



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUOLA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

Curso Académico:

AGRADECIMIENTOS

“A mis padres, a Sandra y a Ángela por todo su apoyo.

A mi tutor y especialmente mi cotutor por respaldar mi trabajo durante estos meses.

A la Cátedra de Transición Energética Urbana por darme la oportunidad de realizar varios meses de prácticas y a mis compañeros de trabajo.

A mis compañeras Elena, Paula y Fran por apoyarme en este camino.”

RESUMEN

El Trabajo Fin de Máster muestra el trabajo realizado durante los meses de prácticas en la Cátedra de Transición Energética Urbana, en el Instituto de Ingeniería Energética de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV). Este trabajo forma parte del proyecto de Descarbonización del Campus de Vera impulsado por la cátedra donde han estado trabajando en prácticas dos alumnos del Máster de Ingeniería Industrial en la especialización de Generación de Energía.

En primer lugar, se ha realizado un trabajo de investigación sobre el estado de otras universidades situadas por todo el mundo en relación con planes de actuación con respecto a la transición energética. A continuación, se ha querido realizar un estudio del consumo energético de los edificios del campus, comenzando por los de la Escuela Técnica de Ingenieros Industriales (ETSII) y algunos edificios adyacentes a ella. Se ha analizado el consumo eléctrico de dichos edificios mediante el estudio de los medidores de electricidad del campus. Se han tratado miles de datos de energía activa mediante programas de cálculo como 'Python' y 'Excel'.

Una vez finalizado el primer estudio y con las conclusiones alcanzadas, se ha decidido tomar varios caminos de actuación, los cuales son considerados por tener mayor impacto en un futuro para mejorar la sostenibilidad del campus. Este trabajo trata uno de los puntos de actuación, plantear una hibridación de la sala de calderas del edificio 5Q, con el fin de comenzar con el citado objetivo de descarbonización.

Para llevar a cabo este proyecto se ha obtenido el consumo eléctrico de todos los edificios de la universidad cuya demanda de calefacción es abastecida por el edificio de calderas 5Q. Posteriormente, se ha realizado una estimación del consumo y de la demanda de calefacción de dichos edificios. Además, se ha realizado la simulación de varios de estos edificios en 'CYPE' con el fin de obtener sus demandas y así poder realizar una comparación.

El proyecto concluye con varias propuestas de equipos sustitutos de las calderas de gas natural, con el fin de que llegue a ser realidad el abandono de los combustibles fósiles en la universidad.

Palabras Clave: Descarbonización, UPV, CYPE, sostenibilidad, calderas de gas natural, biomasa, bomba de calor.

RESUM

El Treball Fi de Grau presenta el treball realitzat al llarg del mesos de pràctiques en la Càtedra de Transició Energètica Urbana, a l'Institut d'Enginyeria Energètica de la Universitat Politècnica de València (UPV). Este treball forma part del projecte de Descarbonització del Campus de Vera impulsat per la càtedra on han estat treballant en pràctiques dos alumnes del Màster d'Enginyeria Industrial a l'especialització de Generació d'Energia.

En primer lloc, s'ha realitzat un treball d'investigació sobre l'estat d'altres universitats situades per tot el món en relació amb plans d'actuació respecte a la transició energètica. A continuació, s'ha volgut realitzar un estudi del consum energètic del edificis del campus, començant pels de l'Escola Tècnica d'Enginyers Industrials (ETSII) y alguns edificis adjacents a aquesta. S'ha analitzat el consum elèctric d'aquests edificis mitjançant l'estudi dels mesuradors d'electricitat del campus. S'han tractat milers de dades d'energia activa mitjançant programes de càlcul com 'Python' i 'Excel'.

Una volta finalitzat el primer estudi i, en funció d'unes conclusions, s'ha decidit tomar varis camins d'actuació, el quals son considerats per tindre un major impacte en un futur per millorar la sostenibilitat del campus. Este treball tracta d'un dels punts d'actuació, plantejar una hibridació de la sala de calderes de l'edifici 5Q, sala de calderes més gran del campus, amb la fi de començar amb l'objectiu de descarbonització.

Per a portar a la fi el projecte, s'ha obtingut el consum elèctric dels edificis que utilitzen el gas de les calderes del 5Q. Posteriorment, s'ha realitzat una estimació del consum y de la demanda de calefacció d'aquests edificis. A més, s'ha realitzat la simulació de varis d'aquests edificis en 'CYPE' amb la fi d'obtenir les seues demandes y així poder realitzar una comparació.

El projecte conclou amb varies propostes d'equips substituïts de les calderes de gas natural, amb la fi de que l'abandono del combustibles fòssils en la universitat arribe a ser realitat.

Paraules Clau: Descarbonització, UPV, CYPE, sostenibilitat, calderes de gas natural, biomassa, bomba de calor.

ABSTRACT

The Final Project shows the work done the past few months at the 'Cátedra de Transición Energética Urbana' of the Polytechnic University of Valencia (UPV). It is a part of the project of 'Descarbonization of the Vera Campus'.

Firstly, a research work about the action plans of other universities around the world related to the energy transition has been done. Then, a study of the energy consumption of the buildings around the campus has been done, beginning from the ones of the 'Escuela Técnica de Ingenieros Industriales' (ETSII) and some others close to them. By using different programs like 'Python' or 'Excel', thousands of data has been processed in order to obtain the electric consumption of the buildings through different gauges.

Once the first study has finished, two different action plans have appeared. Both are considered because of the future positive impact on the campus sustainability. This document is the beginning of one of them, the hybridization of the 5Q boiler room, the biggest boiler room in the campus.

In order to do this project, the electric consumption of those buildings which consume gas from the 5Q boiler room has been obtained and then, an estimation of the demand and the consumption has been done. The simulation of several buildings has been done through the 'CYPE' program and then the results have been compared to the estimations.

The project concludes with several proposals of different sustainable equipment in order to leave fossil fuels behind.

Key words: Descarbonization, UPV, CYPE, sustainability, natural gas boilers, biomass, heat pump.

ÍNDICE DEL TRABAJO

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	ANTECEDENTES	1
1.2	MOTIVACIÓN TFM	2
1.3	OBJETIVOS DEL TRABAJO: INICIALES Y CONSEGUIDOS	2
1.4	LIMITACIONES DEL TRABAJO	3
1.5	ESTRUCTURA DEL TRABAJO	3
2.	ESTADO DEL ARTE	4
3.	METODOLOGÍA	8
3.1	SISTEMA DE MEDICIÓN ELÉCTRICA EN LA UPV	8
3.1.1	TRATAMIENTO DE DATOS	9
3.2	ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE GAS	11
3.2.1	SIMULACIÓN DE EDIFICIOS	11
3.2.1.1	IFC BUILDER	11
3.2.1.2	CYPETHERM HE Plus	14
3.2.1.3	EDIFICIO 5G	16
3.2.1.4	EDIFICIO 5M	26
3.2.2	ESTIMACIÓN A PARTIR DE LAS SIMULACIONES	39
3.3	ANÁLISIS PROPUESTAS DE MEJORA	40
3.3.1	MEDIDAS DE MEJORA ANALIZADAS	40
4.	RESULTADOS	41
4.1	SISTEMA DE MEDICIÓN ELÉCTRICA EN LA UPV	41
4.1.1	RESULTADOS EDIFICIOS	41
4.1.2	CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS. LINEAS DE ACTUACIÓN	58
4.1.3	CONSUMOS ELÉCTRICOS DE LOS EDIFICIOS ABASTECIDOS POR LA SALA DE CALDERAS DEL 5Q	58
4.2	ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE GAS	70
4.2.1	SIMULACIÓN DE EDIFICIOS	70
4.2.1.1	EDIFICIO 5G	70

4.2.1.2	EDIFICIO 5M.....	72
4.2.2	ESTIMACIÓN A PARTIR DE LAS SIMULACIONES.....	74
4.3	ANÁLISIS PROPUESTAS DE MEJORA	78
4.3.1	DIFERENTES PROPUESTAS	78
4.3.2	SITUACIÓN ACTUAL	79
4.3.3	EQUIPOS SUSTITUTOS	81
4.3.4	REDUCCIÓN DE EMISIONES Y COSTES.....	91
4.3.5	ANÁLISIS ECONÓMICO	92
5.	CONCLUSIONES	98
6.	REFERENCIAS.....	100
7.	PRESUPUESTO	102

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Iniciativas distribuidas según subáreas [2]	4
Ilustración 2. Pilares fundamentales en Stanford [8].....	6
Ilustración 4. Apartado 'Proyecto' en IFC Builder	11
Ilustración 5. Apartado 'Arquitectura' en IFC Builder	12
Ilustración 6. Planta baja plano CAD edificio 5G y vecinos	12
Ilustración 7. Planta baja plano CAD edificio 5M y vecinos	13
Ilustración 8. Opción 'Vista 3D' IFC Builder	13
Ilustración 9. Apartado de 'Resultados' en IFC Builder	13
Ilustración 10. Exportación en IFC Builder	14
Ilustración 11. Datos del emplazamiento de Valencia	15
Ilustración 12. Temperatura exterior en Valencia	15
Ilustración 13. Edificio 5G ETSII	16
Ilustración 14. Plano 2D UPV	17
Ilustración 15. Detalle plano 2D UPV	17
Ilustración 16. Partición planta baja 5G IFC Builder.....	18
Ilustración 17. Vista Edificio 5G y vecinos IFC Builder.....	18
Ilustración 18. Zona climatizada edificio 5G.....	19
Ilustración 19. Zona no climatizada edificio 5G	19
Ilustración 20. Zona no habitable edificio 5G.....	20
Ilustración 21. Potencia máxima por superficie iluminada CTE DB-HE.....	21
Ilustración 22. VEEL límite CTE DB-HE.....	21
Ilustración 23. Edificio 5M ETSII	26
Ilustración 24. Plano 2D UPV	26
Ilustración 25. Detalle plano 2D UPV	27
Ilustración 26. Particiones interiores planta baja 5M	27
Ilustración 27. Vista Edificio 5M y vecinos IFC Builder	27
Ilustración 28. Zona climatizada con ventilación mecánica 5M.....	30
Ilustración 29. Zona climatizada con ventilación natural 5M	31
Ilustración 30. Zona no climatizada 5M	31
Ilustración 31. Zona no habitable 5M	32
Ilustración 32. VEEL límite locales 5M	33
Ilustración 33. Consumo diario 5C+5D 2019	43
Ilustración 34. Consumo mensual 5C+5D 2019.....	43
Ilustración 35. Consumo diario 5F+5H+5J 2019	44
Ilustración 36. Consumo mensual 5F+5H+5J 2019.....	44
Ilustración 37. Consumo diario 5E 2019.....	45
Ilustración 38. Consumo mensual 5E 2019	45
Ilustración 39. Consumo diario 5N 2019	46

Ilustración 40. Consumo mensual 5N 2019.....	46
Ilustración 41. Consumo diario 5G 2019	47
Ilustración 42. Consumo mensual 5G 2019.....	47
Ilustración 43. Consumo diario 5R 2019	48
Ilustración 44. Consumo mensual 5R 2019	48
Ilustración 45. Consumo diario 5I 2019.....	49
Ilustración 46. Consumo mensual 5I 2019	49
Ilustración 47. Consumo diario 5K 2019.....	50
Ilustración 48. Consumo mensual 5K 2019	50
Ilustración 49. Consumo diario 5L 2019	51
Ilustración 50. Consumo mensual 5L 2019	51
Ilustración 51. Consumo diario 5M 2019	52
Ilustración 52. Consumo mensual 5M 2019.....	52
Ilustración 53. Consumo diario 5O 2019	53
Ilustración 54. Consumo mensual 5O 2019.....	53
Ilustración 55. Consumo diario 5P 2019.....	54
Ilustración 56. Consumo mensual 5P 2019	54
Ilustración 57. Consumo diario 5S 2019.....	55
Ilustración 58. Consumo mensual 5S 2019	55
Ilustración 59. Consumo diario 5Q 2019	56
Ilustración 60. Consumo mensual 5Q 2019	56
Ilustración 63. Consumo diario 2E+3A 2018	59
Ilustración 64. Consumo mensual 2E+3A 2018.....	59
Ilustración 65. Consumo diario 3B 2018	60
Ilustración 66. Consumo mensual 3B 2018.....	60
Ilustración 67. Consumo diario 3F 2018.....	61
Ilustración 68. Consumo mensual 3F 2018	61
Ilustración 69. Consumo diario 3M 2018	62
Ilustración 70. Consumo mensual 3M 2018.....	62
Ilustración 71. Consumo diario 3N 2019	63
Ilustración 72. Consumo mensual 3N 2019.....	63
Ilustración 73. Consumo diario 3P 2018.....	64
Ilustración 74. Consumo mensual 3P 2018	64
Ilustración 75. Consumo diario 4A+4E+4H 2018.....	65
Ilustración 76. Consumo mensual 4A+4E+4H 2018	65
Ilustración 77. Consumo diario 4F 2018.....	66
Ilustración 78. Consumo mensual 4F 2018	66
Ilustración 79. Consumo diario 4J 2019	67
Ilustración 80. Consumo mensual 4J 2019.....	67
Ilustración 81. Consumo diario 4L (biblioteca central) 2019	68
Ilustración 82. Consumo mensual 4L (biblioteca central) 2019	68
Ilustración 83. Consumo diario 4P 2018.....	69
Ilustración 84. Consumo mensual 4P 2018	69
Ilustración 86. Balance energético anual 5G.....	71
Ilustración 87. Demandas energéticas mensuales 5G.....	71
Ilustración 88. Potencias útiles mensuales 5G	72

Ilustración 91. Balance energético anual 5M	73
Ilustración 92. Demandas energéticas mensuales 5M.....	73
Ilustración 93. Potencias útiles mensuales 5M	74
Ilustración 95. Comparación simulación y estimación de la demanda de calefacción del 5G y 5M.....	76
Ilustración 96. Comparación simulación y estimación de la demanda de refrigeración del 5G y 5M..	76
Ilustración 97. Catálogo caldera actual de gas natural 3050 kW	80
Ilustración 98. Especificaciones caldera actual de gas natural 3050 kW	80
Ilustración 99. Catálogo caldera actual de gas natural 540 kW	80
Ilustración 100. Especificaciones caldera actual de gas natural 540 kW	81
Ilustración 101. Caldera de biomasa seleccionada	82
Ilustración 102. Características caldera de biomasa seleccionada	82
Ilustración 103. Modelos caldera de biomasa seleccionada.....	83
Ilustración 104. Modelos bomba de calor CO2	84
Ilustración 105. Curva de potencia edificios 5C+5D.....	85
Ilustración 106. Curva de demanda de calefacción edificios 5C+5D.....	86
Ilustración 107. Especificaciones técnicas modelo '080 HE' de 'Trane'	86
Ilustración 108. Catálogo bomba de calor seleccionada edificios 5C+5D	87
Ilustración 109. Especificaciones técnicas modelo '090 HE' de 'Trane'	88
Ilustración 110. Catálogo bomba de calor seleccionada edificio 4P	88
Ilustración 111. Curva de demanda de calefacción edificio 5G	89
Ilustración 112. Curva de demanda de calefacción edificio 5M	90
Ilustración 116. Payback escenario bomba de calor centralizada con una subvención del 92%.....	94
Ilustración 117. Payback escenario bomba de calor para cada edificio con una subvención del 87%. 96	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Evolución Huella de Carbono en la UPV	1
Tabla 2. Operaciones edificios '5X'	10
Tabla 3. Superficies locales 5G	17
Tabla 4. Ventilación edificio 5G.....	20
Tabla 5. Perfil de uso Ventilación	20
Tabla 6. VEEI límite edificio 5G.....	21
Tabla 7. Perfil de uso Iluminación	22
Tabla 8. Ocupación locales edificio 5G.....	22
Tabla 9. Nivel de actividad edificio 5G	23

Tabla 10. Perfil de uso ocupación horario laboratorio 5G	23
Tabla 11. Perfil de uso ocupación horario oficina 5G.....	23
Tabla 12. Cerramientos y tabiquería 5G.....	24
Tabla 13. Suelos 5G	24
Tabla 14. Forjado entre pisos 5G.....	24
Tabla 15. Cubierta 5G	25
Tabla 16. Tipos de puertas 5G	25
Tabla 17. Tipos de ventanas 5G.....	25
Tabla 18. Superficie locales 5M.....	27
Tabla 19. Ventilación 5M.....	32
Tabla 20. Perfil de uso Ventilación 5M.....	32
Tabla 21. Iluminación 5M.....	33
Tabla 22. Perfil de uso Iluminación 5M	33
Tabla 23. Ocupación locales 5M.....	34
Tabla 24. Nivel de actividad locales 5M	36
Tabla 25. Perfil de uso ocupación horario laboratorio 5M	37
Tabla 26. Perfil de uso ocupación horario oficina 5M.....	37
Tabla 27. Cerramientos y tabiquería 5M.....	38
Tabla 28. Suelos 5M	38
Tabla 29. Caracterización térmica forjado entre pisos 313 mm 5M	38
Tabla 30. Caracterización térmica cubierta 441 mm	38
Tabla 31. Tipo de puertas 5M.....	39
Tabla 32. Tipo de ventanas 5M	39
Tabla 33. Climatización de la ETSII y edificios adyacentes	41
Tabla 34. Ranking consumo eléctrico edificios ETSII y adyacentes.....	57
Tabla 35. Ranking consumo eléctrico edificios con datos de climatización eléctrica	58
Tabla 36. Ranking consumo eléctrico edificios gas	70
Tabla 37. Locales edificio 5E.....	74
Tabla 38. Comparativa locales climatizados 5G vs 5E	75
Tabla 39. Comparativa locales climatizados 5M vs 5E	75
Tabla 40. Comparativa locales climatizados 4F vs 5E.....	76
Tabla 41. Comparativa locales climatizados 4P vs 5C+5D.....	77
Tabla 42. Resumen estimación demandas de calefacción de los edificios abastecidos por el 5Q	77
Tabla 43. Extrapolación curva de demanda edificio 5C+5D a 4P	87
Tabla 44. Resumen modelos bomba de calor seleccionados en edificios semejantes al 5C+5D.....	88
Tabla 45. Resumen modelos bomba de calor seleccionados en edificios semejantes al 5G.....	90
Tabla 46. Resumen emisiones y costes de luz para cada bomba de calor por edificio de gas	92
Tabla 47. Estudio económico bomba de calor alta temperatura	93
Tabla 48. VAN y TIR bomba de calor alta temperatura.....	94
Tabla 49. Estudio económico bomba de calor alta temperatura.....	95
Tabla 50. VAN y TIR bomba de calor alta temperatura.....	96
Tabla 51. Resumen reducción emisiones y costes	97
Tabla 52. Subvenciones necesarias para las bombas de calor	97

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

La ciudad de Valencia ha lanzado el proyecto 'Missions València 2030' (*Missions València 2030* <https://www.missionsvalencia.eu/?lang=es>, n.d.), un modelo de gobernanza de la innovación basado en misiones que mejoran la vida de las personas. Este impulso de amplio espectro político, social y técnico ha situado a Valencia a la vanguardia europea de la innovación orientada a misiones, habiendo sido reconocida por la Comisión Europea como una de las seis ciudades europeas más innovadoras en 2020 y aspirante a Capital Europea de la Innovación.

El Ayuntamiento de València ha aprobado la misión València Ciudad Neutra con el propósito de conseguir, al menos, 3 barrios o pueblos de la ciudad climáticamente neutros (distritos de energía positiva) antes de 2030 por y para la ciudadanía. Esta misión es la primera que desarrolla el marco Missions València 2030, impulsado por el Ayuntamiento y el centro de innovación Las Naves.

Los distritos de energía positiva (DEP) son barrios o áreas de la ciudad que consiguen un elevado grado de autosuficiencia energética y emisiones netas nulas. Para alcanzar la meta de un sistema energético 100% renovable y una economía neutra en gases de efecto invernadero (la meta de la UE para 2050) no basta con electrificar y aumentar exponencialmente la generación renovable. Hay que reducir en paralelo el consumo energético.

La cátedra trabaja principalmente con el objetivo de descarbonizar la ciudad y democratizar la energía. Lleva trabajando desde 2019 en conceptualizar y diseñar tres distritos DEP para Valencia:

- Distrito de energía positiva de Algirós.
- Distrito de energía positiva de La Marina.
- Distrito de energía positiva en el campus de Vera de la Universitat Politècnica de València: distrito en un entorno controlado con un perfil de usuarios particularmente motivado por la sostenibilidad.

Para 2030 se aspira a contar con un campus descarbonizado, que genere casi toda la energía que necesita y consuma menos recursos materiales.

La evolución de la huella de carbono en la UPV es positiva, observando una reducción del 28, 44% en 2019 respecto al año anterior.

Tabla 1. Evolución Huella de Carbono en la UPV

HUELLA DE CARBONO UPV (t CO ₂ eq)						
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
TOTAL	18.043,13	19.262,61	18.512,63	17.887,27	12.991,94	4.321,31
RATIOS DE CONSUMO EMISIONES						
	2014	2015	2016	2017	2018	2019

t CO₂ eq/personas	0,4060	0,4145	0,4526	0,4400	0,3257	0,1061
t CO₂ eq/m²	0,0222	0,0234	0,0225	0,0217	0,0158	0,0053
t CO₂ eq/empleado	2,3558	2,4372	2,4140	2,3311	1,5582	0,5256

El proyecto de Descarbonización del Campus de Vera se propuso desde la Cátedra de Transición Energética Urbana hace un par de años, aunque no se llegó a realizar ningún proyecto y este año se ha decidido volver a retomarlo.

Además, este curso escolar se ha estado trabajando desde la cátedra con grupos de alumnos de KTH Royal Institute of Technology de Estocolmo para la realización de proyectos basados en propuestas de mejora en la UPV más la simulación de algún edificio de esta. De esta forma, se ha tenido la oportunidad de comunicarse con varios de dichos grupos de alumnos para compartir ideas y comparar resultados de simulaciones.

1.2 MOTIVACIÓN TFM

La principal motivación del presente trabajo es poder llegar a proponer alguna medida para que la universidad en la cual me he formado profesionalmente los últimos seis años de mi vida sea más sostenible y esté más cerca de ser un distrito de energía positiva y así ayudar a combatir el cambio climático que tanto me preocupa.

Por otra parte, desde IVACE-ENERGIA (Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial) se han ofertado unas ayudas para la rehabilitación energética de edificios, a las cuales puede optar la universidad. Estas ayudas van dirigidas a medidas tales como mejoras en la envolvente de edificios, sustitución y mejora de instalaciones de climatización, ventilación, cambio de ventanas, sistemas de aislamiento, cambio a iluminación led, sistemas de control y gestión, instalación de renovables, etc. Dicha subvención puede estar entorno al 35% del coste total. Sería una gran oportunidad para la UPV el poder conseguirlas y mejorar su sostenibilidad.

Además, SDG (Sustainable Development Goals) ha realizado recientemente un ranking basado en las medidas sostenibles que han aplicado las diferentes universidades. El ranking consta de casi 300 universidades de 62 países y regiones diferentes. Se puede observar que, ya solamente teniendo en cuenta las universidades españolas, hay bastantes que se encuentran situadas por delante de la Politécnica de Valencia, como, por ejemplo, la Universidad de Valencia. Esto es, sin duda, un hecho para motivar a la universidad con respecto a la sostenibilidad del campus.

1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO: INICIALES Y CONSEGUIDOS

Los principales objetivos del proyecto desde la Cátedra es conseguir que para 2030 se disponga de un campus descarbonizado, que genere casi toda la energía que necesita y consuma menos recursos materiales.

Para conseguirlo, principalmente se deben dejar atrás los combustibles fósiles, al igual que concienciar a la gente que forma parte de la universidad para reducir el consumo de esta. Para ello, se pretende llegar a crear una aplicación informática que esté al alcance de todo el mundo con el fin de informar a la gente de la situación en la universidad, concienciar y reducir consumos.

El proyecto se ha comenzado con el estudio de los consumos de los edificios de la Escuela Técnica de Ingenieros Industriales (ETSII) con el fin de obtener propuestas para la descarbonización del campus y aunque se es consciente del trabajo e inversión que supone, se espera que continúe hasta hacerse realidad, tanto por parte de la cátedra como por nuevos estudiantes que decidan involucrarse en él. Además, se dispone de una partida presupuestaria aportada por la escuela para poder desarrollar algún proyecto de mejora.

1.4 LIMITACIONES DEL TRABAJO

A lo largo del trabajo se han presentado una serie de limitaciones para el proyecto.

La primera viene marcada por el sistema actual de medición de datos de consumo eléctrico en la universidad. No permite desagregar el consumo y conocer el porcentaje de este dedicado a climatización en muchos de los edificios del campus, lo cual dificulta las conclusiones y la toma de decisiones. Estas limitaciones suelen estar presentes en este tipo de estudio.

Otra de las grandes limitaciones del trabajo es la falta de información y datos sobre el consumo del gas en el campus. A diferencia de los medidores de electricidad que proporcionan información del consumo eléctrico total de cada edificio, no se dispone de esta información con el consumo del gas. La única información de la que se dispone en referencia al gas es de una factura del campus completo, con lo cual, también ha obligado a realizar estimaciones en referencia a este.

1.5 ESTRUCTURA DEL TRABAJO

El trabajo está organizado en cuatro secciones principales. La primera parte, la 'Introducción' donde se definen los antecedentes, motivación, objetivos y limitaciones del trabajo. Seguidamente, se presenta el 'Estado del arte' en una segunda parte, donde se estudia la situación global en otras universidades con respecto a la transición energética y los diferentes caminos seguidos.

A continuación, se procede con la sección de 'Metodología' donde se explican los pasos seguidos. En primer lugar, se procede con el estudio del consumo eléctrico de los edificios de la ETSII y adyacentes para así proponer varios caminos de actuación. Una vez elegido el camino de hibridación de la sala de calderas del edificio 5Q, se procede a la simulación de varios edificios de la escuela, los cuales son abastecidos por el gas de dichas calderas para conocer así su demanda de calefacción. Dicha demanda se obtiene mediante un software de simulación energética. En este caso se ha utilizado CYPE que trabaja con Energy+ como motor de cálculo. A continuación, se realiza la estimación de la demanda del resto de edificios con el fin de calcular la reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera que se producen al cambiar los sistemas de abastecimiento. El último paso es la propuesta de varios escenarios de hibridación para la sala de calderas.

Por último, en la última sección de 'Resultados', se detalla el desenlace de la metodología donde se presentan y discuten los diferentes resultados.

2. ESTADO DEL ARTE

Se ha realizado un estudio sobre la situación actual de distintas universidades alrededor del mundo. Los edificios de las universidades son particulares comparados con el resto de los edificios que puede presentar una ciudad debido a la elevada ocupación en determinadas épocas en las aulas, laboratorios, etc. Es por ello por lo que las soluciones a adoptar quizás no sean las mismas en edificios de universidades que en otro tipo de edificio. Además, hay mucha diversidad de edificios entre universidades y dentro de una misma universidad en cuanto a tipo o año de construcción y en la finalidad de estos. Los edificios pueden presentar locales como aulas, laboratorios, despachos, etc. cada uno con un nivel de equipamiento interno diferente que hacen que conseguir el objetivo de sostenibilidad pueda ser algo específico para cada edificio y universidad.

Un análisis realizado por A.R. Amaral (Amaral et al., 2020), estudia 424 iniciativas llevadas a cabo por universidades de todo el mundo y las divide en diferentes categorías: Energía, Edificios, Aire y Clima, Comida, Transporte, Basura, Agua y Jardines.

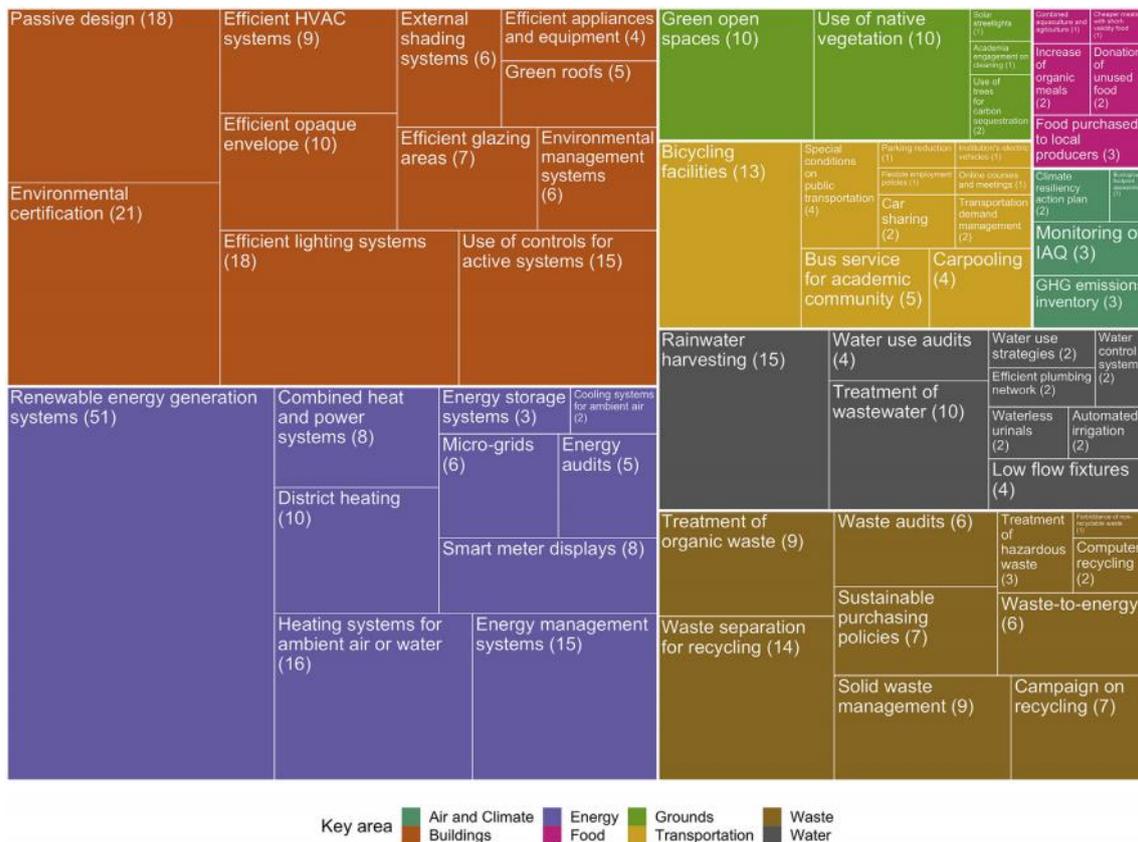


Ilustración 1. Iniciativas distribuidas según subáreas (Amaral et al., 2020)

Se puede apreciar en la ilustración 1 que la mayoría de las medidas se concentran en las categorías de Energía y Edificios. En el área de Energía, destacan las medidas relacionadas con la generación de energía renovable para contribuir a la transición ecológica y dejar de lado los combustibles fósiles. En el área de Edificios, se encuentran los resultados más consistentes ya que se ha llegado a reducir hasta un 70% el consumo energético de un edificio gracias, por ejemplo, a la construcción de edificios pasivos.

Un ejemplo de universidad que ha aplicado este tipo de medidas es la Universidad de Coimbra (Fonseca et al., 2018), la cual buscaba conseguir que el edificio analizado llegase a ser nZEB (nearly Zero Energy Building). Para lograrlo, era necesario el cambio del sistema de alumbrado de fluorescentes a LEDs, instalar placas solares fotovoltaicas en las cubiertas del edificio con baterías para el almacenamiento de la energía producida que no pudiese ser consumida en el momento y conseguir así, un cierto grado de autosuficiencia. Un 42,4% era el porcentaje de reducción de la demanda del edificio, solamente con la aplicación de dichas medidas.

Un ejemplo de aplicación de otros sistemas de generación renovable de energía es la Universidad de Dublin, Belfield (Meehan & McDonnell, 2010), la cual ha decidido dejar atrás los combustibles fósiles y centrarse en la generación a partir de la biomasa y, para ello, se ha encargado la instalación de una caldera de 1 MW. Tras la realización de un estudio de viabilidad aplicado a tres escenarios diferentes, la universidad afirma el gran potencial de la biomasa para contribuir a la generación de energía en Irlanda y la determina crucial para el desarrollo sostenible.

Por otra parte, en una universidad de Corea del Sur (Chung & Rhee, 2014), donde se analizaron varios edificios a los cuales, según una serie de parámetros, se les aplicaba unas medidas u otras. Estas medidas tenían relación con la mejora del aislamiento de las ventanas y envolventes del edificio, así como con dispositivos de control los cuales se encarguen de apagar los aparatos cuando no se estén utilizando o dispositivos de control automático de temperatura en cada edificio. Con la aplicación de dichas medidas, se llegó a alcanzar entre un 18% y un 29% de reducción de consumo energético en los edificios de estudio.

Otro ejemplo es el pactado por las universidades de Ontario, Canadá (Ontario Universities, 2017), estableciendo una ruta de actuación para la reducción de emisiones de CO₂. En la UTSC (University of Toronto-Scarborough) se ha implementado la renovación completa de un total de 20 instalaciones comenzando por la envolvente de los edificios, cambio a iluminación a LEDs de elevada eficiencia y mejora de 4 unidades de HVAC, reduciendo así 200 toneladas de CO₂. Por su parte, la UTM (University of Toronto-Mississauga) ha conseguido mejorar la monitorización de la calidad del aire en los laboratorios reduciendo así a la mitad las renovaciones de aire y a su vez el consumo energético entre el 40% y 60%. También, la Brock University tiene previsto la renovación del sistema de cogeneración que abastece aproximadamente el 80% de la demanda eléctrica, incluyendo la climatización, con el fin de aumentar su eficiencia un 14% y disminuir un total de 3209 toneladas de GEI (Gases de Efecto Invernadero) anuales. Hay que destacar también que, según Pembina Institute, la renovación de edificios ya existentes provoca dos tercios de la reducción de las emisiones de GEI, con lo cual, es necesario analizar los edificios de cada campus.

La Universidad de Arizona (UA) (Chalfoun, 2014) también presenta otro ejemplo de aplicación en campus universitario. Un estudio realizado por unos estudiantes de postgrado donde se realiza una auditoría energética y análisis de consumo energético tras seleccionar 9 edificios del campus para llevar a cabo este proyecto denominado "Greening Campus", concluye con el remplazamiento de una

serie de bombas de calor por otras de mayor eficiencia, remplazamiento de bombillas a otras de elevada eficiencia con fotosensores para mantenerlas apagadas en caso de que haya luz solar, y por último, instalación de calentadores de agua solares para reducir la energía requerida por las calderas.

La Universidad de Stanford (*Energy and Climate Plan, 2015*) también ha implementado las medidas anteriormente mencionadas y, además, han desarrollado un proyecto muy interesante. El plan de acción de esta universidad se levanta sobre tres pilares fundamentales: mejorar la eficiencia de los edificios ya existentes, maximizar la eficiencia en los edificios futuros y conseguir que la energía empleada en la universidad sea de origen lo más verde posible.

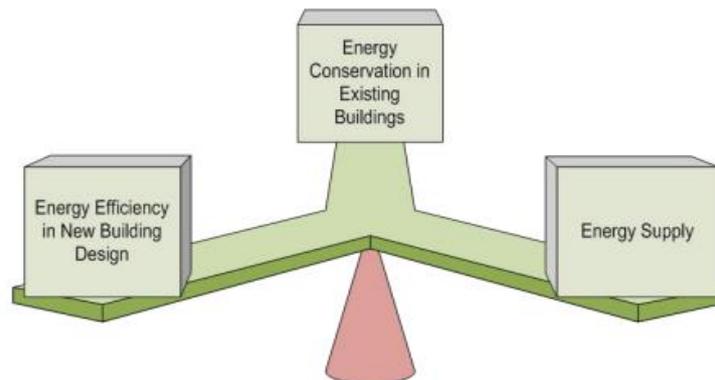


Ilustración 2. Pilares fundamentales en Stanford (*Energy and Climate Plan, 2015*)

Centrándose en el pilar de mejora de la eficiencia de los edificios ya existentes, las líneas de actuación siguen el mismo camino de mejora de los sistemas de iluminación y sistemas HVAC. Donde realmente destaca este plan de acción es en el denominado programa SESI (Stanford Energy System Innovations), el cual sería el proyecto más importante del tercer pilar, el abastecimiento energético.

Su principal fuente de generación era una planta de cogeneración con gas natural empleada para satisfacer todo el campus desde el año 1987. La universidad de Stanford contempló que, durante la mayor parte del año, había demandas de frío y calor simultáneas en sus instalaciones, con lo cual, se plantó la utilización de bombas de calor que abastezcan simultáneamente esas demandas de frío y calor, dejando a un lado la planta de cogeneración, la cual generaba el 90% de las emisiones de GEI de la universidad.

Para el correcto funcionamiento de dichas bombas de calor necesitaban una cantidad mayor de energía eléctrica, con lo cual se ha invertido en una planta fotovoltaica de 73 MW, la cual abastece el 50% de la demanda eléctrica de la universidad. Gracias a este proyecto, la universidad de Stanford estima que se reducirán hasta un 60% las emisiones de GEI en su campus.

Como punto negativo de este proyecto, hay que destacar que es necesaria una gran inversión ya que, Stanford estima un total de 500 millones de dólares para la realización del proyecto. Si es cierto pues, que se podría replicar a pequeña escala.

Otro tipo de medida interesante diferente es la instalación de displays que muestren el consumo energético de cada edificio. Un análisis realizado por Theresa Chiang (Chiang et al., 2014), reflejaba la influencia de los displays aplicados a una residencia de la universidad de Bath (Reino Unido), resultando en una reducción del consumo energético debido a la concienciación que provocaban estos datos en la gente. Un estudio realizado denominado "Challenges in Improving Energy Efficiency in a

University Campus Through the Application of Persuasive Technology and Smart Sensors” (Emeakaroha et al., 2012), argumenta una reducción de entre el 5 y el 15% del consumo debido a proporcionar información sobre este al público en tiempo real. Esta medida también ha sido incorporada en el Taguspark Campus del Instituto Superior Técnico de Lisboa (IST) (Gomes et al., 2017), queriendo involucrar a los estudiantes mediante el uso de una app donde pudiesen expresar la temperatura e iluminación ideal para ellos y ajustarse automáticamente. Se llegó a reducir hasta un 40% el consumo energético. Además, dicho campus llevó a cabo un proyecto europeo denominado “Smart Campus” en 3 instalaciones diferentes donde aplicaban medidas relacionadas con el sistema HVAC y la iluminación.

Por otro lado, la concienciación de las personas sobre los consumos es algo que muchas universidades están centradas en conseguir para así aumentar la sostenibilidad de los campus. La Universidad de Essex (*Management Plan 2016-19*, 2016), ha destinado parte de su presupuesto a varios proyectos con el fin de concienciar sobre la grave situación actual, además de llevar a cabo un plan de actuación sobre la descarbonización de su campus comenzando por la mejora de la eficiencia energética de sus edificios y mejorar sus envolventes, aumentar las energías renovables y disminuir el consumo de alumbrado. Algunos de los proyectos llevados a cabo sobre el tema de la concienciación son: incentivos económicos a residentes de residencias universitarias para conseguir una reducción del impacto ambiental generado, entrenamientos a personal vinculados a puestos con un gran impacto medioambiental para tomar consciencia de su rol. También se ha puesto en marcha la Universidad de Cambridge (Forman et al., 2017) con proyectos como “Energy and Environment Coordinators Network” y “The Green Impact Scheme” los cuales presentan iniciativas del mismo estilo. Mientras “Energy and Environment Coordinators Network” promueve cambios en el comportamiento de la gente con el fin de reducir el consumo, asignando la responsabilidad a una persona por departamento, “The Green Impact Scheme” promueve la formación de grupos dentro de cada departamento para proponer diferentes caminos hacia el ahorro de energía.

Estas últimas medidas mencionadas están directamente relacionadas con la aplicación de Smart sensors y displays ya que es necesaria la concienciación para que la información proporcionada por estos dispositivos cale en la gente.

Concluyendo, se puede apreciar que, las actuaciones de las diferentes universidades van en la misma línea: remplazo del sistema de iluminación a LEDs, remplazo de los sistemas HVAC, aumento de la generación de energía renovable (especialmente mediante la fotovoltaica), etc. Por lo tanto, estas medidas son la base de un cambio hacia la sostenibilidad de un campus, aunque probablemente no sean suficientes. La concienciación de la gente que forma parte de la universidad es fundamental para así ahorrar lo máximo posible. Además, la aplicación de soluciones como la biomasa o el sistema SESI, entre otros, no suele estar entre los planes de actuación de las universidades y son puntos de estudio interesantes.

3. METODOLOGÍA

3.1 SISTEMA DE MEDICIÓN ELÉCTRICA EN LA UPV

El sistema de recogida de datos del consumo eléctrico en la UPV se realiza mediante unos medidores de electricidad denominados ‘meters’. Un medidor de consumo eléctrico tiene por objetivo monitorizar el consumo de energía eléctrica de un aparato o conjunto de aparatos.

En la UPV hay un total de 399 meters colocados en cuadros eléctricos repartidos por los distintos edificios del campus. Estos meters dan información sobre el consumo de energía activa en kWh, el consumo de energía reactiva en kWh, la potencia activa total en kW, la potencia reactiva total en kW y el factor de potencia total de la línea eléctrica a la cual están asociados.

La Unidad de Medio Ambiente (UMA) de la universidad se encarga de gestionar esta información y es la misma la que ha proporcionado los datos a la cátedra.

En el campus se pueden encontrar meters de varios tipos:

- RED: meter asociado a una línea eléctrica de red.
- AA: meter asociado a una línea eléctrica de aire acondicionado.
- GR: meter asociado al consumo de un grupo electrógeno.
- ALDO: meter asociado a una línea eléctrica de alumbrado público.
- TRAF0: meter asociado a una línea eléctrica de un transformador.
- PKR: meter asociado a una línea eléctrica de red de un parquin.
- PKG: meter asociado a un grupo electrógeno de un parquin.
- FUERZA: meter asociado a una línea eléctrica de elevado consumo, equipos que no sean de climatización y sean grandes consumidores.

El hecho de que un meter se encuentre ubicado en un edificio del campus no quiere decir que mida el consumo o parte del consumo de dicho edificio. Por ejemplo, el meter número 585 del campus se utiliza para calcular el consumo eléctrico total del edificio de calderas 5Q, pero también se emplea en el cálculo del consumo del edificio 5P (invernaderos), edificio en el que se ubica su cuadro eléctrico. Otro ejemplo es el meter número 139 de tipo ‘RED’, el cual se encuentra en el edificio 5N, el Aulario de la ETSII, pero únicamente contribuye al cálculo del consumo del conjunto de edificios 7H-7K, no al del 5N.

Hay que destacar también que, el hecho de que un meter esté clasificado como de tipo “AA” no implica que mida únicamente climatización ni que mida toda la climatización del edificio en el que se encuentra

su cuadro eléctrico. Quiere decir que la línea a la cual está asociado el meter es de climatización. Por lo tanto, no se pueden sacar conclusiones realistas sobre el comportamiento de un edificio en base a las características y los datos de un medidor. Los únicos datos fiables sobre los consumos de los edificios son los que vienen determinados por las denominadas ‘operaciones’.

Para explicar el concepto de ‘operación’ se debe conocer el concepto de ‘agregación’. En el campus de Vera existen varias agrupaciones de edificios de forma que se conoce la suma total del consumo de estos, sin posibilidad de dividir este consumo para conocer el de cada edificio por separado, por lo tanto, se deben de estudiar como una unidad. Esto ocurre en una minoría de ocasiones, pues se puede conocer el consumo propio de la mayoría de los edificios del campus. Una agregación es, por tanto, un edificio o conjunto de edificios de los que podemos conocer su consumo. En la ETSII se encuentran dos agregaciones formadas por más de un edificio. Estas agregaciones son las formadas por los edificios 5C-5D y por los edificios 5F-5H-5J.

Ahora bien, las operaciones son agrupaciones de meters ordenados de forma que se pueda calcular el consumo total de cada agregación. Es decir, cada agregación, dispone de, al menos, una operación, la cual calcula su consumo eléctrico total. Además, hay agregaciones que disponen de otra operación para desagregar dicho consumo y poder conocer así el destinado a la climatización, pero de las que únicamente se dispone de operaciones de consumo eléctrico total, se imposibilita el conocer el porcentaje de este dedicado a la climatización.

Las operaciones pueden contener tanto meters sumando datos de consumo como meters restando datos de otros medidores.

3.1.1 TRATAMIENTO DE DATOS

A la hora de realizar el estudio de los edificios del campus de Vera se ha decidido comenzar por la ETSII y algunos edificios adyacentes, concretamente aquellos denominados ‘5X’. Se ha decidido tomar como año ejemplar el 2019 ya que se trata del año más reciente representativo de la normalidad en la universidad.

Los datos de los consumos eléctricos estudiados han sido proporcionados por la Unidad de Medio Ambiente (UMA) de la universidad. Estos datos han sido los referentes a los diferentes meters que intervienen en el cálculo de las operaciones de dichos edificios.

Para el tratamiento de estos datos se han empleado programas de cálculo como ‘Python’ y ‘Excel’.

La información de interés de los datos contiene un valor de energía activa en kWh cada cuarto de hora, de cada hora, de cada día del año de estudio para cada uno de los meters. Solamente en los edificios estudiados ya hay un total de 42 meters, por lo tanto, son miles de datos para procesar. Dicho procesamiento ha necesitado un pretratamiento en la herramienta de programación ‘Python’.

Una vez ordenados los datos, han podido ser tratados en Excel y se ha procedido al cálculo de las operaciones de cada agregación de interés. Se ha debido tener en cuenta que hay operaciones que contienen meters restando consumo. El listado de operaciones estudiadas es el siguiente:

Tabla 2. Operaciones edificios '5X'

CÓDIGO DE LA OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN	USO	METER	PROPORCIÓN
20180614145245	Consumo eléctrico para climatización de los edificios 5C y 5D	CLIMA	532	+1
			533	+1
			534	+1
			542	+1
			566	+1
20180614150438	Consumo eléctrico para climatización del edificio 5E	CLIMA	561	+1
			562	+1
20180719144353	Consumo eléctrico para climatización de los edificios 5F, 5H y 5J	CLIMA	541	+1
20180614151300	Consumo eléctrico para climatización del edificio 5G	CLIMA	551	+1
20180621121929	Consumo eléctrico para climatización del edificio 5N	CLIMA	511	+1
			512	+1
20180621125210	Consumo eléctrico para climatización del edificio 5R	CLIMA	571	+1
20140115144500	Consumo eléctrico general de los edificios 5C y 5D	TODO	531	+1
			565	+1
20140115144600	Consumo eléctrico general del edificio 5E	TODO	560	+1
20140115145200	Consumo eléctrico general de los edificios 5F, 5H y 5J	TODO	535	+1
			537	+1
			539	+1
			541	+1
20140115145600	Consumo eléctrico general del edificio 5G	TODO	550	+1
20140115145630	Consumo eléctrico general del edificio 5I	TODO	525	+1
			526	+1
20140115145700	Consumo eléctrico general del edificio 5K	TODO	520	+1
20140115145800	Consumo eléctrico general del edificio 5L	TODO	505	+1
20140115145900	Consumo eléctrico general del edificio 5M	TODO	501	+1
			503	-1
20140115150000	Consumo eléctrico general del edificio 5N	TODO	510	+1
20140115150030	Consumo eléctrico general del edificio 5O	TODO	580	+1
			581	+1
20140115150100	Consumo eléctrico general del edificio 5P	TODO	127	+1
			580	-1
			581	-1
			585	-1
20140115150200	Consumo eléctrico general del edificio 5Q	TODO	585	+1
20140116123200	Consumo eléctrico general del edificio 5R	TODO	570	+1

2014011612323000	Consumo eléctrico general del edificio 5S	TODOS	572	+1
------------------	---	-------	-----	----

Como puede observarse, únicamente se disponen datos de climatización para seis (5C-5D, 5E, 5F+5H+5J, 5G, 5N y 5R) de las catorce agregaciones estudiadas, lo cual complica la obtención de conclusiones y la toma de decisiones sobre los edificios.

3.2 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE GAS

3.2.1 SIMULACIÓN DE EDIFICIOS

Se ha procedido a la realización de la simulación de varios edificios de la ETSII, la calefacción de los cuales es abastecida por la sala de calderas 5Q. Se trata de los edificios 5G y 5M. Con los resultados de la simulación, se obtendrá la demanda de calefacción de cada uno de ellos.

Los programas utilizados para dichas simulaciones son “IFC Builder” y “CYPETHERM He Plus”.

3.2.1.1 IFC BUILDER

IFC Builder (*IFC Builder* [Http://Ifc-Builder.Cype.Es/](http://Ifc-Builder.Cype.Es/), n.d.) es una aplicación de CYPE diseñada para la creación y mantenimiento de modelos IFC de edificios. IFC Builder está integrado en el flujo de trabajo “Open BIM” a través de la plataforma BIMserver.center.

El IFC es un formato de datos que tiene como finalidad permitir el intercambio de un modelo informativo sin la pérdida o la distorsión de datos o informaciones. El BIM (Building Information Modeling) es una de las tecnologías más innovadoras y prometedoras del sector de la construcción. Es un proceso de desarrollo, diseño, ejecución y mantenimiento de un edificio que contiene todas las informaciones que pertenecen al ciclo de vida de este. Gracias al BIM es posible crear un modelo virtual del edificio, que no es una simple representación 3D, sino un modelo dinámico que contiene toda una serie de información sobre geometría, materiales, estructuras, características térmicas y prestaciones energéticas, instalaciones, costes, seguridad, mantenimiento, ciclo de vida, etc.

El programa dispone de cuatro apartados: ‘Proyecto’, ‘Arquitectura’, ‘Edición’ y ‘Resultados’.

En el primer apartado de ‘Proyecto’ se debe introducir la orientación del edificio, así como el número y tipo de plantas de las que dispone el mismo, definiendo la altura de cada una de ellas.



Ilustración 3. Apartado ‘Proyecto’ en IFC Builder

En el segundo apartado, 'Arquitectura', se comienza a definir el edificio. Al crear un proyecto, es posible realizar la modelización del edificio desde cero con o sin el soporte de plantillas o planos en formato DXF, DWG, JPEG o BMP. Al utilizar estos planos de apoyo se agiliza el proceso de modelado.

Se comienza introduciendo los elementos constructivos y estructurales del edificio, planta por planta en un espacio de trabajo 2D, utilizando elementos 3D. Los diferentes elementos constructivos que se pueden introducir son: muros y particiones (cerramientos, tabiquería, muros de sótano, defensas, etc.), forjados (solera, forjado entre pisos, azotea, tejado, etc.), huecos (puertas, ventanas o huecos acristalados, aberturas, lucernarios, etc.) y pilares.



Ilustración 4. Apartado 'Arquitectura' en IFC Builder

A continuación, se definen los recintos según las particiones internas que se hayan realizado a priori, así como los volúmenes cercanos al edificio modelado, es decir, edificios próximos al mismo u otros obstáculos (como podrían ser grandes árboles junto a él) con el fin de calcular las sombras que éstos le producen al edificio durante todo el período de cálculo definido.

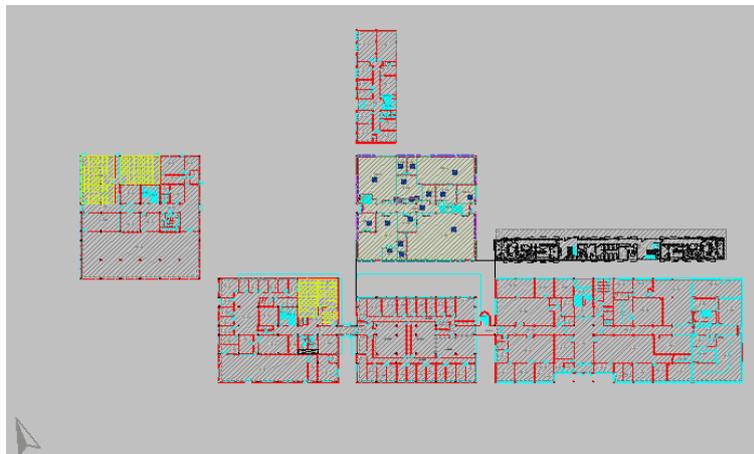


Ilustración 5. Planta baja plano CAD edificio 5G y vecinos

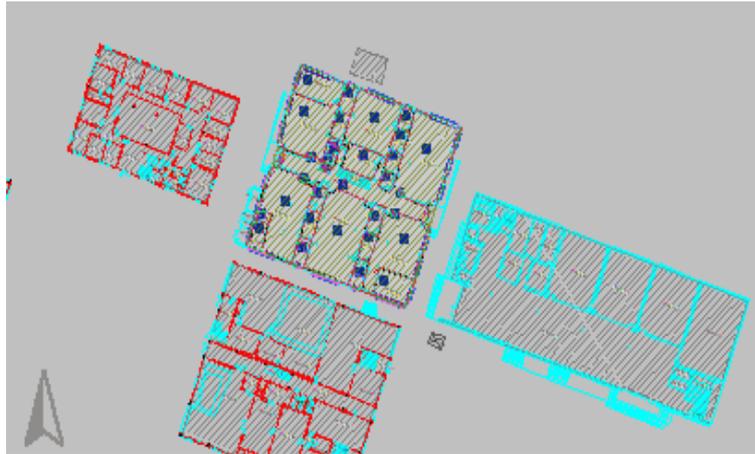


Ilustración 6. Planta baja plano CAD edificio 5M y vecinos

El programa ofrece la posibilidad de mostrar la vista 3D del edificio en cualquier momento para así, permitir controlar el proceso de modelización.



Ilustración 7. Opción 'Vista 3D' IFC Builder

Una vez acabado el modelo, antes de exportarlo se debe comprobar que no presenta ningún error de modelización. En el apartado 'Resultados' se puede realizar el cálculo del modelo definido.

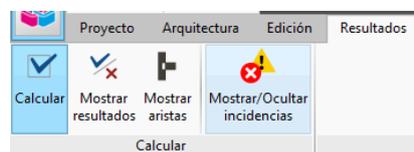


Ilustración 8. Apartado de 'Resultados' en IFC Builder

Finalmente, una vez calculado y sin ningún tipo de error, se puede exportar el archivo en formato 'IFC' y vincularlo a un proyecto BIM para así, poder ser utilizado en el programa 'CYPETHERM HE Plus'.

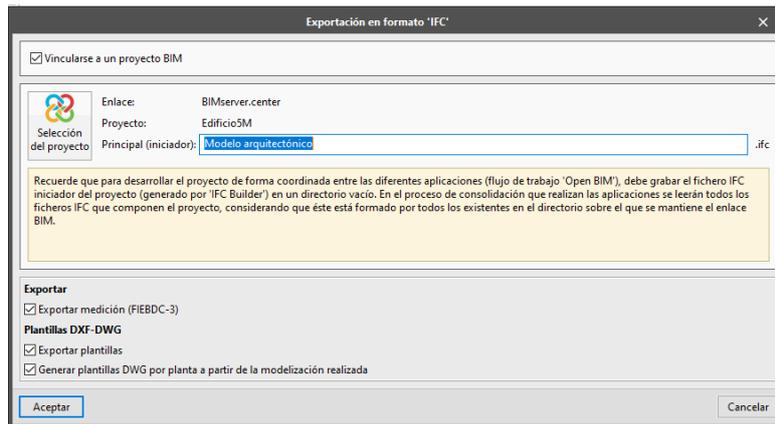


Ilustración 9. Exportación en IFC Builder

3.2.1.2 CYPETHERM HE Plus

CYPETHERM HE Plus (*CYPETHERM HE Plus* [Http://Cypetherm-He-plus.Cype.Es](http://Cypetherm-He-plus.Cype.Es), n.d.) es una aplicación concebida para la justificación normativa del “CTE DB HE1 Limitación de la demanda energética”, del “CTE DB HE 0 Limitación del consumo energético”, del “CTE sanitaria” y para el cálculo de la certificación de la eficiencia energética mediante un modelo del edificio para simulación energética calculado con EnergyPlus.

Desde el 5 de julio de 2018, CYPETHERM HE Plus es una herramienta reconocida por el Ministerio para la Transición Ecológica y por el Ministerio de Fomento que permite obtener la certificación de eficiencia energética de un edificio, tanto en su fase de proyecto como del edificio terminado.

CYPETHERM HE Plus se divide en tres secciones: Edificio, Planos de Planta y Verificación normativa.

En la primera sección, ‘Edificio’, se encuentran los parámetros generales donde hay que definir el tipo y uso de edificio. Tanto en el edificio 5G como en el 5M se han definido como ‘edificio existente’ y como ‘edificio de uso terciario’.

También se encuentra en esta sección los datos del emplazamiento, donde se debe indicar la localización de los edificios, así como sus características como altitud, latitud, longitud, etc., además de aportar un fichero de datos climáticos del emplazamiento. En ambos edificios se ha añadido la siguiente información sobre Valencia:

Datos del emplazamiento

Zonificación climática

Situación

Zona de invierno

Zona de verano

Localización

Municipio

Provincia

Altitud m

Latitud grados

Longitud grados

Zona horaria

Condiciones climáticas SCOP

Ilustración 10. Datos del emplazamiento de Valencia

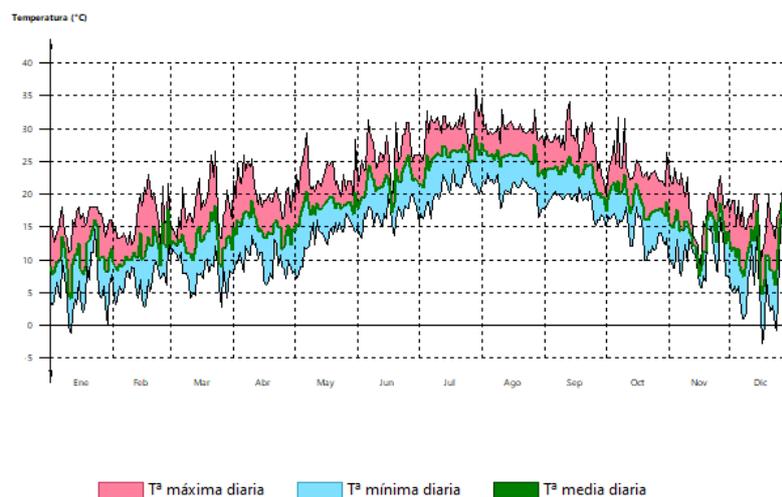


Ilustración 11. Temperatura exterior en Valencia

Por otra parte, en 'Edificios' se encuentran a su vez tres subsecciones: Biblioteca, Zonas y Sistemas.

En 'Biblioteca' se introducen todos los diferentes tipos de recintos del edificio y sus elementos constructivos (cerramientos, tabiquería, muros en contacto con el terreno, suelos en contacto con el terreno, forjados entre pisos, cubiertas, puertas, huecos acristalados y lucernarios), así como los distintos puentes térmicos.

Por otra parte, en 'Zonas' se pueden agrupar los distintos recintos definidos anteriormente. Las zonas se pueden definir como habitables o no habitables. Dentro de las habitables, la zona puede definirse como climatizada (con lo cual se debe de establecer las temperaturas de consigna) o no climatizada.

Por último, en 'Sistemas' se definen los sistemas climáticos que el edificio dispone, así como el empleo de ACS.

En la sección 'Planos de Planta' se pueden visualizar los planos de cada planta con los elementos constructivos correspondientes definidos en IFC Builder. Desde esta ventana también es posible editar las características de los elementos constructivos. Si la obra se ha introducido manualmente, esta sección aparece vacía.

Y, por último, en la sección 'Verificación normativa' se realiza la simulación del modelo energético del edificio y se obtienen los resultados de esta. Con estos resultados se obtiene, además, varios ficheros como un informe de demanda, un informe de consumo y la calificación energética del edificio, entre otros.

3.2.1.3 EDIFICIO 5G

El edificio 5G de la ETSII fue construido en el año 1978 y es para uso mayoritariamente docente, aunque también se emplea para investigación y desarrollo. El edificio costa de 13 laboratorios mecánicos para uso docente, 3 laboratorios mecánicos para investigación, 3 laboratorios químicos para uso docente, 1 laboratorio químico para investigación, 1 laboratorio informático para uso docente, 2 laboratorios instrumentales para investigación y 3 despachos entre otros locales como almacenes, servicios y locales técnicos sumando un total de $1.970,12 m^2$ repartidos entre dos plantas.

En cuanto al sistema de climatización del edificio, su demanda de refrigeración y calefacción es abastecida de dos formas diferentes. En verano, la refrigeración se abastece mediante equipos independientes (splits) para cada local y en invierno, la calefacción es centralizada, abastecida mediante las calderas del edificio 5Q de la UPV. Por otra parte, hay que señalar que los climatizadores de calefacción contienen ventilación mecanizada y que el edificio no consume ACS (agua caliente sanitaria).

Con respecto a mejoras realizadas en el edificio, en el año 2018 se produjo el remplazamiento de los marcos de las ventanas para mejorar la envolvente.



Ilustración 12. Edificio 5G ETSII



Ilustración 13. Plano 2D UPV



Ilustración 14. Detalle plano 2D UPV

LOCALES

El listado de los distintos locales del edificio con su superficie correspondiente es el siguiente:

Tabla 3. Superficies locales 5G

LOCAL	SUPERFICIE ÚTIL [m ²]
PLANTA BAJA	
DESPACHO I (0.002)	33,81
GRUPOS HIDRÁULICOS – SALA MÁQUINAS (0.003)	34,60
LABORATORIO FRACTURA Y FATIGA (0.004)	157,01
LABORATORIO DE PRÁCTICAS – FUSIÓN (0.005)	21,98
LABORATORIO DE CORROSIÓN (0.007)	18,05
LABORATORIO ELECTRODEPOSICIÓN (0.008)	17,99
CONTROL – CUADROS ELÉCTRICOS (0.009)	6,25
ASCENSOR (0.010)	2,41
LABORATORIO ENSAYOS MECÁNICOS (0.011)	157,08
LABORATORIO ING. MECÁNICA (0.013)	124,54
LABORATORIO BANCADA VIBRACIONES (0.014)	34,61
LABORATORIO MATERIALES COMPUESTOS (0.015)	17,35
TALLER LABORATORIO ING. DE FABRICACIÓN (0.017)	289,05

ALMACÉN DE MATERIAL (0.018)	16,31
DESPACHO II (0.019)	7,28
ELEM. COMUNES (pasillos, escaleras, etc.) (0.020)	127,69
LABORATORIO INVESTIGACIÓN – MATERIALES (0.021, 0.022)	53,76
PRIMERA PLANTA	
ELEM. COMUNES (pasillos, escaleras, etc.) (1.001)	129,81
LOCAL TÉCNICO – MAQUINARIA (1.002)	8,34
LABORATORIO POLÍMEROS Y COMPUESTOS (1.003)	43,66
LABORATORIO MATERIALES CERÁMICOS (1.004)	27,20
LABORATORIO QUÍMICO (1.005)	22,95
LABORATORIO ING. MECÁNICA (1.006)	81,46
ASCENSOR (1.008)	2,41
LABORATORIO DE ESTRUCTURAS (1.009)	80,66
SERVICIOS (1.010, 1.020, 1.021, 1.023, 1.024)	30,13
LABORATORIO DE MODELOS (1.011, 1.012)	35,11
DESPACHO (1.014)	12,95
LABORATORIO DE RESISTENCIA I (1.015)	71,12
LABORATORIO DE RESISTENCIA II (1.016)	70,40
ALMACÉN MATERIAL (1.017)	12,81
LABORATORIO DE METROLOGÍA (1.018)	86,35
LABORATORIO DE DISEÑO (1.019)	80,42

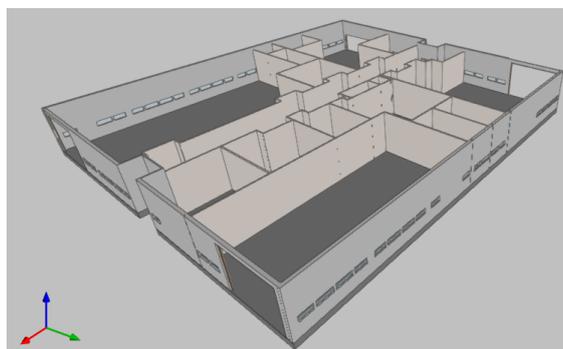


Ilustración 15. Partición planta baja 5G IFC Builder

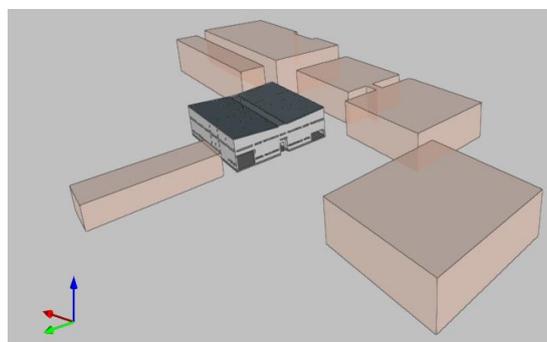


Ilustración 16. Vista Edificio 5G y vecinos IFC Builder

RECINTOS

Los recintos se han dividido en tres zonas diferenciadas: zona climatizada, zona no climatizada y zona no habitable.

ZONA CLIMATIZADA

La zona climatizada, como su nombre indica, está formada por aquellos locales que se encuentran climatizados, sumando un total de $1.610,51 \text{ m}^2$ (81,75% de la superficie total habitable). Estos locales son despachos y laboratorios tanto de uso docente como de investigación.

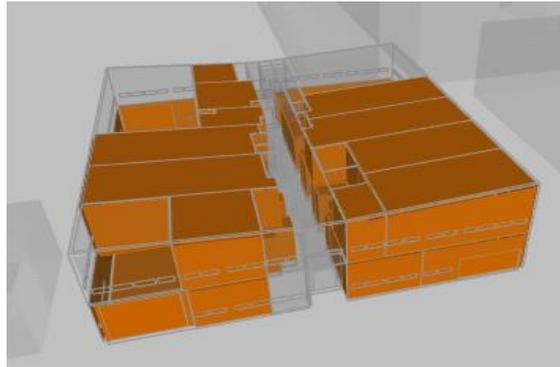


Ilustración 17. Zona climatizada edificio 5G

En CYPETherm HE Plus se ha clasificado la zona como 'habitable' y se han añadido las condiciones de confort interior según a unas temperaturas de consigna personalizadas. Estas temperaturas de consigna son: 20°C para calefacción y 25°C para refrigeración.

ZONA NO CLIMATIZADA

La zona no climatizada está formada por locales que no disponen de climatización como son los almacenes, ascensor, escaleras, pasillos, servicios públicos y privados y locales técnicos destinados para cuadros eléctricos o climatización (18,25% de la superficie total habitable).

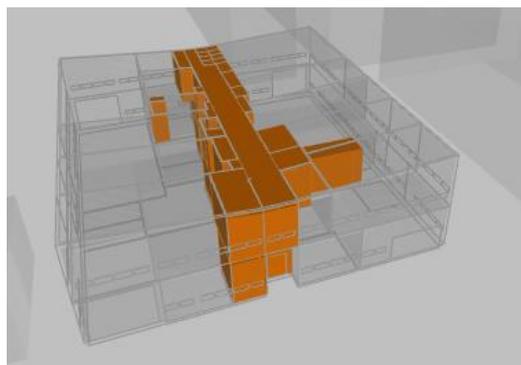


Ilustración 18. Zona no climatizada edificio 5G

En CYPETherm HE Plus se ha clasificado la zona como 'habitable' y como 'zona no acondicionada'.

ZONA NO HABITABLE

La zona no habitable es aquella la cual su superficie no puede ser ocupada por las personas como pueden ser los espacios entre tabiques de diferentes locales.

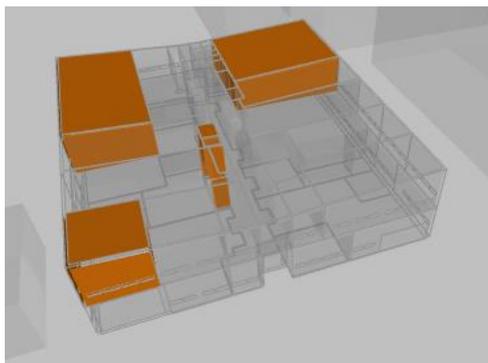


Ilustración 19. Zona no habitable edificio 5G

En CYPETherm HE Plus se ha clasificado la zona como ‘no habitable’ e ‘incluida en la envolvente térmica’.

VENTILACIÓN

En cuanto a la ventilación de los locales, se ha establecido, tomando como referencia ‘ANSI/ASHRAE Standard 62.1’ los siguientes caudales según el tipo de local:

Tabla 4. Ventilación edificio 5G

LOCAL	VALOR VENTILACIÓN	UNIDADES
Despachos	8,50	(l/s)/persona
Laboratorios	8,60	(l/s)/persona
Pasillos y escaleras	2,70	(l/s)/persona
Aseos	3,50	(l/s)/persona

El perfil de uso definido para ventilación se aplica los días laborables (sábados incluidos) de los meses de septiembre hasta julio para los locales como laboratorios de investigación, despachos, pasillos y escaleras. Para los laboratorios de uso docente el perfil se aplica los días laborables (sábados excluidos) de los meses de septiembre hasta junio.

Tabla 5. Perfil de uso Ventilación

Hora																							
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
%																							
0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0

ILUMINACIÓN

La potencia instalada de iluminación introducida, al no disponer de tecnología LED en el edificio, es la máxima de 10 W/m^2 según indica el ‘CTE DB-HE’ con una fracción radiante de 0,8 para despachos, laboratorios, ascensor, pasillos, escaleras, ascensor y aseos.

Tabla 3.2 - HE3 Potencia máxima por superficie iluminada ($P_{TOT,lim}/S_{TOT}$)

Uso	E Iluminancia media en el plano horizontal (lux)	Potencia máxima a instalar (W/m^2)
Aparcamiento		5
Otros usos	≤ 800	10
	> 800	25

Ilustración 20. Potencia máxima por superficie iluminada CTE DB-HE

Los valores límite de eficiencia energética de la instalación (VEEI límite) se han extraído del CTE DB-HE para cada local en particular, resultando ser:

Tabla 6. VEEI límite edificio 5G

LOCAL	VEEI límite	UNIDADES
Despachos	3,0	W/m^2
Laboratorios	3,5	W/m^2
Almacenes	4,0	W/m^2
Zonas comunes	6,0	W/m^2

Tabla 3.1 - HE3 Valor límite de eficiencia energética de la instalación (VEEI_{lim})

Uso del recinto	VEEI límite
Administrativo en general	3,0
Andenes de estaciones de transporte	3,0
Pabellones de exposición o ferias	3,0
Salas de diagnóstico ⁽¹⁾	3,5
Aulas y laboratorios ⁽²⁾	3,5
Habitaciones de hospital ⁽³⁾	4,0
Recintos interiores no descritos en este listado	4,0
Zonas comunes ⁽⁴⁾	4,0
Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	4,0
Aparcamientos	4,0
Espacios deportivos ⁽⁵⁾	4,0
Estaciones de transporte ⁽⁶⁾	5,0
Supermercados, hipermercados y grandes almacenes	5,0
Bibliotecas, museos y galerías de arte	5,0
Zonas comunes en edificios no residenciales	6,0
Centros comerciales (excluidas tiendas) ⁽⁷⁾	6,0
Hostelería y restauración ⁽⁸⁾	8,0
Religioso en general	8,0
Salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias ⁽⁹⁾	8,0
Tiendas y pequeño comercio	8,0
Habitaciones de hoteles, hostales, etc.	10,0
Locales con nivel de iluminación superior a 600lux	2,5

Ilustración 21. VEEI límite CTE DB-HE

El perfil de uso definido para iluminación se aplica los días laborables (sábados incluidos) de los meses de septiembre hasta julio para los locales como laboratorios para investigación, despachos, ascensor, pasillos, escaleras y aseos. Para los laboratorios de uso docente el perfil se aplica los días laborables (sábados excluidos) de los meses de septiembre hasta junio.

Tabla 7. Perfil de uso Iluminación

Hora																							
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
%																							
0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0

OCUPACIÓN

La ocupación de los distintos locales se extrae de la memoria técnica del edificio 5G y se recoge en la siguiente tabla:

Tabla 8. Ocupación locales edificio 5G

LOCAL	OCUPACIÓN [personas]
PLANTA BAJA	
DESPACHO I (0.002)	1
GRUPOS HIDRÁULICOS – SALA MÁQUINAS (0.003)	0
LABORATORIO FRACTURA Y FATIGA (0.004)	16
LABORATORIO DE PRÁCTICAS – FUSIÓN (0.005)	3
LABORATORIO DE CORROSIÓN (0.007)	2
LABORATORIO ELECTRODEPOSICIÓN (0.008)	2
CONTROL – CUADROS ELÉCTRICOS (0.009)	0
ASCENSOR (0.010)	0
LABORATORIO ENSAYOS MECÁNICOS (0.011)	15
LABORATORIO ING. MECÁNICA (0.013)	24
LABORATORIO BANCADA VIBRACIONES (0.014)	4
LABORATORIO MATERIALES COMPUESTOS (0.015)	2
LABORATORIO DOCENTE – Mecánico (0.016)	4
TALLER LABORATORIO ING. DE FABRICACIÓN (0.017)	58
ALMACÉN DE MATERIAL (0.018)	2
DESPACHO II (0.019)	1
ELEM. COMUNES (pasillos, escaleras, etc.) (0.020)	-
LABORATORIO INVESTIGACIÓN – MATERIALES (0.021, 0.022)	16
PRIMERA PLANTA	
ELEM. COMUNES (pasillos, escaleras, etc.) (1.001)	-
LOCAL TÉCNICO – MAQUINARIA (1.002)	0
LABORATORIO POLÍMEROS Y COMPUESTOS (1.003)	5
LABORATORIO MATERIALES CERÁMICOS (1.004)	3
LABORATORIO QUÍMICO (1.005)	3
LABORATORIO ING. MECÁNICA (1.006)	16
ASCENSOR (1.008)	0
LABORATORIO DE ESTRUCTURAS (1.009)	22
SERVICIOS (1.010, 1.020, 1.021, 1.023, 1.024)	-

LABORATORIO DE MODELOS (1.011, 1.012)	10
DESPACHO (1.014)	1
LABORATORIO DE RESISTENCIA I (1.015)	19
LABORATORIO DE RESISTENCIA II (1.016)	19
ALMACÉN MATERIAL (1.017)	2
LABORATORIO DE METROLOGÍA (1.018)	18
LABORATORIO DE DISEÑO (1.019)	16

Según la actividad que se realice en cada local, se asigna un nivel de actividad expresado en W/persona, tomando como referencia los valores definidos por ASHRAE:

Tabla 9. Nivel de actividad edificio 5G

LOCAL	GRADO DE ACTIVIDAD	NIVEL DE ACTIVIDAD	UNIDADES	FRACCIÓN RADIANTE
Despachos	Sentado. Con poca actividad corporal.	115	W/persona	0,60
Laboratorios	De pie. Con poca actividad corporal. Caminando.	130	W/persona	0,58
Ascensor	De pie. Con poca actividad corporal. Caminando.	130	W/persona	0,58
Pasillos y escaleras	Caminando. De pie.	145	W/persona	0,58
Aseos	Sentado. Con poca actividad corporal	115	W/persona	0,60
Almacenes	De pie. Con poca actividad corporal. Caminando.	130	W/persona	0,58

El perfil de uso definido para ocupación se extrae de la memoria técnica del edificio 5G y es el siguiente, aplicado los días laborables (sábados excluidos) de los meses desde septiembre hasta junio para los laboratorios de uso docente y los días laborables (sábados incluidos) de los meses desde septiembre hasta julio para los laboratorios para investigación.

Tabla 10. Perfil de uso ocupación horario laboratorio 5G

Hora																							
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
%																							
0	0	0	0	0	0	0	50	75	100	100	75	100	100	50	0	50	100	100	75	50	0	0	0

El perfil de uso definido para los despachos es el siguiente, aplicado los días laborables (sábados incluidos) de los meses desde septiembre hasta julio.

Tabla 11. Perfil de uso ocupación horario oficina 5G

Hora																							
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
%																							

0	0	0	0	0	0	0	0	50	75	100	100	100	75	50	25	50	50	75	75	50	25	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	-----	-----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---

EQUIPAMIENTO INTERNO

Se ha introducido equipamiento interno tanto en despachos como en laboratorios.

Por una parte, para los despachos se ha introducido una potencia de $5,40 \text{ W/m}^2$ con una fracción radiante de 0,20.

Por otra parte, se ha introducido $16,10 \text{ W/m}^2$ de potencia de equipamiento interno para laboratorios con una fracción radiante de 0,20.

MATERIALES ENVOLVENTE

Los materiales introducidos en los cerramientos tanto exteriores como interiores, se han extraído de la memoria técnica del edificio 5G.

CERRAMIENTOS Y TABIQUERÍA

Tabla 12. Cerramientos y tabiquería 5G

TIPO	ESPESOR (mm)	TRANSMITANCIA TÉRMICA (U) ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$)
MURO EXTERIOR	250	0,80
MURO EXTERIOR	100	0,96
MURO EXTERIOR ENTRADA	100	0,97
TABIQUERÍA	100	0,38
TABIQUERÍA	140	0,30
TABIQUERÍA ASEOS	105	0,38

SUELOS

Tabla 13. Suelos 5G

TIPO	ESPESOR (mm)	RESISTENCIA TÉRMICA ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$)
SUELO EN CONTACTO CON EL TERRENO	515	1,07

FORJADO ENTRE PISOS 313 mm

Tabla 14. Forjado entre pisos 5G

CARACTERIZACIÓN TÉRMICA	VALOR	UNIDAD
Forjado superior		
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración)	0,48	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Coeficiente de transmisión térmica (calefacción)	0,51	W/(m ² ·K)
Forjado inferior		
Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración)	0,51	W/(m ² ·K)
Coeficiente de transmisión térmica (calefacción)	0,48	W/(m ² ·K)
Forjado inferior expuesto a la intemperie		
Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración)	0,53	W/(m ² ·K)
Coeficiente de transmisión térmica (calefacción)	0,51	W/(m ² ·K)
Capacidad térmica	109.845,86	J/(m ² ·K)

CUBIERTA 441 mm

Tabla 15. Cubierta 5G

CARACTERIZACIÓN TÉRMICA	VALOR	UNIDAD
Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración)	0,42	W/(m ² ·K)
Coeficiente de transmisión térmica (calefacción)	0,43	W/(m ² ·K)
Capacidad térmica	58.111,77	J/(m ² ·K)

PUERTAS

En el edificio se pueden encontrar dos puertas principales situadas simétricamente y, además, cuatro persianas con entrada directa a laboratorios.

Tabla 16. Tipos de puertas 5G

TIPO	NÚMERO [ud]	ANCHO [m]	ALTO [m]	TRANSMITANCIA TÉRMICA (U) [W/m ² ·K]	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN
Persiana Grande	3	5,35	4,10	3,50	0,60
Persiana Mediana	1	5,35	2,50	3,50	0,60
Puerta de Entrada	2	1,80	2,50	3,03	0,80

VENTANAS

También se encuentran varios tipos de ventanas, diferenciando entre ventanas normales y dos ventanales que se encuentran en la primera planta.

Tabla 17. Tipos de ventanas 5G

TIPO	NÚMERO [ud]	ALTURA SOBRE EL SUELO [m]	ANCHO [m]	ALTO [m]
Ventanas	151	1,20	1,10	0,50
Ventanales	2	0,20	1,10	1,50

PUENTES TÉRMICOS LINEALES

Se ha tomado como referencia tanto el CTE DB-HE como la norma ISO 14683 para definir los puentes térmicos del edificio.

Información referente a las capas de los materiales de cada elemento constructivo, características de las puertas y ventanas y puentes térmicos definidos en el edificio se encuentran en el Anexo I.

3.2.1.4 EDIFICIO 5M

El edificio 5M de la ETSII fue construido el año 1992 y se emplea tanto para uso docente como para investigación. El edificio costa de 44 despachos, 18 laboratorios químicos para uso docente y 7 para investigación, 1 laboratorio eléctrico-electrónico para uso docente, 5 laboratorios instrumentales para uso docente y 3 para investigación, 1 biblioteca, 1 seminario, 1 sala de juntas y 1 sala de reuniones entre otros locales como almacenes, servicios y locales técnicos sumando un total de 3.704,85 m² repartidos entre cuatro plantas.

En cuanto al sistema de climatización del edificio, su consumo es abastecido de dos formas diferentes. Por una parte, en verano, la refrigeración se abastece mediante equipos independientes (splits) para cada local y equipos VRV y por otra parte, en invierno, la calefacción es centralizada y abastecida mediante las calderas del edificio 5Q de la UPV. Además, hay que señalar que el edificio no dispone de ventilación mecanizada, solamente los laboratorios tienen sistemas de ventilación independientes y que el edificio no consume ACS.

Con respecto a mejoras realizadas en el edificio, en el año 2016 se produjo el cambio de iluminación a sistemas LED y en 2018 se produjo el remplazamiento de sistemas de aire acondicionado.



Ilustración 22. Edificio 5M ETSII



Ilustración 23. Plano 2D UPV



Ilustración 24. Detalle plano 2D UPV

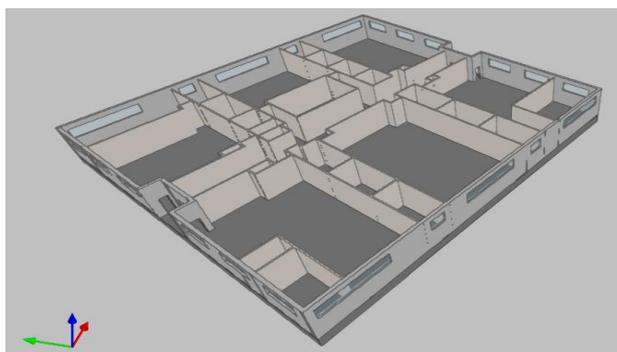


Ilustración 25. Particiones interiores planta baja 5M

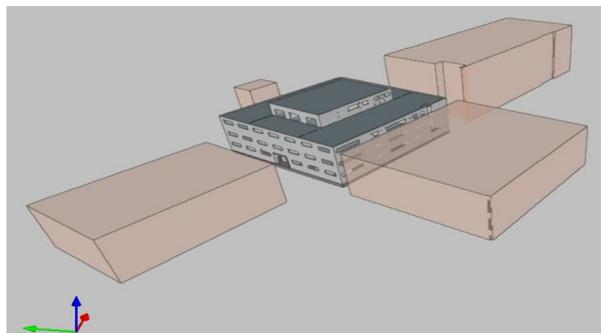


Ilustración 26. Vista Edificio 5M y vecinos IFC Builder

LOCALES

El listado de los distintos locales del edificio con su superficie correspondiente es el siguiente:

Tabla 18. Superficie locales 5M

LOCAL	SUPERFICIE ÚTIL [m ²]
PLANTA BAJA	
LABORATORIO QUÍMICO (0.002)	122,86
LABORATORIO INSTRUMENTAL (0.032)	5,03
LABORATORIO QUÍMICO (0.031)	14,54
LABORATORIO QUÍMICO (0.004)	12,78
LABORATORIO QUÍMICO (0.006)	146,40
LABORATORIO QUÍMICO (0.008)	12,85
LABORATORIO QUÍMICO (0.010)	107,36

LABORATORIO QUÍMICO (0.028)	36,09
LABORATORIO QUÍMICO (0.022)	96,68
LABORATORIO QUÍMICO INSTRUMENTAL (0.023)	45,02
LABORATORIO QUÍMICO AUXILIAR (0.018)	12,89
LABORATORIO QUÍMICO (0.016)	94,65
LABORATORIO QUÍMICO (0.011)	144,43
LOCAL TÉCNICO - RESONANCIA MAGNÉTICA (0.029)	34,19
DESPACHO IV (0.012)	10,85
DESPACHO I (0.003)	12,94
DESPACHO III (0.009)	13,45
DESPACHO V (0.017)	13,06
DESPACHO II (0.007)	13,07
ASEOS (0.019, 0.005)	20,17
LOCAL TÉCNICO – SALA MÁQUINAS (0.020)	3,77
LOCAL TÉCNICO – LIMPIEZA (0.015)	7,95
ALMACÉN PRODUCTOS QUÍMICOS (0.013)	10,24
ALMACÉN MATERIAL (0.014)	10,25
ASCENSOR (0.021)	2,94
ELEM. COMUNES (pasillos, escaleras, etc.) (0.001, 0.024)	120,24
PRIMERA PLANTA	
DESPACHO I (1.004)	12,73
DESPACHO II (1.005)	12,65
DESPACHO III (1.006)	12,11
DESPACHO IV (1.007)	11,95
DESPACHO V (1.008)	11,93
DESPACHO VI (1.009)	12,01
DESPACHO VII (1.010)	11,92
DESPACHO VIII (1.011)	12,00
DESPACHO IX (1.012)	11,99
DESPACHO X (1.013)	11,94
DESPACHO XI (1.014)	11,94
DESPACHO XII (1.015)	11,79
DESPACHO XIII (1.016)	11,99
DESPACHO XIV (1.017)	18,84
DESPACHO XV (1.018)	17,90
DESPACHO XVI (1.019)	25,95
DESPACHO XVII (1.021)	13,09
DESPACHO XVIII (1.034)	13,19
LABORATORIO QUÍMICO (1.020)	119,10
LABORATORIO QUÍMICO – SALA INSTRUMENTACIÓN (1.026)	13,78
LABORATORIO QUÍMICO (1.025)	94,54
LABORATORIO QUÍMICO (1.027)	36,03
LABORATORIO QUÍMICO (1.028)	36,57
LABORATORIO QUÍMICO (1.029)	36,15
LABORATORIO QUÍMICO (1.030)	93,52
LABORATORIO QUÍMICO – SALA INSTRUMENTACIÓN (1.033)	13,24
LABORATORIO QUÍMICO (1.031)	143,13
ALMACÉN VIDRIO (1.022)	17,68

ASEOS (1.023, 1.036)	35,14
LOCAL TÉCNICO – LIMPIEZA (1.024)	7,48
ASCENSOR (1.037)	2,94
LOCAL TÉCNICO – SALA MUFLAS (1.032)	10,78
ALMACÉN DE PRODUCTOS QUÍMICOS (1.035)	16,13
BIBLIOTECA (1.003)	14,05
LOCAL TÉCNICO – SALA RACK (1.039)	13,19
PASILLO PLANTA 1 (1.001, 1.042)	133,01
ZONA COMUNICACIÓN (pasillos, escaleras, etc.) (1.002)	45,47
SEGUNDA PLANTA	
DESPACHO I (2.020)	12,11
DESPACHO II (2.021)	11,95
DESPACHO III (2.022)	11,93
DESPACHO IV (2.023)	12,01
DESPACHO V (2.024)	11,92
DESPACHO VI (2.025)	12,00
DESPACHO VII (2.026)	11,99
DESPACHO VIII (2.027)	11,94
DESPACHO IX (2.028)	11,94
DESPACHO X (2.029)	11,79
DESPACHO XI (2.030)	11,99
DESPACHO XII (2.031)	11,91
DESPACHO XIII (2.032)	11,94
DESPACHO XIV (2.033)	12,37
DESPACHO XV (2.034)	12,54
DESPACHO XVI (2.035)	12,64
DESPACHO XVII (2.037)	13,09
DESPACHO XVIII (2.019)	26,01
LABORATORIO QUÍMICO (2.036)	119,10
LABORATORIO QUÍMICO – SALA INSTRUMENTACIÓN (2.005)	13,78
LABORATORIO QUÍMICO (2.006)	94,54
LABORATORIO QUÍMICO (2.007)	36,03
LABORATORIO QUÍMICO (2.008)	36,57
LABORATORIO QUÍMICO (2.009)	36,15
LABORATORIO QUÍMICO (2.010)	93,51
LABORATORIO QUÍMICO – SALA INSTRUMENTACIÓN (2.013)	13,19
LABORATORIO QUÍMICO – SALA INSTRUMENTACIÓN (2.012)	13,24
LABORATORIO LASER (2.011)	5,16
LABORATORIO QUÍMICO (2.014)	143,13
LABORATORIO – SALA RAYOS X (2.018)	14,05
ASEOS (2.004, 2.040, 2.017)	39,54
ALMACÉN VIDRIO (2.038)	20,72
ALMACÉN DE PRODUCTOS QUÍMICOS (2.015)	16,35
ALMACEN PAPEL (2.043)	5,64
LOCAL TÉCNICO - SALA RACK (2.016)	7,32
ALMACEN MATERIAL (2.042)	5,20
ASCENSOR (2.002)	2,94
PASILLO PLANTA 2 (2.003)	133,00

ZONA COMUNICACIÓN (pasillos, escaleras, etc.) (2.001, 2041)	44,64
TERCERA PLANTA	
DESPACHO DIRECCIÓN (3.005)	27,51
DESPACHO SECRETARÍA I (3.006)	31,93
DESPACHO SECRETARÍA II (3.007)	23,71
SALA JUNTAS (3.004)	34,36
SEMINARIO (3.013)	49,70
SALA REUNIONES (3.012)	25,67
LOCAL TÉCNICO – REPROGRAFÍA (3.010)	9,35
ALMACEN ARCHIVOS (3.011)	10,25
ASEOS (3.008, 3.009)	13,67
HALL (3.002)	13,33
ESCALERAS (3.014)	13,07
PASILLO PLANTA 3 (3.001)	36,53
ASCENSOR	2,94

RECINTOS

Los recintos se han dividido esta vez en cuatro zonas diferenciadas: zona climatizada con ventilación mecánica, zona climatizada con ventilación natural, zona no climatizada y zona no habitable.

ZONA CLIMATIZADA CON VENTILACIÓN MECÁNICA

La zona climatizada con ventilación mecánica abarca un total de 2.062,91 m² (55,96% de la superficie total habitable). Como se ha comentado anteriormente, el edificio no dispone de ventilación mecánica, a excepción de los laboratorios que disponen de equipos de ventilación independientes, tanto de uso docente como para investigación.

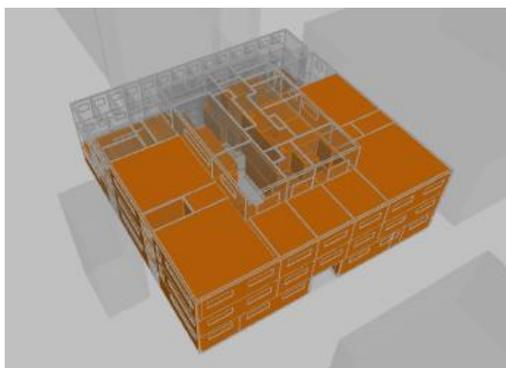


Ilustración 27. Zona climatizada con ventilación mecánica 5M

En CYPETherm HE Plus se ha clasificado la zona como 'habitable' y se han añadido las condiciones de confort interior según unas temperaturas de consigna personalizadas, exactamente iguales a las definidas en el edificio 5G, además de caracterizar la ventilación como 'mecánica'.

ZONA CLIMATIZADA CON VENTILACIÓN NATURAL

La zona climatizada con ventilación natural abarca un total de 787,47 m² (21,36% de la superficie total habitable). Esta zona está formada por todos los locales climatizados excepto los laboratorios. Estos

locales son despachos, seminarios, salas de descanso, locales técnicos (tipo laboratorio), bibliotecas, salas de juntas y salas de reuniones.

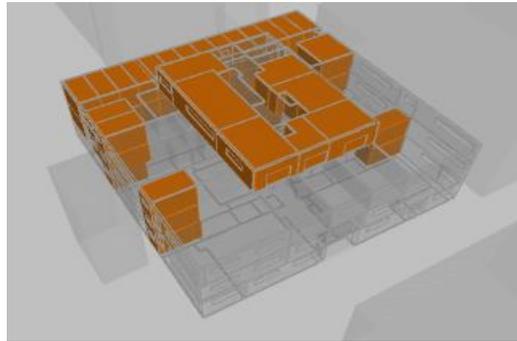


Ilustración 28. Zona climatizada con ventilación natural 5M

En CYPETherm HE Plus se ha clasificado la zona como 'habitabile' y se han añadido las condiciones de confort interior según a unas temperaturas de consigna personalizadas, exactamente iguales a las definidas en el edificio 5G, además de caracterizar la ventilación como 'natural'.

ZONA NO CLIMATIZADA

La zona no climatizada está formada por locales como almacenes, ascensor, escaleras, pasillos, servicios públicos y locales técnicos destinados para instrumental, limpieza, sala de máquinas o reprografía (22,68% de la superficie total habitable).

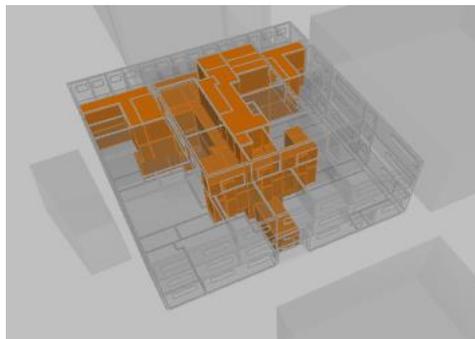


Ilustración 29. Zona no climatizada 5M

En CYPETherm HE Plus se ha clasificado la zona como 'habitabile' y como 'zona no acondicionada', además de disponer de ventilación 'natural'.

ZONA NO HABITABLE

La zona no habitable está formada por espacios entre tabiques de diferentes locales.

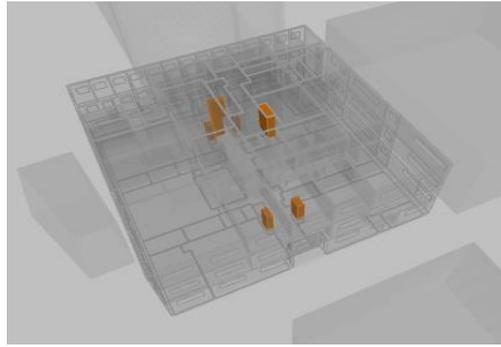


Ilustración 30. Zona no habitable 5M

En CYPETherm HE Plus se ha clasificado la zona como 'no habitable' e 'incluida en la envolvente térmica'.

VENTILACIÓN

En cuanto a la ventilación de los locales, se ha establecido, tomando como referencia 'ANSI/ASHRAE Standard 62.1' los siguientes caudales según el tipo de local:

Tabla 19. Ventilación 5M

LOCAL	VALOR VENTILACIÓN	UNIDADES
Despachos	8,50	(l/s)/persona
Laboratorios	8,60	(l/s)/persona
Hall	3,50	(l/s)/persona
Pasillos	3,50	(l/s)/persona
Sala de juntas	3,10	(l/s)/persona
Sala de reuniones	3,10	(l/s)/persona
Seminario	3,10	(l/s)/persona

Se recuerda que, a excepción de los laboratorios, los cuales disponen de equipos independientes de ventilación, el resto de los locales se ventilan de forma natural.

En cuanto al perfil de uso definido se aplica los días laborables (sábados incluidos) de los meses de septiembre hasta julio para los locales como laboratorios para investigación, despachos, hall, sala de juntas, sala de reuniones y seminarios. Para los laboratorios de uso docente el perfil se aplica los días laborables (sábados excluidos) de los meses de septiembre hasta junio.

Tabla 20. Perfil de uso Ventilación 5M

Hora																							
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
%																							
0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0

ILUMINACIÓN

En este edificio, al realizar en 2016 el cambio en iluminación a tecnología LED, la potencia instalada de iluminación introducida es de 4 W/m^2 , con una fracción radiante de 0,8.

Los valores límite de eficiencia energética de la instalación (VEEI límite) se han extraído del CTE DB-HE para cada local en particular, resultando ser:

Tabla 21. Iluminación 5M

LOCAL	VEEI límite	UNIDADES
Despachos	3,0	W/m ²
Laboratorios	3,5	W/m ²
Almacenes	4,0	W/m ²
Zonas comunes	6,0	W/m ²
Biblioteca	5,0	W/m ²
Local técnico	4,0	W/m ²
Sala de juntas, reuniones, seminarios, etc.	8,0	W/m ²

Tabla 3.1 - HE3 Valor límite de eficiencia energética de la instalación (VEEI_{lim})

Uso del recinto	VEEI límite
Administrativo en general	3,0
Andenes de estaciones de transporte	3,0
Pabellones de exposición o ferias	3,0
Salas de diagnóstico (1)	3,5
Aulas y laboratorios (2)	3,5
Habitaciones de hospital (3)	4,0
Recintos interiores no descritos en este listado	4,0
Zonas comunes (4)	4,0
Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	4,0
Aparcamientos	4,0
Espacios deportivos (5)	4,0
Estaciones de transporte (5)	5,0
Supermercados, hipermercados y grandes almacenes	5,0
Bibliotecas, museos y galerías de arte	5,0
Zonas comunes en edificios no residenciales	6,0
Centros comerciales (excluidas tiendas) (7)	6,0
Hostelería y restauración (8)	8,0
Religioso en general	8,0
Salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias (9)	8,0
Tiendas y pequeño comercio	8,0
Habitaciones de hoteles, hostales, etc.	10,0
Locales con nivel de iluminación superior a 600lux	2,5

Ilustración 31. VEEI límite locales 5M

El perfil de uso definido para iluminación se aplica los días laborables (sábados incluidos) de los meses de septiembre hasta julio para los locales como laboratorios para investigación, despachos, biblioteca, hall, sala de juntas, sala de reuniones, seminarios, ascensor, pasillos, escaleras y aseos. Para los laboratorios de uso docente el perfil se aplica los días laborables (sábados excluidos) de los meses de septiembre hasta junio.

Tabla 22. Perfil de uso Iluminación 5M

Hora																							
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

%																								
0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0

OCUPACIÓN

Para la ocupación de los distintos locales se ha tomado como referencia los valores proporcionados por 'ANSI/ASHRAE' y se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 23. Ocupación locales 5M

LOCAL	OCUPACIÓN	UNIDADES
PLANTA BAJA		
LABORATORIO QUÍMICO (0.002)	5	m ² /persona
LABORATORIO INSTRUMENTAL (0.032)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO (0.031)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO (0.004)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO (0.006)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO (0.008)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO (0.010)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO (0.028)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO (0.022)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO INSTRUMENTAL (0.023)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO AUXILIAR (0.018)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO (0.016)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO (0.011)	5	m ² /persona
LOCAL TÉCNICO - RESONANCIA MAGNÉTICA (0.029)	0	personas
DESPACHO IV (0.012)	1	persona
DESPACHO I (0.003)	1	persona
DESPACHO III (0.009)	1	persona
DESPACHO V (0.017)	1	persona
DESPACHO II (0.007)	1	persona
ASEOS (0.019, 0.005)	3	m ² /persona
LOCAL TÉCNICO – SALA MÁQUINAS (0.020)	0	personas
LOCAL TÉCNICO – LIMPIEZA (0.015)	0	personas
ALMACÉN PRODUCTOS QUÍMICOS (0.013)	50	m ² /persona
ALMACÉN MATERIAL (0.014)	50	m ² /persona
ASCENSOR (0.021)	2	m ² /persona
ELEM. COMUNES (pasillos, escaleras, etc.) (0.001, 0.024)	2	m ² /persona
PRIMERA PLANTA		
DESPACHO I (1.004)	1	persona
DESPACHO II (1.005)	1	persona
DESPACHO III (1.006)	1	persona
DESPACHO IV (1.007)	1	persona
DESPACHO V (1.008)	1	persona
DESPACHO VI (1.009)	1	persona
DESPACHO VII (1.010)	1	persona
DESPACHO VIII (1.011)	1	persona
DESPACHO IX (1.012)	1	persona

DESPACHO X (1.013)	1	persona
DESPACHO XI (1.014)	1	persona
DESPACHO XII (1.015)	1	persona
DESPACHO XIII (1.016)	1	persona
DESPACHO XIV (1.017)	1	persona
DESPACHO XV (1.018)	1	persona
DESPACHO XVI (1.019)	1	persona
DESPACHO XVII (1.021)	1	persona
DESPACHO XVIII (1.034)	1	persona
LABORATORIO QUÍMICO (1.020)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO – SALA INSTRUMENTACIÓN (1.026)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO (1.025)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO (1.027)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO (1.028)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO (1.029)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO (1.030)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO – SALA INSTRUMENTACIÓN (1.033)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO (1.031)	5	m ² /persona
ALMACÉN VIDRIO (1.022)	50	m ² /persona
ASEOS (1.023, 1.036)	3	m ² /persona
LOCAL TÉCNICO – LIMPIEZA (1.024)	0	personas
ASCENSOR (1.037)	2	m ² /persona
LOCAL TÉCNICO – SALA MUFLAS (1.032)	0	personas
ALMACÉN DE PRODUCTOS QUÍMICOS (1.035)	50	m ² /persona
BIBLIOTECA (1.003)	10	m ² /persona
LOCAL TÉCNICO – SALA RACK (1.039)	0	personas
PASILLO PLANTA 1 (1.001, 1.042)	2	m ² /persona
ZONA COMUNICACIÓN (pasillos, escaleras, etc.) (1.002)	2	m ² /persona
SEGUNDA PLANTA		
DESPACHO I (2.020)	1	persona
DESPACHO II (2.021)	1	persona
DESPACHO III (2.022)	1	persona
DESPACHO IV (2.023)	1	persona
DESPACHO V (2.024)	1	persona
DESPACHO VI (2.025)	1	persona
DESPACHO VII (2.026)	1	persona
DESPACHO VIII (2.027)	1	persona
DESPACHO IX (2.028)	1	persona
DESPACHO X (2.029)	1	persona
DESPACHO XI (2.030)	1	persona
DESPACHO XII (2.031)	1	persona
DESPACHO XIII (2.032)	1	persona
DESPACHO XIV (2.033)	1	persona
DESPACHO XV (2.034)	1	persona
DESPACHO XVI (2.035)	1	persona
DESPACHO XVII (2.037)	1	persona
DESPACHO XVIII (2.019)	1	persona

LABORATORIO QUÍMICO (2.036)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO – SALA INSTRUMENTACIÓN (2.005)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO (2.006)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO (2.007)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO (2.008)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO (2.009)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO (2.010)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO – SALA INSTRUMENTACIÓN (2.013)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO – SALA INSTRUMENTACIÓN (2.012)	5	m ² /persona
LABORATORIO LASER (2.011)	5	m ² /persona
LABORATORIO QUÍMICO (2.014)	5	m ² /persona
LABORATORIO – SALA RAYOS X (2.018)	5	m ² /persona
ASEOS (2.004, 2.040, 2.017)	3	m ² /persona
ALMACÉN VIDRIO (2.038)	50	m ² /persona
ALMACÉN DE PRODUCTOS QUÍMICOS (2.015)	50	m ² /persona
ALMACEN PAPEL (2.043)	50	m ² /persona
LOCAL TÉCNICO - SALA RACK (2.016)	0	personas
ALMACEN MATERIAL (2.042)	50	m ² /persona
ASCENSOR (2.002)	2	m ² /persona
PASILLO PLANTA 2 (2.003)	2	m ² /persona
ZONA COMUNICACIÓN (pasillos, escaleras, etc.) (2.001, 2041)	2	m ² /persona
TERCERA PLANTA		
DESPACHO DIRECCIÓN (3.005)	1	persona
DESPACHO SECRETARÍA I (3.006)	1	persona
DESPACHO SECRETARÍA II (3.007)	1	persona
SALA JUNTAS (3.004)	2	m ² /persona
SEMINARIO (3.013)	2	m ² /persona
SALA REUNIONES (3.012)	2	m ² /persona
LOCAL TÉCNICO – REPROGRAFÍA (3.010)	0	personas
ALMACEN ARCHIVOS (3.011)	50	m ² /persona
ASEOS (3.008, 3.009)	3	m ² /persona
HALL (3.002)	2	m ² /persona
ESCALERAS (3.014)	2	m ² /persona
PASILLO PLANTA 3 (3.001)	2	m ² /persona
ASCENSOR	2	m ² /persona

Según la actividad que se realice en cada local, se asigna un nivel de actividad expresado en W/ persona, tomando como referencia los valores proporcionados por 'ASHRAE'.

Tabla 24. Nivel de actividad locales 5M

LOCAL	GRADO DE ACTIVIDAD	NIVEL DE ACTIVIDAD	UNIDADES	FRACCIÓN RADIANTE
Despachos	Sentado. Con poca actividad corporal.	115	W/persona	0,60
Laboratorios	De pie. Con poca actividad corporal. Caminando.	130	W/persona	0,58

Ascensor	De pie. Con poca actividad corporal. Caminando.	130	W/persona	0,58
Pasillos y escaleras	Caminando. De pie.	145	W/persona	0,58
Aseos	Sentado. Con poca actividad corporal	115	W/persona	0,60
Almacenes	De pie. Con poca actividad corporal. Caminando.	130	W/persona	0,58

El perfil de uso definido para ocupación, aplicado los días laborables (sábados excluidos) de los meses desde septiembre hasta junio para los laboratorios de uso docente y los días laborables (sábados incluidos) de los meses desde septiembre hasta julio para los laboratorios de investigación, biblioteca, hall, aseos, pasillos y escaleras, ascensor y almacenes, es el siguiente:

Tabla 25. Perfil de uso ocupación horario laboratorio 5M

Hora																							
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
%																							
0	0	0	0	0	0	0	50	75	100	100	75	100	100	50	0	50	100	100	75	50	0	0	0

El perfil de uso definido para los despachos, sala de juntas, sala de reuniones, seminarios, aplicado los días laborables (sábados incluidos) de los meses desde septiembre hasta julio, es el siguiente:

Tabla 26. Perfil de uso ocupación horario oficina 5M

Hora																							
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
%																							
0	0	0	0	0	0	0	50	75	100	100	100	75	50	25	50	50	75	75	50	25	0	0	0

EQUIPAMIENTO INTERNO

Por una parte, para despachos, biblioteca, sala de reuniones, sala de juntas y seminarios se ha introducido una potencia de $5,40 \text{ W/m}^2$ con una fracción radiante de 0,20.

Por otra parte, se ha introducido $16,10 \text{ W/m}^2$ de potencia de equipamiento interno para laboratorios con una fracción radiante de 0.20.

MATERIALES ENVOLVENTE

Los materiales introducidos en los cerramientos tanto exteriores como interiores, se han extraído de la memoria técnica del edificio 5M.

CERRAMIENTOS Y TABIQUERÍA

Tabla 27. Cerramientos y tabiquería 5M

TIPO	ESPESOR (mm)	TRANSMITANCIA TÉRMICA (U) ($W/m^2 \cdot K$)
CERRAMIENTO EXTERIOR	280	0,53
TABIQUERÍA	140	1,94

SUELOS

Tabla 28. Suelos 5M

TIPO	ESPESOR (mm)	RESISTENCIA TÉRMICA ($m^2 \cdot K/W$)
FORJADO EN CONTACTO CON EL TERRENO	420	1,08

FORJADO ENTRE PISOS 313 mm

Tabla 29. Caracterización térmica forjado entre pisos 313 mm 5M

CARACTERIZACIÓN TÉRMICA	VALOR	UNIDAD
Forjado superior		
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración)	0,48	$W/(m^2 \cdot K)$
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción)	0,51	$W/(m^2 \cdot K)$
Forjado inferior		
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración)	0,51	$W/(m^2 \cdot K)$
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción)	0,48	$W/(m^2 \cdot K)$
Forjado inferior expuesto a la intemperie		
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración)	0,53	$W/(m^2 \cdot K)$
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción)	0,51	$W/(m^2 \cdot K)$
Capacidad térmica	109.845,86	$J/(m^2 \cdot K)$

CUBIERTA 441 mm

Tabla 30. Caracterización térmica cubierta 441 mm

CARACTERIZACIÓN TÉRMICA	VALOR	UNIDAD
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración)	0,45	$W/(m^2 \cdot K)$
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción)	0,47	$W/(m^2 \cdot K)$
Capacidad térmica	119.450,36	$J/(m^2 \cdot K)$

PUERTAS

En la planta baja se pueden encontrar dos puertas principales con sus correspondientes laterales en las fachadas principales. En las plantas primera y segunda, en la parte de las escaleras exteriores, hay también varias puertas.

Tabla 31. Tipo de puertas 5M

TIPO	NÚMERO [ud]	ANCHO [m]	ALTO [m]	TRANSMITANCIA TÉRMICA (U) [$W/m^2 \cdot K$]	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN
Puerta de Entrada	2	1,86	2,03	1,40	0,40
Puertas Laterales	4	0,75	2,03	1,40	0,40
Puertas Secundarias (planta 1 y 2)	2	1,40	2,03	1,40	0,40

VENTANAS

En cuanto a ventanas se puede encontrar ventanas de tamaño pequeño, mediano, grandes y ventanales. Algunas de las ventanas medias, las que están situadas en las fachadas principales llevan incorporadas persianas exteriores.

Tabla 32. Tipo de ventanas 5M

TIPO	NÚMERO [ud]	ALTURA SOBRE EL SUELO [m]	ANCHO [m]	ALTO [m]
Ventanas Pequeñas	52	1,20	1,50	1,20
Ventanas Medianas	17	1,20	3,05	1,20
Ventanas Grandes	15	1,20	6,05	1,20
Ventanal (plantas 1 y 2)	2	0,20	1,00	2,40
Ventanal (planta 3)	3	0,20	2,90	2,20
Ventanas Medianas con persiana exterior	12	1,20	3,05	1,20

PUENTES TÉRMICOS LINEALES

Se ha tomado como referencia tanto el CTE DB-HE como la norma ISO 14683 para definir los puentes térmicos del edificio.

Información referente a las capas de los materiales de cada elemento constructivo, características de las puertas y ventanas y puentes térmicos definidos en el edificio se encuentran en el Anexo II.

3.2.2 ESTIMACIÓN A PARTIR DE LAS SIMULACIONES

Los edificios que consumen agua caliente para calefacción proveniente de la sala de calderas del edificio 5Q son los siguientes: 2E, 3A, 3B (planta baja), 3F, 3M, 3N, 3P, 4A, 4E, 4H, 4F, 4J, 4L (Biblioteca central), 4P, 5C (planta baja y primera), 5D, 5G, 5M y 5P. Al no conocer la demanda de calefacción de los distintos edificios, se ha procedido a realizar una estimación de esta para cada uno.

Tras realizar la simulación de los edificios 5G y 5M, edificios similares entre sí en cuanto al tipo de locales que disponen, se conoce la demanda de calefacción por metro cuadrado de cada uno de ellos.

Además, se conoce la demanda de calefacción de la agregación formada por los edificios 5C+5D gracias a la simulación de estos realizada en otro proyecto paralelo de la cátedra (Amador, n.d.).

Para validar las estimaciones que se van a realizar para el resto de los edificios, se ha realizado la estimación de la demanda de calefacción del 5G y 5M para así, compararlo con los datos extraídos de la simulación. Para ello se ha empleado la demanda de calefacción del edificio 5E, cuyo abastecimiento es 100% eléctrico y dispone de locales semejantes a los anteriores.

Al conocer el consumo eléctrico de calefacción del 5E, se obtiene su consumo por metro cuadrado de calefacción y aplicando un COP estimado para bomba de calor (valor cercano a 3), se obtiene la demanda de calefacción por metro cuadrado. Este valor de demanda por metro cuadrado es el que se aplica en los edificios 5G y 5M y se compara con los obtenidos en la simulación.

Al resultar una estimación de demanda de calefacción aceptable, se procede a aplicar la demanda por metro cuadrado del edificio 5E o la demanda por metro cuadrado de los edificios 5C+5D en el resto de los edificios que consumen gas, según la semejanza entre los locales climatizados de unos y otros.

3.3 ANÁLISIS PROPUESTAS DE MEJORA

Al obtener una estimación de la demanda de calefacción del conjunto de edificios, se han podido obtener los costes y emisiones de CO₂ debido al consumo de gas, ya que se conocen los modelos actuales de calderas.

A continuación, se han propuesto varias opciones posibles para sustituir dichas calderas por otros equipos con menos producción de emisiones y así, comparar los resultados de estas y los costes en combustible.

3.3.1 MEDIDAS DE MEJORA ANALIZADAS

Se han planteado tres propuestas con dos equipos diferentes: calderas de biomasa y bombas de calor.

La primera propuesta es la sustitución de las calderas de gas por calderas de biomasa usando como combustible pellets y huesos de aceituna. La segunda propuesta se trata de la aplicación de un sistema centralizado formado por bombas de calor con una temperatura de suministro de agua caliente de 70°C. La temperatura de suministro es de 70°C ya que es la temperatura a la que se encuentra diseñada la red de abastecimiento actual, así no sería necesario una sustitución de las instalaciones, como radiadores que se encuentren en los edificios. La tercera y última propuesta se trata de implementar una bomba de calor en cada edificio que consuma gas procedente de las calderas.

Por una parte, tanto en la primera como en la segunda propuesta se ha seleccionado los equipos de tal forma que se cubra la potencia actual que disponen las calderas de gas.

Por otra parte, para la tercera propuesta, se ha estimado la potencia nominal necesaria a partir de la demanda máxima a satisfacer en los edificios. Únicamente se puede conocer con precisión en los edificios que han sido simulados en CYPE, es decir, el 5G, 5M y 5C+5D. Para el resto de los edificios, se ha realizado una aproximación a partir de ellos.

4. RESULTADOS

En este apartado de ‘Resultados’ se van a plasmar, en primer lugar, los consumos eléctricos obtenidos de los edificios analizados. En segundo lugar, los resultados que han presentado las simulaciones de los edificios 5G y 5M. A continuación, las estimaciones de demanda de calefacción de los edificios abastecidos por las calderas de gas del 5Q a partir de las simulaciones anteriormente realizadas, para finalizar aportando varias propuestas de sustitución de las calderas de gas con un estudio de viabilidad económica para cada una de las opciones.

4.1 SISTEMA DE MEDICIÓN ELÉCTRICA EN LA UPV

4.1.1 RESULTADOS EDIFICIOS

Los edificios de la ETSII y adyacentes, han sido construidos en diferentes fechas y, por tanto, presentan sistemas de abastecimiento de climatización muy dispares. Se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 33. Climatización de la ETSII y edificios adyacentes

AÑO CONSTRUCCIÓN	EDIFICIO	planta	INVIERNO	VERANO	VENTILACIÓN
1978	5C	0 y 1	Calderas 5Q	Enfriadora	Sí
		2	Splits		No
1978	5D	100%	Calderas 5Q	Enfriadora	Sí
1992	5E	50%	Splits		Sí
		50%	VRV		No
1978	5F+5H+5J	30%	Bomba de calor		Sí
		70%	Splits y VRV		Sí
1978	5G	100%	Calderas 5Q	Splits	Invierno
1998	5N	100%	Bomba de calor		Sí
2011	5R	100%	VRV		Sí
1978	5I	100%	VRV		No
1978	5K	100%	Splits y VRV		50%
1978	5L	100%	Splits y VRV		No
1992	5M	100%	Calderas 5Q	Splits y VRV	En laboratorios
1998	5O	100%	NO climatizado		No
1998	5P	100%	Calderas 5Q	Coolings	Invierno
2011	5S	100%	Splits		No
	5Q	100%	NO climatizado		No

A diferencia de la disposición de un sistema de recogida de datos de consumo eléctrico en el campus, el cual permite diferenciar consumos entre edificios, no se dispone de un sistema similar para el

consumo de gas, la única información de la que se dispone es de una factura anual de su consumo en todo el campus. Esto complica mucho el tratamiento del consumo de gas ya que no se conoce ni el consumo de calefacción por gas de los edificios ni el consumo parcial de cada sala de calderas.

Se ha obtenido el consumo eléctrico total de las agregaciones mencionadas anteriormente, indicando el porcentaje dedicado al consumo de climatización en aquellas donde sea posible.

Dicho consumo de climatización contiene tanto calefacción como refrigeración y ventilación y no hay datos disponibles para desagregarlos de forma exacta y real, por lo tanto, se ha procedido a realizar una estimación tanto del porcentaje dedicado a calefacción como a refrigeración y ventilación.

Hay que recalcar que, los datos de los cuales se habla a continuación son los provenientes de las operaciones eléctricas, por lo tanto, se trata de consumos únicamente eléctricos.

A continuación, se muestran las agregaciones con sus consumos eléctricos:

- Agregación 5C+5D

La agregación formada por los edificios 5C y 5D está formada principalmente por despachos (48% de la superficie total), así como por aulas (26%), laboratorios (23%) y locales técnicos (3%). Ambos edificios fueron construidos en 1978 y se han realizado mejoras como el cambio a iluminación Led en las zonas comunes (en 2016) o el remplazamiento de los marcos de las ventanas (en 2018). En el 5C también se han remplazado los equipos de climatización (en 2018).

La agregación se divide en dos partes diferenciadas por su tipo de abastecimiento. Por una parte, el edificio 5D entero más las plantas baja y primera del 5C, disponen de un sistema centralizado, donde el consumo de refrigeración es abastecido mediante una enfriadora situada en el 5D y la calefacción mediante la sala de calderas del 5Q, siendo su ventilación mecánica. Por otra parte, la climatización de la segunda planta del edificio 5C se abastece mediante equipos eléctricos independientes para cada local, sin disponer de ventilación mecánica.

El consumo total eléctrico obtenido en el año 2019 es de 302.863 kWh, con un consumo por metro cuadrado de 45,46 kWh/m², siendo 63,89% (193.505 kWh) el porcentaje destinado a climatización (eléctrica).

Se conoce que los meses en los que se produce demanda de refrigeración son de abril hasta octubre y la demanda de calefacción se produce de octubre hasta abril. Para estimar el consumo de ventilación, (presente durante todo el año) se observa que, en los fines de semana, cuando es más probable que no se produzca demanda debido a que el edificio se encuentre vacío y en los meses que es más probable que la mayoría de los días no consuma refrigeración ni calefacción, como es el caso del mes de abril, existe un consumo continuo y fijo de climatización, lo cual se ha asociado al consumo de ventilación.

Por lo tanto, se ha desagregado el consumo de climatización, siendo este de 193.505 kWh a lo largo de 2019, en consumo por refrigeración (98.835 kWh), calefacción (50.733 kWh) y ventilación (43.937 kWh).

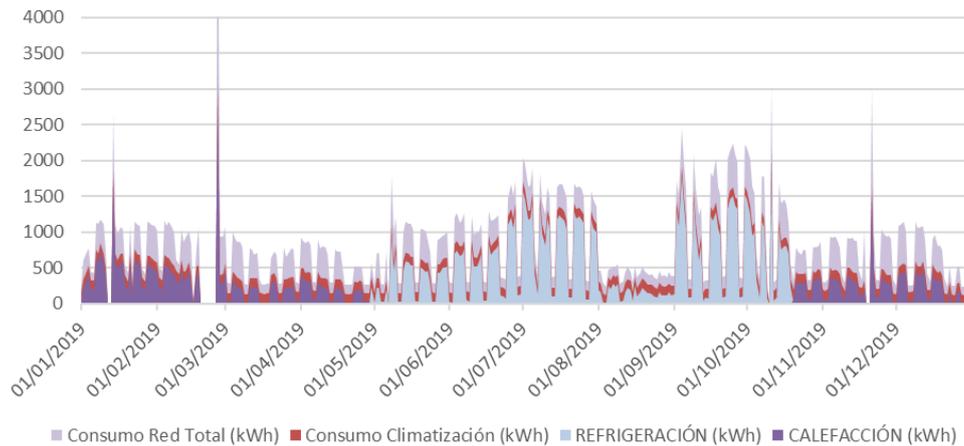


Ilustración 32. Consumo diario 5C+5D 2019

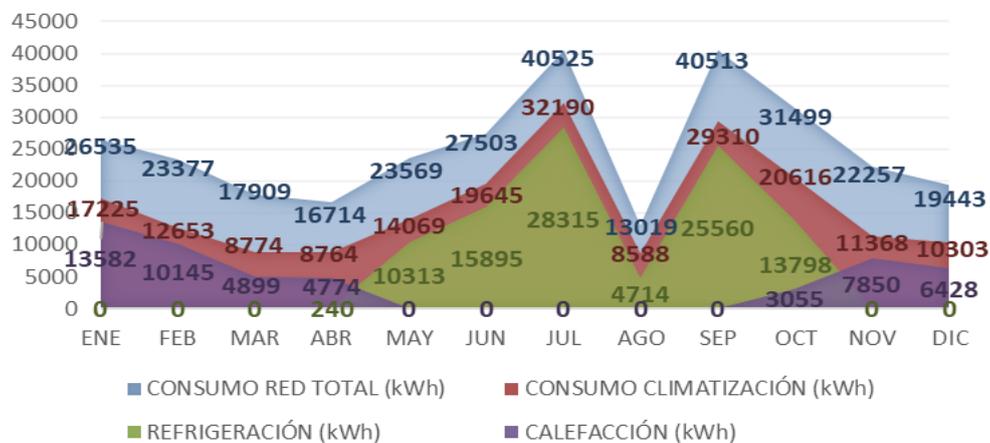


Ilustración 33. Consumo mensual 5C+5D 2019

Al tratarse de unos edificios empleados para docencia, puede resultar extraño el elevado consumo eléctrico que se presenta en el mes de julio, pero hay que observar que se trata de unos edificios que se componen mayoritariamente de despachos y, el mes de julio es laborable.

- Agregación 5F + 5H + 5J

La agregación formada por los edificios 5F, 5H y 5J está formada principalmente por despachos (46% de la superficie total), así como por aulas (40%), laboratorios (11%) y locales técnicos (3%). La agregación fue construida en 1978 y se han realizado mejoras como el cambio a iluminación Led en las zonas comunes (en 2016 en el 5F y 5H) o el remplazamiento de los marcos de las ventanas (en 2014). En el 5H también se han remplazado los equipos de climatización (en 2018).

La climatización de la agregación es abastecida mediante dos formas distintas. Por una parte, aproximadamente un 30% del abastecimiento se encuentra centralizado en una bomba de calor situada en el 5J, conteniendo ventilación mecánica, y por otra, aproximadamente un 70% se abastece mediante equipos independientes para cada local y sistemas VRV.

El consumo total eléctrico obtenido en el año 2019 es de 427.906 kWh, con un consumo por metro cuadrado de 40,77 kWh/m², siendo 26,05% (111.459 kWh) el porcentaje destinado a climatización y 19,96% el consumo de fuerza (85.419 kWh) (equipos de elevado consumo que no son de climatización).

La estimación de refrigeración ha resultado en 56.960 kWh, 52.519 kWh para calefacción y 1.980 kWh para ventilación.

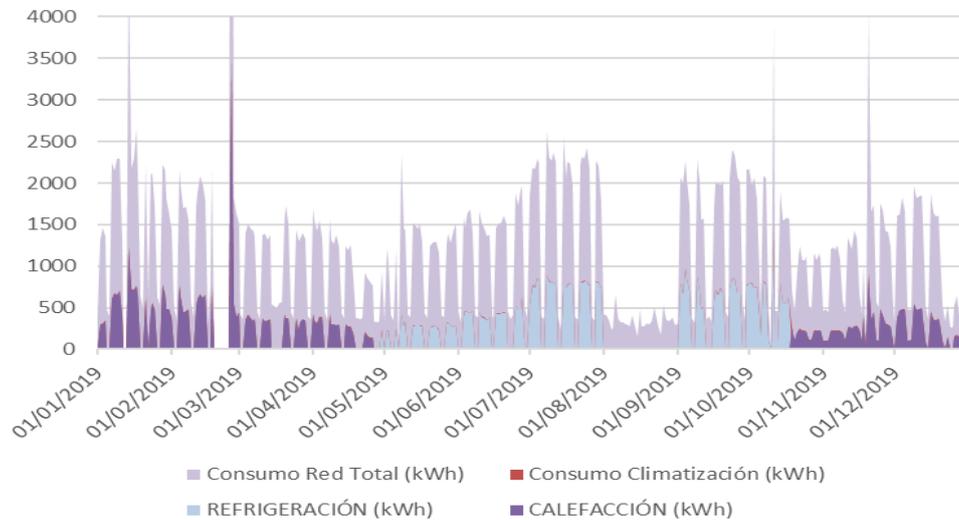


Ilustración 34. Consumo diario 5F+5H+5J 2019

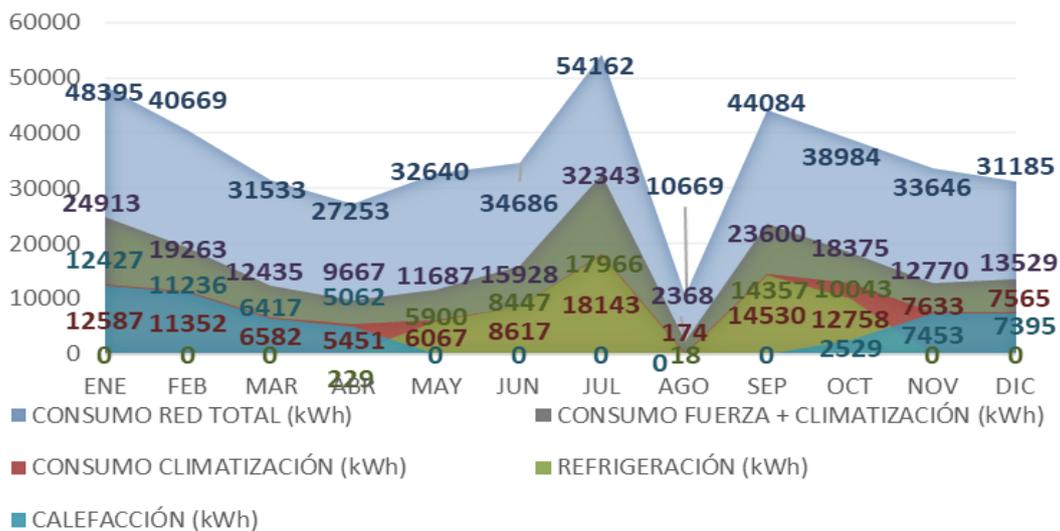


Ilustración 35. Consumo mensual 5F+5H+5J 2019

Igualmente, se puede observar el elevado consumo eléctrico en el mes de julio debido al elevado número de despachos presentes.

- Agregación 5E

El edificio 5E está formado principalmente por despachos (43% de la superficie total), aulas (8%), laboratorios (45%) y locales técnicos (3%). Fue construido en 1992 y se han realizado mejoras como el remplazamiento de los marcos de las ventanas (en 2014) o el remplazamiento de los equipos de climatización (en 2016).

La climatización del edificio es abastecida mediante equipos independientes por zonas (un 50% aproximadamente) con ventilación mecánica y por sistemas VRV (50% aproximadamente).

El consumo total eléctrico obtenido en el año 2019 es de 405.189 kWh, con un consumo por metro cuadrado de 41,10 kWh/m², siendo 30,39% el porcentaje destinado a climatización (123.146 kWh).

La estimación de refrigeración ha resultado ser de 71.660 kWh, 33.265 kWh para calefacción y 18.221 kWh para ventilación.

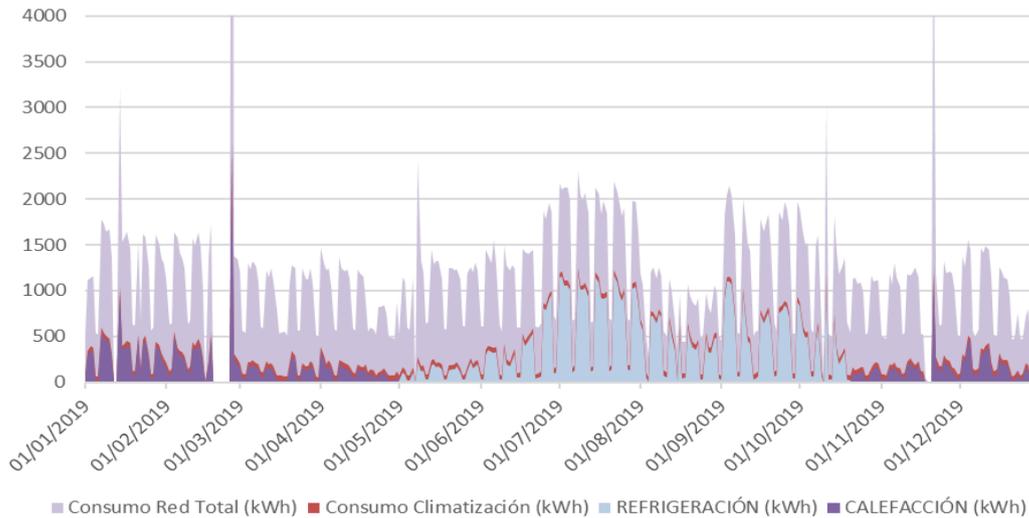


Ilustración 36. Consumo diario 5E 2019

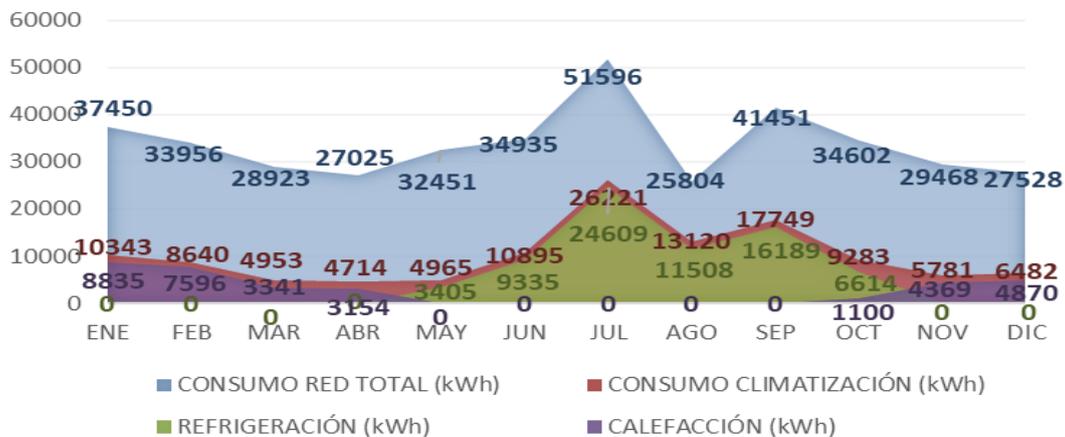


Ilustración 37. Consumo mensual 5E 2019

Igualmente, se puede observar el elevado consumo eléctrico en el mes de julio debido al elevado número de despachos presentes.

- Agregación 5N

El edificio 5N es el Aulario de la ETSII, el cual está formado principalmente por despachos (17% de la superficie total), aulas (70%), laboratorios (13%) y local técnico (1%). Fue construido en 1998 y se han realizado mejoras como el cambio a iluminación led en las áreas comunes (en 2016).

La climatización del edificio es centralizada y abastecida mediante una bomba de calor situada en el mismo edificio.

El consumo total eléctrico obtenido en el año 2019 es de 169.361 kWh, con un consumo por metro cuadrado de 37,57 kWh/m², siendo 45,79% el porcentaje destinado a climatización (77.557 kWh).

La estimación de refrigeración ha resultado ser de 46.832 kWh, 23.352 kWh para calefacción y 7.373 kWh para ventilación.

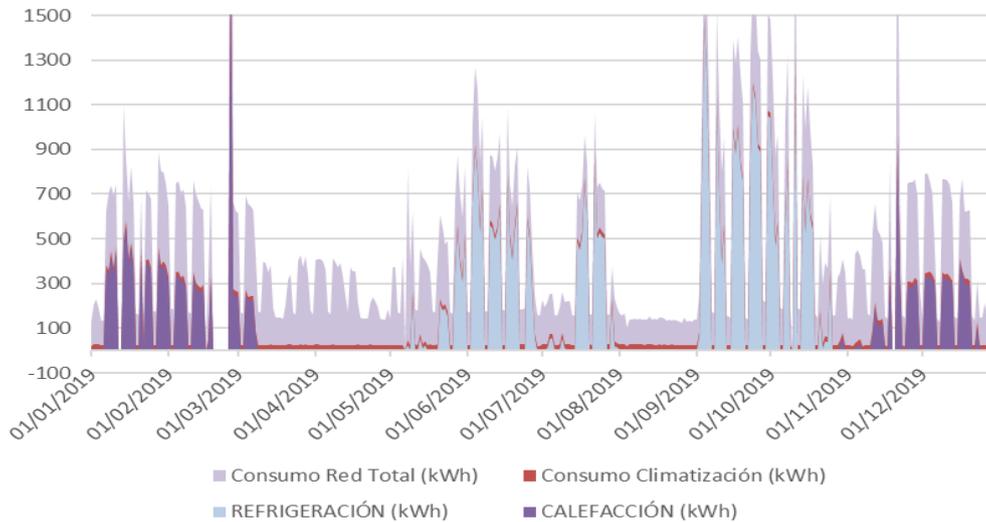


Ilustración 38. Consumo diario 5N 2019

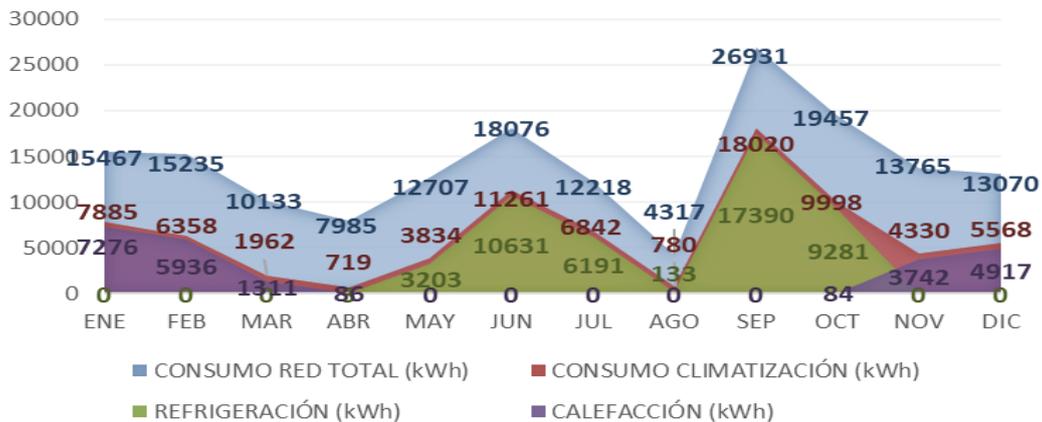


Ilustración 39. Consumo mensual 5N 2019

Puede observarse el elevado consumo eléctrico en el mes de septiembre, mes que coincide con el comienzo del curso académico y el regreso de los alumnos a las aulas.

- Agregación 5G

El edificio 5G está formado principalmente por despachos (5% de la superficie total) y laboratorios (95%). Fue construido en 1978 y se han realizado mejoras como el remplazamiento de los marcos de las ventanas (en 2018).

La climatización del edificio es centralizada en invierno, abastecida mediante la sala de calderas del 5Q, con ventilación mecánica y con equipos independientes para cada local en verano.

El consumo total eléctrico obtenido en el año 2019 es de 42.943 kWh, con un consumo por metro cuadrado de 21,16 kWh/m², siendo 3,93% el porcentaje destinado a climatización (eléctrico) (1.689 kWh).

La estimación de refrigeración ha resultado ser de 373 kWh, 564 kWh para climatización y 752 kWh para ventilación.

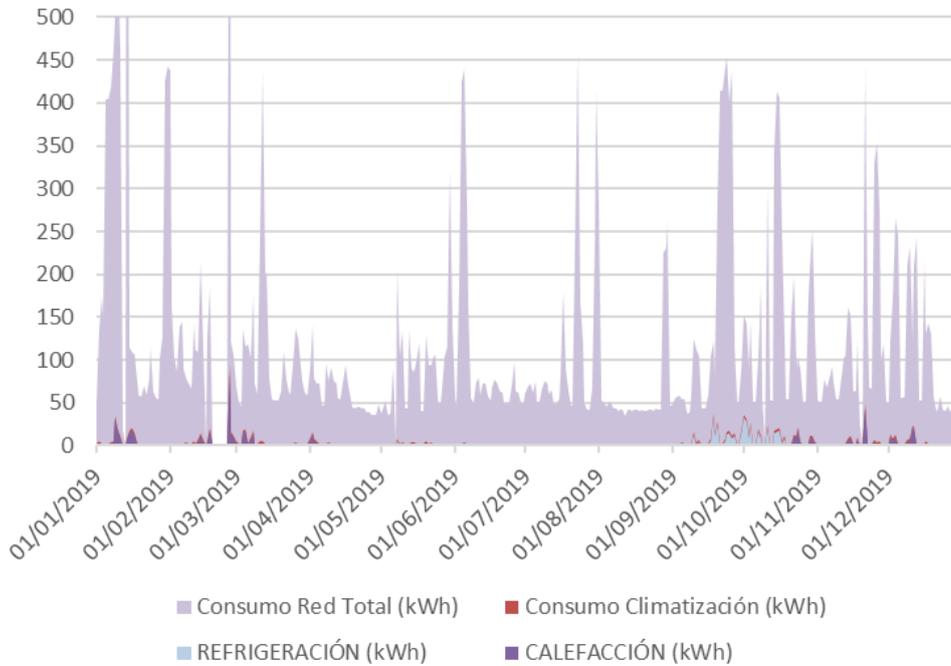


Ilustración 40. Consumo diario 5G 2019

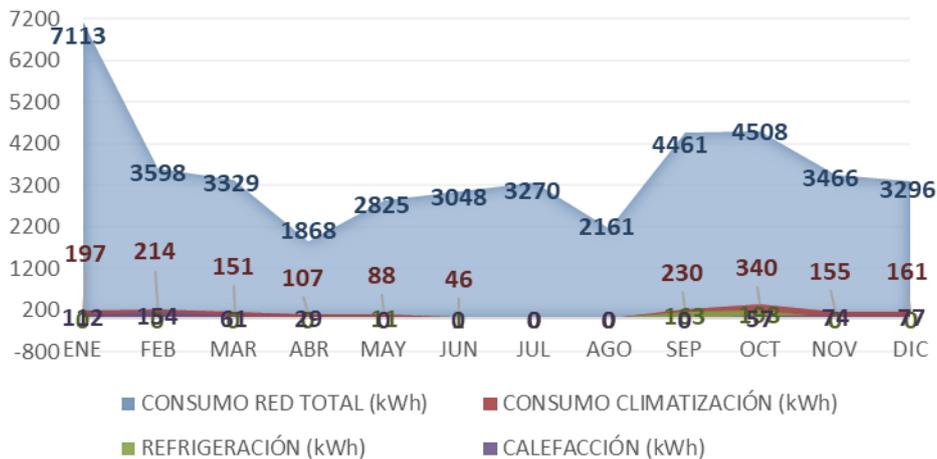


Ilustración 41. Consumo mensual 5G 2019

- Agregación 5R

El edificio 5R es uno de los más nuevos del campus, construido en el año 2011 y destinado a instalaciones de deporte. Está formado principalmente por gimnasios y vestuarios y también algún despacho.

La climatización del edificio es abastecida por sistemas VRV con ventilación mecánica. El edificio consume ACS, la cual es abastecida mediante placas solares que se encuentran en la azotea del edificio 5E.

El consumo total eléctrico obtenido en el año 2019 es de 68.857 kWh, con un consumo por metro cuadrado de 68 kWh/m², siendo 55,88% el porcentaje destinado a climatización (eléctrico) (38.475 kWh).

La estimación de refrigeración ha resultado ser de 15.104 kWh, 6.019 kWh para calefacción y 17.352 kWh para ventilación.

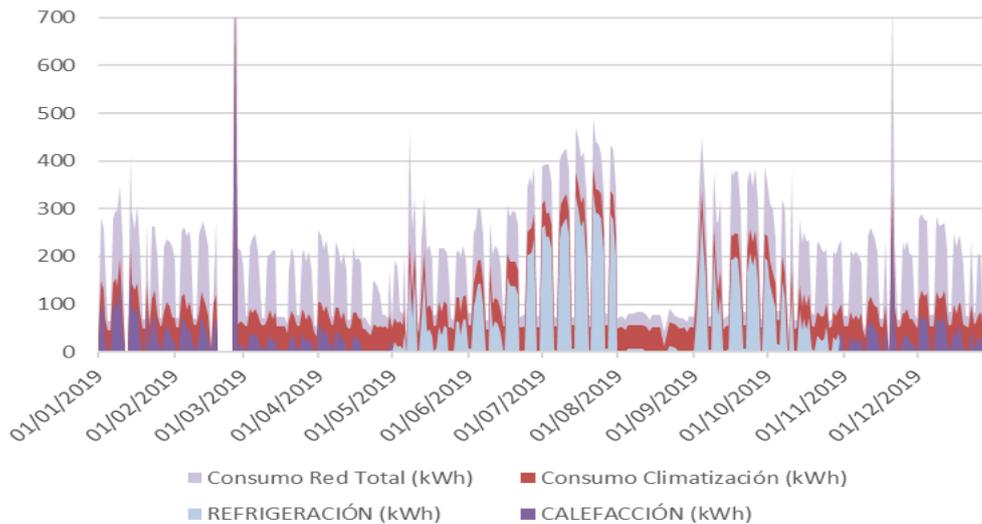


Ilustración 42. Consumo diario 5R 2019

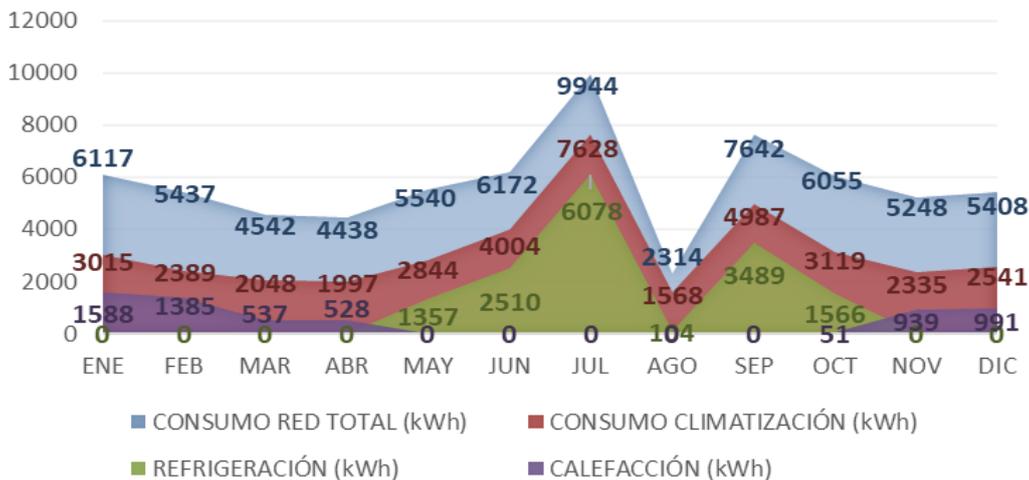


Ilustración 43. Consumo mensual 5R 2019

El elevado consumo en los meses de julio y septiembre es debido a la utilización del edificio para uso deportivo en los meses de verano.

- Agregación 5I

El edificio 5I está formado principalmente por despachos (48% de la superficie total), aulas (9%) y laboratorios (43%). Fue construido en 1978 y se han realizado mejoras como el remplazamiento de los marcos de las ventanas (en 2014) o el cambio de iluminación a led en zonas comunes (en 2016).

La climatización del edificio es abastecida mediante sistemas VRV y no dispone de ventilación mecánica.

El consumo total eléctrico obtenido en el año 2019 es de 60.055 kWh, con un consumo por metro cuadrado de 67,55 kWh/m², siendo 84,21% el porcentaje de consumo de fuerza (50.575 kWh). De este edificio no se dispone de datos de consumo de climatización porque no existe una operación destinada a su cálculo.

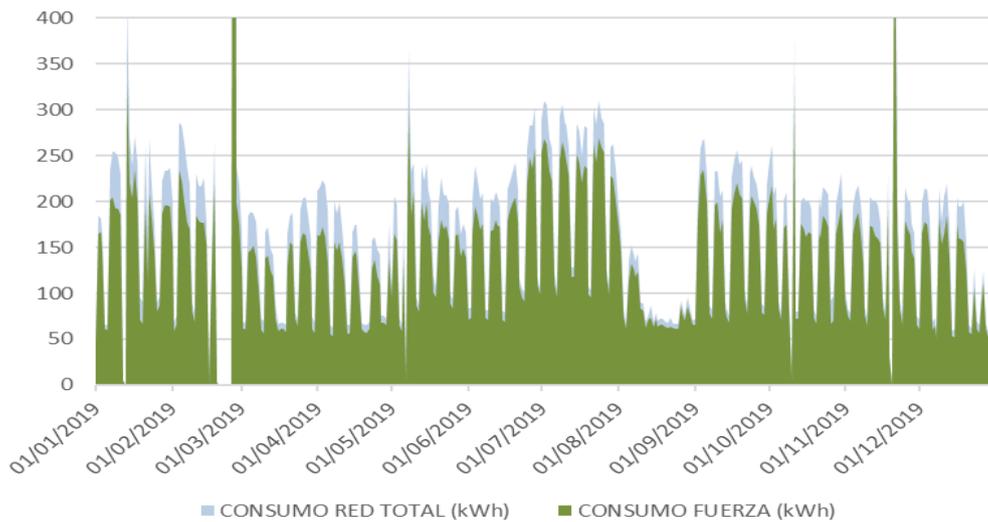


Ilustración 44. Consumo diario 5I 2019

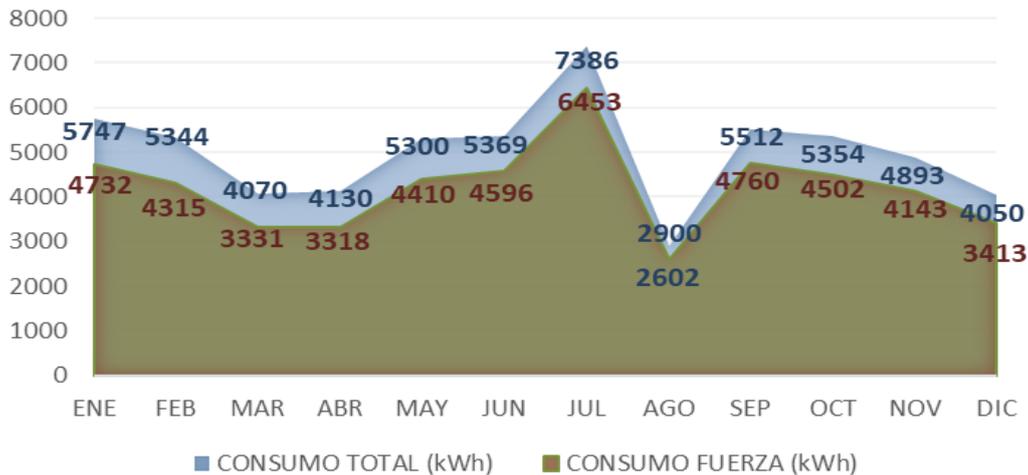


Ilustración 45. Consumo mensual 5I 2019

Al tratarse del edificio donde se encuentra el departamento de nuclear, se puede observar que prácticamente todo el consumo es denominado de fuerza.

- Agregación 5K

El edificio 5K está formado principalmente por despachos (16% de la superficie total), aulas (7%), laboratorios (74%) y locales técnicos (3%). Fue construido en 1978 y se han realizado mejoras como el remplazamiento de los marcos de las ventanas (en 2014) o el cambio de iluminación a led en zonas comunes (en 2016).

La climatización del edificio es abastecida mediante equipos independientes para cada local y sistemas VRV y se dispone aproximadamente de un 50% de ventilación mecánica.

El consumo total eléctrico obtenido en el año 2019 es de 129.789 kWh, con un consumo por metro cuadrado de 54,62 kWh/m². De este edificio no se dispone de datos de consumo de climatización porque no existe una operación destinada a su cálculo.

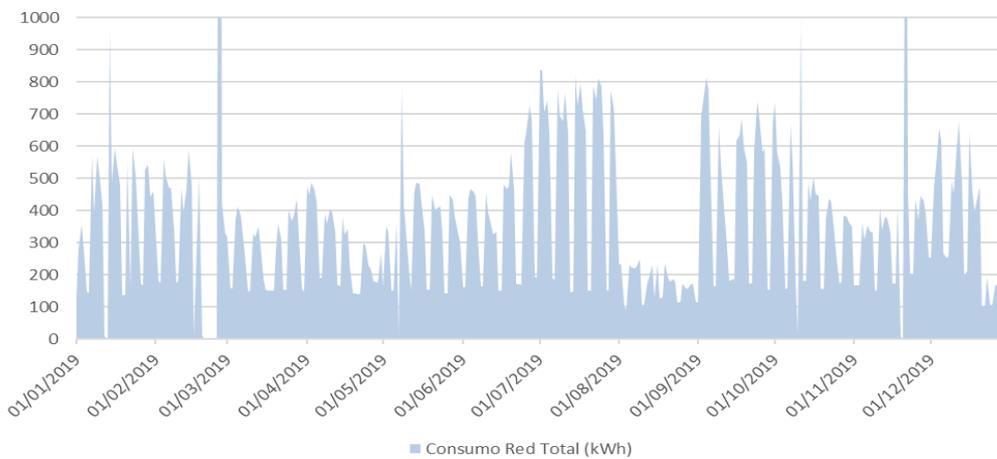


Ilustración 46. Consumo diario 5K 2019

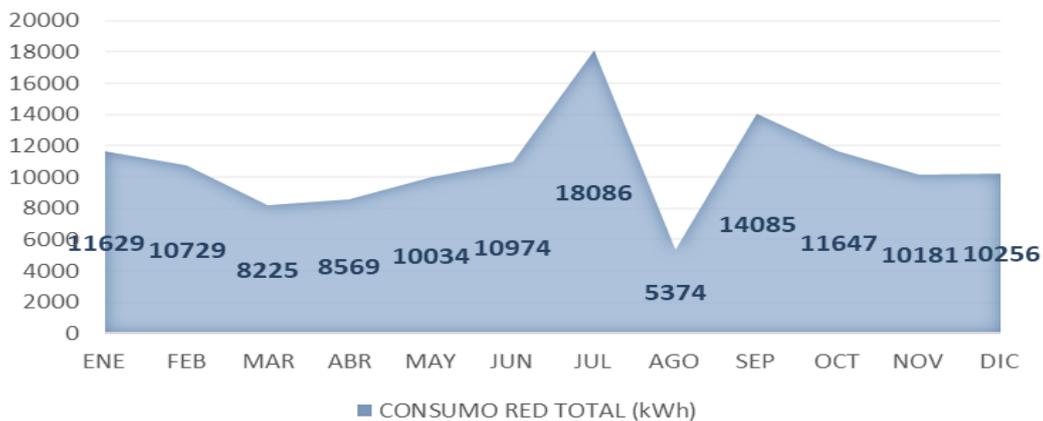


Ilustración 47. Consumo mensual 5K 2019

- Agregación 5L

El edificio 5L está formado principalmente por despachos (57% de la superficie total), aulas (3%) y laboratorios (39%). Fue construido en 1978 y se han realizado mejoras como el remplazamiento de los marcos de las ventanas (en 2014) o el cambio de iluminación a led en zonas comunes (en 2016).

La climatización del edificio es abastecida mediante equipos independientes para cada local y sistemas VRV y no dispone de ventilación mecánica.

El consumo total eléctrico obtenido en el año 2019 es de 68.783 kWh, con un consumo por metro cuadrado de 56,14 kWh/m². De este edificio no se dispone de datos de consumo de climatización porque no existe una operación destinada a su cálculo.

Hay que comentar que está previsto el comienzo de una reforma de este edificio para dentro de un par de años, para así convertirlo en un edificio de 6 plantas (actualmente tiene 2) ya que no hay suficiente espacio en el edificio 5M.

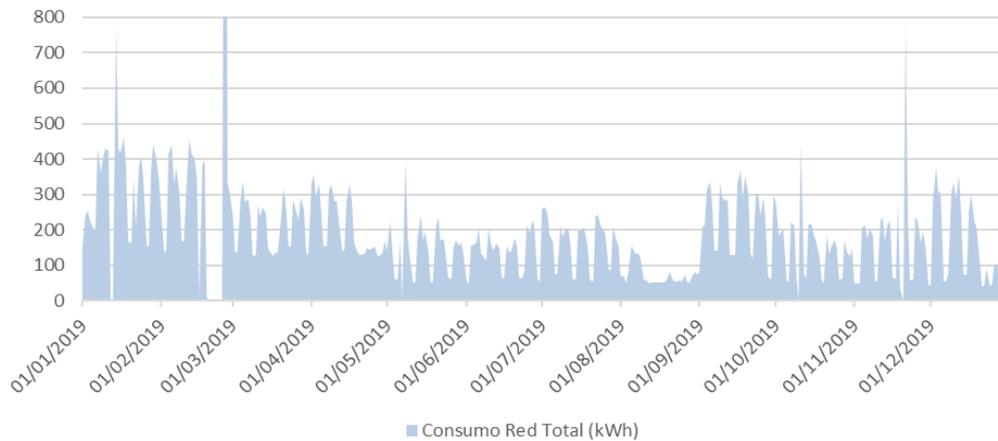


Ilustración 48. Consumo diario 5L 2019

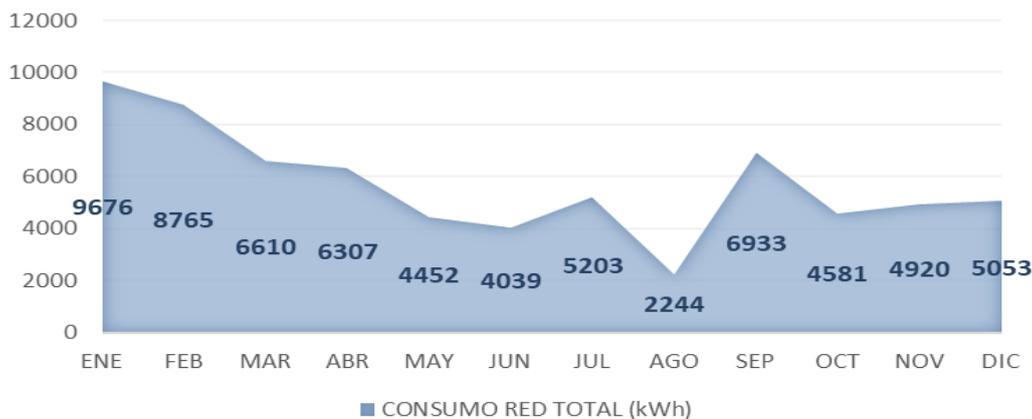


Ilustración 49. Consumo mensual 5L 2019

- Agregación 5M

El edificio 5M, edificio del departamento de química, está formado principalmente por despachos (23% de la superficie total), aulas (4%), laboratorios (71%) y locales técnicos (2%). Fue construido en 1992 y se han realizado mejoras como el cambio de iluminación a led en zonas comunes (en 2016) o el remplazamiento de los equipos de climatización (en 2018).

La climatización del edificio es centralizada y abastecida mediante la sala de calderas del 5Q en invierno, y mediante equipos independientes para cada local y sistemas VRV en verano. Únicamente

los laboratorios disponen de sistemas de ventilación independientes, el resto del edificio no dispone de ventilación mecánica.

El consumo total eléctrico obtenido en el año 2019 es de 331.776 kWh. Además, se dispone de un consumo de 9.530 kWh de un grupo electrógeno asociado al edificio, siendo el consumo total del edificio por metro cuadrado de 94,89 kWh/m². De este edificio no se dispone de datos de consumo de climatización porque no existe una operación destinada a su cálculo.

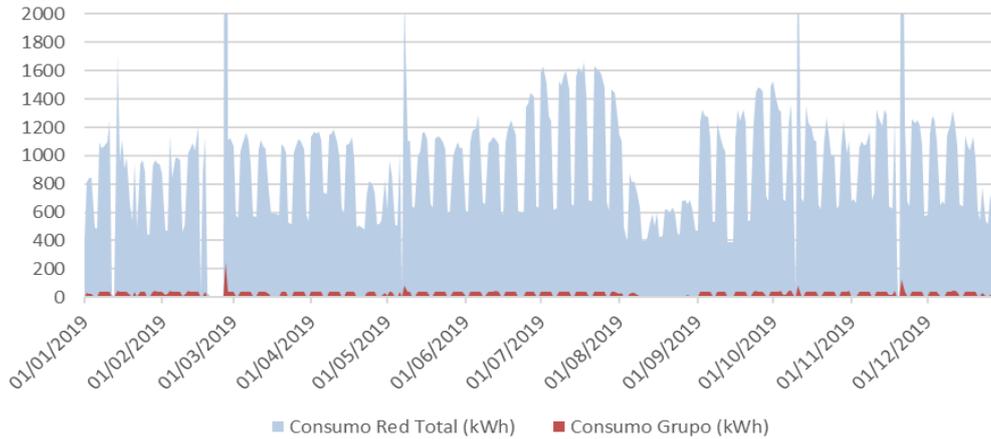


Ilustración 50. Consumo diario 5M 2019

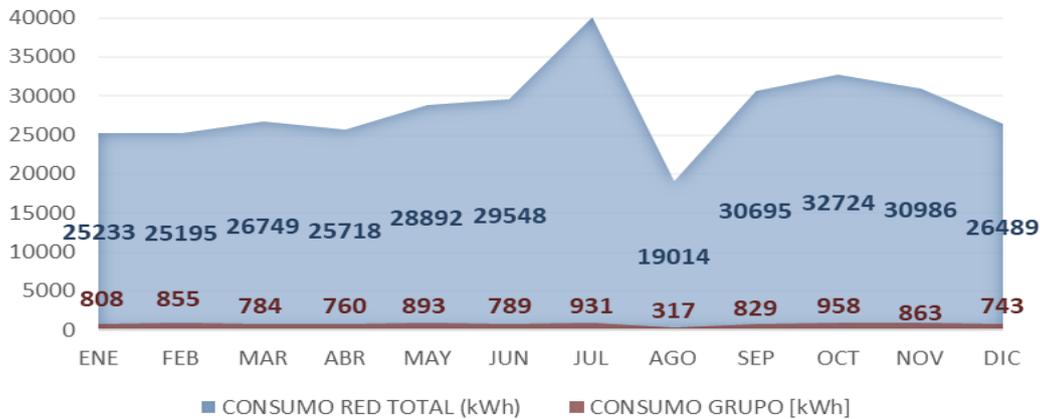


Ilustración 51. Consumo mensual 5M 2019

- Agregación 50

El edificio 50 fue construido en el año 1998 y se trata de unos almacenes que no disponen de climatización.

El consumo total eléctrico obtenido en el año 2019 es de 68.061 kWh, siendo el consumo por metro cuadrado de 12,03 kWh/m².

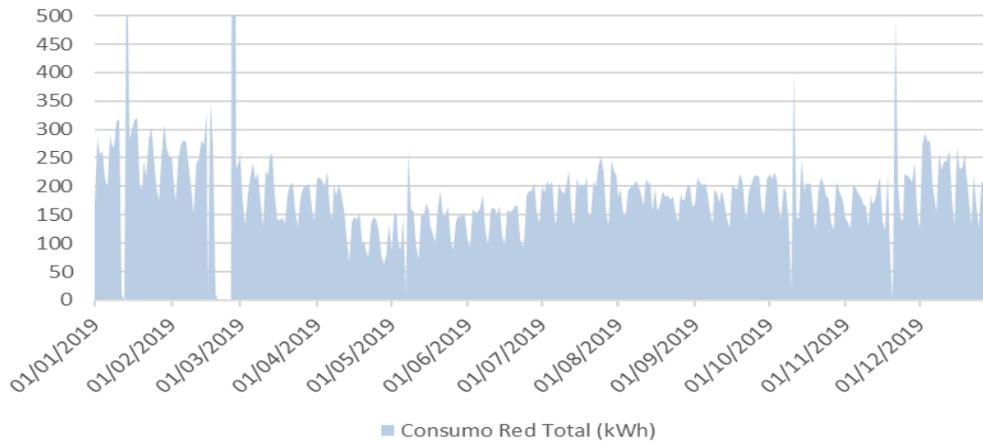


Ilustración 52. Consumo diario 5O 2019

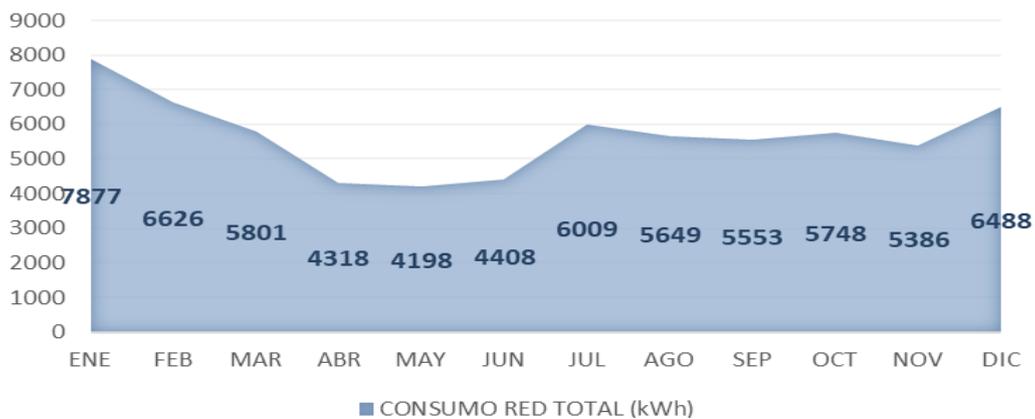


Ilustración 53. Consumo mensual 5O 2019

- Agregación 5P

El edificio 5P fue construido en el año 1998 y se trata de unos invernaderos.

La climatización del edificio es centralizada y abastecida mediante la sala de calderas del 5Q en invierno, con ventilación mecánica y mediante coolings instalados en cada invernadero para abastecer la refrigeración.

El consumo total eléctrico obtenido en el año 2019 es de 215.692 kWh, siendo el consumo por metro cuadrado de 28,01 kWh/m². De este edificio no se dispone de datos de consumo de climatización porque no existe una operación destinada a su cálculo.

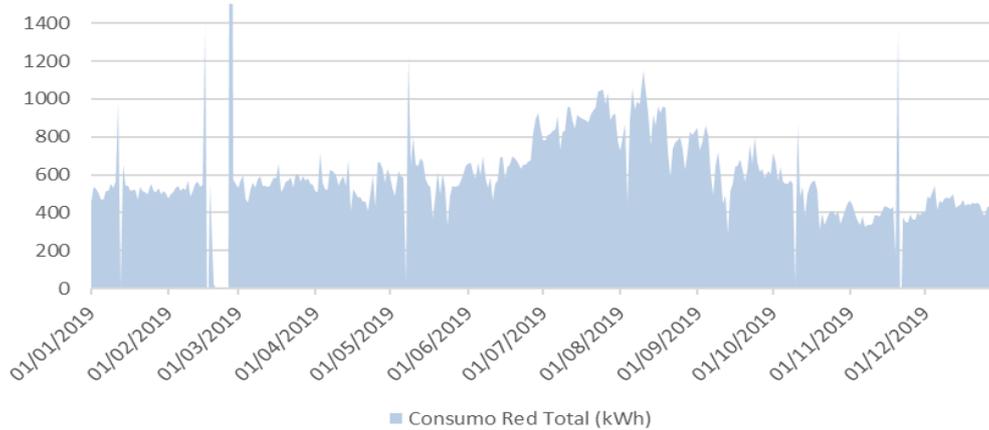


Ilustración 54. Consumo diario 5P 2019

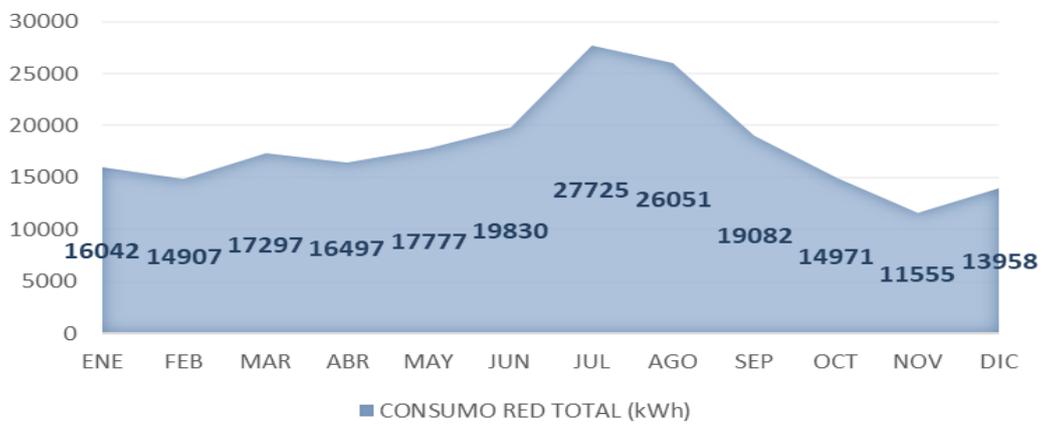


Ilustración 55. Consumo mensual 5P 2019

- Agregación 5S

El edificio 5S fue construido en el año 2011 y se trata de un conjunto de establecimientos como un bazar, una peluquería, aseos (para el campo de fútbol junto a él), una floristería, una autoescuela, una sala informática y un comedor.

La climatización del edificio se abastece mediante equipos independientes para cada local.

El consumo total eléctrico obtenido en el año 2019 es de 51.193 kWh, siendo el consumo por metro cuadrado de 40,20 kWh/m². De este edificio no se dispone de datos de consumo de climatización porque no existe una operación destinada a su cálculo.

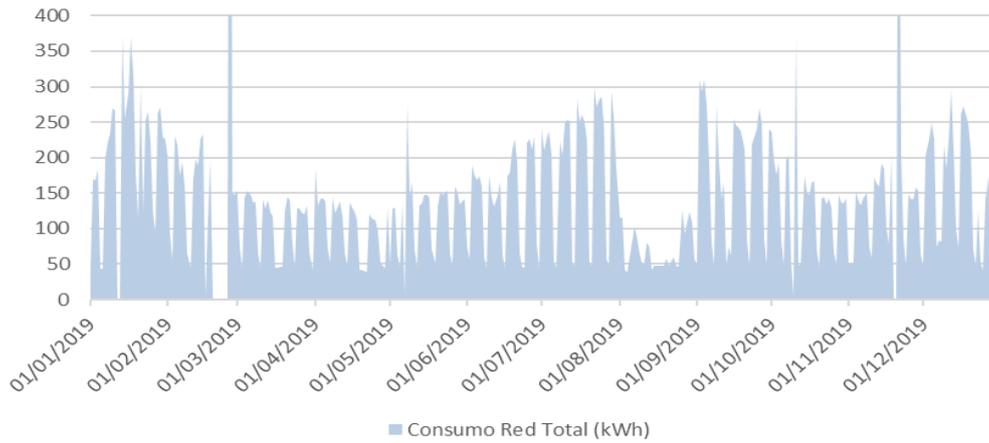


Ilustración 56. Consumo diario 5S 2019

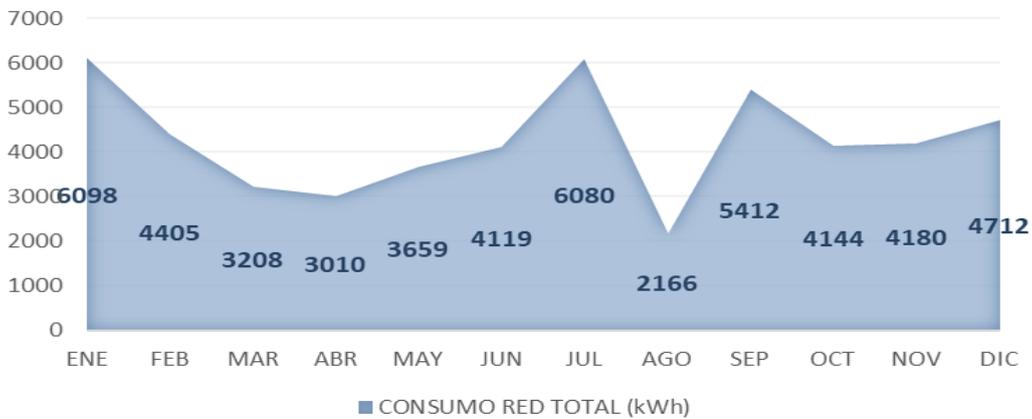


Ilustración 57. Consumo mensual 5S 2019

- Agregación 5Q

El edificio 5Q es la sala de calderas de la ETSII, el cual abastece cinco de los edificios anteriormente comentados, más 14 edificios de fuera de la ETSII. El listado completo de edificios es el siguiente: 2E, 3A, 3B (planta baja), 3F, 3M, 3N, 3P, 4A + 4E + 4H, 4F, 4J, 4L (biblio), 4P, 5C (planta baja + 1ª) + 5D, 5G, 5M y 5P.

No hay climatización en dicho edificio y el consumo total eléctrico obtenido en el año 2019 es de 153.215 kWh, siendo el consumo por metro cuadrado de 385,45 kWh/m².

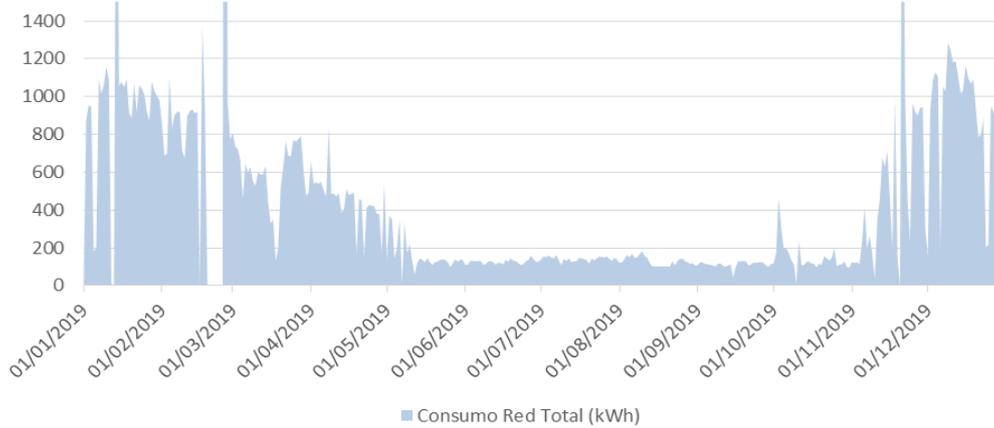


Ilustración 58. Consumo diario 5Q 2019

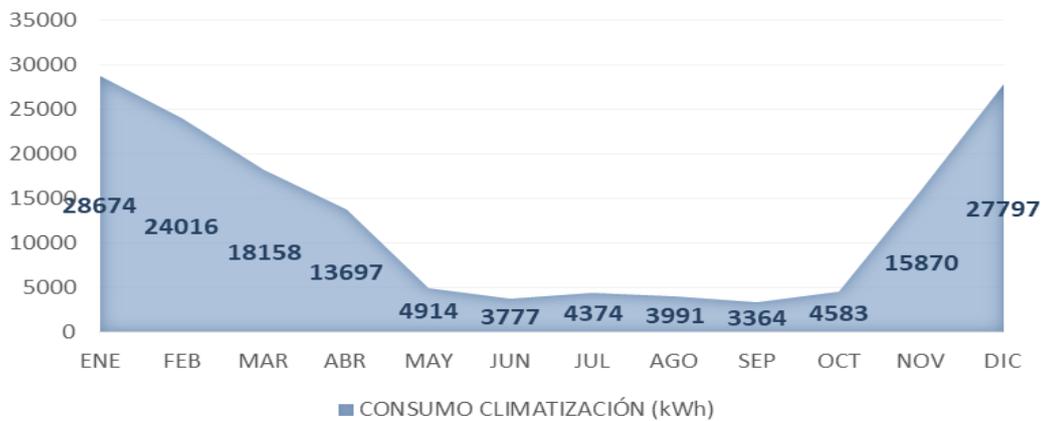


Ilustración 59. Consumo mensual 5Q 2019

Puede observarse el elevado consumo eléctrico en invierno debido a la producción de agua caliente para calefacción y el reducido consumo en los meses de mayo a octubre debido al consumo de gas para ACS.

BENCHMARKING

Una vez obtenidos todos los consumos eléctricos y desagregados lo máximo posible con la información disponible, se procede a realizar un ranking de edificios según su consumo. Hay que tener en cuenta y recordar que, se trata de un ranking 100% eléctrico y que el consumo de gas de aquellos edificios que lo consumen no está incluido (edificios marcados con la etiqueta "GAS"). Los edificios marcados en color verde son aquellos de los que se dispone el consumo desagregado en climatización.

Tabla 34. Ranking consumo eléctrico edificios ETSII y adyacentes

Ranking Consumo Total Anual (kWh)		Ranking Consumo Total (kWh)/m ²	
5F+5H+5J	427906	5Q	385,45
5E	405189	5M (GAS)	94,90
5M (GAS)	341306	5R	68,01
5C+5D (GAS)	302863	5I	67,55
5P (GAS)	215692	5L	56,14
5N	169361	5K	54,62
5Q	153215	5C+5D (GAS)	45,46
5K	129789	5E	41,10
5R	68857	5F+5H+5J	40,77
5L	68783	5S	40,20
5O	68061	5N	37,57
5I	60055	5P (GAS)	28,01
5S	51193	5G (GAS)	21,16
5G (GAS)	42943	5O	12,03

Puede observarse que, la agregación que más consume energía eléctrica es la formada por los edificios 5F + 5H + 5J, seguidos del edificio 5E y del 5M que, este último, además, consume gas para climatización. Se observa que los edificios de mayor consumo eléctrico están formados principalmente por despachos y laboratorios.

Ordenando los edificios según su consumo por metro cuadrado se tiene que, en cabeza se encuentra el 5Q, ya que se trata de la sala de calderas donde hay un elevado consumo eléctrico y poca superficie. Les sigue primero el edificio 5M donde se encuentra el departamento de química (formado mayoritariamente por laboratorios) y después el 5R, edificio destinado a deportes. Los consumos por metro cuadrado más pequeños son el edificio 5G, empleado mayoritariamente para prácticas de laboratorio del alumnado (edificio poco habitado) y el 5O, unos almacenes.

Realizando la mediana de los datos de consumo eléctrico por metro cuadrado de los edificios anteriores se obtiene un valor cercano a 55 kWh/m². En los edificios que consumen gas natural este valor será mayor, pero para los edificios de abastecimiento 100% eléctrico podría ser una estimación genérica del consumo medio por metro cuadrado en la UPV.

Si se realiza un ranking con los edificios de los que se conoce su consumo desagregado en climatización se obtiene el siguiente:

Tabla 35. Ranking consumo eléctrico edificios con datos de climatización eléctrica

Ranking Eléctrico Consumo Climatización (kWh)/m ²		
5R	38,00	Sistemas VRV
5C+5D (GAS)	29,05	5D + plantas 0 y 1 del 5C: Centralizada. Calderas 5Q (INV) - Enfriadora 5D (VER) Planta 2 5C: Equipos independientes
5N	17,21	Centralizada. Bomba de calor 5N
5E	12,49	Equipos independientes (50%) Sistemas VRV (50%)
5F+5H+5J	10,62	Centralizada (30%). Bomba de calor 5J Equipos independientes y sistemas VRV (70%)
5G (GAS)	0,83	INV: Centralizada. Calderas 5Q VER: Equipos independientes

Se observa que la lista va encabezada por el edificio 5R, seguido de la agregación 5C + 5D la cual, además, consume gas para climatización.

4.1.2 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS. LINEAS DE ACTUACIÓN

En el proceso de selección de las líneas de actuación se realizó un brainstorming con el grupo de investigación asociado, descartando algunas ideas tras la ayuda proporcionada por el departamento de infraestructuras de la universidad.

Una de las líneas de actuación elegidas se basa en la actuación directa sobre la sala de calderas del edificio 5Q, ya que se trata de calderas de gas natural como combustible y, sustituyendo estos sistemas se procede con el objetivo inicial de descarbonización del campus. Estas calderas abastecen el agua caliente de 19 edificios y retirar alguno de ellos de la red de suministro no afectaría prácticamente al consumo de gas dado que estas trabajan a ritmo fijo.

También se aprobó la idea de realizar, a pequeña escala, una réplica del proyecto SESI de Stanford (comentado anteriormente) de forma que, se abastezca la demanda de frío en el ASIC (edificio 4L) y la demanda de calor de alguna agregación como la formada por el 5C+5D o de los invernaderos del 5P.

Este trabajo es el comienzo de la primera propuesta, el estudio de una hibridación de la sala de calderas del edificio 5Q. Se trata de un primer acercamiento para estudiar la viabilidad del cambio a equipos más sostenibles y si resulta positivo, se estudiará y proyectará con mayor detalle en un futuro.

4.1.3 CONSUMOS ELÉCTRICOS DE LOS EDIFICIOS ABASTECIDOS POR LA SALA DE CALDERAS DEL 5Q

Para estudiar más en profundidad las distintas agregaciones que utilizan gas de la sala de calderas del 5Q, se ha procedido a obtener los consumos eléctricos de estos. Entre estas agregaciones se encuentran los edificios 5C+5D, 5G, 5M y 5P comentados anteriormente.

A continuación, se detallan los consumos eléctricos del resto de las agregaciones:

- Agregación 2E+3A

Los edificios 2E y 3A fueron construidos en 1978 y se han realizado mejoras como el remplazamiento de los marcos de las ventanas (en 2014). Están formados principalmente por despachos (71% de la superficie total), aulas 28(%) y locales técnicos (2%).

La climatización de la agregación es centralizada y abastecida mediante una enfriadora situada en el 3A en verano y mediante la sala de calderas del 5Q en invierno, disponiendo de ventilación mecánica.

El consumo total eléctrico obtenido en el año 2018 es de 520.696 kWh, con un consumo por metro cuadrado de 59,11 kWh/m², siendo 32,48% (16.9125 kWh) el porcentaje destinado a climatización (eléctrica).

Se ha desagregado el consumo de climatización en consumo por refrigeración (137.679 kWh), calefacción (15.331kWh, siendo este el consumo eléctrico producido por los climatizadores) y ventilación (16.115 kWh).

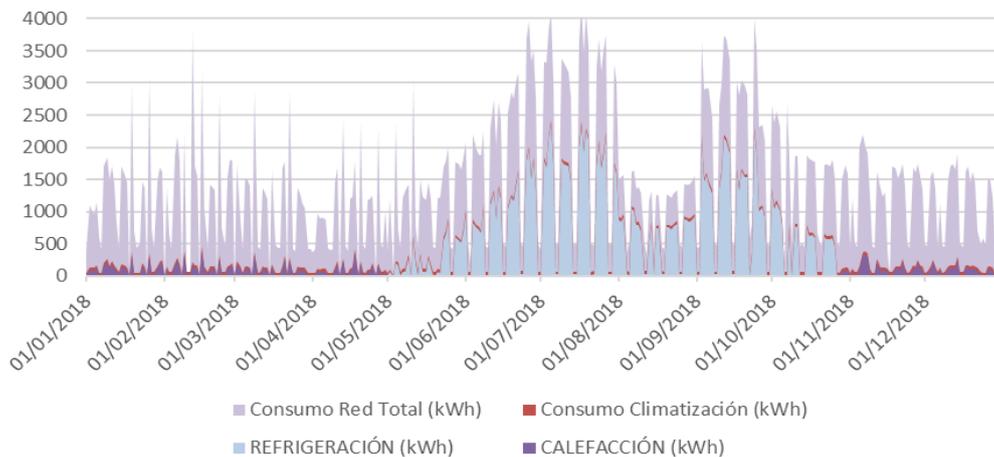


Ilustración 60. Consumo diario 2E+3A 2018

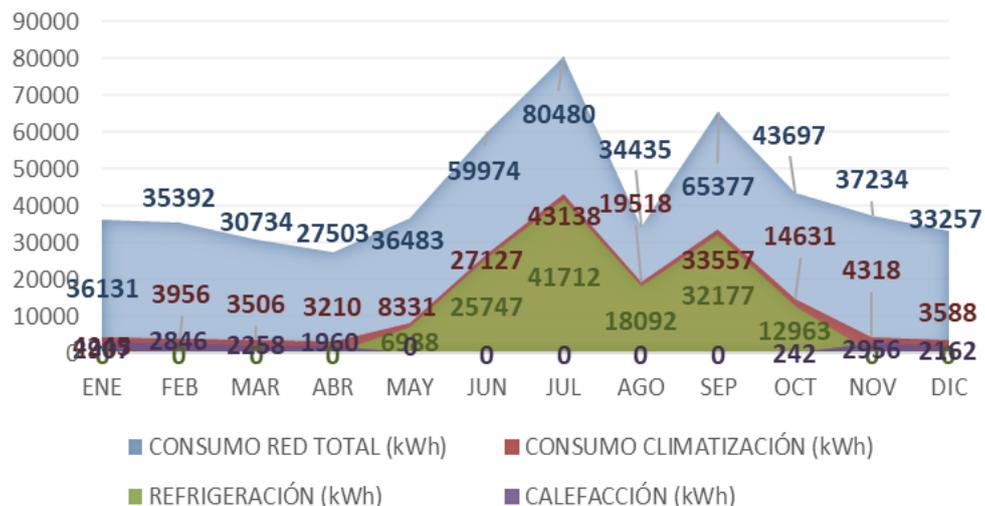


Ilustración 61. Consumo mensual 2E+3A 2018

- Agregación 3B

El edificio 3B fue construido en 1978 y se han realizado mejoras como el remplazamiento de los marcos de las ventanas (en 2014).

El abastecimiento del edificio puede dividirse en dos partes. Por una parte, la climatización de la planta baja es centralizada y abastecida mediante una enfriadora situada en el 3A en verano y mediante la sala de calderas del 5Q en invierno, disponiendo de ventilación mecánica. Por otra parte, la climatización del resto del edificio es abastecida mediante sistemas VRV, y no se dispone de ventilación mecánica.

El consumo total eléctrico obtenido en el año 2018 es de 57.208 kWh, con un consumo por metro cuadrado de 22,78 kWh/m², siendo 30,09% (17.215 kWh) el porcentaje destinado a climatización (eléctrica).

Se ha desagregado el consumo de climatización en consumo por refrigeración (7.178 kWh), calefacción (6.880 kWh, siendo este el consumo eléctrico producido por los climatizadores y sistemas VRV) y ventilación (3.157 kWh).

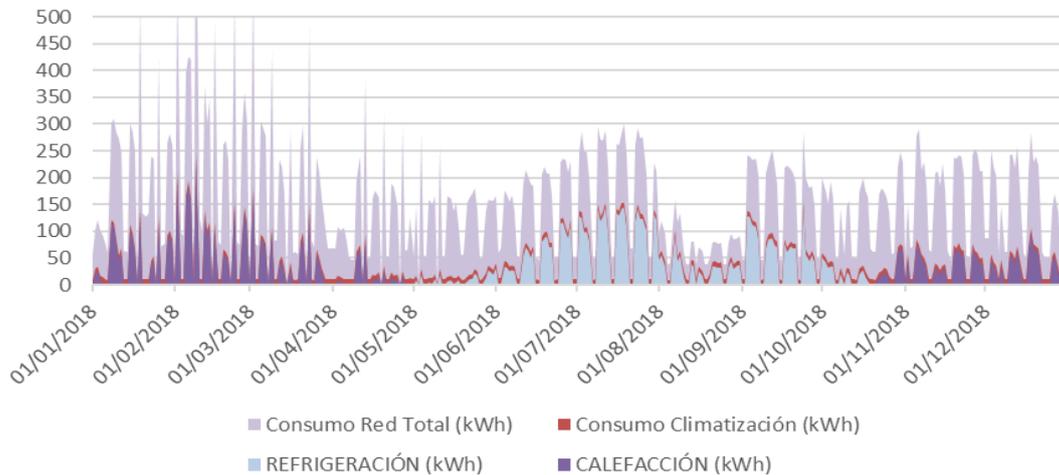


Ilustración 62. Consumo diario 3B 2018

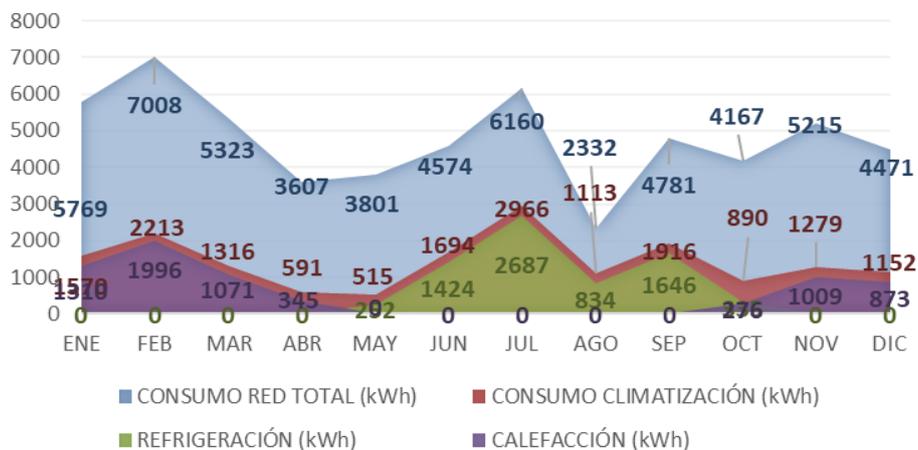


Ilustración 63. Consumo mensual 3B 2018

- Agregación 3F

El edificio 3F fue construido en 1978 y se han realizado mejoras como el remplazamiento de los marcos de las ventanas (en 2014). Está formado principalmente por despachos (45% de la superficie total), aulas (9%) y laboratorios (46%).

La climatización de la agregación es centralizada y abastecida mediante una enfriadora situada en el 3A en verano y mediante la sala de calderas del 5Q en invierno, disponiendo de ventilación mecánica.

El consumo total eléctrico obtenido en el año 2018 es de 212.570 kWh, con un consumo por metro cuadrado de 75,55 kWh/m². No se disponen de datos desagregados de climatización para este edificio pues no dispone de una operación que calcule su consumo.

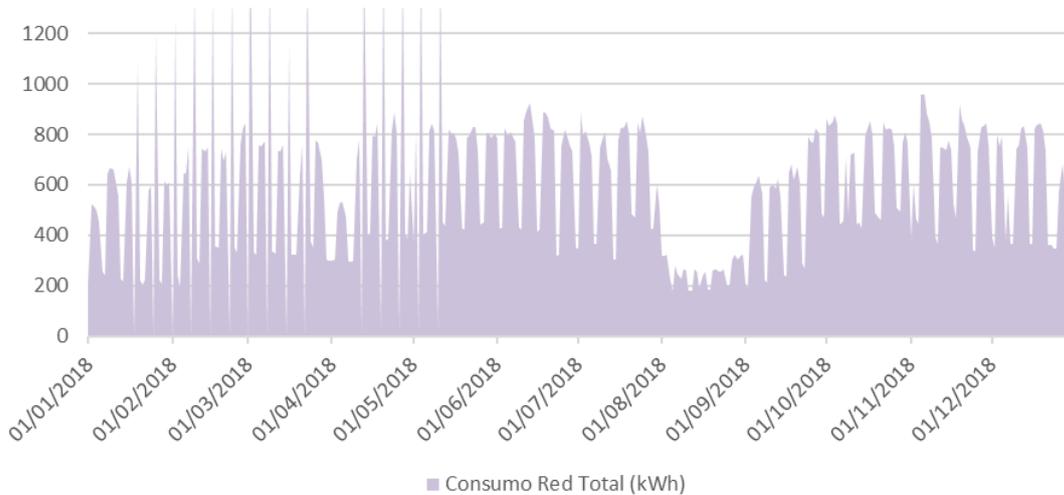


Ilustración 64. Consumo diario 3F 2018

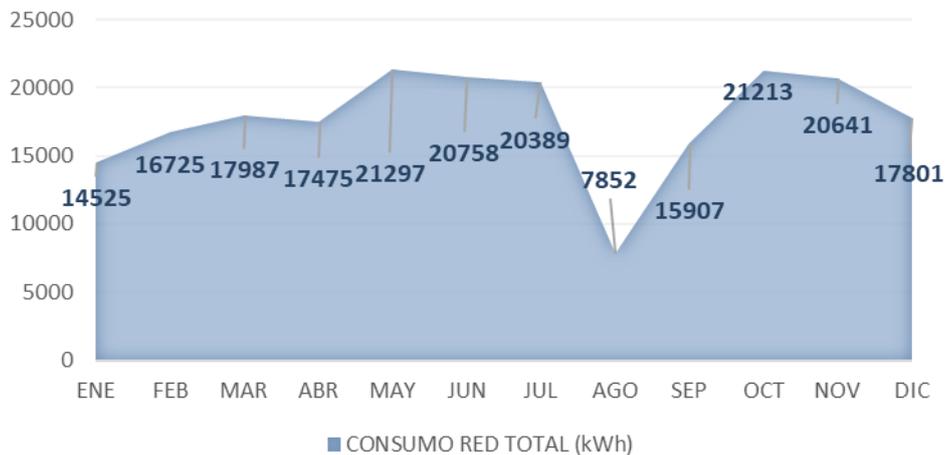


Ilustración 65. Consumo mensual 3F 2018

- Agregación 3M

El edificio 3M fue construido en 2001 y no se ha realizado ninguna mejora en este. Está formado principalmente por despachos (3% de la superficie total), aulas (19%), laboratorios (76%) y locales técnicos (2%).

La climatización de la agregación es centralizada y abastecida mediante una enfriadora situada en el 3N en verano y mediante la sala de calderas del 5Q en invierno, disponiendo de ventilación mecánica.

El consumo total eléctrico obtenido en el año 2018 es de 181.739 kWh, con un consumo por metro cuadrado de 37,54 kWh/m², siendo 28,85% (52.440 kWh) el porcentaje destinado a climatización (eléctrica).

Se ha desagregado el consumo de climatización en consumo por refrigeración (11.853 kWh), calefacción (19.851 kWh, siendo este el consumo eléctrico producido por los climatizadores) y ventilación (20.736 kWh).

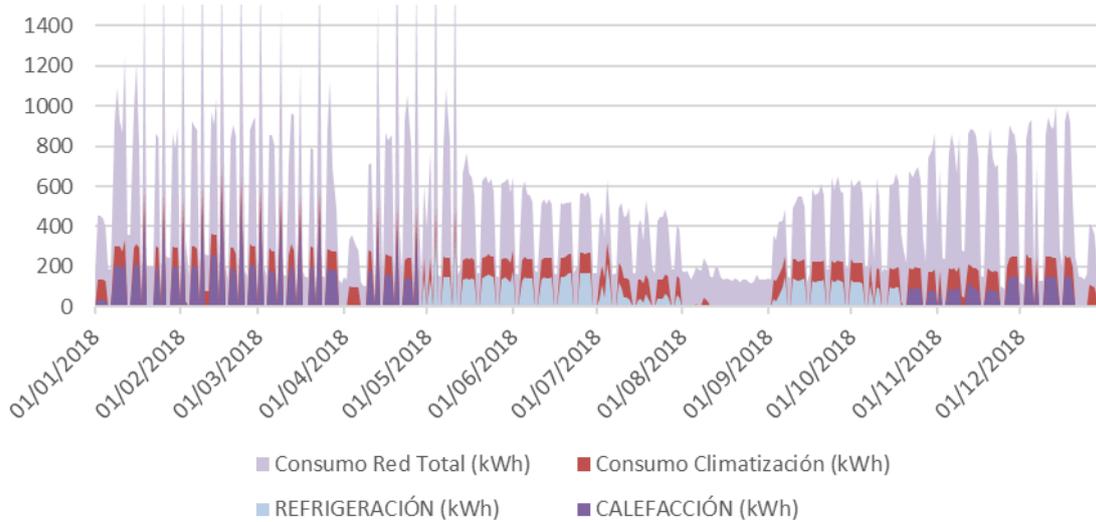


Ilustración 66. Consumo diario 3M 2018



Ilustración 67. Consumo mensual 3M 2018

- Agregación 3N

El edificio 3N fue construido en 2011 y no se ha realizado ninguna mejora en este. Está formado principalmente por despachos (21% de la superficie total), aulas (30%), laboratorios (48%) y locales técnicos (1%).

La climatización de la agregación es centralizada y abastecida mediante una enfriadora situada en el 3N en verano y mediante la sala de calderas del 5Q en invierno, disponiendo de ventilación mecánica.

El consumo total eléctrico obtenido en el año 2018 es de 930.406 kWh, con un consumo por metro cuadrado de 34,41 kWh/m², siendo 35,09% (326.459 kWh) el porcentaje destinado a climatización (eléctrica).

Se ha desagregado el consumo de climatización en consumo por refrigeración (243.785 kWh), calefacción (52.633 kWh, siendo este el consumo eléctrico producido por los climatizadores) y ventilación (30.041 kWh).

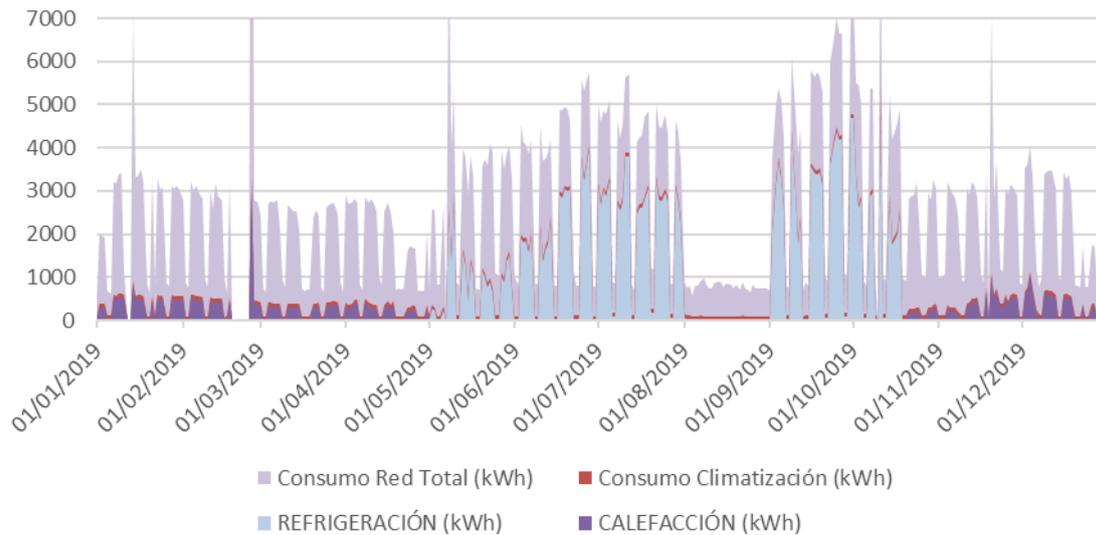


Ilustración 68. Consumo diario 3N 2019

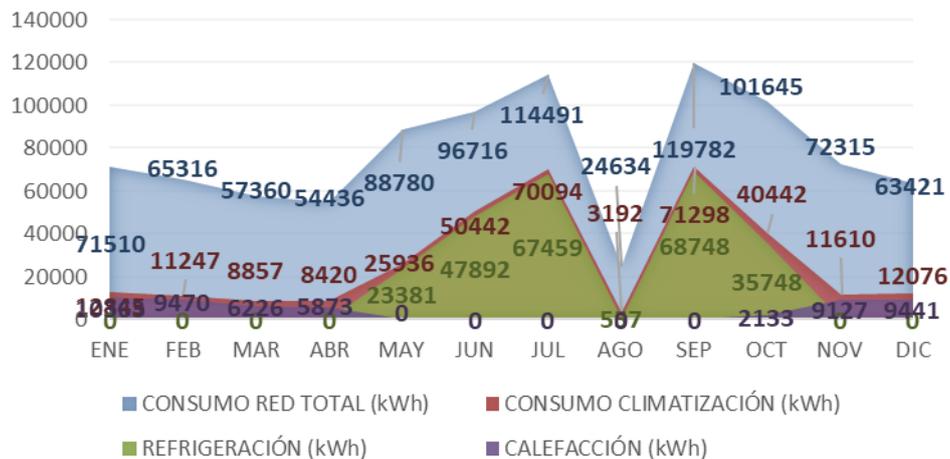


Ilustración 69. Consumo mensual 3N 2019

- Agregación 3P

El edificio 3P fue construido en 2010 y no se ha realizado ninguna mejora en este. Está formado principalmente por despachos (34% de la superficie total), aulas (39%) y laboratorios (27%).

La climatización de la agregación es centralizada y abastecida mediante una enfriadora situada en el 3P en verano y mediante la sala de calderas del 5Q en invierno, disponiendo de ventilación mecánica.

El consumo total eléctrico obtenido en el año 2018 es de 596.452 kWh, con un consumo por metro cuadrado de 50,64 kWh/m², siendo 41,79% (249.255 kWh) el porcentaje destinado a climatización (eléctrica).

Se ha desagregado el consumo de climatización en consumo por refrigeración (181.659 kWh), calefacción (45.620 kWh, siendo este el consumo eléctrico producido por los climatizadores) y ventilación (21.976 kWh).

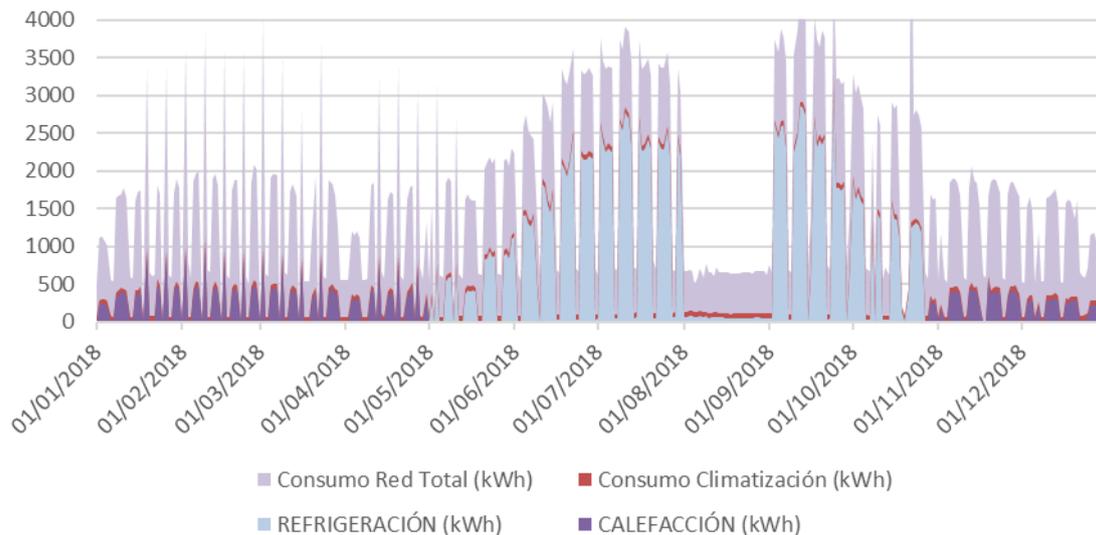


Ilustración 70. Consumo diario 3P 2018

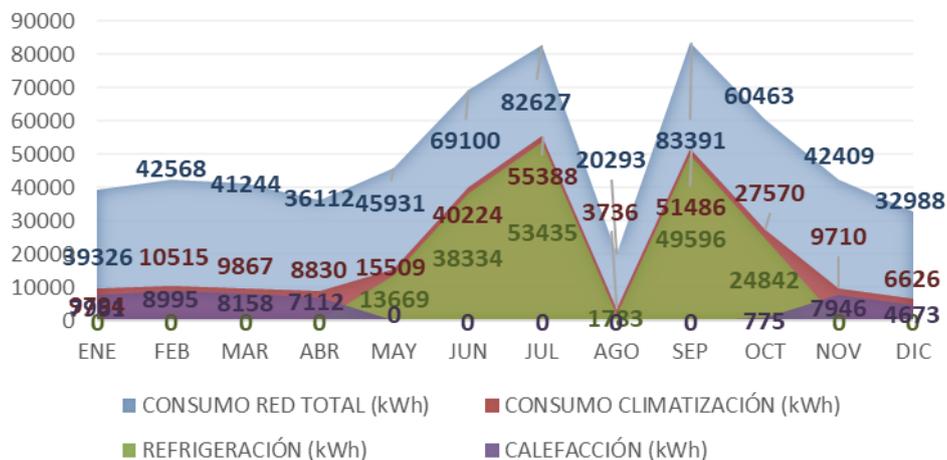


Ilustración 71. Consumo mensual 3P 2018

- Agregación 4A+4E+4H

Los edificios 4A, 4E y 4H fueron construidos en 1978 y se han realizado mejoras como el remplazamiento de los sistemas de climatización (en 2016), remplazamiento a iluminación LED en áreas comunes (en 2017) y remplazamiento de los marcos de las ventanas (en 2018). Están formados principalmente por despachos (54% de la superficie total), aulas (28%), laboratorios (18%) y locales técnicos (1%).

La climatización de la agregación es centralizada al 35% aproximadamente y abastecida mediante una enfriadora situada en el 4A en verano y mediante la sala de calderas del 5Q en invierno, disponiendo de ventilación mecánica. El restante 65% es abastecido mediante sistemas VRV y no dispone de ventilación mecánica.

El consumo total eléctrico obtenido en el año 2018 es de 375.448 kWh, con un consumo por metro cuadrado de 36,94 kWh/m², siendo 26,32% (98.808 kWh) el porcentaje destinado a climatización (eléctrica).

Se ha desagregado el consumo de climatización en consumo por refrigeración (39.829 kWh), calefacción (44.611 kWh, siendo este el consumo eléctrico producido por los climatizadores y sistemas VRV) y ventilación (14.368 kWh).

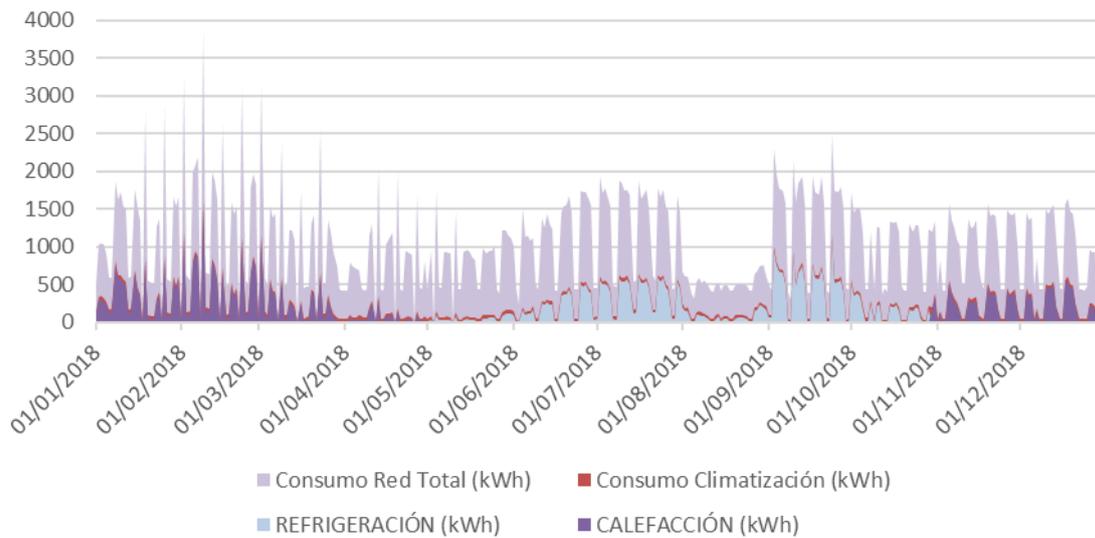


Ilustración 72. Consumo diario 4A+4E+4H 2018

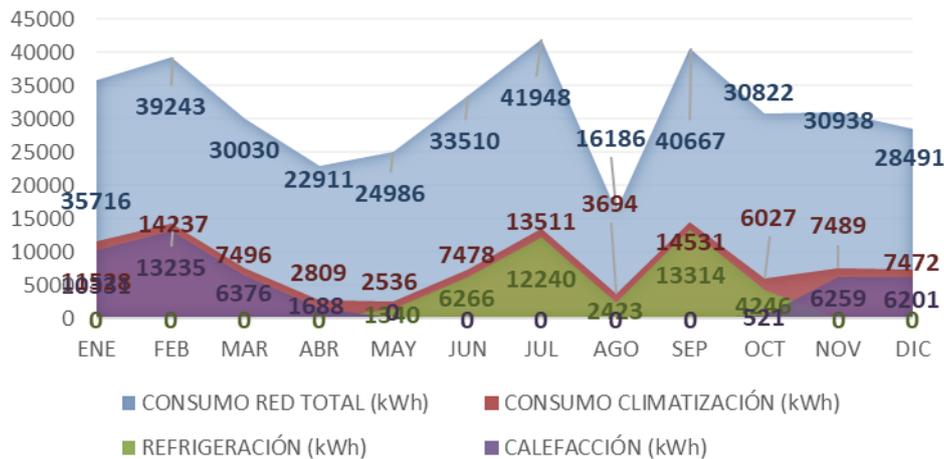


Ilustración 73. Consumo mensual 4A+4E+4H 2018

- Agregación 4F

El edificio 4F fue construido en 1978 y se han realizado mejoras como el remplazamiento de los marcos de las ventanas (en 2018). Está formado principalmente por despachos (8% de la superficie total), aulas (3%), laboratorios (85%) y locales técnicos (4%).

La climatización de la agregación es centralizada en invierno y abastecida mediante la sala de calderas del 5Q en invierno y en verano mediante sistemas VRV, disponiendo de ventilación mecánica.

El consumo total eléctrico obtenido en el año 2018 es de 18.643 kWh, con un consumo por metro cuadrado de 10,07 kWh/m², siendo 32,40% (6.041 kWh) el porcentaje destinado a climatización (eléctrica).

Se ha desagregado el consumo de climatización en consumo por refrigeración (1.496 kWh), calefacción (2.438 kWh, siendo este el consumo eléctrico producido por los climatizadores) y ventilación (2.107 kWh).

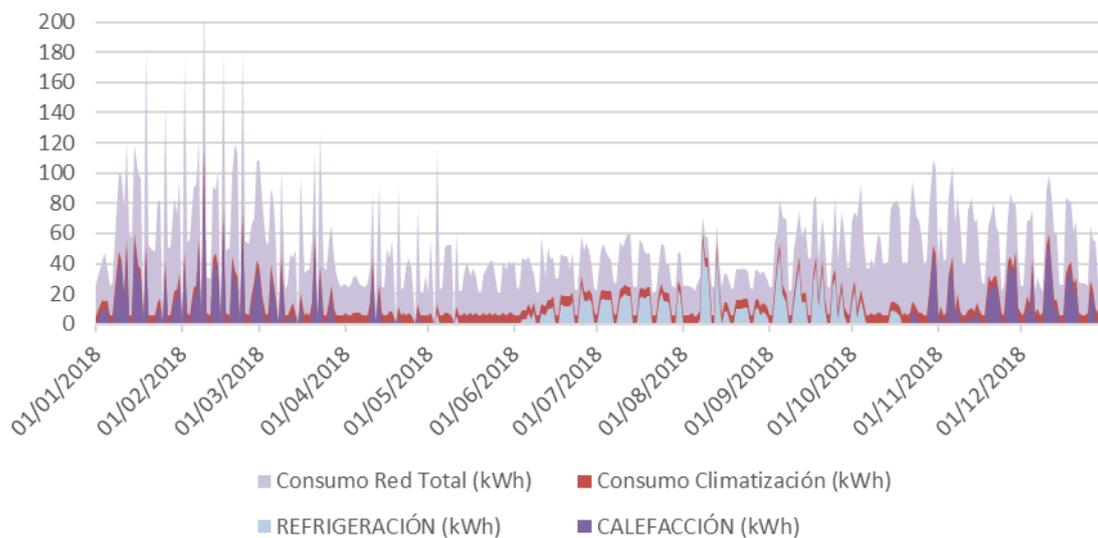


Ilustración 74. Consumo diario 4F 2018

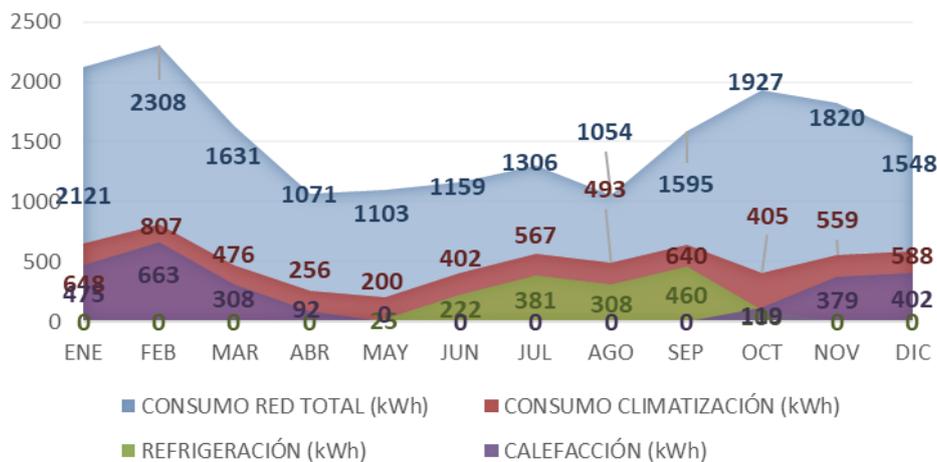


Ilustración 75. Consumo mensual 4F 2018

- Agregación 4J

El edificio 4J fue construido en 1978 y se han realizado mejoras como el remplazamiento a iluminación LED en áreas comunes (en 2016) y el remplazamiento de los marcos de las ventanas (en 2018). Está formado principalmente por despachos (6% de la superficie total), aulas (2%), laboratorios (89%) y locales técnicos (2%).

La climatización de la agregación es centralizada en invierno y abastecida mediante la sala de calderas del 5Q en invierno, disponiendo de ventilación mecánica, y en verano mediante equipos independientes para cada local (splits).

El consumo total eléctrico obtenido en el año 2018 es de 28.737 kWh, con un consumo por metro cuadrado de 10,88 kWh/m². No se disponen de datos desagregados de climatización para este edificio pues no dispone de una operación que calcule su consumo.

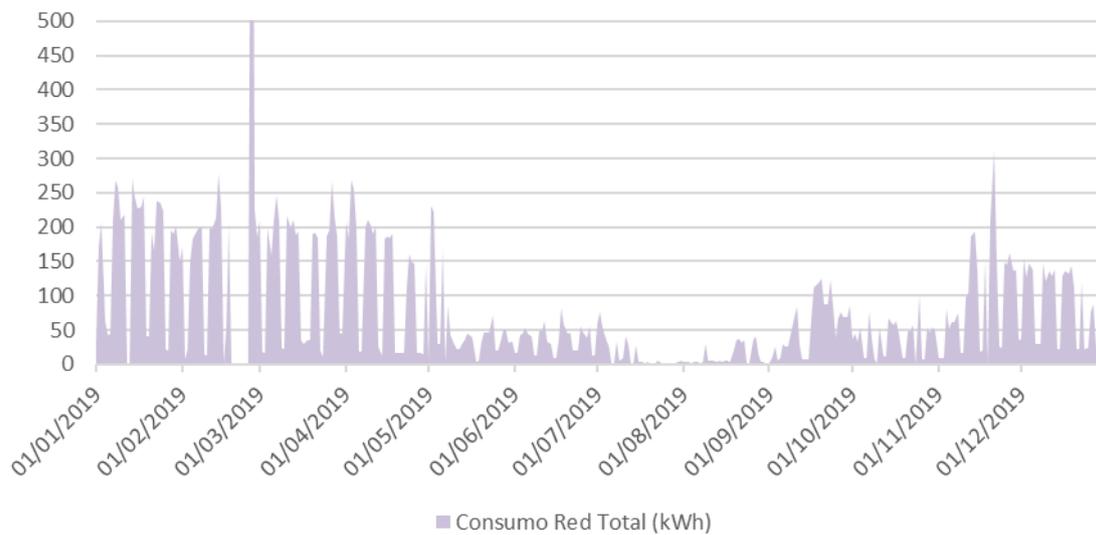


Ilustración 76. Consumo diario 4J 2019

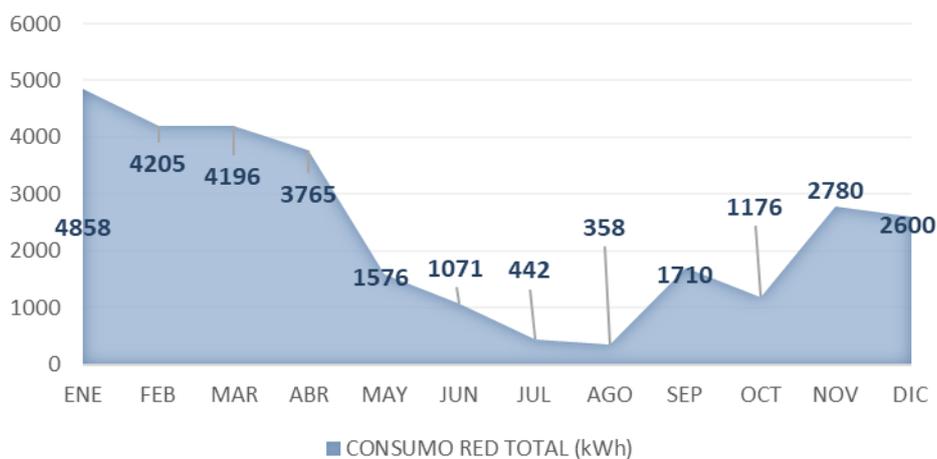


Ilustración 77. Consumo mensual 4J 2019

- Agregación 4L (Biblioteca central)

El edificio 4L fue construido en 1978 y se han realizado mejoras como el remplazamiento de los marcos de las ventanas (en 2014), el cambio a iluminación LED en áreas comunes (en 2016) y el remplazamiento de los equipos de climatización (en 2017).

La climatización de la agregación es diferente para las salas de la biblioteca y para los despachos y cabinas de estudio. Por una parte, para las salas de biblioteca, la calefacción se abastece, aproximadamente un 50% por equipos independientes (splits) y el 50% restante mediante la sala de calderas del 5Q. La refrigeración se abastece mediante los equipos independientes. Por otra parte, para los despachos y cabinas de estudio, se dispone de sistemas VRV para abastecer toda la climatización.

El consumo total eléctrico obtenido en el año 2019 es de 2.372.121 kWh, con un consumo por metro cuadrado de 239,42 kWh/m², siendo 16,39% (388.873 kWh) el porcentaje destinado a climatización (eléctrica).

Se ha desagregado el consumo de climatización en consumo por refrigeración (233.372 kWh), calefacción (138.490 kWh, siendo este el consumo eléctrico producido por los climatizadores) y ventilación (17.011 kWh).

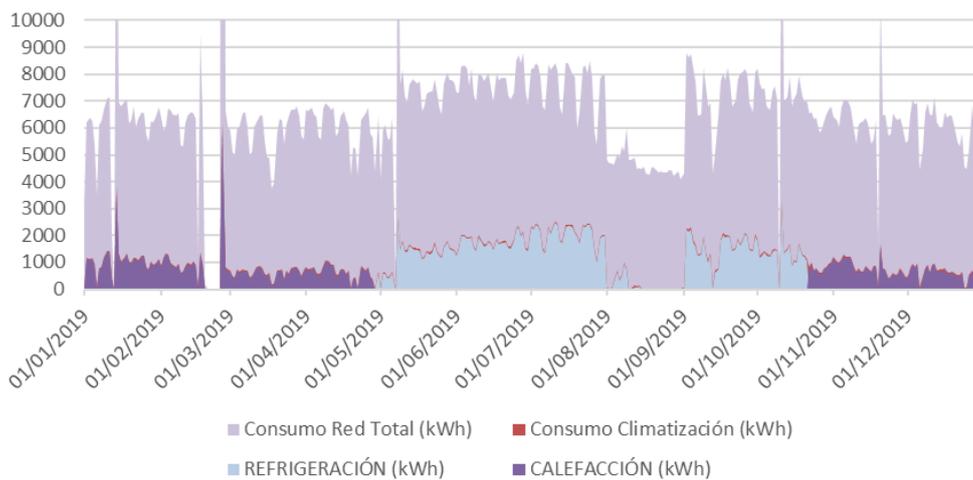


Ilustración 78. Consumo diario 4L (biblioteca central) 2019

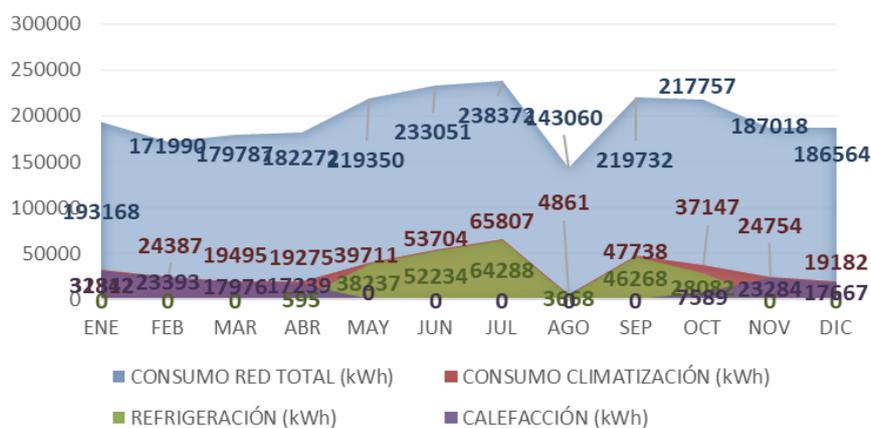


Ilustración 79. Consumo mensual 4L (biblioteca central) 2019

- Agregación 4P

El edificio 4P fue construido en 2010 y no se han realizado mejoras en este. Está formado principalmente por despachos (42% de la superficie total), aulas (49%) y laboratorios (10%).

La climatización de la agregación es centralizada y abastecida en invierno mediante la sala de calderas del 5Q en invierno y en verano mediante una enfriadora situada en el propio edificio, disponiendo de ventilación mecánica.

El consumo total eléctrico obtenido en el año 2018 es de 236.805 kWh, con un consumo por metro cuadrado de 35,36 kWh/m², siendo 40,04% (94.809 kWh) el porcentaje destinado a climatización (eléctrica).

Se ha desagregado el consumo de climatización en consumo por refrigeración (53.832 kWh), calefacción (26.753 kWh, siendo este el consumo eléctrico producido por los climatizadores) y ventilación (14.224 kWh).

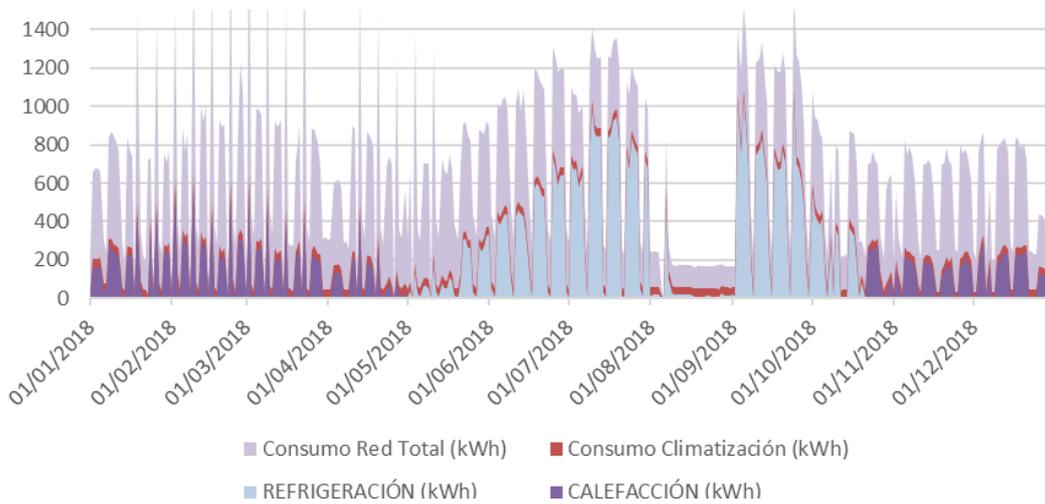


Ilustración 80. Consumo diario 4P 2018

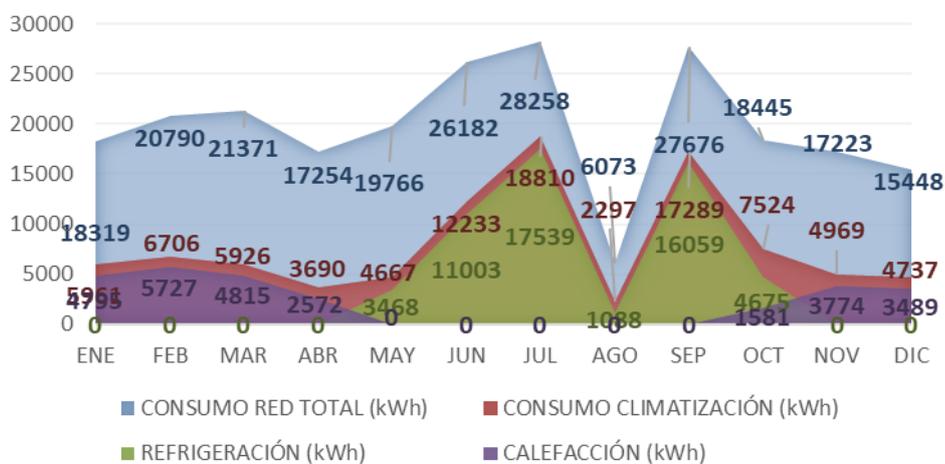


Ilustración 81. Consumo mensual 4P 2018

BENCHMARKING

Al realizar un ranking de consumo eléctrico por metro cuadrado de los edificios abastecidos por el gas del 5Q se obtiene que el mayor consumidor es la biblioteca central, seguido del edificio 5M.

Tabla 36. Ranking consumo eléctrico edificios gas

EDIFICIO	CONSUMO ELÉCTRICO (kWh/m ²)
4L	239,42
5M	94,90
3F	75,55
2E+3A	59,11
5C+5D	45,46
3P	41,79
3M	37,54
4A+4E+4H	36,94
4P	35,36
3N	34,41
5P	28,01
3B	22,78
5G	21,16
4J	10,88
4F	10,07

Si se excluyen los edificios 4L (biblioteca central) y 5P (invernaderos) por ser extraordinarios y se realiza la mediana de los datos de consumo eléctrico por metro cuadrado de los edificios restantes se obtiene un valor cercano a 37 kWh/m², menor al obtenido en el análisis anterior de los edificios de la ETSII mayoritariamente de abastecimiento eléctrico (55 kWh/m²). La diferencia se debe al consumo de gas natural para calefacción. Una vez estimado el consumo de gas natural de cada edificio, este valor aumenta hasta el orden de 80 kWh/m², aproximadamente. Éste último podría ser una estimación genérica del consumo medio por metro cuadrado en edificios que consumen gas de la UPV.

4.2 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE GAS

4.2.1 SIMULACIÓN DE EDIFICIOS

4.2.1.1 EDIFICIO 5G

En la simulación del edificio 5G se obtiene, por una parte, una demanda de calefacción por metro cuadrado de 10,16 kWh/m² en las zonas climatizadas del edificio, resultando un total de 16388,00 kWh anuales, y por otra, una demanda de refrigeración de 26,36 kWh/m², sumando un total de 42505,90 kWh anuales.

El balance energético anual del edificio se muestra en la siguiente ilustración, contabilizando la energía perdida o ganada por transmisión térmica a través de elementos pesados y ligeros (Qop y Qw respectivamente), la energía intercambiada por ventilación e infiltraciones (Qve+inf), la ganancia de calor interna debida a la ocupación (Qocup), a la iluminación (Qilum) y al equipamiento interno (Qequip), así como el aporte necesario de calefacción (Qh) y refrigeración (Qc).

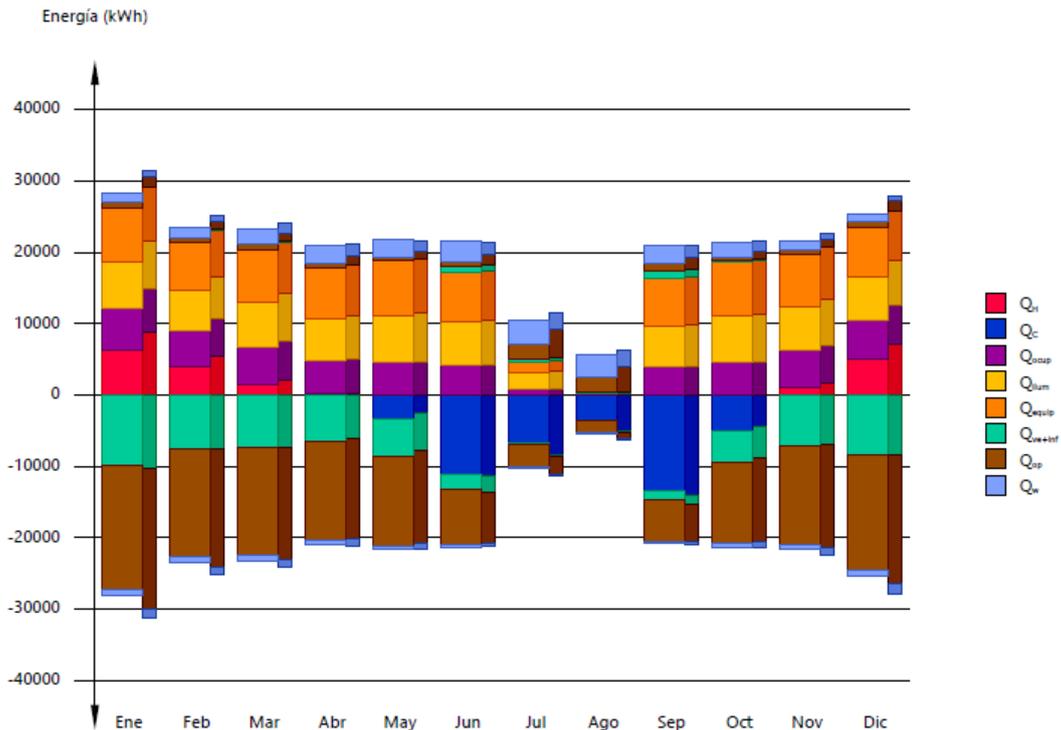


Ilustración 82. Balance energético anual 5G

Se puede apreciar que, las mayores ganancias de calor internas son debidas a la iluminación y al equipamiento interno. Además, se puede observar que la demanda de refrigeración es superior a la demanda de calefacción, hecho que coincide con los consumos eléctricos de prácticamente todos los edificios, anteriormente obtenidos.

Atendiendo únicamente a la demanda energética a cubrir por los sistemas de calefacción y refrigeración, las necesidades energéticas y de potencia útil instantánea a lo largo de la simulación anual se muestran en los siguientes gráficos:

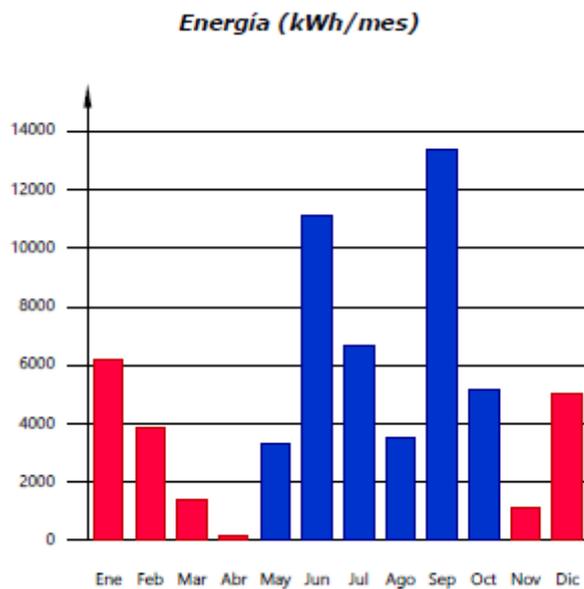


Ilustración 83. Demandas energéticas mensuales 5G

Se observa lo comentado anteriormente, la demanda de refrigeración es muy superior a la de calefacción.

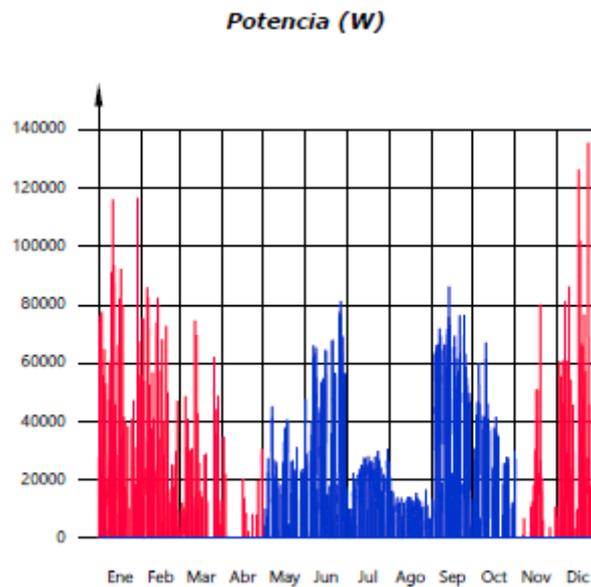


Ilustración 84. Potencias útiles mensuales 5G

Por el contrario, las potencias pico de calefacción son superiores a las de refrigeración.

4.2.1.2 EDIFICIO 5M

En la simulación del edificio 5M se obtiene, por una parte, una demanda de calefacción de 7,23 kWh/m² en los laboratorios, locales que disponen de sistemas de ventilación independientes y 16,02 kWh/m² en el resto de los locales climatizados, resultando una media de 9,58 kWh/m² en las zonas climatizadas y 27.327 kWh.

Por otra parte, se obtiene un total de demanda de refrigeración de 26,97 kWh/m² en los laboratorios y 27,38 kWh/m² en el resto de los locales climatizados, resultando una media de 27,08 kWh/m² en las zonas climatizadas y 77.224,1 kWh.

El balance energético anual del edificio se muestra en la siguiente ilustración:

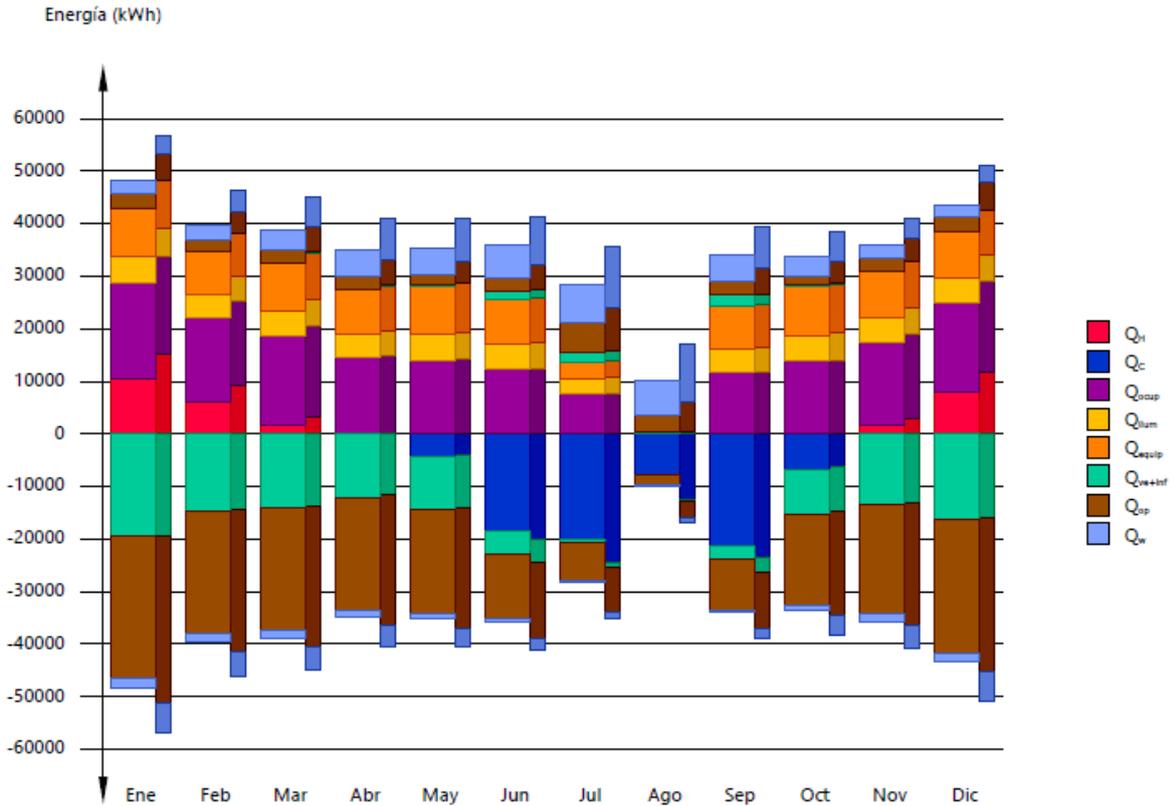


Ilustración 85. Balance energético anual 5M

Se puede apreciar que, las mayores ganancias de calor internas son debidas a la ocupación y al equipamiento interno. Al disponer de LEDs en este edificio, en comparación con el anterior, la carga de iluminación es mucho menor. Además, se puede observar que la demanda de refrigeración sigue siendo superior a la demanda de calefacción.

Atendiendo únicamente a la demanda energética a cubrir por los sistemas de calefacción y refrigeración, las necesidades energéticas y de potencia útil instantánea a lo largo de la simulación anual se muestran en los siguientes gráficos:

Energía (kWh/mes)

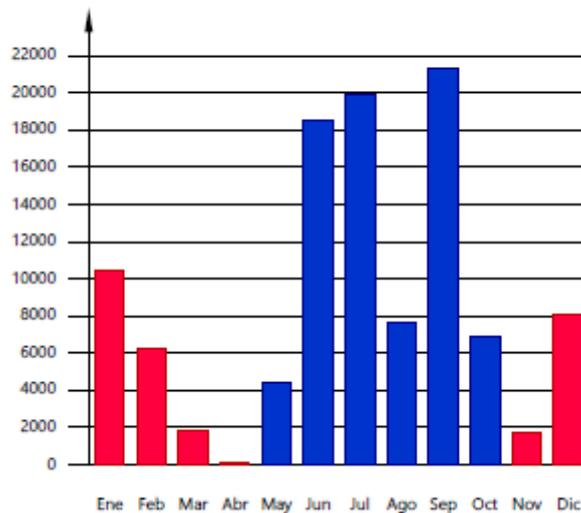


Ilustración 86. Demandas energéticas mensuales 5M

Se observa lo comentado anteriormente, la demanda de refrigeración es muy superior a la de calefacción.

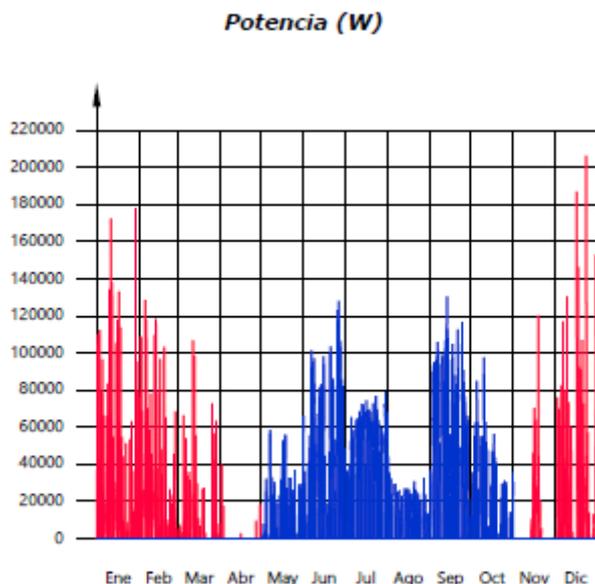


Ilustración 87. Potencias útiles mensuales 5M

Por el contrario, las potencias pico de calefacción son superiores a las de refrigeración.

4.2.2 ESTIMACIÓN A PARTIR DE LAS SIMULACIONES

El consumo de climatización del edificio 5E, obtenido a partir del cálculo de los meters, es de 30.111 kWh/año y sus zonas climatizadas con sus correspondientes superficies son las siguientes:

Tabla 37. Locales edificio 5E

TIPO	NÚMERO	ÁREA TOTAL
DESPACHOS	128	2.686,00
LABORATORIO MECÁNICO	10	957,83
LABORATORIO INFORMÁTICO	10	598,00
LABORATORIO INSTRUMENTAL	7	216,00
LABORATORIO AUDIOVISUALES	1	48,96
LABORATORIO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO	17	1.039,00
LABORATORIO TALLER	1	146,95
AULA INFORMÁTICA	1	29,44
AULA SEMINARIO	4	191,97
ZONAS COMUNICACIÓN HALL	15	476,22
LOCAL TÉCNICO COMUNICACIÓN	3	18,77
LOCAL TÉCNICO TALLER	3	119,03
SALA ACTOS	1	79,21
SALA BIBLIOTECA	2	68,54
SALA ESPERA	1	37,84
SALA JUNTAS	1	40,71
SALA REUNIONES	3	102,06

Resultando un total de 7.104,12 m² de superficie climatizada y un consumo por metro cuadrado de 4,24 kW/m²·año.

Si se comparan las áreas climatizadas del edificio 5G con las del 5E, se observa que este último dispone de locales destinados a los mismos o similares usos que los del primero. La superficie climatizada del edificio 5G es de 1.610,51 m².

Tabla 38. Comparativa locales climatizados 5G vs 5E

Edificio	Tipo	Número	Área total	Edificio	Tipo	Número	Área total
5G	DESPACHO	3	54,00	5E	DESPACHO	128	2.686,00
5G	LABORATORIO MECÁNICO	16	1.391,00	5E	LABORATORIO MECÁNICO	10	957,83
5G	LABORATORIO INFORMÁTICO	1	35,22	5E	LABORATORIO INFORMÁTICO	10	598,00
5G	LABORATORIO INSTRUMENTAL	2	53,12	5E	LABORATORIO INSTRUMENTAL	7	216,00
5G	LABORATORIO QUÍMICO	4	77,00	5E	LABORATORIO AUDIOVISUALES	1	48,96

Así mismo si se comparan los edificios 5E y 5M. La superficie climatizada del edificio 5M es de 2850,38 m².

Tabla 39. Comparativa locales climatizados 5M vs 5E

Edificio	Tipo	Número	Área total	Edificio	Tipo	Número	Área total
5M	DESPACHO	44	630,00	5E	DESPACHO	128	2.686,00
5M	LABORATORIO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO	1	14,02	5E	LABORATORIO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO	17	1.039,00
5M	LABORATORIO INSTRUMENTAL	8	232,00	5E	LABORATORIO INSTRUMENTAL	7	216,00
5M	LABORATORIO QUÍMICO	18	1.409,61	5E	LABORATORIO MECÁNICO	10	957,83
5M	SALA BIBLIOTECA	1	14,02	5E	SALA BIBLIOTECA	2	68,54
5M	SALA SEMINARIO	1	49,50	5E	SALA SEMINARIO	4	191,97
5M	SALA JUNTAS	1	34,05	5E	SALA JUNTAS	1	40,71
5M	SALA REUNIONES	1	25,50	5E	SALA REUNIONES	3	102,06

Recordando que, se ha obtenido un valor de demanda de calefacción por metro cuadrado de 10,16 kWh/m² en la simulación del edificio 5G y un valor de 9,58 kWh/m² en la simulación del edificio 5M,

aplicando un COP para calefacción de 2,325 en la estimación a partir del edificio 5E, se obtiene un error, comparando el resultado con el de la simulación, del 3% en ambos edificios, aproximadamente.

Por otra parte, recordando que se ha obtenido un valor de demanda de refrigeración por metro cuadrado de 26,36 kWh/m² en la simulación del edificio 5G y un valor de 27,08 kWh/m² en la simulación del edificio 5M, aplicando un EER para refrigeración de 2,535 en la estimación a partir del edificio ejemplo 5E, se obtiene un error, comparando el resultado con el de la simulación, del 1,4% en ambos edificios, aproximadamente. El proceso para realizar la estimación se ha detallado en el apartado '3.2.2 ESTIMACIÓN A PARTIR DE LAS SIMULACIONES'.

5G	DEMANDA HEATING (kWh/m ²)	DEMANDA HEATING (kWh)	5M	DEMANDA HEATING (kWh/m ²)	DEMANDA HEATING (kWh)
CYPE	10,16	16.388,00		9,58	28461,46
ESTIMACIÓN con COP 2,325	9,86	15870,82		9,86	28096,86
ERROR	3,00%			2,90%	

Ilustración 88. Comparación simulación y estimación de la demanda de calefacción del 5G y 5M

5G	DEMANDA COOLING (kWh/m ²)	DEMANDA COOLING (kWh)	5M	DEMANDA COOLING (kWh/m ²)	DEMANDA COOLING (kWh)
CYPE	26,36	42.505,90		27,08	77224,1
ESTIMACIÓN con EER 2,535	26,70	42994,43		26,70	76115,04
ERROR	1,30%			1,40%	

Ilustración 89. Comparación simulación y estimación de la demanda de refrigeración del 5G y 5M

Por lo tanto, se acepta la estimación del resto de edificios a partir del 5E, utilizando este o la agregación 5C+5D según la coincidencia de los locales climatizados entre los edificios. La demanda de calefacción de los edificios 5C y 5D se extrae de la simulación de otro proyecto paralelo llevado a cabo en la cátedra y da como resultado 23,45 kWh/m² (Amador, n.d.).

Como ejemplo de estimación a partir del 5E se presenta la del edificio 4F, el cual presenta una superficie climatizada de 1455,06 m² y resulta una demanda de 14340,45 kWh/año. En la siguiente tabla se muestran los locales climatizados más significativos del 4F con su referencia en el 5E.

Tabla 40. Comparativa locales climatizados 4F vs 5E

Edificio	Tipo	Número	Suma área	Edificio	Tipo	Número	Suma área
4F	DESPACHO	7	121,27	5E	DESPACHO	128	2.686,00

4F	LABORATORIO TALLER	4	938,35	5E	LABORATORIO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO	14	993,81
4F	LABORATORIO QUÍMICO	3	283,20	5E	LABORATORIO AUDIOVISUALES	3	246,87
4F	AULA SEMINARIO	1	40,17	5E	AULA SEMINARIO	4	191,97

Así mismo, se presenta como ejemplo de estimación a partir de la agregación 5C+5D el edificio 4P, el cual tiene una superficie climatizada de 5.231,13 m² y resulta una demanda de 122.669,99 kWh/año. En la siguiente tabla se muestran los locales climatizados más significativos del 4P con su referencia en la agregación 5C+5D.

Tabla 41. Comparativa locales climatizados 4P vs 5C+5D

Edificio	Tipo	Número	Suma área	Edificio	Tipo	Número	Suma área
4P	DESPACHO	91	1447,00	5C+5D	DESPACHO	82	1.612,92
4P	LABORATORIO INFORMÁTICO	1	108,41	5C+5D	LABORATORIO INFORMÁTICO	12	534,00
4P	LABORATORIO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO	2	53,79	5C+5D	LABORATORIO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO	4	499,56
4P	LABORATORIO MULTIMEDIA	4	286,91	5C+5D	LABORATORIO MECÁNICO	5	344,49
4P	AULA GENÉRICA	18	859,80	5C+5D	AULA GENÉRICA	14	1157,00
4P	AULA MULTIMEDIA	5	343,99	5C+5D	AULA INFORMÁTICA	3	167,71

El resto de comparativas entre edificios se encuentran en el Anexo III.

La siguiente tabla muestra un resumen de la demanda de calefacción resultante para cada edificio abastecido por la sala de calderas y la demanda total de gas natural, resultando ser de 1.641.030,96 kWh/año.

Tabla 42. Resumen estimación demandas de calefacción de los edificios abastecidos por el 5Q

EDIFICIO	TIPO EDIFICIO	SUPERFICIE CLIMATIZADA (m ²)	DEMANDA CALEFACCIÓN (kWh/año)
3N	NUEVA FACULTAD BBAA	18.126,00	425.054,70
5P	INVERNADEROS	5.949,07	291.482,00
3P	ETSIAMN	8.545,76	200.398,07
4L	BIBLIOTECA	6.277,72	147.212,53
4P	AMPLIACIÓN ETSIT	5.231,13	122.669,99
5C (plantas 0 y 1) + 5D	ETSII8 + ETSII9	3.929,74	104.590,00
3M	AULARIO BBAA	3.084,85	72.339,73
4J	ETSICCP3	2.343,72	54.960,23

2E	RECTORADO-S	3.318,60	32.706,70
3A	RECTORADO-N	3.248,18	32.012,67
5M	ETSII0	2.850,86	28.096,86
4H	EETSICCP1	2.565,66	25.286,05
4E	ETSICCP4	2.420,16	23.852,06
4A	ETSICCP6	2.413,14	23.782,88
3F	ETSIA4	2.139,96	21.090,53
5G	ETSII7	1.610,34	15.870,82
4F	ETSICCP5	1.455,06	14.340,45
3B (planta baja)	ETSIA7	536,21	5.284,66
TOTAL			1.641.030,96

Los edificios de mayor demanda de calefacción están mayoritariamente formados por aulas, como el 3N, 3P o la biblioteca central. Los invernaderos del 5P también presentan una demanda elevada.

4.3 ANÁLISIS PROPUESTAS DE MEJORA

4.3.1 DIFERENTES PROPUESTAS

Las dos propuestas que se plantean son, la sustitución de las calderas de gas natural por calderas de biomasa y por bombas de calor.

La generación de energía mediante biomasa es parte de la transición de un mundo regido por combustibles fósiles a un mundo limpio donde se utilice energía directamente del viento, sol, energía terrestre, etc. Se trata de una solución “puente” entre el estado actual y el deseado, imperfecta, con advertencias, pero necesaria. La energía extraída de la biomasa puede ayudar a la red a cumplir con los cambios predecibles de demanda y completar las fuentes de energía variables como la solar o eólica. La biomasa puede ayudar a ganar tiempo mientras surgen soluciones flexibles en la red, utilizando desechos, de lo contrario, podría convertirse en un problema ambiental. Pero, a corto plazo, sustituir combustibles fósiles por biomasa previene un aumento de la cantidad de carbono en la atmósfera.

La generación de energía mediante biomasa intercambia carbono que ya está en circulación, desde la atmósfera hacia las plantas y viceversa. Crecimiento de plantas y captura de carbono, procesamiento y quema de biomasa, emisión de carbono. Es un ciclo continuo, neutro, siempre y cuando el uso y su reposición se mantengan en equilibrio. En un año dado, el carbón procedente de la combustión de biomasa es igual o menor que la absorción de carbón de la vegetación replantada. Cuando se alcanza este balance, se crea un estado de nuevas emisiones netas nulas.

La biomasa es una solución viable si se usa la materia prima adecuada, como desechos o productos con un crecimiento sostenible. Materias primas importantes que considerar son los desperdicios de madera y del procesamiento agrícola, residuos procedentes de aserraderos o fábricas de papel, al igual que tallos desechados, cáscaras, hojas o mazorcas.

La biomasa es controversial, los debates se centran alrededor de tres principales cuestiones: la vida cíclica de las emisiones de carbono, el uso indirecto de la tierra y deforestación, y los impactos sobre la seguridad alimentaria. En algunos países, Suecia, Finlandia y Letonia entre ellos, la bioenergía

representa desde el 20 al 30% de la generación nacional, casi completamente proveniente de árboles. En países como China, India, Japón, Korea del Sur y Brasil se encuentra en crecimiento.

En 2050, la energía generada mediante biomasa podría reducir 7,5 gigatoneladas de emisiones de dióxido de carbono, pero, a medida que las energías limpias eólica y solar se conviertan en opciones más disponibles en la red flexible, la necesidad de la biomasa disminuirá.

Un estudio realizado (Lozano Miralles et al., 2020) donde se compara los impactos medioambientales causados por una bomba de calor y una caldera de biomasa, ha tomado en consideración todas las emisiones producidas durante el proceso de extracción de materiales, manufactura, operación y etapa final de la vida de ambos sistemas. Por una parte, los resultados obtenidos muestran que la bomba de calor tiene mayor impacto en 8 indicadores, mientras que la caldera de biomasa (de pellets), excede en dos, los cuales son radiación y capa de ozono. Por otra parte, el mayor impacto se crea en la reducción de recursos abióticos, correspondiente con la caldera de biomasa.

Comparando los resultados obtenidos por ambas metodologías, se puede determinar que el consumo energético en forma de electricidad es el factor más relevante para la bomba de calor, siendo el impacto en la caldera de biomasa menor, debido al uso de pellets como material de combustión. Por otro lado, las emisiones atmosféricas producidas por el sistema de la caldera son bastante más significativas que en una bomba de calor.

Los resultados concluyen que: se producen impactos similares en ambos sistemas, la caldera de pellet ocasiona mayores impactos durante la fabricación de sus componentes, mientras que se tienen otros impactos sobre la esperanza de vida y por el uso de refrigerante en la bomba de calor.

4.3.2 SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente, se dispone de cinco calderas de gas natural en la sala de calderas del edificio 5Q. Tres de ellas presentan una potencia de 3050 kW y las dos restantes son de 540 kW.

Las calderas de 3050 kW son de la marca 'Wolf' modelo 'GKS Dynatherm-L' y presentan hasta un rendimiento estacional del 95%.



Modelo	Dynatherm-L	1350	1900	2500	3050	4150	5200
Rango de potencia nominal	MW	0,90-1,35	1,35-1,90	1,90-2,50	2,50-3,05	3,05-4,15	4,15-5,20
Alto	mm.	1715	1800	1850	1950	2100	2200
Ancho	mm.	1424	1524	1574	1674	1824	1924
Profundo	aprox. mm.	2950	3220	3675	3725	4570	4700
Peso con agua	aprox. kg	4180	5010	6150	6900	10470	11810
Peso suministro	aprox. kg	2800	3300	4200	4600	7100	8000

Ilustración 90. Catálogo caldera actual de gas natural 3050 kW

- Rendimiento estacional hasta un 95%
- Temperatura media caldera y retorno 50°C
- Modulación de carga desde el 30%
- Amplias cámaras de agua para una buena recirculación interna
- Hogar situado en el centro con 2º y 3º paso de humos alrededor para evitar condensaciones en la parte inferior de la caldera
- Caldera simétrica para compensación de fuerzas en vertical y horizontal
- Amplio hogar para menor carga térmica y aumentar así la vida útil de la caldera
- Presión de trabajo 6 bar
- Aislamiento sobradamente dimensionado, inclusive en la puerta frontal, para minimizar pérdidas (100 mm.)
- Haz tubular de tubo liso para minimizar suciedades y mantener un rendimiento constante
- Fácil limpieza
- Cubierta transitable a partir de 3000 kW
- Suministro estándar necesario añadir regulación básica R21 o R21-DDC (accesorio)
- **No apta para RITE**

Ilustración 91. Especificaciones caldera actual de gas natural 3050 kW

Las calderas de 540 kW son de la marca 'Ygnis' modelo 'FBG' y presentan hasta un rendimiento útil del 92,5%.

La solución en calderas de acero a gas o gasóleo



- Excelente relación calidad/precio.
- Funcionamiento con variación de temperatura.
- Caldera de 2 pasos de humos.
- Cuerpo de acero con gran volumen de agua.
- Rendimiento útil del 89% al 92,5%.
- Modulación desde 30% en función del quemador.
- Acoplado un TOTALECO se comporta como una caldera de condensación.
- FBG está disponible en 4, 6, 8 bar

Ilustración 92. Catálogo caldera actual de gas natural 540 kW

tipo de caldera	150	175	200	230	265	300	350	405	465	540	620	710	815	940	1080	1160
temperatura de humos en °C	218	218	218	218	218	218	218	218	218	218	218	218	218	218	218	218
potencia nominal en kW	150	175	200	230	265	300	350	405	465	540	620	710	815	940	1080	1160
caudal calorífico máximo en kW	165	192	220	253	291	330	385	445	511	593	681	780	896	1033	1186	1275
Caudal de humos en g/s Con 20% de exceso de aire	71	83	95	110	126	143	167	193	221	257	295	338	388	447	513	552
Caudal de aire en m³/h a 15°C - 1013 mbar	200	233	267	307	353	400	467	540	620	719	826	946	1086	1252	1438	1546
Pérdida de carga lado del agua en daPa a Δt=20°C	125	200	100	150	250	300	250	300	200	300	450	450	250	300	400	440
Perdida por disposición de mantenimiento en % de la potencia nominal	0.50	0.46	0.44	0.41	0.38	0.36	0.34	0.31	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23	0.21	0.20	0.19
Para una temperatura media del agua en la caldera de 80 °C																

Ilustración 93. Especificaciones caldera actual de gas natural 540 kW

Por lo tanto, se tiene una potencia total de 10.230 kW entre todas las calderas. Haciendo una ponderación entre los dos tipos de calderas, se obtiene un rendimiento medio de 94,7%.

Al conocer la demanda total de gas de los edificios abastecidos por la sala de calderas, ya que ha sido estimada anteriormente resultando un valor de 1.641.030,96 kWh/año, aplicando el rendimiento medio obtenido de las calderas, 94,7%, se puede obtener su consumo, resultando en 1.732.873,24 kWh/año.

Para conocer las emisiones de CO2 equivalentes vertidas a la atmósfera, es necesario conocer el coeficiente de paso del gas natural. Este coeficiente de paso, también denominado 'factor de emisión', es un factor de conversión que permite calcular, a partir de la cantidad de energía final consumida por una determinada instalación térmica, la cantidad equivalente de emisiones de CO2. Estos factores se determinan para cada tipo de combustible no renovable (electricidad, gasóleo, gas natural, GLP, etc.) o renovable (biomasa). El valor de dicho factor para el gas natural es de 204 g CO2/kWh (*Ministerio Para La Transición Ecológica y El Reto Demográfico* https://Energia.Gob.Es/Desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Factores_emision_CO2.Pdf, n.d.). Por lo tanto, actualmente en la UPV se emiten un total de, aproximadamente, 353,51 toneladas de CO2 provenientes únicamente de la sala de calderas del 5Q.

Aplicando el precio por kWh de gas natural que la universidad tiene contratado, de 0,03369971 €/kWh, donde se incluye el término variable, un impuesto especial y el IVA, se obtiene un coste de 58.397,32 € anuales, aproximadamente, para la generación de agua caliente para satisfacer la demanda de calefacción de los edificios abastecidos por la sala de calderas del 5Q.

4.3.3 EQUIPOS SUSTITUTOS

CALDERA BIOMASA

Al disponer una potencia total actual de 10.230 kW en las calderas de gas natural, se ha decidido seleccionar el modelo de caldera de biomasa 'ARES 2700' de potencia 2700 kW de la marca 'Ferrolí', la cual presenta un rendimiento del 89%. Aplicando cuatro calderas de dicho modelo se obtiene una potencia total de 10.800 kW, cubriendo a la actual.

Por lo tanto, recordando que se tiene una demanda de 1.641.030,96 kWh y un rendimiento del 89%, se obtiene un consumo de 1.843.855,01 kWh.



Caldera industrial de biomasa Ares

Caldera industrial de biomasa policomcombustible de alta potencia, desde 60 hasta 4100 kW. Tiene 3 pasos de humos y funciona con pellets, orujillo y cáscara de frutos.

Los modelos 60 - 100 ofrecen un **cuadro electrónico opcional**. En los modelos 130 - 4100 el cuadro eléctrico no está incluido.

Si necesitas más información o un presupuesto

Déjanos tus datos en el [siguiente formulario](#) y nos pondremos en contacto contigo.

Ilustración 94. Caldera de biomasa seleccionada

Características de la caldera industrial de biomasa Ares

Potencias disponibles: entre 60 y 4100 kW con 3 pasos de humos.

Cuerpo de caldera fabricado en acero con quemador de hierro fundido con parrilla móvil y sistema de alimentación mecánico.

Presión máxima de trabajo: 3 bar (posible fabricación especial a 6 bar).

Puerta de caldera aislada para inspección y limpieza de caldera.

Incluye tolva de alimentación de combustible de entre 190 y 3800 litros en función de la potencia de la caldera industrial de biomasa Ares.

Posibilidad de tener la tolva a la derecha o a la izquierda de la caldera en modelos de hasta 100 kW (indicándolo a la hora de realizar el pedido).

Sinfin para el transporte de combustible con velocidad variable.

Control de aire primario y secundario.

Rendimiento de hasta el 97,4%.

Clase 3 según la norma [UNE-EN 303](#).

Múltiples accesorios para adaptarse a cualquier necesidad de instalación (ver tabla accesorios disponibles).

Cuadro básico de control que se sirve junto con los modelos de la caldera industrial de biomasa Ares 60, 80 y 100. Está compuesto de interruptor ON/OFF y selector de temperatura de ida.

Encendido manual.

En el resto de modelos no se incorpora ningún cuadro de control, por lo que se necesita pedir un cuadro de control como accesorio (ver tabla de accesorios disponibles).

Ilustración 95. Características caldera de biomasa seleccionada

GAMA ARES - Calderas de biomasa de agua caliente				
	PRODUCTO	POTENCIA ÚTIL (kW)	RENDIMIENTO (%)	VOLUMEN TOLVA INCORPORADA (L)
1D3000607	ARES 60	60	88,5	190
1D3000807	ARES 80	80	88,6	190
1D3001007	ARES 100	100	90,0	190
1D3001307	ARES 130	130	90,1	500
1D3001807	ARES 180	180	90,1	500
1D3002307	ARES 230	230	90,1	500
1D3003007	ARES 300	300	90,2	1.050
1D3004007	ARES 400	400	> 89	1.050
1D3005007	ARES 500	500	> 89	1.050
1D3006507	ARES 650	650	> 97,4	1.350
1D3008007	ARES 800	800	> 97,4	1.350
1D3009507	ARES 950	950	> 97,4	1.350
1D3013007	ARES 1300	1300	> 96,8	1.800
1D3016507	ARES 1650	1650	> 96,8	1.800
1D3020007	ARES 2000	2000	> 96,8	1.800
1D3027007	ARES 2700	2700	> 89	3.800
1D3034007	ARES 3400	3400	> 89	3.800
1D3041007	ARES 4100	4100	> 89	3.800

Ilustración 96. Modelos caldera de biomasa seleccionada

El modelo lleva incorporada una tolva de 3,8 m3 de capacidad.

BOMBA DE CALOR SISTEMA CENTRAL CON ABASTECIMIENTO A 70 °C

Seleccionando el modelo de bomba de calor 'HHR 1440' de la marca 'CoolTherm', de 1460 kW de potencia de calefacción y COP de 3,9, presentando una temperatura de salida del condensador de 80°C. Aplicando siete bombas de calor de dicho modelo se cubre la potencia actualmente instalada.

Por lo tanto, recordando que se tiene una demanda de calefacción de 1.641.030,96 kWh y un COP de 3,9, se obtiene un consumo de 420.777,168 kWh.

Machine type HHR		45	65	90	130	180	260	360	520	720	1000	1440
Nominal point for heating at 20/80 °C and cooling at 20/14 °C												
Heating capacity	kW	51	65	93	132	194	268	385	554	781	1,100	1,460
Refrigeration capacity	kW	39.3	50.7	72.2	103	150	205	298	421	605	836	1,090
Power consumption	kW	11.9	15.3	22.5	31	47	67	93	140	187	279	434.4
Heating COP		4.3	4.3	4.1	4.2	4.2	4.0	4.1	4.0	4.2	3.9	3.9
Total COP (heating and cooling)		7.6	7.6	7.2	7.4	7.4	7.0	7.2	7.0	7.4	6.8	6.8
Reciprocating compressor												
Compressor quantity (type)		1(90)	1(110)	1(170)	1(230)	1(345)	2(250)	2(345)	3(345)	4(345)	6(345)	8(345)
Voltage / frequency		3~/380-420 V/50 Hz or 3~/440-480 V/60 Hz (all values relate to 50 Hz)										
Capacity control initial current limitation		with VSD					continuous control (depending on no. of compressors) as standard					
Dimensions and weights												
Length	mm	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	4,250	4,250	4,250	5,500	6,000	7,000
Width	mm	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,200	1,200	1,200	1,500	1,500	1,500
Height	mm	2,000	2,000	2,000	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	2,400	2,400	2,400
Empty weight approx.	kg	1,200	1,250	1,300	1,600	1,650	2,900	3,550	4,200	6,100	8,500	6,580
Operational weight	kg	1,250	1,300	1,350	1,650	1,700	3,000	3,600	4,650	6,300	8,700	7,050

The table specifies the capacities for the thermeco₂-HHR series. Depending on requirements, other operating points within this application range are possible as well.

Ilustración 97. Modelos bomba de calor CO₂

BOMBA DE CALOR POR EDIFICIO CON ABASTECIMIENTO A ALTA TEMPERATURA

Las calderas de gas natural actuales producen agua caliente a la temperatura de 70°C aproximadamente. En el transporte de esta, hasta llegar a los edificios puede llegar a producirse una pérdida de temperatura de hasta 5°C, además de otra pérdida de 5°C aproximadamente en el intercambiador que dispone cada edificio con el circuito de calefacción. Las bombas de calor deben ser capaces pues, de producir agua caliente hasta los 60 o 55°C.

Teniendo en cuenta un día de diseño para calefacción como, por ejemplo, el 22 de enero, se extrae la curva de demanda y la potencia pico del día.

Para la agregación 5C+5D se obtiene la siguiente curva de potencia de calefacción:

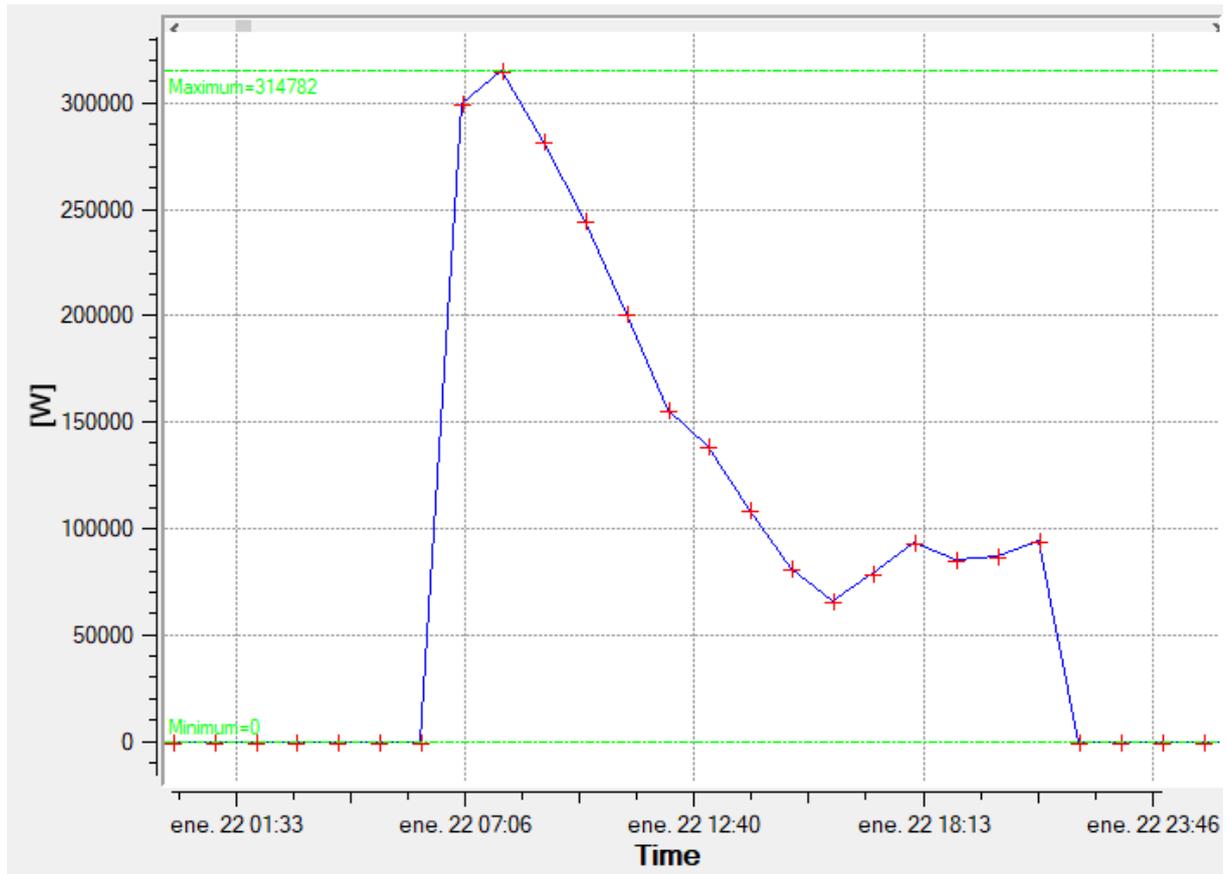


Ilustración 98. Curva de potencia edificios 5C+5D

Se observa que la potencia pico se produce a las 8:00 tomando el valor de 314,782 kW.

En cuanto a la curva de demanda de calefacción se obtiene:

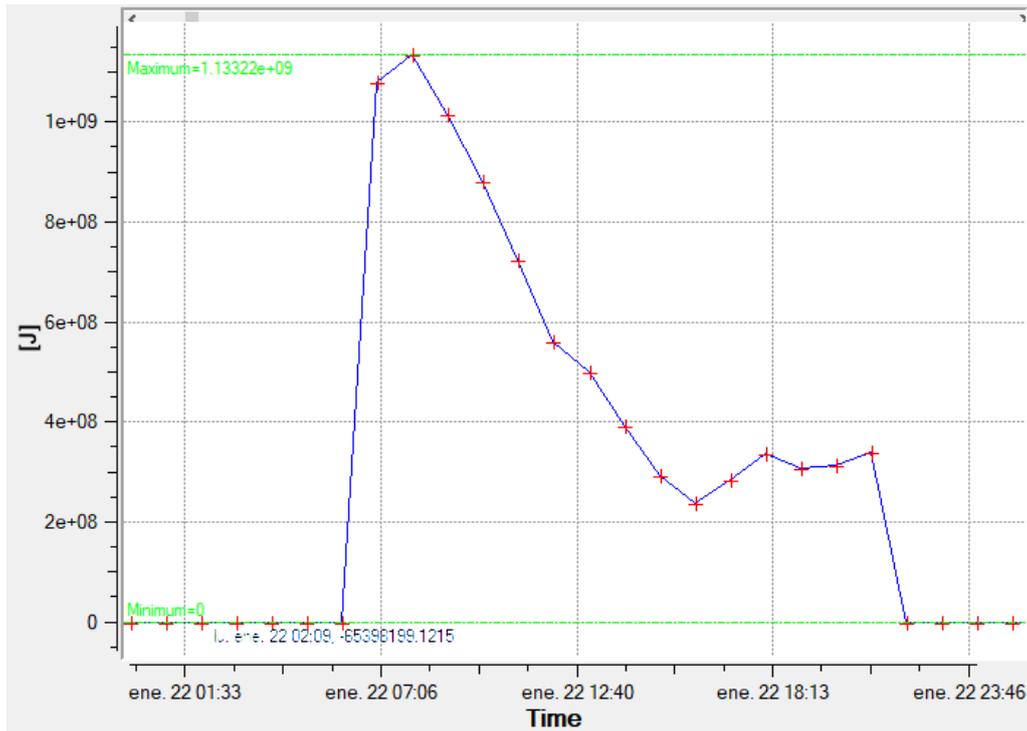


Ilustración 99. Curva de demanda de calefacción edificios 5C+5D

Se observa que se tiene una demanda máxima a las 8:00 de 1,13322E+09 J, equivalentes a 314,78 kWh.

Por lo tanto, la bomba de calor a elegir debe satisfacer la potencia pico de 314,78 kWh. Para ello, se opta por la marca 'Trane', en concreto el modelo '080HE' con una potencia calorífica de 331,95 kW y un COP de 3,90, llegando el condensador a la temperatura de 55°C.

Temperatura del agua de salida del condensador (mín./máx.)	(°C)	20/60
Temperatura del agua de salida del evaporador (mín./máx.)	(°C)	-8/+18
Alimentación eléctrica	(V/F/Hz)	400/3/50
Refrigerante		R134a

Ilustración 100. Especificaciones técnicas modelo '080 HE' de 'Trane'

Análisis de demanda y estudio de hibridación de sala de calderas para la ETSII. Caso de estudio para descarbonizar el Campus de Vera, UPV

Tamaño de la unidad		060 HE	070 HE	080 HE	090 HE	100 HE	110 HE	120 HE
Potencia calorífica neta (4)	(kW)	250	299	348	387	414	444	477
COP (4)		4,32	4,27	4,25	4,28	4,31	4,34	4,37
Clase de eficiencia energética Eurovent: calefacción		B	B	B	B	B	B	B
Potencia nominal (calefacción) (5)		245,09	292,79	331,95	376,13	-	-	-
$\eta\alpha$ /SCOP (5)		167%/4,18	159%/3,98	156%/3,90	163%/4,08	-	-	-
Potencia frigorífica neta (1) (2)	(kW)	231	274	311	355	379	407	437
EER (1) (2)		4,46	4,35	4,32	4,33	4,38	4,42	4,46
Clase de eficiencia energética Eurovent: refrigeración		C	C	C	C	C	C	C
ESEER (1) (2)		5,25	5,05	5,02	5,02	5,00	4,98	5,18
Número de circuitos frigoríficos					2			
Número de compresores					2			
Nivel de potencia sonora (3)	(dB(A))	90	90	97	99	99	99	98
Pesos y dimensiones								
Longitud	(mm)	3.210	3.210	3.210	3.223	3.318	3.223	3.235
Anchura	(mm)	1.071	1.071	1.071	1.058	1.058	1.058	1.058
Altura	(mm)	1.938	1.938	1.938	1.955	1.955	1.955	1.955
Peso en funcionamiento	(kg)	2.650	2.658	2.673	2.928	2.970	3.008	3.198

(1) Evaporador a 12/7 °C y temperatura del agua del condensador de 30/35 °C, según la norma EN14511:2013. Clasificación realizada según la norma AHRI 550/590, basada en la versión 177 de TOPSS.

(2) Rendimientos netos calculados según la norma EN14511-2011.

(3) A plena carga y de conformidad con la norma ISO9614.

(4) Temperatura del caudal de agua de entrada al evaporador de 10 °C en condiciones de refrigeración y temperatura del agua del condensador de 40/45 °C.

(5) $\eta\alpha$ /SCOP según se define en la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo con respecto a los requisitos de diseño ecológico para las estufas y los calentadores combinados con una potencia nominal de <400 kW - REGLAMENTO DE LA COMISIÓN (UE) N.º 813/2013 del 2 de agosto de 2013: Aplicación de media temperatura con el evaporador a 10/7 °C, el condensador a 47/55 °C y unas condiciones climáticas medias.

Ilustración 101. Catálogo bomba de calor seleccionada edificios 5C+5D

Por lo tanto, para poder estimar la demanda pico del resto de edificios similares al conjunto 5C+5D, se realiza una extrapolación de la curva de demanda del día escogido. La demanda anual de la agregación 5C+5D es de 104.590,00 kWh y la del edificio 4P de 122.669,99 (estimada anteriormente). Gracias a la simulación del 5C+5D se obtiene una demanda en el mes de enero de 32.707,6 kWh y, por tanto, se obtiene una demanda estimada del mes de enero de 38.361,61 kWh en el edificio 4P. Con esta relación de demandas se procede a calcular la curva de demanda de calefacción del 4P a partir de la del 5C+5D:

Tabla 43. Extrapolación curva de demanda edificio 5C+5D a 4P

HORA	5C+5D	4P
0:00	0	0
1:00	0	0
2:00	0	0
3:00	0	0
4:00	0	0
5:00	0	0
6:00	0	0
7:00	297,125589	348,4883407
8:00	314,782	369,1969353
9:00	281,3065875	329,9347802
10:00	243,5167505	285,6123857
11:00	200,4539128	235,1054707
12:00	154,7545753	181,5062962
13:00	138,0567403	161,9219822
14:00	106,4187372	124,8148612
15:00	80,05373478	93,89226049
16:00	65,9924	77,40020661

Análisis de demanda y estudio de hibridación de sala de calderas para la ETSII. Caso de estudio para descarbonizar el Campus de Vera, UPV

17:00	77,41723139	90,79999673
18:00	92,3574025	108,3228074
19:00	85,32673528	100,0767807
20:00	87,96323528	103,1690404
21:00	94,99390278	111,4150675
22:00	0	0
23:00	0	0

Por lo tanto, se debe satisfacer la potencia pico de 369,19 kWh y para ello se selecciona el modelo '090HE' con una potencia calorífica de 376,13 kW y un COP de 4,08, llegando el condensador a la temperatura de 55°C.

Temperatura del agua de salida del condensador (mín./máx.)	(°C)	20/60
Temperatura del agua de salida del evaporador (mín./máx.)	(°C)	-8/+18
Alimentación eléctrica	(V/F/Hz)	400/3/50
Refrigerante		R134a

Ilustración 102. Especificaciones técnicas modelo '090 HE' de 'Trane'

Tamaño de la unidad		060 HE	070 HE	080 HE	090 HE	100 HE	110 HE	120 HE
Potencia calorífica neta (4)	(kW)	250	299	340	387	414	444	477
COP (4)		4,32	4,27	4,25	4,28	4,31	4,34	4,37
Clase de eficiencia energética Eurovent: calefacción		B	B	B	B	B	B	B
Potencia nominal (calefacción) (5)		245,09	292,79	331,95	376,13	-	-	-
η_{σ} /SCOP (5)		167%/4,18	159%/3,98	156%/3,90	163%/4,08	-	-	-
Potencia frigorífica neta (1) (2)	(kW)	231	274	311	355	379	407	437
EER (1) (2)		4,46	4,35	4,32	4,33	4,38	4,42	4,46
Clase de eficiencia energética Eurovent: refrigeración		C	C	C	C	C	C	C
ESEER (1) (2)		5,25	5,05	5,02	5,02	5,00	4,98	5,18
Número de circuitos frigoríficos					2			
Número de compresores					2			
Nivel de potencia sonora (3)	(dB(A))	90	90	97	99	99	99	98
Pesos y dimensiones								
Longitud	(mm)	3.210	3.210	3.210	3.223	3.318	3.223	3.235
Anchura	(mm)	1.071	1.071	1.071	1.058	1.058	1.058	1.058
Altura	(mm)	1.938	1.938	1.938	1.955	1.955	1.955	1.955
Peso en funcionamiento	(kg)	2.650	2.658	2.673	2.928	2.970	3.008	3.198

(1) Evaporador a 12/7 °C y temperatura del agua del condensador de 30/35 °C, según la norma EN14511-2013. Clasificación realizada según la norma AHRI 550/590, basada en la versión 177 de TOPSS.

(2) Rendimientos netos calculados según la norma EN14511-2011.

(3) A plena carga y de conformidad con la norma ISO9614.

(4) Temperatura del caudal de agua de entrada al evaporador de 10 °C en condiciones de refrigeración y temperatura del agua del condensador de 40/45 °C.

(5) η_{σ} /SCOP según se define en la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo con respecto a los requisitos de diseño ecológico para las estufas y los calentadores combinados con una potencia nominal de <400 kW - REGLAMENTO DE LA COMISIÓN (UE) N.º 813/2013 del 2 de agosto de 2013: Aplicación de media temperatura con el evaporador a 10/7 °C, el condensador a 47/55 °C y unas condiciones climáticas medias.

Ilustración 103. Catálogo bomba de calor seleccionada edificio 4P

Así mismo se han seleccionado el resto de los edificios semejantes al 5C+5D, quedando los siguientes modelos seleccionados:

Tabla 44. Resumen modelos bomba de calor seleccionados en edificios semejantes al 5C+5D

EDIFICIO	POTENCIA PICO (kW)	MODELO BC	POTENCIA NOMINAL (kW)	POTENCIA CALORÍFICA (kW)	COP	TEMPERATURA DE SALIDA CONDENSADOR (°C)
5C+5D	314,78	080 HE	340,00	331,95	3,90	55
4P	369,19	090 HE	387,00	376,13	4,08	55

4J	165,41	205 SE	214,00	208,93	3,76	55
3P	603,13	180 HE	677,00	660,97	4,04	55
3M	217,72	206 SE	254,80	248,77	3,77	55
3N	1279,27	410 SE	1448,30	1448,30	3,62	55
4L (BIBLIO)	443,06	212 SE	478,90	467,56	3,90	55

Todos los condensadores de los modelos llegan a temperaturas de hasta 60°C. En aquellos modelos en los que no se disponen datos referidos a la temperatura de 55°C, se ha realizado una extrapolación a partir de los datos del modelo '080 HE' del edificio 5C+5D, del cual si se disponen datos a varias temperaturas.

Las especificaciones del resto de bombas seleccionadas se recogen en el ANEXO IV.

Otro de los edificios simulados en CYPETherm es el 5G, del cual se obtiene también su curva de demanda de calefacción para el día seleccionado (22 de enero), indicando una demanda máxima de 4,04563E+08 J, equivalente a 112,169 kWh a las 07:00.

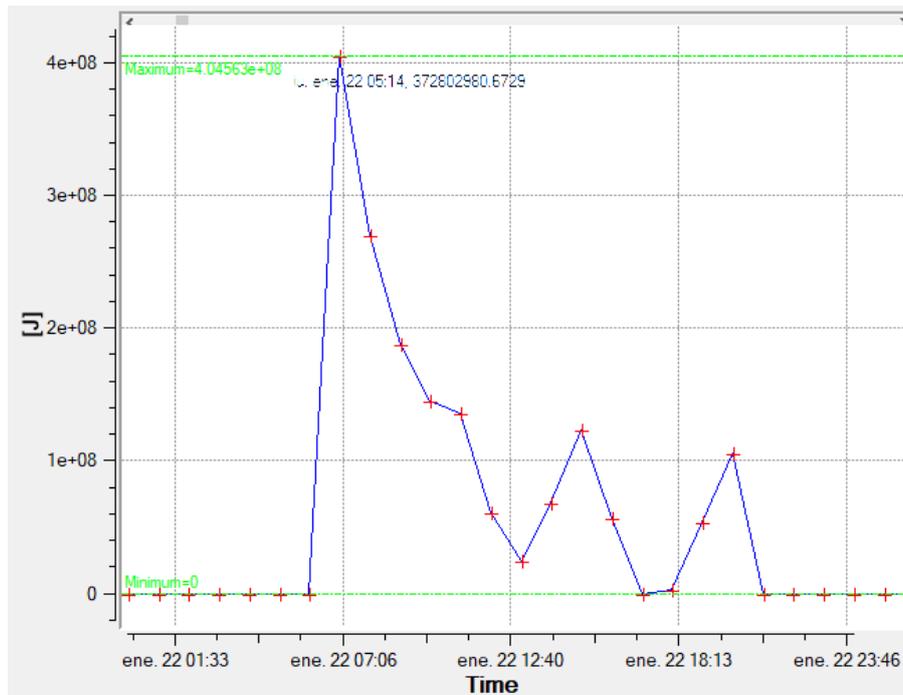


Ilustración 104. Curva de demanda de calefacción edificio 5G

Por lo tanto, la bomba de calor a elegir debe satisfacer la potencia pico de 112,169 kWh. Para ello, se opta por el modelo 'CXAX 045' de 'Trane' con una potencia calorífica de 120 kW y un COP de 3,12, llegando el condensador a la temperatura de 45°C. Para obtener los datos a la temperatura de salida del condensador de 55°C, se realiza la extrapolación comentada anteriormente y se obtiene una potencia de 117,16 kW y un COP de 2,86.

Realizando la estimación de la curva de demanda de calefacción para el resto de los edificios, se obtiene la siguiente selección de modelos:

Tabla 45. Resumen modelos bomba de calor seleccionados en edificios semejantes al 5G

EDIFICIO	POTENCIA PICO (kW)	MODELO BC	POTENCIA NOMINAL (kW)	POTENCIA CALORÍFICA (kW)	COP	TEMPERATURA DE SALIDA CONDENSADOR (°C)
5G	112,17	CXAX 045	120,00	117,16	2,86	55
4F	101,35	CXAX 039	110,00	107,40	2,88	55
3F	149,06	CXAX 060	162,00	158,16	2,85	55
4A	168,09	205 SE	214,00	208,93	3,76	55
4E	168,58	205 SE	214,00	208,93	3,76	55
4H	178,71	205 SE	214,00	208,93	3,76	55
2E	231,16	206 SE	254,80	248,77	3,77	55
3A	226,25	206 SE	254,80	248,77	3,77	55
3B	37,35	CXAX 015	43,00	41,98	2,84	55

Las especificaciones de los modelos de bombas seleccionados se recogen en el ANEXO IV.

Por último, de la simulación realizada del edificio 5M, se obtiene una curva de demanda de calefacción para el día seleccionado (22 de enero) con un máximo de 4,3155E+08 J, equivalente a 119,51 kWh a las 07:00.

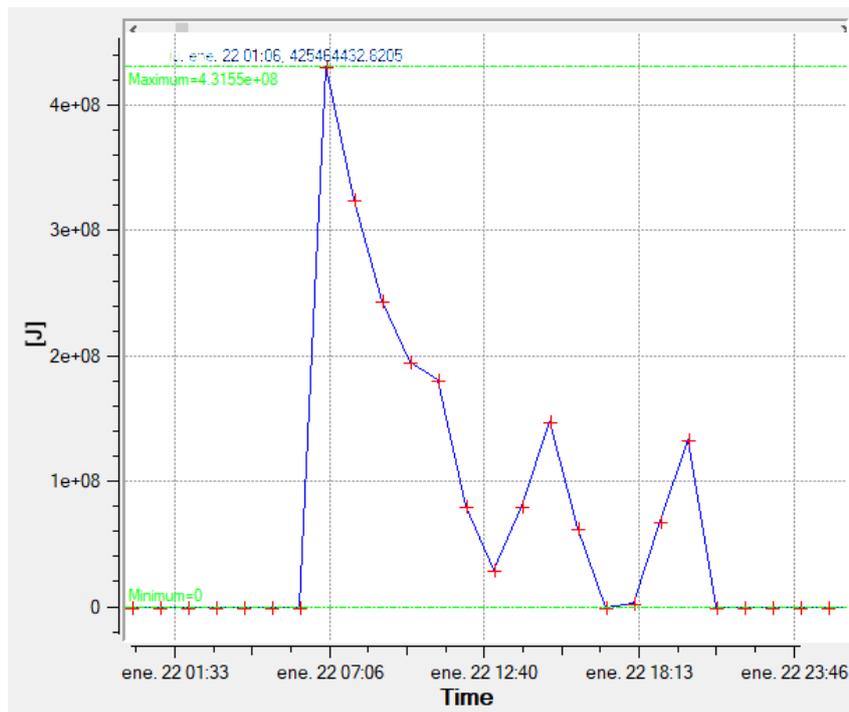


Ilustración 105. Curva de demanda de calefacción edificio 5M

Por lo tanto, la bomba de calor a elegir debe satisfacer la potencia pico de 119,51 kWh. Para ello, se opta por el modelo 'CXAX 046' de 'Trane' con una potencia calorífica de 127 kW y un COP de 3,02, llegando el condensador a la temperatura de 45°C. Para obtener los datos a la temperatura de salida del condensador de 55°C, se realiza la extrapolación comentada anteriormente y se obtiene una potencia de 123,99 kW y un COP de 2,77.

4.3.4 REDUCCIÓN DE EMISIONES Y COSTES

BIOMASA

La utilización de la biomasa pura como combustible tiene unas emisiones consideradas neutras, considerando que el CO₂ emitido en la combustión ha sido previamente de la atmósfera. Si se tienen en cuenta las emisiones que pudieran derivarse de su ciclo de vida (siembra y cosecha de biocombustibles, transporte, etc.), el factor de emisión aumenta a 0,018 kg CO₂/kWh. Por lo tanto, se producirían unas emisiones de 33,19 toneladas de CO₂, lo cual implicaría, con respecto a la situación actual, una reducción de 320,32 toneladas de CO₂ (90,61% del total de emisiones de CO₂ con calderas de gas).

Siendo el combustible de la caldera, pellets, y siendo el precio de pellets por kWh de 0,0497 (*Precio Pellets <https://www.caloryfrio.com/energias-renovables/bio>, n.d.*), se obtiene un total de 91.639,59 € anuales, aproximadamente, en la producción de calor en la sala de calderas del 5Q, resultando un incremento del 56,92% en el coste al pasar de gas natural a pellets.

La implantación de esta opción de sustitución no resultaría viable a día de hoy porque, al no ser una opción muy habitual todavía en la actualidad el utilizar calderas de biomasa, el precio de los pellets como combustible es más caro que lo ideal. Si es cierto que, en un futuro no muy lejano es probable que se dé el caso de que se prohíba el consumo de gas natural o se imponga sobre él un impuesto muy elevado.

Al ser el poder calorífico superior (PCS) de los pellets de 5,81 kWh/kg (*PCS de Pellets <http://petromercado.com/blog/37-articulos/182-poder-calorifico-en-kw-del-gasoleo-c-butano-y-pellet.html>, n.d.*) y requerirse una energía de 1.843.855,01 kWh anuales, se obtiene una necesidad de 317.358,87 kg de pellets al año. Al ser la densidad de los pellets de 720 kg/m³, se requiere pues, un almacenamiento de 440,77 m³ anuales. Si se procede a la compra mensual de pellets, al ser enero el mes de mayor demanda de calefacción, se necesitaría un almacenamiento de 115,63 m³ para los pellets necesarios de dicho mes.

BOMBA DE CALOR SISTEMA CENTRAL CON ABASTECIMIENTO A 70 °C

La utilización de la bomba de calor produce un consumo eléctrico con unas consecuentes emisiones de CO₂. Según la Red Eléctrica de España (REE) (*Red Eléctrica Española <https://www.ree.es/es/datos/generacion/no-renovables-detalle-emisiones-co2>, n.d.*) el valor medio del factor de emisión del sistema eléctrico nacional de lo que se lleva de 2021 es de 0,119 toneladas de CO₂ por MWh eléctrico. Por lo tanto, con el modelo de bomba de calor seleccionado, se producirían unas emisiones de 50,07 toneladas de CO₂, lo cual implicaría, con respecto a la situación actual, una reducción de 303,43 toneladas de CO₂ (-86% de las emisiones actuales).

Para calcular el coste eléctrico de las bombas de calor, se aplica la tarifa de acceso que dispone la universidad, la tarifa de seis períodos 6.1A de alta potencia. El término de potencia contratado en la universidad resulta un coste mensual de 101.050,87 € y el término de energía varía según los meses ya que los períodos aplicados varían también. Realizando una ponderación de dichos términos se obtiene un valor de 0,089073279 €/kWh de energía, IVA incluido.

Al tener un consumo eléctrico de 420.777,17 kWh/año por las bombas de calor, se obtiene un coste de energía de 37.480,00 € anuales en la producción de calor en la sala de calderas del 5Q, resultando un ahorro anual en combustible (gas natural) de 20.917,32 € (-35,82% de los costes actuales).

BOMBA DE CALOR POR EDIFICIO CON ABASTECIMIENTO A ALTA TEMPERATURA

En el escenario de selección de una bomba de calor para cada edificio se producirían un total de 43,07 toneladas de CO₂ anuales, lo cual implicaría, con respecto a la situación actual, una reducción de -247,64 toneladas de CO₂ (-85% de las emisiones actuales).

Por otra parte, teniendo en cuenta el consumo parcial de cada edificio y aplicando el precio por kWh eléctrico comentado anteriormente de 0,089073279 €/kWh, resulta un coste de 32.240,23 € anuales, siendo el ahorro anual en combustible (gas natural) de 15.784,48 € (-32,87% de los costes actuales).

Las emisiones y costes parciales de cada agregación se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 46. Resumen emisiones y costes de luz para cada bomba de calor por edificio de gas

EDIFICIO	DEMANDA (kWh)	COP	CONSUMO (kWh)	EMISIONES (ton)	POTENCIA ABSORBIDA (kW)	COSTE LUZ (€)
5G	15.870,82	2,86	5.549,24	0,66	40,97	494,29
5M	28.096,86	2,77	10.143,27	1,21	44,74	903,49
5C+5D	104.590,00	3,90	26.817,95	3,19	85,12	2.388,76
4P	122.670,00	4,08	30.066,18	3,58	92,19	2.678,09
4J	54.960,23	3,76	14.617,08	1,74	55,57	1.301,99
4F	14.340,45	2,88	4.979,32	0,59	37,29	443,52
3P	200.398,07	4,04	49.603,48	5,90	163,61	4.418,34
3M	72.339,73	3,77	19.188,26	2,28	65,99	1.709,16
3N	425.054,70	3,62	117.418,43	13,97	400,08	10.458,84
3F	21.090,53	2,85	7.400,19	0,88	55,49	659,16
4A	23.782,88	3,76	6.325,23	0,75	55,57	563,41
4E	23.852,06	3,76	6.343,63	0,75	55,57	565,05
4H	25.286,05	3,76	6.725,01	0,80	55,57	599,02
2E	32.706,70	3,77	8.675,52	1,03	65,99	772,76
3A	32.012,67	3,77	8.491,43	1,01	65,99	756,36
3B (0)	5.284,66	2,84	1.860,79	0,22	14,78	165,75
4L (biblio)	147.212,53	3,90	37.746,80	4,49	119,89	3.362,23

4.3.5 ANÁLISIS ECONÓMICO

BOMBA DE CALOR SISTEMA CENTRAL CON ABASTECIMIENTO A 70°C

Se ha procedido a realizar el mismo estudio económico, esta vez sustituyendo las calderas de gas natural por bombas de calor a la temperatura de abastecimiento actual (70°C). Para cambiar las calderas de gas de 10.230 kW de potencia calorífica total, se necesitarían siete bombas de calor del modelo seleccionado de 1.460 kW de potencia calorífica.

Se tiene una inversión inicial de 3.779.975,03€, en la cual se ha tenido en cuenta, tanto el coste de los equipos como accesorios necesarios, mano de obra, etc., además de restar el coste que supondría la

renovación de las calderas de gas natural, 268.500€. A esta inversión inicial también se le ha aplicado la subvención del 35% del coste total proporcionado por IVACE-ENERGÍA.

Tabla 47. Estudio económico bomba de calor alta temperatura

AÑO	PRECIO GN (€/kWh)	COSTE GN (€/año)	COSTE elect. (€/kWh)	COSTE mmto (€/año)	Flujo ingresos (€/año)	Flujo actualizado (€/año)	Flujo acumulado (€/año)
0					-3.779.975,03		-3.779.975,03
1	0,03369971	58.397,33	37.480,00	2.000	18.917,32	18.016,50	-3.761.958,53
2	0,034508503	59.798,86	38.379,52	2.000	19.419,34	17.613,91	-3.744.344,62
3	0,035336707	61.234,03	39.300,63	2.000	19.933,40	17.219,22	-3.727.125,40
4	0,036184788	62.703,65	40.243,85	2.000	20.459,81	16.832,33	-3.710.293,07
5	0,037053223	64.208,54	41.209,70	2.000	20.998,84	16.453,14	-3.693.839,93
6	0,0379425	65.749,54	42.198,73	2.000	21.550,81	16.081,55	-3.677.758,38
7	0,03885312	67.327,53	43.211,50	2.000	22.116,03	15.717,45	-3.662.040,93
8	0,039785595	68.943,39	44.248,58	2.000	22.694,82	15.360,75	-3.646.680,18
9	0,04074045	70.598,03	45.310,54	2.000	23.287,49	15.011,33	-3.631.668,86
10	0,04171822	72.292,39	46.398,00	2.000	23.894,39	14.669,08	-3.616.999,77
11	0,042719458	74.027,40	47.511,55	2.000	24.515,86	14.333,91	-3.602.665,86
12	0,043744725	75.804,06	48.651,82	2.000	25.152,24	14.005,71	-3.588.660,15
13	0,044794598	77.623,36	49.819,47	2.000	25.803,89	13.684,35	-3.574.975,79
14	0,045869668	79.486,32	51.015,14	2.000	26.471,19	13.369,75	-3.561.606,05
15	0,04697054	81.393,99	52.239,50	2.000	27.154,49	13.061,78	-3.548.544,27
16	0,048097833	83.347,45	53.493,25	2.000	27.854,20	12.760,33	-3.535.783,94
17	0,049252181	85.347,79	54.777,08	2.000	28.570,70	12.465,30	-3.523.318,64
18	0,050434234	87.396,13	56.091,73	2.000	29.304,40	12.176,58	-3.511.142,06
19	0,051644655	89.493,64	57.437,94	2.000	30.055,70	11.894,06	-3.499.247,99
20	0,052884127	91.641,49	58.816,45	2.000	30.825,04	11.617,63	-3.487.630,36
21	0,054153346	93.840,88	60.228,04	2.000	31.612,84	11.347,19	-3.476.283,17
22	0,055453026	96.093,07	61.673,51	2.000	32.419,55	11.082,62	-3.465.200,55

23	0,056783899	98.399,30	63.153,68	2.000	33.245,62	10.823,82	-3.454.376,73
24	0,058146713	100.760,88	64.669,37	2.000	34.091,52	10.570,68	-3.443.806,05
25	0,059542234	103.179,14	66.221,43	2.000	34.957,71	10.323,11	-3.433.482,94
26	0,060971247	105.655,44	67.810,75	2.000	35.844,70	10.080,99	-3.423.401,95
27	0,062434557	108.191,17	69.438,20	2.000	36.752,97	9.844,22	-3.413.557,73
28	0,063932987	110.787,76	71.104,72	2.000	37.683,04	9.612,70	-3.403.945,02
29	0,065467378	113.446,67	72.811,23	2.000	38.635,43	9.386,34	-3.394.558,69
30	0,067038595	116.169,39	74.558,70	2.000	39.610,68	9.165,02	-3.385.393,67

Al calcular el VAN y la TIR del proyecto, se observa que genera pérdidas en relación con la rentabilidad exigida.

Tabla 48. VAN y TIR bomba de calor alta temperatura

TIR	-12%
VAN	-3.385.393,66 €

Para que el proyecto se aceptara, se debería obtener una TIR superior a la rentabilidad mínima aceptable y para ello, la subvención del proyecto debería ser del 92%.

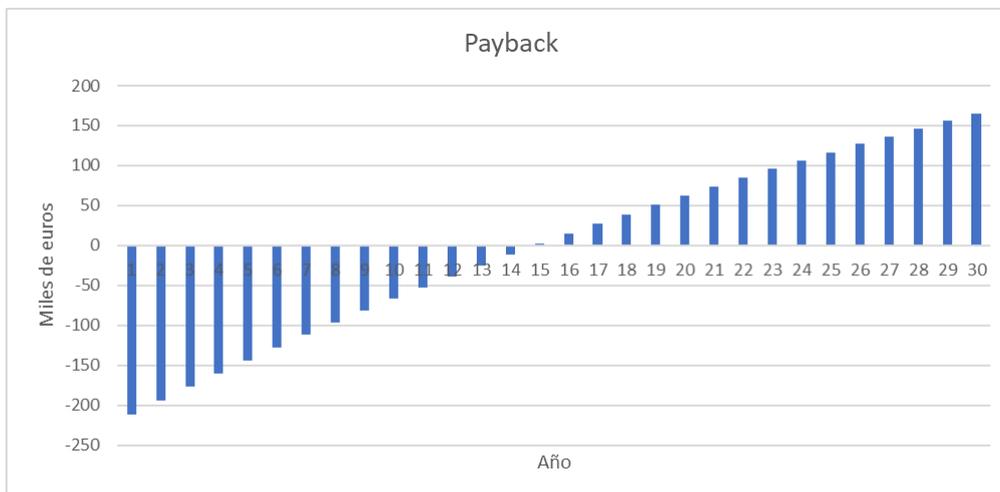


Ilustración 106. Payback escenario bomba de calor centralizada con una subvención del 92%

BOMBA DE CALOR POR EDIFICIO CON ABASTECIMIENTO A ALTA TEMPERATURA

Se ha procedido a realizar el mismo estudio económico, esta vez sustituyendo las calderas de gas natural por bombas de calor para cada edificio.

Análisis de demanda y estudio de hibridación de sala de calderas para la ETSII. Caso de estudio para descarbonizar el Campus de Vera, UPV

Se tiene una inversión inicial de -1.983.667,20 €, en la cual se ha tenido en cuenta, tanto el coste de los equipos como accesorios necesarios, mano de obra, etc., además de restar el coste que supondría la renovación de todas las calderas de gas natural, 268.500€. A esta inversión inicial también se le ha aplicado la subvención del 35% del coste total proporcionado por IVACE-ENERGÍA.

Tabla 49. Estudio económico bomba de calor alta temperatura

AÑO	PRECIO GN (€/kWh)	COSTE GN (€/año)	COSTE elect. (€/kWh)	COSTE mmtto (€/año)	Flujo ingresos (€/año)	Flujo actualizado (€/año)	Flujo acumulado (€/año)
0					-1.983.667,20		-1.983.667,20
1	0,03369971	48.024,72	32.240,23	2.000	13.784,48	13.128,08	-1.970.539,12
2	0,034508503	49.177,31	33.014,00	2.000	14.163,31	12.846,54	-1.957.692,58
3	0,035336707	50.357,57	33.806,34	2.000	14.551,23	12.569,90	-1.945.122,68
4	0,036184788	51.566,15	34.617,69	2.000	14.948,46	12.298,14	-1.932.824,55
5	0,037053223	52.803,74	35.448,51	2.000	15.355,22	12.031,22	-1.920.793,33
6	0,0379425	54.071,03	36.299,28	2.000	15.771,75	11.769,12	-1.909.024,21
7	0,03885312	55.368,73	37.170,46	2.000	16.198,27	11.511,81	-1.897.512,40
8	0,039785595	56.697,58	38.062,55	2.000	16.635,03	11.259,24	-1.886.253,15
9	0,04074045	58.058,32	38.976,05	2.000	17.082,27	11.011,38	-1.875.241,77
10	0,04171822	59.451,72	39.911,48	2.000	17.540,24	10.768,19	-1.864.473,58
11	0,042719458	60.878,56	40.869,35	2.000	18.009,21	10.529,61	-1.853.943,97
12	0,043744725	62.339,65	41.850,22	2.000	18.489,43	10.295,61	-1.843.648,36
13	0,044794598	63.835,80	42.854,62	2.000	18.981,18	10.066,12	-1.833.582,24
14	0,045869668	65.367,86	43.883,13	2.000	19.484,73	9.841,11	-1.823.741,13
15	0,04697054	66.936,69	44.936,33	2.000	20.000,36	9.620,51	-1.814.120,61
16	0,048097833	68.543,17	46.014,80	2.000	20.528,37	9.404,28	-1.804.716,33
17	0,049252181	70.188,20	47.119,16	2.000	21.069,05	9.192,36	-1.795.523,98
18	0,050434234	71.872,72	48.250,02	2.000	21.622,71	8.984,68	-1.786.539,30
19	0,051644655	73.597,67	49.408,02	2.000	22.189,65	8.781,20	-1.777.758,10
20	0,052884127	75.364,01	50.593,81	2.000	22.770,20	8.581,85	-1.769.176,25
21	0,054153346	77.172,75	51.808,06	2.000	23.364,69	8.386,58	-1.760.789,67
22	0,055453026	79.024,89	53.051,45	2.000	23.973,44	8.195,32	-1.752.594,35

Análisis de demanda y estudio de hibridación de sala de calderas para la ETSII. Caso de estudio para descarbonizar el Campus de Vera, UPV

23	0,056783899	80.921,49	54.324,69	2.000	24.596,80	8.008,01	-1.744.586,34
24	0,058146713	82.863,61	55.628,48	2.000	25.235,13	7.824,60	-1.736.761,74
25	0,059542234	84.852,33	56.963,56	2.000	25.888,77	7.645,03	-1.729.116,71
26	0,060971247	86.888,79	58.330,69	2.000	26.558,10	7.469,22	-1.721.647,49
27	0,062434557	88.974,12	59.730,63	2.000	27.243,49	7.297,12	-1.714.350,37
28	0,063932987	91.109,50	61.164,16	2.000	27.945,34	7.128,68	-1.707.221,69
29	0,065467378	93.296,13	62.632,10	2.000	28.664,03	6.963,82	-1.700.257,87
30	0,067038595	95.535,23	64.135,27	2.000	29.399,96	6.802,49	-1.693.455,39

Al calcular el VAN y la TIR del proyecto, se observa que genera pérdidas en relación con la rentabilidad exigida.

Tabla 50. VAN y TIR bomba de calor alta temperatura

TIR	-10%
VAN	-1.693.455,38€

Para que el proyecto se aceptara, se debería obtener una TIR superior a la rentabilidad mínima aceptable y para ello, la subvención del proyecto debería ser del 87%.

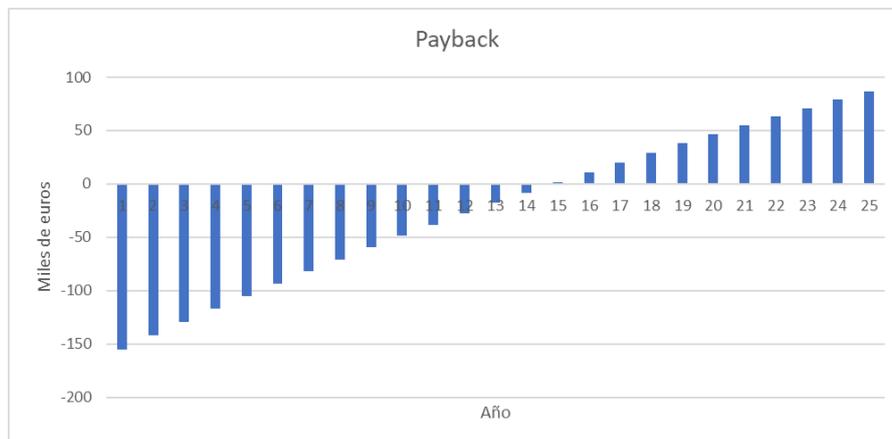


Ilustración 107. Payback escenario bomba de calor para cada edificio con una subvención del 87%

RESUMEN

En la siguiente tabla se muestran resumidos los datos de reducción de emisiones y costes de las tres propuestas con respecto a la situación actual:

Tabla 51. Resumen reducción emisiones y costes

EQUIPO	CONSUMO ELÉCTRICO (kWh)	EMISIONES (ton CO2/año)	AHORRO EMISIONES (ton CO2/año)	COSTE COMBUSTIBLE/LUZ (€/año)	AHORRO/SOBRECOSTE COMBUSTIBLE/ELECTRICIDAD (% con respecto al coste de gas natural)
CALDERAS GAS NATURAL (actual)	1.732.873,24	353,51	-	58.397,32	-
CALDERAS BIOMASA	1.843.855,01	33,19	320,32	91.639,59	+56,92%
BOMBAS DE CALOR A ALTA TEMPERATURA	420.777,17	50,07	303,43	37.480,00	-35,82%
BOMBAS DE CALOR EDIFICIO A EDIFICIO	361.951,81	43,07	247,64	32.240,23	-32,87%

Por una parte, como puede observarse, con la sustitución de las calderas de gas natural por calderas de biomasa se llegaría a reducir, aproximadamente, hasta 320,32 toneladas de CO2 anuales.

La bomba de calor, por otra parte, al consumir únicamente electricidad, resulta la mejor opción en cuanto a ahorro de combustible.

Al realizar el estudio económico de la implantación de las bombas de calor (ya que, con la biomasa, al producirse un sobrecoste no es económicamente rentable actualmente), resulta que si fuese posible optar a unas subvenciones más elevadas podrían ser propuestas económicamente rentables.

A continuación, se muestran las subvenciones necesarias para obtener una rentabilidad mínima del 5%:

Tabla 52. Subvenciones necesarias para las bombas de calor

TIPO	SUBVENCIÓN	VAN	TIR
BOMBA DE CALOR SISTEMA CENTRAL CON ABASTECIMIENTO A 70°C	92%	164.807,51€	5%
BOMBA DE CALOR POR EDIFICIO CON ABASTECIMIENTO A ALTA TEMPERATURA	87%	122.137,86€	5%

5. CONCLUSIONES

Al lanzarse desde la Cátedra de Transición Energética Urbana el proyecto de Descarbonización del Campus de Vera en la UPV se ha procedido a realizar un estado del arte para estudiar la situación actual y los planes de futuro de otras universidades del mundo en cuanto a la sostenibilidad de sus campus. Medidas como iluminación LEDs, renovación de los equipos de climatización e implementación de fotovoltaica son las más implementadas. Solo algunas universidades han desarrollado más sus planes de acción incorporando medidas como la biomasa o el sistema SESI de Stanford. Por lo general, existe un amplio margen de mejora en todas las universidades.

Tras el estudio de los consumos eléctricos de la ETSII, se ha decidido actuar sobre la sala de calderas de gas natural que se encuentra junto a ella, con el fin de reducir las emisiones de CO₂ actuales y dejar atrás los combustibles fósiles.

Con el fin de calcular las reducciones de emisiones con equipos sustitutos, se ha procedido a realizar la estimación de la demanda de gas de los edificios abastecidos por las calderas. Como solamente se dispone de datos de consumo totales del gas del campus, no se puede conocer el porcentaje dedicado para cada sala de calderas. Por ello se ha realizado la estimación de su demanda a partir de los resultados de las simulaciones energéticas de los edificios 5C, 5D, 5G y 5M de la ETSII.

Se han propuesto tres escenarios diferentes de hibridación de la sala de calderas: calderas de biomasa, bombas de calor con sistema centralizado y bomba de calor para cada edificio. Desde IVACE-ENERGIA se han ofertado ayudas para la rehabilitación energética de edificios, donde la subvención puede llegar a estar entorno al 35% del coste total.

El primer escenario, implantar calderas de biomasa, supondría una reducción anual de 320,32 toneladas de CO₂. Ahora bien, el cambio de gas natural a pellets como combustible supondría un sobrecoste del 56,92% de los costes actuales, resultando una inversión inicial difícil de recuperar. Si hoy en día esta opción no resulta viable económicamente es debido a que no es habitual la elección de este modo de generación de energía y tanto el coste de los equipos como el del combustible no es todavía asequible. Se debe tener en cuenta que, la biomasa es un recurso de cantidad limitada ya que proviene de los bosques y, por ello, los precios son más elevados que otra fuente de energía.

El segundo escenario, sustituir las calderas de gas por bombas de calor, dejando el sistema centralizado a alta temperatura que existe actualmente, supondría una reducción anual de 303,43 toneladas de CO₂. Al consumir únicamente electricidad y, al disponer ya la universidad una tarifa eléctrica contratada, supondría un ahorro del 35,82% de los costes actuales en combustible (gas natural) debido al nuevo término de energía que se genera.

El tercer escenario, implantar una bomba de calor a cada edificio que consume gas, supondría una reducción anual de 247,64 toneladas de CO₂ y un ahorro del 32,87% de los costes actuales.

Ambos escenarios de bomba de calor podrían llegar a ser económicamente rentables si las subvenciones a las que se opta fuesen más elevadas, del orden del 90% de los gastos totales. También

podría resultar más rentable si, además de emplear el equipo para la producción de calor para calefacción, se aprovechara la producción de frío de este para cubrir, por ejemplo, la demanda de refrigeración. De esta forma, se ahorraría parte o todo el consumo eléctrico de refrigeración. Además, podría realizarse un estudio de implementación en la UPV para el aprovechamiento de frío y calor de la bomba de calor para así crear plantas piloto y evaluar su funcionamiento con la finalidad de poder aplicarlo fuera de la universidad.

En el presente marco económico se ha podido comprobar que el uso de calderas de gas está totalmente justificado, pero dentro del contexto social en el que nos encontramos y los objetivos marcados por la UE de poder llegar a una Europa libre de carbono en 30 años, donde las calderas de gas van a ser eliminadas progresivamente por sistemas alternativos con menores emisiones entendemos que este proyecto ha representado una primera aproximación a posibles alternativas a los sistemas de este tipo que actualmente tiene instalados la UPV.

Dentro de este punto cabe recordar la labor social que debe representar la universidad para su entorno y en este sentido las soluciones presentadas no deberían ser evaluadas solo teniendo en cuenta el impacto económico que a corto plazo puedan tener sino también su rango de extensión a otras instalaciones de ámbito tanto doméstico como industrial que podrían tener en el futuro en el que dicha descarbonización del campus podría tomarse como ejemplo de instalación piloto en la que basarse. Este tipo de análisis sale fuera de los objetivos del presente proyecto de fin de máster, pero posiblemente forme parte de una segunda fase del desarrollo en el que se enmarca.

6. REFERENCIAS

- Amador, P. (n.d.). *Análisis energético y propuesta de un sistema innovador de suministro de energía térmica para la descarbonización del campus de Vera*.
- Amaral, A. R., Rodrigues, E., Gaspar, A. R., & Gomes, Á. (2020). A review of empirical data of sustainability initiatives in university campus operations. *Journal of Cleaner Production*, 250. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119558>
- Chalfoun, N. (2014). Greening University Campus Buildings to Reduce Consumption and Emission while Fostering Hands-on Inquiry-based Education. *Procedia Environmental Sciences*, 20, 288–297. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2014.03.036>
- Chiang, T., Mevlevioglu, G., Natarajan, S., Padget, J., & Walker, I. (2014). Inducing [sub]conscious energy behaviour through visually displayed energy information: A case study in university accommodation. *Energy and Buildings*, 70, 507–515. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.10.035>
- Chung, M. H., & Rhee, E. K. (2014). Potential opportunities for energy conservation in existing buildings on university campus: A field survey in Korea. *Energy and Buildings*, 78, 176–182. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.04.018>
- CYPETherm HE Plus <http://cypetherm-he-plus.cype.es>. (n.d.).
- Emeakaroha, A., Ang, C., & Yan, Y. (2012). Challenges in Improving Energy Efficiency in a University Campus Through the Application of Persuasive Technology and Smart Sensors. *Challenges*, 3(2), 290–318. <https://doi.org/10.3390/challe3020290>
- Energy and Climate Plan*. (2015). *September*.
- Fonseca, P., Moura, P., Jorge, H., & de Almeida, A. (2018). Sustainability in university campus: options for achieving nearly zero energy goals. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 19(4), 790–816. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-09-2017-0145>
- Forman, T., Mutschler, R., Guthrie, P., Soulti, E., Pickering, B., Byström, V., & Lee, S. M. (2017). Improving Building Energy Performance in Universities: The Case Study of the University of Cambridge. *World Sustainability Series*, 245–266. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47868-5_16
- Gomes, R., Pombeiro, H., Silva, C., Carreira, P., Carvalho, M., Almeida, G., Domingues, P., & Ferrão, P. (2017). Towards a Smart Campus: Building-User Learning Interaction for Energy Efficiency, the Lisbon Case Study. *World Sustainability Series*, November, 381–398. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47868-5_24
- IFC Builder <http://ifc-builder.cype.es/>. (n.d.).
- Lozano Miralles, J. A., López García, R., Palomar Carnicero, J. M., & Martínez, F. J. R. (2020). Comparative study of heat pump system and biomass boiler system to a tertiary building using

the Life Cycle Assessment (LCA). *Renewable Energy*, 152, 1439–1450.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.12.148>

Management plan 2016-19. (2016).

Meehan, P. G., & McDonnell, K. P. (2010). An assessment of biomass feedstock availability for the supply of bioenergy to University College Dublin. *Biomass and Bioenergy*, 34(12), 1757–1763.
<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.07.009>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Factores_emision_CO2.pdf. (n.d.).

Missions València 2030 <https://www.missionsvalencia.eu/?lang=es>. (n.d.).

Ontario Universities, C. (2017). *The Road to Low-Carbon University Campuses*. 1–20. www.cou.on.ca

PCS de pellets <http://petromercado.com/blog/37-articulos/182-poder-calorifico-en-kw-del-gasoleo-c-butano-y-pellet.html>. (n.d.).

Precio Pellets <https://www.caloryfrio.com/energias-renovables/bio>. (n.d.).

Red Eléctrica Española <https://www.ree.es/es/datos/generacion/no-renovables-detalle-emisiones-CO2>. (n.d.).

7. PRESUPUESTO

Se ha realizado cuatro presupuestos diferenciando entre los tres escenarios propuestos para la hibridación de la sala de calderas más un presupuesto de realización de este documento.

1. CALDERAS BIOMASA

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt001	Ud	Caldera ARES 2700 de 2700 kW con silo de alimentación y quemador para pellet y combustibles sólidos triturados.	4,000	255.807,28	1.023.229,12
mt002	Ud	Cuadro electromecánico/electrónico con encendido automático, modulación y predisposición para telecontrol.	4,000	25.615,06	102.460,24
mt003	Ud	Extractor de cenizas	12,000	3.807,57	45.690,84
mt004	Ud	Válvula de estrella de seguridad	4,000	4.315,14	17.260,56
Subtotal materiales					1.188.640,76
2		Mano de obra			
mo001	h	Oficial 1ª calefactor	45,000	19,56	880,20
mo002	h	Ayudante calefactor	45,000	18,01	810,45
Subtotal mano de obra					1.690,65
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	1.190.331,41	23.806,63
TOTAL					1.214.138,03

Presupuesto de ejecución por contrata	1.214.138,03
IVA (21%)	254.968,98

Total	1.469.107,03
SUBVENCIÓN (35%)	514.187,46
Presupuesto base de licitación	954.919,57

EL PRESUPUESTO ASCIENDE A SETECIENTOS SESENTA Y OCHO MIL OCHOCIENTOS SETENTA Y SEIS EUROS CON SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

2. BOMBA DE CALOR CO2

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt001	Ud	Unidad agua-agua bomba de calor, alimentación trifásica a 400 V, potencia calorífica nominal 1460 kW (temperatura de salida del condensador 80°C, temperatura de salida del evaporador 14°C) (COP 3,9), dimensiones 7000x1500x2400 mm, peso 7050 kg, para refrigerante CO2.	7,000	720.000,00	5.040.000,00
mt002	Ud	Manguito antivibración, de goma, con bridas DN 80 mm, para una presión máxima de trabajo de 10 bar.	28,000	33,41	935,48
mt003	Ud	Termómetro bimetálico, diámetro de esfera de 100 mm, con toma vertical, con vaina de ½", escala de temperatura de 0 a 120°C.	14,000	16,59	232,26
mt004	Ud	Válvula de esfera, DN 80 mm, cuerpo de hierro y bola de latón, con bridas.	28,000	163,13	4.567,56
Subtotal materiales					5.045.735,29
2		Mano de obra			
mo001	h	Oficial 1ª instalador de climatización.	21,062	19,56	411,97
mo002	h	Ayudante instalador de climatización.	21,062	18,01	379,33
Subtotal mano de obra					791,30
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	5.046.526,59	100.930,53
TOTAL					5.147.457,13

Presupuesto de ejecución por contrata	5.147.457,13
IVA (21%)	1.080.965,99
Total	6.228.423,12
SUBVENCIÓN (35%)	2.179.948,09
Presupuesto base de licitación	4.048.475,03

EL PRESUPUESTO ASCIENDE A CUATRO MILLONES CUARETA Y OCHO MIL CUATROCIENTOS SETENTA Y CINCO EUROS CON TRES CÉNTIMOS

3. BOMBA DE CALOR PARA CADA EDIFICIO

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt001	Ud	Unidad agua-agua bomba de calor, alimentación trifásica a 400 V, potencia calorífica nominal 340 kW (temperatura de salida del condensador hasta 60°C) marca 'Trane' modelo '080HE'	1,000	172.394,36	172.394,36
mt002	Ud	Unidad agua-agua bomba de calor, alimentación trifásica a 400 V, potencia calorífica nominal 387 kW (temperatura de salida del condensador hasta 60°C) marca 'Trane' modelo '090HE'	1,000	196.225,35	196.225,35
mt003	Ud	Unidad agua-agua bomba de calor, alimentación trifásica a 400 V, potencia calorífica nominal 214 kW (temperatura de salida del condensador hasta 60°C) marca 'Trane' modelo '205 SE'	4,000	108.507,04	434.028,16
mt004	Ud	Unidad agua-agua bomba de calor, alimentación trifásica a 400 V, potencia calorífica nominal 677 kW (temperatura de salida del condensador hasta 60°C) marca 'Trane' modelo '180 HE'	1,000	343.267,60	343.267,60
mt005	Ud	Unidad agua-agua bomba de calor, alimentación trifásica a 400 V, potencia calorífica nominal 254,8 kW (temperatura de salida del condensador hasta 60°C) marca 'Trane' modelo '206 SE'	3,000	129.194,36	387.583,09
mt006	Ud	Unidad agua-agua bomba de calor, alimentación trifásica a 400 V, potencia calorífica nominal 1448,3 kW (temperatura de salida del condensador hasta 60°C) marca 'Trane' modelo '410 SE'	1,000	734.349,29	734.349,29
mt007	Ud	Unidad agua-agua bomba de calor, alimentación trifásica a 400 V, potencia calorífica nominal 478,9 kW (temperatura de salida del condensador hasta 60°C) marca 'Trane' modelo '212 SE'	1,000	242.822,53	242.822,53
mt008	Ud	Unidad agua-agua bomba de calor, alimentación trifásica a 400 V, potencia calorífica nominal 120 kW	1,000	59.405,07	59.405,07

Análisis de demanda y estudio de hibridación de sala de calderas para la ETSII. Caso de estudio para descarbonizar el Campus de Vera, UPV

		(temperatura de salida del condensador hasta 60°C) marca 'Trane' modelo 'CXAX 045'			
mt009	Ud	Unidad agua-agua bomba de calor, alimentación trifásica a 400 V, potencia calorífica nominal 127 kW (temperatura de salida del condensador hasta 60°C) marca 'Trane' modelo 'CXAX 046''	1,000	62.869,73	62.869,73
mt010	Ud	Unidad agua-agua bomba de calor, alimentación trifásica a 400 V, potencia calorífica nominal 110 kW (temperatura de salida del condensador hasta 60°C) marca 'Trane' modelo 'CXAX 039''	1,000	55.774,64	55.774,64
mt011	Ud	Unidad agua-agua bomba de calor, alimentación trifásica a 400 V, potencia calorífica nominal 162 kW (temperatura de salida del condensador hasta 60°C) marca 'Trane' modelo 'CXAX 060''	1,000	82.140,84	82.140,84
mt012	Ud	Unidad agua-agua bomba de calor, alimentación trifásica a 400 V, potencia calorífica nominal 43 kW (temperatura de salida del condensador hasta 60°C) marca 'Trane' modelo 'CXAX 015''	1,000	21.802,81	21.802,81
mt013	Ud	Manguito antivibración, de goma, con bridas DN 80 mm, para una presión máxima de trabajo de 10 bar.	68,000	33,41	2.271,88
mt014	Ud	Termómetro bimetálico, diámetro de esfera de 100 mm, con toma vertical, con vaina de ½'', escala de temperatura de 0 a 120°C.	34,000	16,59	564,06
mt015	Ud	Válvula de esfera, DN 80 mm, cuerpo de hierro y bola de latón, con bridas.	68,000	163,13	11.092,64
Subtotal materiales					2.806.592,12
2		Mano de obra			
mo001	h	Oficial 1ª instalador de climatización.	21,062	19,56	411,97
mo002	h	Ayudante instalador de climatización.	21,062	18,01	379,33
Subtotal mano de obra					791,30
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	2.807.383,42	56.147,66
TOTAL					2.863.531,08

Presupuesto de ejecución por contrata	2.863.531,08
IVA (21%)	601.341,52
Total	3.464.872,61
SUBVENCIÓN (35%)	1.212.705,41
Presupuesto base de licitación	2.252.167,2

EL PRESUPUESTO ASCIENDE A DOS MILLONES DOSCIENTOS CINCUENTA Y DOS MIL CIENTO SESENTA Y SIETE EUROS CON VEINTE CÉNTIMOS

4. PRESUPUESTO DEL TRABAJO

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Unidad de obra			
uo001	Ud	Estado del arte			
	h	Ingeniera Industrial	60,00	40,00	2.400,00
	%	Costes material auxiliar	2,00	2.400,00	48,00
uo002	Ud	Consumos eléctricos edificios			
	h	Ingeniera Industrial	80,00	40,00	3.200,00
	%	Costes material auxiliar	2,00	3.200,00	64,00
uo003	Ud	Simulaciones edificios			
	h	Ingeniera Industrial	160,00	40,00	6.400,00
	%	Costes material auxiliar	2,00	6.400,00	128,00
uo004	Ud	Estimación demanda de calefacción			
	h	Ingeniera Industrial	40,00	40,00	1.600,00
	%	Costes material auxiliar	2,00	1.600,00	32,00
uo005	Ud	Selección de equipos sustitutos			
	h	Ingeniera Industrial	40,00	40,00	1.600,00
	%	Costes material auxiliar	2,00	1.600,00	32,00
uo006	Ud	Análisis económico			
	h	Ingeniera Industrial	40,00	40,00	1.600,00
	%	Costes material auxiliar	2,00	1.600,00	32,00
uo007	Ud	Tutorización SCRUM			
	h	Ingeniera Industrial	23,00	40,00	920,00
	%	Costes material auxiliar	2,00	920,00	18,40
Subtotal unidades de obra					18.074,40
2		Costes indirectos			
	%	Costes indirectos	3,000	18.074,40	542,23
TOTAL					18.616,63

Presupuesto de ejecución por contrata	18.616,63
IVA (21%)	3.909,49
Presupuesto base de licitación	22.526,12

EL PRESUPUESTO DEL TRABAJO REALIZADO ASCIENDE A VEINTIDOS MIL QUINIENTOS VEINTISEIS EUROS CON DOCE CÉNTIMOS

ANEXOS

ÍNDICE DE LOS ANEXOS

1. CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO 5G	1
2. CARACTERÍSTICAS EDIFICIO 5M	21
3. COMPARATIVA ENTRE EDIFICIOS QUE CONSUMEN GAS Y LOS EDIFICIOS 5E, Y 5C+5D	37
4. ESPECIFICACIONES BOMBAS DE CALOR SELECCIONADAS PARA CADA EDIFICIO.....	44

1. CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO 5G

MURO EXTERIOR 250 mm

Tabla 1. Capas cerramiento exterior 250 mm

CAPAS	ESPESOR (cm)	CONDUCTIVIDAD (W/m·K)	RESISTENCIA TÉRMICA (m ² ·K/W)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kg·K)
1. Hormigón armado 2300 < d < 2500	12,00	2,300	0,05	2.400,00	1.000,00
2. Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]	4,00	0,440	0,09	1.000,00	1.000,00
3. EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/(m·K)]	2,00	0,029	0,69	30,00	1.000,00
4. Cámara de aire	5,00	0,313	0,16	1,00	1.008,00
5. Placa de yeso o escayola 750 < d < 900	2,00	0,250	0,08	825,00	1.000,00

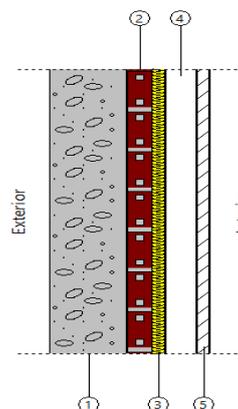


Ilustración 1. Detalle cerramiento exterior 250 mm

Tabla 2. Caracterización térmica cerramiento exterior 250 mm

CARACTERIZACIÓN TÉRMICA	VALOR	UNIDAD
Transmitancia térmica (U)	0,80	W/(m ² ·K)
Capacidad térmica	22.656,93	J/(m ² ·K)

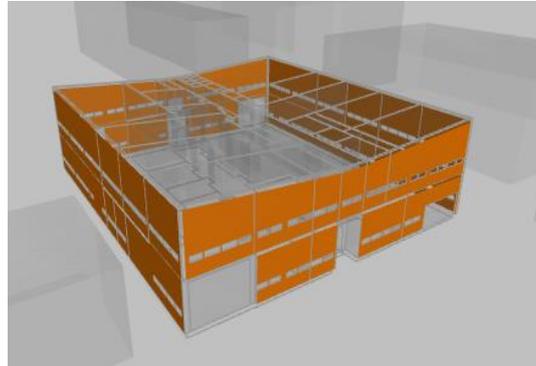


Ilustración 2. Cerramiento exterior 250 mm

MURO EXTERIOR 100 mm

Tabla 3. Capas cerramiento exterior 100 mm

CAPAS	ESPESOR (cm)	CONDUCTIVIDAD (W/m·K)	RESISTENCIA TÉRMICA (m ² ·K/W)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kg·K)
1. Hormigón armado 2300 < d < 2500	2,00	2,30	0,01	2.400,00	1.000,00
2. Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]	4,00	0,44	0,09	1.000,00	1.000,00
3. EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/(m·K)]	2,00	0,03	0,69	30,00	1.000,00
5. Placa de yeso o escayola 750 < d < 900	2,00	0,25	0,08	825,00	1.000,00

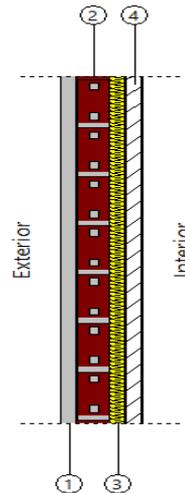


Ilustración 3. Detalle cerramiento exterior 100 mm

Tabla 4. Caracterización térmica cerramiento exterior 100 mm

CARACTERIZACIÓN TÉRMICA	VALOR	UNIDAD
Transmitancia térmica (U)	0,96	$W/(m^2 \cdot K)$
Capacidad térmica	19.004,98	$J/(m^2 \cdot K)$

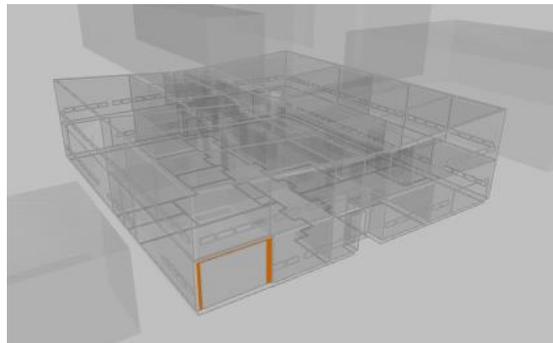


Ilustración 4. Cerramiento exterior 100 mm

MURO EXTERIOR 100 mm ENTRADA

Tabla 5. Capas cerramiento exterior entrada 100 mm

CAPAS	ESPESOR (cm)	CONDUCTIVIDAD ($W/m \cdot K$)	RESISTENCIA TÉRMICA ($m^2 \cdot K/W$)	DENSIDAD (kg/m^3)	CALOR ESPECÍFICO ($J/kg \cdot K$)
1. Acero Inoxidable	2,00	17,000		7.900,00	460,00
2. Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]	4,00	0,440	0,09	1.000,00	1.000,00
3. EPS Poliéstireno Expandido	2,00	0,029	0,69	30,00	1.000,00

Análisis de demanda y estudio de hibridación de sala de calderas para la ETSII. Caso de estudio para descarbonizar el Campus de Vera, UPV

[0.029 W/(m·K)]					
5. Placa de yeso o escayola 750 < d < 900	2,00	0,25	0,08	825,00	1.000,00

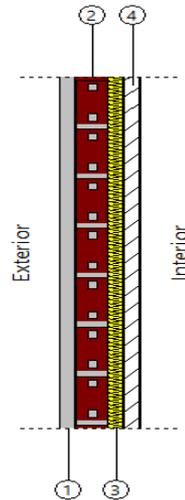


Ilustración 5. Detalle cerramiento exterior entrada 100 mm

Tabla 6. Caracterización térmica cerramiento exterior entrada 100 mm

CARACTERIZACIÓN TÉRMICA	VALOR	UNIDAD
Transmitancia térmica (U)	0,97	W/(m ² ·K)
Capacidad térmica	19.381,83	J/(m ² ·K)

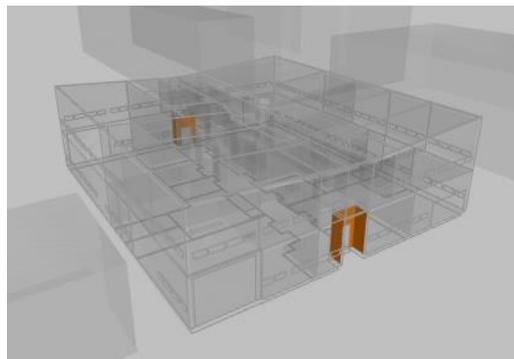


Ilustración 6. Cerramiento exterior entrada 100 mm

TABIQUERÍA 100mm

Tabla 7. Capas tabiquería interior 100 mm

CAPAS	ESPESOR (cm)	CONDUCTIVIDAD (W/m·K)	RESISTENCIA TÉRMICA (m ² ·K/W)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kg·K)
1. Placas de yeso armado con fibras	1,50	0,25	0,06	900,00	1.000,00

Análisis de demanda y estudio de hibridación de sala de calderas para la ETSII. Caso de estudio para descarbonizar el Campus de Vera, UPV

minerales 800 < d < 1000					
2. MW Lana mineral [0.031 W/(mK)]	7,00	0,03	2,26	40,00	1.000,00
3. Placas de yeso armado con fibras minerales 800 < d < 1000	1,50	0,25	0,06	900,00	1.000,00

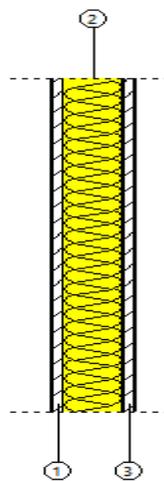


Ilustración 7. Detalle tabiquería interior 100 mm

Tabla 8. Caracterización térmica tabiquería interior 100 mm 5G

CARACTERIZACIÓN TÉRMICA	VALOR	UNIDAD
Transmitancia térmica (U)	0,38	W/(m ² ·K)
Capacidad térmica	14.688,24	J/(m ² ·K)

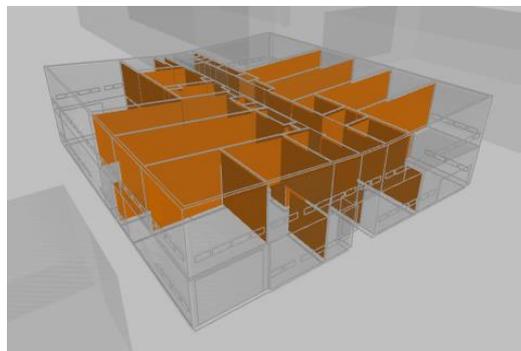


Ilustración 8. Tabiquería interior 100 mm 5G

TABIQUERÍA 140 mm

Tabla 9. Capas tabiquería interior 140 mm 5G

CAPAS	ESPESOR (cm)	CONDUCTIVIDAD (W/m·K)	RESISTENCIA TÉRMICA ($m^2 \cdot K/W$)	DENSIDAD (kg/m^3)	CALOR ESPECÍFICO (J/kg·K)
1. Placas de yeso armado con fibras minerales $800 < d < 1000$	1,25	0,25	0,05	900,00	1.000,00
2. Placas de yeso armado con fibras minerales $800 < d < 1000$	1,25	0,25	0,05	900,00	1.000,00
3. MW Lana mineral [0.031 W/(mK)]	9,00	0,03	2,90	40,00	1.000,00
4. Placas de yeso armado con fibras minerales $800 < d < 1000$	1,25	0,25	0,05	900,00	1.000,00
5. Placas de yeso armado con fibras minerales $800 < d < 1000$	1,25	0,25	0,05	900,00 </td <td>1.000,00</td>	1.000,00

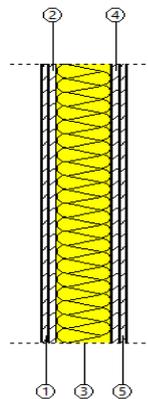


Ilustración 9. Detalle tabiquería interior 140 mm 5G

Tabla 10. Caracterización térmica tabiquería interior 140 mm 5G

CARACTERIZACIÓN TÉRMICA	VALOR	UNIDAD
Transmitancia térmica (U)	0,30	W/(m ² ·K)
Capacidad térmica	23.257,76	J/(m ² ·K)

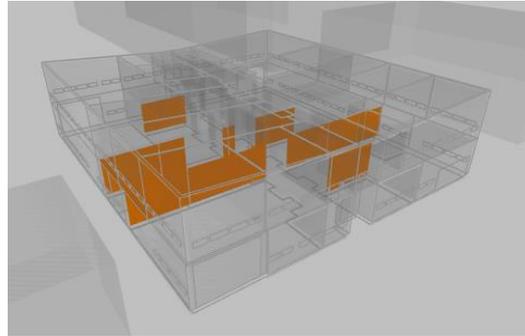


Ilustración 10. Tabiquería interior 140 mm 5G

TABIQUERÍA ASEOS 105 mm

Tabla 11. Capas tabiquería interior aseos 105 mm 5G

CAPAS	ESPESOR (cm)	CONDUCTIVIDAD (W/m·K)	RESISTENCIA TÉRMICA (m ² ·K/W)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kg·K)
1. Placas de yeso armado con fibras minerales 800 < d < 1000	1,50	0,25	0,06	900,00	1.000,00
2. MW Lana mineral [0.031 W/(mK)]	7,00	0,03	2,26	40,00	1.000,00
3. Placas de yeso armado con fibras minerales 800 < d < 1000	1,50	0,25	0,06	900,00	1.000,00
4. Azulejo cerámico	0,50	1,30		2.300,00	840,00

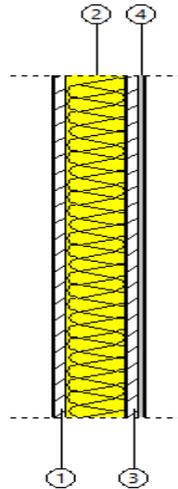


Ilustración 11. Detalle tabiquería interior aseos 105 mm 5G

Tabla 12. Caracterización térmica tabiquería interior aseos 105 mm 5G

CARACTERIZACIÓN TÉRMICA	VALOR	UNIDAD
Transmitancia térmica (U)	0,38	$W/(m^2 \cdot K)$
Capacidad térmica	23.379,30	$J/(m^2 \cdot K)$

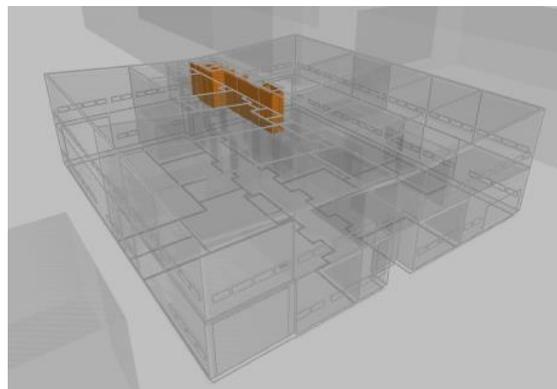


Ilustración 12. Tabiquería interior aseos 105 mm 5G

SUELO EN CONTACTO CON EL TERRENO 515 mm

Tabla 13. Capas suelo en contacto con el terreno 515 mm

CAPAS	ESPESOR (cm)	CONDUCTIVIDAD ($W/m \cdot K$)	RESISTENCIA TÉRMICA ($m^2 \cdot K/W$)	DENSIDAD (kg/m^3)	CALOR ESPECÍFICO ($J/kg \cdot K$)
1. Gres calcáreo 2000 < d < 2700	2,00	2.300,00		2.500,00	1.000,00
2. Mortero de cemento o cal para albañilería	5,00	0,80	0,06	1.525,00	1.000,00

Análisis de demanda y estudio de hibridación de sala de calderas para la ETSII. Caso de estudio para descarbonizar el Campus de Vera, UPV

y para revoco/enlucido 1450 < d < 1600					
3. FU Entrevigado cerámico – Canto 250 mm	25,00	0,94	0,27	1.110,00	1.000,00
4. EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]]	2,50	0,05	0,54	30,00	1.000,00
5. Cámara de aire	5,00	0,31	0,16	1,00	1.008,00
6. Arenisca (sílice)	12,00	3,00	0,04	2.400,00	1.000,00

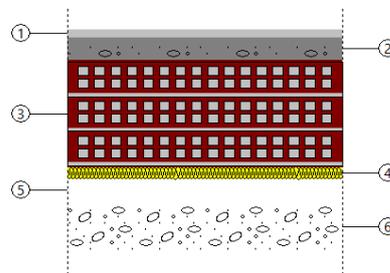


Ilustración 13. Detalle suelo en contacto con el terreno 515 mm 5G

Tabla 14. Caracterización térmica suelo en contacto con el terreno 515 mm

CARACTERIZACIÓN TÉRMICA	VALOR	UNIDAD
Resistencia térmica	1,07	(m ² ·K)/W

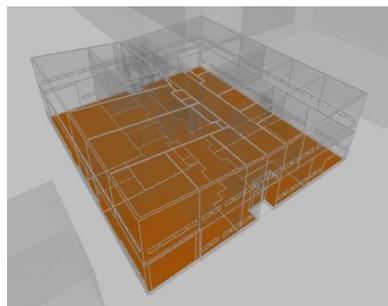


Ilustración 14. Suelo en contacto con el terreno 515 mm 5G

FORJADO ENTRE PISOS 313 mm

Tabla 15. Capas forjado entre pisos 313 mm 5G

CAPAS	ESPESOR (cm)	CONDUCTIVIDAD (W/m·K)	RESISTENCIA TÉRMICA (m ² ·K/W)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kg·K)
1. Gres calcáreo 2000 < d < 2700	0,50	2.300,00		2.500,00	1.000,00

Análisis de demanda y estudio de hibridación de sala de calderas para la ETSII. Caso de estudio para descarbonizar el Campus de Vera, UPV

2. Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $d > 2000$	0,50	1,80		2.100,00	1.000,00
3. FU Entrevigado cerámico – Canto 250 mm	25,00	0,94	0,27	1.110,00	1.000,00
4. EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]]	3,80	0,03	1,31	30,00	1.000,00
5. Cámara de aire	1,00	0,07	0,15	1,00	1.008,00
6. Placa de yeso laminado [PYL] $750 < d < 900$	0,50	0,25	0,02	825,00	1.000,00

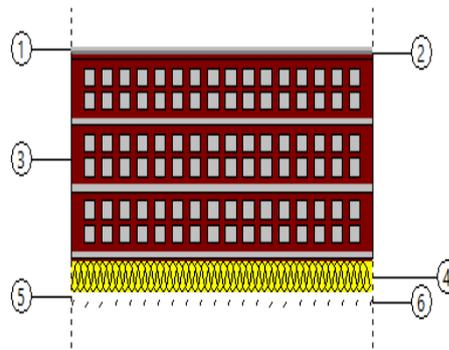


Ilustración 15. Detalle forjado entre pisos 313 mm 5G

Tabla 16. Caracterización térmica forjado entre pisos 313 mm 5G

CARACTERIZACIÓN TÉRMICA	VALOR	UNIDAD
Forjado superior		
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración)	0,48	$W/(m^2 \cdot K)$
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción)	0,51	$W/(m^2 \cdot K)$
Forjado inferior		
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración)	0,51	$W/(m^2 \cdot K)$
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción)	0,48	$W/(m^2 \cdot K)$
Forjado inferior expuesto a la intemperie		
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración)	0,53	$W/(m^2 \cdot K)$
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción)	0,51	$W/(m^2 \cdot K)$
Capacidad térmica	109.845,86	$J/(m^2 \cdot K)$

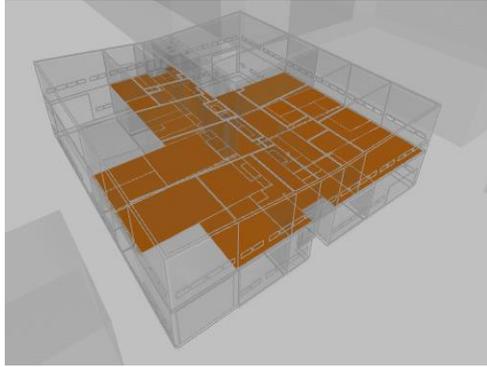


Ilustración 16. Forjado entre pisos 313 mm 5G

CUBIERTA: TECHO PLANO E INCLINADO 441 mm

Tabla 17. Capas cubierta 441 mm 5G

CAPAS	ESPESOR (cm)	CONDUCTIVIDAD (W/m·K)	RESISTENCIA TÉRMICA (m ² ·K/W)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kg·K)
1. Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	5,10	0,55	0,09	1.125,00	1.000,00
2. Polietileno baja densidad [LDPE]	0,30	0,33	0,01	920,00	2.200,00
3. XPS Expandido con hidrofluorcarbonos HFC [0.029 W/(mK)]	4,00	0,03	1,60	37,50	1.000,00
4. EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/(mK)]	0,40	0,05	0,09	30,00	1.000,00
5. Subcapa fieltro	0,30	0,05	0,06	120,00	1.300,00
6. Hormigón en masa 2300 < d < 2600	5,00	2,00	0,03	2.450,00	1.000,00
7. FU Entrevigado cerámico – Canto 250 mm	25,00	1,15	0,22	1.090,00	1.000,00
8. Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	4,00	0,57	0,07	1.150,00	1.000,00

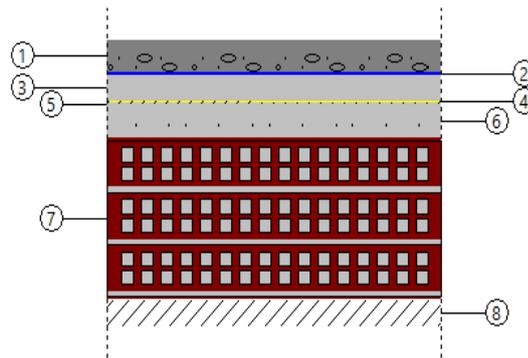


Ilustración 17. Detalle cubierta 441 mm 5G

Tabla 18. Caracterización térmica cubierta 441 mm 5G

CARACTERIZACIÓN TÉRMICA	VALOR	UNIDAD
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración)	0,42	W/(m ² ·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción)	0,43	W/(m ² ·K)
Capacidad térmica	58.111,77	J/(m ² ·K)

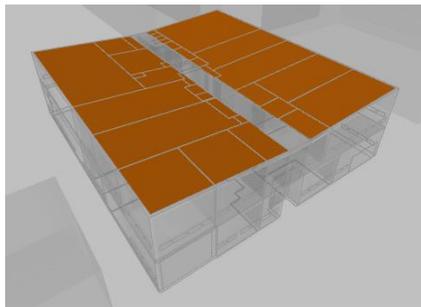


Ilustración 18. Cubierta inclinada 441 mm 5G

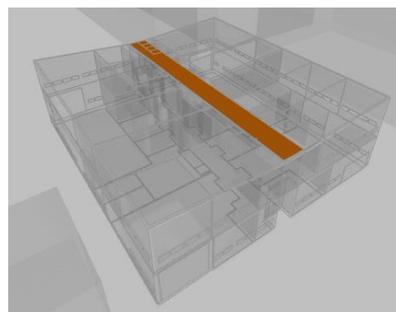


Ilustración 19. Cubierta plana 441 mm 5G

PUERTAS

En el edificio se pueden encontrar dos puertas principales situadas simétricamente y, además, cuatro persianas con entrada directa a laboratorios.

Tabla 19. Tipos de puertas 5G

TIPO	NÚMERO [ud]	ANCHO [m]	ALTO [m]	TRANSMITANCIA TÉRMICA (U) [$W/m^2 \cdot K$]	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN
Persiana Grande	3	5,35	4,10	3,50	0,60
Persiana Mediana	1	5,35	2,50	3,50	0,60
Puerta de Entrada	2	1,80	2,50	3,03	0,80

El coeficiente de absorción se establece según el color de las puertas seleccionando entre los siguientes valores:

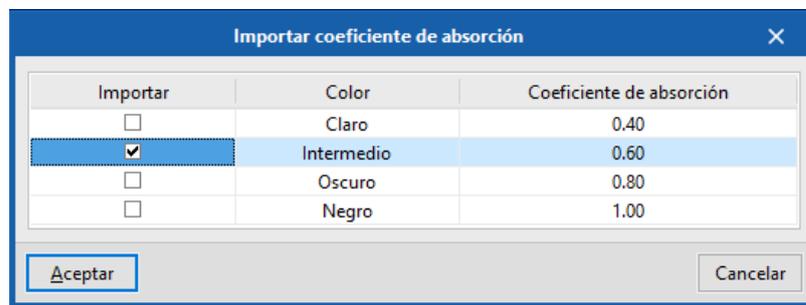


Ilustración 20. Coeficiente de absorción puertas

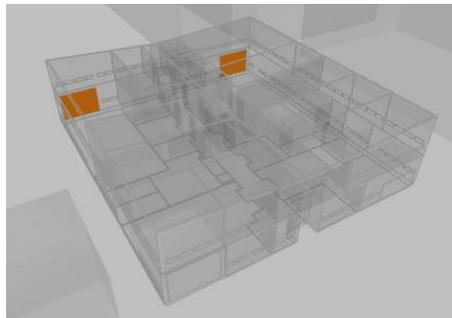


Ilustración 21. Persianas grandes 5G

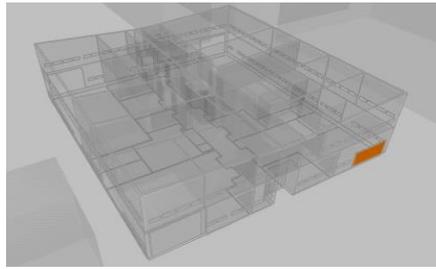


Ilustración 22. Persiana mediana 5G

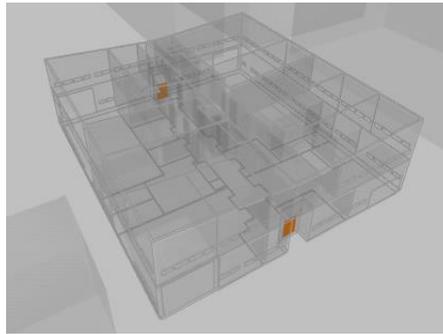


Ilustración 23. Puerta de entrada 5G

VENTANAS

También se encuentran varios tipos de ventanas, diferenciando entre ventanas normales y dos ventanales que se encuentran en la primera planta.

Tabla 20. Tipos de ventanas 5G

TIPO	NÚMERO [ud]	ALTURA SOBRE EL SUELO [m]	ANCHO [m]	ALTO [m]
Ventanas	151	1,20	1,10	0,50
Ventanales	2	0,20	1,10	1,50

Tabla 21. Fracción acristalada/opaca ventanas 5G

FRACCIÓN ACRISTALADA	
COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN DE CALOR [W/(m ² ·K)]	2,80
FACTOR SOLAR	0,90
FRACCIÓN OPACA	
COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN DE CALOR [W/(m ² ·K)]	2,00
FRACCIÓN OPACA DEL HUECO	0,10
ABSORTIVIDAD	0,60

Tabla 22. Elementos de sombra ventanas 5G

ELEMENTOS DE SOMBRA – VOLADIZO (proyección horizontal)	
PROFUNDIDAD DE LA PROYECCIÓN DEL VOLADIZO (PH) [m]	0,10
DISTANCIA AL BORDE SUPERIOR DEL HUECO [m]	0,00

ÁNGULO [grados]	0,00
-----------------	------

Tabla 23. Transmitancia y permeabilidad ventanas 5G

TRANSMITANCIA TOTAL DE ENERGÍA SOLAR DEL HUECO	PERMEABILIDAD AL AIRE PARA UNA PRESIÓN DE REFERENCIA DE 100 Pa [$m^3/h \cdot m^2$]
0,43	50,00

La permeabilidad al aire de hueco es la medida con una sobrepresión de 100 Pa. Sus valores son más exigentes en zonas climáticas de invierno C, D y E con valores límite de $9 m^3/h \cdot m^2$ (clase 3). En la versión del CTE de 2013 el valor máximo era de $27 m^3/h \cdot m^2$ (clase 2), valor que se exige actualmente para las zonas climáticas α , A y B de invierno mientras que, anteriormente se exigía un máximo de $50 m^3/h \cdot m^2$.

La transmitancia total de energía solar del hueco, con los dispositivos de sombra móviles activados se determina siguiendo la siguiente tabla:

Tabla 12 Transmitancia total de energía solar de huecos para distintos dispositivos de sombra móvil ($g_{gt;sh,wi}$)

Factor de transmitancia solar del dispositivo de protección solar		Protección exterior				Protección interior			
		Factor de reflexión ($\rho_{e,s}$)				Factor de reflexión ($\rho_{i,s}$)			
$T_{e,B}$	Tipo de vidrio	blanco	pastel	oscuro	negro	blanco	pastel	oscuro	negro
0 (p.ej: persianas)	Vidrio sencillo	0,06	0,11	0,15	0,19	0,34	0,43	0,54	0,66
	Vidrio doble	0,05	0,08	0,11	0,14	0,34	0,43	0,53	0,63
	Vidrio doble bajo emisivo	0,03	0,05	0,08	0,10	0,34	0,42	0,51	0,59
	Vidrio triple bajo emisivo	0,03	0,05	0,06	0,08	0,30	0,34	0,38	0,41
0,2 (p.ej: toldos)	Vidrio sencillo	0,22	0,27	0,31	0,33	0,39	0,51	0,62	0,68
	Vidrio doble	0,20	0,23	0,26	0,28	0,39	0,50	0,60	0,65
	Vidrio doble bajo emisivo	0,17	0,20	0,22	0,23	0,39	0,48	0,56	0,61
	Vidrio triple bajo emisivo	0,13	0,15	0,16	0,17	0,32	0,36	0,40	0,42
0,4 (p.ej: cortinas)	Vidrio sencillo	0,41	0,43	0,45	0,47	0,53	0,59	0,65	0,71
	Vidrio doble	0,36	0,38	0,39	0,41	0,51	0,56	0,61	0,66
	Vidrio doble bajo emisivo	0,33	0,34	0,35	0,36	0,49	0,53	0,58	0,62
	Vidrio triple bajo emisivo	0,24	0,25	0,26	0,27	0,37	0,38	0,40	0,42

Ilustración 24. Transmitancias para distintos dispositivos de sombra móvil

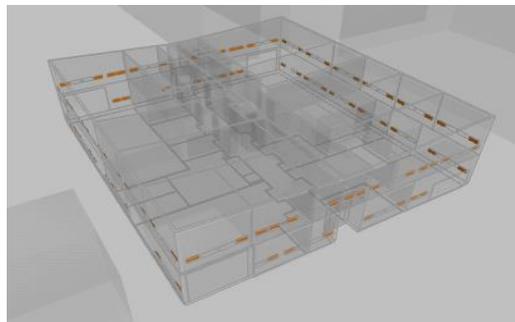


Ilustración 25. Ventanas 5G

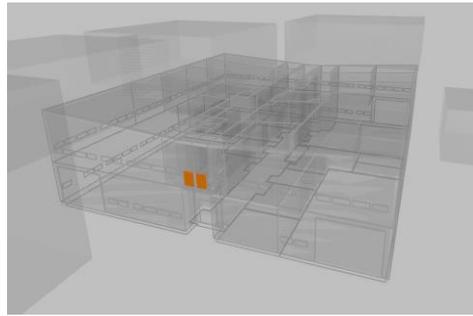


Ilustración 26. Ventanales 5G

PUENTES TÉRMICOS LINEALES

Tabla 24. Puentes térmicos lineales 5G

DESCRIPCIÓN	TIPO DE ENCUENTRO	VALOR	Psi [W/mK]
Forjado entre pisos – Muro exterior (250 mm)	Encuentro de fachada con forjado	CTE DB-HE	0,50
Forjado entre pisos – Muro exterior (100 mm)	Encuentro de fachada con forjado	CTE DB-HE	0,52
Forjado entre pisos – Muro entrada (100 mm)	Encuentro de fachada con forjado	CTE DB-HE	0,52
Suelo – Muro exterior (250 mm)	Encuentro de fachada con solera	CTE DB-HE	0,82
Suelo – Muro exterior (100 mm)	Encuentro de fachada con solera	CTE DB-HE	0,77
Suelo – Muro entrada (100 mm)	Encuentro de fachada con solera	CTE DB-HE	0,91
Forjado entre pisos – Tabiquería (100 mm)	Encuentro muro interior con forjado	CTE DB-HE	0,45
Forjado entre pisos – Tabiquería (140 mm)	Encuentro muro interior con forjado	CTE DB-HE	0,42
Forjado entre pisos – Tabiquería Aseos	Encuentro muro interior con forjado	CTE DB-HE	0,45
Suelo – Tabiquería (100 mm)	Encuentro muro interior con solera	CTE DB-HE	0,95
Suelo – Tabiquería (140 mm)	Encuentro muro interior con solera	CTE DB-HE	0,97
Tejado – Muro exterior (250 mm)	Encuentro de fachada con cubierta	CTE DB-HE	0,95
Tejado – Tabiquería (100 mm)	Encuentro muro interior con cubierta	CTE DB-HE	0,89
Tejado – Tabiquería Aseos	Encuentro muro interior con cubierta	CTE DB-HE	0,89
Tabiquería - Tabiquería	Esquinas interiores	ISO 14683	0,15
Tabiquería – Muro exterior (250 mm)	Muros interiores	ISO 14683	0,05
Muro exterior Esquina Saliente	Esquina saliente de fachadas	CTE DB-HE	0,13

Análisis de demanda y estudio de hibridación de sala de calderas para la ETSII. Caso de estudio para descarbonizar el Campus de Vera, UPV

Muro entrada Esquina Entrante	Esquina entrante de fachadas	CTE DB-HE	-0,20
Dintel Persiana Grande – Muro exterior (250 mm)	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,60
Jamba Persiana Grande – Muro exterior (250 mm)	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,39
Dintel Persiana Grande – Muro exterior (100 mm)	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,56
Jamba Persiana Grande – Muro exterior (100 mm)	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,37
Dintel Persiana Mediana – Muro exterior (250 mm)	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,60
Jamba Persiana Mediana – Muro exterior (250 mm)	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,39
Dintel Puerta – Muro entrada	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,57
Jamba Puerta – Muro entrada	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,38
Dintel Ventanal – Muro exterior (250 mm)	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,61
Jamba Ventanal – Muro exterior (250 mm)	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,40
Dintel Ventana – Muro exterior (250 mm)	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,61
Jamba Ventana – Muro exterior (250 mm)	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,40

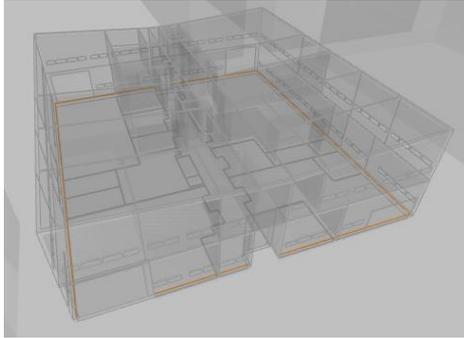


Ilustración 27. Puente térmico encuentro de fachada con solera 5G

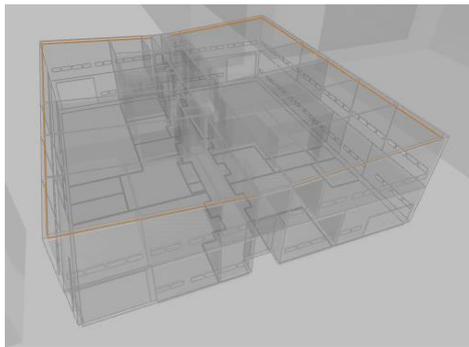


Ilustración 28. Puente térmico encuentro de fachada con cubierta 5G

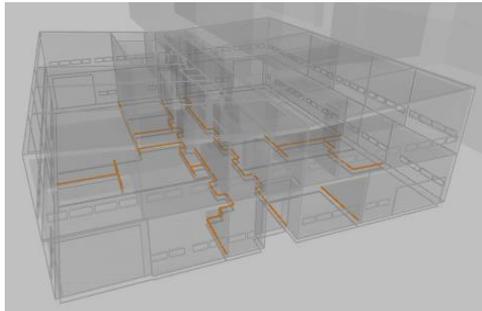


Ilustración 29. Puente térmico encuentro muro interior con solera 5G

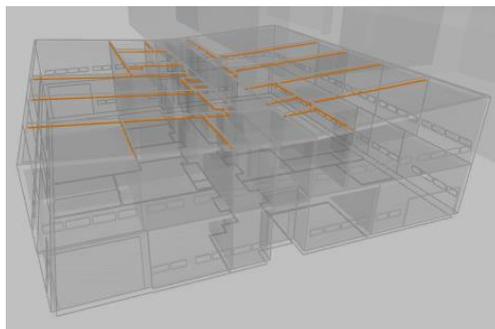


Ilustración 30. Puente térmico encuentro muro interior con cubierta 5G

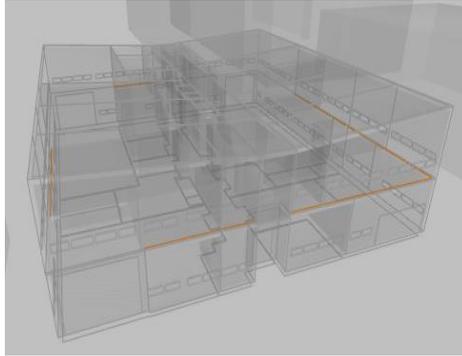


Ilustración 31. Puente térmico encuentro forjado entre pisos con fachada 5G

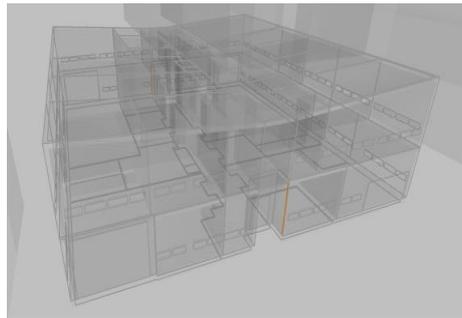


Ilustración 32. Puente térmico esquina saliente 5G

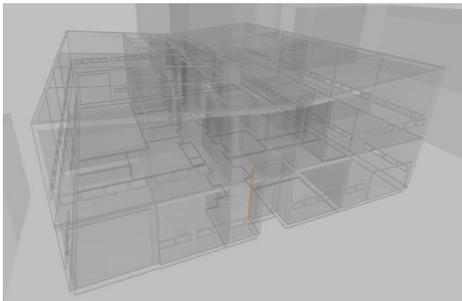


Ilustración 33. Puente térmico esquina entrante 5G

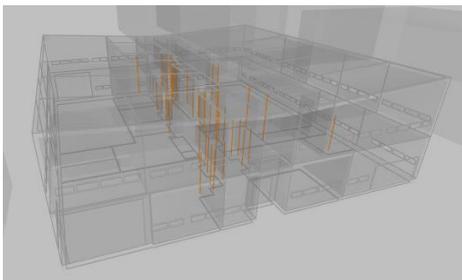


Ilustración 34. Puente térmico muros interiores 5G

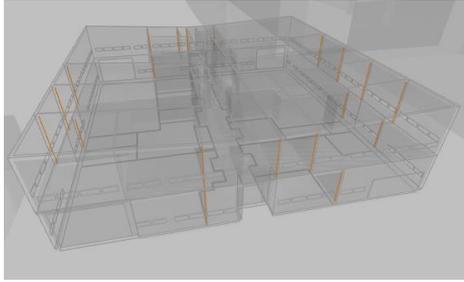


Ilustración 35. Puente térmico encuentro muro interior con fachada 5G

2. CARACTERÍSTICAS EDIFICIO 5M

CERRAMIENTO EXTERIOR 280 mm

Tabla 25. Capas cerramiento exterior 280 mm

CAPAS	ESPESOR (cm)	CONDUCTIVIDAD (W/m·K)	RESISTENCIA TÉRMICA (m ² ·K/W)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kg·K)
1. Hormigón armado 2300 < d < 2500	15,00	2,30	0,07	2.400,00	1.000,00
2. Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]	4,00	0,44	0,09	1.000,00	1.000,00
3. MW Lana mineral [0.031 W/(mK)]	4,00	0,03	1,29	40,00	1.000,00
4. Cámara de aire	2,00	0,13	0,16	1,00	1.008,00
5. Placa de yeso o escayola 750 < d < 900	3,00	0,25	0,12	825,00	1.000,00

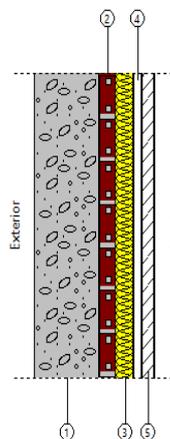


Ilustración 36. Detalle cerramiento exterior 280 mm 5M

Tabla 26. Caracterización térmica cerramiento exterior 280 mm

CARACTERIZACIÓN TÉRMICA	VALOR	UNIDAD
Transmitancia térmica (U)	0,53	W/(m ² ·K)
Capacidad térmica	25.958,29	J/(m ² ·K)



Ilustración 37. Cerramiento exterior 280 mm 5M

TABIQUERÍA 140 mm

Tabla 27. Capas tabiquería interior 140 mm

CAPAS	ESPESOR (cm)	CONDUCTIVIDAD (W/m·K)	RESISTENCIA TÉRMICA (m ² ·K/W)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kg·K)
1. Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	1,00	0,57	0,02	1.150,00	1.000,00
2. Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1450 < d < 1600	2,00	0,80	0,03	1.525,00	1.000,00
3. Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	8,00	0,47	0,17	930,00	1.000,00
4. Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1450 < d < 1600	2,00	0,80	0,03	1.525,00	1.000,00
5. Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	1,00	0,57	0,02	1.150,00	1.000,00

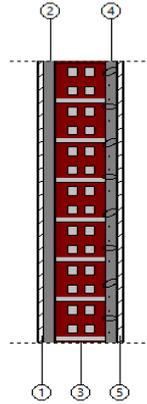


Ilustración 38. Detalle tabiquería interior 140 mm 5M

Tabla 28. Caracterización térmica tabiquería interior 140 mm

CARACTERIZACIÓN TÉRMICA	VALOR	UNIDAD
Transmitancia térmica (U)	1,94	W/(m ² ·K)
Capacidad térmica	57.586,59	J/(m ² ·K)

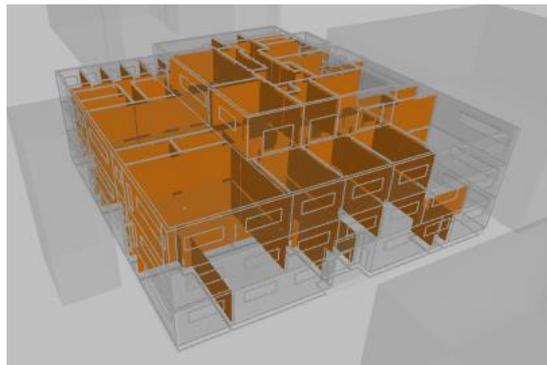


Ilustración 39. Tabiquería interior 140 mm 5M

FORJADO EN CONTACTO CON EL TERRENO 420 mm

Tabla 29. Capas forjado en contacto con el terreno 420 mm

CAPAS	ESPELOR (cm)	CONDUCTIVIDAD (W/m·K)	RESISTENCIA TÉRMICA (m ² ·K/W)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kg·K)
1. Gres calcáreo 2000 < d < 2700	2,00	1,900	0,01	2.350,00	1.000,00
2. Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	2,00	0,550	0,04	1.125,00	1.000,00
3. EPS Poliestireno	2,00	0,029	0,69	30,00	1.000,00

Análisis de demanda y estudio de hibridación de sala de calderas para la ETSII. Caso de estudio para descarbonizar el Campus de Vera, UPV

Expandido [0.029 W/(mK)]					
4. Hormigón en masa 2000 < d < 2300	2,00	1,65	0,01	2.150,00	1.000,00
5. FR Entrevigado de hormigón – Canto 250 mm	25,00	1,67	0,15	1.277,00	
6. Cámara de Aire	3,00	0,19	0,16	1,00	1.008,00
7. Hormigón armado d > 2500	2,00	2,50	0,01	2.600,00	1.000,00
8. Arenisca [2200 < d < 2600]	4,00	3,00	0,01	2.400,00	1.000,00

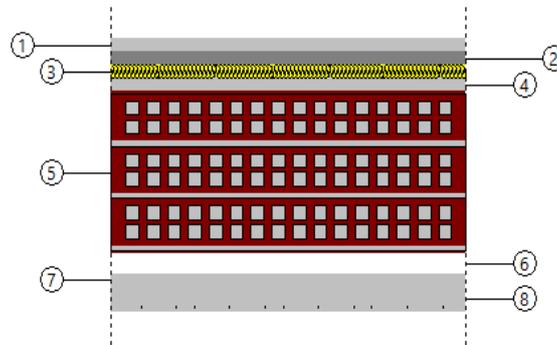


Ilustración 40. Detalle forjado en contacto con el terreno 420 mm 5M

Tabla 30. Caracterización térmica forjado en contacto con el terreno 420 mm

CARACTERIZACIÓN TÉRMICA	VALOR	UNIDAD
Resistencia térmica	1,08	(m ² ·K)/W

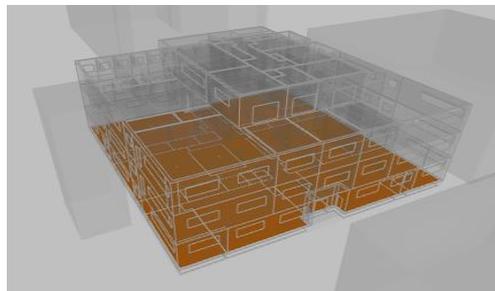


Ilustración 41. Forjado en contacto con el terreno 420 mm 5M

FORJADO ENTRE PISOS 313 mm

Tabla 31. Capas forjado entre pisos 313 mm 5M

CAPAS	ESPESOR (cm)	CONDUCTIVIDAD (W/m·K)	RESISTENCIA TÉRMICA ($m^2 \cdot K/W$)	DENSIDAD (kg/m^3)	CALOR ESPECÍFICO (J/kg·K)
1. Gres calcáreo 2000 < d < 2700	0,50	2,30		2.500,00	1.000,00
2. Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido d > 2000	0,50	1,80		2.100,00	1.000,00
3. FU Entrevigado cerámico – Canto 250 mm	25,00	0,94	0,27	1.110,00	1.000,00
4. EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/(mK)]	3,80	0,03	1,31	30,00	1.000,00
5. Cámara de Aire	1,00	0,07	0,15	1,00	1.008,00
6. Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,50	0,25	0,02	825,00	1.000,00

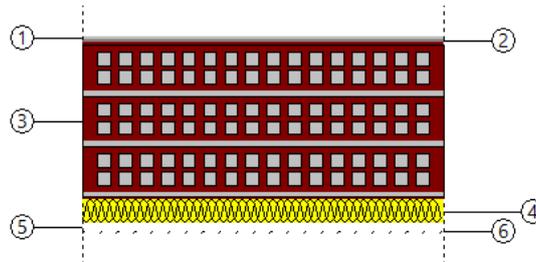


Ilustración 42. Detalle forjado entre pisos 313 mm 5M

Tabla 32. Caracterización térmica forjado entre pisos 313 mm 5M

CARACTERIZACIÓN TÉRMICA	VALOR	UNIDAD
Forjado superior		
Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración)	0,48	$W/(m^2 \cdot K)$
Coeficiente de transmisión térmica (calefacción)	0,51	$W/(m^2 \cdot K)$
Forjado inferior		
Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración)	0,51	$W/(m^2 \cdot K)$
Coeficiente de transmisión térmica (calefacción)	0,48	$W/(m^2 \cdot K)$
Forjado inferior expuesto a la intemperie		
Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración)	0,53	$W/(m^2 \cdot K)$

Coefficiente de transmisión térmica (calefacción)	0,51	W/(m ² ·K)
Capacidad térmica	109.845,86	J/(m ² ·K)

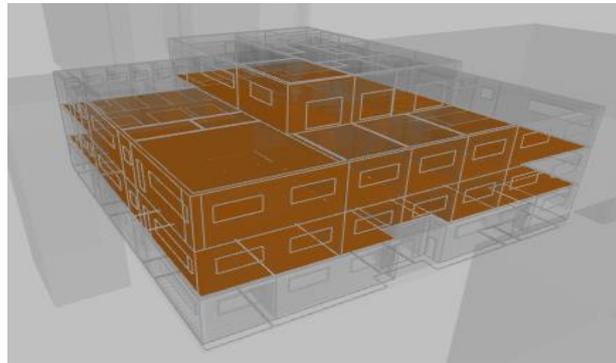


Ilustración 43. Forjado entre pisos 313 mm 5M

CUBIERTA 441 mm

Tabla 33. Capas cubierta 441 mm

CAPAS	ESPESOR (cm)	CONDUCTIVIDAD (W/m·K)	RESISTENCIA TÉRMICA (m ² ·K/W)	DENSIDAD (kg/m ³)	CALOR ESPECÍFICO (J/kg·K)
1. Gres calcáreo 2000 < d < 2700	5,10	2,30	0,02	2.500,00	1.000,00
2. Polietileno baja densidad [LDPE]	0,30	0,33	0,01	920,00	2.200,00
3. XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0.034 W/(mK)]	4,00	0,03	1,60	37,50	1.000,00
4. EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/(mK)]	0,40	0,05	0,09	30,00	1.000,00
5. Subcapa fieltro	0,30	0,05	0,06	120,00	1.300,00
6. Hormigón en masa 2300 < d < 2600	5,00	2,10	0,02	2.500,00	1.000,00
7. FU Entrevigado cerámico – Canto 250 mm	25,00	2,10	0,12	1.100,00	1.000,00
8. Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	4,00	0,58	0,07	1.150,00	1.000,00

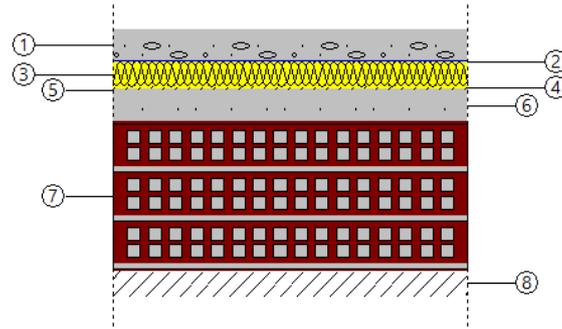


Ilustración 44. Detalle cubierta 441 mm 5M

Tabla 34. Caracterización térmica cubierta 441 mm

CARACTERIZACIÓN TÉRMICA	VALOR	UNIDAD
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración)	0,45	$W/(m^2 \cdot K)$
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción)	0,47	$W/(m^2 \cdot K)$
Capacidad térmica	119.450,36	$J/(m^2 \cdot K)$

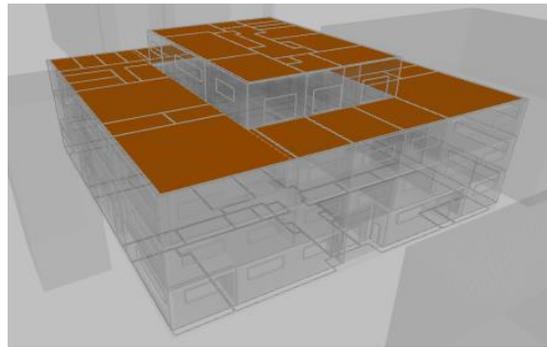


Ilustración 45. Cubierta 441 mm 5M

PUERTAS

En la planta baja se pueden encontrar dos puertas principales con sus correspondientes laterales en las fachadas principales. En las plantas primera y segunda, en la parte de las escaleras exteriores, hay también varias puertas.

Tabla 35. Tipo de puertas 5M

TIPO	NÚMERO [ud]	ANCHO [m]	ALTO [m]	TRANSMITANCIA TÉRMICA (U) [$W/m^2 \cdot K$]	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN
Puerta de Entrada	2	1,86	2,03	1,40	0,40
Puertas Laterales	4	0,75	2,03	1,40	0,40
Puertas Secundarias (planta 1 y 2)	2	1,40	2,03	1,40	0,40

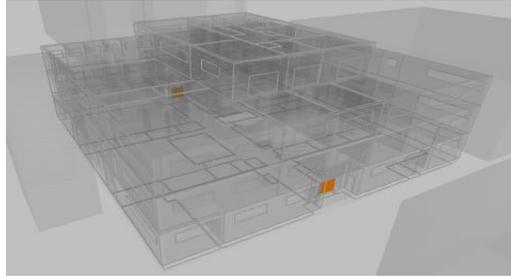


Ilustración 46. Puertas de entrada 5M

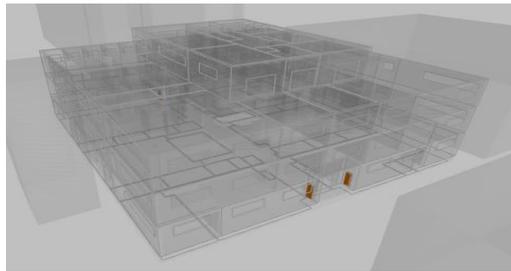


Ilustración 47. Puertas laterales 5M

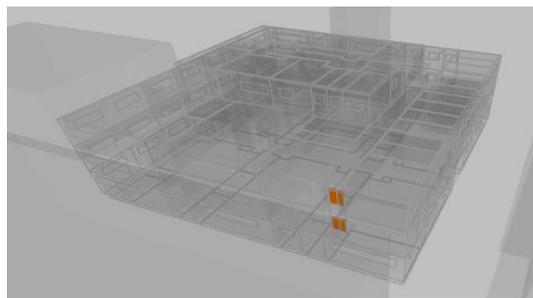


Ilustración 48. Puertas secundarias (plantas 1 y 2)

VENTANAS

En cuanto a ventanas se puede encontrar ventanas de tamaño pequeño, mediano, grandes y ventanales. Algunas de las ventanas medias, las que están situadas en las fachadas principales llevan incorporadas persianas exteriores.

Tabla 36. Tipo de ventanas 5M

TIPO	NÚMERO [ud]	ALTURA SOBRE EL SUELO [m]	ANCHO [m]	ALTO [m]
Ventanas Pequeñas	52	1,20	1,50	1,20
Ventanas Medianas	17	1,20	3,05	1,20
Ventanas Grandes	15	1,20	6,05	1,20
Ventanal (plantas 1 y 2)	2	0,20	1,00	2,40
Ventanal (planta 3)	3	0,20	2,90	2,20
Ventanas Medianas con persiana exterior	12	1,20	3,05	1,20

1) VENTANAS PEQUEÑAS, MEDIANAS, GRANDES, VENATALES

Tabla 37. Fracción acristalada/opaca ventanas 5M

FRACCIÓN ACRISTALADA	
COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN DE CALOR [W/m²·K]	1,40
FACTOR SOLAR	0,57
FRACCIÓN OPACA	
COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN DE CALOR [W/m²·K]	2,00
FRACCIÓN OPACA DEL HUECO	0,20
ABSORTIVIDAD	0,60

Tabla 38. Accesorios de protección solar persiana interior 5M

ACCESORIOS DE PROTECCIÓN SOLAR – PERSIANA INTERIOR	
COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN SOLAR	0,70
ESPESOR [m]	0,01
CONDUCTIVIDAD [W/mK]	0,10
ACTIVO SI SE SUPERA LA RADIACIÓN SOLAR INCIDENTE MÁXIMA EN LA VENTANA [W/m²]	300,00

Tabla 39. Transmitancia y permeabilidad ventanas 5M

TRANSMITANCIA TOTAL DE ENERGÍA SOLAR DEL HUECO	PERMEABILIDAD AL AIRE PARA UNA PRESIÓN DE REFERENCIA DE 100 Pa [m³/h·m²]
0,43	50,00

Tabla 12 Transmitancia total de energía solar de huecos para distintos dispositivos de sombra móvil (g_{gl;sh,wi})

Factor de transmitancia solar del dispositivo de protección solar		Protección exterior				Protección interior			
		Factor de reflexión (p _{e,s})				Factor de reflexión (p _{i,s})			
T _{e,B}	Tipo de vidrio	blanco	pastel	oscuro	negro	blanco	pastel	oscuro	negro
0 (p.ej: persianas)	Vidrio sencillo	0,06	0,11	0,15	0,19	0,34	0,43	0,54	0,66
	Vidrio doble	0,05	0,08	0,11	0,14	0,34	0,43	0,53	0,63
	Vidrio doble bajo emisivo	0,03	0,05	0,08	0,10	0,34	0,42	0,51	0,59
	Vidrio triple bajo emisivo	0,03	0,05	0,06	0,08	0,30	0,34	0,38	0,41
0,2 (p.ej: toldos)	Vidrio sencillo	0,22	0,27	0,31	0,33	0,39	0,51	0,62	0,68
	Vidrio doble	0,20	0,23	0,26	0,28	0,39	0,50	0,60	0,65
	Vidrio doble bajo emisivo	0,17	0,20	0,22	0,23	0,39	0,48	0,56	0,61
	Vidrio triple bajo emisivo	0,13	0,15	0,16	0,17	0,32	0,36	0,40	0,42
0,4 (p.ej: cortinas)	Vidrio sencillo	0,41	0,43	0,45	0,47	0,53	0,59	0,65	0,71
	Vidrio doble	0,36	0,38	0,39	0,41	0,51	0,56	0,61	0,66
	Vidrio doble bajo emisivo	0,33	0,34	0,35	0,36	0,49	0,53	0,58	0,62
	Vidrio triple bajo emisivo	0,24	0,25	0,26	0,27	0,37	0,38	0,40	0,42

Ilustración 49. Transmitancia ventanas 5M

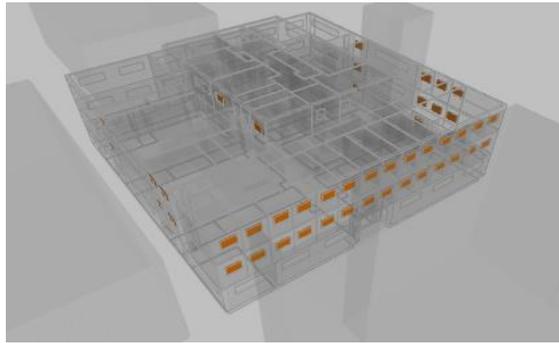


Ilustración 50. Ventanas pequeñas 5M

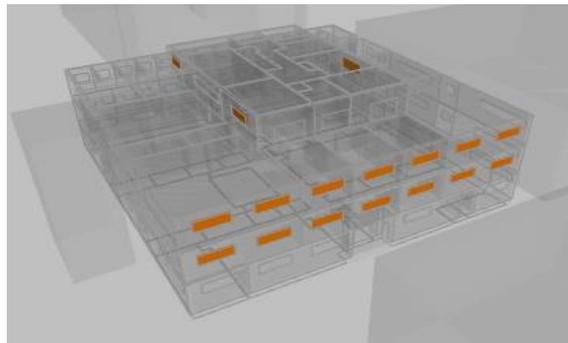


Ilustración 51. Ventanas medianas 5M

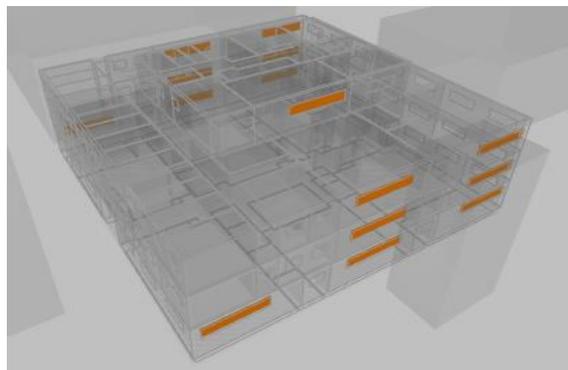


Ilustración 52. Ventanas grandes 5M

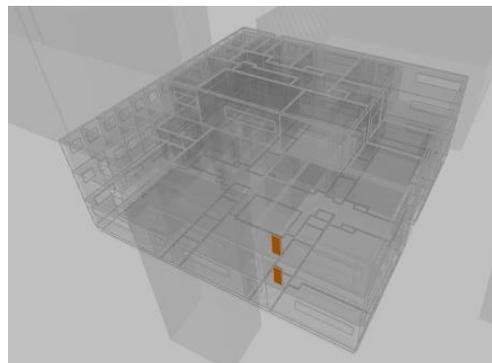


Ilustración 53. Ventanales (plantas 1 y 2) 5M

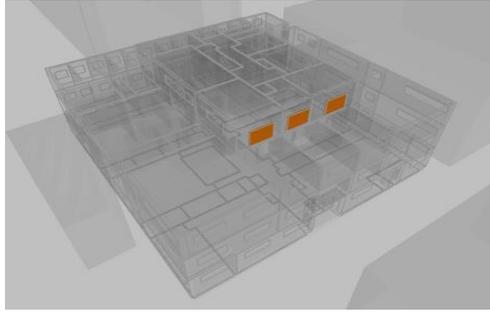


Ilustración 54. Ventanales (planta 3) 5M

2) VENTANAS MEDIANAS CON PERSIANA EXTERIOR

Tabla 40. Fracción acristalada/opaca ventanas con persiana exterior 5M

FRACCIÓN ACRISTALADA	
COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN DE CALOR [W/m²·K]	1,40
FACTOR SOLAR	0,57
FRACCIÓN OPACA	
COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN DE CALOR [W/m²·K]	2,00
FRACCIÓN OPACA DEL HUECO	0,20
ABSORTIVIDAD	0,60

Tabla 41. Accesorios de protección solar ventana con persiana exterior 5M

ACCESORIOS DE PROTECCIÓN SOLAR – PERSIANA EXTERIOR	
COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN SOLAR	0,70
ESPESOR [m]	0,01
CONDUCTIVIDAD [W/mK]	0,10
SIEMPRE ACTIVO	

Tabla 42. Transmitancia y permeabilidad ventana con persiana exterior 5M

TRANSMITANCIA TOTAL DE ENERGÍA SOLAR DEL HUECO	PERMEABILIDAD AL AIRE PARA UNA PRESIÓN DE REFERENCIA DE 100 Pa [m³/h·m²]
0,08	50,00

Tabla 12 Transmitancia total de energía solar de huecos para distintos dispositivos de sombra móvil ($g_{gl;sh,wil}$)

Factor de transmitancia solar del dispositivo de protección solar		Protección exterior				Protección interior			
		Factor de reflexión ($p_{e,s}$)				Factor de reflexión ($p_{e,s}$)			
$T_{e,B}$	Tipo de vidrio	blanco	pastel	oscuro	negro	blanco	pastel	oscuro	negro
0 (p.ej: persianas)	Vidrio sencillo	0,06	0,11	0,15	0,19	0,34	0,43	0,54	0,66
	Vidrio doble	0,05	0,08	0,11	0,14	0,34	0,43	0,53	0,63
	Vidrio doble bajo emisivo	0,03	0,05	0,08	0,10	0,34	0,42	0,51	0,59
	Vidrio triple bajo emisivo	0,03	0,05	0,06	0,08	0,30	0,34	0,38	0,41
0,2 (p.ej: toldos)	Vidrio sencillo	0,22	0,27	0,31	0,33	0,39	0,51	0,62	0,68
	Vidrio doble	0,20	0,23	0,26	0,28	0,39	0,50	0,60	0,65
	Vidrio doble bajo emisivo	0,17	0,20	0,22	0,23	0,39	0,48	0,56	0,61
	Vidrio triple bajo emisivo	0,13	0,15	0,16	0,17	0,32	0,36	0,40	0,42
0,4 (p.ej: cortinas)	Vidrio sencillo	0,41	0,43	0,45	0,47	0,53	0,59	0,65	0,71
	Vidrio doble	0,36	0,38	0,39	0,41	0,51	0,56	0,61	0,66
	Vidrio doble bajo emisivo	0,33	0,34	0,35	0,36	0,49	0,53	0,58	0,62
	Vidrio triple bajo emisivo	0,24	0,25	0,26	0,27	0,37	0,38	0,40	0,42

Ilustración 55. Transmitancia ventanas con persiana exterior 5M

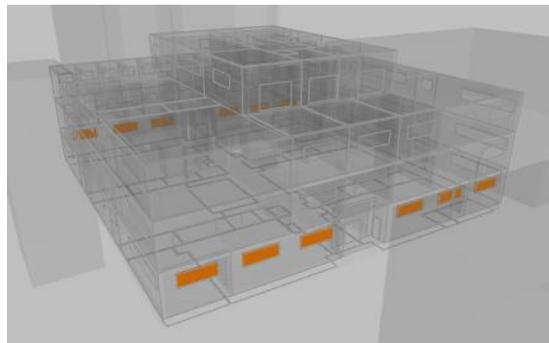


Ilustración 56. Ventanas medianas con persiana exterior 5M

PUNTES TÉRMICOS LINEALES

Tabla 43. Puentes térmicos lineales 5M

DESCRIPCIÓN	TIPO DE ENCUENTRO	VALOR	Psi [W/mK]
Forjado entre pisos – Muro exterior	Encuentro de fachada con forjado	CTE DB-HE	0,47
Suelo – Muro exterior	Encuentro de fachada con solera	CTE DB-HE	0,90
Forjado entre pisos – Tabiquería	Encuentro muro interior con forjado	CTE DB-HE	0,62
Suelo – Tabiquería	Encuentro muro interior con solera	CTE DB-HE	0,49
Tejado – Muro exterior	Encuentro de fachada con cubierta	CTE DB-HE	0,92
Tejado – Tabiquería	Encuentro muro interior con cubierta	CTE DB-HE	1,06
Tabiquería - Tabiquería	Esquinas interiores	ISO 14683	0,15

Análisis de demanda y estudio de hibridación de sala de calderas para la ETSII. Caso de estudio para descarbonizar el Campus de Vera, UPV

Tabiquería – Muro exterior	Muros interiores	ISO 14683	0,05
Muro exterior Esquina Saliente	Esquina saliente de fachadas	CTE DB-HE	0,09
Muro entrada Esquina Entrante	Esquina entrante de fachadas	CTE DB-HE	-0,13
Dintel Puerta Secundaria (planta 1 y 2) – Muro exterior	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,70
Jamba Puerta Secundaria (planta 1 y 2) – Muro exterior	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,43
Dintel Puerta Entrada – Muro exterior	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,70
Jamba Puerta Entrada – Muro exterior	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,43
Dintel Puerta Lateral – Muro exterior	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,70
Jamba Puerta Lateral – Muro exterior	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,43
Dintel Ventanal (plantas 1 y 2) – Muro exterior	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,70
Jamba Ventanal (plantas 1 y 2) – Muro exterior	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,43
Dintel Ventanal (planta 3) – Muro exterior	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,70
Jamba Ventanal (planta 3) – Muro exterior	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,43
Dintel Ventana pequeña – Muro exterior	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,70
Jamba Ventana pequeña – Muro exterior	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,43
Dintel Ventana grande – Muro exterior	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,70
Jamba Ventana grande – Muro exterior	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,43
Dintel Mediana – Muro exterior	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,70
Jamba Mediana – Muro exterior	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,43
Dintel Mediana con persiana exterior – Muro exterior	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,70
Jamba Mediana con persiana exterior – Muro exterior	Hueco de ventana	CTE DB-HE	0,43

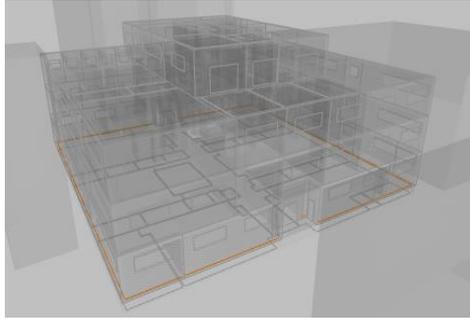


Ilustración 57. Puente térmico encuentro de fachada con solera 5M

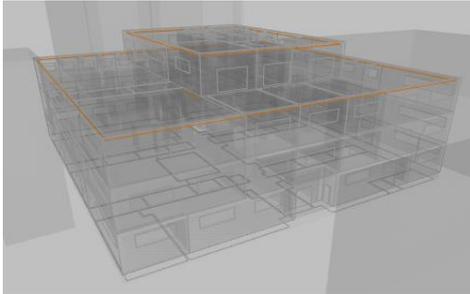


Ilustración 58. Puente térmico encuentro de fachada con cubierta 5M

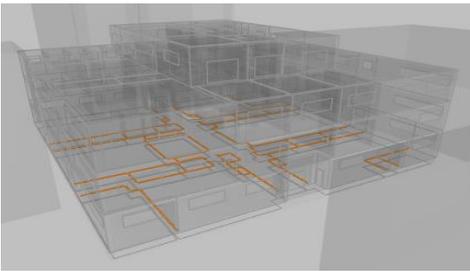


Ilustración 59. Puente térmico encuentro muro interior con solera 5M

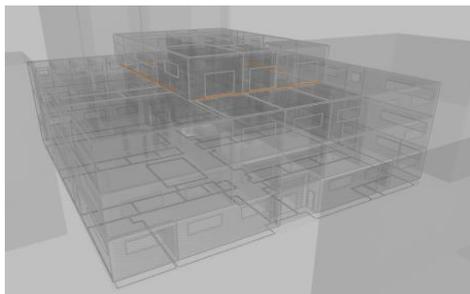


Ilustración 60. Puente térmico encuentro fachada con cubierta 5M

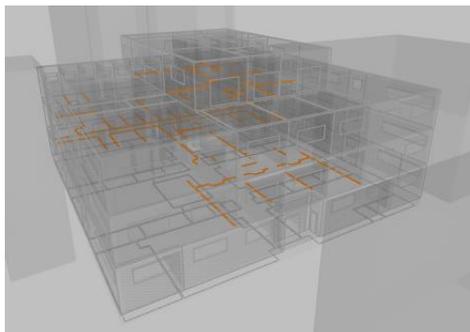


Ilustración 61. Puente térmico encuentro muro interior con forjado 5M

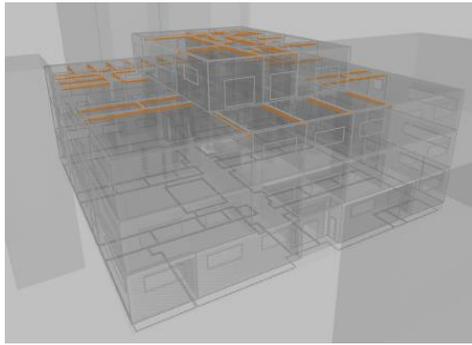


Ilustración 62. Puente térmico encuentro muro interior con cubierta 5M

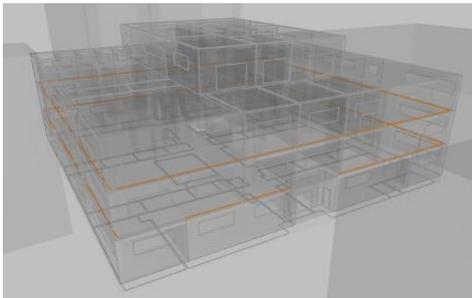


Ilustración 63. Puente térmico encuentro forjado entre pisos con fachada 5M

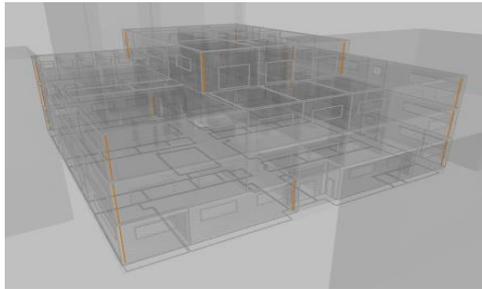


Ilustración 64. Puente térmico esquinas salientes 5M

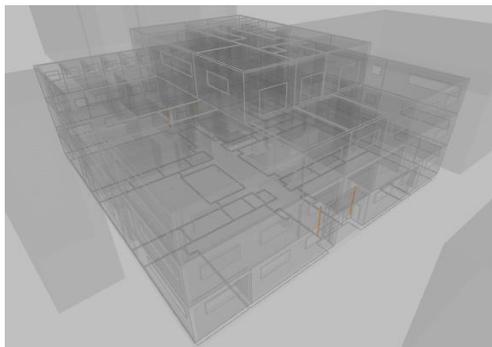


Ilustración 65. Puente térmico esquinas entrantes 5M

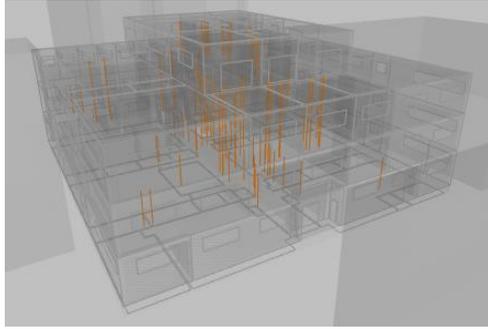


Ilustración 66. Puente térmico muros interiores 5M

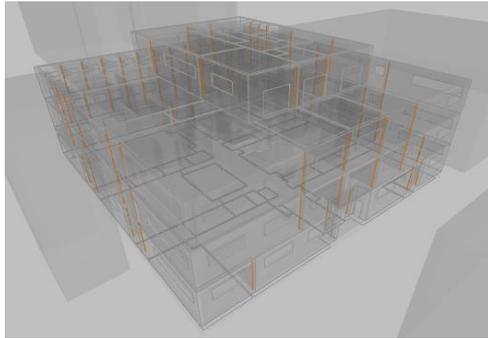


Ilustración 67. Puente térmico encuentro muros interiores con fachada 5M

3. COMPARATIVA ENTRE EDIFICIOS QUE CONSUMEN GAS Y LOS EDIFICIOS 5E, Y 5C+5D

Tabla 44. Comparativa locales climatizados 5G vs 5E

Edificio	Tipo	Número	Área total	Edificio	Tipo	Número	Área total
5G	DESPACHO	3	54,00	5E	DESPACHO	128	2.686,00
5G	LABORATORIO MECÁNICO	16	1.391,00	5E	LABORATORIO MECÁNICO	10	957,83
5G	LABORATORIO INFORMÁTICO	1	35,22	5E	LABORATORIO INFORMÁTICO	10	598,00
5G	LABORATORIO INSTRUMENTAL	2	53,12	5E	LABORATORIO INSTRUMENTAL	7	216,00
5G	LABORATORIO QUÍMICO	4	77,00	5E	LABORATORIO AUDIOVISUALES	1	48,96

Tabla 45. Comparativa locales climatizados 5M vs 5E

Edificio	Tipo	Número	Área total	Edificio	Tipo	Número	Área total
5M	DESPACHO	44	630,00	5E	DESPACHO	128	2.686,00
5M	LABORATORIO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO	1	14,02	5E	LABORATORIO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO	17	1.039,00
5M	LABORATORIO INSTRUMENTAL	8	232,00	5E	LABORATORIO INSTRUMENTAL	7	216,00
5M	LABORATORIO QUÍMICO	18	1.409,61	5E	LABORATORIO MECÁNICO	10	957,83
5M	SALA BIBLIOTECA	1	14,02	5E	SALA BIBLIOTECA	2	68,54
5M	SALA SEMINARIO	1	49,50	5E	SALA SEMINARIO	4	191,97
5M	SALA JUNTAS	1	34,05	5E	SALA JUNTAS	1	40,71
5M	SALA REUNIONES	1	25,5	5E	SALA REUNIONES	3	102,06

Análisis de demanda y estudio de hibridación de sala de calderas para la ETSII. Caso de estudio para descarbonizar el Campus de Vera, UPV

Tabla 46. Comparativa locales climatizados 4A vs 5E

Edificio	Tipo	Número	Suma área	Edificio	Tipo	Número	Suma área
4A	DESPACHO	58	1.302,00	5E	DESPACHO	128	2.686,00
4A	LABORATORIO INFORMÁTICO	1	52,78	5E	LABORATORIO INFORMÁTICO	9	567,67
4A	LABORATORIO MECÁNICO	4	331,61	5E	LABORATORIO MECÁNICO	10	957,83
4A	LABORATORIO BIOLÓGICO	1	98,17	5E	LABORATORIO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO	14	993,81
4A	AULA GENÉRICA	3	283,68	5E	AULA SEMINARIO	4	191,97
4A	SALA BIBLIOTECA	2	32,00	5E	SALA BIBLIOTECA	2	68,54

Tabla 47. Comparativa locales climatizados 4E vs 5E

Edificio	Tipo	Número	Suma área	Edificio	Tipo	Número	Suma área
4E	DESPACHO	56	1.420,00	5E	DESPACHO	128	2.686,00
4E	LABORATORIO MECÁNICO	1	53,25	5E	LABORATORIO INFORMÁTICO	9	567,67
4E	LABORATORIO BIOLÓGICO	2	366,04	5E	LABORATORIO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO	14	993,81
4E	AULA GENÉRICA	5	426,17	5E	AULA SEMINARIO	4	191,97

Tabla 48. Comparativa locales climatizados 4F vs 5E

Edificio	Tipo	Número	Suma área	Edificio	Tipo	Número	Suma área
4F	DESPACHO	7	121,27	5E	DESPACHO	128	2.686,00
4F	LABORATORIO TALLER	4	938,35	5E	LABORATORIO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO	14	993,81
4F	LABORATORIO QUÍMICO	3	283,20	5E	LABORATORIO AUDIOVISUALES	3	246,87
4F	AULA SEMINARIO	1	40,17	5E	AULA SEMINARIO	4	191,97

Análisis de demanda y estudio de hibridación de sala de calderas para la ETSII. Caso de estudio para descarbonizar el Campus de Vera, UPV

Tabla 49. Comparativa locales climatizados 4H vs 5E

Edificio	Tipo	Número	Suma área	Edificio	Tipo	Número	Suma área
4H	DESPACHO	42	978,00	5E	DESPACHO	128	2.686,00
4H	LABORATORIO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO	1	126,88	5E	LABORATORIO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO	14	993,81
4H	LABORATORIO MECÁNICO	2	153,35	5E	LABORATORIO MECÁNICO	10	957,83
4H	AULA GENÉRICA	2	213,01	5E	AULA SEMINARIO	4	191,97

Tabla 50. Comparativa locales climatizados 4J vs 5C+5D

Edificio	Tipo	Número	Suma área	Edificio	Tipo	Número	Suma área
4J	DESPACHO	5	144,00	5C+5D	DESPACHO	82	1.612,92
4J	LABORATORIO INFORMÁTICO	1	21,83	5C+5D	LABORATORIO INFORMÁTICO	12	534,00
4J	LABORATORIO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO	1	474,77	5C+5D	LABORATORIO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO	4	499,56
4J	LABORATORIO MECÁNICO	1	429,26	5C+5D	LABORATORIO MECÁNICO	5	344,49
4J	AULA SEMINARIO	1	19,36	5C+5D	AULA GENÉRICA	14	1.157,00

Tabla 51. Comparativa locales climatizados 4L vs 5C+5D

Edificio	Tipo	Número	Suma área	Edificio	Tipo	Número	Suma área
4L	SALA BIBLIOTECA	7	3.973,94	5C+5D	DESPACHOS	82	1.612,92
4L	SALA LECTURA	17	217,89	5C+5D	SALA BIBLIOTECA	2	77,15
4L	AULA INFORMÁTICA	2	150,10	5C+5D	AULA INFORMÁTICA	3	167,71

Tabla 52. Comparativa locales climatizados 4P vs 5C+5D

Edificio	Tipo	Número	Suma área	Edificio	Tipo	Número	Suma área
4P	DESPACHO	91	1.447,00	5C+5D	DESPACHO	82	1.612,92

Análisis de demanda y estudio de hibridación de sala de calderas para la ETSII. Caso de estudio para descarbonizar el Campus de Vera, UPV

4P	LABORATORIO INFORMÁTICO	1	108,41	5C+5D	LABORATORIO INFORMÁTICO	12	534,00
4P	LABORATORIO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO	2	53,79	5C+5D	LABORATORIO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO	4	499,56
4P	LABORATORIO MULTIMEDIA	4	286,91	5C+5D	LABORATORIO MECÁNICO	5	344,49
4P	AULA GENÉRICA	18	859,80	5C+5D	AULA GENÉRICA	14	1.157,00
4P	AULA MULTIMEDIA	5	343,99	5C+5D	AULA INFORMÁTICA	3	167,71

Tabla 53. Comparativa locales climatizados 3A vs 5E

Edificio	Tipo	Número	Suma área	Edificio	Tipo	Número	Suma área
3A	DESPACHO	36	1.086,85	5E	DESPACHO	128	2.686,00
3A	SALA JUNTAS	2	59,86	5E	SALA JUNTAS	1	40,71
3A	SALA REUNIONES	2	50,88	5E	SALA REUNIONES	3	102,06
3A	SALA ACTOS	3	942,06	5E	SALA ACTOS	1	79,21

Tabla 54. Comparativa locales climatizados 3B vs 5E

Edificio	Tipo	Número	Suma área	Edificio	Tipo	Número	Suma área
3B	DESPACHO	2	45,46	5E	DESPACHO	128	2.686,00
3B	LABORATORIO MECÁNICO	3	159,30	5E	LABORATORIO MECÁNICO	10	957,83
3B	LABORATORIO INSTRUMENTAL	1	59,00	5E	LABORATORIO INFORMÁTICO	9	567,67
3B	LABORATORIO QUÍMICO	2	213,45	5E	LABORATORIO AUDIOVISUAL	3	246,87
3B	AULA GENÉRICA	1	59,00	5E	AULA INFORMÁTICA	1	29,44

Tabla 55. Comparativa locales climatizados 3F vs 5E

Edificio	Tipo	Número	Suma área	Edificio	Tipo	Número	Suma área
3F	DESPACHO	52	903,58	5E	DESPACHO	128	2.686,00

Análisis de demanda y estudio de hibridación de sala de calderas para la ETSII. Caso de estudio para descarbonizar el Campus de Vera, UPV

3F	LABORATORIO INFORMÁTICO	1	35,85	5E	LABORATORIO INFORMÁTICO	9	567,67
3F	LABORATORIO INSTRUMENTAL	2	119,03	5E	LABORATORIO AUDIOVISUALES	3	246,87
3F	LABORATORIO MECÁNICO	1	75,93	5E			
3F	LABORATORIO QUÍMICO	5	406,07	5E	LABORATORIO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO	14	993,81
3F	SALA BIBLIOTECA	1	33,01	5E	SALA BIBLIOTECA	2	68,54

Tabla 56. Comparativa locales climatizados 3M vs 5C+5D

Edificio	Tipo	Número	Suma área	Edificio	Tipo	Número	Suma área
3M	DESPACHO	5	91,00	5C+5D	DESPACHO	82	1.612,92
3M	LABORATORIO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO	2	115,17	5C+5D	LABORATORIO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO	4	499,56
3M	LABORATORIO AUDIOVISUALES	2	251,15	5C+5D			
3M	LABORATORIO INFORMÁTICO	5	156,47	5C+5D	LABORATORIO INFORMÁTICO	12	534,00
3M	LABORATORIO INSTRUMENTAL	2	36,42	5C+5D			
3M	LABORATORIO MECÁNICO	7	608,78	5C+5D	LABORATORIO MECÁNICO	5	344,49
3M	LABORATORIO TALLER	4	192,15	5C+5D			
3M	LABORATORIO GRÁFICO	1	47,63	5C+5D			
3M	LABORATORIO QUÍMICO	14	921,76	5C+5D			
3M	AULA INFORMÁTICA	3	366,83	5C+5D	AULA INFORMÁTICA	3	167,71
3M	AULA MULTIMEDIA	1	95,02	5C+5D	AULA GENÉRICA	14	1.157,00

Tabla 57. Comparativa locales climatizados 3N vs 5C+5D

Edificio	Tipo	Número	Suma área	Edificio	Tipo	Número	Suma área
3N	DESPACHO	254	3.455,00	5C+5D	DESPACHO	82	1.612,92
3N	LABORATORIO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO	1	76,14	5C+5D	LABORATORIO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO	4	499,56

Análisis de demanda y estudio de hibridación de sala de calderas para la ETSII. Caso de estudio para descarbonizar el Campus de Vera, UPV

3N	LABORATORIO INFORMÁTICO	20	1.341,00	5C+5D	LABORATORIO INFORMÁTICO	12	534,00
3N	LABORATORIO INSTRUMENTAL DOCENTE	4	329,87	5C+5D			
3N	LABORATORIO MECÁNICO	20	1.408,35	5C+5D	LABORATORIO MECÁNICO	5	344,49
3N	LABORATORIO MULTIMEDIA	2	111,12	5C+5D			
3N	LABORATORIO TALLER	23	3.278,14	5C+5D			
3N	LABORATORIO QUÍMICO	17	1.450,28	5C+5D			
3N	AULA INFORMÁTICA	2	98,32	5C+5D	AULA INFORMÁTICA	3	167,71
3N	AULA GENÉRICA	6	571,18	5C+5D	AULA GENÉRICA	14	1.157,00

Tabla 58. Comparativa locales climatizados 3P vs 5C+5D

Edificio	Tipo	Número	Suma área	Edificio	Tipo	Número	Suma área
3P	DESPACHO	98	2.451,00	5C+5D	DESPACHO	82	1.612,92
3P	LABORATORIO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO	3	293,91	5C+5D	LABORATORIO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO	4	499,56
3P	LABORATORIO INFORMÁTICO	1	45,63	5C+5D	LABORATORIO INFORMÁTICO	12	534,00
3P	LABORATORIO MECÁNICO	1	91,23	5C+5D	LABORATORIO MECÁNICO	5	344,49
3P	LABORATORIO INSTRUMENTAL	15	464,00	5C+5D			
3P	LABORATORIO BIOLÓGICO	6	515,51	5C+5D			
3P	LABORATORIO QUÍMICO	7	491,81	5C+5D			
3P	AULA INFORMÁTICA	8	770,10	5C+5D			
3P	AULA GENÉRICA	11	923,57	5C+5D	AULA GENÉRICA	14	1.157,00
3P	SALA BIBLIOTECA	4	457,15	5C+5D	SALA BIBLIOTECA	2	77,15

Tabla 59. Comparativa locales climatizados 2E vs 5E

Edificio	Tipo	Número	Suma área	Edificio	Tipo	Número	Suma área
----------	------	--------	-----------	----------	------	--------	-----------

Análisis de demanda y estudio de hibridación de sala de calderas para la ETSII. Caso de estudio para descarbonizar el Campus de Vera, UPV

2E	DESPACHO	63	2.736,48	5E	DESPACHO	128	2.686,00
2E	SALA JUNTAS	3	289,92	5E	SALA JUNTAS	1	40,71
2E	SALA REUNIONES	3	69,36	5E	SALA REUNIONES	3	102,06

4. ESPECIFICACIONES BOMBAS DE CALOR SELECCIONADAS PARA CADA EDIFICIO

Todas las bombas de calor han sido seleccionadas de la marca 'Trane'.

- Modelo HE

Tabla 60. Edificios con modelo de bomba de calor 'HE'

EDIFICIO	MODELO
5C+5D	080 HE
4P	090 HE
3P	180 HE

Temperatura del agua de salida del condensador (mín./máx.)	(°C)	20/60
Temperatura del agua de salida del evaporador (mín./máx.)	(°C)	-8/+18
Alimentación eléctrica	(V/F/Hz)	400/3/50
Refrigerante		R134a

Tamaño de la unidad		060 HE	070 HE	080 HE	090 HE	100 HE	110 HE	120 HE
Potencia calorífica neta (4)	(kW)	250	299	340	387	414	444	477
COP (4)		4,32	4,27	4,25	4,28	4,31	4,34	4,37
Clase de eficiencia energética Eurovent: calefacción		B	B	B	B	B	B	B
Potencia nominal (calefacción) (5)		245,09	292,79	331,95	376,13	-	-	-
$\eta_{\text{p}}/\text{SCOP}$ (5)		167%/4,18	159%/3,98	156%/3,90	163%/4,08	-	-	-
Potencia frigorífica neta (1) (2)	(kW)	231	274	311	355	379	407	437
EER (1) (2)		4,46	4,35	4,32	4,33	4,38	4,42	4,46
Clase de eficiencia energética Eurovent: refrigeración		C	C	C	C	C	C	C
ESEER (1) (2)		5,25	5,05	5,02	5,02	5,00	4,98	5,18
Número de circuitos frigoríficos					2			
Número de compresores					2			
Nivel de potencia sonora (3)	(dB(A))	90	90	97	99	99	99	98
Pesos y dimensiones								
Longitud	(mm)	3.210	3.210	3.210	3.223	3.318	3.223	3.235
Anchura	(mm)	1.071	1.071	1.071	1.058	1.058	1.058	1.058
Altura	(mm)	1.938	1.938	1.938	1.955	1.955	1.955	1.955
Peso en funcionamiento	(kg)	2.650	2.658	2.673	2.928	2.970	3.008	3.198

(1) Evaporador a 12/7 °C y temperatura del agua del condensador de 30/35 °C, según la norma EN14511:2013. Clasificación realizada según la norma AHRI 550/590, basada en la versión 177 de TOPSS.

(2) Rendimientos netos calculados según la norma EN14511-2011.

(3) A plena carga y de conformidad con la norma ISO9614.

(4) Temperatura del caudal de agua de entrada al evaporador de 10 °C en condiciones de refrigeración y temperatura del agua del condensador de 40/45 °C.

(5) $\eta_{\text{p}}/\text{SCOP}$ según se define en la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo con respecto a los requisitos de diseño ecológico para las estufas y los calentadores combinados con una potencia nominal de <400 kW - REGLAMENTO DE LA COMISIÓN (UE) N.º 813/2013 del 2 de agosto de 2013: Aplicación de media temperatura con el evaporador a 10/7 °C, el condensador a 47/55 °C y unas condiciones climáticas medias.

Ilustración 68. Especificaciones modelo 'HE' bombas de calor Trane

Análisis de demanda y estudio de hibridación de sala de calderas para la ETSII. Caso de estudio para descarbonizar el Campus de Vera, UPV

Tamaño de la unidad		130 HE	140 HE	160 HE	180 HE	200 HE	220 HE	250 HE
Potencia calorífica neta (4)	(kW)	512	562	616	677	740	813	888
COP (4)		4,40	4,41	4,44	4,40	4,41	4,40	4,45
Clase de eficiencia energética Eurovent: calefacción		B	B	B	B	B	B	A
Potencia nominal (calefacción) (5)		-	-	-	-	-	-	-
η_{α} /SCOP (5)		-	-	-	-	-	-	-
Potencia frigorífica neta (1) (2)	(kW)	468	514	565	619	677	740	809
EER (1) (2)		4,5	4,52	4,58	4,48	4,45	4,41	4,45
Clase de eficiencia energética Eurovent: refrigeración		C	C	C	C	C	C	C
ESEER (1) (2)		5,18	5,19	5,24	5,12	5,15	5,07	5,10
Número de circuitos frigoríficos					2			
Número de compresores					2			
Nivel de potencia sonora (3)	(dB(A))	95	95	95	101	101	101	101
Pesos y dimensiones								
Longitud	(mm)	3.395	3.395	3.395	3.489	3.489	3.489	3.489
Anchura	(mm)	1.272	1.272	1.272	1.302	1.311	1.311	1.311
Altura	(mm)	1.943	1.943	1.943	1.971	2.004	2.004	2.004
Peso en funcionamiento	(kg)	3.771	3.802	3.846	4.042	4.488	4.504	4.579

(1) Evaporador a 12/7 °C y temperatura del agua del condensador de 30/35 °C, según la norma EN14511:2013. Clasificación realizada según la norma AHRI 550/590, basada en la versión 177 de TOPSS..

(2) Rendimientos netos calculados según la norma EN14511-2011.

(3) A plena carga y de conformidad con la norma ISO9614.

(4) Temperatura del caudal de agua de entrada al evaporador de 10 °C en condiciones de refrigeración y temperatura del agua del condensador de 40/45 °C.

(5) η_{α} /SCOP según se define en la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo con respecto a los requisitos de diseño ecológico para las estufas y los calentadores combinados con una potencia nominal de <400 kW - REGLAMENTO DE LA COMISIÓN (UE) N.º 813/2013 del 2 de agosto de 2013: Aplicación de media temperatura con el evaporador a 10/7 °C, el condensador a 47/55 °C y unas condiciones climáticas medias.

Ilustración 69. Especificaciones modelo 'HE' bombas de calor Trane

- Modelo SE

Tabla 61. Edificios con modelo de bomba de calor 'SE'

EDIFICIO	MODELO
4J	205 SE
3M	206 SE
3N	410 SE
4L	212 SE
4A	205 SE
4E	205 SE
4H	205 SE
2E	206 SE
3A	205 SE

Análisis de demanda y estudio de hibridación de sala de calderas para la ETSII. Caso de estudio para descarbonizar el Campus de Vera, UPV

Temperatura del agua de salida del condensador	(°C)	25/60
Temperatura del agua de salida del evaporador	(°C)	-12/+15
Alimentación eléctrica	(V/F/Hz)	400/3/50

		205 SE	205 HE	206 SE	206 HE	207 SE	207 HE	208 SE	209 SE	210 SE	211 SE	212 SE	213 SE	214 SE	215 SE
Modo de refrigeración (1)															
Potencia frigorífica neta	(kW)	182,0	193,0	216,0	227,0	251,0	262,0	283,1	282,0	311,0	341,0	411,0	444,0	477,0	506,0
Potencia total absorbida	(kW)	44,7	41,5	52,8	49,8	60,5	57,8	61,5	64,0	72,8	81,8	93,9	102,8	110,9	117,9
EER neto		4,07	4,65	4,09	4,56	4,15	4,53	4,60	4,41	4,27	4,17	4,38	4,32	4,31	4,29
ESEER neto		5,12	5,78	5,13	5,63	5,24	5,71	5,71	5,53	5,17	5,05	5,45	5,30	5,28	5,29
Modo de calefacción (2)															
Potencia calorífica neta	(kW)	214,0	221,1	254,8	262,0	296,2	303,2	329,1	362,0	400,8	441,8	478,9	518,1	557,3	591,2
Potencia total absorbida	(kW)	52,2	49,7	62,0	60,0	72,2	69,7	76,8	86,6	96,9	105,8	112,7	122,4	131,6	139,6
COP neto		4,10	4,45	4,11	4,37	4,10	4,35	4,29	4,18	4,14	4,18	4,25	4,23	4,23	4,24
Potencia nominal (calefacción) (3)	(kW)	204	210	264	273	307	315	348	379	381	342	340	370	401	-
ηs/SCOP (3)	(%)	164	183	189	197	188	211	211	196	120	160	146	149	142	-
Refrigerante/número de circuitos		R410A/2													
Número de compresores/etapas de potencia		4										6			
Potencia sonora (4)	(dB(A))	82	82	82	82	83	83	83	84	84	84	87	88	88	90
Pesos y dimensiones (en funcionamiento) (5)															
Longitud	(mm)	2.545	2.545	2.545	2.545	2.545	2.545	2.545	2.545	2.545	2.545	2.808	2.808	2.808	2.808
Anchura	(mm)	880	880	880	880	880	880	880	880	880	880	878	878	878	878
Altura	(mm)	1.842	1.842	1.842	1.842	1.842	1.842	1.842	1.842	1.842	1.842	1.950	1.950	1.950	1.950
Peso	(kg)	1.360	1.460	1.300	1.450	1.420	1.470	1.500	1.650	1.710	1.790	2.232	2.442	2.525	2.640
Datos eléctricos															
Intensidad nominal	(A)	131	144	146	163	161	187	182	203	219	235	262	282	303	319
Intensidad de arranque	(A)	259	274	321	338	336	395	392	413	481	497	472	492	513	581

(1) Evaporador a 12 °C/7 °C y condensador a 30/35 °C. Rendimiento neto calculado según la norma EN 14511-2011.

(2) Evaporador a 12/7 °C y condensador a 45 °C y 5 K de subenfriamiento saturado.

(3) ηs/SCOP según lo definido en la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo con respecto a los requisitos de diseño ecológico aplicables a los aparatos de calefacción y a los calefactores combinados con clasificación P < 400 kW. REGLAMENTO (UE) N.º 813/2013 DE LA COMISIÓN de 2 de agosto 2013: Aplicaciones de temperatura media de 10/7 °C.

(4) A plena carga, de conformidad con la norma ISO9614 y sin caja del compresor.

(5) Sin módulo hidráulico.

Ilustración 70. Especificaciones modelo 'SE' bombas de calor Trane

Datos generales para el rendimiento de la calefacción

		RTWF	RTHF
Temperatura del agua de salida del condensador (mín./máx.)	(°C)	10/68	10/46*
Temperatura del agua de salida del evaporador (mín./máx.)	(°C)		-12/20
Alimentación eléctrica	(V/F/Hz)	400/3/50	
Refrigerante		R134a	

* Hasta 50 °C con limitación de la capacidad en función del modelo y el tamaño.

RTWF de rendimiento estándar (con la opción de calefacción): RTWF SE

Tamaño de la unidad		RTWF 275 SE	RTWF 290 SE	RTWF 310 SE	RTWF 330 SE	RTWF 370 SE	RTWF 410 SE	RTWF 450 SE	RTWF 490 SE
Aplicación del aire acondicionado (1)									
Potencia calorífica neta (1)	(kW)	1.041,4	1.091,8	1.155,2	1.221,7	1.353,8	1.545,7	1.678,8	1.810,6
COP (1)		4,37	4,34	4,35	4,38	4,39	4,39	4,39	4,43
Aplicación a alta temperatura (2)									
Potencia calorífica neta (2)	(kW)	974,8	1.022,6	1.082,7	1.146,1	1.271,2	1.448,3	1.574,8	1.700,3
COP (2)		3,61	3,6	3,61	3,64	3,65	3,62	3,65	3,68
Número de circuitos frigoríficos		2							
Número de compresores		3	3	3	3	3	4	4	4
Nivel de potencia sonora (3)	(dB(A))	100	100	101	101	101	102	102	102
Pesos y dimensiones									
Longitud	(mm)	4.758	4.758	4.784	4.784	4.784	4.774	4.774	4.774
Anchura	(mm)	1.668	1.668	1.668	1.668	1.668	1.766	1.766	1.766
Altura	(mm)	2.034	2.034	2.034	2.034	2.034	2.137	2.137	2.137
Peso en funcionamiento	(kg)	5.278	5.186	5.373	5.427	5.486	6.938	7.016	7.099

(1) Temperatura del agua del condensador de 40/45 °C y del evaporador de 10/7 °C según la norma EN14511:2013.

(2) Temperatura del agua del condensador de 47/55 °C y del evaporador de 10/7 °C según la norma EN14511:2013.

(3) A plena carga y de conformidad con la norma ISO9614.

Ilustración 71. Especificaciones modelo 'SE' bombas de calor Trane

Análisis de demanda y estudio de hibridación de sala de calderas para la ETSII. Caso de estudio para descarbonizar el Campus de Vera, UPV

- Modelo CXAX

Tabla 62. Edificios con modelo de bomba de calor 'CXAX'

EDIFICIO	MODELO
5G	CXAX 045
4F	CXAX 039
3F	CXAX 060
3B	CXAX 015
5M	CXAX 046

Rendimiento según Eurovent (1)	CXAX 015	CXAX 017	CXAX 020	CXAX 023	CXAX 026	CXAX 030	CXAX 036	CXAX 039	CXAX 045	CXAX 035	CXAX 040	CXAX 046	CXAX 052	CXAX 060
Potencia calorífica neta (kW)	43	51	57	63	69	78	96	110	120	101	114	127	139	162
COP: versiones SE y HE	3,09	3,15	2,98	3,08	3,01	3,09	3,19	3,14	3,12	3,16	3,08	3,02	3,00	3,11
Clase de rendimiento Eurovent: calefacción	B	B	C	B										
SCOP	3,21	3,21	2,95	3,17	3,19	3,18	3,29	3,20	3,21	3,23	3,06	3,08	3,22	3,26
SCOP: versión HE	3,26	3,29	3,03	3,25	3,27	3,28	3,42	3,39	3,37	3,35	3,16	3,16	3,28	3,30
Potencia frigorífica neta (kW)	42	48	56	65	72	79	94	108	118	94	114	127	146	162
EER	2,90	2,83	2,91	2,97	2,84	2,84	2,90	3,00	2,88	2,81	3,06	2,96	2,95	2,93
Clase de rendimiento Eurovent: refrigeración	B	C	B	B	C	C	B	B	C	C	B	B	B	B
ESEER	3,71	3,75	3,63	3,80	3,84	3,82	3,96	3,95	3,84	3,91	3,88	3,81	3,91	3,88
ESEER: versión HE	3,77	3,80	3,84	4,03	3,96	3,98	4,09	4,20	4,02	3,98	4,10	4,00	4,03	3,95
Nivel de potencia sonora (nivel sonoro estándar) (dBA)	84	84	85	85	85	86	86	87	88	87	89	88	88	89
Nivel de potencia sonora (nivel sonoro bajo) (dBA)	78	78	78	80	81	80	81	81	82	81	81	83	83	84
Circuito frigorífico														
Número de circuitos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Número de compresores por circuito	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2
Dimensiones														
Longitud de la unidad (mm)	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.327	2.327	2.327	2.327	2.327	2.327	2.327	2.327
Anchura de la unidad (mm)	1.285	1.285	1.285	1.285	1.285	1.285	2.250	2.250	2.250	2.250	2.250	2.250	2.250	2.250
Altura de la unidad (nivel sonoro estándar) (mm)	1.524	1.524	1.524	1.524	1.524	1.724	1.524	1.524	1.524	1.524	1.524	1.524	1.524	1.724
Altura de la unidad (nivel sonoro bajo) (mm)	1.747	1.747	1.747	1.747	1.747	1.947	1.747	1.747	1.747	1.747	1.747	1.747	1.747	1.947
Pesos (2)														
Peso en funcionamiento (kg)	539	545	596	624	630	665	881	925	942	974	1.072	1.072	1.093	1.163

(1) Refrigeración a una temperatura del agua del evaporador de 12 °C/7 °C y una temperatura del aire del condensador de 35 °C, de conformidad con la norma EN14511:2013.

Calefacción a una temperatura del agua del evaporador de 40 °C/45 °C y una temperatura del aire del condensador de 7 °C (BS)/6 °C (BH), de conformidad con la norma EN14511:2013.

(2) Condiciones nominales sin el conjunto de la bomba.

La gama Conquest de Trane

- Trece tamaños de unidad con potencias comprendidas entre los 40 kW y los 165 kW.
- CGAX de solo frío: temperatura ambiente de -18 °C a +46 °C y temperatura del agua de salida de hasta -12 °C.
- CXAX con bomba de calor: temperatura ambiente de hasta -15 °C y temperatura del agua de salida de hasta 60 °C.
- Los modelos CGAX y CXAX se encuentran disponibles en las versiones de rendimiento estándar (SE) y alto rendimiento (HE).
- Dos versiones acústicas: nivel sonoro estándar (SN) y nivel sonoro bajo (LN).
- Opción de circuito sencillo o doble en la gama de 90 a 130 kW.

Ilustración 72. Especificaciones modelo 'CXAX' bombas de calor Trane