



REVISIÓN ENERGÉTICA

**CENTRO CULTURAL
VILLA DE BARAJAS
AMPLIACIÓN**

INFORME DE RESULTADOS

Mayo 2022



Cliente: S.G. Energía y Cambio Climático - Ayuntamiento de Madrid

Fecha de visita: Marzo 2022

Elaborado por:

Revisado por:

María García Salgado

Alejandro Morell Fernández

Consultor de Eficiencia Energética

Jefe de Proyecto

ÍNDICE

1	RESUMEN EJECUTIVO	9
2	DATOS BÁSICOS DEL EDIFICIO	12
2.1	INDICADORES DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO	13
3	MOTIVACIÓN Y OBJETO	15
4	METODOLOGÍA	16
4.1	DESARROLLO DEL TRABAJO	16
4.2	CRITERIOS AMBIENTALES: NIVEL DE EMISIONES DE CO ₂ POR CONSUMO DE ENERGÍA	17
4.3	CRITERIOS ECONÓMICOS: CICLO DE VIDA DE LAS MEDIDAS CON INVERSIÓN	18
5	CONSUMOS ENERGÉTICOS	19
5.1	SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD	19
5.2	SUMINISTRO DE GAS NATURAL	23
6	DESCRIPCIÓN DE INSTALACIONES	25
6.1	CALEFACCIÓN	25
6.2	REFRIGERACIÓN	26
6.3	VENTILACIÓN	27
6.4	GENERACIÓN DE ACS	28
6.5	ILUMINACIÓN	29
6.6	EQUIPOS	32
6.7	RENOVABLES	33
6.7.1	SOLAR TÉRMICA	33
6.8	ENVOLVENTE	34
7	BALANCE ENERGÉTICO	39
7.1	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL BALANCE ENERGÉTICO	39
7.2	BALANCE ENERGÉTICO POR USOS	41
7.3	BALANCE ELÉCTRICO POR USOS	42
7.4	BALANCE DE GAS NATURAL POR USOS	43
8	LÍNEA DE BASE	44
8.1	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LA LÍNEA BASE	44
8.2	LB ELECTRICIDAD	46
8.3	LB GAS NATURAL	47
9	MEDIDAS DE AHORRO ESTUDIADAS	49
9.1	DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO RECOMENDADAS	51

9.1.1	PRODUCCIÓN DE ACS	51
9.1.1.1	Instalación de perlizadores y reductores volumétricos en grifos y duchas	51
9.1.2	ILUMINACIÓN	53
9.1.2.1	Sustitución de lámparas convencionales por LED	53
9.1.2.2	Instalación de detectores de presencia y sensores de luz natural	59
9.1.3	EQUIPOS	61
9.1.3.1	Instalación de sobre-enchufes (Plugwise)	61
9.2	DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO CON PRS > 10 AÑOS	63
9.2.1	CLIMATIZACIÓN	63
9.2.1.1	Sustitución de calefactores por bombas de calor	63
9.2.1.2	Aislamiento del cuerpo de la caldera	64
9.2.2	EQUIPOS	66
9.2.2.1	Instalación de regletas eliminadoras de stand-by	66
10	BUENAS PRÁCTICAS Y PROTOCOLOS DE ACTUACIÓN	68
10.1	REGULACIÓN DEL AIRE DE COMBUSTIÓN DE LAS CALDERAS	68
10.2	REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA DE LAS ESTANCIAS	70
11	CONCLUSIONES	72
11.1	MEDIDAS DE AHORRO ESTUDIADAS	72
11.2	MEDIDAS DE AHORRO RECOMENDADAS	76
11.3	REDUCCIÓN DE EMISIONES	79
11.4	PLAN DE ACTUACIÓN	80
12	ANEXOS	83
12.1	CALEFACCIÓN	83
12.2	REFRIGERACIÓN	86
12.3	VENTILACIÓN	88
12.4	GENERACIÓN DE ACS	89
12.5	EQUIPOS	90
12.6	ILUMINACIÓN	92
12.7	ANÁLISIS ESTADÍSTICO LÍNEA BASE	98
12.7.1	Función simplificada o de una única variable	105
12.7.2	Función multivariable	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Usos energéticos por fuente de energía	9
Tabla 2. Tabla resumen de medidas de ahorro recomendadas en el edificio Centro Cultural Villa de Barajas Ampliación	11
Tabla 3. Datos básicos de la instalación	13
Tabla 4. Indicadores calculados para el edificio.....	14
Tabla 5. Emisiones unitarias por kWh	17
Tabla 6. Consumos energéticos	19
Tabla 7. Características del suministro eléctrico	19
Tabla 8. Datos mensuales de consumo Electricidad	21
Tabla 9. Datos mensuales de consumo de Gas Natural.....	23
Tabla 10. Características equipos calefacción	25
Tabla 11. Características equipos refrigeración	26
Tabla 12. Características equipos ventilación	27
Tabla 13. Características equipos generación ACS	28
Tabla 14. Distribución del consumo y del número de lámparas	29
Tabla 15. Mediciones luxométricas	30
Tabla 16. Distribución de consumos.....	32
Tabla 17. Clasificación climática según DB-HE-1	36
Tabla 18. Valores límite de transmitancia térmica, Ulim [W/m ² K].....	36
Tabla 19. Herramientas para el cálculo del balance energético	40
Tabla 20. Distribución global del consumo energético.....	41
Tabla 21. Distribución global del consumo eléctrico	42
Tabla 22. Distribución global del consumo de gas natural.....	43
Tabla 23. Valores de aceptación del modelo matemático.....	45
Tabla 24. Parámetros utilizados en la línea de base de la electricidad.....	46
Tabla 25. Línea de base de la electricidad.....	46
Tabla 26. Parámetros utilizados en la línea de base de gas natural	47
Tabla 27. Línea de base de gas natural	47
Tabla 28. Listado de medidas estudiadas	49
Tabla 29. Instalación de perlizadores en grifos	52
Tabla 30. Sustitución de fluorescentes por LED	54
Tabla 31. Sustitución de luminarias de tipo aplique por LED	55
Tabla 32. Sustitución de downlights por LED.....	56
Tabla 33. Sustitución de luminarias de tipo empotradas por LED	57
Tabla 34. Sustitución de proyectores por LED	58
Tabla 35. Instalación de detectores de presencia	60
Tabla 36. Instalación del sistema de control de apagado de equipos Plugwise	62
Tabla 37. Sustitución de calefactores por bombas de calor	63
Tabla 38. Aislamiento del cuerpo de la caldera	65
Tabla 39. Instalación de regletas eliminadoras del stand-by	67
Tabla 40. Pérdidas en los humos de la combustión del gas natural. Fuente: Prontuario energético del Ente Regional de la Energía (EREN)	69
Tabla 41. Tabla resumen de medidas de ahorro estudiadas.....	73
Tabla 42. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro estudiadas en el edificio	75

Tabla 43. Tabla resumen de medidas de ahorro recomendadas en el edificio Centro Cultural Villa de Barajas Ampliación	76
Tabla 44. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro en el edificio Centro Cultural Villa de Barajas Ampliación	78
Tabla 45. Consumo y coste energético antes y después de la implantación de las medidas en el edificio	79
Tabla 46. Emisiones contaminantes actualmente y tras la implantación de las medidas....	79
Tabla 47. Medidas con PRS bajo	80
Tabla 48. Medidas con PRS medio	82
Tabla 49. Inventario equipos centralizados calefacción.....	83
Tabla 50. Inventario equipos bombeo calefacción	83
Tabla 51. Inventario equipos individualizados calefacción	84
Tabla 52. Inventario equipos centralizados refrigeración.....	86
Tabla 53. Inventario equipos bombeo refrigeración.....	86
Tabla 54. Inventario equipos individualizados refrigeración	86
Tabla 55. Inventario equipos ventilación	88
Tabla 56. Inventario equipos generación ACS.....	89
Tabla 57. Inventario equipos bombeo ACS	89
Tabla 58. Inventario equipos.....	90
Tabla 59. Inventario y propuestas iluminación	92
Tabla 60. Consumo eléctrico y variables significativas para la línea base.....	98
Tabla 61. Consumo de gas natural y variables significativas para la línea base	102

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Balance energético total por fuente de energía	9
Gráfica 2. Balance energético por usos	10
Gráfica 3. Evolución mensual del consumo de Electricidad	22
Gráfica 4. Evolución mensual del consumo de Gas Natural.....	24
Gráfica 5. Distribución iluminación existente	29
Gráfica 6. Distribución del consumo de los equipos	32
Gráfica 7. Balance energético por usos	41
Gráfica 8. Balance eléctrico por usos	42
Gráfica 9. Balance de gas natural por usos	43
Gráfica 10. Comparación entre el consumo real vs. consumo en base al modelo matemático - Electricidad.....	47
Gráfica 11. Comparación entre el consumo real vs. Consumo en base al modelo matemático – Gas natural.....	48
Gráfica 12. Eficiencia de la cantidad de aire sobre el proceso de combustión	68
Gráfica 13. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro estudiadas en el edificio ...	74
Gráfica 14. Ahorro de emisiones de CO ₂	80

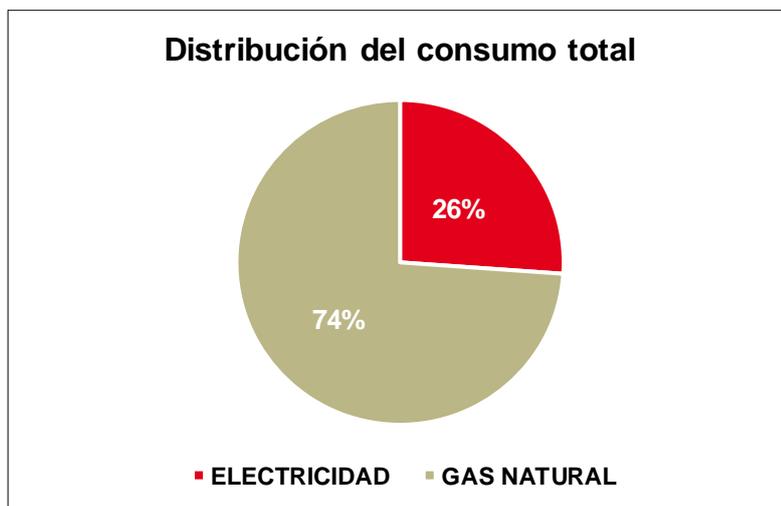
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Fachada del edificio	12
Ilustración 2. Termografías cuadro eléctrico	20
Ilustración 3. Grupo electrógeno	20
Ilustración 4. Contador gas natural	23
Ilustración 5. Caldera Ferroli y bombas de calor independientes	25
Ilustración 6. Bomba de calor	26
Ilustración 7. Climatizadoras	27
Ilustración 8. Termo eléctrico	28
Ilustración 9. Paneles solares térmicos	28
Ilustración 10. Luminarias tipo	30
Ilustración 11. Equipos	33
Ilustración 12. Paneles solares térmicos	33
Ilustración 13. Detalles de la fachada	34
Ilustración 14. Detalle cubierta	35
Ilustración 15. Carpinterías de las instalaciones	35
Ilustración 16. Imágenes termográficas del centro	37
Ilustración 17. Función simplificada o de una única variable	44
Ilustración 18. Función multivariable	45
Ilustración 19. Perlizadores y reductores de caudal de distintos modelos	51
Ilustración 20. Detector de presencia	59
Ilustración 21. Componentes del sistema de eliminación del modo stand-by de equipos ofimáticos	61
Ilustración 22. Aislamiento tipo manta armada de lana de roca	64
Ilustración 23. Regleta con un maestro, cuatro esclavos y dos tomas convencionales	66

1 RESUMEN EJECUTIVO

Como parte de las actuaciones para la implantación de un Sistema de Gestión de la Energía (SGE) según la norma ISO 50001:2018, se ha llevado a cabo una revisión energética en detalle del edificio del “Centro Cultural Villa de Barajas Ampliación” ubicado en Calle Botica 7.

Tras la visita y el estudio de los datos recopilados se ha determinado que el consumo energético total asciende a **218.898 kWh** y se distribuye de la siguiente forma:

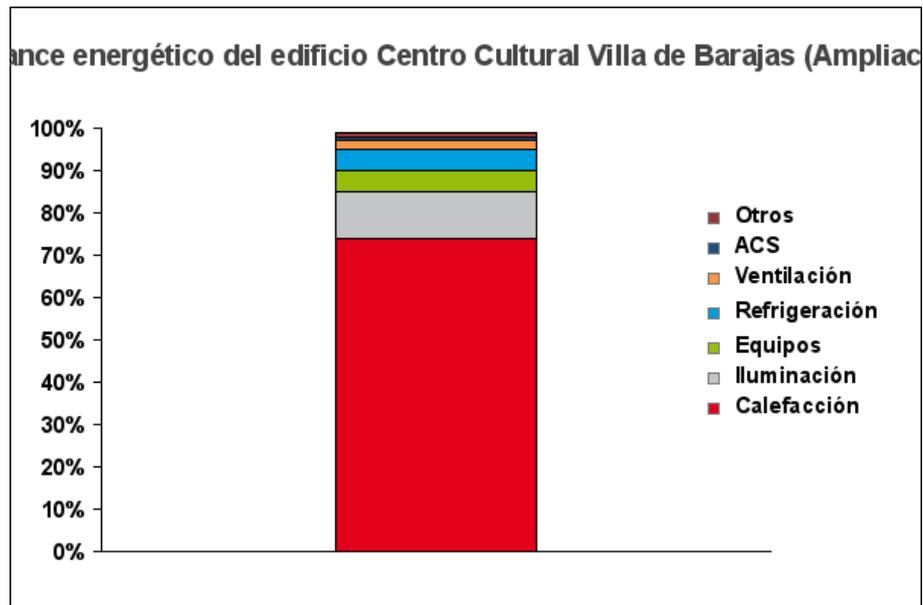


Gráfica 1. Balance energético total por fuente de energía

La relación entre los usos energéticos asociados a cada una de las fuentes de energía se muestra a continuación:

Tabla 1. Usos energéticos por fuente de energía

Electricidad	Iluminación, equipos, calefacción, refrigeración, ventilación y ACS
Gas natural	Calefacción y ACS



Gráfica 2. Balance energético por usos

Se han detectado procesos eficientes desde el punto de vista energético, sin embargo, también se han encontrado posibilidades de mejora.

La implantación de las medidas recomendadas generaría un ahorro energético de **9.204 kWh** lo cual supone un ahorro económico de **6.295 €** con una inversión total de **9.580 €**.

A continuación, se muestra una tabla con las medidas de ahorro que se proponen para su implementación.

De la totalidad de medidas estudiadas se recomienda la implementación de aquellas con un periodo de retorno inferior a 10 años.

Tabla 2. Tabla resumen de medidas de ahorro recomendadas en el edificio Centro Cultural Villa de Barajas Ampliación

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro			Inversión	PRS ¹	Emisiones	VAN ²	Vida útil
		kWh / año	% Total	€ / año	€	años	kg CO ₂ / año	€	años
M1	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de apliques por otros de LED	1.723	0,79	1.225	244	0,2	-	12.224	10
M2	Instalación de perlizadores en grifos	620	0,28	97	99	1,0	103	892	10
M3	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de luminarias empotradas por LED	1.866	0,85	1.400	808	0,6	-	13.446	10
M4	Instalación de sobre-enchufes Plugwise	1.207	0,55	845	554	0,7	-	8.047	10
M5	Instalación de detectores de presencia	397	0,18	281	280	1,0	-	2.579	10
M6	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de proyectores por LED	1.298	0,59	937	1.080	1,2	-	8.456	10
M7	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de downlights por LED	626	0,29	453	739	1,6	-	3.876	10
M8	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	1.602	0,73	1.149	5.777	5,0	-	5.942	10
TOTAL		9.204³	4,2	6.295	9.580	1,5	103	-	-

¹ Período de Retorno Simple (PRS) = inversión (€) / ahorro económico anual (€). Cuánto más bajo es el valor, más interesante es ejecutar la medida de ahorro energético.

² Valor Actual Neto (VAN). Indicador para analizar la rentabilidad de la medida de ahorro energético. Una medida es rentable si VAN > 0.

³ El ahorro total no es igual a la suma del ahorro de cada medida, debido a que existen efectos cruzados entre ellas

2 DATOS BÁSICOS DEL EDIFICIO

El Centro Cultural Villa de Barajas Ampliación, perteneciente al Distrito de Barajas, se sitúa en un edificio que data de 2011, según referencias catastrales.

El Centro Cultural está ubicado en un edificio de 5 plantas. La instalación cuenta con un gimnasio y un cuarto de instalaciones en el sótano, una sala de exposiciones en la planta baja, un aula de pintura y una sala polivalente en la primera planta, un aula de manualidades y otra de grabado en la segunda planta, y un aula de informática y una sala multiusos en la tercera planta. Además, cuenta con aseos y vestuarios.

El Centro se encuentra abierto al público de lunes a viernes de 8:30 a 21:30 y los sábados de 10:00 a 14:00, y el horario del personal es de 8:00 a 21:30 de lunes a viernes y de 9:45 a 14:00 los sábados.

Permanece cerrado los domingos y durante todo el mes de agosto. Además, durante los meses de julio y septiembre y fines de semana, no se realizan actividades en los talleres.



Ilustración 1. Fachada del edificio

Las principales características del edificio objeto de estudio son las siguientes:

Tabla 3. Datos básicos de la instalación

Dirección del edificio	Calle Botica 7
Distrito	Barajas
Zona climática	D3
Nº de plantas	5
Superficie construida (m²)	1.448
Número de usuarios	7.633
Horas de funcionamiento al año (h)	3.204
Tipología edificatoria	Centro Cultural
Consumo energético anual (kWh)	218.898

2.1 INDICADORES DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO

Se han definido los siguientes Indicadores de Desempeño Energético (IDE) en base a los consumos energéticos y a las principales variables que afectan a los mismos:

- IDE por superficie [kWh / m²]
- IDE por horas de funcionamiento⁴ [kWh / h]
- IDE por superficie y horas de funcionamiento [Wh / m²h]
- IDE por número de usuarios [kWh / usuario]

⁴ Los indicadores que hacen referencia a las horas de funcionamiento se calculan para la revisión energética inicial pero no serán utilizados como indicadores del desempeño energético en la ISO 50001.

En la siguiente tabla se recogen los indicadores calculados para el año 2021:

Tabla 4. Indicadores calculados para el edificio

Indicador	Unidades	Fuente	Valor
Consumo de energía de la instalación por superficie del edificio	[kWh / m ²]	Electricidad	39,49
		Gas Natural	111,69
Consumo de energía de la instalación por horas de funcionamiento	[kWh/h]	Electricidad	17,85
		Gas Natural	50,47
Consumo de energía de la instalación por superficie y horas de funcionamiento	[Wh/ m ² h]	Electricidad	12,32
		Gas Natural	34,86
Consumo de energía de la instalación por número de usuarios	[kWh / usuario]	Electricidad	7,49
		Gas Natural	21,19

3 MOTIVACIÓN Y OBJETO

La Dirección General de Sostenibilidad y Control Ambiental, conscientes de la importancia de la eficiencia energética y de la actitud ejemplar que debe asumir en tal sentido el Ayuntamiento de Madrid, ha suscrito el compromiso dirigido a la implantación de un Sistema de Gestión de la Energía (SGE) en los Centros Culturales del Ayuntamiento de Madrid, por considerarlos instalaciones propicias y adecuadas para el fomento de pautas de conducta encaminadas al ahorro energético.

Esta revisión energética es el punto de partida para la implantación del SGE, ya que estudia de forma exhaustiva el grado de eficiencia energética de una instalación y analiza los equipos consumidores de energía, la envolvente térmica y los hábitos de consumo. De los resultados obtenidos, se recomiendan las acciones idóneas para optimizar el consumo en función de su potencial de ahorro, la facilidad de implementación y el coste de ejecución. Es decir; la revisión energética facilita la toma de decisiones de inversión en ahorro y eficiencia energética.

Los principales objetivos que se pretenden alcanzar con esta Revisión energética son los siguientes:

- Compilación de datos de diversa índole sobre el comportamiento energético de las instalaciones objeto de estudio.
- Evaluación del estado general de las instalaciones.
- Evaluación del aprovechamiento energético general de las instalaciones.
- Cuantificación, análisis y clasificación de los consumos energéticos.
- Identificación y cuantificación de las oportunidades de ahorro energético.
- Redacción de medidas para la reducción de los consumos energéticos.
- Cuantificación de los ahorros energéticos y económicos y propuesta de una metodología para la implementación de estas medidas.
- Definición y cálculo de la línea de base de la energía.

4 METODOLOGÍA

La metodología utilizada para el desarrollo de esta revisión energética cumple con los requisitos que establece el 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.

Así mismo este documento también cumple con los requisitos de la UNE-EN 16247 “Auditorías Energéticas”.

4.1 DESARROLLO DEL TRABAJO

Fase I: Recopilación inicial de información.

- Datos de facturación de energía eléctrica y de combustibles.
- Inventario general de instalaciones.
- Superficie, distribución y número de usuarios en las instalaciones.

Fase II: Realización de medidas y toma de datos.

- Toma de datos de las instalaciones consumidoras de energía.
- Toma de datos necesarios para la elaboración del informe de revisión energética, con el alcance especificado.
- Realización de mediciones sobre los equipos, (termográfica, luxómetro, etc.).

Fase III: Análisis y evaluación del estado actual de la instalación.

- Análisis de los registros de energía realizados.
- Análisis técnico de la situación energética actual de las instalaciones.
- Elaboración de un balance energético global.
- Definición de líneas de base de la energía.
- Propuestas de mejora y potencialidad de cada mejora.

Fase IV: Elaboración de informe.

- Entrega del informe preliminar.
- Recepción de los comentarios.
- Entrega del informe definitivo.

4.2 CRITERIOS AMBIENTALES: NIVEL DE EMISIONES DE CO₂ POR CONSUMO DE ENERGÍA

El consumo energético puede tener impactos ambientales asociados con las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), por lo que cualquier reducción del consumo supondría una reducción de las emisiones contaminantes.

El empleo de fuentes de energía no renovables como gas natural, gasóleo, propano o butano, produce la emisión de gases contaminantes como el dióxido de carbono (CO₂), el monóxido de carbono (CO), el metano (CH₄), entre otros. Así mismo, aunque la energía eléctrica no produzca emisiones en las instalaciones donde se consume, si se emiten gases contaminantes en las centrales de generación si estas no emplean fuentes renovables.

En España, gran parte de la electricidad se genera en centrales que emiten gases contaminantes (centrales térmicas de carbón, ciclos combinados, centrales de fuel / gas, etc.), si bien el porcentaje de fuentes de energía renovables es cada vez mayor (eólica, solar, etc.)

El Ayuntamiento de Madrid, consciente de la importancia de minimizar la huella de carbono de sus instalaciones municipales, ha contratado el suministro de electricidad a una comercializadora con garantía de origen renovable (GdO), por lo que el factor de emisión del mix eléctrico a considerar desde julio de 2018 es 0 kg CO₂/kWh.

En la tabla siguiente se muestran las emisiones unitarias por kWh que se han utilizado en el presente informe.

Tabla 5. Emisiones unitarias por kWh

Fuente de energía	Unidades	⁵ Emisión de CO ₂
Electricidad	kg CO ₂ / kWh	0,00
Gas Natural	kg CO ₂ / kWh	0,20

⁵ Información obtenida del MITECO – mayo 2022

4.3 CRITERIOS ECONÓMICOS: CICLO DE VIDA DE LAS MEDIDAS CON INVERSIÓN

En cada una de las medidas de inversión, además de proporcionar parámetros económicos tales como el ahorro económico, energético, y las emisiones de CO₂, se aportarán datos pormenorizados sobre el ciclo de vida de los activos de cada una de las medidas. En particular, se aportarán parámetros tales como el periodo de retorno simple (PRS) y el Valor Actual Neto (VAN). Los criterios de rentabilidad económica utilizados para el cálculo de estos indicadores son los siguientes:

- PRS = inversión total (€) / ahorro económico anual (€). Cuánto más bajo es el valor, más interesante es ejecutar la medida de ahorro energético.
- VAN: Indicador para analizar la rentabilidad de la medida. Es la diferencia entre el valor actual de las salidas y las entradas de efectivo (flujo de caja). Tiene en cuenta el valor del dinero a lo largo del tiempo.
 - Tasa de descuento: 0,5%
 - Duración proyecto: 10 años
 - Rentable si VAN > 0.

5 CONSUMOS ENERGÉTICOS

Resumen energético de las instalaciones

La contabilidad energética, económica y en emisiones de CO₂ para el consumo energético evaluado en el presente informe es la siguiente:

Tabla 6. Consumos energéticos

Fuente energética	Consumo energético anual (kWh)	Coste energético anual (€)	Emisiones de CO ₂ anuales (kg)
Electricidad	57.177	40.024	-
Gas Natural	161.721	7.407	32.344
Total	218.898	47.431	32.344

5.1 SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD

El Centro Cultural Villa de Barajas Ampliación cuenta con un único suministro eléctrico y tiene una tarifa 6.1 T. D. El resto de las características del suministro eléctricos se puede ver en la siguiente tabla:

Tabla 7. Características del suministro eléctrico

CUPS	Potencia actual					
	P1 (kW)	P2 (kW)	P3 (kW)	P4 (kW)	P5 (kW)	P6 (kW)
ES0022000008720198ZB	20	20	20	20	20	190

En el edificio no existen contadores aparte de los de la compañía distribuidora. El contador se encuentra en la azotea del centro cultural.



Ilustración 2. Contador electricidad

Por otro lado, en el edificio existen diversos cuadros eléctricos desde donde se controlan los diferentes circuitos de la instalación.

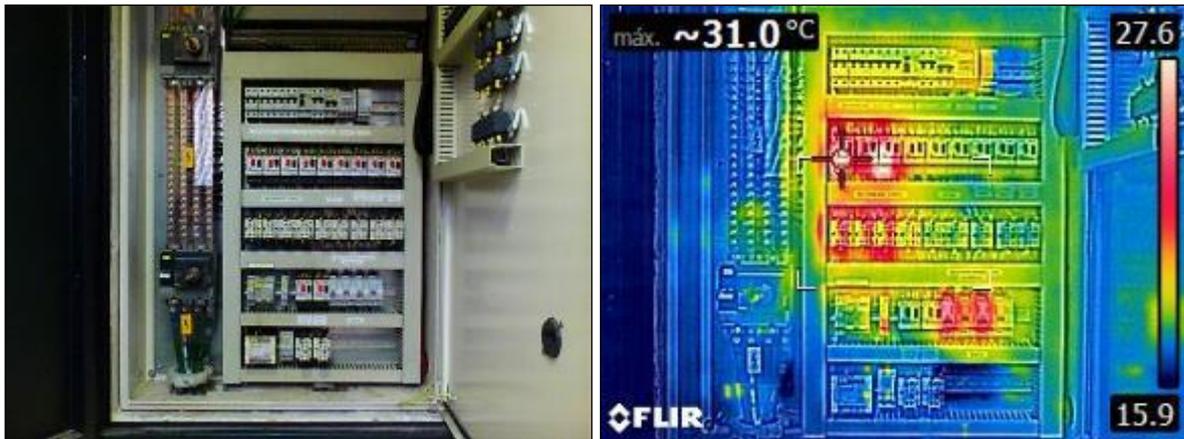


Ilustración 2. Termografías cuadro eléctrico

Además, en la cubierta del edificio se encuentra el centro de transformación. En su interior hay un transformador de 400 kVAs de potencia y sus correspondientes celdas de protección.

Existe un grupo electrógeno alimentado a gasóleo que sirve para mantener una continuidad de suministro eléctrico a aquellas instalaciones o equipos que lo necesiten en caso de una situación de emergencia en el que exista un corte del suministro principal. Se encuentra ubicado en la cubierta y, al tratarse de un consumo que no entra en el funcionamiento normal del centro sino únicamente en casos excepcionales de emergencia, unido a que se desconoce este consumo, no ha sido considerado en el presente informe.



Ilustración 3. Grupo electrógeno

Se han facilitado las facturas eléctricas del último año disponibles, desde enero 2021 hasta diciembre 2021.

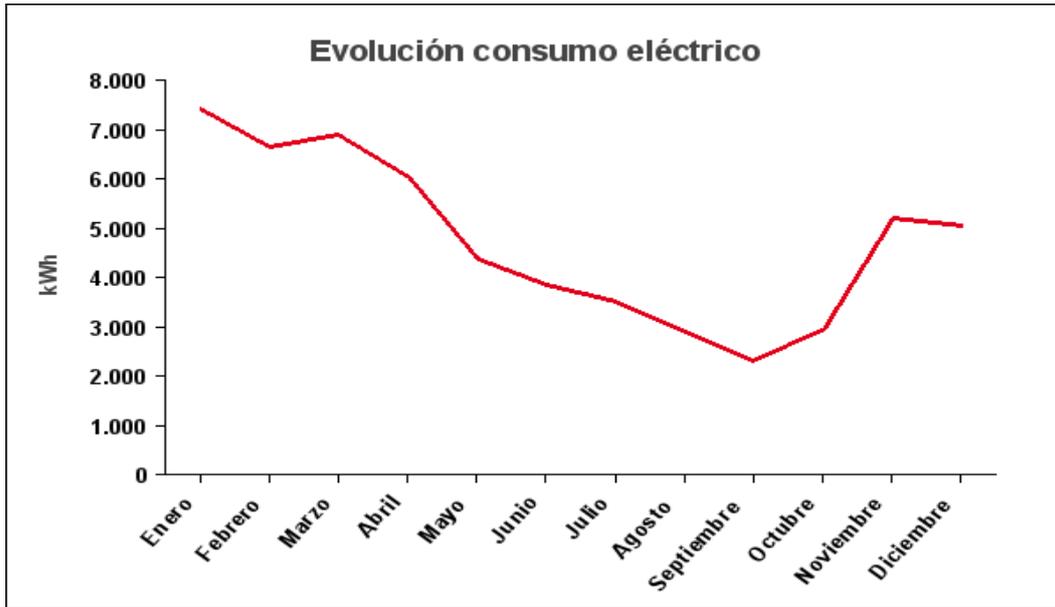
A continuación, se muestra una tabla con el consumo eléctrico mensual del edificio "Centro Cultural Villa de Barajas Ampliación".

Tabla 8. Datos mensuales de consumo Electricidad

Mes	Consumo eléctrico (kWh)	Coste (€)
Enero 2021	7.409	5.186
Febrero 2021	6.654	4.658
Marzo 2021	6.899	4.829
Abril 2021	6.042	4.229
Mayo 2021	4.373	3.061
Junio 2021	3.838	2.687
Julio 2021	3.521	2.465
Agosto 2021	2.905	2.034
Septiembre 2021	2.320	1.624
Octubre 2021	2.958	2.071
Noviembre 2021	5.214	3.650
Diciembre 2021	5.044	3.531
Total	57.177	40.024⁶

El coste promedio de la energía, impuestos incluidos, es de 0,70 €/kWh. A continuación, se muestra un gráfico con la evolución del consumo eléctrico mensual del edificio "Centro Cultural Villa de Barajas Ampliación".

⁶El coste de la electricidad incluye el coste del término de energía con impuesto eléctrico (IEE).



⁷Gráfica 3. Evolución mensual del consumo de Electricidad

El gráfico anterior muestra un consumo más elevado en los meses más fríos del año, debido que, en este centro, la demanda de calefacción se cubre mediante equipos eléctricos, además de una caldera de gas natural.

En los meses más calurosos, el consumo disminuye considerablemente, debido a que durante estos meses los talleres del Centro Cultural se mantienen cerrados, por lo que solo se cuenta con la refrigeración del resto de estancias comunes.

⁷Los meses de consumo se muestran en año natural

5.2 SUMINISTRO DE GAS NATURAL

En el edificio no existen contadores instalados a parte de los de la compañía distribuidora, el cual se ubica en el exterior, en la fachada del edificio.



Ilustración 4. Contador gas natural

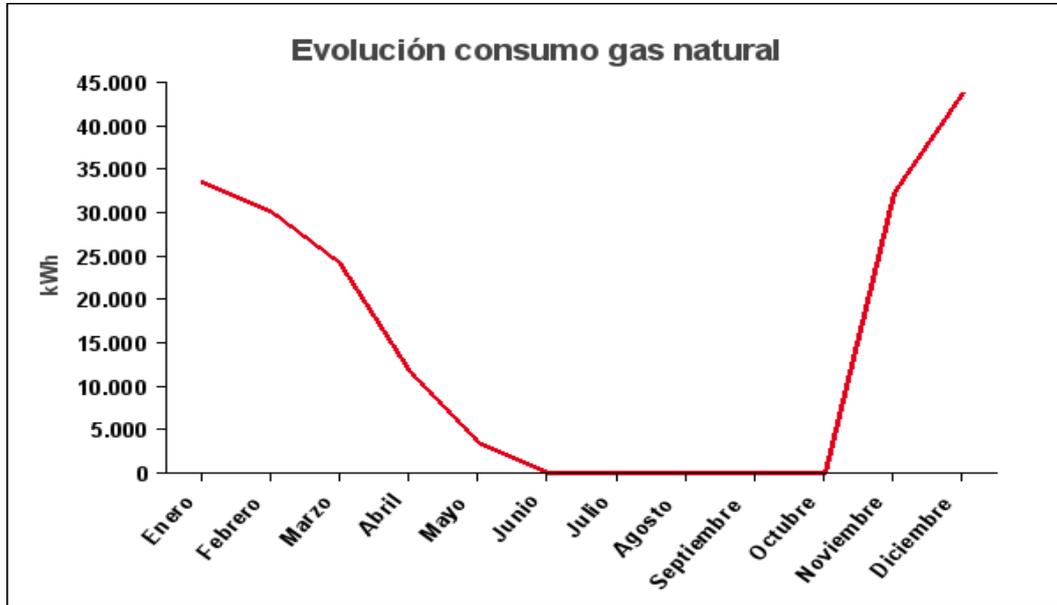
Se han facilitado los consumos de gas natural de los últimos doce meses disponibles, desde Enero 2021 hasta Diciembre 2021. A continuación, se muestra una tabla con el consumo de gas natural mensual de la instalación.

Tabla 9. Datos mensuales de consumo de Gas Natural

Mes	Consumo (kWh)	Coste (€)
Enero 2021	33.408	1.264
Febrero 2021	30.090	1.138
Marzo 2021	24.293	919
Abril 2021	11.643	468
Mayo 2021	3.547	142
Junio 2021	0	0
Julio 2021	0	0
Agosto 2021	0	0
Septiembre 2021	0	0
Octubre 2021	0	0
Noviembre 2021	32.207	1.463
Diciembre 2021	43.707	2.012

Mes	Consumo (kWh)	Coste (€)
Total PCS	178.895	7.407
Total PCI	161.721⁸	7.407⁹

El coste promedio de la energía es de 0,05 €/kWh. A continuación, se muestra un gráfico con la evolución del consumo de gas natural.



¹⁰**Gráfica 4. Evolución mensual del consumo de Gas Natural**

El gráfico anterior muestra un mayor consumo en los meses más fríos del año debido a la utilización de la caldera para cubrir la demanda de calefacción. Durante los meses de primavera, el consumo comienza a disminuir significativamente, debido a que la demanda de calefacción baja, y solo se usa la caldera para cubrir la demanda de Agua Caliente Sanitaria (ACS).

Durante los meses de verano el consumo es nulo, ya que solo existe demanda de ACS, y esta se cubre mediante dos placas solares térmicas que se describirán más adelante.

⁸ Consumo en PCI teniendo en cuenta un factor de conversión de 0,904. Este valor es el que se utilizará para el análisis y los cálculos de las instalaciones.

⁹El coste del gas natural incluye el coste del término variable con el impuesto de hidrocarburos:

¹⁰Los meses de consumo se muestran en año natural

6 DESCRIPCIÓN DE INSTALACIONES

6.1 CALEFACCIÓN

La calefacción del edificio se lleva a cabo principalmente por una caldera de gas natural Ferroli que da servicio a las climatizadoras encargadas de distribución el calor a través de fancoils de techo en las diferentes estancias del centro. Se enciende manualmente de 8:00 a 21:00 de lunes a viernes y los sábados de 9:45 a 14:00, aunque podría programarse.

Además, el edificio dispone de una bomba de calor de la marca TRANE de apoyo a la caldera.

Por otro lado, hay instaladas dos bombas de calor independientes que dan servicio al gimnasio de la planta baja. La calefacción en dicha estancia se distribuye mediante cassette.

Las características de los principales equipos de generación de calor se muestran a continuación:

Tabla 10. Características equipos calefacción

Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W) ¹¹	Refrig.	Año
Caldera	Ferroli Force B 150N	1	140.000	0,98	250	-	2021
Bomba de Calor	TRANE CXAX/052	1	139.000	2,98	46.644	R410A	2021



Ilustración 5. Caldera Ferroli y bombas de calor independientes

El resto de los equipos de calefacción se encuentran detallados en el inventario.

¹¹Hace referencia a la potencia del quemador en el caso de las calderas y a la potencia absorbida en el caso de las bombas de calor.

6.2 REFRIGERACIÓN

La refrigeración del edificio se lleva a cabo mediante una bomba de calor TRANE, aire-agua, que impulsan el frío a las climatizadoras, y de estas a las unidades interiores. La bomba de calor se enciende manualmente de 8:00 a 21:00 de lunes a viernes y los sábados de 9:45 a 14:00, aunque podría programarse.

Por otra parte, existen dos bombas de calor independientes que abastecen al gimnasio de la planta baja, del mismo modo que para la calefacción.



Ilustración 6. Bomba de calor

Las características de los principales equipos de generación de frío se muestran a continuación:

Tabla 11. Características equipos refrigeración

Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W) ¹²	Refrig.	Año
Bomba de Calor	TRANE CXAX/052	1	146.000	3,00	48.667	R410A	2021

El resto de los equipos de refrigeración se encuentran detallados en el inventario.

¹²Hace referencia a la potencia del quemador en el caso de las calderas y a la potencia absorbida en el caso de las bombas de calor.

6.3 VENTILACIÓN

El Centro Cultural cuenta con dos climatizadores de la marca Termoven, situados en la cubierta del edificio, desde los que se impulsa el aire climatizado al resto del edificio.



Ilustración 7. Climatizadoras

Las características de los principales equipos de ventilación y distribución del aire climatizado se muestran a continuación:

Tabla 12. Características equipos ventilación

Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia motor impulsión (W)
Climatizador/UTA	Termoven CLA-2009/2	1	1.500
Climatizador/UTA	Termoven CLA-2010/1	1	1.500

Este mismo inventario se puede encontrar más detallado en los anexos.

6.4 GENERACIÓN DE ACS

La demanda de Agua Caliente Sanitaria (ACS) se cubre mediante dos paneles solares térmicos para suministrar el agua caliente a los grifos de los aseos y vestuarios. Los paneles solares tienen de apoyo la caldera mencionada en el apartado de calefacción.

En los talleres de las plantas primera y segunda la producción de agua caliente sanitaria se cubre con termos eléctricos individuales de 1,5 kW y 30 litros.

Las características de los principales equipos de generación de ACS se muestran a continuación:

Tabla 13. Características equipos generación ACS

Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia eléctrica (W)	Potencia térmica (W)	Rto.	Capacidad (litros)
Caldera	Ferrolí Force B 150N	1	250	140.000	0,98	-
Termo eléctrico	GreenHeiss	1	1.500	-	-	30
Termo eléctrico	GreenHeiss	1	1.500	-	-	30
Termo eléctrico	Cabel	1	1.200	-	-	30
Termo eléctrico	Cabel	1	1.500	-	-	50



Ilustración 8. Termo eléctrico



Ilustración 9. Paneles solares térmicos

El resto de los equipos asociados a la generación de ACS se encuentran en el inventario.

6.5 ILUMINACIÓN

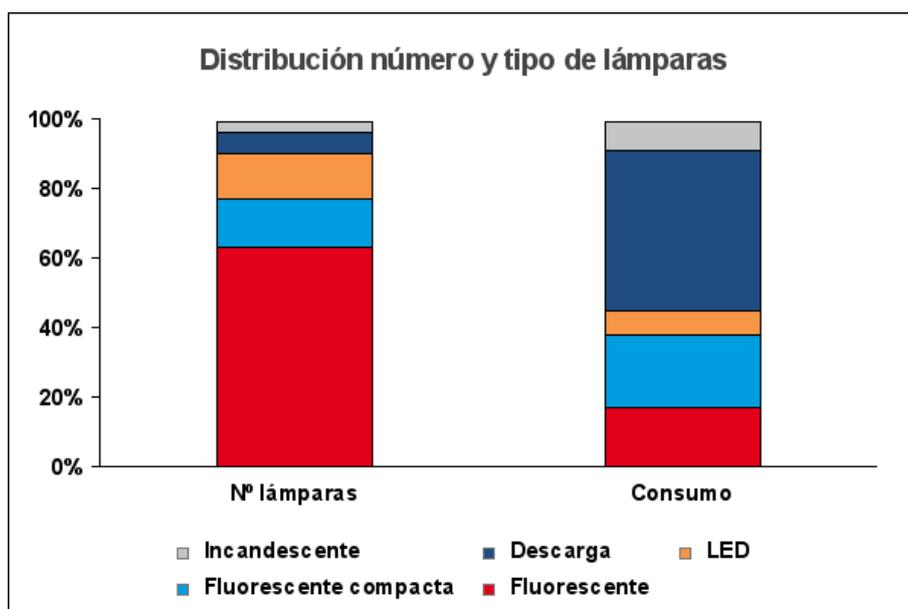
La iluminación del Centro Cultural está compuesta mayoritariamente por lámparas fluorescentes T5 dispuestas en luminarias suspendidas y empotradas. Sin embargo, las lámparas que tienen mayor consumo son las de descarga, tales como las regletas de las salas de exposiciones y los proyectores del patio.

La potencia total instalada en el edificio es de 14,96 kW. A continuación, se adjunta una tabla que determina la representatividad de las lámparas y su consumo en el edificio:

Tabla 14. Distribución del consumo y del número de lámparas

Tecnología	Lámparas		Consumo	
	Unidades	%	kWh	%
Fluorescente compacta	77	14,15	4.956	21,23
Fluorescente	345	63,42	4.078	17,47
Incandescente	15	2,76	1.833	7,85
LED	73	13,42	1.697	7,27
Descarga	34	6,25	10.783	46,19
Total	544	100%	23.348	100%

La distribución de iluminación, en función de la potencia total instalada por tipo de lámpara, se muestra en la siguiente gráfica.



Gráfica 5. Distribución iluminación existente

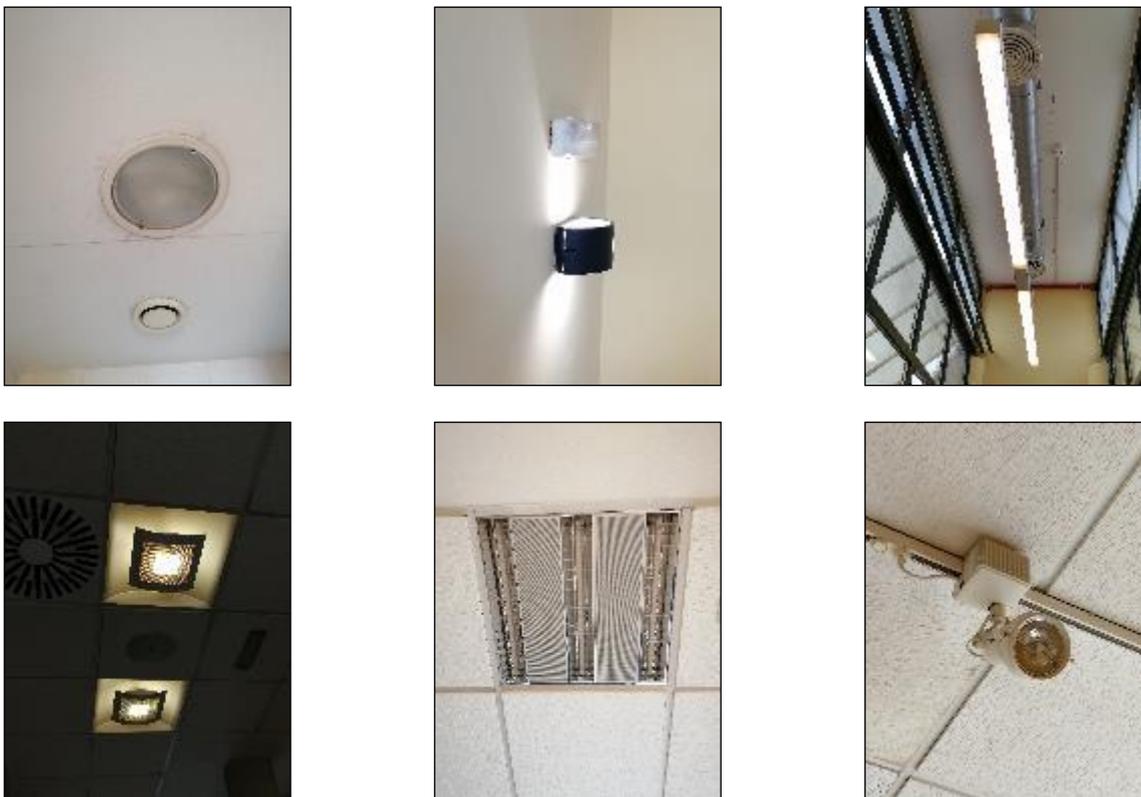


Ilustración 10. Luminarias tipo

En el anexo se dispone de un inventario detallado de los equipos de iluminación por estancia.

Respecto a los niveles de iluminación, durante la visita se han realizado mediciones luxométricas en las estancias más representativas. Cabe destacar que las mediciones se realizaron durante el día, por lo que existía iluminación por luz natural. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 15. Mediciones luxométricas

Planta	Estancia	Lux medidos	Lux referencia ¹³
Sótano	Gimnasio	166	300
Primera	Sala polivalente	169	300
Segunda	Aseo	114	100
Bajo cubierta	Sala informática	612	500

En los casos en los que la luxometría medida en campo da un resultado por encima del recomendado ($\pm 50\%$), se entiende que esa tipología de estancia está sobre iluminada por lo que, en el caso de una actualización

¹³ UNE 12464-1 Norma Europea sobre Iluminación para Interiores

del sistema de iluminación, se debería incorporar un rediseño lumínico para ajustarse a los valores recomendados.

En los casos en los que la luxometría medida en campo da un resultado por debajo del recomendado ($\pm 50\%$), se entiende que esa tipología de estancia necesita de un incremento de los niveles, por lo que, en el caso de una actualización del sistema de iluminación, se debería incrementar la potencia instalada, así como la eficacia luminosa (lumen/W).

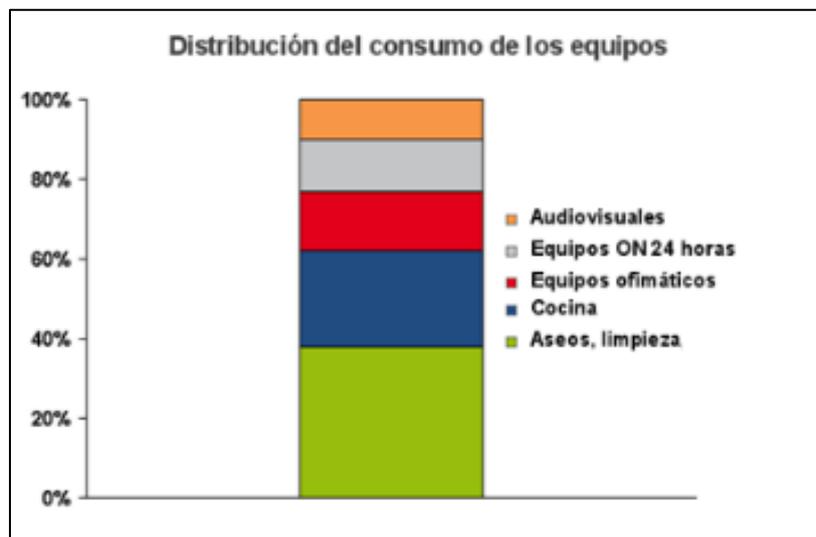
En general las estancias del Centro Cultural Villa de Barajas ampliación presentan valores dentro de los rangos recomendados.

6.6 EQUIPOS

A continuación, se adjunta una tabla que determina la representatividad de los equipos y su consumo en el edificio:

Tabla 16. Distribución de consumos

Servicio energético	Consumo (kWh)	%
Cocina	2.840	24,38
Audiovisuales	1.145	9,83
Aseos y limpieza ¹⁴	4.400	37,78
Equipos ofimáticos	1.715	14,73
Equipos ON 24 horas ¹⁵	1.548	13,29
Total	11.648	100%



Gráfica 6. Distribución del consumo de los equipos

¹⁴ Dentro de este grupo se encuentran los secadores de manos de los aseos.

¹⁵ Dentro de este grupo se engloban aquellos equipos que están 24 horas disponibles.



Ilustración 11. Equipos

En el anexo se muestra un inventario detallado de los equipos por estancia.

6.7 RENOVABLES

6.7.1 SOLAR TÉRMICA

Tal y como se ha descrito en el apartado de generación de ACS, en el edificio hay instalados 2 paneles solares térmicos de tipo plano - baja eficiencia para la producción del agua caliente sanitaria.

Los paneles son de la marca Saunier Duval modelo HR 2.02 4V y tienen una superficie absorbente de 2,02 m² cada uno. La instalación cuenta con un acumulador solar de 300 litros.

La instalación solar térmica tiene una generación anual de 3.393 kWh, por lo que cubre un 49,3% de la demanda de ACS del centro.



Ilustración 12. Paneles solares térmicos

6.8 ENVOLVENTE

Para evaluar la envolvente del edificio, es importante conocer los elementos que la forman, estos datos son difíciles de conseguir, dependiendo de la fecha de construcción. Para realizar una evaluación de la envolvente del edificio se realiza una inspección ocular de la misma, en caso de no ser suficiente, con los datos catastrales (año de construcción del edificio, zona climática y normativa constructiva aplicable) se conocen las exigencias mínimas de la misma.

La envolvente térmica viene determinada principalmente por los cerramientos exteriores de las instalaciones. En este caso se trata de un edificio destinado a un Centro Cultural dividido en 5 plantas, una de ellas bajo rasante.

La envolvente de las instalaciones, datadas en el 2011 según catastro, está constituida principalmente por los siguientes elementos:

- Muros exteriores de fábricas multicapa de fábrica de ladrillo enfoscado exterior y enlucido de yeso interiormente.
- Fachada ligera acristalada formada por vidrio doble y perfilaría de aluminio lacado.



Ilustración 13. Detalles de la fachada

- Cubierta plana transitable compuesto forjado unidireccional y reamada con baldosas cerámicas.
- Cubierta inclinada formada por forjado unidireccional y rematada con teja cerámica
- Cubierta inclinada formada por planchas metálicas tipo sándwich



Ilustración 14. Detalle cubierta

- Las carpinterías están compuestas principalmente por los siguientes elementos:
 - Carpinterías formadas por láminas de vidrio doble sobre carpintería metálica y rotura del puente térmico.
 - Lucernarios compuestos por láminas de poliuretano



Ventana tipo



Detalle carpintería



Lucernario

Ilustración 15. Carpinterías de las instalaciones

La estructura es de hormigón armado con vigas y pilares de sección variable y cerchas metálicas como soporte de parte de la cubierta.

En la siguiente tabla se comprueba que la transmitancia de la envolvente es algo mayor a los valores máximos permitidos:

Tabla 17 .Clasificación climática según DB-HE-1

Localidad	Madrid
Altitud	562
Zona climática	D3

Tabla 18 . Valores límite de transmitancia térmica, Ulim [W/m²K]

Parámetros	Máximo según CTE ₂₀₁₉	Edificio de estudio
Muros y suelos en contacto con el aire exterior (U_s , U_M)	0,41	0,52
Cubiertas en contacto con el aire exterior (U_c)	0,35	0,45
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno (U_T) Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica (U_{MD})	0,65	2,92
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) (U_H) ¹⁶	1,8	3,54

Los datos comentados han sido estimados mediante las apreciaciones visuales realizadas durante las visitas y año de construcción de las instalaciones, dado que no se dispone de la memoria constructiva de los edificios.

Durante la visita se realizaron termografías sobre las fachadas del edificio, donde se pueden observar puentes térmicos significativos en los cerramientos (especialmente en los frentes de forjados), así como pérdidas de calor en las carpinterías existentes.



¹⁶ Los huecos con uso de escaparate en unidades de uso con actividad comercial pueden incrementar el valor de U_H en un 50%.

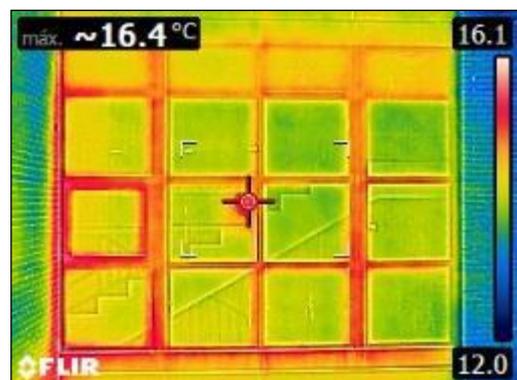
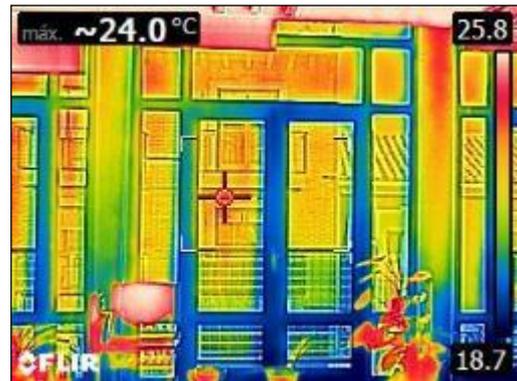


Ilustración 16. Imágenes termográficas del centro

La fachada principal está orientada hacia el noroeste, pero todas sus fachadas son determinantes, debido a la tipología edificatoria de las instalaciones, ya que todas sus fachadas albergan zonas habitables.

Se trata de un edificio entre medianera, el cual tiene otros edificios cercanos que arrojan sombras sobre sus fachadas en determinadas horas del día.

Existe un margen de reducción de la demanda energética a través de la mejora de los parámetros característicos de la envolvente térmica, como por ejemplo el aislamiento de los muros exteriores o la instalación de parasoles en las carpinterías.

Estas acciones de mejora de la envolvente para reducir la demanda de las instalaciones, a través de la mejora de los parámetros característicos de los elementos que la componen, son efectivas, pero dichas medidas son bastante costosas con plazos de retorno de la inversión elevados. En cualquier caso, si se dispusiera de partidas presupuestarias, podrían llegar a realizarse por los ahorros importantes que representan.

7 BALANCE ENERGÉTICO

7.1 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL BALANCE ENERGÉTICO

El balance energético global muestra la distribución de los consumos energéticos en función de las diferentes variables. En un edificio, por ejemplo, es interesante diferenciar su consumo en función de los principales usos, distribuyendo así el consumo anual en climatización, iluminación, equipos, producción de agua caliente sanitaria, etc.

El método utilizado para el cálculo del balance energético se basa en la fórmula de cálculo del consumo. El consumo sigue la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo energético (kWh)} = \text{Potencia (kW)} \times \text{Tiempo (h)}$$

Por lo tanto, para calcular el consumo que se produce en cada área estudiada, es necesario conocer la potencia de los equipos y el tiempo de utilización, es decir las horas en las que están funcionando cada uno de los equipos consumidores de energía.

Para cada uno de los siguientes grupos de consumo es conveniente tener en cuenta:

- Iluminación: es necesario conocer la potencia de la lámpara, el tipo de equipo auxiliar y las horas de funcionamiento.
- Calefacción: la potencia de los equipos, en este caso las calderas y los equipos de aire acondicionado, así como las bombas de recirculación, etc. También es necesario conocer el factor de uso y el horario de funcionamiento.
- Refrigeración: la potencia de los equipos de aire acondicionado, así como las bombas de recirculación, etc. También es necesario conocer el factor de uso y el horario de funcionamiento.
- Equipos: para calcular el consumo de estos equipos es necesario conocer la potencia de cada uno de ellos, así como el factor de uso. Por último, se requiere conocer las horas de funcionamiento.
- Producción de agua caliente sanitaria (ACS): la potencia de las calderas, el número de usuarios y el tipo de actividad que se da en el edificio, así como las horas de funcionamiento de las calderas.
- Ventilación: la potencia de los equipos de extracción o renovación de aire, así como las horas de funcionamiento.

Los cálculos de las distribuciones de consumo se realizan utilizando la potencia de los equipos consumidores de energía y el horario de funcionamiento obtenido a través de varias vías, como las entrevistas con los usuarios de la instalación y con el personal de mantenimiento. El consumo obtenido se contrasta con los valores de consumo que reflejan las facturas.

Parte del consumo queda englobado dentro del apartado de “otros” que incluye aquellos elementos que, dadas sus características, no se engloban en ninguno de los grupos anteriormente mencionados, tales como iluminación de emergencia, equipos externos conectados puntualmente a la red, etc.

Esta toma de datos se resume en la siguiente tabla:

Tabla 19. Herramientas para el cálculo del balance energético

Áreas de consumo	Información de potencia	Información de tiempo
Iluminación	Inventario de equipos Toma de datos in situ	Entrevistas con el personal mantenimiento Listado de equipos con horarios de funcionamiento
Calefacción	Inventario de equipos Toma de datos in situ	
Refrigeración	Inventario de equipos Toma de datos in situ	
Equipos	Inventario de equipos Toma de datos in situ	
Producción de ACS	Inventario de equipos Toma de datos in situ	
Ventilación	Inventario de equipos Toma de datos in situ	

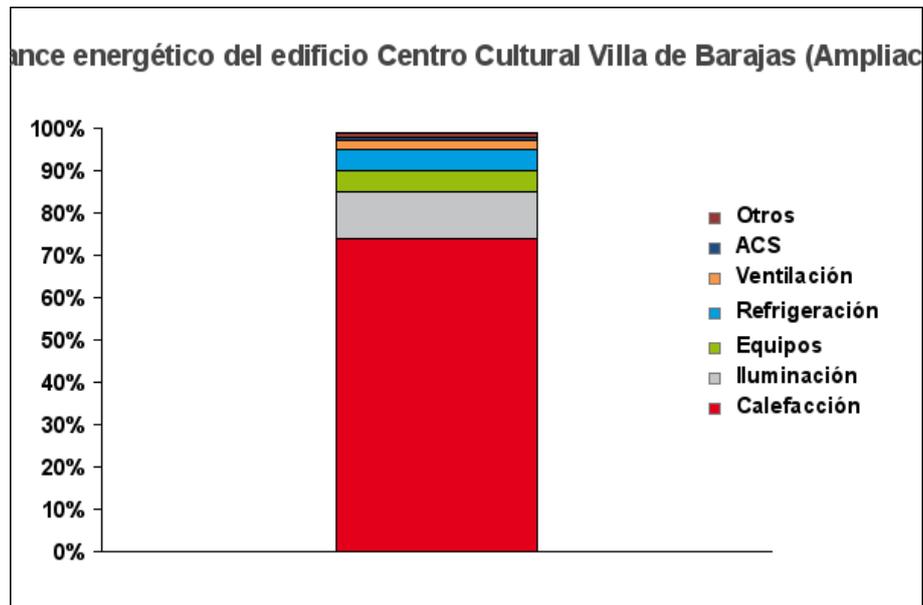
7.2 BALANCE ENERGÉTICO POR USOS

La siguiente tabla muestra la distribución del consumo energético anual.

Tabla 20. Distribución global del consumo energético

Uso energético	Consumo (kWh)	Consumo (%)
Iluminación	23.348	10,67
Calefacción	162.080	74,04
Refrigeración	10.908	4,98
Ventilación	5.074	2,32
ACS	3.099	1,42
Equipos	11.648	5,32
Otros	2.742	1,25
Total	218.898	100%

Esta distribución por usos queda reflejada en la siguiente gráfica:



Gráfica 7. Balance energético por usos

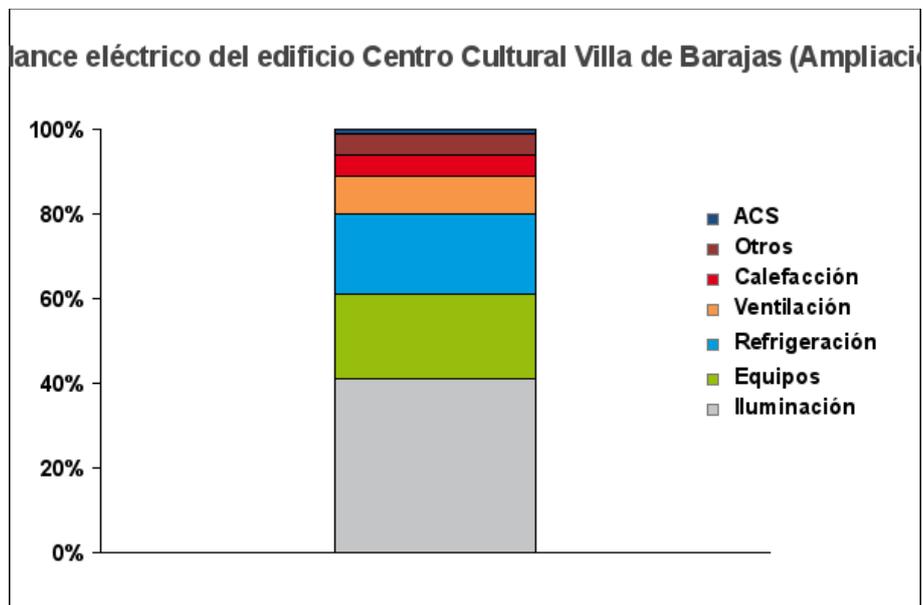
7.3 BALANCE ELÉCTRICO POR USOS

La siguiente tabla muestra la distribución del consumo eléctrico anual.

Tabla 21. Distribución global del consumo eléctrico

Uso energético	Consumo (kWh)	Consumo (%)
Iluminación	23.348	40,83
Calefacción	2.930	5,12
Refrigeración	10.904	19,07
Ventilación	5.074	8,87
ACS	527	0,92
Equipos	11.648	20,37
Otros	2.746	4,80
Total	57.177	100%

Esta distribución por usos queda reflejada en la siguiente gráfica:



Gráfica 8. Balance eléctrico por usos

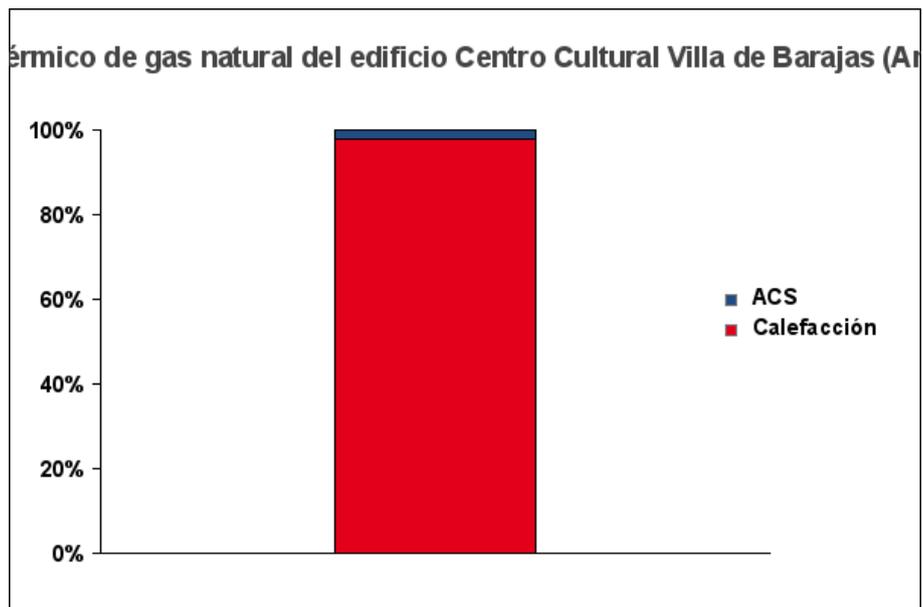
7.4 BALANCE DE GAS NATURAL POR USOS

La siguiente tabla muestra la distribución del consumo de gas natural anual.

Tabla 22. Distribución global del consumo de gas natural

Uso energético	Consumo (kWh)	Consumo (%)
Calefacción	159.150	98,41
ACS	2.571	1,59
Total	161.721	100%

Esta distribución por usos queda reflejada en la siguiente gráfica:



Gráfica 9. Balance de gas natural por usos

8 LÍNEA DE BASE

Se define línea de base de la energía como la referencia cuantitativa que proporciona la base de comparación del desempeño energético de una instalación. Esta línea es una relación entre el consumo del centro y las variables de las que éste depende.

8.1 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LA LÍNEA BASE

El establecimiento de las líneas de base de la energía se realiza a partir del análisis de los consumos de energía y las variables de mayor influencia sobre los mismos. Para ello, empleará la siguiente metodología:

- **Selección del período de referencia:** la línea base es el consumo energético a lo largo de un periodo de referencia adecuado para las instalaciones en las que se realiza el análisis. De forma general, se toma como período de referencia doce meses.
- **Identificación de las variables que influyen en el comportamiento energético:** a continuación, será necesario identificar las variables que tengan mayor relación con el consumo energético. Para ello, se tiene en cuenta los diferentes usos de la energía.
- **Análisis estadístico de los datos mediante modelos de regresión:** se analizan las variables mediante un método estadístico para determinar cuáles son aquellas de cuya variación depende más fuertemente el consumo. El modelo más empleado es la regresión lineal tanto de una variable como multivariable. Este método relaciona una variable dependiente Y (consumo de energía) con las variables independientes Xi (producción, grados días, etc.) y un término constante:

Función simplificada o de una única variable

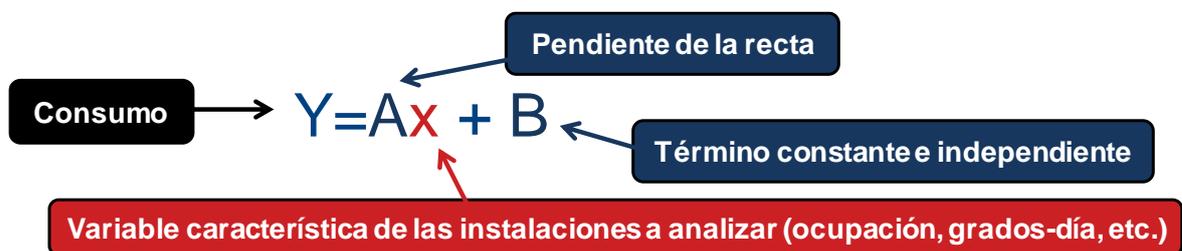


Ilustración 17. Función simplificada o de una única variable

Función multivariable



Ilustración 18. Función multivariable

Las regresiones lineales se realizan utilizando las funciones predeterminadas de la herramienta de cálculo Excel.

Hay que tener en cuenta que, para que el análisis sea válido, los datos de consumo energético a analizar deben ser reales (provenientes de facturas y/o contadores), no estimados.

- **Selección del modelo matemático más representativo:** para encontrar aquella ecuación que mejor representa el desempeño energético se debe comprobar el valor del coeficiente de correlación múltiple y, en caso necesario, la bondad del ajuste del modelo matemático mediante el análisis de la desviación promedio entre el valor real del consumo y el valor estimado aplicando la ecuación.

El modelo matemático se comporta correctamente y puede seleccionarse para representar la línea de base de la energía en base a los siguientes valores:

Tabla 23. Valores de aceptación del modelo matemático

Parámetro	Valor aceptable
Coeficiente de correlación múltiple	> 0,75
Desviación promedio	< 10%
Valor crítico de F	< 0,05 y mejor cuanto más bajo

La desviación (o error) se emplea para comprobar la validez del modelo matemático mediante la comparación del consumo real frente al calculado al aplicar la ecuación establecida para la línea de base. Este cálculo se realiza uno a uno para todos los datos de consumo disponibles y, posteriormente, se calcula el valor promedio de todos ellos.

El valor estadístico F se emplea en análisis de varianza para realizar las pruebas de significancia conjunta de las variables. El valor crítico de F aporta información sobre la probabilidad de que el valor ocurra por azar. Para un nivel de significancia del análisis estadístico del 5%, tal y como se considera para el análisis de línea base, debe ser <0,05.

En el caso de que, a partir de los datos disponibles actualmente, no se encuentre ningún modelo matemático que cumpla con los valores de aceptación, se seleccionará entre los distintos modelos estudiados aquel cuyo

coeficiente de correlación múltiple sea el mayor. En este caso, la línea de base establecida será recalculada el próximo año para la revisión de la validez del modelo matemático.

8.2 LB ELECTRICIDAD

A continuación, se muestran los parámetros que se han utilizado en el análisis de la línea de base de la electricidad, así como los resultados del mismo. En el anexo se encuentra el detalle de los diferentes análisis estadísticos realizados.

Tabla 24. Parámetros utilizados en la línea de base de la electricidad

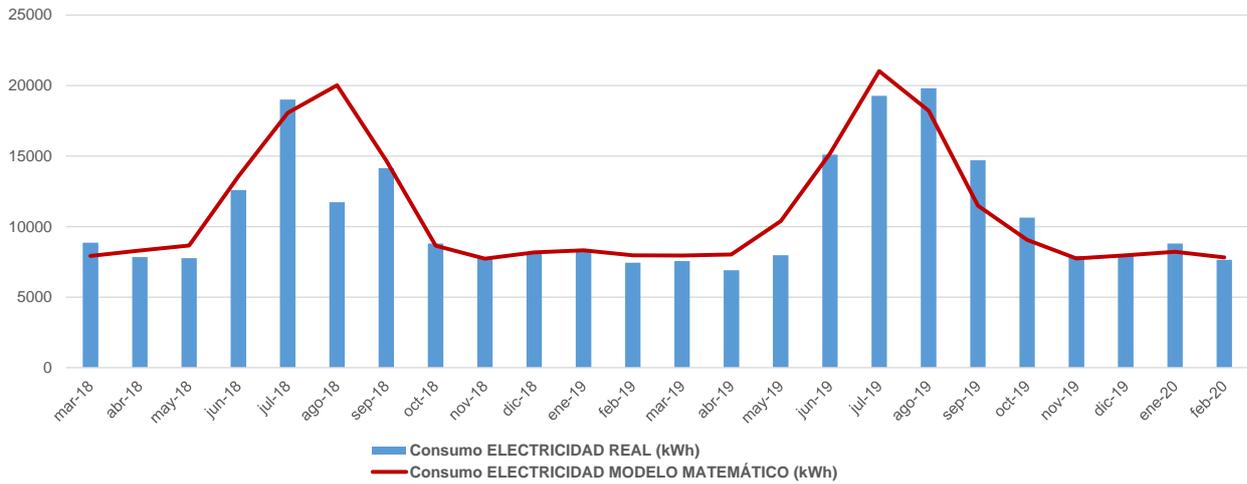
Fuente del consumo eléctrico	Facturas
VARIABLES INDEPENDIENTES	Grados día calefacción (base 19 °C) y Grados día refrigeración (base 19 °C)
Periodo de evaluación	01 de marzo de 2018 – 31 de diciembre de 2021
Coeficiente de correlación múltiple	0,922
Desviación promedio	7,5%
Valor crítico de F	8,08672E-12

La fórmula de la línea de base eléctrica global para todo el edificio es la siguiente:

Tabla 25. Línea de base de la electricidad

Consumo electricidad (kWh) =
50,61 * Grados día refrigeración (base 19°C) + 3,34 * Grados día calefacción (base 19°C) + 6.863,60

La relación entre el consumo real y el consumo esperado calculado por la línea de base se muestra a continuación:



Gráfica 10. Comparación entre el consumo real vs. consumo en base al modelo matemático - Electricidad

Puede observarse que hay un ajuste adecuado de los datos excepto para aquellos meses desestimados en el estudio, que son menos representativos del consumo habitual del edificio.

8.3 LB GAS NATURAL

A continuación, se muestran los parámetros que se han utilizado en el análisis de la línea de base del gas natural y los resultados de éste. De nuevo, en el anexo se encuentra el detalle de los diferentes análisis estadísticos realizados.

Tabla 26. Parámetros utilizados en la línea de base de gas natural

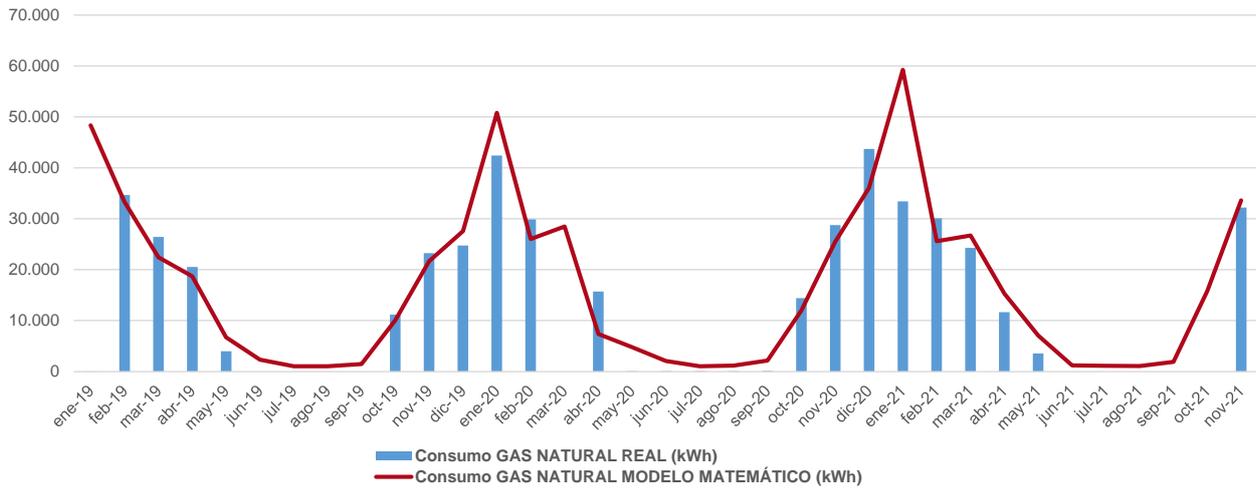
Fuente del consumo de gas natural	Facturas
Variables independientes	Grados día calefacción (base 15 °C)
Periodo de evaluación	31 de diciembre de 2018 – 07 de diciembre de 2021
Coefficiente de correlación múltiple	0,881
Desviación promedio	9,6%
Valor crítico de F	1,0597E-10

La fórmula de la línea de base de gas natural global para todo el edificio es la siguiente:

Tabla 27. Línea de base de gas natural

Consumo gas natural (kWh) =
147,92 * Grados día calefacción (base 15 °C) + 1.027,61

La relación entre el consumo real y el consumo esperado calculado por la línea de base se muestra a continuación:



Gráfica 11. Comparación entre el consumo real vs. Consumo en base al modelo matemático – Gas natural

En la gráfica anterior puede observarse que hay un ajuste adecuado de los datos excepto para aquellos meses desestimados en el estudio y algunos meses de entretiempo.

9 MEDIDAS DE AHORRO ESTUDIADAS

Las medidas de ahorro estudiadas son todas aquellas que, dadas las características de las instalaciones son susceptibles de llevarse a cabo desde el punto de vista técnico, sin entrar a valorar la rentabilidad a lo largo de su ciclo de vida. Estas medidas se clasificarán en dos grupos atendiendo a diferentes criterios.

A continuación, se presentan un listado de todas las medidas estudiadas, independientemente de los resultados que arrojen.

Tabla 28. Listado de medidas estudiadas

Descripción de la mejora	Ahorro (kWh / año)
Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de apliques por otros de LED	1.723
Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de luminarias empotradas por LED	1.866
Instalación de perlizadores en grifos	1.820
Instalación de sobre-enchufes Plugwise	1.207
Instalación de detectores de presencia	397
Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de proyectores por LED	1.298
Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de downlights por LED	626
Instalación de regletas eliminadoras de stand-by	36
Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	1.602
Aislamiento del cuerpo de la caldera	529
Sustitución de calefactores por bombas de calor	401
Sustitución de bombas de calor por otras de mayor rendimiento	173

Entre las **medidas de ahorro recomendadas** se incluyen aquellas que, habiéndose estudiado, su implantación se considera interesante desde alguno de los siguientes puntos de vista: ahorro económico, ahorro energético, rentabilidad, cumplimiento normativa, etc.

En el siguiente punto del informe, se describe en qué consiste cada una de las medidas y, se analizan los resultados obtenidos y se realiza una comparación con el conjunto de medidas recomendadas

Por último, se analiza la propuesta considerando diferentes aspectos: confort, viabilidad técnica, ahorro económico, rentabilidad, disminución de emisiones y requerimiento legal.

Las **medidas de ahorro con un PRS > 10 años** son las que siendo posible su instalación, no se propone ejecutar, ya que desde el punto de vista económico no son rentables. En este apartado se describe cada una de las medidas y se presentan los resultados obtenidos.

9.1 DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO RECOMENDADAS

9.1.1 PRODUCCIÓN DE ACS

9.1.1.1 Instalación de perlizadores y reductores volumétricos en grifos y duchas

La instalación de perlizadores en grifos y reductores volumétricos en duchas generan una mezcla de aire y agua que disminuye el caudal de agua sin que esto suponga una reducción de la presión de salida, consiguiendo no solo un ahorro considerable en agua, sino también un ahorro de la energía necesaria para calentarla.

Se instalan en la boca de salida de agua del grifo, en sustitución de los filtros convencionales, por lo que en instalaciones muy antiguas es posible que no se pueda llevar a cabo la sustitución directa de los filtros actuales por perlizadores. En esos casos se deberá sustituir la grifería al completo.

Los ahorros energéticos y económicos se producen por la disminución de la cantidad de agua gastada que previamente ha tendido que calentarse. La inversión de la medida considera el coste del total de equipos a instalar.



Ilustración 19. Perlizadores y reductores de caudal de distintos modelos

- Unidades: 18 grifos

Los resultados de la implantación de los perlizadores en grifos son los siguientes:

Tabla 29. Instalación de perlizadores en grifos

Instalación de perlizadores en grifos		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
620	0,28	97
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
99	0	99
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
1,0	10	892
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
103		

9.1.2 ILUMINACIÓN

9.1.2.1 Sustitución de lámparas convencionales por LED

El LED es un tipo de luz que usa diodos semiconductores. Cuando un LED se encuentra en polarización directa, los electrones pueden recombinarse con los huecos en el dispositivo, liberando energía en forma de fotones. Este efecto es llamado electroluminiscencia y el color de la luz (correspondiente a la energía del fotón), se determina a partir de la banda de energía del semiconductor. La energía contenida en un fotón de luz es proporcional a su frecuencia, es decir, su color. Cuanto mayor sea el salto de banda de energía del material semiconductor que forma el LED, más elevada será la frecuencia de la luz emitida.

Las lámparas LED presentan las siguientes ventajas:

- El LED se alimenta a baja tensión, consumiendo así poca energía y por lo tanto emitiendo poco calor. Esto es debido a que el LED es un dispositivo que opera a baja temperatura en relación con la luminosidad que proporciona. Los demás sistemas de iluminación en igualdad de condiciones de luminosidad que el LED emiten mucho más calor.
- Larga vida útil (50.000 h).
- Baja depreciación luminosa, del 30% a 50.000 h.
- Índice de reproducción cromática superior a 80.
- Luz blanca a temperaturas de calor entre 3.000 K y 6.000 K.
- No emiten radiación ultravioleta ni infrarroja.
- Encendido instantáneo.
- Excelente direccionalidad de la luz, lo que permite un mayor factor de utilización y mínima contaminación lumínica.
- No contienen componentes contaminantes (mercurio, plomo, etc.).
- Gran capacidad de producción de energía lumínica, por cada watio consumido 90-113 lm/W.

El ahorro energético se ha calculado como la diferencia entre el consumo eléctrico actual y el consumo eléctrico que tendría tras la propuesta.

El ahorro económico se obtiene como la diferencia del coste económico del consumo energético del sistema de iluminación actual y el coste económico del consumo energético del sistema de iluminación propuesto incluyendo el ahorro por reposición debido a la mayor vida útil de las lámparas LED.

El coste de los equipos se obtiene a partir de los precios obtenidos por Creara con el distribuidor, mientras que la inversión necesaria se calcula como la suma de todos los costes existentes: costes de equipos y costes de mano de obra.

Las sustituciones de iluminación por LED que se han contemplado se muestran a continuación:

Sustitución de lámparas fluorescentes por LED

Este tipo de lámparas son de vapor de mercurio a baja presión de elevada eficacia y vida. Las cualidades de color y su alto rendimiento las hacen idóneas para interiores de altura reducida. La mejora consiste en la sustitución de las lámparas fluorescentes actuales, existiendo varias posibilidades de sustitución, las más comunes son:

- Fluorescentes T5 de 14W por tubos LED de 10W.
 - Unidades: 315
- Fluorescentes T5 de 49W por tubos LED de 22W.
 - Unidades: 30

Tabla 30. Sustitución de fluorescentes por LED

Sustitución de fluorescentes por LED		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
1.602	0,73	1.149 ¹⁷
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
2.672	3.105	5.777
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
5,0	10	5.942
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
-		

¹⁷ El ahorro económico tiene en cuenta también la reposición de luminarias.

Sustitución de luminarias de tipo apliques por LED

El tipo de lámpara que forma parte de esta luminaria es de tipo fluorescente compacta o incandescente, habiéndose descrito anteriormente las características de estas tecnologías. Se lleva a cabo la sustitución de la luminaria completa por apliques de LED. Las posibilidades de sustitución son las siguientes:

- Aplique con incandescente de 1x100W por aplique LED de 18W.
 - Unidades: 15

Tabla 31. Sustitución de luminarias de tipo aplique por LED

Sustitución de luminarias de tipo aplique por LED		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
1.723	0,79	1.225
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
19	225	244
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
0,2	10	12.224
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
-		

Sustitución de downlight con bajo consumo por LED

Las lámparas son de bajo consumo idénticas a las mencionadas anteriormente integradas en luminarias de tipo downlight. En este caso se sustituye la luminaria completa, las posibilidades de sustitución son las siguientes

- Downlight con lámparas desde 1x15W hasta 1x26 W por downlight LED de 13W.
 - Unidades: 19
- Downlight con lámparas desde 2x18W hasta 2x26 W por downlight LED de 24W.
 - Unidades: 24

Tabla 32. Sustitución de downlights por LED

Sustitución de downlights por LED		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
626	0,29	453
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
305	434	739
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
1,6	10	3.876
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
-		

Sustitución de luminarias empotradas por otras de LED

Esta medida consiste en la sustitución de las luminarias empotradas con lámparas fluorescentes por paneles de LED.

- Empotrada con fluorescente compacta lineal de 2x36W por panel de LED de 40W
 - Unidades: 34

Tabla 33. Sustitución de luminarias de tipo empotradas por LED

Sustitución de luminarias de tipo empotrada por LED		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
1.866	0,85	1.400
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
536	272	808
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
0,6	10	13.446
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
-		

Sustitución de proyectores con lámparas de descarga o halógenos por LED

Esta medida consiste en la sustitución de proyectores de diferentes tecnologías de descarga, halogenuro metálico en su mayoría o halógenos convencionales de tipo lineal.

- HMC de 70W por Proyector LED de 40W.
 - Unidades: 2
- HMC de 100W por Proyector LED de 40W.
 - Unidades: 6

Tabla 34. Sustitución de proyectores por LED

Sustitución de proyectores por LED		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
1.298	0,59	937
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
880	200	1.080
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
1,2	10	8.456
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
-		

9.1.2.2 Instalación de detectores de presencia y sensores de luz natural

El detector de presencia es un equipo que permite reducir el consumo energético apagando aquella iluminación que permanece encendida durante más tiempo del necesario en zonas como pasillos, aseos o ascensores. Por otro lado, los sensores de luz natural son elementos que detectan la luz natural existente en las estancias y, en caso de que las condiciones meteorológicas aporten los niveles de luz necesarios, apagan la iluminación. La unión de estos dos elementos permite un ahorro energético considerable.

La instalación de estos equipos en lámparas que tengan como equipo auxiliar balastos electromagnéticos, como son las lámparas fluorescentes y las de bajo consumo, pueden disminuir la vida útil de las mismas debido al mayor número de encendidos. Para minimizar este tipo de consecuencias negativas, se recomienda la instalación de balastos electrónicos previamente. Hay que tener en cuenta que algunos tipos de lámparas de bajo consumo y los LED ya disponen de esta tecnología para evitar que la vida útil de las lámparas se vea reducida.

El estudio de esta medida consiste en la instalación de detectores de presencia con sensores crepusculares (de luz natural) que controlen electrónicamente el encendido y apagado de las lámparas según un tiempo de retardo programable en función que detecte presencia o no y el aporte de luz natural. Los ahorros que se obtienen por la instalación de estos elementos son debidos a la reducción de horas de funcionamiento.



Ilustración 20. Detector de presencia

- Unidades: 4 detectores en vestuarios, aseos de los vestuarios y pasillo

Los resultados de la implantación de esta medida son los siguientes:

Tabla 35. Instalación de detectores de presencia

Instalación de detectores de presencia		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
397	0,18	281
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
143	137	280
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
1,0	10	2.579
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
-		

9.1.3 EQUIPOS

9.1.3.1 Instalación de sobre-enchufes (Plugwise)

Los sobre-enchufes (Plugwise) son un sistema para controlar y reducir el consumo de los equipos ofimáticos y otros que quedan en modo stand-by. El sistema propuesto se compone de los siguientes elementos:

- **Software:** plataforma de visualización de consumos registrados por los sobre-enchufes. También permite establecer órdenes de encendido/apagado en función de horarios, agrupaciones de sensores, eventos, etc. Se instalaría en un ordenador de la oficina desde donde se controlarían todos los elementos instalados.



Ilustración 21. Componentes del sistema de eliminación del modo stand-by de equipos ofimáticos

- **Sobre-enchufe inalámbrico:** mide la energía de los dispositivos conectados, y ejecuta el encendido y apagado según las órdenes programadas en el software. Comunica vía Zigbee con el receptor.
- **Receptor:** recibe las señales Zigbee de los sobre-enchufes, y las procesa para que puedan ser gestionadas por el software.

Los ahorros obtenidos con la aplicación de esta medida son producidos por la eliminación del consumo en stand-by de equipos ofimáticos: ordenadores de sobremesa (compuestos de monitor más unidad central), ordenadores portátiles, impresoras multifunción o fotocopiadoras. La inversión que se ha considerado para el cálculo de los ahorros incluye el coste del software, el receptor y los sobre-enchufes en función del número de equipos sobre los que aplica.

- Unidades: 21 en ordenadores, impresoras, TV y flexos.

Las medidas “Instalación de sobre-enchufes Plugwise” e “Instalación de regletas eliminadoras de stand-by” son alternativas, por lo tanto, se implantará una o la otra, nunca las dos. En las dos medidas el periodo de retorno es inferior a 10, pero debido al mayor ahorro potencial de la “Instalación de sobre-enchufes Plugwise”, es esta medida la que se propone a continuación.

Los resultados de la implantación de esta medida son los siguientes:

Tabla 36. Instalación del sistema de control de apagado de equipos Plugwise

Instalación del sistema de control de apagado de equipos Plugwise		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
1.207	0,55	845
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
554	0	554
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
0,7	10	8.047
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
-		

9.2 DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO CON PRS > 10 AÑOS

9.2.1 CLIMATIZACIÓN

9.2.1.1 Sustitución de calefactores por bombas de calor

El uso de equipos como calefactores, radiadores eléctricos, resistencias eléctricas para calefacción supone un uso ineficiente de la energía, ya que existen equipos, como las bombas de calor, que tiene rendimientos mucho mayores y ofrecen un mayor confort.

Una bomba de calor es una máquina térmica que permite transferir energía en forma de calor de un ambiente a otro, según se requiera. Estos equipos presentan un rendimiento muy superior al de los equipos anteriormente mencionados, ya que no están basados en la generación de calor, sino en su transferencia.

La mayor eficiencia de estos equipos disminuirá el consumo energético y por lo tanto los costes económicos asociados.

La medida se ha estudiado asumiendo la instalación de una bomba de calor reversible de alta eficiencia energética (clase A) que pueda satisfacer las demandas térmicas de calor. El equipo también tendrá la posibilidad de cubrir la demanda de refrigeración, que actualmente está desatendida.

Los resultados de la implantación de esta medida son los siguientes:

Tabla 37. Sustitución de calefactores por bombas de calor

Sustitución de calefactores por bombas de calor		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
401	0,18	280
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
8.613	2.153	10.766
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
38,4	20	-4.859
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
-		

9.2.1.2 Aislamiento del cuerpo de la caldera

El cuerpo de la caldera, salvo raras excepciones, se encuentra sin aislar lo que ocasiona pérdidas térmicas a través de ella, que aumentan el consumo energético. La instalación de un aislante en la parte trasera de la caldera o alrededor de la propia cámara de combustión interna, según modelo, ayudará a mejorar la eficiencia del sistema.

El aislamiento propuesto está compuesto por mantas armadas de lana de roca de 4 cm de espesor con una conductividad de $0,035 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{K})$ apto para temperaturas máximas de 750°C y superficies irregulares.

Para el cálculo del ahorro energético se ha utilizado el software AISLAM, que es documento reconocido por el Ministerio de Industria para facilitar el cumplimiento de las exigencias del RITE. La inversión considerada en el cálculo incluye el coste del material, la mano de obra y otros costes indirectos.



Ilustración 22. Aislamiento tipo manta armada de lana de roca

Esta medida se estudia en el caso de que no se sustituya la caldera actual por otra de condensación. En el caso de que se realizase la medida “Sustitución de la caldera actual por una de condensación”, no sería necesario aislar el cuerpo de la caldera nueva.

Los resultados de la implantación de esta medida son los siguientes:

Tabla 38. Aislamiento del cuerpo de la caldera

Aislamiento del cuerpo de la caldera		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
528,92	0,24	24,23
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
263,81	435,95	699,76
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
28,88	10	-450
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
106		

9.2.2 EQUIPOS

9.2.2.1 Instalación de regletas eliminadoras de stand-by

Las regletas eliminadoras de stand-by son elementos destinados a reducir el consumo stand-by de los equipos electrónicos (principalmente equipos ofimáticos) que pueden desconectarse completamente de la red eléctrica.

Los eliminadores de stand-by miden la corriente que circula por los aparatos cuando están encendidos, de forma que cuando entran en stand-by detecta la disminución de consumo y corta el paso de corriente, apagándolos por completo. Al encenderlos el eliminador detecta la demanda de potencia y vuelve a conectar el paso de electricidad. Para ello el eliminador queda en modo de espera, por lo que es interesante que se utilice para desconectar varios aparatos a la vez.

La principal ventaja frente a las regletas convencionales de interruptor es que no necesitan la vigilancia permanente del usuario, por lo que se evitan las situaciones de olvido en las que quedaban los equipos encendidos.

El ahorro energético de aplicar esta medida estará dado por la disminución del tiempo que los equipos se encuentran en modo stand-by. La inversión que se ha considerado para el cálculo de los ahorros incluye el coste de la regleta eliminadora de stand-by. No se considera coste asociado a la mano de obra, ya que su instalación es muy sencilla.



Ilustración 23. Regleta con un maestro, cuatro esclavos y dos tomas convencionales

Los resultados de la implantación de esta medida son los siguientes:

Tabla 39. Instalación de regletas eliminadoras del stand-by

Instalación de regletas eliminadoras del stand-by		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
36	0,02	25
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
55	0	55
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
2,2	10	202
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO ₂ / año		
-		

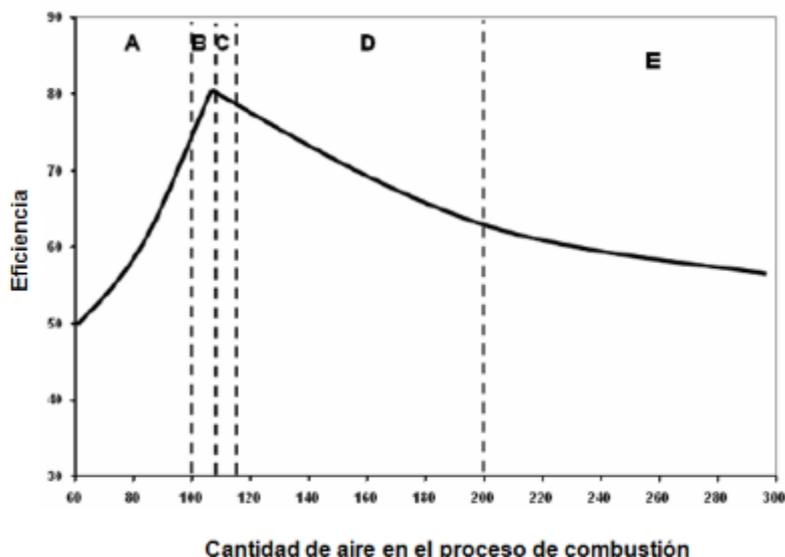
Aunque esta medida tiene un PRS inferior a 10 años no es compatible con la medida recomendada “Instalación de sobre-enchufes Plugwise”. Se ha seleccionado esta última como recomendada ya que presenta un mayor ahorro económico.

10 BUENAS PRÁCTICAS Y PROTOCOLOS DE ACTUACIÓN

10.1 REGULACIÓN DEL AIRE DE COMBUSTIÓN DE LAS CALDERAS

La combustión en las calderas debe producirse en proporciones definidas y controladas de combustible y oxígeno, con el fin de que la reacción estequiométrica sea lo más eficiente posible.

En la siguiente ilustración se comprueban los valores donde se produce la mayor eficiencia en la reacción química en función de la cantidad de aire existente en la combustión.



Gráfica 12. Eficiencia de la cantidad de aire sobre el proceso de combustión

Gracias a la ilustración anterior, se observa que el valor de máxima eficiencia del λ ronda valores del 1 al 1,2. El ahorro energético producido por la regulación manual de la combustión estará dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Ahorro Energía} = \text{Energía} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right] \cdot (P_{\text{pérdidas actuales}} - P_{\text{pérdidas futuras}})$$

Dónde:

Energía [kWh/año]: corresponde a la energía consumida por cada equipo

$P_{\text{pérdidas actuales}}$: corresponde a las pérdidas energéticas actuales asociadas a la concentración de oxígeno y la temperatura de los humos

$P_{\text{pérdidas futuras}}$: corresponde a las pérdidas energéticas calculadas para la concentración de oxígeno y el historial de mediciones de las temperaturas de los análisis de combustión

A continuación, se muestra una tabla con las pérdidas energéticas en gases de combustión:

Tabla 40. Pérdidas en los humos de la combustión del gas natural. Fuente: Prontuario energético del Ente Regional de la Energía (EREN)

O2	CO2	EXC. AIRE	GASES	PÉRDIDAS EN GASES DE COMBUSTIÓN (%) EN FUNCIÓN DE										
				(TEMP. GASES-TEMP. AMBIENTE)										
%	%	POR UNO	kg/kg	100	120	140	160	180	200	240	280	320	360	400
0,0	16,0	1,0	14,7	4,0	4,9	5,7	6,5	7,4	8,2	9,9	11,6	13,4	15,1	16,9
0,5	15,6	1,0	15,1	4,1	5,0	5,8	6,7	7,5	8,4	10,1	11,9	13,6	15,4	17,2
1,0	15,2	1,0	15,4	4,2	5,1	5,9	6,8	7,7	8,5	10,3	12,1	13,9	15,7	17,5
1,5	14,9	1,1	15,7	4,3	5,2	6,1	6,9	7,8	8,7	10,5	12,3	14,2	16,0	17,9
2,0	14,5	1,1	16,1	4,4	5,3	6,2	7,1	8,0	8,9	10,7	12,6	14,5	16,3	18,2
2,5	14,1	1,1	16,5	4,5	5,4	6,3	7,2	8,2	9,1	11,0	12,9	14,8	16,7	18,6
3,0	13,7	1,2	16,9	4,6	5,5	6,5	7,4	8,3	9,3	11,2	13,1	15,1	17,1	19,0
3,5	13,3	1,2	17,3	4,7	5,6	6,6	7,6	8,5	9,5	11,5	13,5	15,4	17,5	19,5
4,0	12,9	1,2	17,8	4,8	5,8	6,8	7,7	8,7	9,7	11,7	13,8	15,8	17,9	19,9
4,5	12,6	1,3	18,3	4,9	5,9	6,9	7,9	9,0	10,0	12,0	14,1	16,2	18,3	20,4
5,0	12,2	1,3	18,8	5,0	6,1	7,1	8,1	9,2	10,2	12,3	14,5	16,6	18,8	20,9
5,5	11,8	1,3	19,4	5,2	6,2	7,3	8,4	9,4	10,5	12,7	14,9	17,1	19,3	21,5
6,0	11,4	1,4	20,0	5,3	6,4	7,5	8,6	9,7	10,8	13,0	15,3	17,5	19,8	21,0
6,5	11,0	1,4	20,6	5,5	6,6	7,7	8,8	10,0	11,1	13,4	15,7	18,0	20,4	22,7
7,0	10,6	1,5	21,3	5,6	6,8	7,9	9,1	10,3	11,4	13,8	16,2	18,6	21,0	23,4
7,5	10,3	1,5	22,0	5,8	7,0	8,2	9,4	10,6	11,8	14,2	16,7	19,1	21,6	24,1
8,0	9,9	1,6	22,8	6,0	7,2	8,5	9,7	10,9	12,2	14,7	17,2	19,8	22,3	24,9
8,5	9,5	1,6	23,6	6,2	7,5	8,8	10,0	11,3	12,6	15,2	17,8	20,4	23,1	25,8
9,0	9,1	1,7	24,6	6,4	7,8	9,1	10,4	11,7	13,1	15,7	18,5	21,2	23,9	26,7
9,5	8,7	1,8	25,6	6,7	8,1	9,4	10,8	12,2	13,6	16,3	19,1	22,0	24,8	27,7
10,0	8,3	1,9	26,7	7,0	8,4	9,8	11,2	12,7	14,1	17,0	19,9	22,8	25,8	28,8
10,5	8,0	2,0	27,9	7,2	8,7	10,2	11,7	13,2	14,7	17,7	20,7	23,8	26,9	30,0
11,0	7,6	2,1	29,2	7,6	9,1	10,7	12,2	13,8	15,3	18,5	21,7	24,9	28,1	31,3
11,5	7,2	2,2	30,6	7,9	9,5	11,2	12,8	14,4	16,1	19,4	22,7	26,0	29,4	32,8
12,0	6,8	2,3	32,3	8,3	10,0	11,7	13,4	15,1	16,9	20,3	23,8	27,3	30,8	34,4
12,5	6,4	2,4	34,1	8,8	10,6	12,3	14,1	15,9	17,8	21,4	25,1	28,8	32,5	36,2
13,0	6,0	1,6	36,1	9,3	11,2	13,0	14,9	16,9	18,8	22,6	26,5	30,4	34,3	38,3
13,5	5,7	2,7	38,5	9,8	11,8	13,8	15,9	17,9	19,9	24,0	28,1	32,2	36,4	40,6
14,0	5,3	192,0	41,1	10,5	12,6	14,8	16,9	19,1	21,2	25,6	30,0	34,4	38,8	43,3
14,5	4,8	3,1	44,2	11,2	13,5	15,8	18,1	20,4	22,7	27,4	32,1	36,8	41,6	46,4
15,0	4,5	3,4	47,8	12,1	14,6	17,1	19,5	22,0	24,5	29,6	34,6	39,7	44,8	50,0

Se recomienda el ajuste de la concentración de oxígeno en la combustión, esta regulación debe ser realizada por personal cualificado. Con el fin de establecer un seguimiento anual de estos resultados, conviene establecer un registro de los valores obtenidos cada mes.

El ahorro aproximado llevando a cabo esta actuación es del 3% del consumo total de combustible, que suponen 4.080 kWh. La inversión que lleva aparejada esta medida es de 181 euros por el ajuste en cada caldera.

10.2 REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA DE LAS ESTANCIAS

La regulación de la temperatura en las distintas dependencias es un factor sobre el que se puede actuar para conseguir que el sistema de climatización del edificio sea más eficiente.

El Consejo de Ministros en su sesión del 1 de agosto de 2008 aprobó el Plan de Activación del Ahorro y la Eficiencia Energética 2008-2011 que contiene 32 medidas, entre las que se encuentra la obligación de limitar las temperaturas a mantener en el interior de los establecimientos de edificios y locales climatizados destinados a usos administrativos, comerciales, culturales, de ocio y en estaciones de transporte, con el fin de reducir su consumo de energía. También propone la exhibición de la gama de temperaturas interiores registradas en los recintos de los edificios y locales que son frecuentados habitualmente por un número importante de personas o tienen una superficie superior a 1.000 m², reforzando de esta forma el Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.

Las medidas que se proponen en este Plan justifican que se haya aprobado el Real Decreto 178/2021, de 23 de marzo, por el que se modifica el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, y en concreto de su Instrucción Técnica IT-3 dedicada al mantenimiento y uso de estas instalaciones.

Dentro de esta Instrucción Técnica IT-3 se recoge en su apartado "I.T.3.8.2 Valores Límite de las temperaturas del aire" lo siguiente:

La temperatura del aire en los recintos habitables acondicionados que se indican en la I.T. 3.8.1 apartado 2, y entre los que se encuentran los edificios administrativos, se limitará a los siguientes valores:

- La temperatura del aire en los recintos calefactados no será superior a 21 °C, cuando para ello se requiera consumo de energía convencional para la generación de calor por parte del sistema de calefacción.
- La temperatura del aire en los recintos refrigerados no será inferior a 26 °C, cuando para ello se requiera consumo de energía convencional para la generación de frío por parte del sistema de refrigeración.
- Las condiciones de temperatura anteriores estarán referidas al mantenimiento de una humedad relativa comprendida entre el 30% y el 70%.

A través de los datos de los termostatos tomados de las estancias se puede determinar el ahorro potencial a través de la regulación de la temperatura de las estancias, ya que por cada °C que se aumente la temperatura de consigna en refrigeración se puede ahorrar un 8% del consumo, mientras que por cada °C que se reduzca la temperatura de consigna en calefacción se puede ahorrar un 7% del consumo. Esta medida no lleva asociada ningún coste.

Partiendo de la hipótesis de que la temperatura de consigna de las estancias está por encima de lo legislado en invierno con una consigna de 22,5°C y por debajo en verano, 24,5°C, se podría obtener un ahorro del

10,3% del consumo en invierno y del 11,8% en verano, lo que supone un ahorro energético de 30.705 kWh. La inversión que lleva aparejada esta medida es nula puesto que es meramente de gestión.

11 CONCLUSIONES

11.1 MEDIDAS DE AHORRO ESTUDIADAS

A continuación, se presenta una tabla con los resultados energéticos de la totalidad de las medidas de ahorro analizadas en el presente estudio.

En la tabla se muestra la siguiente información:

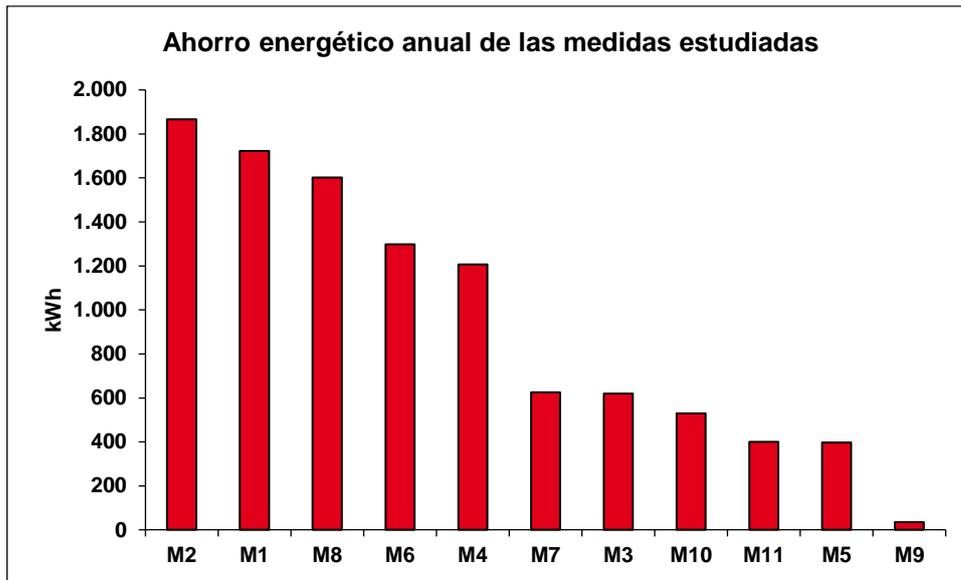
- Ahorro energético. Se muestra el ahorro de energía generado por la medida.
- Ahorro económico. Se muestra el ahorro económico anual derivado de la implantación de la medida de ahorro.
- Inversión. Se muestra la inversión necesaria para implementar la medida de ahorro.
- Periodo de retorno simple de la inversión¹⁸. Se muestra en años el periodo que, debido al ahorro económico generado por la medida, lleva recuperar la inversión realizada para su implementación.
- Emisiones evitadas. Se muestran las emisiones de CO₂ evitadas debido a la disminución del consumo de gas natural generado por la medida. En cuanto a la electricidad, no se ha considerado la disminución de emisiones como un aspecto a considerar debido a que en las instalaciones el consumo de electricidad cuenta con garantía de origen renovable.

¹⁸En este apartado no se ha considerado la evolución de los precios de la energía

Tabla 41. Tabla resumen de medidas de ahorro estudiadas

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro			Inversión	PRS	Emisiones	VAN	Vida útil
		kWh / año	% Total	€ / año	€	años	kg CO ₂ / año	€	años
M1	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de apliques por otros de LED	1.723	0,79	1.225	244	0,2	-	12.224	10
M2	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de luminarias empotradas por LED	1.866	0,85	1.400	808	0,6	-	13.446	10
M3	Instalación de perlizadores en grifos	620	0,28	97	99	1,0	103	892	10
M4	Instalación de sobre-enchufes Plugwise	1.207	0,55	845	554	0,7	-	8.047	10
M5	Instalación de detectores de presencia	397	0,18	281	280	1,0	-	2.579	10
M6	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de proyectores por LED	1.298	0,59	937	1.080	1,2	-	8.456	10
M7	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de downlights por LED	626	0,29	453	739	1,6	-	3.876	10
M9	Instalación de regletas eliminadoras de stand-by	36	0,02	25	55	2,2	-	202	10
M8	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	1.602	0,73	1.149	5.777	5,0	-	5.942	10
M10	Aislamiento del cuerpo de la caldera	529	0,24	24	700	28,88	106	-450	10
M11	Sustitución de calefactores por bombas de calor	401	0,18	280	10.766	38,4	-	-4.859	20

En el gráfico que se muestra a continuación se compara el ahorro energético anual conseguido mediante la aplicación de las diferentes medidas.



Gráfica 13. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro estudiadas en el edificio

Tabla 42. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro estudiadas en el edificio

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro de energía mejora (kWh/año)
M2	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de luminarias empotradas por LED	1.866
M1	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de apliques por otros de LED	1.723
M8	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	1.602
M6	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de proyectores por LED	1.298
M4	Instalación de sobre-enchufes Plugwise	1.207
M7	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de downlights por LED	626
M3	Instalación de perlizadores en grifos	620
M10	Aislamiento del cuerpo de la caldera	529
M11	Sustitución de calefactores por bombas de calor	401
M5	Instalación de detectores de presencia	397
M9	Instalación de regletas eliminadoras de stand-by	36

11.2 MEDIDAS DE AHORRO RECOMENDADAS

A continuación, se muestra una tabla con las medidas de ahorro que se proponen para su implementación.

De la totalidad de medidas estudiadas se recomienda la implementación de aquellas con un periodo de retorno inferior a 10 años.

Tabla 43. Tabla resumen de medidas de ahorro recomendadas en el edificio Centro Cultural Villa de Barajas Ampliación

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro			Inversión	PRS ¹⁹	Emisiones	VAN ²⁰	Vida útil
		kWh / año	% Total	€ / año	€	años	kg CO ₂ / año	€	años
M1	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de apliques por otros de LED	1.723	0,79	1.225	244	0,2	-	12.224	10
M2	Instalación de perlizadores en grifos	620	0,28	97	99	1,0	103	892	10
M3	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de luminarias empotradas por LED	1.866	0,85	1.400	808	0,6	-	13.446	10
M4	Instalación de sobre-enchufes Plugwise	1.207	0,55	845	554	0,7	-	8.047	10
M5	Instalación de detectores de presencia	397	0,18	281	280	1,0	-	2.579	10
M6	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de proyectores por LED	1.298	0,59	937	1.080	1,2	-	8.456	10
M7	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de downlights por LED	626	0,29	453	739	1,6	-	3.876	10

¹⁹ Periodo de Retorno Simple (PRS) = inversión (€) / ahorro económico anual (€). Cuanto más bajo es el valor, más interesante es ejecutar la medida de ahorro energético.

²⁰ Valor Actual Neto (VAN). Indicador para analizar la rentabilidad de la medida de ahorro energético. Una medida es rentable si VAN > 0.

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro			Inversión	PRS ¹⁹	Emisiones	VAN ²⁰	Vida útil
		kWh / año	% Total	€ / año	€	años	kg CO ₂ / año	€	años
M8	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	1.602	0,73	1.149	5.777	5,0	-	5.942	10
TOTAL		9.204²¹	4,2	6.295	9.580	1,5	103	-	-

²¹ El ahorro total no es igual a la suma del ahorro de cada medida, debido a que existen efectos cruzados entre ellas

Centro Cultural Villa de Barajas Ampliación

El ahorro energético que se consigue mediante la implantación conjunta de todas las medidas de ahorro no es igual a la suma del ahorro energético individualizado de cada medida. En una instalación de este tipo el ahorro de la implantación del total de las medidas es inferior a la suma de los ahorros de cada una de ellas. Esto se debe a que algunas de las medidas recomendadas presentan efectos cruzados.

Dos medidas presentan efectos cruzados cuando afectan al mismo consumo. Cuando esto ocurra, el ahorro de la acción conjunta de las dos medidas será inferior a la suma de los efectos de cada una de ellas.

En las instalaciones del edificio “Centro Cultural Villa de Barajas Ampliación” las medidas que presentan efectos cruzados son las medidas que afectan a la iluminación, debido a las medidas de control del tiempo de encendido con el cambio de lámparas.

El ahorro de cada medida por separado se ha calculado bajo la hipótesis de que el resto de la instalación no variará. En el momento que el resto de la instalación varía, el ahorro también lo hará. Sin embargo, la inversión total sí es igual a la suma de la inversión de cada medida de ahorro. Se muestra a continuación una tabla con los resultados energéticos y económicos de la implantación conjunta de todas las medidas de ahorro recomendadas.

Tabla 44. Ahorro energético anual de las medidas de ahorro en el edificio Centro Cultural Villa de Barajas Ampliación

IMPLANTACIÓN CONJUNTA DE TODAS LAS MEDIDAS DE AHORRO		
Ahorro energético		Total
	[kWh/año]	9.204
Ahorro energético sobre el consumo total del edificio		Total
	[%]	4,2
Emisiones evitadas	[kg CO ₂ / año]	103
Reducción de emisiones sobre el total	[%]	0,32
Ahorro económico	[€ / año]	6.295
Inversión necesaria	[€]	9.580
Periodo de retorno simple de la inversión	[Años]	1,5

Para los resultados que se muestran de ahora en adelante, se han tenido en cuenta los efectos de la implantación conjunta de todas las medidas de ahorro recomendadas.

En la tabla que se muestra a continuación se puede ver el consumo total del edificio anterior y posteriormente a la implantación de las medidas. Del mismo modo se muestra el coste energético actual y el que tendrá el edificio tras la implantación de las medidas.

Tabla 45. Consumo y coste energético antes y después de la implantación de las medidas en el edificio

Concepto	Unidades	Situación inicial	Situación ²² final	Ahorro
Consumo energético	[kWh / año]	218.898	209.694	9.204
Coste energético	[€ / año]	47.431	41.136	6.295

11.3 REDUCCIÓN DE EMISIONES

Debido a que en las instalaciones del Ayuntamiento de Madrid el consumo de electricidad cuenta con garantía de origen renovable el computo de la huella de carbono es de 0 emisiones.

Si lo analizamos desde el punto de vista global, con las medidas propuestas en esta revisión habría una reducción del consumo eléctrico de 8.584 kWh que evitaría a 2.223 kg de emisiones de CO₂ evitadas teniendo en cuenta el factor de emisiones del mix de comercializadoras sin garantía de origen renovable para el 2021 que fue de 0,259 kgCO₂/kWh.

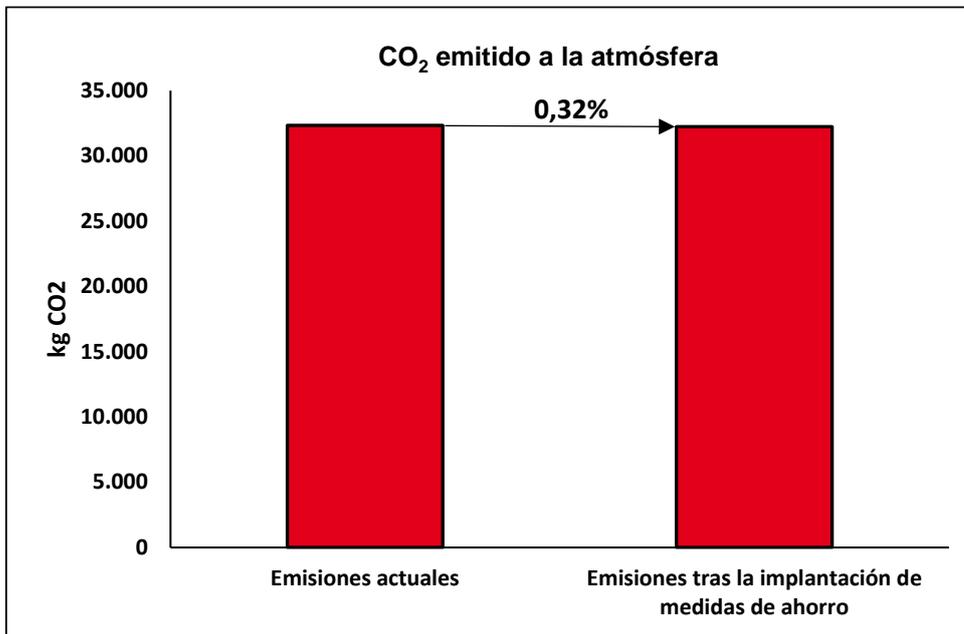
A continuación, se muestra una tabla y un gráfico con las emisiones contaminantes procedentes del consumo de gas natural de las instalaciones, las que se emitirán tras la implantación de todas las medidas de ahorro y la disminución de emisiones que supondrá dicha implantación.

Tabla 46. Emisiones contaminantes actualmente y tras la implantación de las medidas

Contaminante	Unidades	Emisión por consumo energético		Disminución
		Situación actual	Situación final ²³	
Consumo energético	[kWh / año]	218.898	209.694	9.204
Emisiones de CO₂	[kg / año]	32.344	32.241	103

²²Después de la implantación de las medidas

²³Después de la implantación de las medidas


Gráfica 14. Ahorro de emisiones de CO₂

11.4 PLAN DE ACTUACIÓN

El objetivo de un plan de actuación es optimizar el orden de las inversiones realizadas para poder llevarlas a cabo con un desembolso económico mínimo. Para conseguir esto se deben ordenar las inversiones en función de su rentabilidad, para aprovechar al máximo los ahorros que se consiguen con la implantación de las medidas.

El plan de actuación podría aplicarse de la siguiente manera. Se implantarán las medidas con mayores ahorros y periodos de retornos más cortos.

Se ha realizado una clasificación de las medidas según su periodo de retorno. Se han dividido en tres grupos: PRS menor de 3 años, PRS entre 3 y 7 años y PRS mayor de 7 años.

A continuación, se van a clasificar las diferentes medidas en función de su rentabilidad:

Medidas de ahorro con PRS menor de 3 años

Tabla 47. Medidas con PRS bajo

Nº	Resumen de medidas de ahorro	Ahorro de energía (kWh/año)	Ahorro económico anual (€/año)	Inversión asociada (€)	Periodo de retorno (años)
M1	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de apliques por otros de LED	1.723	1.225	244	0,2
M3	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de luminarias empotradas por LED	1.866	1.400	808	0,6

Nº	Resumen de medidas de ahorro	Ahorro de energía (kWh/año)	Ahorro económico anual (€/año)	Inversión asociada (€)	Periodo de retorno (años)
M4	Instalación de sobreenchufes Plugwise	1.207	845	554	0,7
M2	Instalación de perlizadores en grifos	620	97	99	1,0
M5	Instalación de detectores de presencia	397	281	280	1,0
M6	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de proyectores por LED	1.298	937	1.080	1,2
M7	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de downlights por LED	626	453	739	1,6

Medidas de ahorro con PRS entre 3 y 7 años
Tabla 48. Medidas con PRS medio

Nº	Resumen de medidas de ahorro	Ahorro de energía (kWh/año)	Ahorro económico anual (€/año)	Inversión asociada (€)	Periodo de retorno (años)
M8	Iluminación. Cambio de Potencia: Sustitución de tubos fluorescentes por LED	1.602	1.149	5.777	5,0

Medidas de ahorro con PRS mayor de 7 años

No se identifican medidas de ahorro recomendadas con un PRS superior a 7 años.

12 ANEXOS

12.1 CALEFACCIÓN

Tabla 49. Inventario equipos centralizados calefacción

Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Cubierta	Cubierta	Caldera	Ferrolí Force B 150N	1	140.000	0,98	250	-
Cubierta	Cubierta	Bomba de Calor	TRANE CXAX/052	1	139.000	2,98	46.644	R410A

Tabla 50. Inventario equipos bombeo calefacción

Planta	Estancia	Circuito	Unid	Potencia eléctrica (W)
Cubierta	Cubierta	Primario	2	740

Tabla 51. Inventario equipos individualizados calefacción

Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Sótano	Gimnasio	Cassette	Fujitsu	2	-	-	80	-
Baja	Recepción	Calefactor	Stanley	1	-	-	1.800	-
Primera	Sala polivalente	Calefactor	Stanley	3	-	-	1.800	-
Primera	Sala pintura	Calefactor	-	1	-	-	1.800	-
Bajo cubierta	Sala informática	Calefactor	Stanley	2	-	-	1.800	-
Bajo cubierta	Sala multiusos	Calefactor	Stanley	1	-	-	1.800	-
Segunda	Sala manualidades	Calefactor	Stanley	1	-	-	3.000	-
Sótano	Gimnasio	Bomba de calor (calor)	Fujitsu	2	10.000	3,70	2.703	R410A
Sótano	Gimnasio	Fancoil	-	3	-	-	100	-
Sótano	Zona de espera	Fancoil	-	1	-	-	100	-
Sótano	Taquillas	Fancoil	-	1	-	-	100	-
Sótano	Vestuarios masculinos	Fancoil	-	1	-	-	100	-
Sótano	Vestuarios femeninos	Fancoil	-	1	-	-	100	-
Baja	Sala de exposiciones 1	Fancoil	-	4	-	-	100	-
Baja	Sala de exposiciones 2	Fancoil	-	3	-	-	100	-
Primera	Sala pintura	Fancoil	-	3	-	-	100	-
Primera	Aseos	Fancoil	-	1	-	-	100	-
Primera	Sala polivalente	Fancoil	-	4	-	-	100	-
Segunda	Sala grabado	Fancoil	-	3	-	-	100	-

Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Segunda	Sala manualidades	Fancoil	-	4	-	-	100	-
Bajo cubierta	Aseos	Fancoil	-	1	-	-	100	-
Bajo cubierta	Sala informática	Fancoil	-	1	-	-	100	-
Primera	Sala pintura	Calefactor	-	1	-	-	2.930	-
Segunda	Aseos	Fancoil	-	1	-	-	100	-

12.2 REFRIGERACIÓN

Tabla 52. Inventario equipos centralizados refrigeración

Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Cubierta	Cubierta	Bomba de Calor	TRANE CXAX/052	1	146.000	3,00	48.667	R410A

Tabla 53. Inventario equipos bombeo refrigeración

Planta	Estancia	Circuito	Unid	Potencia eléctrica (W)
Cubierta	Cubierta	Primario	2	740

Tabla 54. Inventario equipos individualizados refrigeración

Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Sótano	Gimnasio	Cassette	Fujitsu	2	-	-	80	-
Sótano	Gimnasio	Aire acondicionado portátil	-	1	-	-	3.520	-
Primera	Sala pintura	Ventilador	-	1	-	-	1.000	-
Primera	Sala pintura	Aire acondicionado portátil	-	1	-	-	3.520	-
Segunda	Sala manualidades	Aire acondicionado portátil	-	1	-	-	3.520	-

Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Sótano	Gimnasio	Bomba de calor (frío)	Fujitsu	2	8.500	3,21	2.650	R410A
Sótano	Gimnasio	Fancoil	-	3	-	-	100	-
Sótano	Zona de espera	Fancoil	-	1	-	-	100	-
Sótano	Taquillas	Fancoil	-	1	-	-	100	-
Sótano	Vestuarios masculinos	Fancoil	-	1	-	-	100	-
Sótano	Vestuarios femeninos	Fancoil	-	1	-	-	100	-
Baja	Sala de exposiciones 1	Fancoil	-	4	-	-	100	-
Baja	Sala de exposiciones 2	Fancoil	-	3	-	-	100	-
Primera	Sala pintura	Fancoil	-	3	-	-	100	-
Primera	Aseos	Fancoil	-	1	-	-	100	-
Primera	Sala polivalente	Fancoil	-	4	-	-	100	-
Segunda	Sala grabado	Fancoil	-	3	-	-	100	-
Segunda	Sala manualidades	Fancoil	-	4	-	-	100	-
Bajo cubierta	Aseos	Fancoil	-	1	-	-	100	-
Bajo cubierta	Sala informática	Fancoil	-	1	-	-	100	-
Segunda	Aseos	Fancoil	-	1	-	-	100	-

12.3 VENTILACIÓN

Tabla 55. Inventario equipos ventilación

Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia motor impulsión (W)
Cubierta	Cubierta	Climatizador/UTA	Termoven CLA-2009/2	1	1.500
Cubierta	Cubierta	Climatizador/UTA	Termoven CLA-2010/1	1	1.500

12.4 GENERACIÓN DE ACS

Tabla 56. Inventario equipos generación ACS

Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Potencia eléctrica (W)	Rto.	Capacidad (litros)
Cubierta	Cubierta	Caldera	Ferrolí Force B 150N	1	140.000	250	0,98	-
Primera	Sala polivalente	Termo eléctrico	GreenHeiss	1	-	1.500	-	30
Primera	Sala pintura	Termo eléctrico	GreenHeiss	1	-	1.500	-	30
Segunda	Sala manualidades	Termo eléctrico	Cabel	1	-	1.200	-	30
Segunda	Sala grabado	Termo eléctrico	Cabel	1	-	1.500	-	50

Tabla 57. Inventario equipos bombeo ACS

Planta	Estancia	Circuito	Unid	Potencia eléctrica (W)
Sótano	Sala de caldera	Circuito ACS	1	300

12.5 EQUIPOS

Tabla 58. Inventario equipos

Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia ON (W)	Potencia Stand-by (W)
Sótano	Gimnasio A	Altavoz grande	1	80	-
Baja	Aseos	Secador de manos	2	2.000	-
Baja	Recepción	Máquina expendedora café	1	1.800	-
Baja	Recepción	Equipo de música	1	350	-
Baja	Recepción	Mini rack	1	150	-
Baja	Recepción	Encuadernadora	1	150	-
Baja	Recepción	Impresora multifunción	1	700	9
Primera	Sala polivalente	TV Color (32-43 pulg Plasma)	1	250	11
Primera	Sala polivalente	Altavoz	1	20	-
Primera	Sala pintura	Radio	1	40	-
Bajo cubierta	Sala informática	Ordenador+LCD	6	100	17
Bajo cubierta	Sala informática	Proyector	1	400	5
Bajo cubierta	Sala informática	Altavoz	2	20	-
Bajo cubierta	Sala multiusos	Altavoz	3	20	-
Segunda	Sala manualidades	Microondas	1	2.000	-
Segunda	Sala manualidades	Cafetera	1	1.900	-
Segunda	Sala manualidades	Horno	1	6.000	-
Segunda	Sala manualidades	Plancha	1	1.000	-

Planta	Estancia	Equipo	Unid	Potencia ON (W)	Potencia Stand-by (W)
Segunda	Sala grabado	Kettle	1	3.000	-
Segunda	Sala grabado	Horno eléctrico portátil	1	1.800	-
Bajo cubierta	Sala multiusos	Flexo	1	25	2
Segunda	Sala grabado	Flexo	6	25	2
Primera	Sala pintura	Flexo	5	25	2
Sótano	Aseos	Secador de manos	1	2.000	-
Sótano	Aseos	Secador de manos	1	2.000	-

12.6 ILUMINACIÓN

Tabla 59. Inventario y propuestas iluminación

Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Sótano	Gimnasio	Empotrada	Fluorescente T5	25	3	14	Balasto electrónico	LedTUBE 600mm. 950 lm	-
Sótano	Zona de espera	Downlight	LED	7	1	13	Driver	-	-
Sótano	Aljibe	Pantalla estanca	LED	1	2	20	Driver	-	-
Sótano	Aljibe	Pantalla estanca	LED	1	2	20	Driver	-	-
Sótano	Taquilla	Downlight	LED	2	1	13	Driver	-	-
Sótano	Pasillo	Downlight	LED	5	1	13	Driver	-	-
Sótano	Vestuario	Downlight	Fluorescente compacta no integrada	2	1	26	Balasto electromagnético	Downlight LED 1100 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Sótano	Almacén	Pantalla estanca	LED	1	1	20	Driver	-	-
Sótano	Vestuarios masculinos	Downlight	Fluorescente compacta no integrada	4	1	26	Balasto electromagnético	Downlight LED 1100 lm	-

Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Sótano	Aseos vestuarios masculinos	Downlight	Fluorescente compacta no integrada	2	1	26	Balasto electromagnético	Downlight LED 1100 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Sótano	Vestuarios femeninos	Downlight	Fluorescente compacta no integrada	4	1	26	Balasto electromagnético	Downlight LED 1100 lm	-
Sótano	Aseos vestuarios femeninos	Downlight	Fluorescente compacta no integrada	2	1	26	Balasto electromagnético	Downlight LED 1100 lm	LRM 1000 Detector Occuswitch, aseos y aulas
Baja	Sala de exposiciones izquierda	Empotrada	Fluorescente compacta lineal	8	2	36	Balasto electromagnético	Panel LED 4000 lm	-
Baja	Sala de exposiciones izquierda	Regleta	Halogenuro metálico	12	1	100	Balasto electromagnético	-	-
Baja	Sala de exposiciones izquierda	Regleta	Halogenuro metálico	5	1	70	Balasto electromagnético	-	-
Sótano	Escalera	Aplicado	Incandescente	2	1	100	Ninguno	Aplicado LED 500 lm	-
Baja	Patio	Downlight	LED	3	1	13	Driver	-	-

Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Baja	Patio	Proyector	Halogenuro metálico	6	1	100	Balasto electromagnético	Proyector LED 4890 lm	-
Baja	Patio	Proyector	Halogenuro metálico	2	1	70	Balasto electromagnético	Proyector LED 4890 lm	-
Baja	Escalera 1	Aplique	Incandescente	1	1	100	Ninguno	Aplique LED 500 lm	-
Baja	Sala de exposiciones derecha	Empotrada	Fluorescente compacta lineal	9	2	36	Balasto electrónico	Panel LED 4000 lm	-
Baja	Sala de exposiciones derecha	Regleta	Halogenuro metálico	6	1	100	Balasto electromagnético	-	-
Baja	Sala de exposiciones derecha	Regleta	Halogenuro metálico	3	1	70	Balasto electromagnético	-	-
Baja	Sala de exposiciones derecha	Downlight	Fluorescente compacta no integrada	1	1	26	Balasto electromagnético	Downlight LED 1100 lm	-
Baja	Escalera 2	Aplique	Incandescente	1	1	100	Ninguno	Aplique LED 500 lm	-
Baja	Aseos	Downlight	LED	5	1	13	Driver	-	-

Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Baja	Aseos	Downlight	LED	1	2	13	Driver	-	-
Baja	Escalera 1	Pantalla estanca	LED	1	1	20	Driver	-	-
Baja	Escalera 1	Uplight	LED	2	1	8	Driver	-	-
Primera	Sala pintura	Empotrada	Fluorescente T5	16	3	14	Balasto electrónico	LedTUBE 600mm. 950 lm	-
Primera	Aseos	Downlight	LED	6	1	13	Driver	-	-
Primera	Pasillo	Downlight	LED	9	1	13	Driver	-	-
Primera	Escalera	Aplique	Incandescente	1	1	100	Ninguno	Aplique LED 500 lm	-
Primera	Sala manualidades	Empotrada	Fluorescente T5	24	3	14	Balasto electrónico	LedTUBE 600mm. 950 lm	-
Baja	Entrada	Downlight	LED	1	1	13	Driver	-	-
Segunda	Sala grabado	Empotrada	Fluorescente T5	16	3	14	Trafo electromagnético	LedTUBE 600mm. 950 lm	-
Segunda	Aseos	Downlight	LED	6	1	13	Driver	-	-
Segunda	Pasillo	Downlight	LED	9	1	26	Driver	-	-
Segunda	Escalera	Aplique	Incandescente	1	1	100	Ninguno	Aplique LED 500 lm	-

Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Segunda	Sala manualidades	Empotrada	Fluorescente T5	24	3	14	Balasto electrónico	LedTUBE 600mm. 950 lm	-
Bajo cubierta	Sala multiusos	Suspendida	Fluorescente T5	6	2	49	Balasto electrónico	LedTUBE 1500mm. 2000 lm	-
Bajo cubierta	Sala multiusos	Downlight	Fluorescente compacta no integrada	4	2	26	Balasto electromagnético	Downlight LED 2300 lm	-
Bajo cubierta	Aseos	Downlight	Fluorescente compacta no integrada	4	1	26	Balasto electromagnético	Downlight LED 1100 lm	-
Bajo cubierta	Pasillo	Downlight	LED	8	1	13	Driver	-	-
Bajo cubierta	Pasillo	Suspendida	Fluorescente T5	3	2	49	Balasto electrónico	LedTUBE 1500mm. 2000 lm	LRM 1020 Detector Occuswitch, pasillos
Bajo cubierta	Escalera	Aplique	Incandescente	1	1	100	Ninguno	Aplique LED 500 lm	-
Bajo cubierta	Terraza 1	Aplique	Incandescente	2	1	100	Ninguno	Aplique LED 500 lm	-
Bajo cubierta	Terraza 2	Aplique	Incandescente	2	1	100	Ninguno	Aplique LED 500 lm	-

Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar	Propuesta potencia	Propuesta tiempo
Bajo cubierta	Sala informática	Downlight	Fluorescente compacta no integrada	8	2	26	Balasto electromagnético	Downlight LED 2300 lm	-
Bajo cubierta	Sala informática	Suspendida	Fluorescente T5	6	2	49	Balasto electrónico	LedTUBE 1500mm. 2000 lm	-
Bajo cubierta	Aseos	Downlight	LED	2	1	13	Driver	-	-
Cubierta	Cubierta	Aplicque	Incandescente	4	1	100	Ninguno	Aplicque LED 500 lm	-

12.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO LÍNEA BASE

En este edificio las variables más significativas en cuanto al consumo de energía son las siguientes:

- Temperatura exterior – Grados día, obtenidos de la estación meteorológica de LEMD situada en el Aeropuerto de Madrid-Barajas²⁴, donde gdc hace referencia a grados día de calefacción y gdr a los grados día de refrigeración.

Las siguientes tablas muestran los datos de consumo y variables utilizados en el análisis:

Tabla 60. Consumo eléctrico y variables significativas para la línea base

Inicio lectura	Fin lectura	Consumo electricidad (kWh)	gdr19	gdr20	gdr22	gdr24	gdc15	gdc17	gdc19
01/03/2018	31/03/2018	8.861	1	0	0	0	188	246	305
01/04/2018	30/04/2018	7.845	16	12	5	2	98	139	185
01/05/2018	31/05/2018	7.768	29	20	9	2	37	66	104
01/06/2018	30/06/2018	12.597	130	113	83	59	8	20	37
01/07/2018	31/07/2018	19.012	221	195	147	107	0	1	5
01/08/2018	31/08/2018	11.733	260	232	181	137	0	0	2
01/09/2018	30/09/2018	14.140	154	131	93	63	0	2	10
01/10/2018	31/10/2018	8.800	26	19	10	5	59	94	136
01/11/2018	30/11/2018	7.730	0	0	0	0	146	201	259
01/12/2018	31/12/2018	8.176	0	0	0	0	271	330	390

²⁴ Fuente: www.degreedays.net (using temperature data from www.wunderground.com)

Inicio lectura	Fin lectura	Consumo electricidad (kWh)	gdr19	gdr20	gdr22	gdr24	gdc15	gdc17	gdc19
01/01/2019	31/01/2019	8.419	0	0	0	0	316	376	436
01/02/2019	28/02/2019	7.447	1	0	0	0	218	268	320
01/03/2019	31/03/2019	7.567	6	3	1	0	137	183	233
01/04/2019	30/04/2019	6.917	9	6	3	0	114	160	211
01/05/2019	31/05/2019	7.973	64	52	32	17	30	53	83
01/06/2019	30/06/2019	15.102	163	142	105	74	7	15	27
01/07/2019	31/07/2019	19.271	280	251	198	150	0	0	2
01/08/2019	31/08/2019	19.815	224	198	150	110	0	1	5
01/09/2019	30/09/2019	14.709	89	74	48	29	5	14	32
01/10/2019	31/10/2019	10.640	35	27	16	8	58	91	132
01/11/2019	30/11/2019	7.922	1	0	0	0	149	202	259
01/12/2019	31/12/2019	7.995	0	0	0	0	212	271	331
01/01/2020	31/01/2020	8.810	0	0	0	0	287	347	407
01/02/2020	29/02/2020	7.647	1	0	0	0	172	222	275
01/03/2020	31/03/2020	5.773	5	4	1	0	137	188	243
01/04/2020	30/04/2020	3.009	3	1	0	0	70	112	163
01/05/2020	31/05/2020	2.843	84	71	48	30	22	44	72

Inicio lectura	Fin lectura	Consumo electricidad (kWh)	gdr19	gdr20	gdr22	gdr24	gdc15	gdc17	gdc19
01/06/2020	30/06/2020	2.782	139	120	86	58	7	16	31
01/07/2020	31/07/2020	2.991	294	265	212	164	0	0	1
01/08/2020	31/08/2020	2.828	227	202	156	116	1	3	9
01/09/2020	30/09/2020	2.810	97	81	56	36	8	19	38
01/10/2020	31/10/2020	5.329	12	8	4	1	84	127	177
01/11/2020	30/11/2020	6.492	1	0	0	0	149	202	258
01/12/2020	31/12/2020	7.701	0	0	0	0	240	299	359
01/01/2021	31/01/2021	7.409	0	0	0	0	378	438	498
01/02/2021	28/02/2021	6.654	0	0	0	0	159	210	264
01/03/2021	31/03/2021	6.899	2	1	1	0	168	219	274
01/04/2021	30/04/2021	6.042	3	2	2	0	89	134	186
01/05/2021	31/05/2021	4.373	62	51	51	17	36	61	92
01/06/2021	30/06/2021	3.838	134	115	115	56	1	7	21
01/07/2021	31/07/2021	3.521	234	209	209	122	1	3	8
01/08/2021	31/08/2021	2.905	253	226	226	134	0	2	5
01/09/2021	30/09/2021	2.320	85	70	70	24	6	17	36
01/10/2021	31/10/2021	2.958	26	18	18	2	59	91	131

Inicio lectura	Fin lectura	Consumo electricidad (kWh)	gdr19	gdr20	gdr22	gdr24	gdc15	gdc17	gdc19
01/11/2021	30/11/2021	5.214	0	0	0	0	199	254	312
01/12/2021	31/12/2021	5.044	0	0	0	0	220	279	339

Se desestiman los datos de:

- Facturas desde el 01/03/2020, debido a que los consumos del centro no son representativos.

Tabla 61. Consumo de gas natural y variables significativas para la línea base

Inicio lectura	Fin lectura	Consumo gas natural (kWh)	gdc15	gdc17	gdc19
31/12/2018	30/01/2019	26	320	380	440
30/01/2019	26/02/2019	34.656	218	269	322
26/02/2019	29/03/2019	26.422	145	192	244
29/03/2019	26/04/2019	20.528	120	167	217
26/04/2019	29/05/2019	3.979	38	65	99
29/05/2019	27/06/2019	0	9	18	33
27/06/2019	30/07/2019	0	0	0	2
30/07/2019	30/08/2019	0	0	1	5
30/08/2019	27/09/2019	0	3	10	26
27/09/2019	05/11/2019	11.197	61	102	154
05/11/2019	27/11/2019	23.251	140	183	227
27/11/2019	27/12/2019	24.763	180	239	299
27/12/2019	30/01/2020	42.435	336	404	472
30/01/2020	27/02/2020	29.871	169	221	274
27/02/2020	06/04/2020	0	186	252	324
06/04/2020	29/04/2020	15.687	43	76	116

Inicio lectura	Fin lectura	Consumo gas natural (kWh)	gdc15	gdc17	gdc19
29/04/2020	29/05/2020	85	25	49	79
29/05/2020	26/06/2020	75	7	17	33
26/06/2020	30/07/2020	53	0	0	1
30/07/2020	31/08/2020	85	1	3	9
31/08/2020	29/09/2020	95	8	18	37
29/09/2020	28/10/2020	14.396	74	114	160
28/10/2020	30/11/2020	28.749	165	226	289
30/11/2020	30/12/2020	43.707	237	296	356
30/12/2020	29/01/2021	33.408	393	453	513
29/01/2021	27/02/2021	30.090	166	222	280
27/02/2021	29/03/2021	24.293	174	227	283
29/03/2021	29/04/2021	11.643	97	143	197
29/04/2021	01/06/2021	3.547	41	69	104
01/06/2021	01/07/2021	0	1	7	22
01/07/2021	30/07/2021	0	1	3	8
30/07/2021	31/08/2021	0	0	2	5
31/08/2021	30/09/2021	0	6	17	36

Inicio lectura	Fin lectura	Consumo gas natural (kWh)	gdc15	gdc17	gdc19
30/09/2021	08/11/2021	0	100	147	203
08/11/2021	07/12/2021	32.207	220	276	334

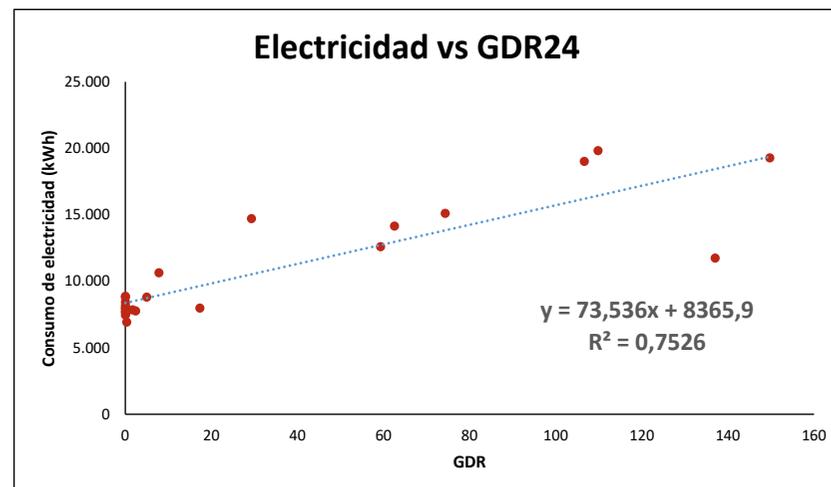
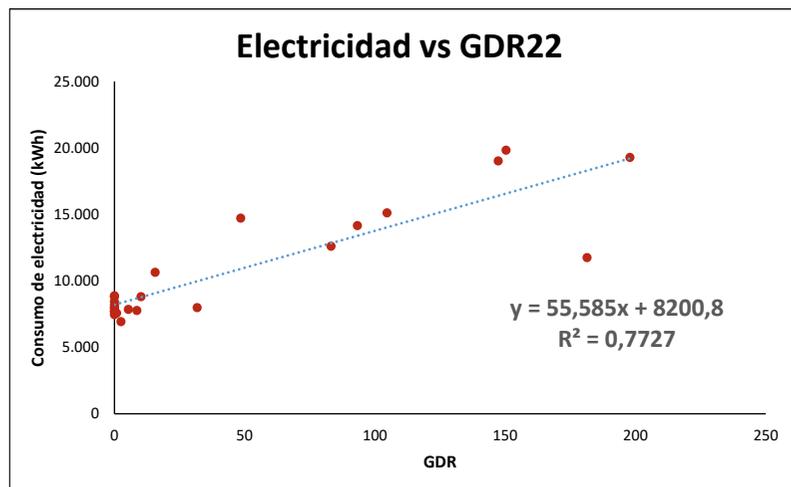
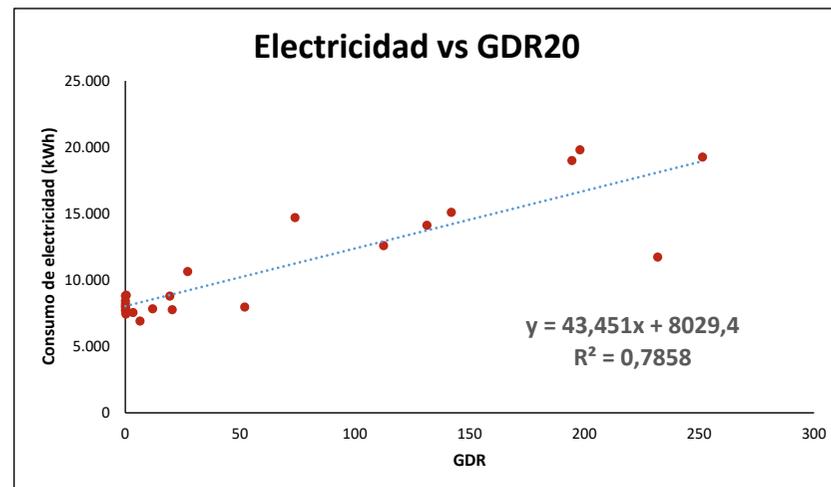
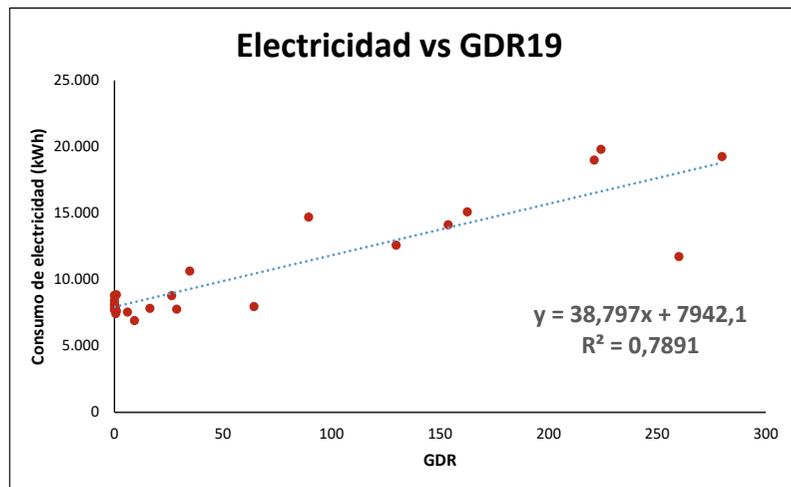
Se desestiman los datos de:

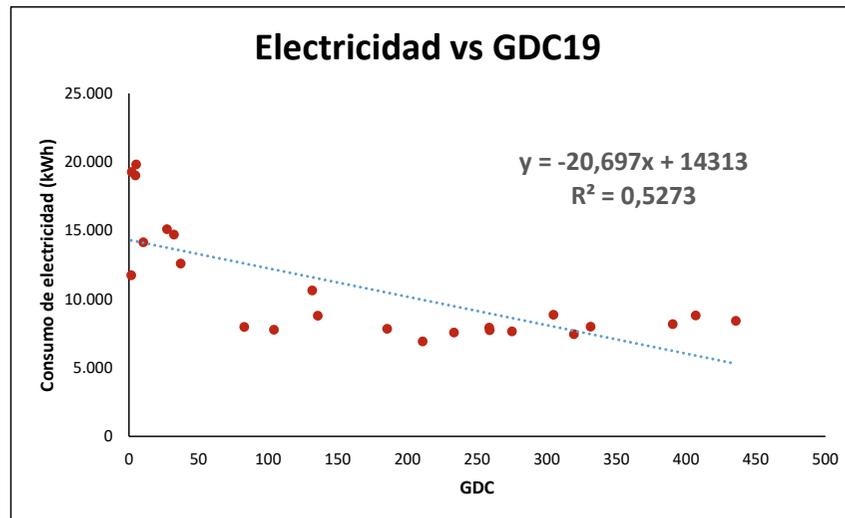
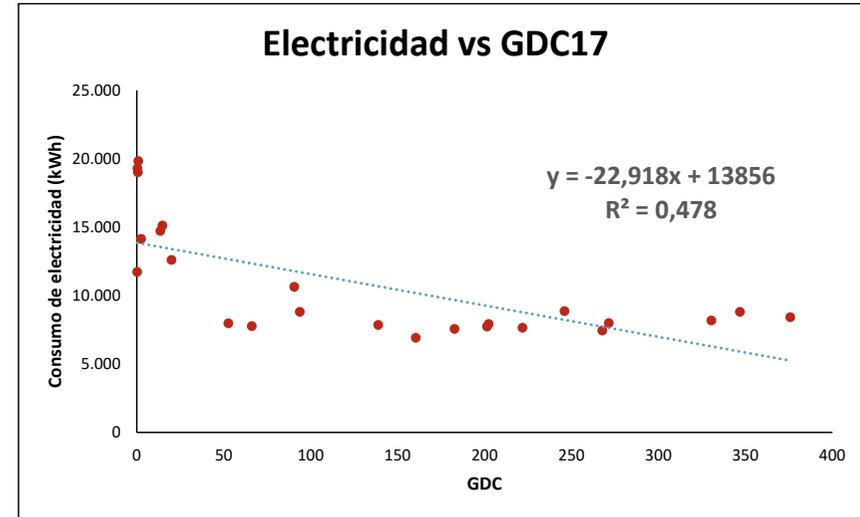
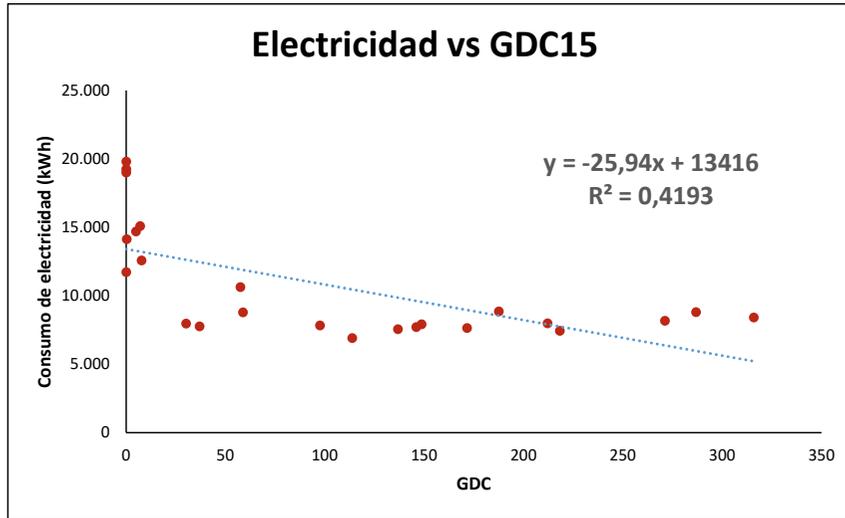
- Facturas del 31/12/2018 al 30/01/2019 por presentar un consumo casi nulo
- Facturas del 27/02/2020 al 06/04/2020, debido a que el funcionamiento del centro no es el habitual por la pandemia
- Los meses de agosto por estar el centro cerrado.

12.7.1 FUNCIÓN SIMPLIFICADA O DE UNA ÚNICA VARIABLE

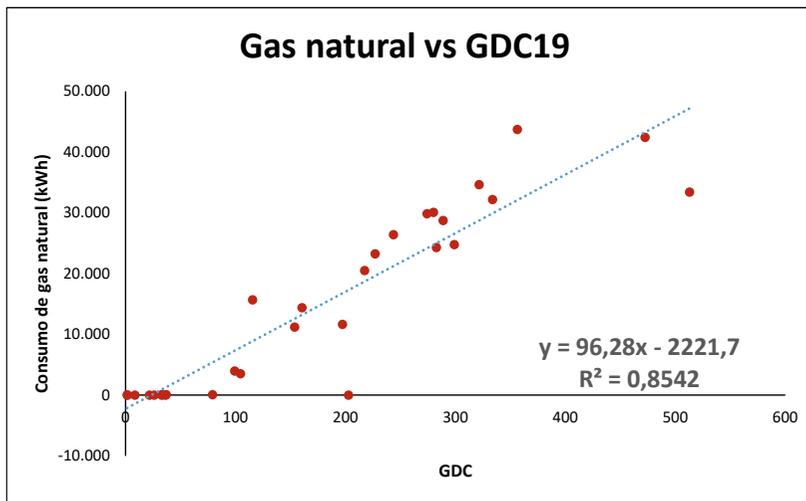
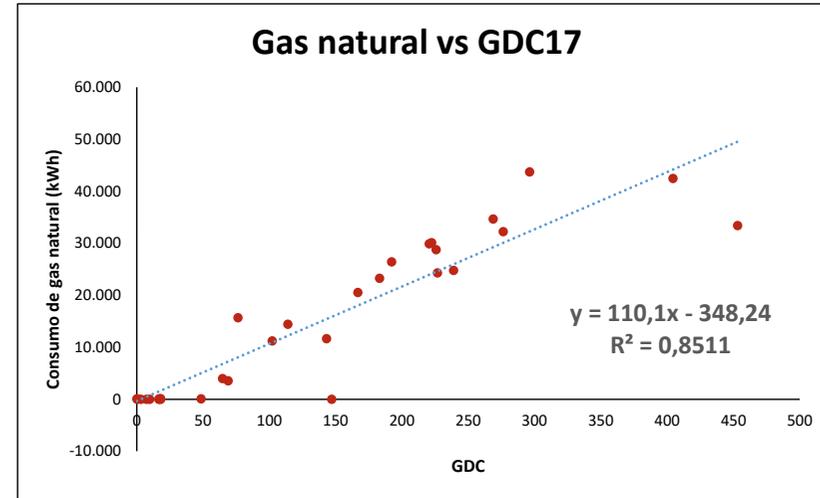
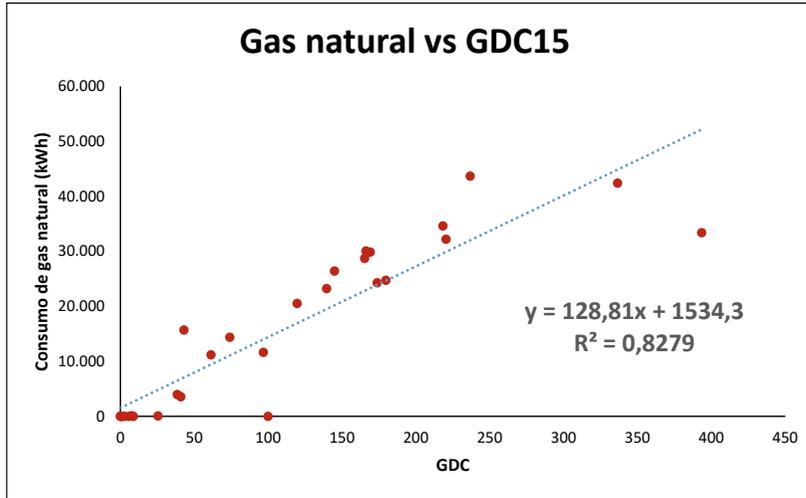
Las siguientes gráficas representan el resultado del ajuste de los consumos de electricidad y gas natural a una ecuación en función de la variable seleccionada. Para que la función sea válida matemáticamente el coeficiente de correlación múltiple debe ser $>0,75$.

• ELECTRICIDAD





• GAS NATURAL



La relación entre el consumo de gas natural y los GDC15 da buenos resultados estadísticos, pero con una desviación promedio muy alta (486%), por lo que se realizan nuevas pruebas eliminando datos que aumentan las desviaciones.

Se desestiman los datos de los periodos que aumentan el sesgo, en este caso las facturas correspondientes a:

- Facturas del 29/04/2020 al 29/09/2020, debido a que el funcionamiento del centro no es el habitual por la pandemia
- Facturas del 26/04/2019 al 29/05/2019, 30/12/2020 al 29/01/2021, del 29/03/2021 al 01/06/2021 por presentar un consumo reducido respecto a los gd

Se selecciona como línea de base la relación entre el consumo de gas natural y los GDC15, con la siguiente ecuación y resultados estadísticos:

Consumo de gas natural (kWh)=		
147,92	* GDC15 +	1.027,61

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,938632806
Coeficiente de determinación R ²	0,881031544
R ² ajustado	0,875083121
Error típico	5265,446349
Observaciones	22

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	4106388272	4106388272	148,1117887	1,06E-10
Residuos	20	554498505,1	27724925,26		
Total	21	4660886777			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Intercepción	1027,608507	1808,534005	0,568199716	0,576223895	-2744,927321	4800,144336	-2744,927321	4800,144336
gdc15	147,9173275	12,1541401	12,17011868	1,05972E-10	122,5642355	173,2704195	122,5642355	173,2704195

Desviación promedio	9,6%
---------------------	------

12.7.2 FUNCIÓN MULTIVARIABLE

A continuación, se analiza el resultado del ajuste de los consumos de electricidad a una ecuación en función de dos variables seleccionadas. Para que la función sea válida matemáticamente el coeficiente de correlación múltiple debe ser $>0,75$, el valor crítico de F debe ser $< 0,05$ y mejor cuanto más bajo y la desviación promedio del consumo calculado mediante la ecuación y el consumo real debe ser menor del 10%.

CONSUMO ELÉCTRICO

- CONSUMO ELÉCTRICO VS GDR19 y GDC19**

Consumo de electricidad (kWh)=				
38,83	* GDR19 +	11,36	* GDC19 +	7.934,7

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,888318001
Coeficiente de determinación R ²	0,789108871
R ² ajustado	0,769024001
Error típico	1983,572319
Observaciones	24

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>omedio de los cuadrac</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	309167607,9	154583804	39,28872288	7,99121E-08
Residuos	21	82625742,07	3934559,146		
Total	23	391793350			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Intercepción	7934,758313	1404,37801	5,65001606	1,31461E-05	5014,194359	10855,32227	5014,194359	10855,32227
gdr19	38,83199898	7,605205157	5,105976523	4,66874E-05	23,01610905	54,64788892	23,01610905	54,64788892
gdc19	0,028038578	4,963308601	0,005649171	0,99554596	-10,2937267	10,34980386	-10,2937267	10,34980386

Desviación promedio	10,9%
---------------------	-------

• **CONSUMO ELÉCTRICO VS GDR19 y GDC19**

Se desestiman los datos de los periodos que aumentan el sesgo, en este caso las facturas correspondientes al periodo:

- Facturas del 01/08/2018 al 31/08/2018, por presentar un consumo reducido respecto a los gd

Consumo de electricidad (kWh)=				
50,61	* GDR19+	3,34	* GDC19 +	6.863,60

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,96033132
Coeficiente de determinación R ²	0,922236244
R ² ajustado	0,914459869
Error típico	1232,505638
Observaciones	23

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>omedio de los cuadrac</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	360307069,5	180153534,7	118,5946119	8,08672E-12
Residuos	20	30381402,97	1519070,149		
Total	22	390688472,4			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Intercepción	6863,597291	891,5303843	7,698668954	2,0986E-07	5003,897497	8723,297084	5003,897497	8723,297084
gdr19	50,61260051	5,134787679	9,856804929	4,02992E-09	39,9016211	61,32357991	39,9016211	61,32357991
gdc19	3,343990074	3,135389615	1,066530953	0,298889762	-3,196318057	9,884298204	-3,196318057	9,884298204

Desviación promedio	7,76%
---------------------	-------