



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

Auditoría energética de la Escuela Universitaria  
Politécnica de Teruel

Energy study of the Polytechnic University School  
of Teruel

Autor

Holbein Stewart Hortua León

Directores

Agustín Llorente Gómez  
Raúl Igual Catalán

Escuela Universitaria Politécnica de Teruel  
2022



# RESUMEN

En el presente proyecto se ha realizado una auditoria energética de la Escuela Universitaria Politécnica de Teruel con el objetivo de identificar focos de ineficiencia energética, aportando soluciones e ideas para contrarrestar estos puntos críticos y, a su vez, intentando conseguir una mejora sustancial de la eficiencia energética de las instalaciones. Para poder llevarlo a cabo satisfactoriamente se ha hecho un pequeño estudio, en términos de consumo energético, del estado actual del edificio, así como de la Universidad de Zaragoza.

Para el presente nos hemos apoyado en herramientas tales como cámaras termográficas, que nos ayudarán a encontrar zonas con pérdidas de calor, con el aislamiento térmico deteriorado o sin aislamiento; y analizadores de redes, que nos facilitará las mediciones de parámetros eléctricos como la intensidad, la tensión, la potencia, la energía activa y reactiva... también se han utilizado instrumentos de medidas como vatímetros, pinzas amperimétricas o multímetros.

Así pues, una auditoría energética consiste en la realización de un estudio completo de un edificio y de sus instalaciones. En esta se obtiene información objetiva sobre la energía consumida por el mismo, de manera que contempla la valoración tanto de aspectos técnicos como económicos que influyen en el consumo energético de todas las instalaciones y de cualquier otro equipo consumidor de energía, siendo su objetivo principal poder comprender como el mismo gestiona dicho consumo, detectar los puntos débiles donde se pierde o se emplea de forma inadecuada y proponer medias que reduzcan el consumo y mejoren la eficiencia energética optimizando las instalaciones actuales con la incorporación de nuevas tecnologías.

Tras la realización del estudio se han encontrado algunos focos de ineficiencia energética tales como mal aislamiento en la fachada o mala instalación de ventanas. Gracias a los analizadores de redes se ha encontrado consumos parásitos en la Politécnica durante periodos nocturnos y, con detalle, dando posibles causas y alternativas que disminuyan estos consumos consiguiendo una mejora energética.

# ABSTRACT

This project presents an energy audit of the Polytechnic University School of Teruel that has been carried out to identify sources of energy inefficiency. Solutions and ideas to improve critical points to achieve improvement in energy efficiency are provided. In order to carry it out satisfactorily, a small study has been made, in terms of energy consumption, of the current state of the building, as well as of the University of Zaragoza.

We have used tools such as thermographic cameras, which help to find areas with heat losses, with deteriorated thermal insulation or without insulation; and power analyzers, which are useful to measure electrical parameters such as current, voltage, active power and reactive power. Other instruments such as wattmeters, ammeter clamps or multimeters have also been used.

An energy audit is a complete study of a building and its installations. It provides objective information on the energy consumed by the building. It assesses both technical and economic aspects that influence energy consumption of facilities. Its main objective is to understand how the building manages its consumption, detect the weak points and identify what is used inadequately. The study proposes measures to reduce consumption and improve energy efficiency by optimising the facilities with the incorporation of new technologies.

As a result of this study, some sources of energy inefficiency were found, such as poor insulation on the facade in some points or problems with some windows. Power analysers allowed identifying parasitic consumption during night periods. Possible causes and alternatives to help reduce this consumption are provided with the aim of achieving an energy improvement.

# AGRADECIMIENTOS

*En primer lugar, agradecer a mis tutores, Raúl Igual y Agustín Llorente, por darme la oportunidad y la confianza de poder trabajar juntos en la realización de este proyecto.*

*Por la disponibilidad, paciencia y apoyo en cada duda que se presentaba, así como en el trabajo de campo e investigación.*

*Por otra parte, agradecer a todos aquellos profesores y compañeros que han puesto su granito de arena durante estos años y han hecho posible que, por fin, llegue a la etapa final. A Raúl Igual, Pedro Ramos, Ana Salinas, Elena Ibarz, Agustín Llorente, Guillermo Palacios, Inmaculada Plaza y Carlos Medrano, por su empeño, sus ganas de enseñar y su dedicación, gracias.*

*Mención especial a mi gran familia. Después de todo lo que habéis vivido y los contratiempos que se han ido superando poco a poco, es muy difícil pensar en abandonar. Y como no mil gracias a mis padres, Luis y Ruth, y a mi preciosa hermanita Valentina. Día a día han sido quienes han estado ahí en todo momento, quienes realmente se merecen todos los méritos que vaya consiguiendo a lo largo de mi vida. Con su apoyo, comprensión y cariño es muy fácil llegar a cualquier parte.*

*Por último, haber compartido estos años junto a Blanca, David y Wisthon ha sido un regalo. También quiero agradecer a encaberrilleros. Deciros que es fácil encontrar amigos, pero es difícil toparse con unos tan reales. Por seguir compartiendo risas.*



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción.....	1
1.1	Contexto.....	1
1.2	Motivación.....	1
2	Objetivos del proyecto.....	1
3	Trabajos relacionados.....	2
4	Análisis de la situación.....	2
4.1	Planos.....	2
4.2	Consumo energético general.....	5
4.3	Horarios de uso y ocupación.....	6
4.4	Climatología.....	6
4.5	Maquinaria de altas prestaciones.....	6
4.6	Desarrollo sostenible.....	6
4.7	Índice de sostenibilidad.....	7
5	Materiales y métodos.....	7
5.1	Materiales.....	7
5.1.1	Cámara termográfica.....	7
5.1.2	Analizador de redes estanco.....	8
5.1.3	Analizador de redes portátil.....	8
5.1.4	Vatímetro digital.....	9
5.1.5	Pinza amperimétrica.....	9
5.2	Métodos.....	10
5.2.1	Cámara termográfica.....	10
5.2.2	Analizador de redes estanco.....	10
5.2.3	Analizador de redes portátil.....	10
5.2.4	Vatímetro.....	11
5.2.5	Pinzas amperimétricas.....	11
6	Desarrollo.....	11
6.1	Introducción.....	11
6.2	Cámara termográfica.....	12

6.3	Analizador de redes estanco.....	26
6.3.1	Corriente .....	26
6.3.2	Potencia activa.....	27
6.3.3	Potencia reactiva .....	29
6.3.4	Potencia aparente .....	31
6.3.5	Distorsión armónica total.....	32
6.3.6	Otros.....	35
6.4	Analizador de redes portátil.....	35
6.5	Vatímetro – Pinzas amperimétricas.....	37
7	Conclusiones.....	40
7.1	Mejoras.....	41
7.2	Líneas de trabajo futuras .....	41
8	Referencias.....	42
<b>ANEXOS</b>		
Anexo I:	Consumo energético general.....	1
Anexo II:	Horarios y ocupación del centro.....	7
Anexo III:	Climatología.....	9
Anexo IV:	Índice de sostenibilidad.....	11
Anexo V:	Materiales de trabajo.....	13
Anexo VI:	Construcción.....	30
Anexo VII:	Analizador de redes estanco.....	33
Anexo VIII:	Analizador de redes portátil.....	45
Anexo I:	Galería fotográfica con cámara termográfica (anexo digital)	
Anexo II:	Consumos obtenido de la Oficina Verde (anexo digital)	
Anexo III:	Climatología de la zona (anexo digital)	
Anexo IV:	Datos analizador de redes estanco, PowerStudio (anexo digital)	
Anexo V:	Datos analizador de redes portátil, PowerVision (anexo digital)	
Anexo VI:	Resultados vatímetro consumo parásito (anexo digital)	



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 19. Valores promedio de THD.....	32
--	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sótano de la EUPT [4].....	3
Figura 2. Planta baja de la EUPT [4].....	3
Figura 3. Planta uno de la EUPT [4].....	4
Figura 4. Planta dos de la EUPT [4]. .....	4
Figura 5. Planta tres de la EUPT [4].....	5
Figura 6. Planta cuatro de la EUPT [4]. .....	5
Figura 7. Objetivos de Desarrollo Sostenible [6]. .....	7
Figura 8. Cámara termográfica.....	8
Figura 9. Analizador de redes portátil AR5.....	9
Figura 10. Pinza amperimétrica.....	9
Figura 11. Vatímetro digital. ....	9
Figura 12. Fachada principal de la EUPT [7]. .....	11
Figura 13. Entrada principal.....	12
Figura 14. Hall conserjería.....	13
Figura 15. Zona de descanso hall principal.....	13
Figura 16. Ventana cerrada biblioteca.....	13
Figura 17. Ventana abierta biblioteca.....	14
Figura 18. Ventana esquinera cerrada.....	14
Figura 19. Ventana media abierta.....	15
Figura 20. Ventana media cerrada.....	15
Figura 21. Ventana media cambio perspectiva.....	16
Figura 22. Continuación ventana.....	16
Figura 23. Cuadro principal de la EUPT.....	17
Figura 24. Interruptor de red.....	17
Figura 25. Aparamenta medida de red.....	17
Figura 26. Cuadro eléctrico principal (1).....	18
Figura 27. Cuadro eléctrico principal (3).....	18
Figura 28. Cuadro eléctrico informática 1.....	19

Figura 29. Ventana baños.....	19
Figura 30. Cristalera de escaleras posteriores. ....	20
Figura 31. Última planta escaleras posteriores.....	20
Figura 32. Hall primera planta.....	21
Figura 33. Hall segunda planta. ....	21
Figura 34. Vista segunda planta desde tercera planta. ....	21
Figura 35. Parte superior cristalera tercera planta.....	22
Figura 36. Parte superior losa hormigón. ....	22
Figura 37. Ventana PVC orientación oeste. ....	22
Figura 38. Ventana PVC orientación sur.....	23
Figura 39. Ventana PVC orientación norte. ....	23
Figura 40. Pared aislada y sin aislar.....	24
Figura 41. Techo de la tercera planta. ....	24
Figura 42. Ventana triangular.....	25
Figura 43. Escalera que conecta sótano con planta baja.....	25
Figura 44. Distintas zonas del sótano.....	25
Figura 45. Corriente por fases.....	26
Figura 46. Corriente trifásica y neutro.....	26
Figura 47. Potencia activa por fases.....	27
Figura 48. Potencia activa trifásica.....	28
Figura 49. Potencia reactiva inductiva.....	29
Figura 50. Potencia reactiva inductiva durante dos días.....	29
Figura 51. Potencia reactiva capacitiva.....	30
Figura 52. Potencia reactiva.....	30
Figura 53. Potencia aparente por fases.....	31
Figura 54. Potencia aparente trifásica.....	31
Figura 55. Superposición de potencias.....	32
Figura 56. Distorsión armónica en tensión.....	33
Figura 57. Distorsión armónica en corriente.....	34

---

Figura 58. Distorsión armónica en tensión y corriente por fases. ....	34
Figura 59. Factor de potencia en las tres fases. ....	35
Figura 60. Potencia activa cuarto servidores. ....	35
Figura 61. Potencia capacitiva cuarto servidores. ....	36
Figura 62. Factor de potencia cuarto servidores. ....	37
Figura 63. Medición luces emergencia. ....	37
Figura 64. Ordenador en reposo y trabajando. ....	38
Figura 65. Medición osciloscopio y generador de señales. ....	39
Figura 66. Medición máquinas expendedoras. ....	39
Figura 67. Medición neveras. ....	39



# 1 Introducción

La eficiencia energética es un aspecto esencial para el crecimiento sostenible de las entidades, así como una de las formas más rentables para asegurar el suministro y abastecimiento de energía bajo un nivel de inversión mínimo. A largo de los años este ha sido un tema que ha ido ganando cada vez más fuerza, tanto que muchas entidades han optado por dar un cambio drástico a sus instalaciones para reducir costes y mejorar la eficiencia energética, con el objetivo de conseguir reducir o compensar su huella de carbono. La siguiente memoria se basa en el análisis y estudio de la eficiencia energética de la Escuela Universitaria Politécnica de Teruel [1], siguiendo un poco la línea de la Oficina Verde [2], se realizará una auditoría energética intentando cubrir todos los aspectos que esta conlleva, aportando conclusiones y líneas de trabajo futuras.

## 1.1 Contexto

La realización de este tema como Trabajo Fin de Grado llega tras un afán en los tiempos que corren y en las generaciones futuras de encontrar un equilibrio entre la máxima eficiencia energética y el ahorro, buscando en todo momento la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

## 1.2 Motivación

La motivación que nos conduce a abordar este tema es la mejora continua del uso de las energías, siendo primordial tomar medidas cuanto antes, poniendo en marcha iniciativas para reducir los gases de efecto invernadero y, en consecuencia, reducir la huella de carbono de nuestro centro.

# 2 Objetivos del proyecto

El objetivo principal de este proyecto es el estudio y análisis del consumo energético de la Escuela Universitaria Politécnica de Teruel, buscando focos de ineficiencia energética y aportando soluciones para conseguir mejorar la de eficiencia energética. Esto se traduce en la obtención de mejores o similares resultados en la realización de la actividad dentro de las instalaciones, pero empleando la menor cantidad posible de recursos energéticos.

## 3 Trabajos relacionados

En este apartado se verán algunos de los proyectos similares encontrados en el repositorio de la Universidad de Zaragoza.

El primer proyecto y el más similar al presente tiene como título “Estudio de la eficiencia energética en edificios unizar a través de datos suministrado por la oficina verde 2015-2018”, con Pablo Adiego Monforte como autor y Belén Zalba Nonay como directora.

Según el resumen de esta memoria, trata de la recopilación de datos energéticos entre los años comprendidos en el título, a nivel mundial y nacional, buscando una comparación temporal entre estos; abordando las normativas referentes a la eficiencia y ahorro energético en edificios, así como la importancia de las auditorías y certificaciones energéticas. También se tratan planes estratégicos llevados a cabo por la Universidad de Zaragoza para conseguir una optimización de la eficiencia energética.

Por último, se lleva a cabo un análisis haciendo uso de los datos ofrecidos por la oficina verde de la Universidad de Zaragoza, recopilando consumos energéticos, indicadores de eficiencia energética, análisis económico, uso de climatización y comparación de los diferentes edificios pertenecientes al campus [3].

## 4 Análisis de la situación

En este apartado analizaremos el estado actual de las instalaciones del centro; planos, consumo energético, horarios de uso, climatología, maquinaria de altas prestaciones... Con esto buscaremos obtener un mayor volumen de información sobre la Escuela Universitaria Politécnica de Teruel.

### 4.1 Planos

En el sótano se encuentran los grandes laboratorios del centro, de tecnologías industriales y de ruido activo, junto con sus respectivos almacenes; así como las salas de máquinas y mantenimiento, entre las cuales está la sala de calderas, de comunicaciones, de grupos de presión, de depósito de agua y, por último, de grupo electrógeno. En las siguientes imágenes veremos en blanco los diferentes pasillos de la

edificación, cuyo ascensor se verá representado con una A. La sala de máquinas del ascensor se encuentra en la azotea, junto con la instalación fotovoltaica.

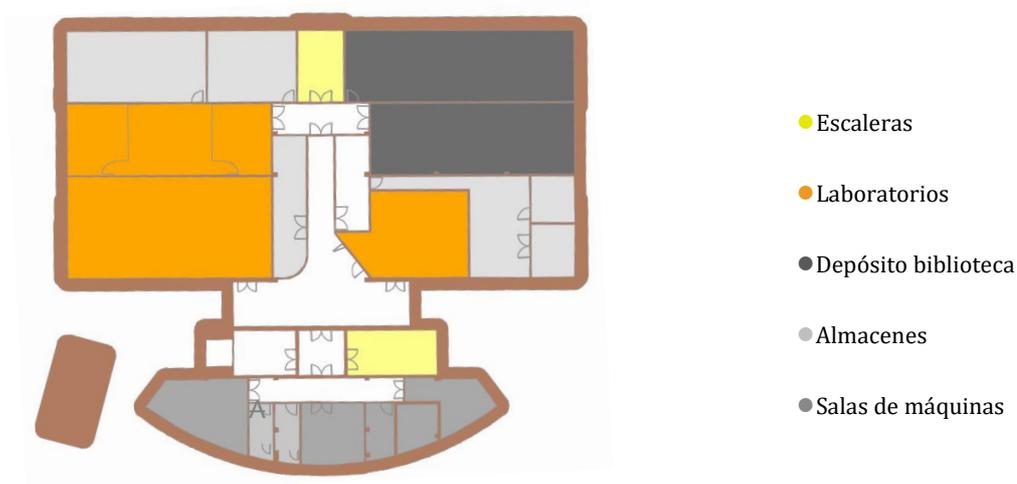


Figura 1. Sótano de la EUPT [4].

En la planta baja, en el exterior, se ubica el transformador, indicado con **T**, que aporta toda la electricidad que precisa el centro. En el interior no se encuentran zonas mucho más activas como la conserjería o el conjunto de la biblioteca con sus distintas salas; de lectura, de préstamos, de audio-vídeo e informática, así como la dirección y la administración de la biblioteca, la docimoteca o el instituto de idiomas. Cabe destacar que la zona de la biblioteca está activa de forma ininterrumpida desde que abre el centro hasta que se cierra; esto requiere una gran demanda de energía.

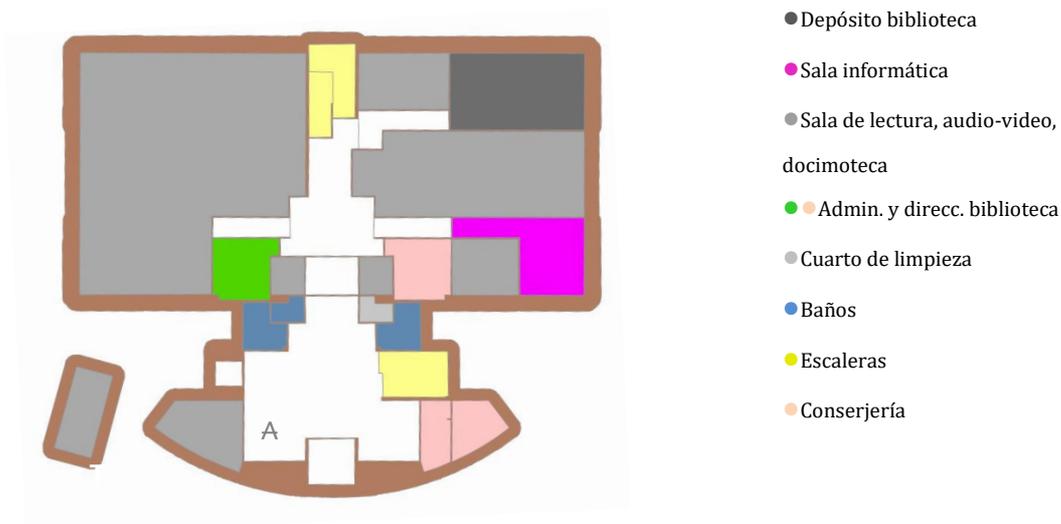


Figura 2. Planta baja de la EUPT [4].

En la primera planta también se encuentran elementos con demanda considerable de potencia. Para empezar, tenemos dos grandes laboratorios de electrónica que

cuentan con ordenadores y material fijo de laboratorio y otros dos laboratorios de informática que cuentan con numerosos ordenadores. También tenemos la sala de rack informático Bifi donde se almacenan todos los servidores, los cuales están permanentemente en funcionamiento. Todos esto, en horas punta, supone un gran aumento en la energía que se ha de proporcionar.

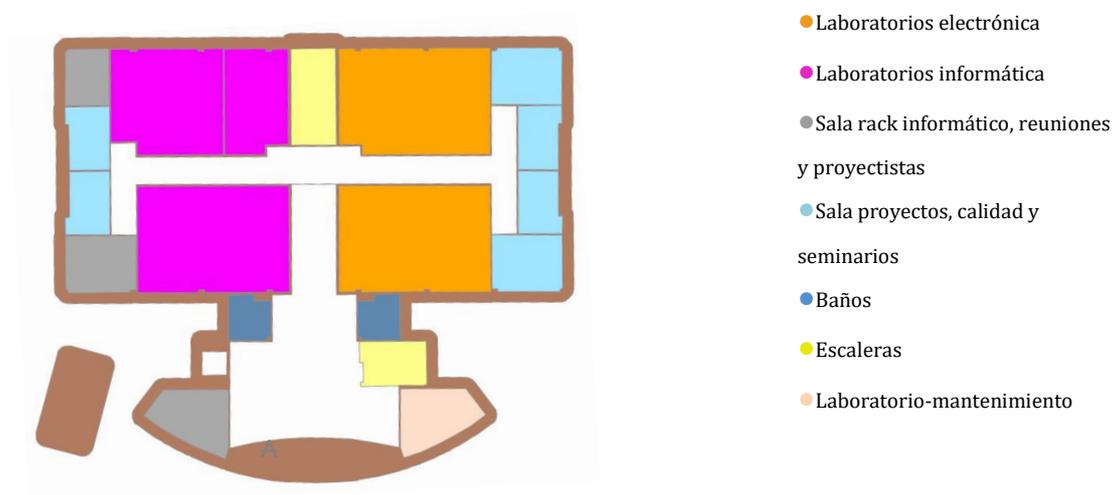


Figura 3. Planta uno de la EUPT [4].

En la segunda planta básicamente se encuentran los despachos del profesorado, la dirección del centro y diferentes aulas. El consumo en esta planta no es muy elevado.

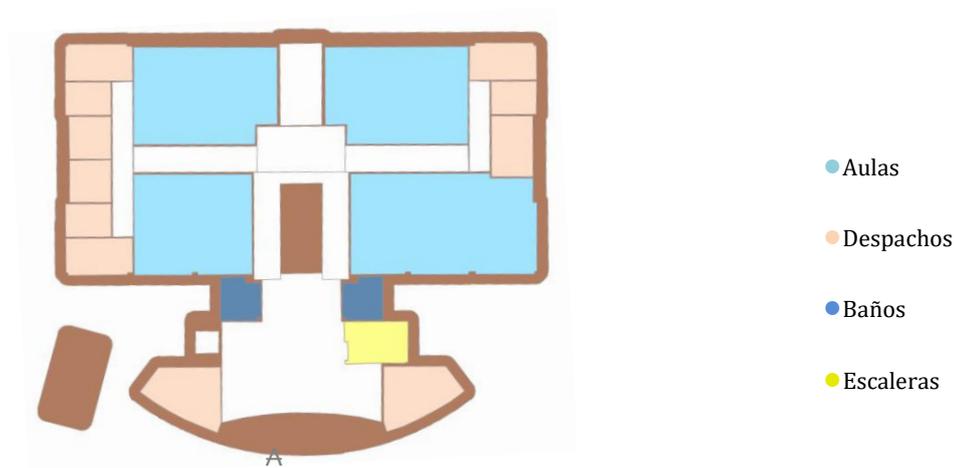


Figura 4. Planta dos de la EUPT [4].

Lo mismo ocurre con la tercera planta del centro, en esta se encuentran algunos despachos y aulas no muy concurridas.

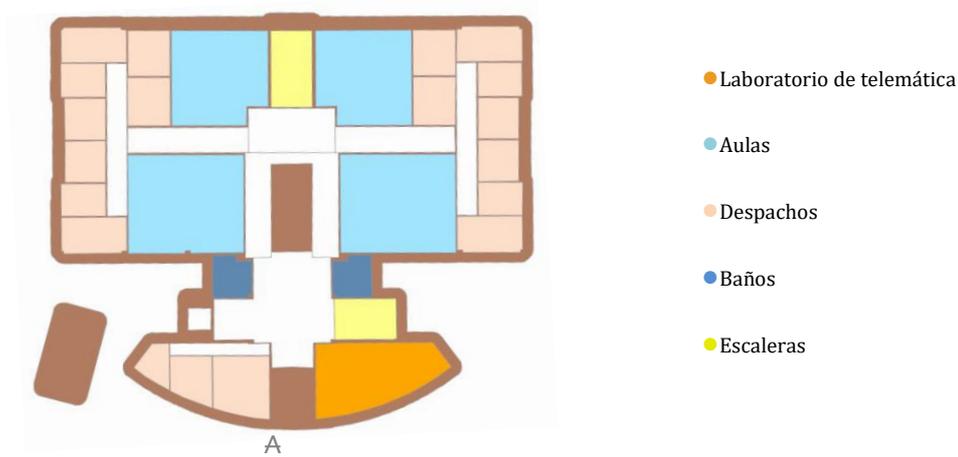


Figura 5. Planta tres de la EUPT [4].

Por último, tenemos la cuarta planta donde se encuentra un pequeño almacén y, saliendo a la azotea, se ubican las placas solares de la instalación fotovoltaica. Allí tenemos el cuarto de máquinas del ascensor y la aparamenta de la instalación fotovoltaica.

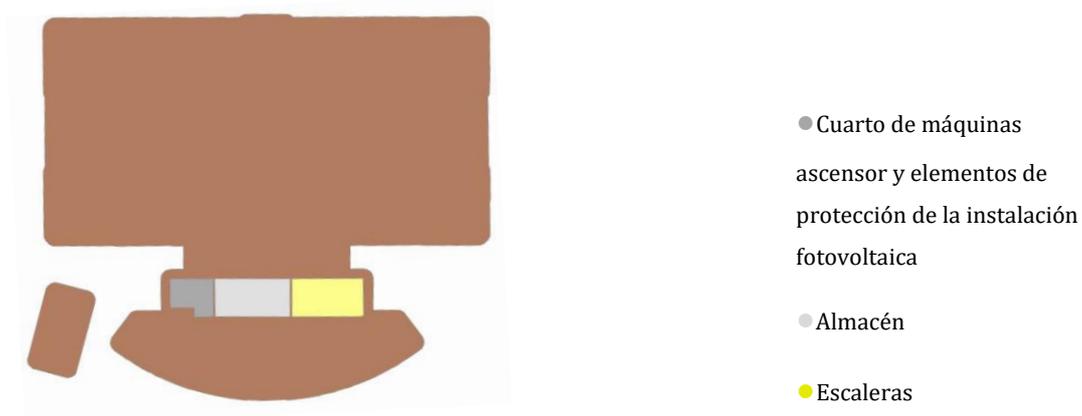


Figura 6. Planta cuatro de la EUPT [4].

## 4.2 Consumo energético general

Para este apartado, ya que es meramente informativo, obtendremos los datos de los consumos en los últimos años mediante el transformador de la Politécnica, a través de la Oficina Verde de la Universidad de Zaragoza. Estos datos no solo abarcan la EUPT, también el edificio de vicerrectorado, la facultad de ciencias sociales y el alumbrado. Su desarrollo se encuentra entre los anexos textuales: **Anexo I**.

### 4.3 Horarios de uso y ocupación

Al igual que el apartado anterior, este se verá mejor reflejado en el **Anexo II**. Aquí se trata el tema de la ocupación del centro durante un día normal, desglosado por aulas y laboratorios, haciendo también una pequeña lista de los dispositivos consumidores de energía que se encuentran entre estos.

### 4.4 Climatología

El centro se encuentra en el barrio de San León, concretamente en la calle Atarazana, perteneciendo al Campus de Teruel de la Universidad de Zaragoza.

En este apartado, que está desarrollado en el **Anexo III**, situaremos geográficamente la Escuela Universitaria Politécnica de Teruel para ver sus condiciones climatológicas y cómo pueden afectar al consumo energético.

### 4.5 Maquinaria de altas prestaciones

La Escuela Universitaria Politécnica de Teruel cuenta con maquinaria de altas prestaciones. Algunas de estas máquinas que podemos considerar de alto consumo como el motor eléctrico del ascensor de la Politécnica, dos robots KUKA instalado en el laboratorio de Tecnologías Industriales del sótano o el túnel de viento compartiendo espacio con el robot anteriormente mencionado. Considerando también el clima del cuarto de servidores y el ascensor, el resto de elementos no son comúnmente puestos en marcha por lo que su consumo será, en comparación, casi nulo.

### 4.6 Desarrollo sostenible

En junio de 2018 se organizó la “Conferencia iberoamericana sobre Objetivos de Desarrollo Sostenible” por la Universidad de Salamanca, la Universidad Politécnica de Madrid e Iberdrola, que tuvo como objetivo principal servir de marco de reflexión y debate para lograr que distintos niveles de instituciones impulsasen las transformaciones necesarias para hacer posible el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de Naciones Unidas [5].

En esta Conferencia la Universidad de Zaragoza firmó de la “Declaración de Salamanca”, en la que se compromete a integrar en sus instalaciones los ODS

convirtiéndose a largo plazo en un entorno sostenible, adquiriendo el compromiso de ser un promotor del desarrollo sostenible.

Así mismo, cada año la Universidad de Zaragoza se somete a un examen ante un organismo, ECODES, con el fin de realizar un análisis crítico y comprobar si las acciones se continúan desarrollando o se han dejado de desarrollar, iniciando un proceso de análisis y reflexión acerca de si se están cumpliendo o no los objetivos de desarrollo sostenible.



Figura 7. Objetivos de Desarrollo Sostenible [6].

## 4.7 Índice de sostenibilidad

En este apartado hablaremos más a fondo a cerca el índice de sostenibilidad en el que participa la Universidad de Zaragoza y que corre a cargo de la Universidad de Indonesia. Su desarrollo se encuentra en el **Anexo IV**.

## 5 Materiales y métodos

En este apartado se enseñan y describen los distintos dispositivos necesarios para llevar a cabo el presente estudio, así como su método de utilización.

### 5.1 Materiales

#### 5.1.1 Cámara termográfica

En este caso se trata de una cámara termográfica infrarroja de alto rendimiento. Nos es útil en entornos donde es preciso distinguir entre pequeños rangos de temperatura, lo cual la hace especialmente adecuada en instalaciones eléctricas, gracias

a las altas resistencias de contacto y al calor resultante podemos encontrar fácilmente puntos fríos, pérdidas de calor o cualquier mínima desviación de temperatura que queramos observar. Su desarrollo se encuentra en el **Apartado 1 del Anexo V**.



Figura 8. Cámara termográfica.

### 5.1.2 Analizador de redes estanco

En el presente proyecto también nos hemos servido de la ayuda de un analizador de redes que nos facilita la supervisión de los datos energéticos en tiempo real. Se sabe que aquellos edificios que interconectan dispositivos digitales de supervisión y control de la energía, alcanzan niveles de eficiencia energética mayores a aquellos no han dado el paso al Internet de las Cosas y a la tecnología escalable. Este dispositivo se conecta a la entrada de la red trifásica en la caja de protección y medida de la Politécnica. Cabe destacar que el transformador que suministra la electricidad a nuestro centro es compartido con la Facultad de Ciencias Sociales y el Vicerrectorado, por lo que el analizador de redes que tenemos en dicho transformador no nos sería de gran ayuda, por esa razón se ha optado por la utilización del analizador de redes que se encuentra en nuestro centro. Su funcionamiento de una forma más detallada se encuentra en el **Apartado 2 del Anexo V**.

### 5.1.3 Analizador de redes portátil

La función de este analizador es la misma que el comentado anteriormente. Este cuenta con la ventaja de ser portátil, pudiendo ser puesto en marcha en cualquier instalación eléctrica siempre que sea necesario. Se trata del analizador de redes AR5 de

Circutor cuyo desarrollo lo encontraremos en el **Apartado 3 del Anexo V**.



Figura 9. Analizador de redes portátil AR5.

### 5.1.4 Vatímetro digital

Se trata de un instrumento utilizado para medir la potencia eléctrica o la tasa de suministro de energía eléctrica de un dispositivo en vatios. También nos enseña medidas como la corriente que circula o la tensión. Se trata del vatímetro digital DW-6060 y sus características y funcionamiento las encontraremos en el **Apartado 4 del Anexo V**.

### 5.1.5 Pinza amperimétrica

Se trata de un instrumento de medida eléctrica, que nos da la posibilidad de medir intensidades de corriente en conductores con carga sin necesidad de desconectar el circuito eléctrico. Se pueden medir intensidades desde 10mA hasta 300A con el circuito en funcionamiento y sin riesgo alguno para el usuario. En este caso trabajaremos con la pinza amperimétrica CLM-40DX presentada en la siguiente figura.



Figura 11. Vatímetro digital.



Figura 10. Pinza amperimétrica.

## 5.2 Métodos

Una vez descritos los distintos materiales, se procederá a describir los métodos de utilización para llevar a la práctica esta memoria.

### 5.2.1 Cámara termográfica

En el caso de la cámara termográfica infrarroja, se utilizará para identificar aquellos puntos dentro de la Politécnica donde puede haber alguna fuga de calor. Este proceso se hará básicamente en los muros, ventanas, columnas, lucernarios y puertas que den al exterior del centro. Este proceso de detección se realizará durante días fríos donde la temperatura externa sea suficientemente baja como para detectar fugas de calor dentro del centro. Además, la cámara termográfica nos será muy útil para comprobar las temperatura y funcionamiento de los diferentes cuadros eléctricos, al igual que de la maquinaria de altas prestaciones. Debido a que este TFG se ha desarrollado en los meses de abril y mayo, no se ha podido realizar la termografía en los meses más fríos del año, sino en meses templados.

### 5.2.2 Analizador de redes estanco

Mediante el analizador de redes, se monitorizará el correcto funcionamiento y reparto de energía a través de toda la Politécnica, permitiendo diagnosticar fallos, monitorizar, registrar y estudiar los armónicos de las instalaciones, así como la verificación de los sistemas eléctricos y de la potencia contratada. Con el uso de estos analizadores de redes también podemos conocer la capacidad de los condensadores para corregir el factor de potencia. Se exportarán los datos proporcionados por el analizador a través de PowerStudio y se analizarán mediante gráficas con la herramienta Excel.

### 5.2.3 Analizador de redes portátil

Con este dispositivo llevaremos una medición idéntica al analizador anterior con la peculiaridad de que podremos conectarlo a cualquier cuadro eléctrico del centro. Nos servirá para identificar por plantas los diferentes consumos y así encontrar focos de ineficiencia. También nos será útil para averiguar de dónde proviene la aparente potencia parásita que tiene la Politécnica en las noches, identificando correctamente su

procedencia y estimando las medidas oportunas si las hubiese. Al igual que en el dispositivo anterior contaremos con un software específico para tratar los datos, en este caso lo haremos mediante PowerVision Plus.

#### 5.2.4 Vatímetro

El vatímetro lo utilizaremos principalmente para medir la potencia parásita en los dispositivos de la Universidad con el fin de identificar y focalizar bien de dónde proviene. Este se conectará a la red y a su vez al dispositivo que queramos medir. Se utilizará en dispositivos encendidos y apagados para comprobar su consumo en periodos de no utilización.

#### 5.2.5 Pinzas amperimétricas

Las pinzas amperimétricas serán un complemento al resto de dispositivos anteriormente mencionados. Las utilizaremos como medio de verificación e incluso como método de trabajo y cálculo alternativo al vatímetro, ya que sabiendo la corriente que circula por un conductor y su voltaje, obtenemos fácilmente la potencia de consumo.

## 6 Desarrollo

En este apartado se expondrá el trabajo de investigación con los materiales ya mencionados.

### 6.1 Introducción

Para empezar, haremos un pequeño repaso acerca de la construcción y acabados de la Escuela Universitaria Politécnica de Teruel, el cual se encuentra en el **Anexo VI**.

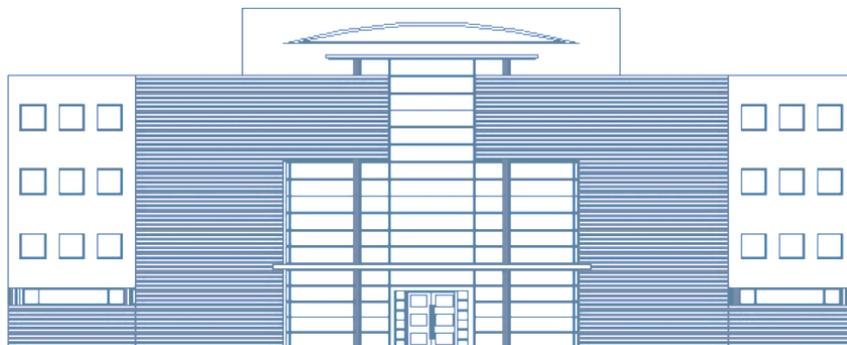


Figura 12. Fachada principal de la EUPPT [7].

## 6.2 Cámara termográfica

En este apartado haremos hincapié en el trabajo realizado con la cámara termográfica infrarroja, en estas zonas ya que son lugares por donde normalmente se escapa más rápido el calor, intentando encontrar fugas de calor o puntos fríos que puedan suponer focos de ineficiencia energética.

Para empezar, configuraremos el dispositivo de medición accediendo al menú del dispositivo. En todos los casos se tendrá un factor de emisión de 0,95 ya que estaremos efectuando las mediciones sobre pintura, ladrillos, plástico y/o cristal. Se ajusta la hora y el filtro con el que se desean tomar las mediciones, es entonces cuando podremos empezar a tomar las correspondientes medidas.

Acto seguido nos ubicaremos en el hall de la planta principal de la Politécnica, donde iniciaremos las mediciones. Recordamos que mediante la cámara termográfica infrarroja detectaremos, en este caso, las fugas de calor y paredes exteriores con mal aislamiento o sin este.

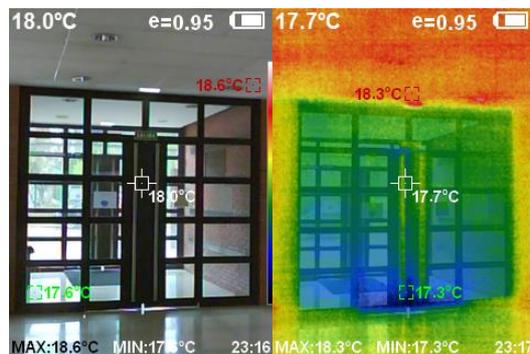


Figura 13. Entrada principal.

Como se puede observar en la figura anterior, en la cristalería de la entrada principal al centro hay algunas fugas de calor. Como es normal, y al no tratarse de un cristal aislante térmico, este será un medio por donde el calor puede irse fácilmente. En este caso también se ve que en la parte inferior de la puerta hay una gran pérdida de calor, esto se debe a que no hay un correcto aislamiento en el cierre de esta, pues se trata de un gran espacio de intercambio de aire sin oposición alguna.

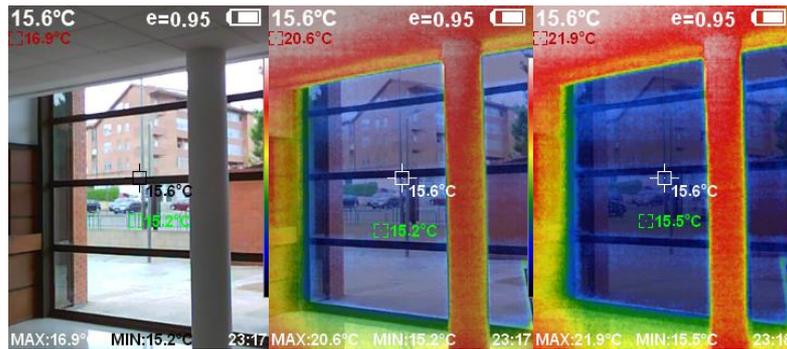


Figura 14. Hall conserjería.

En esta figura ocurre de nuevo lo comentado anteriormente. El aislamiento en toda la zona de acero y de acristalamiento es correcto. Vemos que la pérdida de calor es sustancial debido al propio cristal, donde pasamos de 21,9°C en el interior del hall a 15,5°C en la zona acristalada. Las juntas del acero con la fachada del edificio y con los elementos internos son en todo momento acertadas.



Figura 15. Zona de descanso hall principal.

Como ocurría en las anteriores fotografías, en esta zona pasa lo mismo. Un correcto aislamiento en las juntas del cristal con el acero y de este con el resto de la fachada. Las fugas de calor se siguen sucediendo en los cristales que dan al exterior del centro. A continuación, pasaremos a la zona de la biblioteca, analizaremos las entradas, las ventanas y las zonas de ventilación.

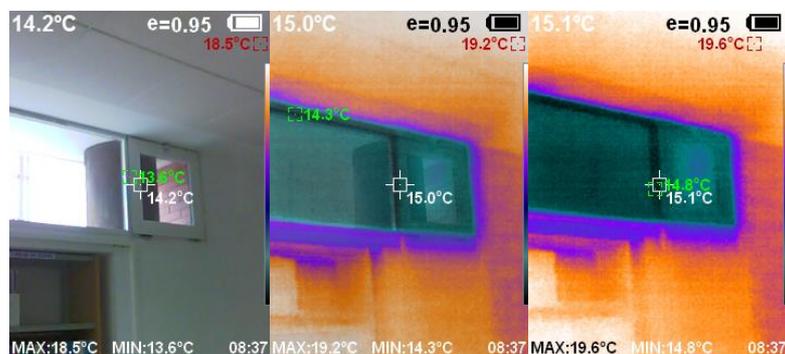


Figura 16. Ventana cerrada biblioteca.

Se ha procedido a cambiar el filtro de la cámara para comprobar si el modo de visualización de estos nos sirve de ayuda para identificar los focos calientes y fugas de calor en el presente proyecto. Como se puede ver en la figura anterior, el material por el que se produce una mayor pérdida de calor es el marco de las ventanas. Las juntas siguen estando bien y las ventanas abatibles, pese a ser de PVC, no cuentan con doble cristal que garantice tanto el aislamiento térmico como el acústico, por lo que se seguirá escapando el calor por estas.

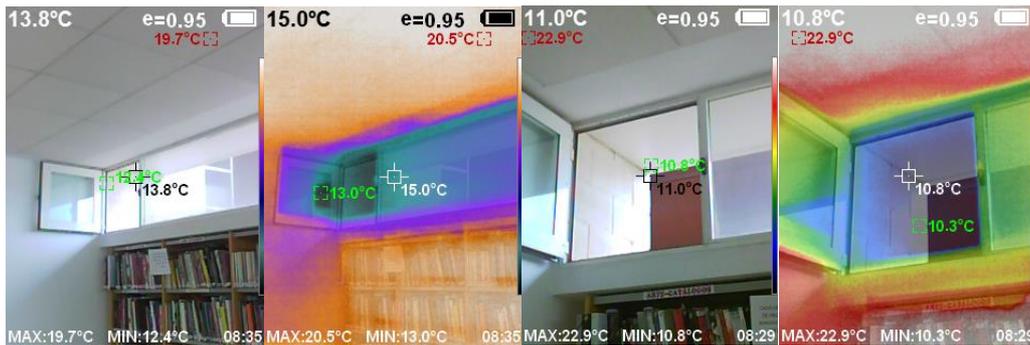


Figura 17. Ventana abierta biblioteca.

En este caso, nos iremos al otro extremo de la biblioteca, pero esta vez contaremos con la ventana abierta. Se puede observar la disminución de un par de grados. Con otro tipo de filtro, donde se aprecia la pérdida de calor a través de la ventana, contamos con una temperatura exterior de 10°C y una interior superior a los 25°C. Continuaremos analizando el entorno de la biblioteca.

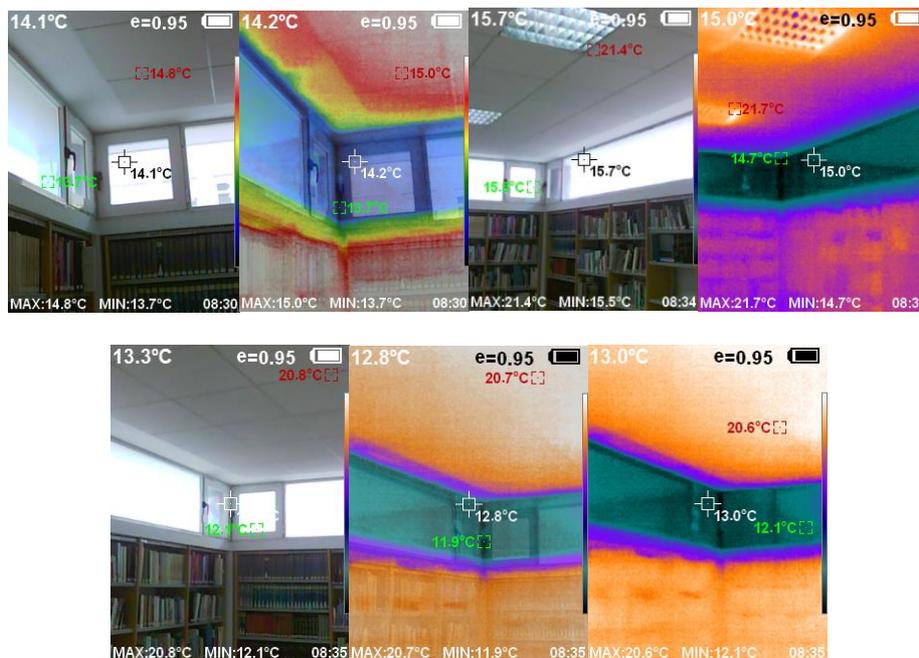


Figura 18. Ventana esquinera cerrada.

De nuevo se ve, en la figura anterior, como en el marco de la ventana fija se concentra mucho más el frío. Justo en la intersección de las dos ventanas hay focos fríos. Más allá de esto nos volvemos a encontrar con un buen aislamiento y un buen trabajo en la junta ventana fachada. Las fugas de calor en esta situación son escasas.

A continuación, pasaremos a situarnos en la cara oeste de la biblioteca que, junto con la cara sur, es donde recibe el sol la mayor parte del día.

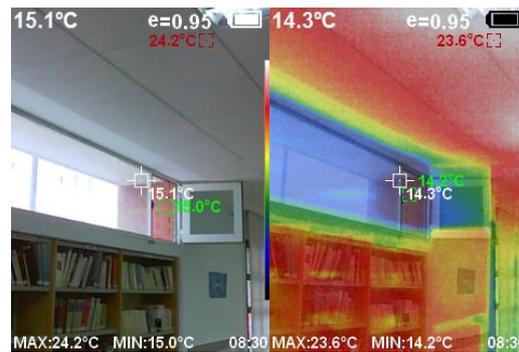


Figura 19. Ventana media abierta.

En la figura anterior se puede observar que en esta cara de la fachada la temperatura es un par de grados superior. Sigue habiendo focos fríos, pero estos se asemejan más a la temperatura del resto de elementos contiguos, aunque la temperatura interna de la sala sigue siendo muy superior.

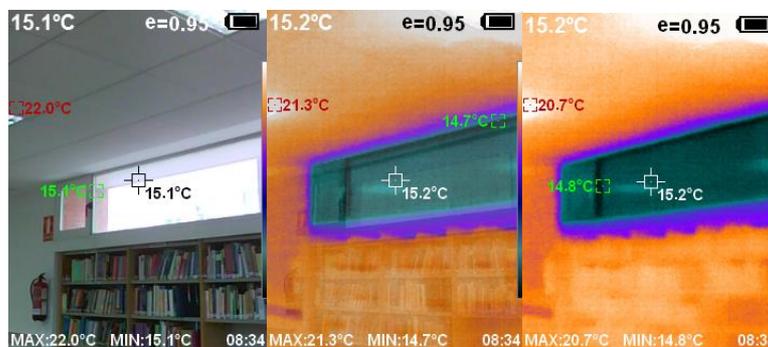


Figura 20. Ventana media cerrada.

Se ve que la temperatura del cristal y del marco en la figura anterior son similares al caso anterior debido a la orientación de esta fachada. Las temperaturas de los focos fríos son similares y sigue siendo superiores que en las otras ventanas.

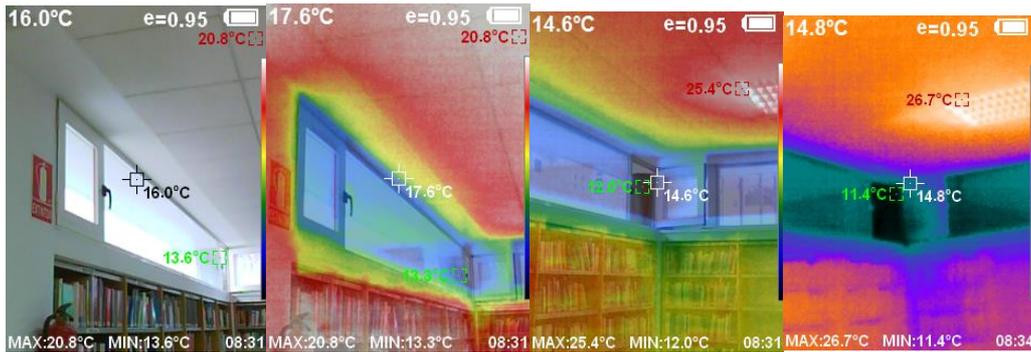


Figura 21. Ventana media cambio perspectiva.

En la figura anterior tenemos el mismo ejemplo anterior visto desde otra perspectiva. Lo interesante está en la diferencia de temperatura. Si nos fijamos en la fotografía, la primera ventana se encuentra cerrada mientras que la segunda la hemos dispuesto abierta. Se ve que en la parte donde tenemos la ventana cerrada se mantiene mucho más la temperatura interior de la biblioteca, aunque sigue siendo mucho más baja que esta, por otro lado, con la ventana abierta la temperatura baja bastante como es obvio.

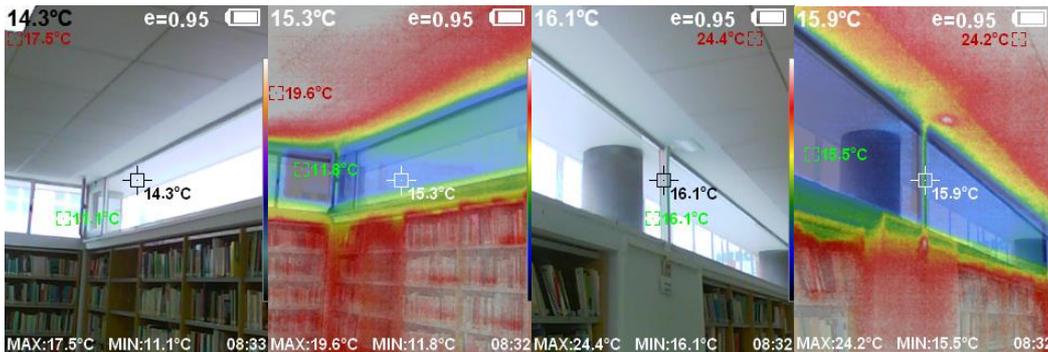


Figura 22. Continuación ventana.

Al igual que en la figura anterior, aquí veríamos que lo más significativo es el calor perdido debido a la ventana abierta. Se ve la continuación de esa ventana, donde al final llegaremos a la zona por donde hemos empezado el estudio termográfico de la biblioteca.

A continuación, veremos el cuadro principal del centro, este es extenso y tiene varios módulos, Se analizará cada uno de estos con la cámara termográfica. Este cuadro contiene el control eléctrico de toda la Escuela Universitaria Politécnica de Teruel. Desde aquí se controlan los cuadros secundarios, que veremos más adelante, la instalación fotovoltaica, el grupo electrógeno y luces de todas las salas del centro. También encontramos, como es obvio, los elementos de protección.



Figura 23. Cuadro principal de la EUPT.

Para empezar, identificamos el interruptor de red en la última imagen de la figura anterior. Mediante la cámara termográfica identificamos que en este no ocurre ningún episodio de sobrecalentamiento de los cables.

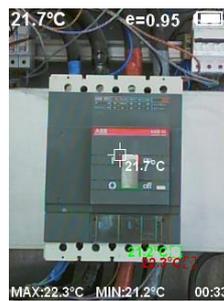


Figura 24. Interruptor de red.

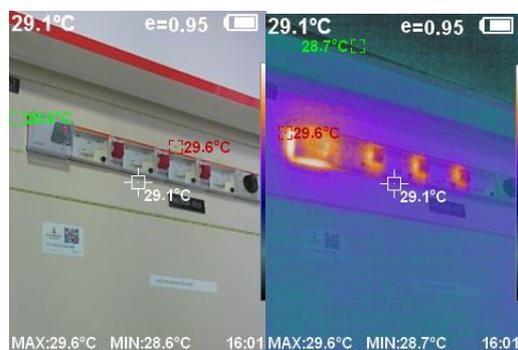


Figura 25. Aparata de medida de red.

Se observan temperaturas de estado de funcionamiento totalmente normales en la aparamenta de medida de red. Para la aparamenta de medida del grupo, así como su interruptor, no ha sido necesario el uso de la cámara ya que, aunque su interruptor esté activo, el grupo no está en funcionamiento.

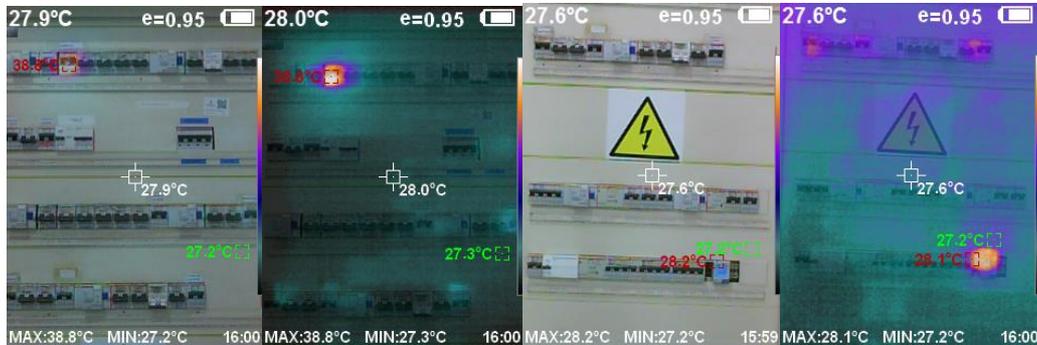


Figura 26. Cuadro eléctrico principal (1).

Si nos fijamos en el cuadro principal, hay un elemento que destaca por su temperatura. Este es uno de los interruptores pertenecientes a la biblioteca que, como ya adelantábamos anteriormente, es una de las zonas con más consumo de toda la Politécnica debido a su constante uso.

En la segunda parte de nuestro cuadro principal podemos destacar de nuevo la temperatura elevada de otro de los interruptores de la biblioteca, en la parte superior izquierda, y de las luces de emergencias de todo el centro, en la parte superior derecha, que deben estar encendidas las 24 horas del día. Otro elemento que destaca en la parte inferior derecha es un reloj instalado en el cuadro eléctrico. Su temperatura es elevada debido a que dispone de una pantalla.



Figura 27. Cuadro eléctrico principal (3).

Ahora nos vamos a la segunda sección de nuestro cuadro. Aquí destacan 3 elementos por su temperatura. Estos pertenecen a los enchufes de la biblioteca que están en constante uso, también a los distintos departamentos y la dirección del centro.

Aquí terminaría el análisis termográfico del cuadro principal, ninguna de las temperaturas señaladas aquí supone un riesgo para la instalación eléctrica.

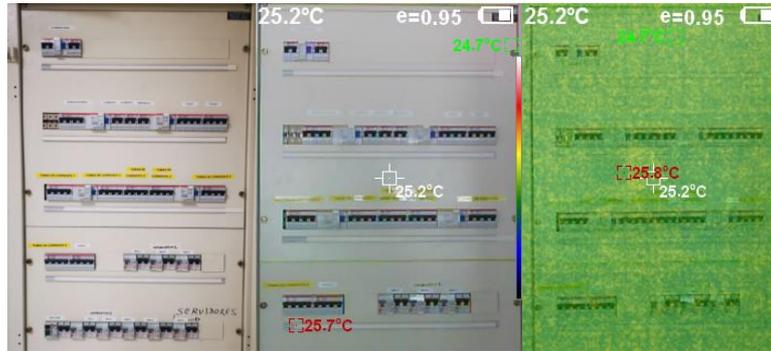


Figura 28. Cuadro eléctrico informática 1.

Como se puede ver, el cuadro ubicado en el laboratorio de informática 1 no presenta ningún episodio de calentamiento. Lo mismo ocurre con los otros cuadros secundarios ubicados en la Universidad.

A continuación, seguimos con el estudio de los baños; como nos estamos centrando en los elementos que dan al exterior, en este entorno únicamente analizaremos una cristalera vertical que cumple la función de dejar pasar luz natural y de ventilar el espacio. Ubicaremos dos baños por planta, encontrándose uno en frente del otro en cada planta, ocupando la cara este y oeste del edificio. Como característica a destacar veremos una abertura justo en la zona de la cristalera que de una forma peculiar une la línea de baños de todas las plantas.

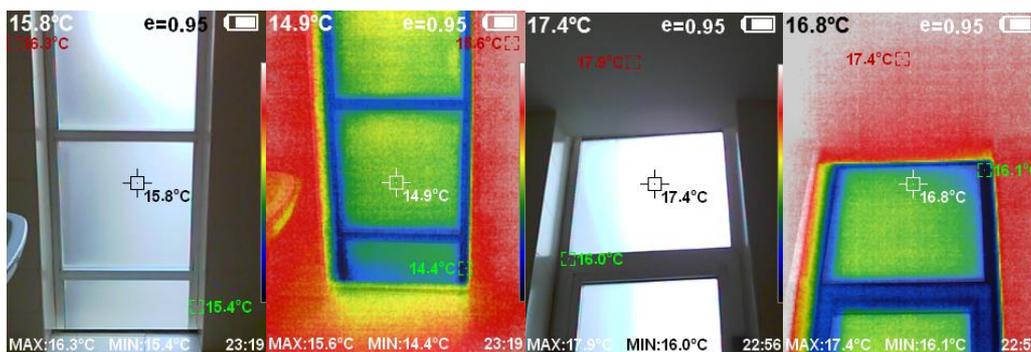


Figura 29. Ventana baños.

Se puede ver que la ventana está correctamente instalada. Marcos más fríos que el propio cristal y la abertura que une los baños de las demás plantas no suponen ninguna desventaja respecto a la pérdida de energía térmica, esto se debe a que la parte de los distintos baños y los halls comparten espacio, por lo que sus temperaturas son básicamente las mismas.

Antes de pasar a las diferentes plantas del centro, iremos a las escaleras traseras. Estas van desde el sótano a la tercera planta. Aquí nos encontraremos con una gran cristalera que aporta luz natural a las escaleras, cabe decir que en esta zona la temperatura es menor que en los pasillos y halls, para solventar esto se han instalado puertas de acceso de modo que no haya un fácil intercambio de temperatura.

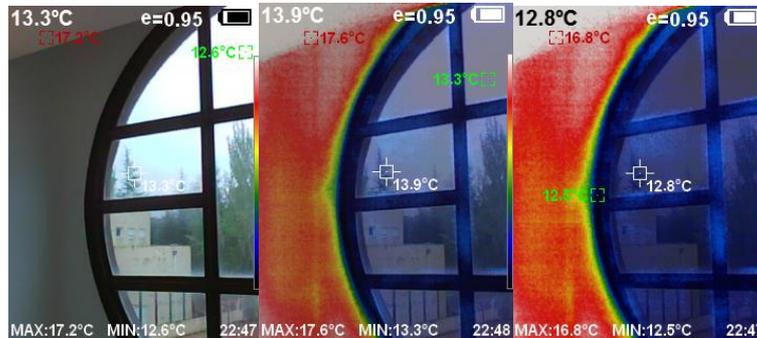


Figura 30. Cristalera de escaleras posteriores.

En la figura anterior se puede ver claramente el cambio de temperatura, tanto la de ambiente como de la cristalera. Como temperatura interior tenemos unos de 17°C grados aproximadamente, que en comparación con la temperatura interior del resto de estancias del edificio es algo baja; y debido a la cristalera vemos que la temperatura baja unos 4°C. En las siguientes figuras nos situamos en la última planta de estas escaleras, donde la temperatura ambiente asciende varios grados debido a que esta zona no está totalmente expuesta a la cristalera. Aquí se encuentran dos pequeñas ventanas, al ser de PVC su aislamiento es correcto.

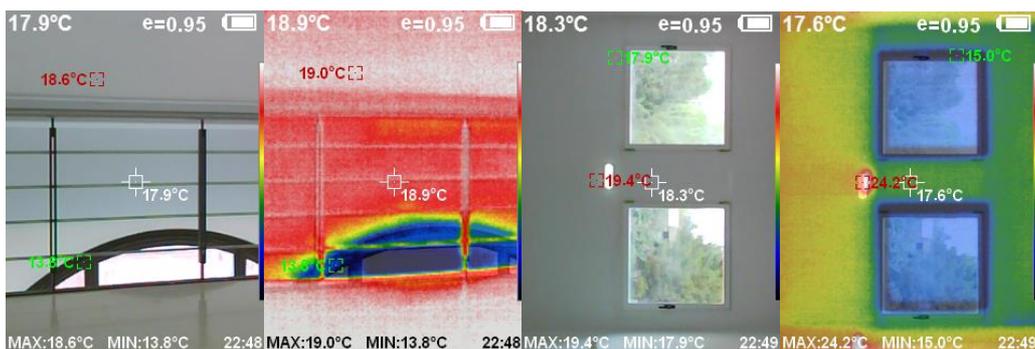


Figura 31. Última planta escaleras posteriores.

Ahora nos ubicaremos en la primera planta, donde se encuentran los principales laboratorios del centro. Empezaremos estudiando su hall. Partiendo de esta planta hasta la tercera, vemos que en la zona de la fachada acristalada hay una unión entre estas plantas debido al lucernario central mencionado anteriormente y a la unión de la cristalera. Ninguno de estos dos casos ocurre en la planta principal o en el sótano.

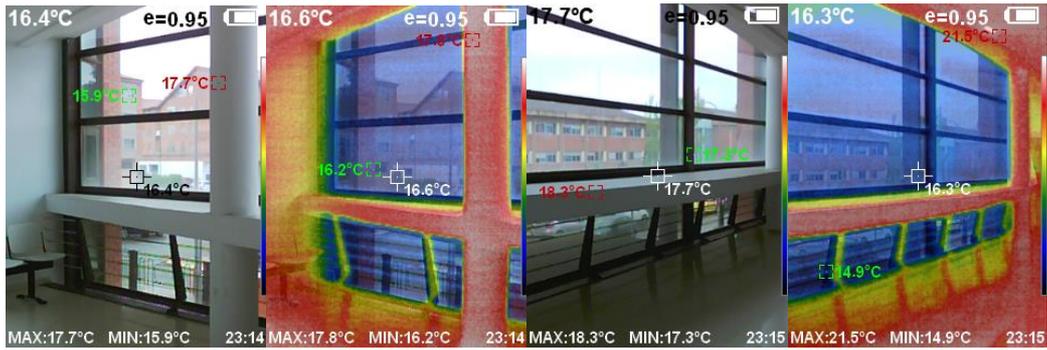


Figura 32. Hall primera planta.

Se puede observar en las últimas dos figuras que la temperatura ambiente no difiere mucho de los focos más fríos de la superficie acristalada. Por lo que esto no supone una gran pérdida de energía térmica para el centro. A continuación, pasaremos a evaluar esta misma zona en la segunda planta, donde veremos que el resultado obtenido es el mismo; con temperaturas ambiente que rondan los 17°C y focos fríos que de unos 16°C.

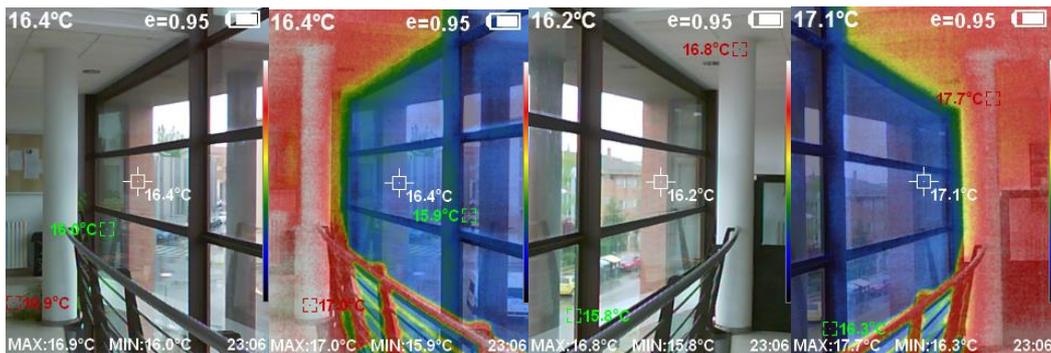


Figura 33. Hall segunda planta.

Para la tercera planta dispondremos de algunos cambios debido a la cubierta superior, que cuenta con losas de hormigón visto.

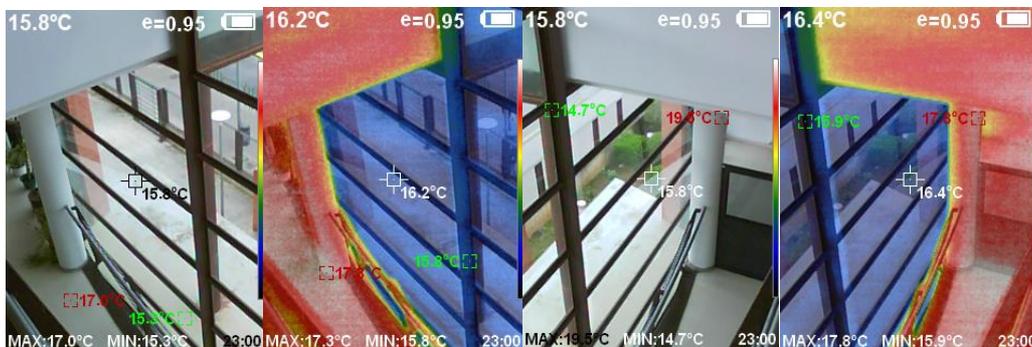


Figura 34. Vista segunda planta desde tercera planta.

Se puede ver en la figura anterior que de momento no hay cambios significativos

en el entorno. Continuamos con focos fríos en las cristaleras y temperatura ambiente similar.

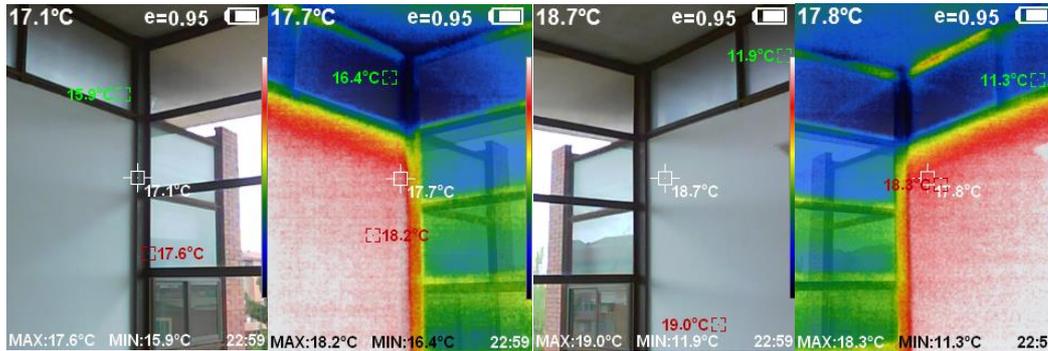


Figura 35. Parte superior cristalera tercera planta.

Ahora se aprecia claramente los tonos más fríos en la parte superior de la cristalera, esto se debe a la presencia de la losa de hormigón llegando a alcanzar, en las mismas condiciones anteriores, los 11°C frente a los 17°C de temperatura ambiente.

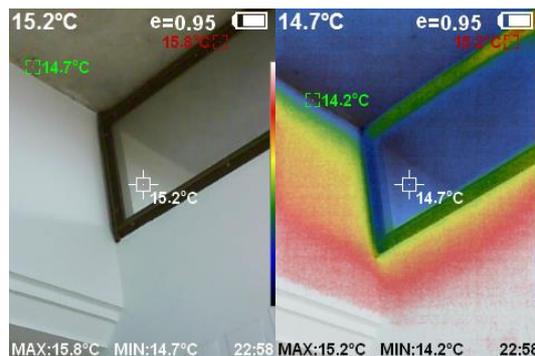


Figura 36. Parte superior losa hormigón.

Se puede ver como la losa de hormigón mantiene su baja temperatura en toda la superficie. Esto supone un descenso de la temperatura ambiente interior del centro.

Para continuar con el estudio, pasaremos a evaluar las zonas que dan al exterior refiriéndonos a aulas y laboratorios de las plantas uno, dos y tres.

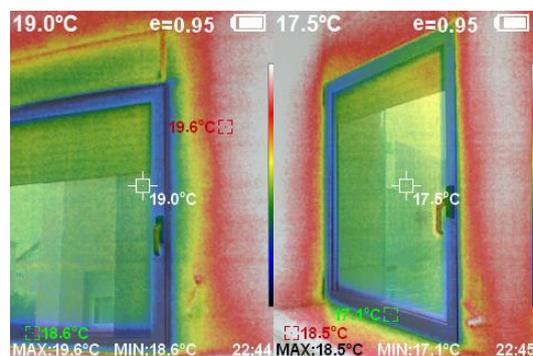


Figura 37. Ventana PVC orientación oeste.

Toda la Escuela Universitaria Politécnica de Teruel cuenta con ventanas de PVC de una sola hoja con doble cristal, aparte de su fiabilidad y duración, estas brindan aislamiento térmico y acústico. Comenzando con el análisis de una única ventana aislada, se puede ver como de nuevo los focos fríos se concentran en los bordes, provocando pérdidas de calor en los alrededores, pero de manera poco significativa. Esta ventana está orientada en la cara oeste del centro. Para la siguiente figura tenemos una ventana orientada al sur. No se aprecian cambios significativos en los focos fríos.

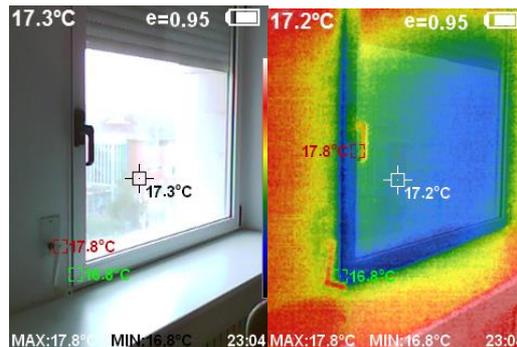


Figura 38. Ventana PVC orientación sur.

A continuación, se verá una ventana orientada al norte. Se aprecia que la temperatura es mucho menor que en los casos anteriores respecto a los bordes de la misma.

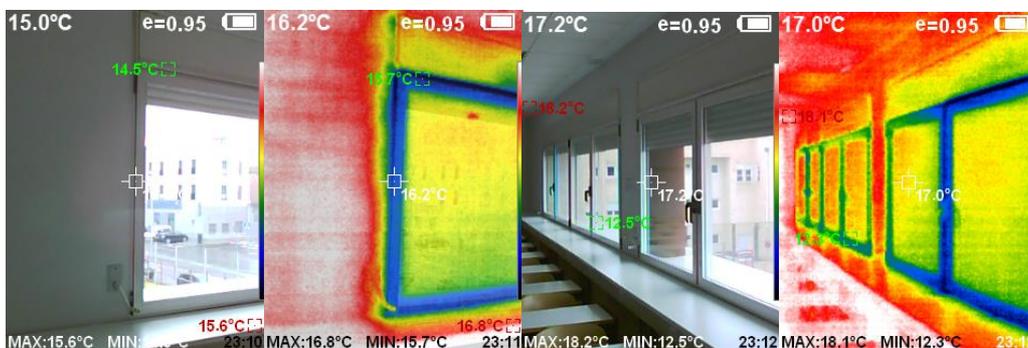


Figura 39. Ventana PVC orientación norte.

En la anterior imagen se ve claramente el correcto funcionamiento de este tipo de ventanas. Mientras la ventana funciona muy bien como un aislante térmico, el aula conserva su temperatura en todo su espacio. Más allá de eso, tenemos una temperatura interior en el aula de 17°C aproximadamente, la temperatura de los marcos de estas ventanas es de 12°C. Ya que prácticamente todas las ventanas de las aulas y laboratorios son iguales pasaremos al siguiente punto.

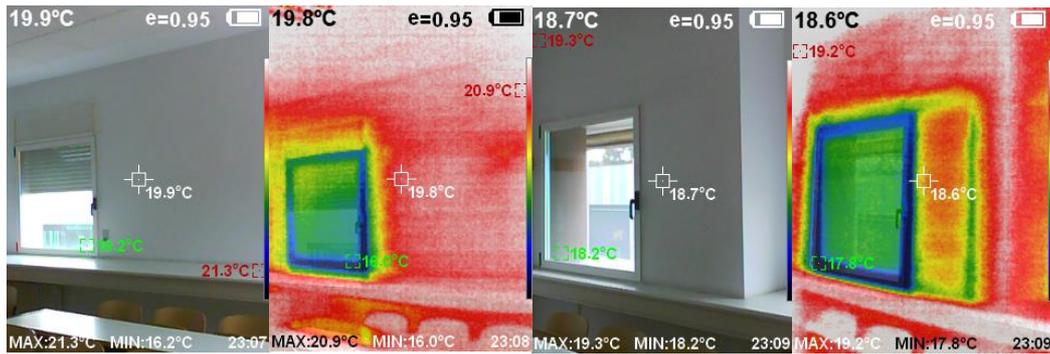


Figura 40. Pared aislada y sin aislar.

Buscando un correcto aislamiento en las paredes exteriores del centro. En la figura se ve el ejemplo de una pared correctamente aislada y otra que no está. Esto podría suponer un problema en las estaciones más frías llegándose a producir humedades, condensaciones y filtración del frío exterior al interior del aula. Al calentar el aula mediante la calefacción y con el frío de la pared mal aislada se produce una condensación capaz de crear humedad provocando manchas negras de moho.

Se estudiará ahora la tercera planta. En esta nos fijaremos en el techo ya que este da al exterior. Como se puede ver, la pérdida de calor aquí es casi nula, esto se debe a que las claraboyas no son lisas. En la parte superior adoptan una forma triangular, lo que hace que en su interior se cree una capa de aire que actúa como aislante térmico.

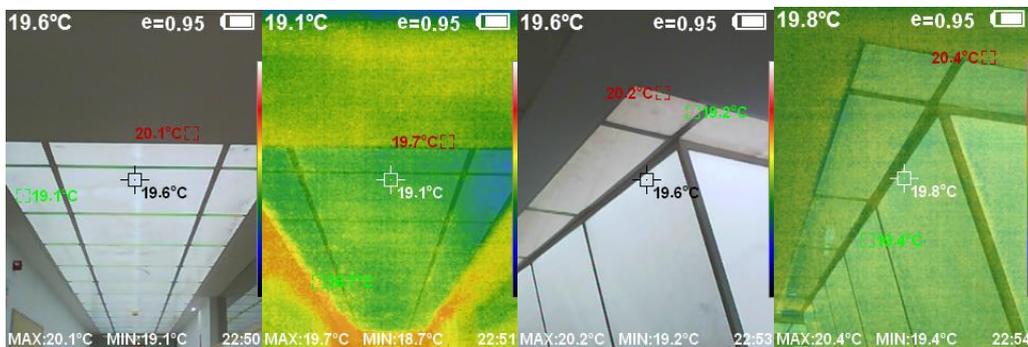


Figura 41. Techo de la tercera planta.

Para finalizar, mediremos con la cámara termográfica el interior de la última planta, recordamos que aquí se encuentran el cuarto de máquinas el ascensor y la apartamentada de la instalación fotovoltaica, también se ubica la salida al exterior donde podemos ver claramente la forma de las claraboyas y la situación de los paneles solares.

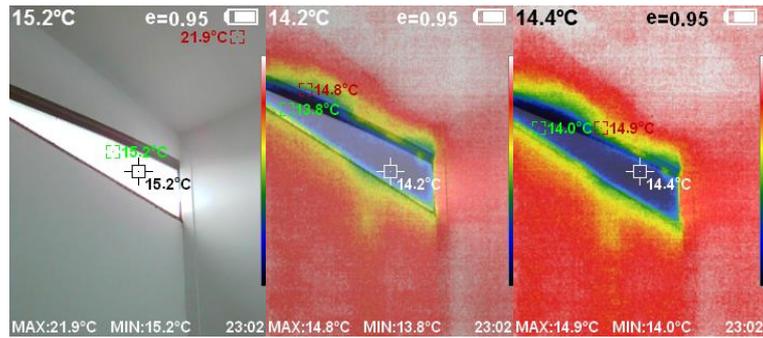


Figura 42. Ventana triangular.

En esta zona nos encontramos con una pequeña ventana de forma triangular que aporta un poco de luz natural. Está ubicada en la parte sur de la fachada del edificio, por lo que recibe luz constantemente. Como ocurría anteriormente, los marcos los puntos más fríos de esta, al tratarse de acero corten, la temperatura el mucho más baja que en las ventanas que se han ido viendo, así mismo, la propagación del frío por los elementos colindantes es mayor. Por otro lado, el sótano pese a ser una zona muchos más fría que el resto de plantas, cuenta con una puerta que consigue el objetivo de aislante térmico. Se presentarán una serie de imágenes capturas por la cámara termográfica en este espacio. No se han incluido todas las zonas y fotografías debido a su escasa relevancia, la totalidad de las imágenes se encontrarán en el **Anexo I (anexo digital)**.

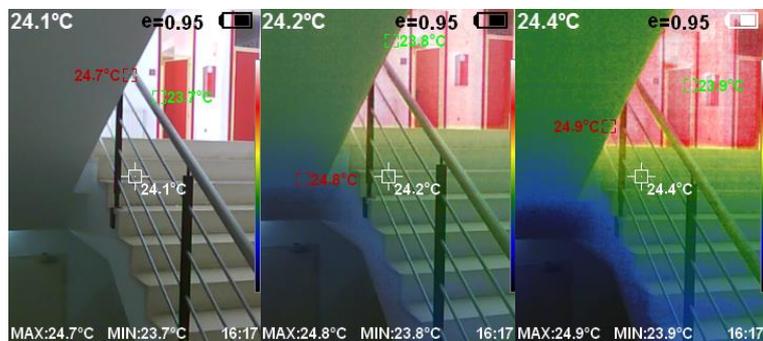


Figura 43. Escalera que conecta sótano con planta baja.

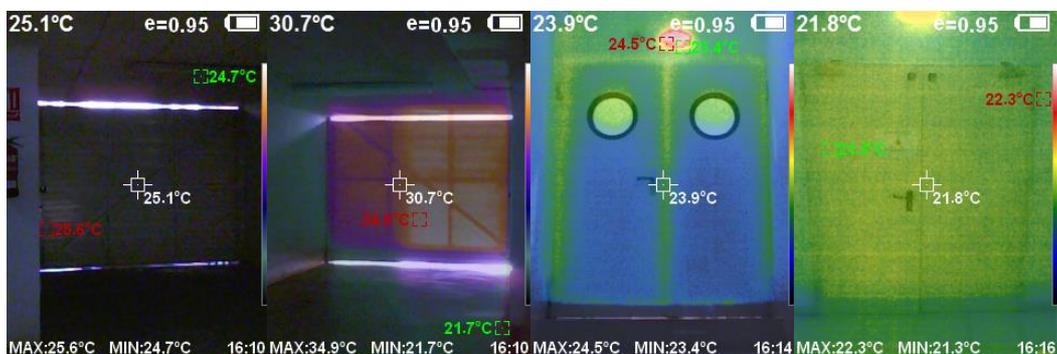


Figura 44. Distintas zonas del sótano.

## 6.3 Analizador de redes estanco

En este apartado se mostrarán los datos aportados por el analizador de redes estanco. Al ser un dispositivo de difícil manipulación debido a su integración con el resto de elementos del cuadro eléctrico principal, este ya está configurado desde hace tiempo por lo que esto no ha sido necesario para la presente memoria.

En la presente memoria pasaremos por alto aquellos datos o gráficas que carezcan de relevancia en el estudio, pues se busca una resolución rápida y sin rodeos. El análisis completo se podrá encontrar en el **Anexo VII**.

### 6.3.1 Corriente

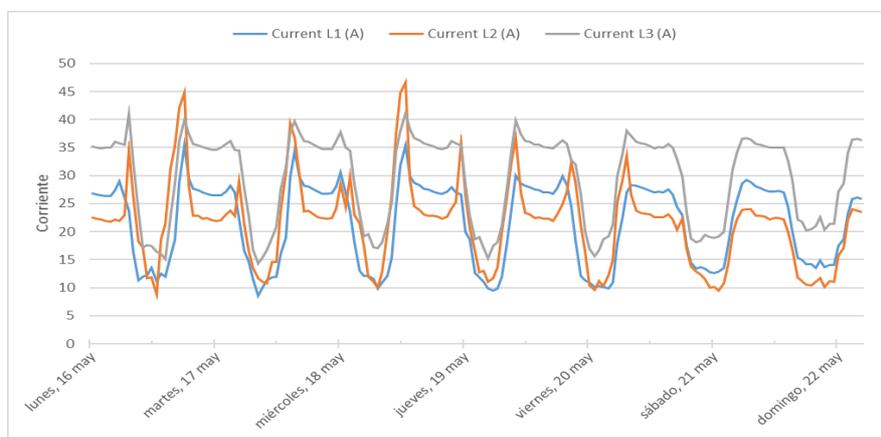


Figura 45. Corriente por fases.

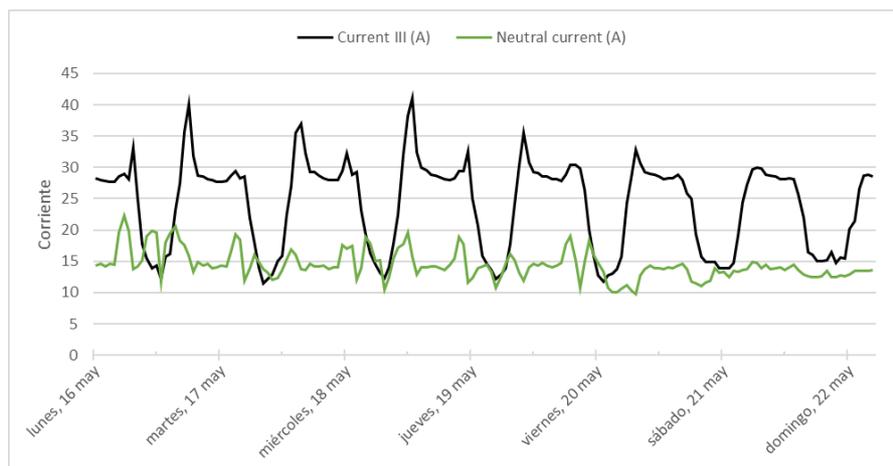


Figura 46. Corriente trifásica y neutro.

Se ve como la línea L3 mantiene en todo momento una intensidad superior a las demás líneas, esto supondrá un aumento en la potencia soportada por la misma.

También se puede ver como la corriente en el neutro mantiene valores bajos frente a la corriente trifásica del circuito.

### 6.3.2 Potencia activa

En este apartado podremos ver realmente los consumos de la Politécnica. Los periodos de análisis serán de una semana y/o dos días. En el **Anexo VII** se adjunta una pequeña introducción a este apartado.

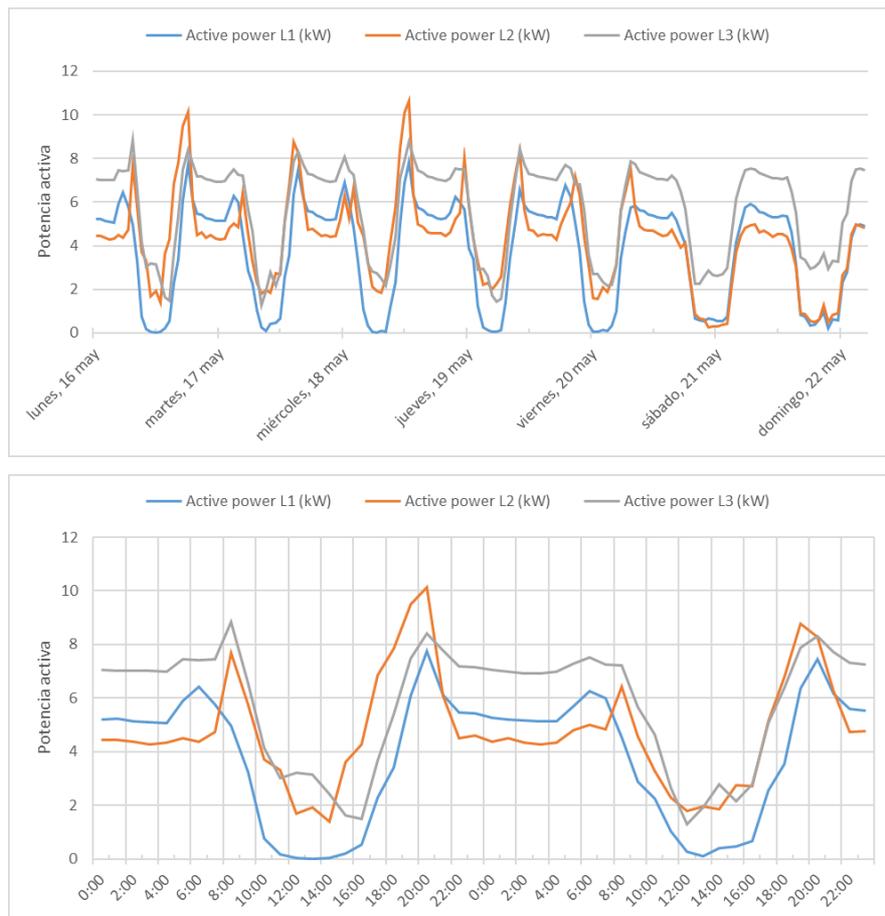


Figura 47. Potencia activa por fases.

Se puede ver como la potencia activa de la línea L3 se mantiene la mayor parte del tiempo en niveles superiores. Esto se debe a la elevada corriente, vista anteriormente, de la instalación. También es posible que la previsión de cargar no sea la misma para las tres líneas. La potencia activa durante la noche está muy por encima de la potencia consumida durante el día. En la siguiente figura podremos ver mejor este fenómeno.

En la siguiente figura se visualiza únicamente la potencia trifásica consumida por el centro con el fin de ofrecer una mejor vista de estos datos. Como es normal, la potencia

consumida va en descenso según se acerca el fin de semana, esto se debe a la baja ocupación, principalmente de la biblioteca, los últimos días de la semana.

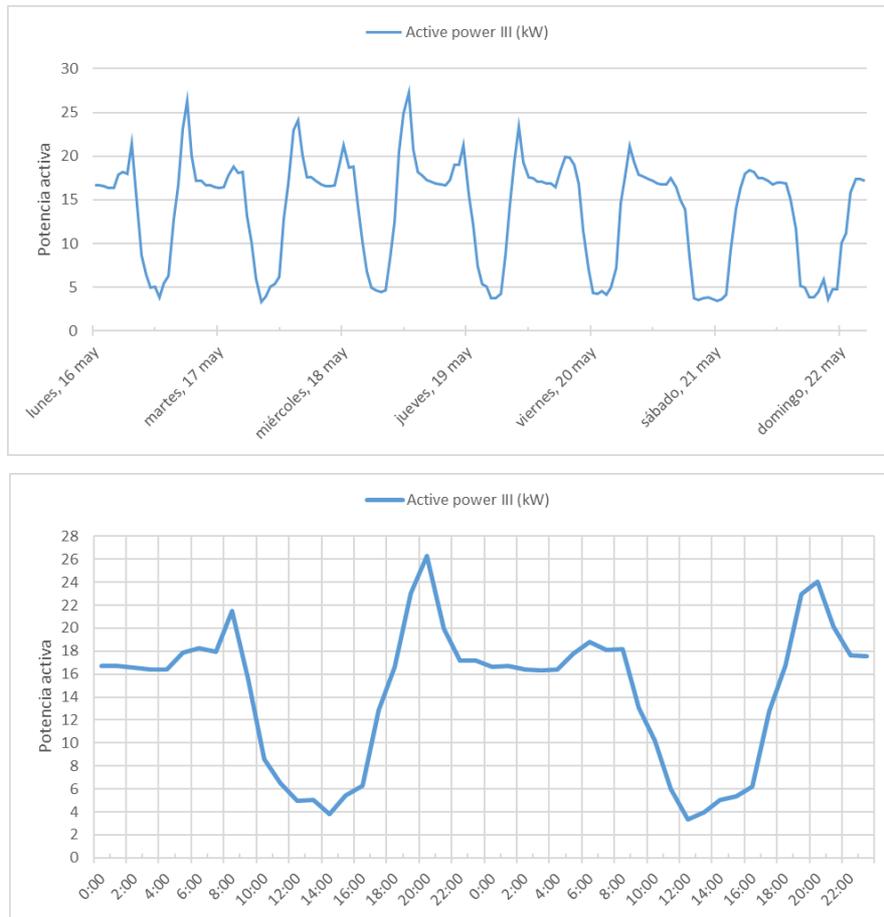


Figura 48. Potencia activa trifásica.

Como se ha comentado anteriormente, se puede observar un consumo parásito bastante elevado durante la noche, este ha llegado a alcanzar los 19kW, cosa bastante inusual. A lo largo de esta memoria se analizará y evaluará dónde se pueden ubicar los focos causantes de este consumo. Por otro lado, en la gráfica anterior se ve un gran descenso de la potencia trifásica consumida durante la tarde, dando la casualidad de que son las horas más concurridas del día, esto se debe a la acción del sol y de las placas solares fotovoltaicas. Cabe recalcar que la obtención de los datos del analizador se dio durante los meses de mayo, junio y julio, donde la irradiación es mayor.

### 6.3.3 Potencia reactiva

#### 6.3.3.1 Potencia reactiva inductiva

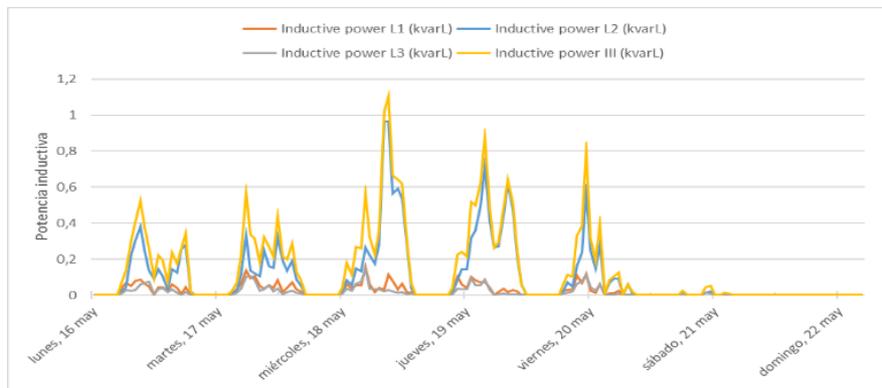


Figura 49. Potencia reactiva inductiva.

Esta potencia se mide en kvarL y se puede ver que en su mayoría proviene de la línea L2. Esta se reduce de forma drástica durante el fin de semana debido a la suspensión de equipos en el edificio. Así mismo, durante la noche y en ausencia de personal en el edificio, también se ve reducida. Recordamos que este tipo de potencia reactiva no recibe penalización por parte de la entidad que suministra energía al centro.

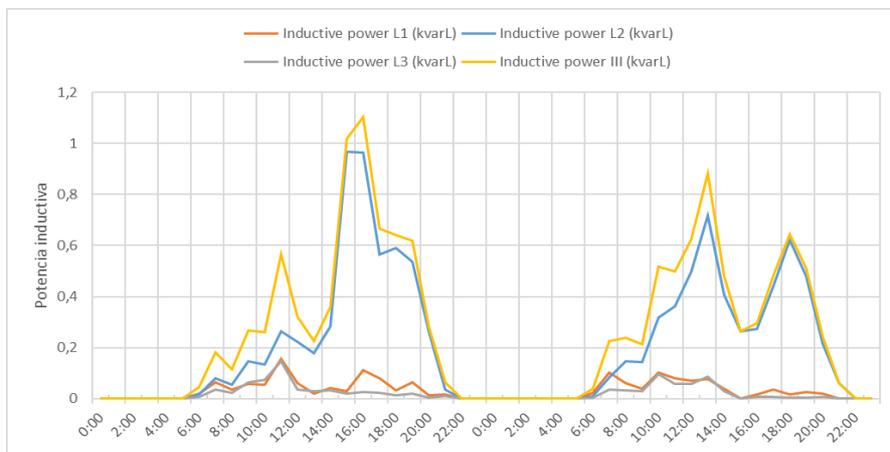


Figura 50. Potencia reactiva inductiva durante dos días.

#### 6.3.3.2 Potencia reactiva capacitiva

Esta potencia se mide en kvarC. Se ve repartida equilibradamente entre las tres fases alrededor de los 3kvarC. Los valores no son muy altos, pero esto no quiere decir que no haya que echarles un vistazo de vez en cuando. El aumento de este tipo de potencia podría desembocar en penalizaciones por parte de la compañía eléctrica. Como podemos ver, la potencia reactiva capacitiva actúa de una forma distinta a la inductiva.

Si nos fijamos en la escala de tiempo, esta potencia crece en las horas nocturnas y disminuye en el periodo de apertura del centro. En la las siguientes figuras veremos una superposición de 7 días de los dos tipos de potencia reactiva.

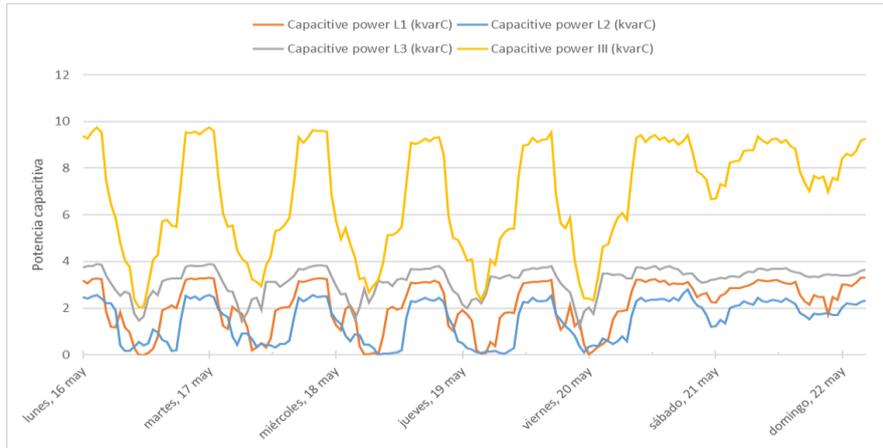


Figura 51. Potencia reactiva capacitiva.

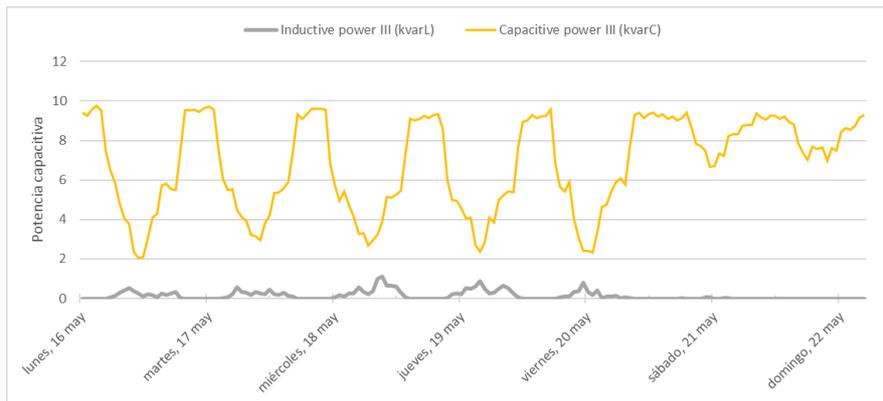


Figura 52. Potencia reactiva.

### 6.3.4 Potencia aparente

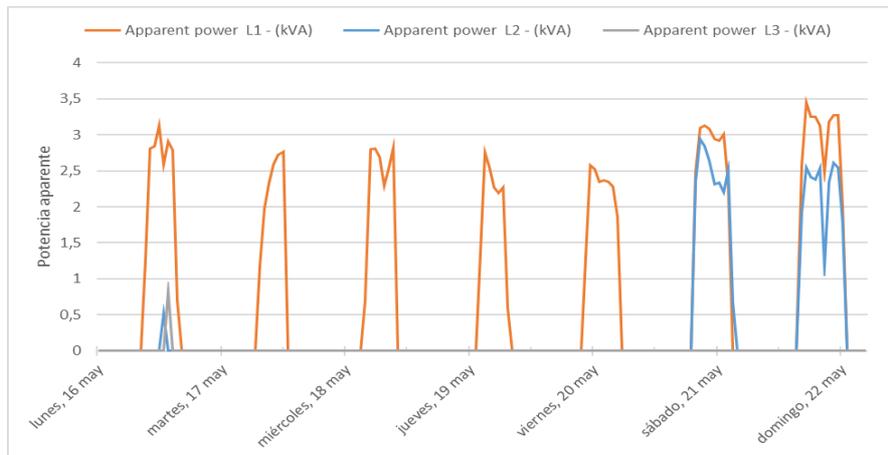


Figura 53. Potencia aparente por fases.

En la anterior figura vemos que los valores son relativamente bajos, de tal forma que en la línea L3 su valor es nulo en todo momento. En comparación a la potencia aparente trifásica, en la siguiente figura, se ve que su valor es más o menos diez veces mayor y es realmente la que nos interesa.

Cabe recordar que la potencia aparente no es la potencia útil de un sistema, salvo que el factor de potencia sea igual 1, en realidad se refiere más bien a la potencia total consumida; es decir, la suma de las potencias activa y reactiva.

Por ello nos interesa que el factor de potencia sea lo más cercano al valor 1. Cuanto menos sea el factor de potencia, más potencia reactiva se estará generando, la cual no produce ningún trabajo útil.

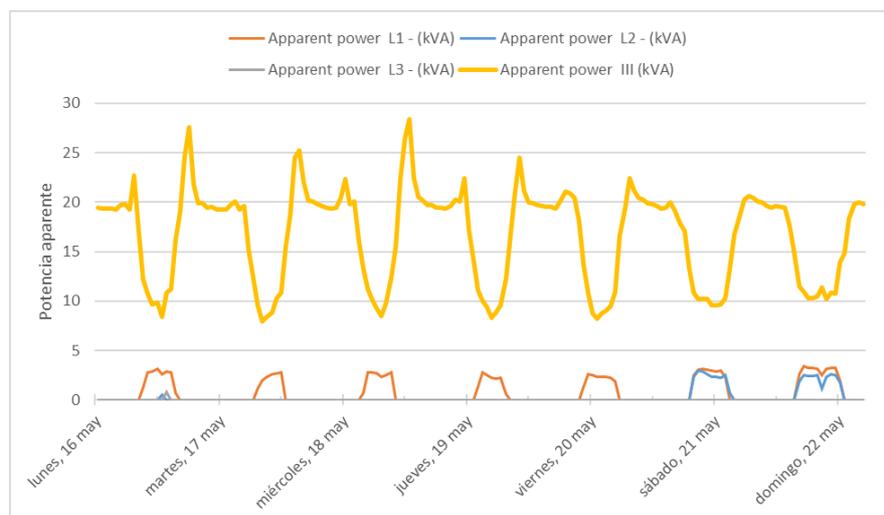


Figura 54. Potencia aparente trifásica.

En la siguiente figura se muestra una superposición de las tres potencias vistas, donde se ve reflejado a modo de gráfica el triángulo de potencias, teniendo a la cabeza a la potencia aparente a modo de suma de las demás.

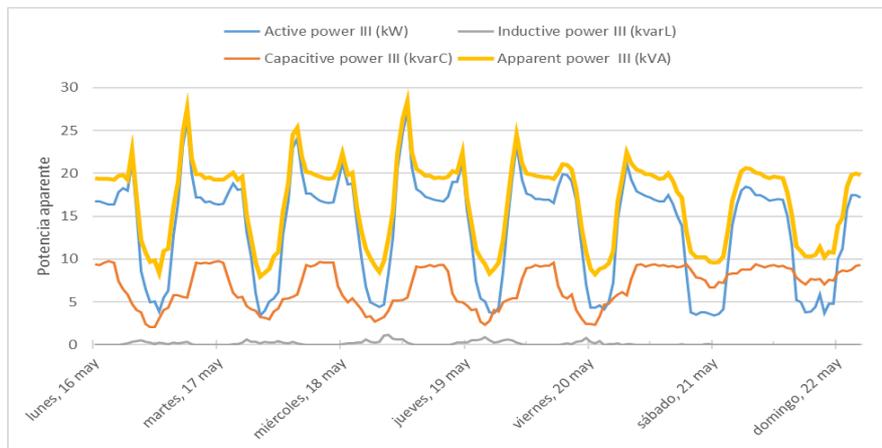


Figura 55. Superposición de potencias.

### 6.3.5 Distorsión armónica total

La distorsión armónica total (THD, Total Harmonic Distortion), es un parámetro que va directamente relacionado con los armónicos. En el anexo correspondiente se encuentra su explicación más detallada.

En la siguiente tabla se puede ver que los valores de distorsión armónica total, tanto de tensión como de corriente, no son muy elevados. Estos datos se han obtenido haciendo un promedio de los resultados de un periodo de 7 siete días. No se descartan picos en horas puntuales.

Promedio THD (%)

Línea	L1	L2	L3
Tensión	1,720	1,779	1,699
Corriente	25,394	28,289	22,384

Tabla 1. Valores promedio de THD.

Debido a los circuitos electrónicos que se alimentan de corriente que no es sinusoidal pura, como lo son los motores que utilizan variador de frecuencia o el uso habitual de convertidores electrónicos que se ve en cargas habituales como ordenadores, ascensores, alumbrado LED... hay que alimentar un gran número de cargas que rectifican la corriente, por lo que esta resulta alterada dejando de ser una

onda sinusoidal y pasando a formar una superposición de ondas sinusoidales con frecuencias múltiplos de la frecuencia de red.

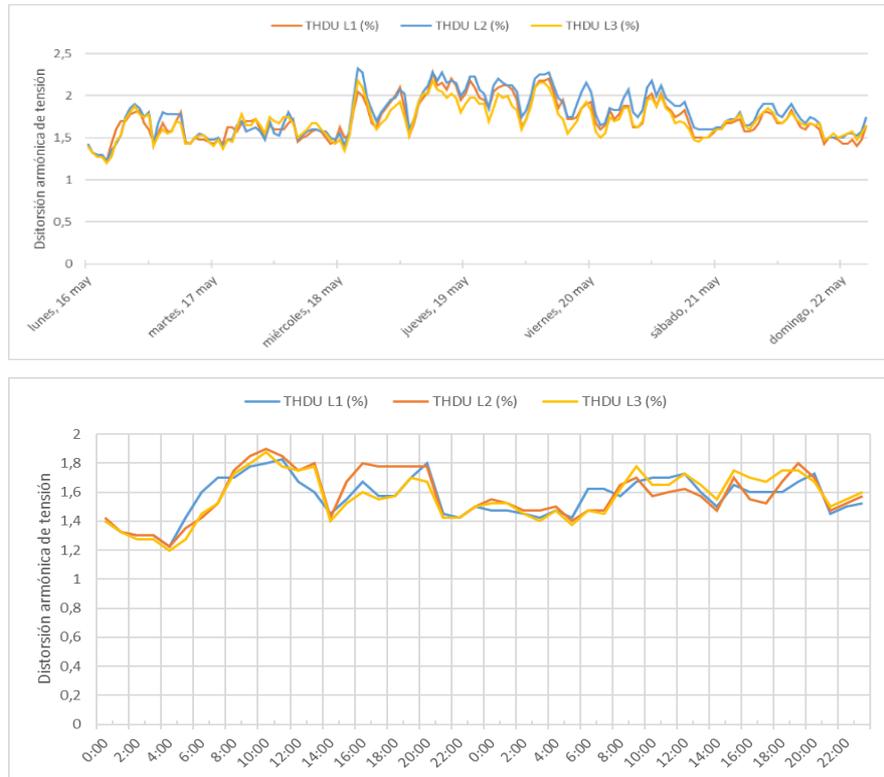
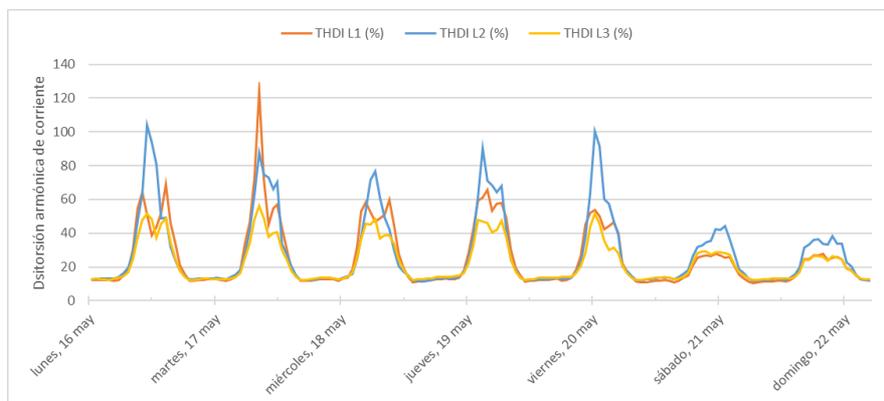


Figura 56. Distorsión armónica en tensión.

La consecuencia de los consumos no sinusoidales es que la tensión también sufre algo de distorsión debido a las caídas de tensión en las impedancias de línea, esta distorsión es mucho menor que la que ocurre en la corriente. Como se dijo previamente estas distorsiones normalmente son bajas y su límite de emisión está regulado por normas internacionales de compatibilidad electromagnética como la IEC-61000.



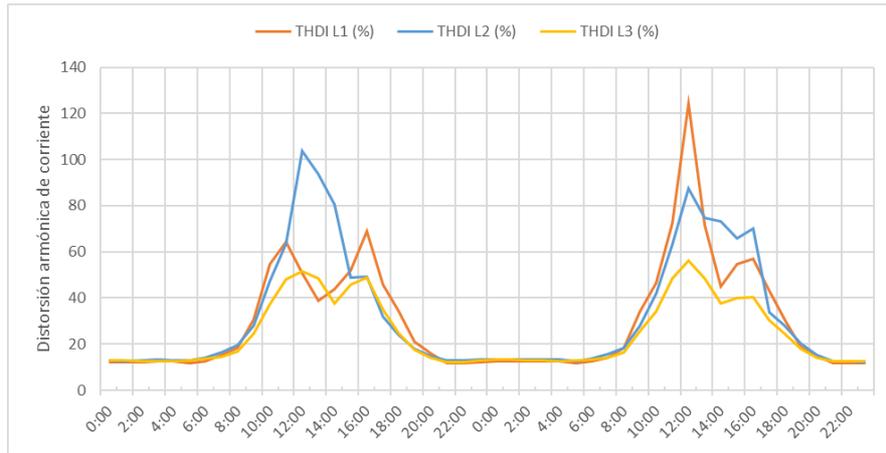


Figura 57. Distorsión armónica en corriente.

Al contrario que la distorsión armónica en tensión, en la anterior figura podemos ver que en la distorsión armónica en corriente los niveles son mucho más elevados. La línea L3 tiene una menor tasa durante el periodo de muestreo que las demás líneas. Del mismo modo, la línea L2 es la que presenta una mayor tasa de distorsión armónica durante la mayor parte del tiempo. Se aprecian picos que superan el 100% de distorsión armónica, algo que es preocupante. Como cabe esperar, los periodos en los que más se da este fenómeno son en los que el centro tiene abiertas sus puertas al público.

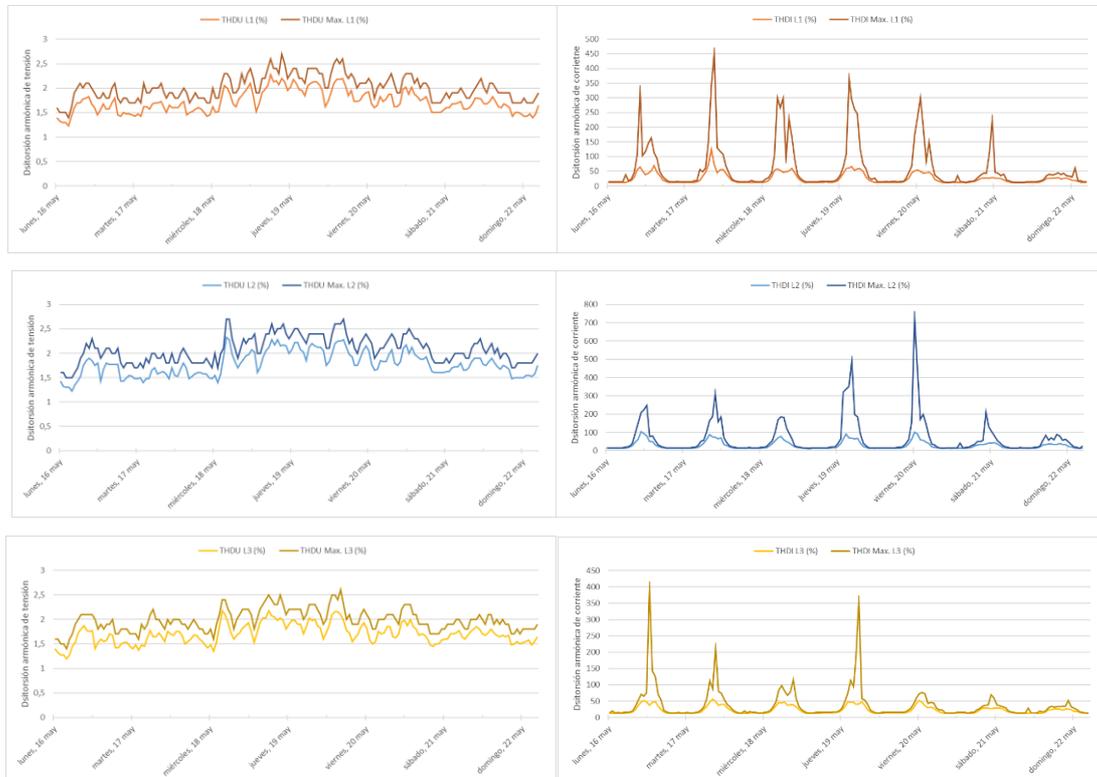


Figura 58. Distorsión armónica en tensión y corriente por fases.

### 6.3.6 Otros

En este apartado se verá el factor de potencia, la temperatura y la frecuencia de trabajo en la instalación. Recordamos que en el **Anexo VII** se encuentra este apartado con una análisis más profundo y detallado. En la siguiente figura se puede ver que la línea L3 se mantiene durante todo tiempo por debajo de cero, esto se debe a la potencia reactiva capacitiva. Por el contrario, las líneas L1 y L2 alguna vez se posicionan en valores positivos. Se ven cada uno de estos casos de forma detallada en el **Anexo VII**.

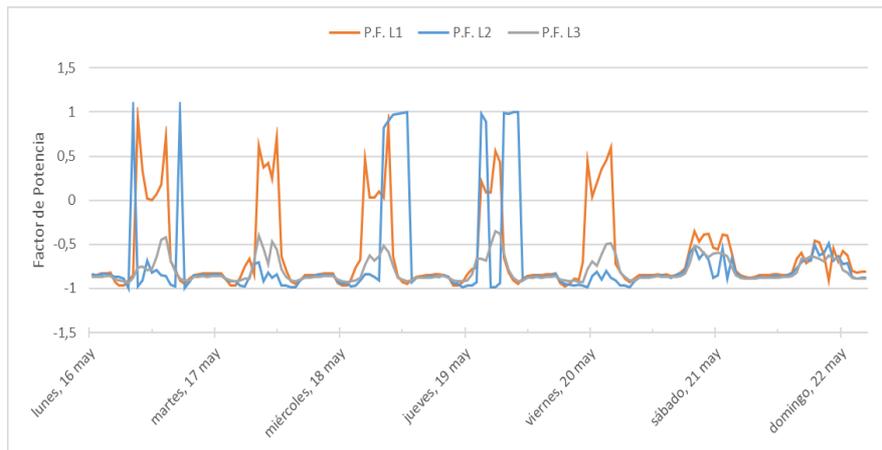


Figura 59. Factor de potencia en las tres fases.

## 6.4 Analizador de redes portátil

En este apartado se explica la puesta en marcha del analizador de red portátil descrito en el apartado 5.1.3, así como su instalación en la red para conseguir llevar a cabo las medidas oportunas. Como ya se ha presentado el dispositivo y su funcionamiento, el método de instalación en la red y a su puesta en marcha se explican en el **Anexo VIII**.

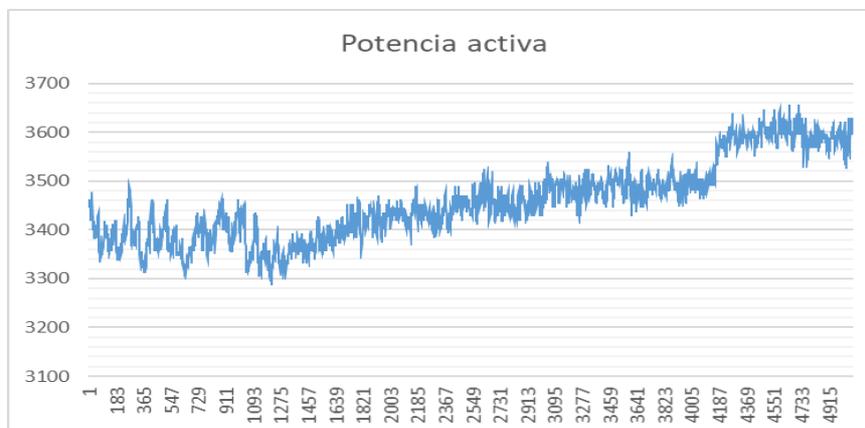


Figura 60. Potencia activa cuarto servidores.

En la anterior gráfica se refleja la potencia activa, con un valor mínimo 3,286kW y un máximo de 3,656k. Recordamos que este analizador de redes se h conectado en el clima del cuarto de contadores y que para el presente estudio se ha utilizado el método de una única fase dado a las limitaciones de componentes. El valor promedio de las 5.074 muestras de potencia tomadas por el analizador es de 3,455kW. Al tratarse únicamente de la potencia en una fase, se hará una aproximación para contrastar estos datos con el consumo parásito que se observa en el centro durante las noches. Por lo tanto, la potencia activa trifásica consumida por el clima de los servidores será aproximadamente de 10kW, los cuales se podrán asumir al consumo parásito de la Politécnica de cerca de los 19kW. Esto nos dejaría con una carga de 9kW aproximadamente con procedencia desconocida.

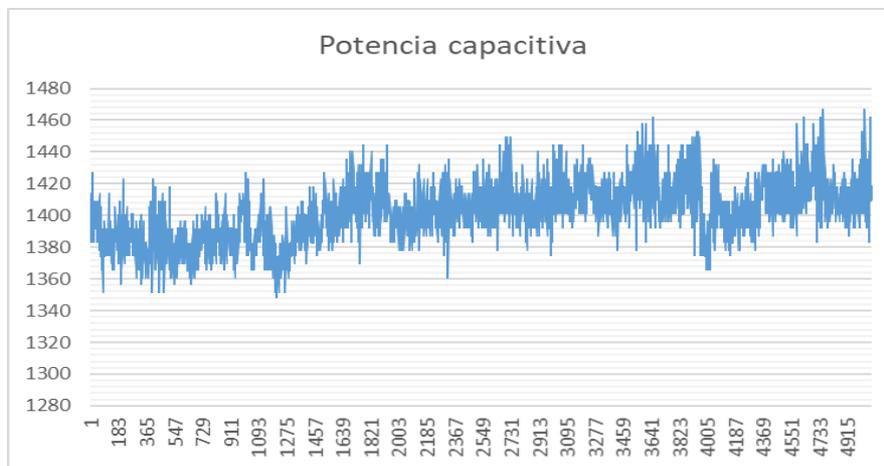


Figura 61. Potencia capacitiva cuarto servidores.

La potencia reactiva inductiva no se ha contemplado en esta memoria, pero sí en el estudio, debido a que su valor era nulo en todo momento. En cambio, la potencia reactiva capacitiva tiene valores mucho más altos. Si la comparamos con los valores obtenidos por el analizador de redes estanco, se puede concluir que, para una sola línea, el efecto capacitivo en el cuarto de servidores es una gran parte del consumo de potencia reactiva capacitiva del centro. Al igual que con la potencia activa, se hará una estimación de la potencia reactiva capacitiva, siendo su total de 4,2kvarC aproximadamente. Recordamos que el promedio de la potencia capacitiva trifásica en el centro es de 6,79kvarC, lo que supone que tres quintas partes del consumo capacitivo de la Politécnica proviene del clima del cuarto de servidores.

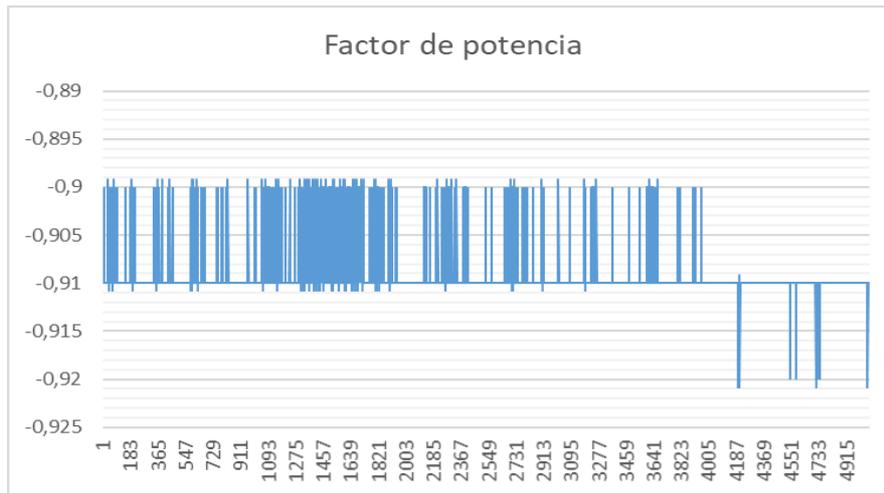


Figura 62. Factor de potencia cuarto servidores.

El factor de potencia se mantiene en todo momento por encima de 0,9. Recordemos que este factor de potencia es únicamente capacitivo.

## 6.5 Vatímetro – Pinzas amperimétricas

El vatímetro lo usaremos para aquellos elementos que son consumidores de energía constantemente, como las luces de emergencia, dispositivos en reposo, luminarias... mediante este instrumento de medida se analizará el consumo de los diferentes elementos, haciendo un recuento y llegando a una cifra final del consumo general de estos aparatos, consiguiendo focalizar un poco más los consumos parásitos de la Universidad.



Figura 63. Medición luces emergencia.

En el apartado 5.1.4 se ha explicado su funcionamiento. Ahora se procederá al análisis de los diferentes dispositivos. Tras la medición de las luces de emergencia para comprobar su consumo, se han reflejado una potencia de 3W con una intensidad de corriente de 0,0135A.

Las mediciones de los siguientes elementos se ha llevado a cabo igual que en el caso de las luces de emergencia. Tras hacer las mediciones en las luminarias de dos tubos fluorescentes, estas han alcanzado un valor de 52W, mientras que las de cuatro tubos fluorescentes han ascendido hasta los 84W. Estos son los dos tipos de luces que se encuentran actualmente en la Politécnica.

El centro también cuenta con un gran número de ordenadores que están durante todo el tiempo en reposo, y algunos encendidos. Se han medido varios ordenadores de diferentes marcas encontrados en los laboratorios de la Universidad. Cabe recordar que en los despachos del profesorado se encuentran ordenadores y portátiles ajenos al estudio por lo que hará una estimación. En la siguiente imagen vemos la corriente ya que los vatímetros miden potencias elevadas en un rango de 2000W, por lo que potencias tan pequeñas es difícil verlas.

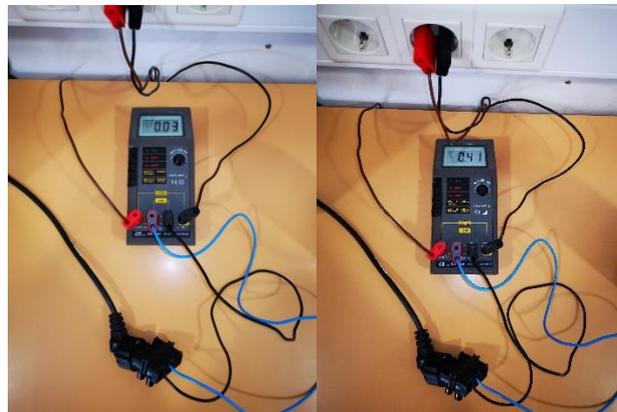


Figura 64. Ordenador en reposo y trabajando.

Se obtuvieron resultados para el reposo de 6,6W, 4,4W y 3,96W. y para términos de trabajo de 90,2W, 59,4W y 44W. Por lo tanto, nos quedaremos con un promedio de 5W en reposo y de 65W en trabajo.

Los osciloscopios y generadores de señal consumen una potencia similar y únicamente en estado de trabajo. Recordamos que en estos casos medimos intensidades debido al rango de medida del vatímetro.



Figura 65. Medición osciloscopio y generador de señales.

A continuación, mediremos las máquinas que se encuentran en el hall de la primera planta Para ello se han conectado a una regleta y desde esta se han tomado los datos con el vatímetro. Estas han arrojado unos datos de consumo de 261 en reposo y 366W en trabajo.



Figura 66. Medición máquinas expendedoras.

También se han medido pequeñas neveras, pero estas no arrojan gran cantidad de consumo.

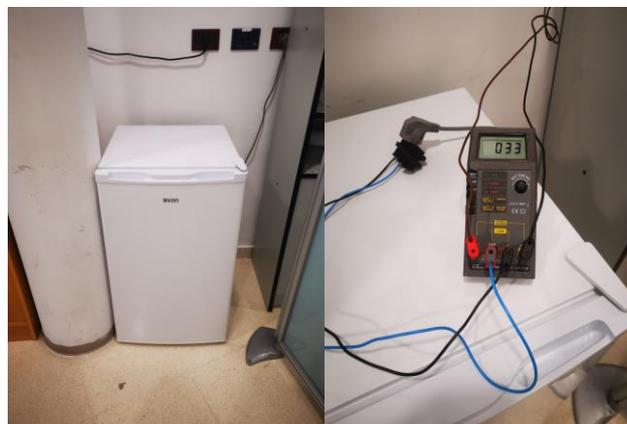


Figura 67. Medición neveras.

Se han contado el número de luminarias y luces de emergencia planta por planta para poder reflejar un resultado más preciso en la presente memoria. El consumo parásito encontrado mediante este método ha sido superior a los 5kW teniendo en cuenta los dispositivos en reposo, sabiendo que puede haber algunos que se queden encendidos durante la noche. Los resultados obtenidos de este estudio, así como cálculos, se encuentran en el **Anexo VI (anexo digital)**.

## 7 Conclusiones

Las conclusiones obtenidas tras la finalización del estudio y realización de la memoria son las siguientes:

En referencia al trabajo realizado con la cámara termográfica, no se han encontrado abundantes focos de ineficiencia energética en las zonas exteriores de la Politécnica, únicamente un mal aislamiento en la pared cara norte del Aula 2.4. También se ha comentado que en ventanas de algunos despachos el aislamiento no es del todo correcto, pues en temporada de frío, es muy difícil conservar el calor, esto no se ha podido demostrar mediante la cámara termográfica debido a las altas temperaturas sufridas estos meses. Así mismo, los cuadros eléctricos y elementos de protección de la instalación eléctrica reflejan niveles de temperatura dentro de lo normal.

Pasando a los analizadores de redes. Vemos factores de potencia comunes y nada alarmantes. Los consumos son durante toda la temporada de estudio estables, no hay caídas de tensión, sobretensiones o cortocircuitos. Se vio que durante la jornada diurna en los días más calurosos y con bastantes horas de sol, la instalación solar fotovoltaica cumple con su objetivo, pues los consumos de la Politécnica disminuyen en ocasiones a escasos 4kW en horas punta, lo similar a lo consumido por una casa mediana-grande. El problema lo encontramos durante el periodo nocturno, aquí es donde el consumo se dispara hasta los casi 19kW.

Tras la realización de la memoria y aplicación de los distintos métodos se ha determinado que aproximadamente 10kW provienen del sistema de clima de los servidores. Los cuales están en funcionamiento durante todo el día y la noche. También encontramos consumo parásito en luces de emergencia, ordenadores en reposo, neveras, impresoras... con esto se ha determinado un consumo de al menos 5,3kW. Lo que en total suma alrededor de 15kW. El consumo parásito restante, 4kW, podría

derivarse de diversas fuentes como los equipos suministradores de servicios instalados en el sótano.

Cabe destacar que para la realización de la presente memoria se ha contado una limitación al no poder conseguir la producción de energía de la instalación solar fotovoltaica. Por esta razón no se ha podido hacer hincapié en este tema, lo cual hubiera sido interesante al contrastar los diferentes consumos que se han visto.

## 7.1 Mejoras

Para la mejora de esos 10kW que consume el clima del cuarto de servidores se recomienda el uso de sistemas más innovadores y eficientes. En vez de la utilización de compresores se podría optar por una alternativa de ventilación como el free-cooling. Este sistema nos permitirá enfriar y refrigerar un espacio utilizando el aire del exterior. Este sistema filtra el aire del exterior y lo utiliza para aclimatar el espacio interior, consiguiendo bajar la temperatura y una recirculación del aire del entorno, mejorando a su vez la calidad del aire. Permite la reducción de gasto en equipos y en se verá reflejado en el consumo. Esta se convierte en una alternativa eficiente y eficaz aportando ese toque de eficiencia energética a la Politécnica incrementando su ahorro energético. Mediante la Guía técnica de ahorro y recuperación de energía en instalaciones de climatización de la IDAE [8] podremos entrar más a fondo en este tema.

Otra medida a tomar en cuenta es el reemplazo de los tubos fluorescentes instalados por todo el centro por luces LED. Teniendo en cuenta que una luminaria de 4 tubos consume una potencia de 84W, más o menos 21W cada tubo, podrían ser sustituidos por luces LED siendo su equivalente en consumo de unos 9W. Es decir, con la instalación dispuesta ahora mismo en el centro solo en luminarias de tubos fluorescentes, con el supuesto de que todas estas estén encendidas a la vez, tenemos un consumo superior a los 40kW, mediante el reemplazo de estas por luces LED, bajaríamos el consumo a unos 17kW. Una mejora sustancial con más de la mitad de ahorro.

## 7.2 Líneas de trabajo futuras

En este apartado se analizan algunos aspectos en la mejora de futuros proyectos relacionados a este.

La realización de un estudio económico en la implantación de las mejoras dispuestas en esta memoria, viendo su viabilidad económica y la reducción de gastos que esto conllevaría. Así como la mejora del índice de sostenibilidad con el que cuenta nuestro centro.

Mejora e implantación de componentes referentes a la instalación fotovoltaica presente para conseguir una reducción de consumos también durante la noche.

## 8 Referencias

- [1] Universidad de Zaragoza, “Escuela Universitaria Politécnica de Teruel,” 2022. <http://eupt.unizar.es/>
- [2] Universidad de Zaragoza, “Oficina verde,” 2022. <https://oficinaverde.unizar.es/>
- [3] P. Adiego Monforte, *Eficiencia energética en edificios UNIZAR a través de datos suministrados por la oficina verde 2015-2018*. 2020, p. 105.
- [4] Universidad de Zaragoza, “SIGEUZ,” 2022, 2022. <http://sigeuz.unizar.es/>
- [5] Universidad de Zaragoza, “ODS,” 2022. <https://comprometidosods.unizar.es/>
- [6] ECODES, “UZ Agenda 2030,” 2018, 2022. [https://comprometidosods.unizar.es/sites/comprometidosods.unizar.es/files/archivos/Informes/la\\_universidad\\_de\\_zaragoza\\_ante\\_la\\_agenda\\_2030.pdf](https://comprometidosods.unizar.es/sites/comprometidosods.unizar.es/files/archivos/Informes/la_universidad_de_zaragoza_ante_la_agenda_2030.pdf)
- [7] Unidad Técnica de Construcciones y Energía, “Catálogo de edificios de la Universidad de Zaragoza,” 2022. <https://utce.unizar.es/sites/utce.unizar.es/files/users/planutce/ObrasEquipamientos/catalogo.pdf>
- [8] Gobierno de España, “IDAE,” 2022. <https://www.idae.es/home>