara puntos de muestreo y agrega y elimina dispositivos.
- Identifica el potencial para mejorar la tasa ventilación y la eficiencia energética.
- Exporta la información a un archivo CSV para analizar más a fondo los datos.

El panel de mando está compuesto por distintos módulos que resumen los datos recogidos por cada uno de los sensores y muestran gráficos de sus niveles. Además, también calcula índice de riesgo ambiental Covid-19, el índice de calidad del aire interior ambiental (AQI) y el índice de confort térmico (CT).

Usa el protocolo MQTT, un protocolo de envío de datos estándar y ampliamente usado. Cuando se instala el dispositivo, se puede configurar el servidor MQTT al que enviará los datos. De este modo, el usuario puede decidir a dónde se enviarán los datos, ser propietario de estos y usarlos para sus propios fines. Esto abre la puerta a un número ilimitado de aplicaciones y la libertad de integración sin renunciar a la privacidad

Está diseñado para una rápida y fácil instalación. Tiene dos modos de funcionamiento: configuración y comunicación. Cuando se instala el dispositivo se inicia en modo configuración: crea una red WiFi y genera una página Web para configurar la red WiFi y el broker MQTT a los que se conectará cuando esté en modo comunicación para enviar los datos de medidas. De esta forma, Nanoenvi IAQ™ puede ser configurado desde un smartphone o PC.

Adicionalmente, cuenta con una app totalmente gratuita ya disponible en Play Store y App Store. Podrás poner en marcha el dispositivo, así como realizar su configuración inicial de manera rápida y sencilla. Observa en tiempo real los valores obtenidos o los de la última semana. Configura tus alarmas y gestiona la red de sensores.[65]

6.4. PRESENTACIÓN DE PARÁMETROS AMBIENTALES EN LAS ZONAS COMUNES.

Los parámetros ambientales son aquellos que refieren a ciertas condiciones particulares que deben lograrse y mantenerse en un ambiente para cumplir con los estándares de calidad. Dentro de estos parámetros podemos considerar, condiciones interiores y exteriores de temperatura y humedad, concentración de CO2 y de diversas partículas en suspensión, la velocidad del viento, el nivel de radiación, la precipitación, la presión atmosférica, rangos de iluminación, niveles de ruido, etc.

En este caso concreto se propone exponer en unas pantallas LED distribuidas en espacios comunes los parámetros medidos gracias a la instalación de la estación meteorológica y de los medidores de calidad de aire, que también se incluye como mejoras a realizar en el edificio en estudio. Se puede añadir, opcionalmente, otra serie de sensores que midan la cantidad de luz o el nivel ruido y también mostrarlos en las pantallas. Estos son también factores ambientales que influyen en el aprendizaje.

El hecho de mostrar estos parámetros ambientales, además de visibilizar la monitorización de las mejoras anteriormente propuestas, fomenta las buenas prácticas, y el uso responsable del edificio generando un aumento de la eficiencia en sus sistemas energéticos. Utilizar la difusión digital mediante pantallas LED implementa las funciones informativas y conciencia al mismo tiempo. Es importante que los usuarios del centro educativo (tanto profesores como alumnos) estén al corriente de los cambios propuestos y conozcan con que propósito se realizan.

Esta mejora también permite mostrar otro tipo de informaciones y publicaciones relacionadas con el centro educativo. Se puede hacer un uso combinado de estos monitores LED mostrando secuencialmente distintos contenidos junto a los parámetros ambientales mencionados. Entre las múltiples alternativas posibles de estos contenidos se pueden publicar las recomendaciones de buenas prácticas a seguir o algún tipo de resultado histórico que evidencie las mejoras.

Las pantallas digitales LED en los centros educativos sirven también para mostrar información de puertas abiertas del centro, fechas de matriculación, reservas de salas, oferta educativa de cursos de formación o incluso para mostrar mensajes de emergencia y así poder hacer un centro más seguro.

6.4.1. Características de las Pantallas LED.

Unas de las principales ventajas de las pantallas LED o cartelería digital en los centros educativos es la reducción de la publicidad tradicional en papel. Con esta nueva tecnología la inversión de la pantalla LED se amortizará en relativamente poco tiempo.

Gracias a las pantallas LED para centros educativos es posible mostrar todo tipo de información y noticias actualizadas al momento de forma remota y programable. Incluso, se puede mostrar mensajes de las redes sociales a tiempo real.

Se pueden considerar como loa factores más destacables dentro del criterio de selección los siguientes:

- Alta resolución: Se suelen ubicar en las paredes y techos interiores de los edificios, por lo tanto, se encuentran muy cerca de las personas y, por ello, es necesario usar píxeles muy reducidos ya que la distancia de visualización es pequeña. Es importante saber que, para cada tamaño, corresponde un pixelado, por lo que seguir este criterio es fundamental para escoger la pantalla de interior

más adecuada. Las pantallas gigantes para interiores están disponibles en pixelados muy reducidos, por lo que ofrecen una calidad de imagen de gran nitidez.[66]

- Nivel de brillo: Si el brillo, calculado en nits de luminancia o candelas/m2, no es suficiente para contrarrestar la luminosidad ambiental, la imagen será difícil o directamente imposible de ver. La luminosidad ambiental es un indicador dinámico que cambia según las horas del día y las características de la instalación. Que incluya un sensor de luz que regule automáticamente el nivel de brillo, ni alto ni bajo, es la solución más adecuada. Para tener una buena idea del nivel de brillo, las pantallas LED de interiores ofrecen entre 1.000 y 1.500 nits.[67]
- Reproducción de los contenidos: La reproducción gestionada mediante software es la opción ideal y más avanzada, permitiendo controlar la pantalla desde un ordenador. De modo que se puede programar la emisión de distintos anuncios por franjas horarias, la regulación de brillo según condiciones ambientales, encendido y apagado según los horarios y manejar en remoto el funcionamiento y los contenidos visualizados. Otra buena opción es la conexión a un reproductor con acceso remoto wifi que incluya diferentes puertos para realizar enlaces directos.
- Montaje sencillo e instalación fija: Si el proceso de montaje es simple se puede ubicar sin la necesidad de un técnico especializado. Este tipo de pantallas para centros docentes tienen la ventaja de ser un producto relativamente ligero, pero aun así necesitan un sistema de anclaje sólido y un panel de soporte robusto para garantizar la seguridad, de modo que no se desprenda provocando daño a los muchos usuarios del instituto.

6.4.2. Pantalla LED P3.

La serie de pantallas LED P3 de la marca LEDLEMON es una solución perfecta para instalaciones en interiores y con una visualización óptima de a partir 3m o 4m de distancia y para un ángulo de visualización 160° en horizontal y 160° en vertical. Esta pantalla led cuenta con píxel pitch 3mm de interior, que se compone de módulos para interior de gran calidad de imagen, situados a 3mm de distancia entre punto y punto SMD. La densidad de pixel es de 111,111 pixel/m^2.

La alta relación de contraste y la rápida frecuencia de actualización (≥1.920Hz) ayuda a mostrar imágenes o videos estables sin demoras ni fenómenos de manchas y con gran calidad de imagen. El nivel de brillo es superior a 1000 cd/m^2 o nits lo que la convierte en una pantalla super brillante.

Se puede suministrar en módulos independientes, formando cabinets de hierro o diecast en aluminio con una estructura sólida en función de las necesidades del cliente y está disponible en todos los tamaños que existan en el mercado.

Ilustración 66: Imagen de la Pantalla P3 DieCast.

La resolución del módulo es 64pixel x 64pixel y su tamaño es 192x192mm. Se puede sugerir como una opción optima la instalación tanto de un cabinet o diecast formado por 4 modulos, cuyas dimensiones totales son 768mm x 768mm. El precio de venta está en torno a los 1.530€, dependiendo del tipo de estructura elegida, que incluye software de reproducción avanzado. Este último permite controlar en remoto la pantalla, programar la reproducción de acuerdo con la secuencia requerida y mostrar gran variedad de contenidos.

El consumo medio de 250 W/m^2, tiene una duración vida media de 100.000 horas y está protegida con una IP43.[68]

6.4.3. Pantalla VISUAL LED.

El pack formado por una pantalla de publicidad profesional, reproductor multimedia y software de gestión de contenidos se puede adquirir por un importe de 2.715,00 €.

El monitor es de elevada luminosidad, 5.000 nits, cuenta con el tipo de led SMD-HD y con píxel pitch P3 que proporciona una gran nitidez y se ajusta perfectamente a las distancias visuales adecuadas a la zona común donde se va a ubicar. La pantalla será perfectamente visible desde aproximadamente los 4 m. Para pixeles múltiples de 3mm, el tamaño del módulo o placa led es también de 192x192mm.

La alta relación de contraste de 10.000 a 1 y la frecuencia entre 3.000 y 5.000 Hz, capacita al monitor para ofrecer una imagen de calidad y de aspecto natural.

Ilustración 67: Imagen de la pantalla VISUAL LED cabinet.

La duración media del LED es de aproximadamente 120.000 horas y tiene unas grandes dimensiones de 1500mm de ancho y de 1000mm de alto.

El software funciona en un ordenador con Windows y se comunica mediante cable USB o de red con un reproductor de contenidos, que a su vez está conectado directamente con la pantalla LED. El software de control es una parte fundamental de una pantalla led ya que tiene un impacto muy importante en el manejo de la pantalla. Algunas de las funcionalidades disponibles incluyen: la carga de archivos de medios, la creación de contenidos, la programación horaria de las emisiones, el control de encendido y apagado y el control de luminosidad.[69]

6.5. REGULACIÓN DE LA CALDERA.

El sistema de regulación y control de la caldera y de todo el circuito de calefacción sirve para adaptar la temperatura del centro educativo a las necesidades de sus usuarios de tal manera que se aporte confort y se obtenga ahorro. Estas necesidades ni son constantes a lo largo del año ni del día, ya que la temperatura exterior varía a lo largo del día, de unos días a otros, y tampoco se necesita lo mismo en todas las estancias que forman un edificio.

La regulación óptima de los equipos del sistema de calefacción resulta fundamental para no derrochar energía, aprovechar el combustible utilizado de forma eficiente y contribuir así a la defensa del medio ambiente. En el edificio en estudio la regulación de la caldera, como ya se ha detallado en el apartado de la descripción del sistema de calefacción, se realiza de una forma bastante rudimentaria que no permite una gestión

en remoto, sino que para realizar algún cambio en su encendido es necesario que una persona acceda al cuarto de la caldera.

La regulación actual por la centralita Elfatherm E25-M de Roca supone una temporización arbitraria de la caldera, basada en periodos horarios repartidos en 7 días que hacen referencia a los días de la semana, que se establecen con la inserción de unos pines de plástico. De forma que la caldera se enciende por la mañana y por la tarde unas horas y estas pueden variar durante dependiendo del día lectivo o no. Pero si, por ejemplo, llega un lunes festivo que no requiere de climatización y nadie cambia la programación o desconecta el sistema de forma manual la caldera se enciende para calentar un edificio vacío. Por cada grado que aumentemos el valor de la temperatura de calefacción, se incrementa el consumo de energía aproximadamente en un 7% según la Guía Práctica de la Energía de IDEA. Por esta razón, se propone cambiar el dispositivo de regulación de la caldera de gas natural, con el objetivo de adecuar su funcionamiento a las necesidades térmicas reales en cada momento.

Una regulación adecuada administra el funcionamiento de la caldera con arreglo a las informaciones transmitidas por las diferentes sondas: sondas exteriores, sondas de ambiente, sondas de la caldera, sondas de salida y sonda ACS. Su papel es adaptar lo mejor posible el funcionamiento del quemador a las necesidades de los circuitos de calefacción y de agua caliente sanitaria.

La regulación permite:

- Controlar calderas en cascada
- Controlar un número importante de circuitos de calefacción
- Controlar todo tipo de quemadores
- Administrar la producción de ACS y de tratar la legionela
- Controlar la instalación a distancia

6.5.1. Tipos de sistemas de regulación y control de la caldera.

Los elementos más sencillos de regulación son los termostatos tipo ambiente todo-nada, a medida que se analizan variables y se actúa sobre más parámetros de la instalación, se evoluciona hacia equipos más complejos como las centralitas de regulación y control de calefacción.

Termostatos simples: Supone la forma más simple de regulación, que controla sólo la temperatura ambiente de la estancia donde está instalado. Este tipo de termostato puede ser de 2 tipos:

- Termostato Todo o nada: Está constituido por un contacto conmutado que se cierra cuando la temperatura baja por debajo del parámetro de consigna haciendo arrancar el generador que trabaja en un punto fijo. Manda parar a la

caldera nada más alcanzar la temperatura ambiente deseada y que arranque cuando la temperatura baja. Es por lo tanto un sistema de todo o nada sin ningún tipo de programación y se conecta a la caldera normalmente por 2 cables. Debe instalarse en un punto del edificio a climatizar que sea representativo, evitando los puntos más cálidos, los focos de calor o estancias equipadas con válvulas termostáticas, los muros recayentes al exterior.

Una clara desventaja es que al cortar justo cuando se alcanza la temperatura ambiente, primero no permiten a la caldera modular, funcionando prácticamente al máximo de potencia hasta que corta, y, segundo, una vez hayan cortado el funcionamiento de la caldera la temperatura sigue subiendo, con la consiguiente sensación de demasiado calor, y que a la hora de volver a conectar la temperatura baje demasiado para que se realice la conexión, con la consiguiente sensación de frío.

Como ventaja es que son más baratos y son compatibles con cualquier caldera de cualquier marca, pero en contra está que el consumo que se realiza es mucho mayor que con los modulantes y el confort es menor.

- Termostato modulante**:** Este dispositivo no solamente da orden de arranque y paro a la caldera, manda a ésta una señal variable en función de la temperatura que esté leyendo, lo que permite aumentar o reducir el caudal de gas que llega al quemador. Lo que permite a la caldera realizar la modulación automática y ajustarse mucho más a las necesidades permitiendo mayor confort y ahorro que con los simples. La regulación modulante permite un ahorro en calefacción de hasta un 10% adicional. Para poder instalar un termostato modulante la caldera debe de estar preparada para ello y además requiere que caldera y termostato sean compatibles ya que normalmente son específicos para cada marca. Al gestionar mejor el funcionamiento de la caldera, el rendimiento de la instalación es mucho mayor y el consumo, por tanto, es menor.

  Los termostatos modulantes son de obligatoria instalación en obra nueva para regular el funcionamiento de una caldera de condensación según el nuevo RITE, que ofrece también la opción de instalar un sistema de regulación con sonda exterior. [70]

Los cronotermoestatos: Son una combinación de los termostatos simples con un programador dentro del mismo aparato y se subdividen en dos grupos en función del tipo de programador:

- Programador Analógico**:** Es aconsejable colocar los específicos de cada marca, ya que permiten realizar las funciones de seguridad y comprobación necesarias. Estos programadores permiten precisamente programar las horas en que se quiere que la calefacción esté activada o desactivada o, funcionando a menor temperatura.

Los hay diarios, para programación igual todos los días, o semanales-diarios, para una programación diferente cada día de la semana. Y, además, dependiendo de la marca, los hay que tienen funciones especiales como, por ejemplo, el programa de vacaciones, para ausencias más prolongadas, estando la caldera activada durante ese tiempo para realizar las funciones de autochequeo y seguridades necesarias, y que se active automáticamente según la programación existente al final de dicho período, sin tener que andar modificando nada en la programación.

Este tipo de programadores son especialmente útiles cuando la instalación está vacía durante un número de horas elevado al día. Su instalación es muy sencilla, normalmente en el propio panel de mandos de la caldera. No se aconsejan los de enchufe, ya que desconectan totalmente la caldera.

- Termostato digital: Estos modelos requieren de alimentación eléctrica, normalmente una pila en aparatos domésticos. Permiten seleccionar franjas horarias con distintos valores de consigna en función de los periodos de ocupación, además de una temperatura mínima para la vivienda. Esto se conoce como periodos de calefacción reducida, incluso da orden de arranque a la caldera para evitar las heladas. Disponen de display digital en el que muestran diferentes parámetros. Ofrecen cierto ahorro energético al poder adaptar la generación de calor al grado de ocupación o uso del edificio.

  Al igual que los termostatos simples, se dividen en “todo o nada” y “modulantes”, con las ventajas y desventajas antes mencionadas. Los hay desde los más sencillos, normalmente con programación para 1 circuito de calefacción o incluso para 2 circuitos, hasta los que incorporan multitud de funciones (festivo, vacaciones, cambio de temperatura transitoria manual), programación de diferentes temperaturas en los diferentes períodos de calefacción y programación de la producción del agua caliente sanitaria y de la recirculación del agua caliente sanitaria.

  La instalación de estos termostatos es igual que los simples (fijos a la pared transmitiendo señal por dos cables a la caldera), pero también existe la opción de la instalación inalámbrica, los termostatos digitales wifi en los que la antena receptora (transmite señal de marcha y paro a la caldera) se coloca cerca o en la propia caldera, y la unidad termostato se coloca en cualquier lugar sin cables. Con el termostato digital wifi integrado en la caldera y una aplicación instalada en el móvil con acceso a internet puedes controlar la calefacción desde cualquier lugar. transmiten señal a un radio receptor que esté situado junto a la caldera y. El radio receptor se alimenta a 230V y el emisor o termostato inalámbrico a pilas.

Importante para todos los termostatos y cronotermostatos es la posición en la que se instalan los mismos para evitar influencias y que la lectura de la temperatura ambiente sea lo más exacta posible. La altura aproximada de instalación debe ser de 1,5 m, y hay

que evitar su instalación cerca de fuentes de calor o de frío (cerca de puertas y ventanas) y no taparlos.[71]

Todos estos termostatos y cronotermostatos de los que se ha hablado hasta ahora se instalan en una estancia del edificio, normalmente en la zona más concurrida. Con lo que la temperatura que hay en el resto de las estancias, dependen indirectamente de la temperatura ambiental de la zona donde se ubica el termostato.

Centralitas de regulación**:** Existe una relación lineal entre la temperatura exterior y la demanda energética del edificio. La sonda exterior de estas centrales permite, emplear la relación lineal entre la temperatura exterior y la demanda energética del edificio. Este tipo de regulación es más eficaz para gestionar el sistema de calefacción. Esta gestión se puede realizar mediante una sonda de temperatura exterior colocada en la propia caldera (dependiendo de la marca) o mediante centralitas o reguladores con sonda exterior, que suelen llevar incorporados también programadores y múltiples funciones como los cronotermostatos.

La temperatura a la que la caldera impulsa el agua del circuito de calefacción depende de la temperatura exterior detectada por la sonda exterior. Para que la caldera sepa cuál es la temperatura justa del agua de calefacción, dependiendo de la temperatura exterior a la que tiene que impulsar el agua del circuito de calefacción para alcanzar la temperatura de ambiente deseada, la centralita o el regulador da la opción de elegir una curva dependiendo de la orientación del edificio, fundamentalmente, y la temperatura de funcionamiento del circuito de calefacción.

Las ventajas de este sistema es que la caldera se anticipa a la reacción que la temperatura ambiente del instituto va a sufrir dependiendo de lo que haga en el exterior. Es decir, si hace frío no habrá que esperar a que el interior se enfríe para impulsar a mayor temperatura y viceversa, si hace calor va a mandar a menor temperatura porque el calor en el interior se mantendrá, con el consiguiente ahorro de energía debido a la anticipación. Por otro lado, como la caldera reconoce la temperatura que hay en el circuito de calefacción seguirá impulsando a la temperatura adecuada para que todas estén a la temperatura con lo que se consigue un mayor confort.

Estas centralitas o reguladores con sonda exterior, dependiendo de las marcas, se pueden instalar en la propia caldera o en la pared como un termostato ambiente combinando ambas funciones de termostato ambiente en el que se marca la temperatura ambiente deseada, pero con la influencia de la sonda exterior.

En instalaciones con caldera con un quemador modulante el termostato regula la temperatura de impulsión requerida. En calderas con quemadores no modulantes se emplea una válvula mezcladora de tres vías variando la temperatura de ida de calefacción en función de la temperatura exterior. En instalaciones de calefacción central si la caldera es exclusiva para el servicio de calefacción también se opera sobre

el quemador aumentando o disminuyendo el caudal de gas y por tanto la temperatura de impulsión de la caldera.

Suelen ser aparatos modulantes y, por lo tanto, específicos para cada marca. Y también dependiendo de la marca se ofrecen versiones que permiten controlar 1, 2 ó más circuitos de calefacción, e incluso la gestión de varias calderas en cascada. Este tipo de reguladores que pueden gestionar tantos aspectos se suelen utilizar para el control y gestión de instalaciones centralizadas de producción de calefacción, pero con un control individual de cada circuito de calefacción.[72]

Sistemas domóticos**:** Existen en el mercado los sistemas domóticos, que además de reunir las características básicas de regulación descritas para los otros tipos de sistemas, permiten realizar la gestión o cambiar parámetros, detectar fallos y anomalías del sistema de calefacción, a través de Internet o del teléfono, por ejemplo, con mensajes al o desde el móvil. Algunos de estos sistemas permiten incluso integrar otras funciones adicionales como el manejo de luce, persianas, electrodomésticos, alarmas contra robo, incendio, fugas de gas y agua, etc.

6.5.2. Controlador de calefacción Siemens RVL480.

Este dispositivo de regulación del sistema de calefacción se puede adquirir, con unos precios con impuestos incluidos compredidos entre 863€ a 982€, en ciertas comerciales especializadas en suministros de equipos para calefacción.

Se trata de un regulador de calefacción multifunción con comunicación para uso en edificios residenciales y no residenciales. Adecuado para el control del circuito de calefacción, el control de temperatura de la caldera o el precontrol. Además, es valido para multiples tipos de sistemas de calefacción como radiador, convector, calefacción de techos y suelos, paneles de radiación.

Ilustración 68: Imagen del controlador RVL480 de Siemens.

El RVL480 ofrece seis tipos de instalaciones diferentes que ya están programadas en el regulador. Al poner en servicio la instalación, debe introducirse el tipo de instalación correspondiente. Ésta activa todas las funciones necesarias para el tipo de instalación configurada. Los ajustes estándar están orientados a la práctica. Todas las funciones que no son necesarias para el tipo de instalación seleccionada quedarán inhibidas.

La tres primeras funciones se corresponden con el control del circuito de calefacción y las otras tres con el precontrol:

- Control de temperatura de impulsión dependiente del clima a través de la válvula mezcladora en una zona de calefacción.
- Control de temperatura de impulsión dependiente del clima a través del quemador en una zona de calefacción.
- Control de temperatura de impulsión dependiente del clima a través de la válvula en el retorno primario de una zona de calefacción con conexión de calefacción urbana (estación de transmisión).
- Control en función de la carga de la temperatura de impulsión principal a través de la válvula mezcladora en el flujo principal; demanda de calor vía bus de datos.
- Control en función de la carga de la temperatura de la caldera a través del quemador; demanda de calor vía bus de datos.
- Control en función de la carga de la temperatura de impulsión secundaria a través de la válvula en el retorno primario de una conexión de calefacción urbana; demanda de calor vía bus de datos.

Otras funciones que incluye el regulador son funciones de optimización, de protección y de comunicación, control remoto, programación horaria, semanal y vacacional, alarmas y ayudas de puesta en funcionamiento.

Consta de los siguientes modos de funcionamiento:

- Modo automático: Cambio automático de temperatura normal a reducida y viceversa, de conformidad con el programa semanal, con el cambio automático a modo vacaciones, con el control dependiente de la demanda del sistema de calefacción (función ECO).
- Modo reajuste: Calefacción continua para la temperatura reducida con función ECO.
- Modo confort: Calefacción continua para la temperatura normal sin función ECO.
- Protección.
- Funcionamiento manual: Sin control, bomba de circulación en servicio.

Es necesaria la combinación con los equipos adecuados para su correcto funcionamiento y la adquisición de las temperaturas necesarias:

- Temperatura de impulsión: con sensor LG-Ni1000, sonda de abrazadera QAD22 o de inmersión QAE212.

- Temperatura exterior: con sensor LG-Ni1000 o NTC 57; el RVL480 identifica el tipo de sensor utilizado; con reguladores intervinculados, también es posible definir la fuente de la temperatura exterior.
- Temperatura ambiente: con un sensor de temperatura ambiente (Sonda QAA24) o una unidad de ambiente (QAW50, QAW70) o ambos utilizando el valor promedio.

Los equipos necesarios para la captación de las temperaturas se deben comprar por separado, no vienen incluidos con la centralita.

El regulador es capaz de comunicarse con todas las unidades con capacidad de LPB fabricados por Siemens SBT y la unidad central SYNERGYR OZW30 (a partir de la versión 3.0 de software).[73]

6.5.3. Controlador de calefacción Baxi Elfatherm E8.0631.

Central electrónica para la regulación y control, en función de la temperatura exterior, de una caldera de dos llamas o dos calderas de una llama, uno o dos circuitos de calefacción con válvula mezcladora y un circuito de Agua Caliente Sanitaria (ACS) por acumulación. Este modelo de central es de fácil manejo, con programación muy sencilla e intuitiva. Se puede adquirir formando un pack, junto a una sonda exterior AF, cuatro sondas de ida VF, una sonda depósito SPF y un juego de conectores, en tiendas especializadas por un importe variable de entre unos 550 a 600€ con IVA incluido.[74]

Ilustración 69: Imagen de la central Baxi Elfatherm E8.0631.

La central permite la conexión opcional del mando a distancia FBR1, con sonda de ambiente interior, cuyo precio de venta ronda los 50€. Se puede montar un mando por circuito para controlar la temperatura ambiente interior.

Ilustración 70: Imagen sonda ambiente FBR1.

Opcionalmente puede extenderse el control, entre otros, a un circuito solar para producción de ACS, a un circulador anticondensados o a un circulador de recirculación de ACS.

La central incorpora la posibilidad de establecer dos programas de tres ciclos de calefacción para cada circuito y un programa de tres ciclos para (ACS), así como funciones antihelada y antilegionella para la protección permanente de la instalación.

Otras funciones destables son la programación de la temperatura de confort y temperatura reducida para periodos nocturnos o ausencias, con posibilidad de fijar el horario para cada día de la semana. También la programación del periodo de vacaciones.

Cuenta con los siguientes modos de funcionamiento seleccionables:

- Espera: Calefacción y ACS fuera de servicio. Sólo función antiheladas: se conectarán los circuitos siempre que la temperatura exterior sea igual o inferior a la de antiheladas seleccionada.
- Automático 1: Los circuitos de calefacción se regulan según los horarios y temperaturas del programa 1. Servicio de ACS según su propio programa.
- Automático 2: Los circuitos de calefacción se regulan según los horarios y temperaturas del programa 2. Servicio de ACS según su propio programa.
- A.C.S.: Solo preparación de Agua Caliente Sanitaria. El circuito de ACS se regula según el programa establecido.
- Confort (SOL): Los circuitos de calefacción se regulan las 24 horas según la temperatura de ambiente 1 programada para funcionamiento "SOL". El circuito de ACS se regula según el programa establecido.
- Reducido (LUNA): Los circuitos de calefacción se regulan las 24 horas según la temperatura de ambiente programada para funcionamiento "LUNA". El circuito de ACS se regula según el programa establecido.

- Servicio: Posición para análisis de combustión de quince minutos de duración. La central regula a su temperatura máxima de caldera. Reset automático a los 15 minutos.

Incorpora conexión vía Bus que permite la conexión de hasta dos módulos ambiente BM-E8, para la programación a distancia de cada circuito, y hasta seis centrales E8.1121 para la ampliación del número de circuitos de calefacción.

6.6. REGULACIÓN DE LOS RADIADORES.

Otro aspecto de gran importancia en el ahorro energético y en el confort de los ocupantes del edificio es la regulación de los emisores, popularmente se denominan radiadores, del sistema de calefacción. En el interior de cada habitación se producen durante la jornada variaciones de las cargas térmicas en función de diversos factores tales como la variación imprevista de la temperatura externa y aportes internos de energía gratuita, debidos por ejemplo a la presencia de un mayor número de personas, equipos eléctricos, radiación solar a través de ventanas, etc. Las válvulas permiten controlar la temperatura de cada radiador, su funcionamiento y su rendimiento. Esto permite un control diferenciado por zonas o estancias de forma que también adapta el funcionamiento del sistema de calefacción a las necesidades de calor de los usuarios.

Cada radiador debe tener un par de válvulas, una llamada llave que controla la entrada del agua desde el circuito al radiador y otra de salida conocida como detentor o válvula de bloqueo. Las válvulas funcionan como un grifo: si se abren poco el aparato liberará poco calor y si se abre mucho desprende mucho calor.

La válvula de entrada, que se suele ubicar a un lado de la parte superior del radiador, controla la cantidad de agua caliente que entra en el radiador. La válvula de salida equilibra el sistema controlando la cantidad de calor que emite el radiador y se coloca en uno de los extremos inferiores del radiador. La válvula de bloqueo controla el flujo de agua entre la tubería y el propio radiador. El instalador de la calefacción la dejará de tal modo que la cantidad justa de distribución fluya a través del aparato. Sin este control de equilibrio, es probable que los radiadores más cercanos al lugar donde se encuentra la caldera se calienten más, y viceversa para los más alejados.

Los radiadores del edifico en estudio, como se ha explicado ya previamente en la descripción del circuito de calefacción, no constan de válvulas termostáticas que realicen una regulación automática, sino que están provistos de válvulas manuales con las cuales no se puede controlar la temperatura de cada dependencia. Existen aulas orientadas al sur, que en un día de radiación solar alta elevan su temperatura interior hasta el punto de que, aunque haga frío en el exterior, no necesitaran calefacción en ciertos momentos y alcanzan temperaturas elevadas que no son confortables, con el consiguiente despilfarro energético en la instalación de calefacción. El control manual

de las válvulas, desde el punto de vista de la eficiencia y ahorro energético, no es la mejor alternativa, pues se depende siempre de la acción humana.

Sustituir maneta de control de la válvula por un cabezal termostático permite ajustar mejor la temperatura de la habitación para asegurar un mejor confort, ahorro de energía y emisiones de CO2. Por lo tanto, se propone la instalación de una válvula termostática que sustituya a la válvula manual de cada radiador del circuito de calefacción del instituto. Transformar la válvula manual con un cabezal termostático es muy simple. Si la válvula manual no tiene ningún pistón en su interior, es decir no es termostatizable, es necesario contactar con un profesional hidráulico para reemplazar el cuerpo de la válvula. La mayoría de las válvulas termostáticas tienen una conexión universal M30 x 1,5, en algunas otras válvulas se necesita un adaptador para hacer que los cabezales se acoplen a la válvula.

6.6.1. Tipos de válvulas de regulación de los radiadores.

Existen básicamente dos tipos de válvulas de entrada en función de su accionamiento:

- Válvula manual: Es la válvula de radiador más comúnmente encontrada. Se pueden abrir manualmente más o menos dependiendo del caudal de agua que quiera dejar pasar por el interior del radiador para adaptarlo necesidades térmicas. Son las más sencillas y probablemente las más baratas de instalar en primer lugar, pero pueden hacer incrementar la factura si no se dejan abiertas cuando no se necesite calor.
- Válvula termostática: Estas válvulas autorregulables miden la temperatura de la estancia y adaptan la potencia calorífica del radiador en consecuencia. Permiten ajustar la válvula a la temperatura que se desee tener en la habitación. Cuando la temperatura de la estancia alcanza el nivel deseado, la válvula se cierra para detener el flujo de agua y evitar que el radiador se caliente más. Cuando la temperatura de la estancia desciende del nivel deseado, la válvula abre el paso de agua al radiador para subir la temperatura.

  Igualmente permiten aprovechar las aportaciones caloríficas debidas al sol y a la ocupación del local y mantener la temperatura interior del local o de la habitación lo más cerca posible del valor fijado por el ocupante. Esto contribuye a disminuir el consumo de energía y a mejorar el confort térmico, convirtiéndolas en muy eficientes. Con estos dispositivos se puede conseguir un ahorro energético del 8% al 13%.

  El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios establece que en los edificios de nueva construcción es obligatorio disponer tanto de termostato como de válvulas termostáticas en los radiadores de cada habitación.[75]

6.6.2. Características de las válvulas termostáticas.

La válvula termostática está diseñada para utilizarse con un cabezal termostático, permitiendo regular la temperatura de cada estancia de forma independiente, manteniéndola constante en el valor deseado. Dentro de los sistemas de regulación aplicables, el cabezal termostático es seguramente el instrumento más fiable, económico y simple de instalar y utilizar. La configuración de dicha válvula es distinta según el tipo de instalación (bitubo o monotubo), pero su funcionamiento básico es el mismo.

Se distinguen dos formas básicas de instalación:

- La instalación bitubo: consta de dos tuberías, una de ida y otra de retorno, que discurren más o menos paralelamente. Una lleva el agua caliente a los radiadores y la otra recoge el agua fría hacia la caldera. Los radiadores están montados en paralelo, por lo que el agua que llega directamente de la caldera a cada radiador retorna directamente a la caldera. Es el sistema tradicional para la calefacción doméstica. La entrada de agua se hace por la parte superior del radiador y la salida por la inferior.
- La instalación monotubo**:** consta de una sola tubería, con los radiadores conectados en serie. El retorno del primer radiador hace de ida del segundo y así sucesivamente. Es necesario montar válvulas especiales de tres vías destinadas a dosificar el caudal que entra en cada radiador. Se considera que es un sistema más económico por precisar una instalación más sencilla, con menos tuberías, sin embargo, el cálculo de la superficie radiante de cada radiador es más riguroso y complicado que en el sistema tradicional bitubo.[76]

En relación con la instalación, para obtener una calidad de regulación óptima, se aconseja conservar siempre la cabeza termostática en posición horizontal. Hay que evitar que los rayos solares incidan directamente sobre la válvula y que los elementos decorativos o cortinas impidan la libre circulación del aire.

Para poder conseguir esta regulación automática, se monta dicho cabezal termostático sobre las válvulas. Las cabezas termostáticas permiten ajustar la temperatura del radiador, debido al elemento sensor (líquido, cera o gas) localizado en el interior del mando de regulación. La variación de la temperatura ambiente provoca una dilatación de volumen del elemento sensor contenido en el cabezal termostático. Esta variación de volumen comporta el desplazamiento del mecanismo interno, abriendo o cerrando el obturador de la válvula, con la consiguiente modulación del caudal de agua que entra en el radiador.

En función de su cabezal sea mecánico o electrónico se diferencian dos grupos de válvulas termostáticas. Las primeras están basadas en un accionamiento mecánico y disponen de un cabezal que ajusta la temperatura deseada, accionando un vástago y adaptándose automáticamente a los cambios de temperatura de la habitación. El

cabezal incorpora una numeración generalmente del 1 al 5, para poder ajustarlo según la temperatura deseada. En la tabla siguiente se muestra las equivalencias tipo donde se recoge la relación entre la escala numerada y la temperatura ambiental equivalente:

Tabla 13: Equivalencias del selector de la temperatura del cabezal termostático.

1	2	3	4	5
11°C	16°C	20°C	24°C	28°C

El segundo tipo de válvulas termostáticas de más reciente comercialización, funcionan mediante control electrónico más preciso, las cuales miden la temperatura a través de sensores y actúan sobre la válvula mediante un pequeño motor electrónico, ajustando de forma muy precisa el caudal necesario. Son más caras que las anteriores, pero afinan mucho más la temperatura.[77]

En proyectos de reforma o rehabilitación, actualizar el circuito del sistema de calefacción suele resultar complejo y realizar una correcta regulación de la instalación de calefacción es bastante difícil. Esto provoca una distribución no uniforme del calor, ruidos por exceso de caudal en las válvulas de los radiadores y un mayor consumo energético. Para eliminar estos riesgos la solución más optima es la instalación de válvulas de radiador termostáticas autorregulables o dinámicas. Este tipo de válvula en cada radiador limita el caudal máximo, independientemente de la presión diferencial en la válvula. Con su regulación, la válvula permite que, una vez fijado el caudal máximo, este no se supere en ningún momento. Los cambios de presión producidos por válvulas de otras habitaciones no afectan al funcionamiento de las válvulas termostáticas.

6.6.3. Válvula termostática Harmony Orkli.

El cabezal termostático se instala en la válvula y abre y cierra el radiador en función de la temperatura ambiente de la estancia, consiguiendo así un mayor ahorro y confort. Se comercializa con un precio final de 22.70€. Es adaptable a las válvulas termostatizables, su funcionamiento mecánico se regula por medio de un sensor líquido dentro de un campo de trabajo entre 5ºC y 27ºC. Esta pieza tiene una rosca M30 x 1,5. Cumple la homologación en normas europeas EN-215. Incluye un dispositivo antihielo.

Ilustración 71: Imagen Cabezal termostático Harmony.

Si la temperatura de la habitación es superior a la preestablecida, la sonda conectada al mecanismo de control hace que el líquido termostático aumente de volumen haciendo que el actuador (cuerpo cilíndrico similar a un tapón) se mueva, lo que a su vez reduce la sección de paso del agua caliente, y por lo tanto el caudal, permitiendo que el agua restante sea transportada a los otros radiadores. Si la temperatura de la habitación es inferior a la temperatura establecida, se produce el proceso inverso.

Está provisto de un blocaje de la maneta o selector de temperatura. La cabeza termostática incorpora dos limitadores de temperatura que permiten limitar el giro de la maneta entre una temperatura mínima y una temperatura máxima seleccionadas. Para seleccionar la temperatura máxima, se extrae con la ayuda de un destornillador el limitador rojo suministrado en la cabeza, y se introduce en la ranura 1ºC por encima del límite deseado. Para seleccionar la temperatura mínima, se procede de igual forma, pero introduciendo el limitador azul 1ºC por debajo del límite deseado. Durante este proceso, la posición de la maneta ha de ser una intermedia entre los dos límites a seleccionar.[78]

6.6.4. Válvula termostática inteligente Tuya.

Válvula termostática Tuya Smart WiFi para control de temperatura del radiador de una tipología de planta de caldera con radiadores. Con esta Válvula Inteligente se puede automatizar y controlar a distancia la temperatura de un local y lograr un ahorro de energía significativo. El precio de compra es de 45.90€ impuestos incluidos y se incluye en el pedido seis adaptadores diferentes para cada radiador. La válvula cuenta con unas dimensiones de 97mm y 58.4mm y se alimenta mediante tres pilas AA. Esta válvula posee tres modos de programación manual, automática y temporal.

Ilustración 72: Imagen de la Válvula termostática Wi-Fi inteligente Tuya.

Presenta una pantalla LCD simple y clara en el cuerpo donde es posible leer y programar la temperatura de forma manual.

Igualmente, esta válvula se puede controlar desde cualquier lugar, incluso desde un teléfono móvil, y es compatible con iOS o Android a través de la aplicación Tuya Smart o Smart Life. También es compatible con el control por voz a través de Amazon Alexa o Google Assistant de diversas operaciones como el encendido, el apagado o ajuste de la temperatura.

Posee una función de temporización semanal, que permite programar la temperatura de la estancia durante la semana y en el intervalo de tiempo deseado según un horario, adaptando el confort térmico al modo de uso del edificio.

Dado que una válvula termostática actúa a nivel del radiador individual, también puede controlar la temperatura al nivel de un solo espacio, adaptando el confort al uso de ese ambiente: incluso con calefacción central será posible crear diferentes zonas de climatización.

El rango de ajuste temperatura es entre 5 y 35ºC, de temperatura ambiente medida abarca de 0 hasta 50ºC, la temperatura máxima de la superficie del radiador es 90ºC y la precisión de ajuste de temperatura es 0.5ºC.

La aplicación Tuya Smart registra los grados de apertura de la válvula y la temperatura ambiente, permitiendo comprender el estado de funcionamiento del producto de forma más intuitiva.

Asimismo, tiene otra serie de funciones añadidas como la detección de pérdida de temperatura, detección de ventanas abiertas que reduce la calefacción para ahorrar más energía o bloqueo infantil que proporciona mayor seguridad.[79]

6.6.5. Válvula termostática inteligente SPC VESTA.

Válvula inteligente de tecnología Zigbee compatibles con los radiadores de agua caliente. Estas válvulas permiten controlar la temperatura de cada uno de los radiadores de la instalación de manera independiente y poder poner cada estancia a una temperatura diferente, es decir, permiten crear un programa de calefacción preciso para cada estancia. Esta válvula termostática inteligente mide de largo 94,3mm, tiene un diámetro 55 mm y se puede adquirir por un precio de 59.90€. Es compatible con el sistema Vesta Starter Kit cuyo precio de venta es de 99.90€, compuesto por una válvula inteligente y un gateway, que permite extenderlo a otros radiadores.

Ilustración 73: Imagen del Vesta Starter Kit de SPC.

Para ajustar la temperatura de interiores SPC Vesta cuenta con tres modos de uso: programación automática, manual y eco. El rango de ajuste de temperatura ambiente abarca de 5 hasta 30ºC, el rango de temperatura ambiental medida va desde 5 a 35ºC, la temperatura de funcionamiento del radiador está entre 0 y 50ºC y la precisión de ajuste de temperatura es 0.5ºC.

Esta válvula termostática con cabezal digital tiene compatibilidad con los sistemas Android e iOS y los asistentes de voz Amazon Alexa y Google Assistant.

Se pueden controlar de forma remota mediante Zigbee, que es un conjunto de protocolos de comunicación inalámbrica que permite la creación de redes de área personal, utiliza una banda de frecuencia de 2.4GHZ y cuenta con un alcance de 30 metros. La alimentación del dispositivo es mediante 2 pilas AA que no se incluyen, no se recomienda usar baterías recargables.

Posee otras funciones adicionales como reconocimiento ventanas abiertas, control por geolocalización, acceso a la temperatura en tiempo real y al registro de datos a través de la aplicación, ahorro de energía, sistema de bloqueo para menores, aviso de batería baja y protección anticongelante.[80]

7. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

7.1. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA.

En el presente estudio se han explicado todas las etapas requeridas en la elaboración de una auditoría energética de un edificio del sector terciario dedicado a la enseñanza. Entre las actividades realizadas se incluyen planificación de la auditoría, toma y análisis de datos, búsqueda y propuesta de mejoras. Luego, este trabajo fin de grado muestra no solo las etapas teóricas de la metodología a seguir en la realización de una auditoría energética, sino también los resultados obtenidos de la aplicación de dicha metodología a un caso real.

Los resultados de la auditoría están relacionados directamente con el nivel de información que se tiene del edificio en estudio que limitan temporalmente el alcance de esta. Siendo necesaria una aplicación de una serie de auditorías enlazadas y apoyadas entre sí, para poder ir el aumentando y verificando el grado de eficiencia energética del centro educativo analizado. De esta forma se crea un sistema de gestión de la energía que permite incorporar las mejoras continuas y sistemáticas necesarias para optimizar el rendimiento energético del instituto, reducir el gasto económico asociado y respetando o incluso incrementado el confort de los ocupantes.

Como un primer resultado de la auditoría del edificio de electricidad y electrónica, que forma parte del centro integrado de formación profesional número uno, se puede incluir la descripción bastante precisa de los sistemas de energía que abastecen el edificio tanto el de electricidad como el de climatización. Está descripción apoyada por fotos y otro tipo de documentos refleja los equipos y circuitos que forman las instalaciones principales y explica como interactúan unos con otros permitiendo entender cómo se accede a la energía necesaria para el uso del instituto y cómo funcionan los sistemas energéticos utilizados y en qué estado se encuentran.

Otro resultado de la realización de la auditoría es el conocimiento detallado del consumo energético de la instalación a través del análisis de los suministros energéticos elaborado en base a un histórico de facturas tanto de electricidad como de gas natural. Se ha desarrollado como ha sido la facturación durante un periodo de dos años y que conceptos se pagan, quedando recogida la información en tablas y representada en múltiples gráficos que permiten una mejor comprensión.

La finalidad de la auditoría tiene como resultado más significativo la recomendación de una serie de medidas a implantar, las cuales son relativamente baratas y con retorno de la inversión reducido. Estas medidas propuestas están encaminadas a la mejora del confort, al aumento de la eficiencia energética en el conjunto de la instalación y a la reducción de emisiones de dióxido de carbono fomentando el respeto por el medio ambiente. Estas medidas relativamente básicas, ya que no suponen grandes reformas de las estructuras o cambios drásticos en las instalaciones, se centran, por un lado, en

la medición y recogida de datos necesarios para llevar a cabo otra auditoría más en profundidad y por otro, en sustituir los dispositivos poco eficientes que regulan el sistema de calefacción del edificio por otros más optimizados y funcionales.

Una vez se instauren las medidas propuestas y pase el periodo de tiempo necesario para recabar los datos necesarios para la realización de una línea base, es recomendable realizar una nueva auditoría energética que este encaminada a establecer las futuras líneas de actuación posibles:

- La instalación de placas solares fotovoltaicas para autoconsumo.
- La instalación de un sistema de ventilación mecánica controlada.
- La modificación del control de accesos de la entrada al edificio.
- La regulación de la instalación de iluminación artificial mediante sensores.
- El estudio de los puntos críticos de la envolvente térmica permitiendo:
    - La adecuación o renovación de los huecos.
    - La adecuación del cerramiento y aislamiento.

Además, esta próxima auditoría se puede extender al resto de edificios que componen el Centro integrado de formación número uno, tanto los que ya llevan unos cuantos años construidos como los nuevos que se están construyendo a posteriori de la realización del presente trabajo y que aún no están finalizados. Y así, analizar cómo han influido las nuevas construcciones y las reformas introducidas en las instalaciones ya operativas del edificio de electricidad y electrónica.

7.2. CONCLUSIONES.

En este trabajo de fin de grado sobre una auditoría energética de un edificio del sector terciario se ha podido constatar la relevancia e influencia positiva de la realización de estos estudios energéticos en un centro educativo. Para poner ciertas cifras que apoyen a las medidas propuestas, las que son fácilmente cuantificables, se va a detallar el ahorro que genera la sustitución de los equipos de regulación del sistema de calefacción.

Por una parte, se estima que el ahorro que genera la sustitución de las válvulas manuales por las termostáticas es del 15 al 20% según Iberdrola. Esto supone que, si se toma como referencia el año 2021 de suministro de gas natural, la energía consumida es 168.183 kWh y el importe pagado asciende a 9.614€, que la reducción energía consumida estimada es de 25.228 a 33.637 kWh y el ahorro económico asociado se varía entre 1.442 y 1.923€ respectivamente y por año. Calculando el importe total que supone la compra de los 43 cabezales termostáticos necesarios para instalar en las válvulas termostatizables de los radiadores, seleccionando el modelo más económico de entre los propuestos cuyo precio es 22,70€, se obtiene como resultado final 976€. Por lo tanto, la inversión necesaria en este caso concreto queda devuelta aproximadamente en un año.

Por otra parte, se realiza el mismo calculo para la sustitución del sistema de regulación de la caldera, tomando la misma referencia de consumo de gas natural del año 2021 y con un porcentaje de ahorro que según diversas fuentes difiere, entre un 10% y un 20%, ya que depende del estado general de la instalación y de la envolvente particular del edificio. Se puede disminuir la cantidad de energía consumida entre 16.818 y 33.637 kWh y producir un beneficio económico anual de 961 a 1.923€ respectivamente. Teniendo en cuenta el precio de adquisición de cualquiera de las dos centralitas propuestas es inferior a 1.000€, es evidente que en un año o lo sumo dos queda esta inversión amortizada.

Cuando se realice la siguiente auditoría se podrá comprobar, en condiciones similares de uso del edificio, con los precios de los peajes equivalentes y demás circunstancias relacionadas parejas, si se obtienen estos resultados estimados.

No se debe obviar que estas medidas sirven también para mejorar el confort de los usuarios del edificio, principalmente en este caso estudiantes y docentes, el cual está muy ligado al rendimiento académico y a la sensación de bienestar personal.

Tampoco se puede olvidar que reducir el consumo de energías fósiles, como es el caso del gas natural utilizado como combustible en este instituto, conlleva disminuir la cantidad de emisiones de dióxido de carbono que contaminan el planeta y fomentan el calentamiento global. Por lo tanto, los beneficios de ejecutar auditorías energéticas no solo generan beneficios económicos, energéticos y sociales sino también medio ambientales.

8. BIBLIOGRAFÍA.

8.1. REFERENCIAS GENERALES.

* Guía Técnica para la mejora de la eficiencia energética, la adecuación y la rehabilitación ambiental bioclimática y el uso de energías renovables de los centros educativos públicos extremeños. Realización: Agencia Extremeña de la Energía (AGENEX). Supervisión: Junta de Extremadura; Consejería de educación y empleo. Fecha de publicación: Febrero 2020.

* Guía de ahorro y eficiencia energética en centros docentes. Realización: La Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (FENERCOM). Supervisión: Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid. Fecha de publicación: Marzo 2011.

* Documentos técnicos de instalaciones en la edificación (DTIE) 17.04 Instrumentación y medición. Realización y Revisión: Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR). Fecha de publicación: Mayo 2012.

* Guía técnica de Instalaciones de climatización con equipos autónomos. Realización: Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR). Supervisión: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Fecha de publicación: Junio 2012.

* Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación en centros docentes. Autores: Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE) y Comité Español de la Iluminación (CEI). Coordinación y Revisión: Departamento de Servicios y Agricultura del IDAE. Fecha de publicación: Junio 2020.

8.2. REFERENCIAS ESPECIFICAS.

[1] «bp-stats-review-2021-full-report.pdf». Accedido: 6 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf

[2] «Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030». https://www.miteco.gob.es/es/prensa/pniec.aspx (accedido 16 de febrero de 2022).

[3] «Metodología para la realización de Auditorías Energéticas según UNE EN 16247». https://www.solingesa.com/soluciones/ingenieria-ambiental/eficiencia-energetica/metodologia-para-la-realizacion-de-auditorias-energeticas-segun-une-en-16247.html (accedido 14 de junio de 2023).

[4] «UNE-EN 16247-1:2023 Auditorías energéticas. Parte 1: Requisito...» https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=norma-une-en-16247-1-2023-n0071160 (accedido 7 de junio de 2023).

[5] «Preguntas frecuentes sobre el Real Decreto 56/2016», *Real Decreto 56/2016 de 12 de febrero*. https://www.rd56-2016.es/preguntas-frecuentes/ (accedido 7 de junio de 2023).

[6] «BOE-A-2016-1460.pdf». Accedido: 6 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.boe.es/boe/dias/2016/02/13/pdfs/BOE-A-2016-1460.pdf

[7] J. M. G. Sánchez, «NORMATIVA VIGENTE. AUDITORÍAS ENERGÉTICAS. FAMILIA DE NORMAS».

[8] Ministerio de Industria, Energía y Turismo, *Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía*, vol. BOE-A-2016-1460. 2016, pp. 11655-11681. Accedido: 7 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.boe.es/eli/es/rd/2016/02/12/56

[9] «Sistemas de gestión de energía (Norma UNE-EN 50001) - Eficiergetica». http://www.eficiergetica.com/sistemas-de-gestion-de-energia (accedido 12 de enero de 2022).

[10] «BOE-A-2021-4572.pdf». Accedido: 6 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.boe.es/boe/dias/2021/03/24/pdfs/BOE-A-2021-4572.pdf

[11] Ministerio de Ciencia y Tecnología, *Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión*, vol. BOE-A-2002-18099. 2002, pp. 33084-33086. Accedido: 9 de enero de 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.boe.es/eli/es/rd/2002/08/02/842

[12] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, *Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11*, vol. BOE-A-2006-15345. 2006, pp. 31576-31632. Accedido: 9 de enero de 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.boe.es/eli/es/rd/2006/07/28/919

[13] ingertec, «UNE-EN 16247 Auditorias Energéticas», *Ingertec.com*, 14 de agosto de 2019. https://ingertec.com/une-en-16247-auditorias-energeticas/ (accedido 14 de junio de 2023).

[14] «Google Maps», *Google Maps*. https://www.google.com/maps/place/Centro+Integrado+Formacion+Profesional+N%C2%BA+UNO/@43.4470591,-3.8531363,17z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0xd4949bb5d1b0e81:0x13b2416321553273!8m2!3d43.4470591!4d-3.8509476!16s%2Fg%2F1ts_7xxw?entry=ttu (accedido 6 de marzo de 2023).

[15] «Google Maps», *Google Maps*. https://www.google.com/maps/place/Centro+Integrado+Formacion+Profesional+N%C2%BA+UNO/@43.4470591,-

3.8531363,569m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0xd4949bb5d1b0e81:0x13b241632
1553273!8m2!3d43.4470591!4d-
3.8509476!16s%2Fg%2F1ts_7xxw!5m1!1e4?entry=ttu (accedido 6 de marzo de 2023).

[16] «Revilla asegura que la inversión de más de 4 millones en el Centro Integrado 1 de Santander confirma "con hechos" la apuesta del Gobierno por la FP», *Comunicados*. https://www.cantabria.es/web/comunicados/w/revilla-asegura-que-la-inversi%C3%B3n-de-m%C3%A1s-de-4-millones-en-el-centro-integrado-1-de-santander-confirma-con-hechos-la-apuesta-del-gobierno-por-la-fp (accedido 13 de junio de 2023).

[17] Jefatura, «Historia del Centro Integrado de F.P. Nº 1», *Centro Integrado de FP Número Uno de Santander*. https://cifp.es/index.php?option=com_content&view=article&id=371:historia-del-centro&catid=20:localizacion&Itemid=50 (accedido 13 de junio de 2023).

[18] J. Francisco, «Ampliación del Centro Integrado Nº 1 y el IES Augusto González de Linares», *Centro Integrado de FP Número Uno de Santander*. https://cifp.es/index.php?option=com_content&view=article&id=569:ampliacion-cifpn1-2022&catid=34:nota-informativa (accedido 13 de junio de 2023).

[19] «Ormazabal», *Ormazabal*. https://www.ormazabal.com/product/aplicaciones-de-distribucion/ (accedido 1 de mayo de 2023).

[20] «Trafos Cotradis | PDF | Transformador | Electromagnetismo», *Scribd*. https://es.scribd.com/document/117269636/Trafos-Cotradis (accedido 1 de mayo de 2023).

[21] «mediambient-pdf-circutor300107-pdf.pdf». Accedido: 13 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.diba.cat/documents/471041/491757/mediambient-pdf-circutor300107-pdf.pdf

[22] «19822-1661.pdf». Accedido: 13 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.baxi.es/-/media/inriver/19822-1661.pdf

[23] «circulador baxi-roca baxi roca mc-50-II CIRCULADOR BAXI-ROCA MC-50-II». https://www.dongrifo.com/circulador-roca-mc-50-ii.html (accedido 4 de abril de 2023).

[24] P. Master, «Circuladores de alta eficiencia».

[25] «Vaso de expansión CMF», *CGR*. https://cgrsl.com/vaso-expansion-cmf/ (accedido 14 de marzo de 2023).

[26] «Futurasmus KNX Group». https://www.futurasmus-knxgroup.es/producto.php?cod_producto=18129 (accedido 22 de marzo de 2023).

[27] «GSX - GAS SENTINEL». https://wattswater.es/catalog/gas-device-system/devices-for-detecting-gas-leak/gas-detector-gsx/ (accedido 4 de abril de 2022).

[28] «Manual-Usuario-ELFATHERM-E25.pdf». Accedido: 4 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.atecal.com/wp-content/uploads/2016/09/Manual-Usuario-ELFATHERM-E25.pdf

[29] «ELEMENTO ALUMINIO XIAN-700 DE 10 FERROLI», *Tubos Dominguez*. https://www.tubosdominguez.com/12896-elemento-aluminio-xian-700-de-10-ferroli.html (accedido 16 de abril de 2022).

[30] «contadores_WST_arad.pdf». Accedido: 4 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: http://www.turiego.es/media/fichas_tecnicas/arad/contadores_WST_arad.pdf

[31] «Termos eléctricos de 50 litros», *Cointra*. https://www.cointra.es/categoria-de-producto/termos-electricos/50-litros/ (accedido 10 de mayo de 2022).

[32] «Descifrar la factura de la luz», *www.ocu.org*. https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/gas-luz/consejos/como-descifrar-la-factura-de-la-luz (accedido 28 de marzo de 2023).

[33] Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, *Resolución de 18 de marzo de 2021, de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, por la que se establecen los valores de los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución de electricidad de aplicación a partir del 1 de junio de 2021*, vol. BOE-A-2021-4565. 2021, pp. 33575-33593. Accedido: 3 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.boe.es/eli/es/res/2021/03/18/(3)

[34] «BOE-A-2020-1066.pdf». Accedido: 6 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.boe.es/boe/dias/2020/01/24/pdfs/BOE-A-2020-1066.pdf

[35] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, *Real Decreto 148/2021, de 9 de marzo, por el que se establece la metodología de cálculo de los cargos del sistema eléctrico*, vol. BOE-A-2021-4239. 2021, pp. 31103-31123. Accedido: 3 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.boe.es/eli/es/rd/2021/03/09/148

[36] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, *Orden TED/371/2021, de 19 de abril, por la que se establecen los precios de los cargos del sistema eléctrico y de los pagos por capacidad que resultan de aplicación a partir del 1 de junio de 2021*, vol. BOE-A-2021-6390. 2021, pp. 45980-45986. Accedido: 3 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.boe.es/eli/es/o/2021/04/19/ted371

[37] «La nueva factura de la luz | CNMC». https://www.cnmc.es/la-nueva-factura-de-la-luz (accedido 17 de febrero de 2023).

[38] «AVISO sobre el suplemento territorial de electricidad a partir de la factura de septiembre de 2019», *Consumo Responde*, 2 de octubre de 2019. https://www.consumoresponde.es/actualidad/noticias/aviso_sobre_el_suplemento_territorial_de_electricidad_partir_de_la_factura_de (accedido 30 de marzo de 2023).

[39] Roams, «Tarifa 3.1A: precios, horarios y ofertas | Junio 2023», *Roams*. https://energia.roams.es/luz/tarifa-3-1-a (accedido 5 de diciembre de 2022).

[40] gestorweb, «Luzía te explica las nuevas tarifas de luz a partir de Junio 2021», *Luzia energía*, 7 de mayo de 2021. https://luziaenergia.es/luzia-energia/luzia-te-explica-las-nuevas-tarifas-de-luz-a-partir-de-junio-2021-que-novedades-presentan/ (accedido 19 de abril de 2022).

[41] «Potencias y penalizaciones en las nuevas tarifas 2.0TD, 3.0TD y 6.1TD», 16 de marzo de 2021. https://gestionservicios.com/blog/gestionservicios.com/blog/potencias-y-penalizaciones-en-las-nuevas-tarifas-2-0td-3-0td-y-6-1td (accedido 3 de marzo de 2023).

[42] «Tarifa 6.1TD», *EnergiGreen*. https://www.energigreen.com/tarifas-electricidad/tarifa-6-1td/ (accedido 5 de marzo de 2023).

[43] «La nueva tarifa para industrias: la tarifa 6.1TD», *Blog Atlas Energía.*, 16 de marzo de 2022. https://atlas-energia.com/blog/como-es-tarifa-61td/ (accedido 18 de abril de 2023).

[44] «¿Qué elementos aparecen en la factura del gas?», *Watiofy*. https://watiofy.com/info/faqs/que-elementos-aparecen-en-la-factura-del-gas/ (accedido 12 de diciembre de 2022).

[45] «Nueva factura de gas | CNMC». https://www.cnmc.es/consumidores/energia/nueva-factura-de-gas (accedido 4 de abril de 2023).

[46] «Nuevas tarifas de gas desde octubre 2021 - Ness Actual», *Ness*, 30 de septiembre de 2021. https://ness.es/nuevas-tarifas-de-gas-desde-octubre-2021/ (accedido 14 de diciembre de 2022).

[47] «Las tarifas de gas natural: mercado regulado y mercado libre», *Consumo Responde*, 12 de febrero de 2021. https://www.consumoresponde.es/art%C3%ADculos/tarifas-gas-natural-mercado-regulado-mercado-libre (accedido 11 de diciembre de 202d. C.).

[48] «Data Analysis - Jupiter X Templates», *BDGas Enérgia*, 15 de noviembre de 2021. https://bdgas.es/2021/11/15/participacion-global-en-el-mercado-de-vehiculos-a-gas-natural-2021-y-analisis-mercedes-benz-geely-suzuki-y-grupo-volkswagen-2/ (accedido 6 de marzo de 2022).

[49] «▷ Tarifas 3.4 de gas natural · Qué es · ¿Son iguales todas? · Condiciones», *Waris Energía*. https://warisenergia.com/tarifas-luz-gas/tarifas-3-4-de-gas/ (accedido 4 de noviembre de 2022).

[50] I. A. A. Gómez, «▷ Cómo ahorrar energía en la escuela - Consejos 👍», *Iberelléctrica Energía*, 29 de septiembre de 2021. https://iberelectrica.com/como-ahorrar-energia-en-la-escuela/ (accedido 6 de mayo de 2023).

[51] TotalEnergies, «- TotalEnergies», *TotalEnergies*. https://www.totalenergies.es/es/pymes/blog/paneles-solares-en-los-colegios-institutos (accedido 3 de enero de 2023).

[52] «Ahorrar calefacción: cinco medidas efectivas y baratas (o gratuitas)». https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/carpeta-informativa-del-

ceneam/novedades/ahorrar-calefaccion-medidas-efectivas-baratas.aspx (accedido 7 de junio de 2023).

[53] C. V. Gutiérrez, «¿Cómo Ahorrar Energía en la Oficina?», *POWEN*, 16 de junio de 2022. https://powen.es/ahorrar-energia-oficina/ (accedido 3 de mayo de 2023).

[54] G. de Estaciondemeteorologia.com, «¿QUÉ ES UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA?», *METEOCULTURA*, 26 de febrero de 2019. https://estaciondemeteorologia.com/que-es-una-estacion-meteorologica/ (accedido 13 de mayo de 2023).

[55] «Davis Vantage Pro 2 - estacionesdavis.es». https://www.estacionesdavis.es/es/14-davis-vantage-pro-2 (accedido 1 de mayo de 2023).

[56] «Estación meteorológica profesional Lambrecht “All in one”», *Raig*. https://www.raig.com/estacion-meteorologica-profesional-lambrecht-all-in-one-b106d/ (accedido 16 de mayo de 2023).

[57] https://www.facebook.com/metergroupusa, «ATMOS 41», *METER*, 14 de julio de 2021. https://www.metergroup.com/en/meter-environment/products/atmos-41-weather-station?creative=657421788232&keyword=&matchtype=&network=g&device=c&gclid=CjwKCAjwyeujBhA5EiwA5WD7_d36qe7wD2PEhhfBcp4EJfy01D9s--pcRfddJc8PL4roHLcqwajpbRoCgb4QAvD_BwE (accedido 17 de mayo de 2023).

[58] E. R. de Luis, «Mejores medidores de CO2: cómo funcionan, cómo se relacionan con la prevención de la expansión del COVID-19, cuál comprar y modelos recomendados», *Xataka*, 21 de marzo de 2023. https://www.xataka.com/seleccion/medidores-co2-como-funcionan-como-se-relacionan-prevencion-expansion-covid-19-recomendaciones-compra (accedido 3 de abril de 2023).

[59] «inBiot - Monitorización y mejora de la calidad del aire interior». https://www.inbiot.es/ (accedido 15 de mayo de 2023).

[60] «Monitorizar la calidad del aire interior: ¿por qué es importante? | S&P», *S&P Sistemas de Ventilación*, 26 de octubre de 2020. https://www.solerpalau.com/es-es/blog/monitorizar-calidad-aire-interior/ (accedido 17 de mayo de 2023).

[61] «Guia-de-Calidad-del-Aire-Interior-fenercom-2016.pdf». Accedido: 12 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2016/11/Guia-de-Calidad-del-Aire-Interior-fenercom-2016.pdf

[62] «Sistema de Monitorización de Calidad de Aire (SMoCAI®)», *Airelimpio*, 29 de mayo de 2023. https://www.airelimpio.com/calidad-aire/sistema-de-monitorizacion-de-calidad-de-aire-smocai/ (accedido 8 de mayo de 2023).

[63] «Medidor de calidad de aire PCE-AQD 50-ICA incl. certificado calibración | PCE Instruments». https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/medidor-calidad-aire-interior-pce-instruments-medidor-de-calidad-de-aire-pce-aqd-50-ica-incl.-certificado-calibraci_n-det_6059008.htm (accedido 18 de mayo de 2023).

[64] «Data logger para calidad del aire interior | Instrumentos Testo S.A.» https://www.testo.com/es-ES/productos/testo-160-iaq-para-calidad-del-aire-interior (accedido 24 de mayo de 2023).

[65] «Medidores calidad aire interior», *Envira IOT*. https://enviraiot.es/medidores-calidad-de-aire-interior/ (accedido 23 de mayo de 2023).

[66] « Elige tu pantalla LED: Pixel pitch y brillo ideal de los paneles», 3 de enero de 2019. https://megalux.es/elige-tu-pantalla-led-pixel-pitch-y-brillo-ideal-de-los-paneles/ (accedido 26 de mayo de 2023).

[67] L. Lola, «Pantallas LCD y LED: características y diferencias», *Blog JetComputer*, 24 de octubre de 2022. https://www.jetcomputer.net/blog/pantallas-lcd-y-led-caracteristicas-y-diferencias/ (accedido 25 de mayo de 2023).

[68] «Venta de Pantalla LED para interior DieCast P3», *LEDLEMON*. https://www.pantallasledlemon.com/venta-de-pantalla-led-interior-p3/ (accedido 27 de mayo de 2023).

[69] «Pantallas LED de interior - Para escaparates de tiendas y negocios», 21 de diciembre de 2017. https://visualled.com/pantallas-led-interior/ (accedido 28 de mayo de 2023).

[70] I. A. CALORYFRIO, «La importancia de regular la caldera de gas - caloryfrio.com», 17 de abril de 2022. https://www.caloryfrio.com/calefaccion/herramientas-y-regulacion/regulacion-de-la-calefaccion-viviendas.html (accedido 1 de mayo de 2023).

[71] admin_wp, «Regulación y control de calefacción», *Noticias en el sector de la calefacción y climatización*, 20 de febrero de 2019. https://www.gasfriocalor.com/blog/calefaccion/regulacion-y-control-de-calefaccion/ (accedido 9 de abril de 2023).

[72] «Sistemas de regulación y control en calefacción doméstica», *Interempresas*. https://www.interempresas.net/Instaladores/Articulos/115237-Sistemas-de-regulacion-y-control-en-calefaccion-domestica.html (accedido 3 de mayo de 2023).

[73] «RVL480 Controlador de Calefaccion Siemens | Repuestos calefaccion», *climarepuestos.es*. https://climarepuestos.es/tienda/marcas/siemens/rvl480-controlador-de-calefaccion-siemens/ (accedido 30 de mayo de 2023).

[74] «Central ELFATHERM E8,0631- BAXI», *PROINCO*. https://www.proinco.es/termostatos-de-calefaccion/9494-central-elfatherm-e80631-baxi.html (accedido 22 de marzo de 2023).

[75] P. Rivas, «Válvula Termostática Radiador | ¿Cómo funciona? | ¿Ahorra Energía?», *Instalaciones y Eficiencia Energética.com*, 11 de septiembre de 2022. https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/valvula-termostatica-calefaccion/ (accedido 1 de marzo de 2023).

[76] C. Borrás, «Válvulas termostáticas para radiadores de calefacción: las claves de su uso - caloryfrio.com», 3 de septiembre de 2020. https://www.caloryfrio.com/calefaccion/herramientas-y-regulacion/valvulas-termostaticas-radiadores-calefaccion.html (accedido 1 de mayo de 2023).

[77] «Válvulas termostáticas: cómo ahorrar gas gracias a ellas - IBERDROLA». https://www.iberdrola.es/blog/gas/valvulas-termostaticas-como-ahorrar-gas-gracias-a-ellas (accedido 16 de marzo de 2023).

[78] «CABEZAL TERMOSTÁTICO HARMONY (ORKLI)», *Ecobioebro*. https://ecobioebro.es/tienda/calefaccion/accesorios-radiadores-electricos/cabezal-termostatico-harmony-orkli/ (accedido 3 de mayo de 2023).

[79] «Valvula Radiador Tuya Smart WiFi para Radiadores con Pantalla LCD», *Expert4House*. https://www.expert4house.com/es/termostatos-inteligentes/termostatos-wifi-inteligentes/termostatos-de-caldera/valvula-termostatica-wi-fi-inteligente-tuya (accedido 1 de mayo de 2023).

[80] «SPC Vesta Starter Kit». https://www.spc.es/products/spc-vesta-starter-kit (accedido 2 de mayo de 2023).