



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Análisis y calificación energética del edificio 8H del  
Campus de Vera de la Universitat Politècnica de València.  
Diseño y estudio técnico-económico de los elementos  
incluidos en la rehabilitación energética del edificio.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Tecnología Energética para Desarrollo  
Sostenible

AUTOR/A: Aneas Cambil, Alejandro

Tutor/a: Rodríguez Hernández, José Carlos

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIERÍA  
INDUSTRIAL VALENCIA

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍA ENERGÉTICA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

# **ANÁLISIS Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO 8H DEL CAMPUS DE VERA DE LA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. DISEÑO Y ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE LOS ELEMENTOS INCLUIDOS EN LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO.**

AUTOR: ALEJANDRO ANEAS CAMBIL

TUTOR: JOSÉ CARLOS RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ

**Curso Académico: 2021-22**



## **AGRADECIMIENTOS**

Hay muchas personas que han pasado por mi vida en el último año y a las que les quiero agradecer todo el apoyo mostrado, pero principalmente, las que han guiado mi camino estos últimos meses y a las que les quiero dar las gracias son las que cito a continuación:

A mi tutor, por abrirme y mostrarme el mundo de las certificaciones y las auditorías energéticas.

A mis compañeros de piso, por acoger a un malagueño extraviado por Valencia y hacerle sentir como si estuviera en casa.

A Carmen, por saber tratarme en cada momento, incluso en momentos de estrés cuando daba todo por perdido y sacarme una sonrisa que lo curase todo.

A mi abuela, por darme cobijo y cuidar cada detalle de mi estancia con ella minuciosamente y compartir conmigo momentos que nunca pudimos compartir anteriormente debido a la distancia entre nosotros. Estos meses a tu lado me han hecho crecer en muchos aspectos, pero sobre todo como persona.

A mis padres y mi hermano, por apoyarme en cada paso que doy y cada aventura en la que me adentro. Siempre me habéis sabido dar los mejores consejos y siempre habéis confiado en mí. Si la familia pudiera elegirse, os elegiría mil y una vez más.



## RESUMEN

El presente Trabajo Final de Máster se pretende hacer una auditoría energética completa del edificio 8H del Campus de Vera, haciendo un análisis primario de los consumos e instalaciones de este y posteriormente realizando su calificación energética oportuna. A continuación, y una vez conocidos los sumideros energéticos del edificio procedemos al diseño y al estudio técnico-económico de las medidas de mejora energética del edificio.

Para realizar todo este trabajo se ha procedido al uso de la suite de CYPE. En primer lugar y para realizar el análisis correcto de los consumos y posteriormente poderlos utilizar con PVSyst, se ha llevado a cabo una adecuación de los datos recibidos por parte de la ingeniería ya que es necesario tener un formato específico para poder estudiarlos de forma correcta. A continuación, se ha hecho la calificación energética del mismo, teniendo en cuenta los elementos constructivos que se indican en el pliego de condiciones técnicas de anteriores reformas de este, con ello y teniendo en cuenta bases de datos webs sobre composición de muros de edificios según su localización y año proporcionados por el IVE (Instituto Valenciano de la Edificación) se ha podido realizar una aproximación realista de los datos necesitados para realizar la calificación.

Posteriormente, y una vez realizada la calificación energética del edificio, se pasa al diseño y estudio técnico económico de las medidas de mejora incorporadas. Para ello se ha hecho uso tanto de los programas CYPE Lux como CYPE Therm Loads y posteriormente Open Bim DAIKIN para los sistemas de climatización propuestos. Además, se han dimensionado los sistemas de producción solar fotovoltaica con PVSyst y SketchUp y el sistema de producción de ACS que se desacople de la centralización del campus.

Finalmente, se ha realizado el estudio técnico-económico de los sistemas incorporados y presentado presupuesto de la rehabilitación completa.

**Palabras clave:** Análisis energético, Calificación energética, Energías renovables, edificio de consumo casi nulo, Rehabilitación energética, Climatización, Iluminación, ACS.

## RESUM

Aquest Treball Final de Màster es pretén fer una auditoria energètica completa de l'edifici 8H del Campus de Vera, fent una anàlisi primari dels consums i instal·lacions d'aquest i posteriorment realitzant la seva qualificació energètica oportuna. A continuació, i una vegada coneguts els embornals energètics de l'edifici, procedim al disseny i a l'estudi tecnicoeconòmic de les mesures de millora energètica de l'edifici.

Per fer tot aquest treball s'ha fet ús de la suite de CYPE. En primer lloc i per fer l'anàlisi correcta dels consums i posteriorment poder-los utilitzar amb PVSyst, s'ha dut a terme una adequació de les dades rebudes per part de l'enginyeria ja que cal tenir un format específic per poder estudiar-les de manera correcta. A continuació, se n'ha fet la qualificació energètica, tenint en compte els elements constructius que s'indiquen al plec de condicions tècniques d'anteriors reformes d'aquest, amb això i tenint en compte bases de dades webs sobre composició de murs d'edificis segons la seva localització i any proporcionats per l'IVE (Institut Valencià de l'Edificació) s'ha pogut fer una aproximació realista de les dades necessàries per fer la qualificació.

Posteriorment, i un cop realitzada la qualificació energètica de l'edifici, es passa al disseny i estudi tècnic econòmic de les mesures de millora incorporades. Per això s'ha fet ús tant dels programes CYPE Lux com CYPE Therm Loads i posteriorment Open Bim DAIKIN per als sistemes de climatització proposats. A més, s'han dimensionat els sistemes de producció solar fotovoltaica amb PVSyst i SketchUp i el sistema de producció d'ACS que es desacobla de la centralització del campus.

Finalment, s'ha realitzat l'estudi tecnicoeconòmic dels sistemes incorporats i presentat pressupost de la rehabilitació completa.

**Paraules clau:** Anàlisi energètica, Qualificació energètica, Energies renovables, edifici de consum gairebé nul, Rehabilitació energètica, Climatització, Il·luminació, ACS.

## **ABSTRACT**

The aim of this Master's Final Project is to carry out a complete energy audit of the 8H building on the Vera Campus, carrying out a primary analysis of the building's consumption and installations and subsequently carrying out the appropriate energy rating. Afterwards, and once the energy sinks of the building are known, we proceed to the design and the technical-economic study of the energy improvement measures of the building.

To carry out all this work, we have used the CYPE suite. Firstly, in order to carry out the correct analysis of the consumption and subsequently be able to use them with PVSyst, the data received from the engineering department was adapted, as it is necessary to have a specific format to be able to study them correctly. Next, the energy rating of the building has been carried out, considering the construction elements indicated in the technical specifications of previous reforms of the building. With this and considering web databases on the composition of building walls according to their location and year provided by the IVE (Valencian Institute of Building), it has been possible to make a realistic approximation of the data needed to carry out the rating.

Subsequently, and once the energy rating of the building has been carried out, the design and technical-economic study of the improvement measures incorporated is carried out. For this purpose, both CYPE Lux and CYPE Therm Loads, and later Open Bim DAIKIN programs have been used for the proposed air conditioning systems. In addition, the photovoltaic solar production systems have been dimensioned with PVSyst and SketchUp and the DHW production system that is decoupled from the centralization of the campus.

Finally, the technical-economic study of the incorporated systems has been carried out and a budget for the complete refurbishment has been presented.

**Keywords:** Energy analysis, Energy rating, Renewable energies, Near-zero energy building, Energy rehabilitation, Air conditioning, Lighting, DHW.



# ÍNDICE DE CONTENIDOS

Capítulo 1.	INTRODUCCIÓN .....	3
1.1.	ANTECEDENTES. ....	3
1.2.	OBJETIVO.....	3
1.3.	JUSTIFICACIÓN Y MOTIVACIÓN DE LA TEMÁTICA DEL TFM.....	3
1.3.1.	Justificación.....	3
1.3.2.	Motivación.....	3
1.4.	ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO. ....	4
Capítulo 2.	ESTADO DEL ARTE .....	5
2.1.	ESTUDIOS RECIENTES. ....	6
2.1.1.	Energías Renovables.....	6
2.1.2.	Sistemas Activos.....	8
2.1.3.	Sistemas Pasivos.....	9
Capítulo 3.	ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL EDIFICIO BASE .....	12
3.1.	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN sobre consumos eléctricos DEL EDIFICIO. ....	12
3.1.1.	Lectura de curva de consumo. ....	12
3.1.2.	Adaptación de las curvas de consumo para su correcta lectura.....	13
3.1.3.	Análisis de los datos y verificación de estos.....	16
3.1.4.	Análisis de los valores horarios obtenidos. ....	16
3.1.5.	Análisis de los valores cuarto-horarios.....	23
3.2.	DATOS CONSTRUCTIVOS Y ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO.....	23
3.2.1.	Suelos. ....	24
3.2.2.	Acabado de suelos interiores. ....	24
3.2.3.	Instalación de falso techo.....	24
3.2.4.	Cerramientos de fachadas.....	24
3.2.5.	Divisiones interiores.....	24
3.2.6.	Cerramientos de cubiertas modulares.....	25
3.2.7.	Descripción de paneles sándwich. ....	25

3.2.8.	Doble cubierta sobre los módulos. ....	25
3.2.9.	Carpintería interior.....	25
3.2.10.	Protección solar.....	26
3.2.11.	Carpintería interior.....	26
3.2.12.	Instalaciones eléctricas. ....	26
3.2.13.	Sistemas de climatización. ....	32
Capítulo 4.	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA INICIAL DEL EDIFICIO 8H.....	33
4.1.	CONTEXTO NORMATIVO DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA EN EDIFICIOS.....	33
4.1.1.	¿Dónde derivó la Directiva 2002/91/CE en España?.....	33
4.1.2.	RD 390/2021 Novedades con respecto al RD 234/2013.....	34
4.2.	DEFINICIÓN DE LA METODOLOGÍA bim. ....	35
4.3.	RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO SEGUIDO.....	36
4.3.1.	IFC Builder. ....	36
4.3.2.	Suspended Ceilings.....	37
4.4.	ESTUDIO Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICOS EN CYPETHERM. ....	38
4.4.1.	Elementos Constructivos generales. ....	38
4.4.2.	Climatización, Ventilación e Iluminación ....	40
4.4.3.	Sistema de producción de ACS.....	42
4.4.4.	Datos generales del edificio. ....	45
4.5.	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA PARA EL EDIFICIO 8H. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ESTOS.....	47
4.5.1.	Interpretación de los resultados obtenidos con CypeTherm Improvements. ....	49
4.5.1.1	Indicadores de calefacción. ....	49
4.5.1.2	Indicadores de refrigeración. ....	51
4.5.1.3	Informe de demanda energética de CypeTherm. ....	53
4.5.1.4	Otros indicadores. ....	53
Capítulo 5.	MEJORAS EN LA ENVOLVENTE TÉRMICA. ....	54
5.1.	INTRODUCCIÓN.....	54
5.2.	ENVOLVENTE TÉRMICA DE FACHADAS Y CUBIERTA. ....	54
5.2.1.	Tabiquería interior.....	58
5.3.	HUECOS ACRISTALADOS.....	58
5.4.	RESUMEN DE MEJORAS EN LA ENVOLVENTE TÉRMICA.....	58

Capítulo 6.	DISEÑO DE SISTEMAS PARA LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO 8H	59
6.1.	INTRODUCCIÓN .....	59
6.2.	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN .....	60
6.2.1.	Diseño de sistema de iluminación.....	60
6.2.1.1	Comparativa con el sistema de iluminación anterior a la reforma.....	63
6.2.1.2	Justificación de la DB HE 3.....	63
6.2.2.	Cálculo de cargas del edificio con CYPE LOADS.....	69
6.2.2.1	Resultados del cálculo de cargas para el edificio 8H.....	72
6.2.3.	Diseño del sistema de climatización con Open BIM DAIKIN. ....	79
6.2.3.1	Introducción. ....	79
6.2.3.2	Interfaz del programa Open BIM DAIKIN. ....	80
6.3.	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	83
6.3.1.	Introducción. ....	83
6.3.2.	Dimensionamiento del modelo 3D con SketchUp. ....	83
6.3.3.	Predimensionado del sistema fotovoltaico.....	84
6.3.4.	Cableado y protecciones del sistema fotovoltaico. ....	89
6.3.4.1	Cableado en DC/AC. ....	89
6.3.4.2	Protecciones en DC .....	90
6.3.4.3	Protecciones en AC.....	91
6.3.4.4	Render de la instalación fotovoltaica en la cubierta.....	92
6.3.5.	Simulación horaria con PVSyst.....	93
6.3.5.1	Análisis de resultados horarios obtenidos con PVSyst.....	94
6.4.	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE PROCCIÓN DE ACS. ....	96
6.4.1.	Introducción. ....	96
6.4.2.	Selección de bomba de calor. ....	96
Capítulo 7.	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA FINAL DEL EDIFICIO UNA VEZ REALIZADA LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEL MISMO.....	98
7.1.	INTRODUCCIÓN .....	98
7.2.	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA.....	98
7.2.1.1	Resultados obtenidos de la calificación energética .....	100
7.2.1.2	Comparativa con primeros resultados.....	103

---

Capítulo 8. ESTUDIO DE LA VIABILIDAD TÉCNICO-ECÓNOMICA DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO 8h.....	104
8.1. INTRODUCCIÓN.....	104
8.2. RESUMEN DE LAS MEJORAS Y PRESUPUESTO PARA LA INCORPORACIÓN DE ESTAS.	104
8.3. ESTUDIO DE LA RENTABILIDAD DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	105
8.4. ESTUDIO DE RENTABILIDAD PARA EL RESTO DE LOS SISTEMAS IMPLEMENTADOS.	109
Capítulo 9. CONCLUSIÓN.....	111
Capítulo 10. REFERENCIAS.....	113



## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Tendencia de precio histórica del panel fotovoltaico. Fuente: OurWorldinData .....	6
Ilustración 2. Evolución del precio MWh en España 2010-2021. Fuente: Statista .....	7
Ilustración 3. Parque de bombas de calor por zonas climáticas. Fuente: IDAE .....	8
Ilustración 4. Parque de bombas de calor por sectores. Fuente: IDAE .....	8
Ilustración 5. Número de equipos según su fuente térmica. Fuente: IDAE .....	9
Ilustración 6. Estructura de datos presentada. Fuente: Valnu Servicios de Ingeniería S.L .....	13
Ilustración 7. Consumo diario promedio por meses. Fuente: Elaboración propia .....	17
Ilustración 8. Totales de consumo mensual. Fuente: Elaboración propia .....	17
Ilustración 9. Día promedio de enero. Fuente: Elaboración propia .....	18
Ilustración 10. Día promedio de abril. Fuente: Elaboración propia .....	18
Ilustración 11. Día promedio de julio. Fuente: Elaboración propia .....	18
Ilustración 12. Día promedio de noviembre. Fuente: Elaboración propia .....	19
Ilustración 13. Periodos tarifarios según discriminación horaria y mensual. Fuente: Iberdrola .....	20
Ilustración 14. Consumos horarios discriminados según periodos tarifarios. Fuente: Elaboración propia	23
Ilustración 15. Descripción de propiedades físicas y térmicas de paneles sandwich. Fuente: Universitat Politécnica de València .....	25
Ilustración 16. Valor límite de eficiencia energética de la instalación (VEEI). Fuente: CTE .....	26
Ilustración 17. Extracto de plano planta baja de iluminación. Fuente: Universitat Politècnica de València .....	27
Ilustración 18. Caudales de aire exterior según RITE. Fuente: IDAE .....	27
Ilustración 19. Flujo de trabajo metodología BIM en suite CYPE. Fuente: BIMserver.center .....	35
Ilustración 20. Gestión de planos dentro de IFC Builder. Fuente: IFC Builder .....	36
Ilustración 21. Modelo geométrico en 3D. Fuente: IFC Builder .....	37
Ilustración 22. Definición del tipo de placa que conforma el falso techo. Fuente: Suspended Ceilings ....	37
Ilustración 23. Recintos del edificio. Fuente: CypeTherm .....	38
Ilustración 24. Definición de cerramientos. Fuente: CypeTherm .....	38
Ilustración 25. Definición de huecos acristalados. Fuente: CypeTherm .....	39
Ilustración 26. Uso de la herramienta aristas para el cálculo de puentes térmicos. Fuente: CypeTherm .	39
Ilustración 27. Definición de continuidad de aislamiento y columnas. Fuente: CypeTherm .....	40
Ilustración 28. Valores de ventilación, ocupación, cargas internas y ocupación. Fuente: CypeTherm .....	40
Ilustración 29. Definición de características del edificio base. Fuente: CypeTherm .....	41
Ilustración 30. Valores supuestos para dimensionamiento de sistema de calefacción. Fuente: CypeTherm .....	42
Ilustración 31. Valores supuestos para dimensionamiento de sistema de refrigeración. Fuente: CypeTherm .....	42
Ilustración 32. Tabla C del Anejo F de la DB HE para el cálculo de la demanda de ACS para uso distinto a residencial. Fuente: CTE .....	43
Ilustración 33. Acumulador industrial de 95 litros. Fuente: Saltoki .....	44
Ilustración 34. Inserción de parámetros calculados para la caldera de gas natural del edificio 8H. Fuente: CypeTherm .....	45
Ilustración 35. Parámetros generales del edificio 8H. Fuente: CypeTherm .....	46

Ilustración 36. Parámetros ambientales del emplazamiento. Fuente: CypeTherm .....	46
Ilustración 37. Vientos e irradiación y orientación del edificio. Fuente: CypeTherm.....	47
Ilustración 38. Calificación energética inicial del edificio 8H. Fuente: CypeTherm .....	48
Ilustración 39. Pérdidas en elementos para sistema de calefacción. Fuente: Elaboración propia .....	49
Ilustración 40. Diagrama de pérdidas en modo calefacción. Fuente: CypeTherm .....	49
Ilustración 41. Diagrama de representación de la Temperatura Media Radiante en el interior de un local. Fuente: Elaboración propia .....	50
Ilustración 42. Pérdidas en elementos para sistema de refrigeración. Fuente: Elaboración propia.....	52
Ilustración 43. Diagrama de pérdidas en modo refrigeración. Fuente: CypeTherm Improvements.....	52
Ilustración 44. Balance energético del edificio mes a mes. Fuente: CypeTherm .....	53
Ilustración 45. Valores límite de transmitancia térmica. Fuente: CTE DB HE1.....	54
Ilustración 46. Composición de muros según su año de construcción y clima. Fuente: TABULA web tool	55
Ilustración 47. Espesores necesarios para alcanzar 0.3 [W/m <sup>2</sup> -K] según el material. Fuente: Fenercom .56	
Ilustración 48. Ejemplo de incidencia de rayos solares en cubierta y en muros verticales de edificio tipo. Fuente: Elaboración propia .....	57
Ilustración 49. Definición de características de zonas para el cálculo de iluminación. Fuente: CYPE Lux..	60
Ilustración 50. Definición de luminarias LED. Fuente: CYPE Lux.....	61
Ilustración 51. Distribución de iluminación en planta P1. Fuente: CYPE Lux .....	62
Ilustración 52. Diagrama de isovalores de la P1. Fuente: CYPE Lux .....	62
Ilustración 53. Documento justificativo CTE DB HE 3 página 2. Fuente: CYPE .....	64
Ilustración 54. Documento justificativo CTE DB HE 3 página 3. Fuente: CYPE .....	65
Ilustración 55. Documento justificativo CTE DB HE 3 página 4. Fuente: CYPE .....	66
Ilustración 56. Documento justificativo CTE DB HE 3 página 5. Fuente: CYPE .....	67
Ilustración 57. Documento justificativo CTE DB HE 3 página 6. Fuente: CYPE .....	68
Ilustración 58. Recintos que conforman las zonas del edificio. Fuente: CYPE Loads .....	69
Ilustración 59. Definición de recintos. Fuente: CYPE Loads .....	69
Ilustración 60. Perfil de uso. Fuente: CYPE Loads.....	70
Ilustración 61. Definición de recintos no habitables. Fuente: CYPE Loads.....	71
Ilustración 62. Informe de cargas térmicas página 2. Fuente: CYPE Loads .....	73
Ilustración 63. Informe de cargas térmicas página 3. Fuente: CYPE Loads .....	74
Ilustración 64. Informe de cargas térmicas página 4. Fuente: CYPE Loads .....	75
Ilustración 65. Informe de cargas térmicas página 5. Fuente: CYPE Loads .....	76
Ilustración 66. Informe de cargas térmicas página 6. Fuente: CYPE Loads .....	77
Ilustración 67. Unidades exteriores del sistema de climatización. Fuente: Google Maps .....	78
Ilustración 68. Interfaz de Open BIM DAIKIN. Fuente: CYPE .....	80
Ilustración 69. Extracto del proyecto de climatización. Fuente: CYPE .....	81
Ilustración 70. Materiales necesarios (VRV). Fuente: CYPE.....	81
Ilustración 71. Materiales necesarios (Tuberías). Fuente: CYPE .....	82
Ilustración 72. Modelo 3D del edificio con SketchUp. Fuente: SketchUp .....	83
Ilustración 73. Simulation Tool PVgis. Fuente:PVgis .....	84
Ilustración 74. Ficha técnica de paneles. Fuente: Jetion Solar .....	86
Ilustración 75. Ficha técnica de inversor GreenHeiss de 60kWn. Fuente: Saltoki.....	86
Ilustración 76. Esquema de distribución de strings para cada MPPT del inversor. Fuente: Elaboración propia.....	87
Ilustración 77. Curva I-V a diferentes temperaturas para los módulos. Fuente: Jetion Solar .....	88
Ilustración 78. Coeficientes de variación de los parámetros eléctricos de módulos con la temperatura. Fuente: Jetion Solar .....	88
Ilustración 79. Esquema unifilar de la instalación fotovoltaica. Fuente: Elaboración propia .....	92
Ilustración 80. Renderizado de instalación fotovoltaica en cubierta. Fuente: Elaboración propia.....	92
Ilustración 81. Modelo 3D leído por el software de simulación. Fuente: PVSyst.....	93

---

Ilustración 82. Consumos eléctricos mensuales antes y después de insertar la fotovoltaica. Fuente: Elaboración propia.....	94
Ilustración 83. Promedios diarios de consumo de red, exportación y generación. Fuente: Elaboración propia.....	95
Ilustración 84. Gráfica horaria del día promedio anual. Fuente: Elaboración propia .....	95
Ilustración 85. Bomba de calor aire/agua seleccionada para producción de ACS. Fuente: Saltoki.....	97
Ilustración 86. Sistemas de climatización dimensionados. Fuente: Cype .....	98
Ilustración 87. Inserción de generación FV en el programa de calificación energética. Fuente: Cype .....	99
Ilustración 88. Bomba de calor introducida para ACS. Fuente: Cype .....	100
Ilustración 89. Justificación de la DB-HE0. Fuente: Cype .....	100
Ilustración 90. Justificación de la DB-HE1. Fuente: Cype .....	101
Ilustración 91. Justificación de la DB-HE4. Fuente: Cype .....	101
Ilustración 92. Calificación energética final del edificio 8H con la rehabilitación energética diseñada. Fuente: Cype.....	102
Ilustración 93. Evolución del VAN del proyecto en 20 años. Fuente: Elaboración propia .....	109



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de valores obtenidos frente a valores dados. Fuente: Elaboración propia .....	16
Tabla 2. Promedios de consumo diarios y totales mensuales. Fuente: Elaboración propia .....	17
Tabla 3. Consumos horarios discriminados por periodos tarifarios. Fuente: Elaboración propia .....	22
Tabla 4. Características de ventilación e iluminación de los locales de la planta baja. Fuente: Elaboración propia.....	28
Tabla 5. Características de ventilación e iluminación de los locales de la planta primera. Fuente: Elaboración propia.....	30
Tabla 6. Valores introducidos para los distintos recintos del edificio base. Fuente: Elaboración propia ..	41
Tabla 7. Indicadores primarios y secundarios obtenidos. Fuente: Elaboración propia.....	47
Tabla 8. Valores de pérdidas por elementos en modo calefacción. Fuente: Elaboración propia .....	49
Tabla 9. Valores de pérdidas por elementos en modo refrigeración. Fuente: Elaboración propia .....	51
Tabla 10. Medidas de mejora en fachadas, cubiertas y huecos acristalados. Fuente: Elaboración propia	58
Tabla 11. Tabla comparativa de potencia instalada en iluminación. Fuente: Elaboración propia .....	63
Tabla 12. Propiedades de los recintos que componen el edificio. Fuente: Elaboración propia.....	71
Tabla 13. Resumen de cargas térmicas para calefacción y frío calculadas. Fuente: Elaboración propia ...	72
Tabla 14. Número de equipos instalados de cada tipo anteriormente. Fuente: Elaboración propia .....	72
Tabla 15. Comparación de potencias instaladas con la potencia una vez realizada la rehabilitación para la climatización. Fuente: Elaboración propia.....	78
Tabla 16. Rendimiento y calificaciones de unidades exteriores del sistema VRV. Fuente: Elaboración propia.....	82
Tabla 17. Valores de radiación media mensual y diaria en el plano de 30 [deg] para Valencia. Fuente: PVgis .....	85
Tabla 18. Tabla de comprobación de valores eléctrico de inversor. Fuente: Elaboración propia.....	89
Tabla 19. Cálculo de sección de conductores por tramo según intensidad máxima ITC-BT-19. Fuente: Elaboración propia.....	90
Tabla 20. Cálculo de sección de conductores por caída de tensión máxima. Fuente: Elaboración propia	90
Tabla 21. Generación FV mensual. Fuente: Elaboración propia.....	99
Tabla 22. Comparativa de indicadores de calificación energética inicial y final. Fuente: Elaboración propia .....	103
Tabla 23. Resumen de presupuesto realizado para cada medida de mejora a incorporar. Fuente: Elaboración propia.....	105
Tabla 24. Precios del término variable de factura eléctrica de la UPV. Fuente: Elaboración propia .....	105
Tabla 25. Valores iniciales anteriores al uso de la fotovoltaica. Fuente: Elaboración propia .....	106
Tabla 26. Valores obtenidos de la simulación con PVSyst horarios contabilizados para cada periodo tarifario. Fuente: Elaboración propia.....	107
Tabla 27. Valores calculados para el estudio de viabilidad económica del proyecto fotovoltaico. Fuente: Elaboración propia.....	108
Tabla 28. Payback y Tasa Interna de Retorno del proyecto. Fuente: Elaboración propia .....	108
Tabla 29. Variación en el consumo de energía primaria no renovable. Fuente: Elaboración propia.....	109
Tabla 30. Ahorros totales anuales aproximados de los sistemas implementados. Fuente: Elaboración propia.....	110

Tabla 31. Periodos de retorno de inversión de los sistemas de climatización, ACS e Iluminación. Fuente:  
Elaboración propia..... 110



# MEMORIA DESCRIPTIVA DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

# **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. ANTECEDENTES.**

El presente trabajo nace bajo la preocupación de la Universitat Politècnica de València por hacer de la misma una institución del mayor calibre sostenible posible.

Desde algunos años atrás, el modelo de sostenibilidad que se ha querido incorporar en las instalaciones de los edificios que conforman todo el complejo universitario, se puede ver latente en el ambiente con la mejora de sus servicios energéticos.

En el caso que ocupa este Trabajo Fin de Máster y queriéndonos centrar en los principios que trata de recalcar el Máster Universitario en Tecnología Energética para el Desarrollo Sostenible, se ha decidido hacer un estudio para la mejora del rendimiento energético del edificio 8H del campus de la UPV, así como la implementación de energías renovables en el mismo.

## **1.2. OBJETIVO.**

Como se anticipa anteriormente, la finalidad u objetivo de este proyecto no es otra que el desarrollo de un plan de acción para la mejora de la eficiencia energética del edificio comentado anteriormente del campus de la Universitat Politècnica de València, así como la implementación de autoconsumo para reducir aún más la huella de carbono del edificio. Este plan irá apoyado por un estudio técnico económico de la viabilidad del proyecto para ante todo, poder hacerlo competitivo y viable en el ámbito industrial.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN Y MOTIVACIÓN DE LA TEMÁTICA DEL TFM.**

### **1.3.1. Justificación.**

Este proyecto es de completa relevancia tanto para la Universitat Politècnica de València como para las entidades que ocupan el edificio 8H en su totalidad debido al alto potencial de mejora en su escenario energético. No solo se propone una modificación en las instalaciones y sistemas del edificio, sino que también se estudia su viabilidad técnico-económica para poder llegar a implementar cualesquiera de las medidas de mejora energética propuestas en este documento.

### **1.3.2. Motivación.**

La motivación por la que se elige esta temática para la realización del Trabajo Fin de Máster es la preocupación medioambiental y la querencia de ayudar a contribuir en una transición energética sostenible hacia un mundo donde los consumos energéticos sean mínimos y la autonomía de los edificios para la generación de su propia electricidad a partir de fuentes de energía renovables sea sobresaliente.

#### 1.4. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO.

La memoria del Trabajo Fin de Máster que estamos tratando se va a ordenar siguiendo la siguiente estructura:

- **Introducción y estado del arte** → Parte del documento introductoria donde se van a ver los principales aspectos que motivan la realización del trabajo, así como la puesta en contexto de los temas y sistemas a tratar en el mismo.
- **Estudio de datos suministrados y calificación energética inicial** → En esta segunda parte, se van a gestionar y analizar los datos proporcionados por la ingeniería encargada del mantenimiento del edificio, así como la realización de la calificación energética inicial para el reconocimiento de los posibles puntos de mejora en régimen energético del edificio para una potencial rehabilitación.
- **Diseño de sistemas implementados en la rehabilitación energética** → En esta parte se pasa al dimensionamiento y diseño de los sistemas que se van a implementar en las medidas de mejora energética, tanto sistemas activos como pasivos.
- **Calificación energética final** → Se realiza esta calificación energética para el conocimiento y la medida del nivel de mejora que se ha tenido a la hora de realizar la rehabilitación energética.
- **Estudio técnico-económico de las medidas implementadas** → Posterior a la realización del presupuesto de cada una de las mejoras, se pasa al estudio de la viabilidad de los proyectos de ejecución de todas y cada una de las mejoras energéticas propuestas.

## **CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE**

Con la intención de establecer un punto de partida para la lectura de este documento, establecer referencias para el desarrollo del proyecto, se ha realizado una sección de estado del arte. De este modo, el lector va a ser capaz de sumergirse en el documento y poder entender el porqué de las acciones llevadas a cabo para la mejora de la eficiencia energética.

Debido principalmente a los avances a pasos agigantados de la tecnología tanto en edificación como en todos los ámbitos de la ingeniería en general, la construcción de edificios de nueva planta ha cambiado drásticamente (1). Estos avances han permitido que se produzcan grandes mejoras en cuanto a rendimientos energéticos de los diferentes sistemas que componen dichos edificios. En concreto, se estima que hoy en día el 80% del consumo energético mundial se concentra en las grandes ciudades, mientras que de este 80% aproximadamente el 40% tiene que ver con el consumo energético en edificios de vivienda (2). La optimización de estos edificios en cuanto a términos de ahorro y eficiencia energética podría llegar a mejorar ampliamente los Objetivos de Desarrollo Sostenible (SDG's) desarrollado por la UNDP (United Nations Development Programme) y más en concreto los números 11 y 13.

- **Objetivo número 11.** “Sustainable cities and communities”, Según la UNDP el rápido crecimiento de las ciudades, el crecimiento de la población y el incremento de la migración ha derivado en un “boom” de las “mega-ciudades”, especialmente en el primer mundo. Hacer que las ciudades sean sostenibles es sinónimo de creación de oportunidades de empleo, seguridad y construcción de casas asequibles para cualquier bolsillo y la creación sociedades y economías resilientes. Para ello será necesario invertir en nuevos medios de transporte público, creación de nuevos espacios verdes, mejorar el plan urbanístico (3).
- **Objetivo número 13.** “Climate action”. Como objeta la UNDP, no existe país que esté experimentando ahora mismo los efectos del cambio climático en todos los aspectos posibles. Las emisiones de gases efecto invernadero son un 50% mayores que las de los años 1990. Además, las pérdidas anuales de dinero por desastres naturales llegan a superar los cientos de billones de dólares, pero esto no solo afectó al medio ambiente, sino que a su vez tuvo efectos contra la población humana causando grandes números tanto de muertes como de personas heridas. “Todavía es posible, con una fuerte voluntad política, un aumento de la inversión y el uso de la tecnología existente, limitar el aumento de la temperatura media mundial a dos grados centígrados por encima de los niveles preindustriales, con el objetivo de llegar a 1,5 °C, pero para ello se requiere una acción colectiva urgente y ambiciosa” (4).

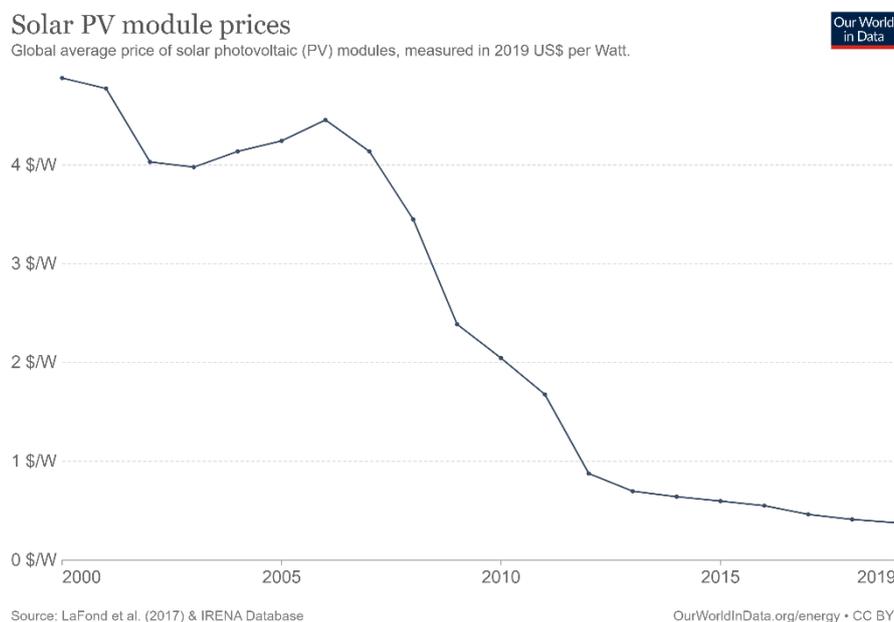
Las últimas investigaciones indican que una política energética eficaz proporciona a los consumidores información fiable y a los promotores de proyectos un entorno normativo estable. El comportamiento de las inversiones es racional y responde a una información fiable que induce a optar por edificios sostenibles. El problema viene la mayoría de las ocasiones producido por el propio consumidor que prefiere una pequeña inversión inicial, aunque con los años los gastos energéticos tanto en electricidad como en consumo de algún combustible fósil mientras que si realmente hiciera un pequeño esfuerzo es una mayor inversión inicial, con los años compensaría este incremento con creces.

## 2.1. ESTUDIOS RECIENTES.

### 2.1.1. Energías Renovables.

Estudios recientes, muestran que, si no se mejora la eficiencia energética, para el año 2050 está previsto un aumento del 50% en el consumo energético mundial lo cual conllevaría grandes efectos negativos. La única alternativa posible a la mejora de la eficiencia energética de procesos sería la producción de energía eléctrica a gran escala a partir de fuentes completamente renovables.

Desde el año 2000 el precio del Vatio pico de panel ha descendido considerablemente. Esto lo podemos ver en la Ilustración 1. Observamos que el precio del Vatio pico (Wp) ha variado desde más de los 4 \$/Wp hasta llegar a cifras de 0.38 \$/Wp en el 2019 (5), precio que a día de hoy no ha variado demasiado debido a las crisis en materias primas derivadas de la pandemia de la Covid19.



**Ilustración 1. Tendencia de precio histórica del panel fotovoltaico. Fuente: OurWorldinData**

Con estos datos y conociendo el aumento del precio del kWh en España en los últimos meses podemos llegar a tener rentabilidades muy altas en proyectos renovables en el país. En la Ilustración 2, podemos ver que el precio del MWh en España desde el año 2010 ha subido un

356% lo que significa que por MWh producido por una instalación de autoconsumo instalada, hoy en día, nos ahorramos un 356% más que en 2010, con lo que los estudios de rentabilidad nos arrojan valores prometedores en cuanto al periodo de retorno de la inversión haciendo que disminuyan hasta cantidades mucho menores a los 10 años.

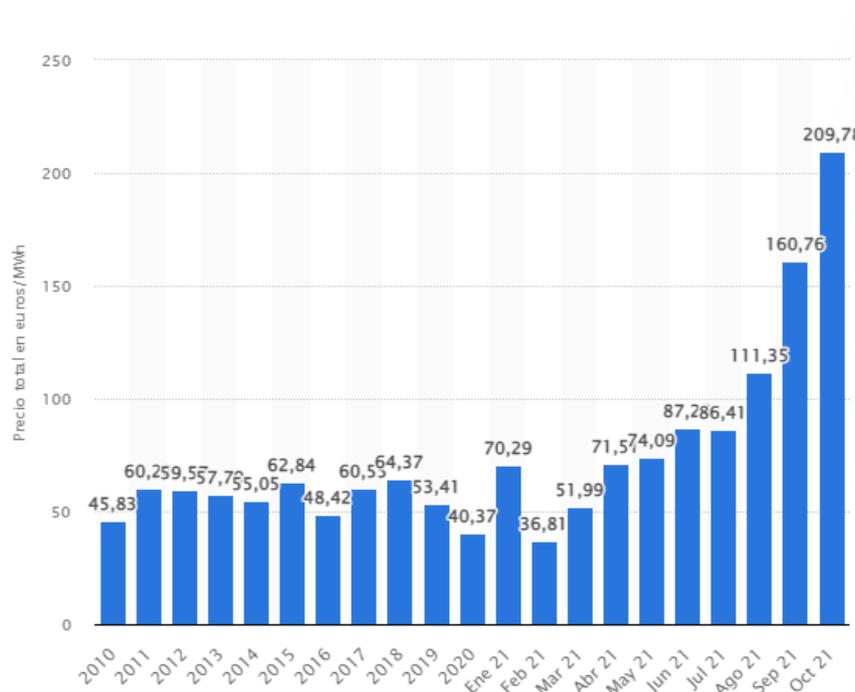


Ilustración 2. Evolución del precio MWh en España 2010-2021. Fuente: Statista

A todo esto, hay que sumarle las ayudas que la Unión Europea ha puesto a disposición de los países que componen la misma, **“Next Generation EU”**, con una cifra total de 806 900 millones de euros para todos los países *“que contribuirá a reparar los daños económicos y sociales inmediatos causados por la pandemia de coronavirus. La Europa posterior a la COVID-19 será más ecológica, más digital, más resiliente y mejor adaptada a los retos actuales y futuros”* (6).

En concreto, de estos fondos, un total de 660 millones de euros están dirigidos al incentivo de las energías renovables y el almacenamiento con baterías de litio para acoplamiento de las curvas de demanda y generación. Estas subvenciones, están gestionadas y repartidas por el IDAE según el **RD 477/2021 del 29 de junio** en el cual se aprueba *“la concesión directa a las comunidades autónomas y a las ciudades de Ceuta y Melilla ayudas para la ejecución de diversos programas de incentivos ligados al autoconsumo y almacenamiento, con fuentes de energía renovable, así como a la implantación de sistemas térmicos renovables en el sector residencial, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia”*.

Con la adición de estas ayudas la persona física o jurídica que desee hacer una instalación de energía renovable disminuirá aún más el *“payback period”* del proyecto.

### 2.1.2. Sistemas Activos.

Para conseguir sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado, con sus siglas en inglés HVAC, energéticamente eficientes en los edificios es mejorar los diseños de sus diversos componentes mecánicos y eléctricos integrados y controlar y hacer funcionar las instalaciones de forma óptima.

Los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado más eficientes reducen considerablemente el consumo de energía en los edificios, lo cual es significativo si se tiene en cuenta que los edificios consumen más del 40% del consumo total de energía en muchos países desarrollados (7).

Hoy en día, por lo que se puede ver en un estudio realizado por el IDAE, “Síntesis del Estudio Parque de Bombas de Calor en España”, se ve que la mayoría de las instalaciones de bombas de calor se da en los climas cercanos a la costa mediterránea y sobre todo en hogares, estas afirmaciones las podremos ver en las siguientes gráficas.

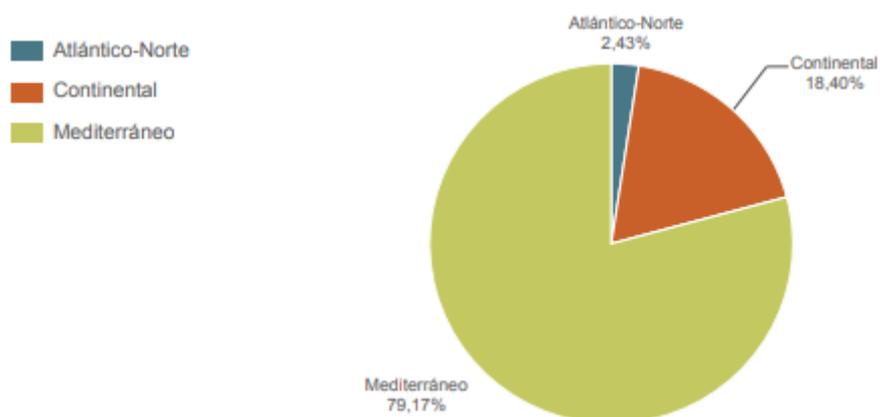


Ilustración 3. Parque de bombas de calor por zonas climáticas. Fuente: IDAE

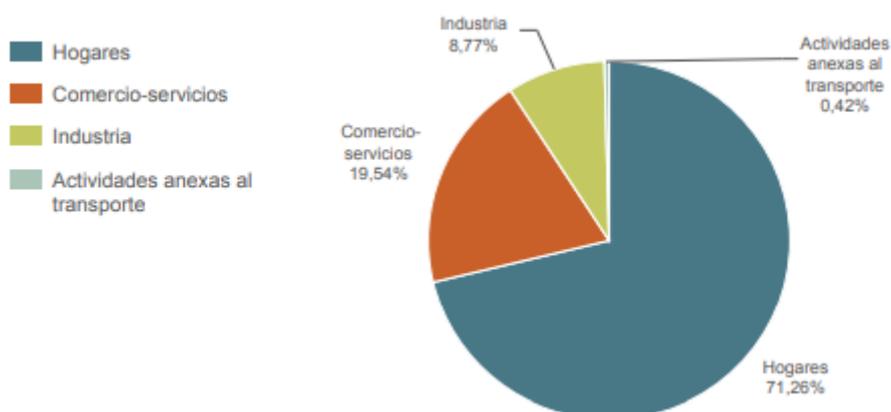


Ilustración 4. Parque de bombas de calor por sectores. Fuente: IDAE

Como podemos sacar de la Ilustración 3, el clima mediterráneo tiene un amplio parque de bombas de calor comparado con otros climas de la península. Además, en la Ilustración 4 se puede observar de igual forma que la mayor parte de estas están instaladas en los hogares y en comercios y servicios. Además, en la Ilustración 5, se puede ver que la principal fuente de energía

o energía más extendida es la aerotérmica. Esto se debe a que los equipos de aerotermia se han extendido en una amplia cantidad y llegado a todos los públicos con un marketing que los define como sistemas o equipos de energía renovable debido a sus altas eficiencias.

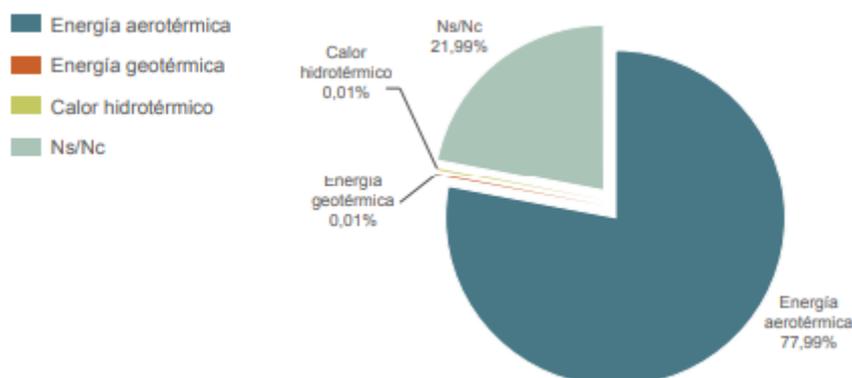


Ilustración 5. Número de equipos según su fuente térmica. Fuente: IDAE

### 2.1.3. Sistemas Pasivos.

Como comentamos en esta sección del estado del arte, es necesario la mejora de los sistemas activos que componen el edificio para así poder mejorar la eficiencia energética del cómputo global. En ocasiones confundimos dos términos y es que el cambiar los equipos por equipos con mayor eficiencia no siempre significa que se mejore la eficiencia global del sistema, sino que es necesario un buen dimensionamiento y diseño de estos. De igual manera, no es suficiente solamente la mejora de los sistemas activos, sino que los elementos pasivos también son muy importantes en la mejora de la eficiencia energética.

Los sistemas pasivos, como lo pueden ser el aislamiento térmico, cornisas para creación de sombras, el tener fachadas de color claro o color oscuro, dependiendo de localización, ventanas, etc., son elementos que se deben de diseñar lo más optimizado posible para también favorecer la eficiencia energética y la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Por lo general, los edificios anteriores a las nuevas condiciones del CTE tienen altas pérdidas de energía a través de los muros debido al bajo espesor y calidad de los aislamientos que componen los cerramientos de este. A su vez, hay que sumarle los puentes térmicos que pueden aparecer en las uniones de forjados, ventanas y huecos, etc.

Una de las formas más sencillas y eficaces de conservar la energía es el aislamiento de los edificios. El objetivo principal de montar material aislante en el edificio es reducir el consumo de energía para calefacción o refrigeración aumentando la resistencia térmica de la envolvente del edificio.

Se ha realizado un estudio comparativo de los sistemas de aislamiento térmico interno frente al externo para hacer que los edificios residenciales sean más eficientes energéticamente. Tanto el aislamiento térmico externo como el interno reducen significativamente la demanda total de energía, pero aportan diferentes beneficios en cuanto a la protección de las paredes y la formación de moho, y la instalación del aislamiento térmico es más adecuada en el exterior (8).

La demanda de energía para calefacción se reduce drásticamente cuando se aplica el aislamiento externo o interno. Cuando se instala una capa de aislamiento, se evita que las paredes exteriores se enfríen durante la noche, mientras que en el caso de que no se aisle la pared, la tasa de transferencia de calor entre el aire interior y el exterior es más intensa, lo que conlleva un descenso significativo de la temperatura de la pared.



# **CAPÍTULO 3. ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL EDIFICIO**

## **BASE**

### **3.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE CONSUMOS ELÉCTRICOS DEL EDIFICIO.**

En primer lugar, y para poder realizar el estudio energético y la posterior calificación energética del edificio, es necesario recopilar información sobre la envolvente térmica del mismo, así como dimensiones, sistemas de climatización e iluminación...

En este caso, contactamos con el servicio de ingeniería que gestiona los medidores telemáticos que dispone el edificio, así como el resto de documentación técnica y constructiva del edificio.

#### **3.1.1. Lectura de curva de consumo.**

La curva presentada por el servicio de ingeniería en este caso es una curva cuarto-horaria incompleta, por lo que la habrá dificultad añadida a la hora de la obtención de datos realistas y será necesario en ciertos aspectos aproximar algunos de ellos.

Se muestra un documento Excel con las lecturas de potencias instantáneas de dos medidores, a nombrar "m0805-Red P0" y "m0806-Red P1". Estos medidores, además, no incluyen la energía consumida por los sistemas de climatización por lo que la mejora energética de los mismos se hará de forma aproximada. De igual modo, la curva mostrada, aunque vaya desde el día 1 de enero de 2018 hasta el día 31 de diciembre de 2018, tiene un total de 66411 valores, por lo que será un total aproximado de 33205.5 valores cuarto-horarios por cada medidor y un total de 8301 valores horarios para cada medidor. Si tenemos en cuenta que el total de horas del año son 8760, vemos que existe una diferencia de aproximadamente 459 horas del año que no están identificadas en el Excel que se nos presenta. Es por ello por lo que el estudio horario de los consumos del edificio se nos complica considerablemente.

Para poder analizar correctamente los datos aportados por la ingeniería hemos tenido que reestructurarlos. En la Ilustración 6, se puede ver un extracto del Excel obtenido por parte del sistema de medición de datos cuartos horarios. En primer lugar, para tramo cuarto horario, tenemos los dos medidores en la misma columna con sus potencias instantáneas lo cual es algo tedioso de analizar y, además, tenemos que las curvas son cuarto horarias, por lo que para la obtención de potencias pico y obtención de penalizaciones por excesos de potencia sería útil el uso de estas.

Por otro lado, en la imagen derecha, vemos que tenemos los totales de consumo mensuales, lo cuales nos van a servir como referencia para comparar con los resultados que obtengamos una vez saquemos las curvas horarias del año completo.

FECHA	MEDIDOR	POTENCIA[kW]		
01/01/2018 - 0:00:00	m0805-Red P0	6	ene	11496
01/01/2018 - 0:00:00	m0806-Red P1	1	feb	11572
01/01/2018 - 0:15:00	m0805-Red P0	8	mar	9142
01/01/2018 - 0:15:00	m0806-Red P1	1	abr	7162
01/01/2018 - 0:30:00	m0805-Red P0	6	may	7809
01/01/2018 - 0:30:00	m0806-Red P1	1	jun	10783
01/01/2018 - 0:45:00	m0805-Red P0	6	jul	13527
01/01/2018 - 0:45:00	m0806-Red P1	1	ago	7358
01/01/2018 - 1:00:00	m0805-Red P0	8	sep	10465
01/01/2018 - 1:00:00	m0806-Red P1	1	oct	8519
01/01/2018 - 1:15:00	m0805-Red P0	6	nov	9797
01/01/2018 - 1:15:00	m0806-Red P1	1	dic	8846
01/01/2018 - 1:30:00	m0805-Red P0	6		
01/01/2018 - 1:30:00	m0806-Red P1	1		
01/01/2018 - 1:45:00	m0805-Red P0	6		
01/01/2018 - 1:45:00	m0806-Red P1	1		
01/01/2018 - 2:00:00	m0805-Red P0	8		
01/01/2018 - 2:00:00	m0806-Red P1	1		
01/01/2018 - 2:15:00	m0805-Red P0	6		
01/01/2018 - 2:15:00	m0806-Red P1	1		
01/01/2018 - 2:30:00	m0805-Red P0	6		
01/01/2018 - 2:30:00	m0806-Red P1	1		

Ilustración 6. Estructura de datos presentada. Fuente: Valnu Servicios de Ingeniería S.L

### 3.1.2. Adaptación de las curvas de consumo para su correcta lectura.

Para poder adaptar las curvas de consumo, se ha utilizado el lenguaje de programación Python a través de su visualizador y motor de ejecución propio Anaconda.

En primer lugar, se han adecuado ambos medidores, separando las lecturas para los diferentes tramos horarios de ambos. La lógica de programación para este paso es tan simple como diferenciar las filas del Excel con cada nombre de cada medidor, en este caso, “m0805-Red P0” y “m0806-Red P1”. A continuación, se puede ver el extracto de código que hace esto y devuelve el Excel estructurado con estos valores cuarto horarios diferenciados:

```

#%% Importación de librerías
import pandas as pd
from datetime import datetime

# %% LECTURA DE DATOS

# Lectura de datos del excel
datos = pd.read_excel('Consumos_2018_8H.xlsx',
sheet_name='potenciakW')
contador = 0

#Definición de listas vacías
fecha_p0 = []
medidor_p0 = []
potencia_kW_p0= []

fecha_p1 = []
medidor_p1 = []
potencia_kW_p1= []

#%% Separación de Valores pertenecientes a un contador P0 y a P1

for i in range(len(datos)): #Bucle para valores de P0

```

```

    if datos.loc[i, 'MEDIDOR'] == 'm0805-Red P0':

        fecha_temp = datos.loc[i, 'FECHA']
        fecha_dt = datetime.strptime(fecha_temp, '%d/%m/%Y -
%H:%M:%S')
        fecha_p0.append(fecha_dt)

        medidor_p0.append(datos.loc[i, 'MEDIDOR'])
        potencia_kW_p0.append(datos.loc[i, 'POTENCIA[kW]'])

for i in range(len(datos)): #Bucle para valores de P0

    if datos.loc[i, 'MEDIDOR'] == 'm0806-Red P1':
        contador +=1

        fecha_temp = datos.loc[i, 'FECHA']
        fecha_dt = datetime.strptime(fecha_temp, '%d/%m/%Y -
%H:%M:%S')
        fecha_p1.append(fecha_dt)

        medidor_p1.append(datos.loc[i, 'MEDIDOR'])
        potencia_kW_p1.append(datos.loc[i, 'POTENCIA[kW]'])

writer = pd.ExcelWriter('P0_P1.xlsx')
contador_p0 = {'FECHA':fecha_p0 ,
'MEDIDOR':medidor_p0, 'POTENCIA[kW]':potencia_kW_p0}
contador_p1 = {'FECHA':fecha_p1 ,
'MEDIDOR':medidor_p1, 'POTENCIA[kW]':potencia_kW_p1}
Data_p0= pd.DataFrame(contador_p0)
Data_p1= pd.DataFrame(contador_p1)
Data_p0.to_excel(writer, sheet_name = 'P0', index = False)
Data_p1.to_excel(writer, sheet_name = 'P1', index = False)

writer.save()

```

Finalmente, es necesario obtener los valores de consumos horarios en kWh para poder hacer el correcto análisis energético de estos valores. Esto sería tan sencillo como agrupar cada cuatro cuartos de hora la media de potencia leída y hecho una media de estas para así conocer la energía en kWh consumida por el edificio y leída por el medidor. En este caso, seguimos teniendo más dificultades, y no todas las horas están completas con 4 cuartos de hora, sino que hay horas que no existen o incluso cuartos de hora que tampoco existen, por ejemplo, para las 01:00, deberíamos tener las 01:00, 01:15, 01:30 y 01:45 horas, pero no en todos los tramos horarios es así, sino que faltan por ejemplo las 01:15 por lo que en este caso la media sería entre dividiendo entre 3, no entre cuatro.

Por ello en este caso también optamos por analizar con Python el Excel resultante del código anterior que nos consiga obtener las medias para cada hora teniendo en cuenta el número total de lecturas realizadas para esa misma hora. El extracto de código que realiza las funciones comentadas anteriormente se puede ver en la siguiente página al completo.

```
### LECTURA P0
datos = pd.read_excel('P0_P1.xlsx', sheet_name='P0')
datos['FECHA'] = pd.to_datetime(datos['FECHA'], format='%Y-%m-%d
%H:%M:%S')

hora_temp_list = []
fecha_nueva_list = []
potencia_nueva_list = []
medidor_nuevo_list = []
potencia_list = []
media_list = []
contador = 0
potencia_temp = 0
contador_for = 0
i = 0
potencia_comp = 0
potencia_max = 0
maximetro_list = []

while i < len(datos):

    hora_actual = datos.loc[i, 'FECHA'].hour
    contador_for+=1

    while hora_actual == datos.loc[i, 'FECHA'].hour:
        potencia_comp = datos.loc[i, 'POTENCIA[kW]']
        potencia_temp += datos.loc[i, 'POTENCIA[kW]']
        contador += 1
        i+=1

        if potencia_comp > potencia_max:
            potencia_max = potencia_comp

        if i == len(datos):
            hora_actual = -1
            break

    maximetro_list.append(potencia_max)
    potencia_list.append(potencia_temp/contador)
    fecha_nueva_list.append(datos.loc[i-1, 'FECHA'])
    medidor_nuevo_list.append(datos.loc[i-1, 'MEDIDOR'])
    contador = 0
    potencia_temp = 0
    potencia_comp = 0
    potencia_max = 0

writer = pd.ExcelWriter('P0_Curva_Horaria_maximetro.xlsx')
contador_p0 = {'FECHA':fecha_nueva_list ,
'MEDIDOR':medidor_nuevo_list, 'POTENCIA[kW]':potencia_list, 'Potencia
máxima [kW]' : maximetro_list}
Data_p0= pd.DataFrame(contador_p0)
Data_p0.to_excel(writer, sheet_name = 'P0', index = False)

writer.save()
```

Con esto, ya tenemos un formato en Excel con las curvas de consumos horarias de cada contador que podemos usar tanto para analizar los consumos mensuales como horarios e incluso utilizarlo para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico a implementar, así como la simulación horaria con PVSyst.

Así mismo, como aparece reflejado en el código, se han interpretado las potencias máximas que se tiene en cada cuarto de hora para así posteriormente estudiar las penalizaciones por exceso de potencia.

### 3.1.3. Análisis de los datos y verificación de estos.

Para la verificación de los datos obtenidos para la curva horaria hacemos una comparación de los totales que nos proporcionaba la empresa de ingeniería en primer momento con los datos obtenidos de la curva cuarto-horaria inicial. En la primera columna de la Tabla 1 vemos los diferentes meses que componen el año. En la segunda columna “Total Energía [kWh]” se ven los valores totales de energía consumida cada mes que nos proporciona la ingeniería y en la tercera columna “Curva Propia [kWh]” vemos los valores totales obtenidos por nuestra curva horaria obtenida a partir de la cuarto-horaria proporcionada por la ingeniería.

Finalmente, vemos que el valor de variación entre los valores totales de ambas curvas no llega a ser mayor del 5% por lo que podemos considerar que los resultados obtenidos son satisfactorios para realizar las simulaciones y análisis pertinentes.

Tabla 1. Comparación de valores obtenidos frente a valores dados. Fuente: Elaboración propia

Mes	Total Energía [kWh]	Curva Propia [kWh]	
ene	11496	10173	
feb	11572	9567	
mar	9142	7456	
abr	7162	6216	
may	7809	7213	
jun	10783	10911	
jul	13527	13711	
ago	7358	7517	
sep	10465	10555	
oct	8519	8649	
nov	9797	9919	
dic	8846	8996	<b>Variación</b>
<b>TOTAL</b>	<b>116476</b>	<b>110887.58</b>	<b>4.8%</b>

### 3.1.4. Análisis de los valores horarios obtenidos.

Para el correcto análisis de los valores obtenidos, se han diferenciado y obtenidos los consumos totales, así como los días promedio de cada mes para su estudio y correcto análisis de los elementos que se podrían añadir para la mejora energética del edificio. Esto se puede ver tanto en la Tabla 2 como en la Ilustración 7 y la Ilustración 8, donde se puede ver de forma más clara la distribución a lo largo de los meses, la cual comentaremos posteriormente.

Tabla 2. Promedios de consumo diarios y totales mensuales. Fuente: Elaboración propia

PROMEDIOS DIARIOS [kWh/día]											
ENE	FEB	MAR	AB	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
328	342	241	207	233	364	442	242	352	279	331	290

TOTALES MENSUALES [kWh/mes]											
ENE	FEB	MAR	AB	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
10173	9567	7457	6216	7214	10911	13712	7517	10555	8649	9920	8996



Ilustración 7. Consumo diario promedio por meses. Fuente: Elaboración propia

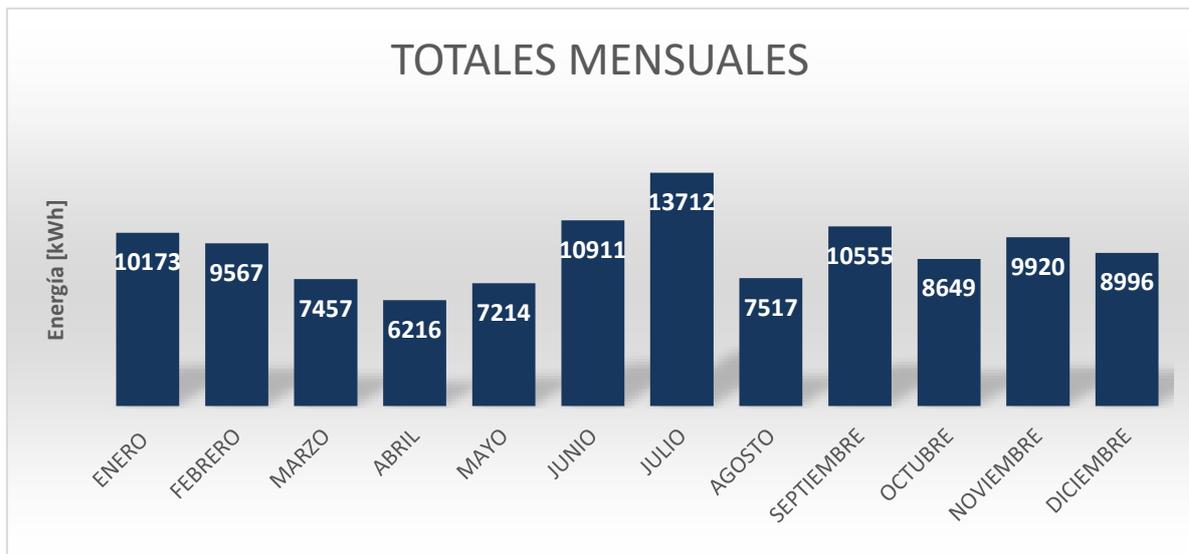


Ilustración 8. Totales de consumo mensual. Fuente: Elaboración propia

De igual modo y así se ha realizado, podemos ver los patrones de las curvas de consumo diario medio de cada mes. En este caso, para no poner 12 días, uno por cada mes, vamos a presentar 4 días, uno por cada estación del año. En concreto para primavera mostramos el día promedio

del mes de abril, para verano, el mes de julio, para otoño, el mes de noviembre y para invierno, el mes de enero.

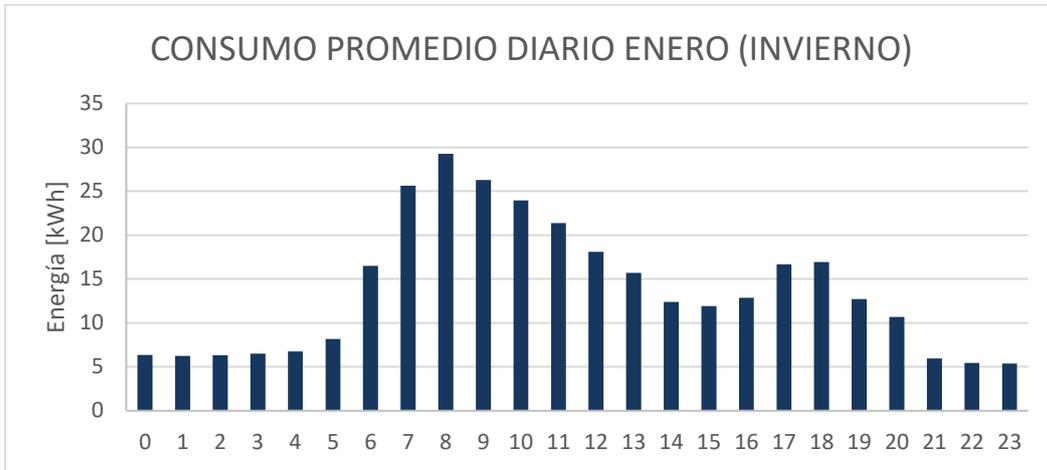


Ilustración 9. Día promedio de enero. Fuente Elaboración propia

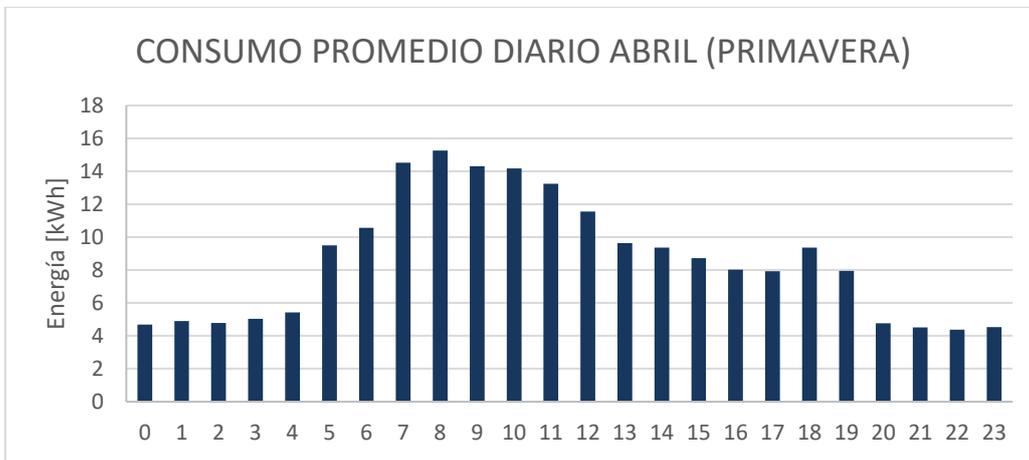


Ilustración 10. Día promedio de abril. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 11. Día promedio de julio. Fuente: Elaboración propia

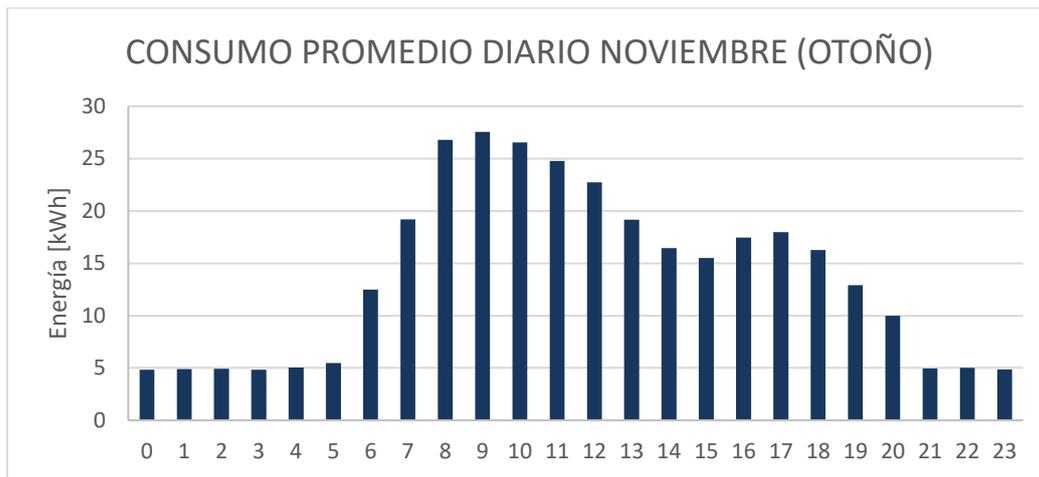


Ilustración 12. Día promedio de noviembre. Fuente: Elaboración propia

Vemos que por lo general la distribución es la misma en todos los periodos excepto en los meses de verano que no tiene el nuevo máximo de consumo por la tarde a eso de las 17:00-18:00, esto se entiende debido a que la ocupación del edificio en los meses de verano por la tarde disminuye por lo que los consumos energéticos son menores.

De igual manera, se puede ver que la climatización en los diferentes periodos marca mucho los consumos máximos que tiene el día promedio. Esto se puede ver reflejado, por ejemplo, comparando el mes de abril con el mes de enero. En enero tenemos que, por lo general, las temperaturas del ambiente exterior son frías por lo que el sistema de climatización estará funcionando en modo calor, en cambio, en el mes de abril, al estar en primavera, tenemos que las temperaturas son más moderadas y el uso de los sistemas de climatización es casi nulo por lo que los valores de consumo horario son mucho menores llegando a picos máximos de alrededor de los 16 kW, mientras que en invierno es algo inferior a los 30 kW. El mismo ejemplo lo podríamos poner con los meses de verano, como vemos los consumos se disparan en las horas cercanas al medio día debido a la climatización del edificio.

Además, para poder estudiar posteriormente la viabilidad técnico-económica de una instalación de generación de energía renovable según tecnología fotovoltaica es necesario conocer los consumos discriminando por periodos horarios ya que la rentabilidad del sistema fotovoltaico a instalar de verás gravemente afectada por los consumos del edificio en los diferentes periodos tarifarios. Esto se debe a que la generación fotovoltaica se centra principalmente en las horas pico del día, es decir, en las horas centrales, cuando hay luz solar, por lo que principalmente la generación se produce en los periodos tarifarios P1, P2, P3, P4 y P5 siendo los periodos P1, P2 y P3 los más caros a la hora de contabilizar el consumo de la red eléctrica, por lo que si conseguimos acoplar los consumos en esos periodos con la generación fotovoltaica es cuando mayores ahorros en la factura eléctrica podremos conseguir.

En la Ilustración 13 vemos una tabla con la discriminación según periodos horarios y por meses. Con esta información se ha creado una lista de Excel para poder analizar hora a hora y en el caso de los valores cuarto-horarios cada cuarto de hora los valores obtenidos.

Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Sábados, domingos y festivos
0:00 - 1:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
1:00 - 2:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
2:00 - 3:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
3:00 - 4:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
4:00 - 5:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
5:00 - 6:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
6:00 - 7:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
7:00 - 8:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
8:00 - 9:00	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
9:00 - 10:00	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
10:00 - 11:00	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
11:00 - 12:00	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
12:00 - 13:00	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
13:00 - 14:00	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
14:00 - 15:00	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
15:00 - 16:00	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
16:00 - 17:00	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
17:00 - 18:00	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
18:00 - 19:00	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
19:00 - 20:00	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
20:00 - 21:00	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
21:00 - 22:00	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
22:00 - 23:00	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
23:00 - 00:00	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6

Ilustración 13. Periodos tarifarios según discriminación horaria y mensual. Fuente: Iberdrola

Para poder crear estas listas de valores para el año 2018 y que concuerden con los valores de las lecturas de los contadores se ha escrito el siguiente código en Python que nos dice para cada cuarto de hora el periodo en el que estamos demandando energía de la red:

```
import pandas as pd
from datetime import datetime, timedelta

#%% Creación de lista de fecha en horas
datos = pd.read_excel('Lista_2018_cuarto.xlsx')
fecha = []
periodo = []
for i in range(len(datos)):
    fecha.append(datos.loc[i, 'FECHA'])

#%% Obtención de periodos dependiendo del mes y la hora

for i in range(len(datos)):

    #Clasificación P1
    if (
        ((9 <= fecha[i].hour < 14)
         or (18 <= fecha[i].hour < 22))

        and (fecha[i].month == 1 or fecha[i].month == 2
             or fecha[i].month == 7 or fecha[i].month == 12)
    ):
        periodo_temp = 1
        periodo.append(periodo_temp)

    #Clasificación P2
    elif (((8 <= fecha[i].hour < 9) or
           (14 <= fecha[i].hour < 18) or
           (22 <= fecha[i].hour <= 23)) and

           (fecha[i].month == 1 or fecha[i].month == 2 or
            fecha[i].month == 7 or fecha[i].month == 12)):
        periodo.append(2)
```

```
        periodo_temp = 2
        periodo.append(periodo_temp)

elif ((9 <= fecha[i].hour < 14) or
      (18 <= fecha[i].hour < 22))

    and (fecha[i].month == 3 or fecha[i].month == 11)):
    periodo_temp = 2
    periodo.append(periodo_temp)

#Clasificación P3
elif ((8 <= fecha[i].hour < 9) or
      (14 <= fecha[i].hour < 18) or
      (22 <= fecha[i].hour <= 23))
    and (fecha[i].month == 3 or fecha[i].month == 11)):

    periodo_temp = 3
    periodo.append(periodo_temp)

elif (
    ((9 <= fecha[i].hour < 14) or
    (18 <= fecha[i].hour < 22))
    and (fecha[i].month == 6 or fecha[i].month == 8
    or fecha[i].month == 9)
):

    periodo_temp = 3
    periodo.append(periodo_temp)

#Clasificación P4
elif (
    ((8 <= fecha[i].hour < 9) or
    (14 <= fecha[i].hour < 18) or
    (22 <= fecha[i].hour <= 23))
    and (fecha[i].month == 6 or fecha[i].month == 8
    or fecha[i].month == 9)
):

    periodo_temp = 4
    periodo.append(periodo_temp)

elif ((9 <= fecha[i].hour < 14) or
      (18 <= fecha[i].hour < 22))
    and (fecha[i].month == 4 or fecha[i].month == 5
    or fecha[i].month == 10)):

    periodo_temp = 4
    periodo.append(periodo_temp)

#Clasificación P5
elif (
    ((8 <= fecha[i].hour < 9) or
    (14 <= fecha[i].hour < 18) or
    (22 <= fecha[i].hour <= 23))
    and (fecha[i].month == 4 or fecha[i].month == 5
    or fecha[i].month == 10)
```

```

):

    periodo_temp = 5
    periodo.append(periodo_temp)

#Clasificación P6
elif ((0 <= fecha[i].hour < 8)

    and (
        fecha[i].month == 1 or fecha[i].month == 2 or
        fecha[i].month == 3 or fecha[i].month == 4 or
        fecha[i].month == 5 or fecha[i].month == 6 or
        fecha[i].month == 7 or fecha[i].month == 8 or
        fecha[i].month == 9 or fecha[i].month == 10 or
        fecha[i].month == 11 or fecha[i].month == 12
    )):

    periodo_temp = 6
    periodo.append(periodo_temp)

#Sábados y Domingos
for i in range(len(datos)):

    if fecha[i].weekday() == 5 or fecha[i].weekday() == 6:
        periodo[i] = 6

#%%Expedición de datos a excel
data = {'Fecha' : fecha, 'Periodo' : periodo}
Data_frame_anual = pd.DataFrame(data)

with pd.ExcelWriter('Periodos_Tarifarios_T6_X_Cuarto_v2.xlsx',
engine='xlsxwriter') as writer:
    # Write each dataframe to a different worksheet.
    Data_frame_anual.to_excel(writer, sheet_name='Sheet1')

```

Con ello podemos obtener el siguiente análisis:

**Tabla 3. Consumos horarios discriminados por periodos tarifarios. Fuente: Elaboración propia**

Consumos por periodos tarifarios	
P1	18527.83
P2	18897.50
P3	16938.50
P4	17169.83
P5	5629.25
P6	33724.67

Que se puede ver mejor representando en el siguiente gráfico de barras:

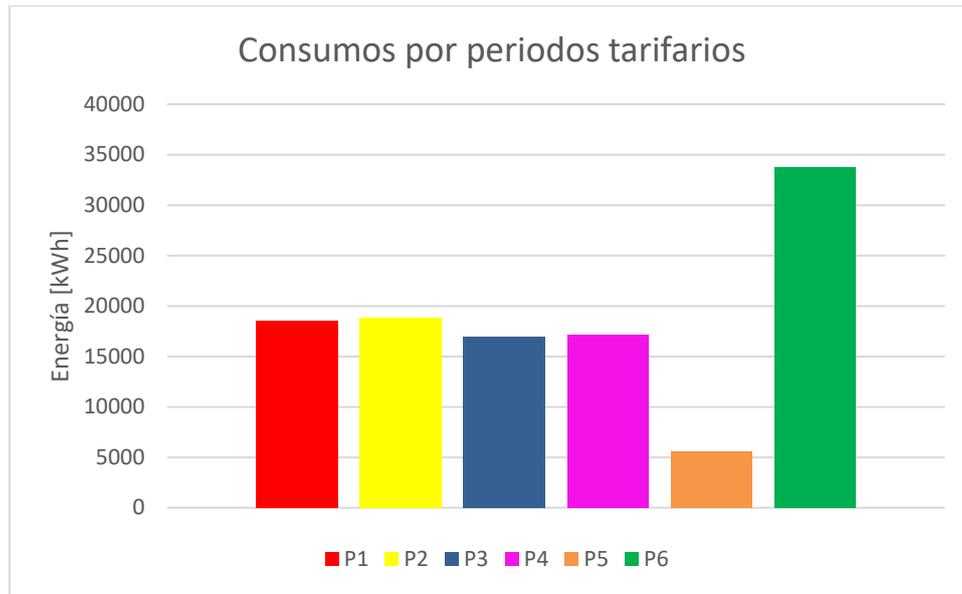


Ilustración 14. Consumos horarios discriminados según periodos tarifarios. Fuente: Elaboración propia

Con esto podemos ver que los consumos en los tramos horarios donde la tarifa de la luz es más alta como los son los periodos P1, P2 y P3 conforman casi el 50% del consumo total por lo que en futuros análisis económicos veremos que esto nos beneficiaría en gran medida.

### 3.1.5. Análisis de los valores cuarto-horarios.

Este análisis nos permite calcular los tramos en los que la potencia pico demandada por el edificio es mayor que la potencia contratada por lo cual será necesario pagar penalizaciones a la red eléctrica. Todo esto viene contemplado en la **Orden TED/1484/2021**, de 28 de diciembre, “por la que se establecen los precios de los cargos del sistema eléctrico de aplicación a partir del 1 de enero de 2022 y se establecen diversos costes regulados del sistema eléctrico para el ejercicio 2022” (9). De igual modo, el método de cálculo de estas penalizaciones aparece descrito en el **RD 148/2021**, de 9 de marzo, “por el que se establece la metodología de cálculo de los cargos del sistema eléctrico”(10). Además, es necesario también tener en cuenta la **Circular 3/2020**, de 15 de enero, de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, “por la que se establece la metodología para el cálculo de los peajes de transporte y distribución de electricidad”(11) y el **RD 1110/2007**, de 24 de agosto, “por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico”(12).

## 3.2. DATOS CONSTRUCTIVOS Y ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO.

En primer lugar, el edificio 8H del campus de Vera fue construido de cierta forma y posteriormente reformado siguiendo la misma línea de actuación que para el edificio 3Q, según nos confirma la ingeniería que anteriormente mencionábamos. En concreto para este apartado solo se tiene el pliego de condiciones técnicas que se tuvieron para realizar las instalaciones del edificio 3Q por lo que a la hora de hacer uso del programa CypeTherm HE Plus para la calificación energética del edificio, tendremos en cuenta estas características.

### **3.2.1. Suelos.**

*“Los suelos se construirán a base de suelos de madera o aglomerados de 30 mm. de espesor mínimo, resistentes a la humedad”.*

No se halla en ningún momento de forjados ni composición de los suelos en contacto con el terreno, por lo que en este caso se ha supuesto un espesor total de forjado de 200 mm compuesto de Hormigón.

### **3.2.2. Acabado de suelos interiores.**

*“Sobre los suelos de madera o aglomerados se terminarán los suelos mediante pavimento de PVC de alta calidad, de 3 mm. de espesor mínimo, bien en losetas o en rollos”.*

De igual manera, este apartado no es del todo significativo para la calificación energética ya que el acabado en sí cuenta con un espesor bajo y al final este es irrelevante en el tratamiento energético del edificio por ser zonas interiores.

### **3.2.3. Instalación de falso techo.**

*“Todas las zonas quedarán dotadas de la instalación de un falso techo en placas termo-acústicas de 600 x 600 mm., que servirán para ocultar el paso de instalaciones por el plenum resultante.*

*La altura interior útil bajo techo del todo el conjunto modular será de 2,50 mts. no admitiéndose alturas inferiores a la indicada.”*

Esto nos servirá a la hora de dimensionar las baldosas y la altura del falso techo que posteriormente utilizaremos para el paso de instalaciones por el plenum. Además, nos da la limitación de espacio libre entre forjado y falso techo para la habitabilidad y uso humano de las instalaciones interiores del edificio.

### **3.2.4. Cerramientos de fachadas.**

*“Los cerramientos de fachadas se realizarán en base de paneles sándwich de 40 mm. de espesor mínimo en terminación color blanco, de alta calidad, con un coeficiente de aislamiento de 0.425 Kcal.H.m2. °C y una densidad media de inyección de 40 Kg/m3”.*

Posteriormente en esta sección se mostrarán los valores de conductividad y especificaciones técnicas que aparece en este documento de especificaciones técnicas que nos permitirá describir de forma correcta los cerramientos de fachada y particiones interiores del edificio base.

### **3.2.5. Divisiones interiores.**

*“Todas las divisiones interiores se construirán a base de paneles sándwich de 40 mm. de espesor mínimo en color blanco de las mismas características técnicas a los empleados en los cerramientos de fachadas”.*

Como se puede intuir de este texto, los paneles sándwich que conforman las fachadas exteriores y los paneles sándwich que conforman las particiones interiores.

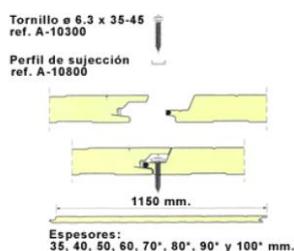
### 3.2.6. Cerramientos de cubiertas modulares.

“Todos y cada uno de los módulos incorporarán su cubierta modular construida en base a paneles sándwich de 40 mm. de espesor con inyección interna de espuma de poliuretano y recubrimiento exterior de chapa del tipo minionda galvanizada”.

### 3.2.7. Descripción de paneles sándwich.

A continuación, en la Ilustración 15, se pueden ver las características térmicas y físicas de los paneles que conforman los cerramientos de los muros que componen el edificio, tanto horizontales como verticales.

#### PANELES : FORMAS, DIMENSIONES Y PESOS



	DIMENSIONES Y PESOS		
	LISO	SEMILISO	PLANO
<b>Espesor nominal</b>	35 mm	35 mm	35 mm
<b>Ancho de panel</b>	1000 mm	1150 mm	1150 mm
<b>Peso</b>	10,71 kg/m <sup>2</sup>	9,84 kg/m <sup>2</sup>	9,84 kg/m <sup>2</sup>
<b>Volumen</b>	27 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	27 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	27 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>

Paneles Liso, Semiliso y Plano se fabrican hasta 10 mm. de espesor nominal.

Espesor nominal de panel en mm	Transmisión térmica	
	K en Kcal/m <sup>2</sup> h.°C	K en W/m <sup>2</sup> h.°K
35	0,50	0,59
40	0,44	0,52
50	0,36	0,42
60	0,30	0,36
70*	0,26	0,31
80*	0,23	0,27
90*	0,21	0,24
100*	0,18	0,21

\*Espesor opcional. Su fabricación requiere consulta

COEFICIENTE DE AISLAMIENTOS ACUSTICOS	
Frecuencia (Hz)	Aislamiento acústico (dB)
125	25
250	27,5
500	29
1000	28,5
2000	31
4000	37,5

(panel standard de 35 mm. espesor) (TL) media: 28,8 dB

Ilustración 15. Descripción de propiedades físicas y térmicas de paneles sandwich. Fuente: Universitat Politècnica de València

### 3.2.8. Doble cubierta sobre los módulos.

“Sin menoscabo de la impermeabilización de las cubiertas modulares, de cada planta, se instalará una doble cubierta a base de perfilera metálica y cerramientos de chapa grecada galvanizada en el conjunto modular. Esta cubierta, quedará totalmente oculta al exterior y envuelta en un peto superior de coronación de doble funcionalidad y canalón de recogidas de aguas pluviales, incluso el nº de bajantes necesarias, para su evacuación.”

### 3.2.9. Carpintería interior.

“La carpintería exterior incluida en el conjunto modular será realizada a base de perfilera metálica, del tipo corredera pre-lacada en color blanco, siendo las ventanas con una medida media de 1.500 x 1.000 mm., y acristalamiento, vidrio incoloro de 4 mm., de alta calidad, así como la instalación de rejas en las ventanas de planta baja. Asimismo, los acristalamientos

*interiores serán de las mismas calidades que las reflejadas en las ventanas del tipo corredera en exterior”.*

### 3.2.10. Protección solar.

*“Se dotará de la perfilera necesaria de aluminio, en su parte exterior, para evitar el soleamiento directo de las fachadas y carpinterías.”*

### 3.2.11. Carpintería interior.

*“La carpintería interior será realizada en madera lacada en color, incluso marcos de puertas en madera maciza, quedando dotado asimismo el conjunto modular de rodapié y cornisa superior en material de tablero de fibra de madera desnudo, con recubrimiento de lámina de PVC.”*

### 3.2.12. Instalaciones eléctricas.

Al ser un pliego de condiciones técnicas, no necesariamente tiene por qué poner los materiales específicos a usarse, sino que con cumplir las necesidades es suficiente. Es por ello por lo que, en las instalaciones eléctricas de iluminación se caben potencias y luxes de las luminarias utilizadas, pero no exactamente sus características, por lo que el cálculo del VEEI (valor que mide la eficiencia energética de una instalación de iluminación) en este caso sería complicado. Es cierto que la siguiente tabla que aparece en el CTE DB HE3 (13) te marca el VEEI límite para diferentes usos de la construcción, pero al tratarse de un edificio más antiguo y cuya reforma se realizó antes de la última actualización del CTE no es posible conocer el valor exacto.

Tabla 3.1 - HE3 Valor límite de eficiencia energética de la instalación (VEEI<sub>lim</sub>)

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 <sup>(1)</sup>	3,5
Aulas y laboratorios <sup>(2)</sup>	3,5
Habitaciones de hospital <sup>(3)</sup>	4,0
Recintos interiores no descritos en este listado	4,0
Zonas comunes <sup>(4)</sup>	4,0
Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	4,0
Aparcamientos	4,0
Espacios deportivos <sup>(5)</sup>	4,0
Estaciones de transporte <sup>(6)</sup>	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) <sup>(7)</sup>	6,0
Hostelería y restauración <sup>(8)</sup>	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 <sup>(9)</sup>	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 16. Valor límite de eficiencia energética de la instalación (VEEI). Fuente: CTE

*“Las pantallas de iluminación estarán compuestas por balastro electrónico y dos tubos de 56 w. y la canalización por tubos de PVC. Se considerará un mínimo de iluminación de 500 Lux, para cada uno de los espacios”.*

En la siguiente imagen podemos ver el plano en planta de la planta baja y la planta primera del edificio donde se pueden ver los distintos balastros con sus correspondientes luminarias. Como no tenemos más información sobre esto, y de forma generalizada, se usan luminarias de tubo fluorescente juntamente con estos balastros. En concreto, en esta instalación se tienen luminarias de 2x36W a pesar de lo que dice en la hoja de características técnicas como se puede ver en el plano. Se utilizan las mismas luminarias en todas las estancias del edificio.

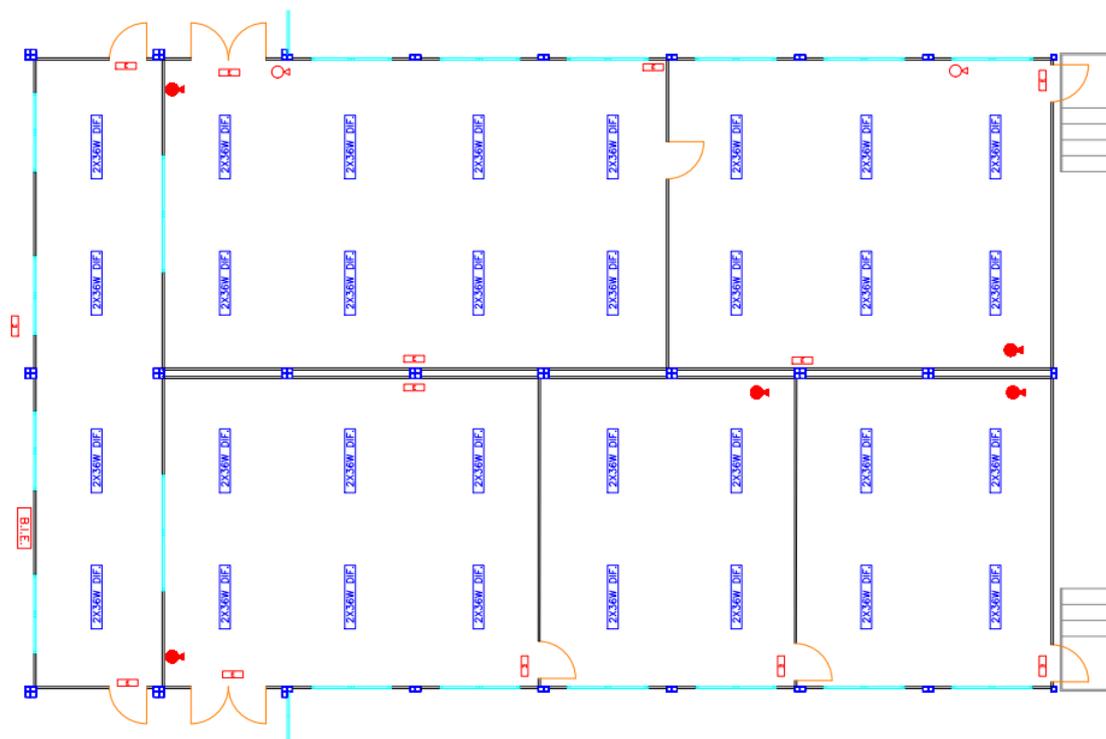


Ilustración 17. Extracto de plano planta baja de iluminación. Fuente: Universitat Politècnica de València

A continuación, se presenta la tabla que engloba las características de todas las estancias que componen el edificio. Con su superficie total y potencia de iluminación expresada en W y en  $W/m^2$  para su futura utilización en el programa de cálculo de calificación energética. De igual manera se expone los niveles de ventilación que, según RITE definido en **RD 178/2021**, de 23 de marzo “por el que se modifica el RD 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones Térmicas en los edificios” (14), deben tener los locales interiores.

Categoría	l/s por $m^2$
IDA 1	no aplicable
IDA 2	0,83
IDA 3	0,55
IDA 4	0,28

**Tabla 18:** Caudales de aire exterior por unidad de superficie de locales no dedicados a ocupación humana permanente, (Tabla 1.4.2.4 del RITE)

Ilustración 18. Caudales de aire exterior según RITE. Fuente: IDAE

Tabla 4. Características de ventilación e iluminación de los locales de la planta baja. Fuente: Elaboración propia

Nombre Zona	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Potencia Total [W]	Potencia / Superficie [W/m <sup>2</sup> ]	Calidad de Aire Exterior	Ventilación [l/s]
Técnicos I	12.76	144	11.29	IDA 2	10.6
Técnicos II	11.5	144	12.52	IDA 2	9.5
Técnicos III	22.48	288	12.81	IDA 2	18.7
Técnicos IV	22.74	288	12.66	IDA 2	18.9
Sala de Juntas	27	288	10.67	IDA 2	22.4
Pasillo Técnicos	11.73	144	12.28	IDA 2	9.7
Biblioteca CDL	13.69	144	10.52	IDA 2	11.4
Secretaría CDL	11.07	144	13.01	IDA 2	9.2
Subdirector CDL	11.02	144	13.07	IDA 2	9.1
Subdirector CDL II	11.02	144	13.07	IDA 2	9.1
Director CDL	22.74	288	12.66	IDA 2	18.9
Sala de Juntas CDL	27.25	288	10.57	IDA 2	22.6
Pasillo CDL	11.64	144	12.37	IDA 2	9.7
Despacho 1 CDL	27.85	288	10.34	IDA 2	23.1
Aula 1.1	40.6	432	10.64	IDA 2	33.7
Aula 1.2	27.6	288	10.43	IDA 2	22.9
Aula 1.3	27.6	288	10.43	IDA 2	22.9
Aula 2.1	54.52	576	10.56	IDA 2	45.3
Aula 2.2	41.53	432	10.40	IDA 2	34.5
Despacho II CDL	13.925	144	10.34	IDA 2	11.6
Aula Informática 3.1	96.28	1008	10.47	IDA 2	79.9

<b>Despacho III CDL</b>	13.925	144	10.34	IDA 2	11.6
<b>Aula Motorla</b>	96.28	1008	10.47	IDA 2	79.9
<b>WC</b>	41.3	504	12.20	IDA 3	22.7
<b>Cuarto Técnico CPD</b>	27.05	288	10.65	IDA 2	12.5
<b>CPD 4</b>	30.05	432	14.38	IDA 2	24.9
<b>CPD 3</b>	22.66	288	12.71	IDA 2	18.8
<b>CPD 2</b>	22.66	288	12.71	IDA 2	18.8
<b>CPD 1</b>	27.84	288	10.34	IDA 2	23.1
<b>Cuarto Técnico</b>	27.04	288	10.65	IDA 2	12.5
<b>CPD 5</b>	36.05	432	11.98	IDA 2	29.9
<b>CPD 6</b>	22.65	288	12.72	IDA 2	18.8
<b>CPD 7</b>	22.65	288	12.72	IDA 2	18.8
<b>CPD 8</b>	27.84	288	10.34	IDA 2	23.1
<b>Aula Teoría</b>	96.28	1008	10.47	IDA 2	79.9
<b>Servidor IDEAS</b>	12.76	144	11.29	IDA 2	12.5
<b>Gerente ICV</b>	13.68	144	10.53	IDA 2	11.4
<b>Admon ICV</b>	53.04	648	12.22	IDA 2	25.0
<b>Aula Información IDEAS</b>	42.68	576	13.50	IDA 2	35.4
<b>Informática</b>	14.05	144	10.25	IDA 2	12.5
<b>Dtor IDEAS</b>	14.06	144	10.24	IDA 2	12.5
<b>Mar y Carlos</b>	28.34	288	10.16	IDA 2	25.0
<b>Dtos ICDE</b>	28.34	288	10.16	IDA 2	23.5
<b>Sala de Juntas</b>	28.34	288	10.16	IDA 2	23.5

<b>Parque INNOVA</b>	11.42	144	12.61	IDA 2	12.5
<b>Formación</b>	11.42	144	12.61	IDA 2	12.5
<b>Técnico IDEAS</b>	11.42	144	12.61	IDA 2	12.5
<b>Técnico IDEAS 2</b>	11.42	144	12.61	IDA 2	12.5
<b>Técnico IDEAS 3</b>	11.42	144	12.61	IDA 2	12.5
<b>Secretaría IDEAS</b>	38.66	288	7.45	IDA 2	32.1
<b>Archivo</b>	13.7	144	10.51	IDA 2	12.5
<b>Pasillo P0</b>	586.12	5552	9.47	IDA 2	486.5
<b>Conserje 2</b>	28	288	10.29	IDA 2	23.2
<b>Conserje</b>	13.46	144	10.70	IDA 2	12.5

Finalmente, presentamos la tabla con las mismas propiedades de cada espacio interior del edificio, pero en este caso de la planta primera.

**Tabla 5. Características de ventilación e iluminación de los locales de la planta primera. Fuente: Elaboración propia**

<b>Nombre Zona</b>	<b>Superficie [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Potencia Total [W]</b>	<b>Potencia / Superficie [W/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Calidad de Aire Exterior</b>	<b>Ventilación [l/s]</b>
<b>Despacho</b>	13.63	144	10.56	IDA 2	11.3
<b>Pasillo Despachos 1</b>	14.09	216	15.33	IDA 2	11.7
<b>Despacho 2</b>	11.56	144	12.46	IDA 2	9.6
<b>Despacho 3</b>	11.56	144	12.46	IDA 2	9.6
<b>Despacho 4</b>	11.56	144	12.46	IDA 2	9.6
<b>Despacho 5</b>	11.56	144	12.46	IDA 2	9.6
<b>Despacho 6</b>	11.56	144	12.46	IDA 2	9.6
<b>Despacho 7</b>	11.56	144	12.46	IDA 2	9.6

<b>Despacho 8</b>	13.633	144	10.56	IDA 2	11.3
<b>Despacho 9</b>	13.633	144	10.56	IDA 2	11.3
<b>Despacho 10</b>	11.56	144	12.46	IDA 2	9.6
<b>Despacho 11</b>	11.56	144	12.46	IDA 2	9.6
<b>Despacho 12</b>	11.56	144	12.46	IDA 2	9.6
<b>Despacho 13</b>	11.56	144	12.46	IDA 2	9.6
<b>Despacho 14</b>	11.56	144	12.46	IDA 2	9.6
<b>Despacho 15</b>	11.56	144	12.46	IDA 2	9.6
<b>Despacho 16</b>	27.43	144	5.25	IDA 2	22.8
<b>Pasillo Despachos 2</b>	14.09	216	15.33	IDA 2	11.7
<b>Aula Teoría 1</b>	110.2	1152	10.45	IDA 2	91.5
<b>Aula Teoría 2</b>	110.2	1152	10.45	IDA 2	91.5
<b>Despacho 17</b>	12.76	144	11.29	IDA 2	10.6
<b>Depacho 18</b>	12.76	144	11.29	IDA 2	10.6
<b>Aula Teoría 3</b>	96.28	1008	10.47	IDA 2	79.9
<b>Aula Teoría 4</b>	96.28	1008	10.47	IDA 2	79.9
<b>WC</b>	27.34	288	10.53	IDA 3	15.0
<b>Despacho 19</b>	13.48	144	10.68	IDA 2	11.2
<b>Despacho 20</b>	13.48	144	10.68	IDA 2	11.2
<b>Despacho 21</b>	13.48	144	10.68	IDA 2	11.2
<b>Despacho 22</b>	13.48	144	10.68	IDA 2	11.2
<b>Sala de Estudio</b>	95.708	1008	10.53	IDA 2	79.4
<b>Cuarto Técnico</b>	13.48	144	10.68	IDA 2	12.5

<b>Becarios</b>	26.96	288	10.68	IDA 2	22.4
<b>Delegación de Alumnos</b>	67.4	720	10.68	IDA 2	55.9
<b>Despacho 23</b>	26.96	288	10.68	IDA 2	22.4
<b>Aula Informática 1</b>	96.28	1008	10.47	IDA 2	79.9
<b>Aula Informática 2</b>	96.28	1008	10.47	IDA 2	79.9
<b>Despacho 24</b>	13.48	144	10.68	IDA 2	11.2
<b>Despacho 25</b>	13.48	144	10.68	IDA 2	11.2
<b>Aula de Teoría 3</b>	123.52	1152	9.33	IDA 2	102.5
<b>Aula de Teoría 4</b>	123.52	1152	9.33	IDA 2	102.5
<b>Pasillo P1</b>	586.121	5552	9.47	IDA 2	486.5
<b>Sala de Reuniones</b>	41.7	432	10.36	IDA 2	34.6

### 3.2.13. Sistemas de climatización.

En este caso, también tenemos ausencia de información y no conocemos los sistemas de climatización reales que se tienen en el edificio. En un primer momento, se nos da un plano con los sistemas de climatización, que en este caso se trata de unidades terminales que existen en cada espacio del edificio, pero debido a posteriores rehabilitaciones del edificio se han modificado estas por lo que a la hora de realizar la calificación energética se selecciona el sistema de climatización por unidades terminales con rendimientos preestablecidos por el propio motor de cálculo.

# **CAPÍTULO 4. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA INICIAL**

## **DEL EDIFICIO 8H**

### **4.1. CONTEXTO NORMATIVO DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA EN EDIFICIOS.**

Más de la mitad de las viviendas que hay en España se construyeron antes de la entrada en vigor de la NBE CT-79 (Reglamento anterior al RITE), hace más de 30 años.

En 2002 el Parlamento Europeo aprobó la **Directiva 2002/91/CE (EPBD o Energy Performance of Buildings)** (15). Esta incitaba a un endurecimiento progresivo de la calidad de las envolventes térmicas de los edificios e identificación de los edificios existentes mediante la calificación energética de los mismos.

#### **4.1.1. ¿Dónde derivó la Directiva 2002/91/CE en España?**

El EPBD 2002 sirvió para que la concienciación, al menos a nivel normativo, en España creciera de forma significativa. La aplicación de este derivó en la creación de los documentos básicos de ahorro y eficiencia energética que están recogidos en el CTE, así como la creación de normativa y directrices más estrictas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE).

Se indica además, En el **RD 47/2007** (16) la necesidad de certificación energética de edificios nuevos, así como el **RD 235/2013** (17) para la certificación energética de edificios ya existentes y nuevos.

Posteriormente a esto se deroga la Directiva 2002/91/CE y se publica la **Directiva 2010/31/UE** (18) relativa a la eficiencia energética de los edificios con nuevas exigencias.

- Endurecimientos de los requisitos de eficiencia energética en los edificios.
- Los requisitos que se fijen para los edificios deberán de ser calculados de forma que presenten un coste óptimo teniendo en cuenta todos los costes existentes a lo largo de la vida del edificio (energía, mantenimiento...).
- Promoción del uso de sistemas de alta eficiencia energética.
- Revisión de la normativa española actual.
- Se establecen requisitos para la rehabilitación de edificios existentes por ser grandes nichos de consumos energéticos.
- Los edificios rehabilitados deberán cumplir con la nueva normativa cuando sufran una reforma de un porcentaje mayor al 25% del valor del edificio, sin contar valor del terreno o en el que se renueve más del 25% de los elementos de la envolvente del edificio.
- Fomentar la construcción de edificios de consumo casi nulo (Edificios que cumplan estrictamente el CTE vigente).
- Expedición obligatoria de Certificados Energéticos en edificios de autoridad pública que ocupe una superficie mayor a los 500 m<sup>2</sup>.

Esta directiva quedó derogada por la **Directiva 844/2018/UE** (19). Esta directiva hace aún más estricta la directiva anterior de 2010:

- Fomento de la rehabilitación energética del parque inmobiliario existente.
- Garantía de aislamiento completo de los edificios para conseguir temperaturas interiores adecuadas para evitar humedades y condensaciones.
- Eliminación de amiantos y otras sustancias nocivas en los edificios.
- Fomento de las hipotecas que premien la eficiencia energética que cuenten con certificación energética que la respalde.
- Promoción pública de las inversiones en un parque edificatorio eficiente desde el punto del consumo energético.
- La reducción del riesgo percibido de las inversiones.
- La provisión de herramientas de asesoramiento accesibles y transparentes y de instrumentos de ayuda como las ventanillas únicas que prestan servicios de renovación energética integrada.
- Digitalización de los sistemas energéticos.

Esta nueva normativa da lugar a que en España se renueve tanto RITE como los documentos básicos de ahorro y eficiencia energética del CTE, así como el procedimiento básico para la certificación energética de edificios fijada por el RD 234/2013 dando lugar al **RD 390/2021** (20), de 1 de junio, *“por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación energética de los edificios.”*

#### **4.1.2. RD 390/2021 Novedades con respecto al RD 234/2013.**

En este caso, al quedar derogado el anterior RD 234/2013, se establecen nuevas disposiciones que hacen de la calificación energética un mecanismo primario para la caracterización de edificios tanto nuevo como existentes:

- Se exige la visita presencial del técnico competente a la hora de realizar las calificaciones energéticas.
- Se amplía los edificios obligados a disponer de certificación energética.
  - Construcciones con una superficie útil total superior a 500 m<sup>2</sup> destinadas a uso administrativo, sanitario, comercial, residencial público, docente, cultural, recreativo, logístico, hostelero o deportivo.
  - Edificios ocupados por una administración pública con una superficie útil total superior a 250 m<sup>2</sup>, independientemente de la frecuencia y afluencia de público.
  - Edificios y viviendas unifamiliares que tengan la obligación de pasar la Inspección Técnica del Edificio ITE, o vayan a realizar una rehabilitación energética.

- Anteriormente, la validez del certificado energético era de 10 años. A partir de ahora, si la calificación obtenida es de G, tendrá una validez de 5 años y de 10 años para el resto de las calificaciones.

#### 4.2. DEFINICIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM.

Para este TFM se ha utilizado la suite de CYPE la cual nos permite, mediante metodología BIM, la creación de proyectos de todo tipo en el ámbito constructivo.

La Building Information Modeling con sus siglas BIM, es una metodología de trabajo colaborativa para la creación de proyectos de construcción (21). El principal objetivo de esta metodología es la centralización de toda la información que respecta al proyecto creado por los diferentes agentes que intervienen en este, por ejemplo, el arquitecto que desarrolla la geometría del edificio, el ingeniero civil que desarrolla el modelado de la estructura, el ingeniero de la energía que se encarga de la calificación energética, el ingeniero mecánico que realiza las instalaciones MEP, etc.

El uso de BIM va más allá de las fases de diseño, abarcando la ejecución del proyecto y extendiéndose a lo largo del ciclo de vida del edificio, permitiendo la gestión de este y reduciendo los costes de operación.

La suite de aplicaciones que tiene CYPE permite la utilización de esta metodología mediante la sincronización de todos los modelos creados para el mismo proyecto mediante la “nube” propia de CYPE conocida como BIMserver.center. Con esta herramienta, podemos sincronizar el modelo geométrico con la calificación energética y cálculo de cargas y posteriores elementos implementados en el proyecto como lo será el dimensionamiento del sistema fotovoltaico y otros.

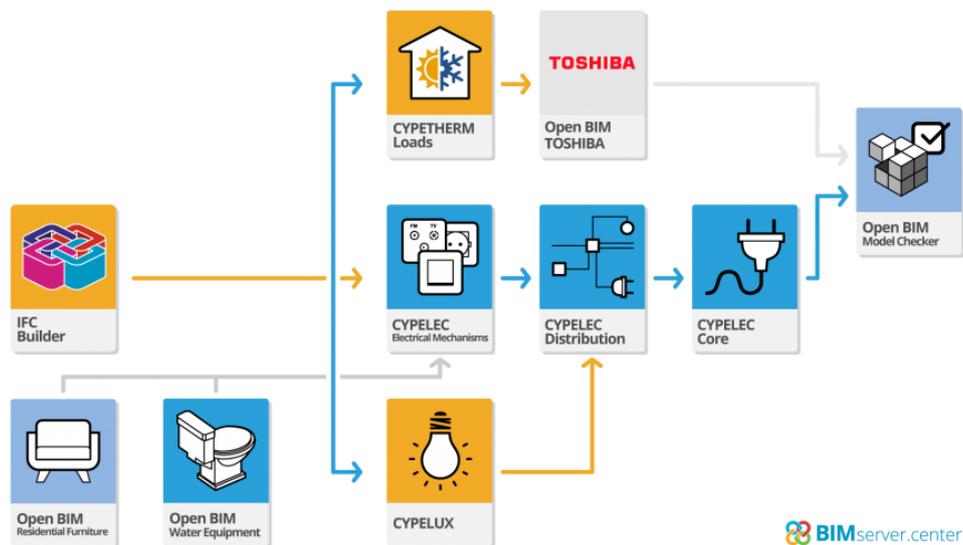


Ilustración 19. Flujo de trabajo metodología BIM en suite CYPE. Fuente: BIMserver.center

En la Ilustración 19 se puede ver una imagen que ilustra el flujo de trabajo seguido con los programas de CYPE y sincronizados con el BIMserver.center nos permite realizar el modelo energético completo.

### 4.3. RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO SEGUIDO.

#### 4.3.1. IFC Builder.

En primer lugar, se ha realizado el modelado 3D de la geometría del edificio con el subprograma IFC BUILDER. Este programa tiene la gran ventaja de que es totalmente gratuito y que es sencillo e intuitivo de utilizar, simplemente leyendo el manual de utilización y buenas prácticas de CYPE se puede empezar a modelar, siempre teniendo en cuenta los pasos a seguir, el orden de estos y la corrección de los posibles errores que puedan ir apareciendo.

Primeramente, se intentó realizar el modelo 3D con el nuevo subprograma que sacaron desde CYPE, el CYPE Architecture, pero debido a la gran cantidad de errores y fallos que el programa tiene hoy día, el modelado de un edificio tan complejo resultó ser difícil y presentaba infinidad de errores a la hora de la lectura en programas como el CypeTherm HE Plus. Es por ello por lo que el proceso de generación del modelo 3D ha sido un verdadero cuello de botella para la realización de este TFM.

Debido a la tenencia de los planos constructivos del edificio, el modelado en 3D del mismo ha sido relativamente sencillo. En la Ilustración 20, se puede ver que se han insertado los planos en dwg como plantillas para poder “calcar” el modelo y realizarlo en 3D teniendo todas las referencias constructivas que son necesarias para el posterior análisis con CypeTherm como lo son las ventanas, puertas, muros...

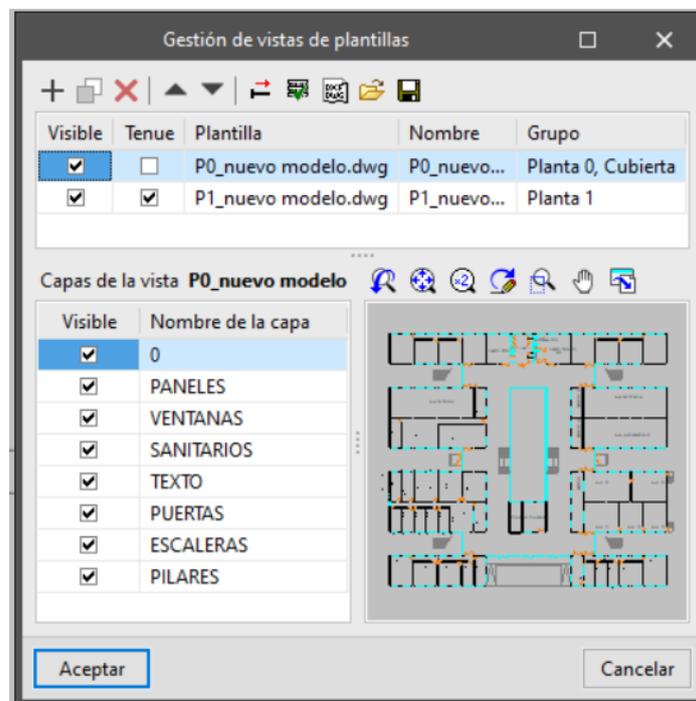


Ilustración 20. Gestión de planos dentro de IFC Builder. Fuente: IFC Builder

Una vez conformado el modelo, tenemos el siguiente elemento.

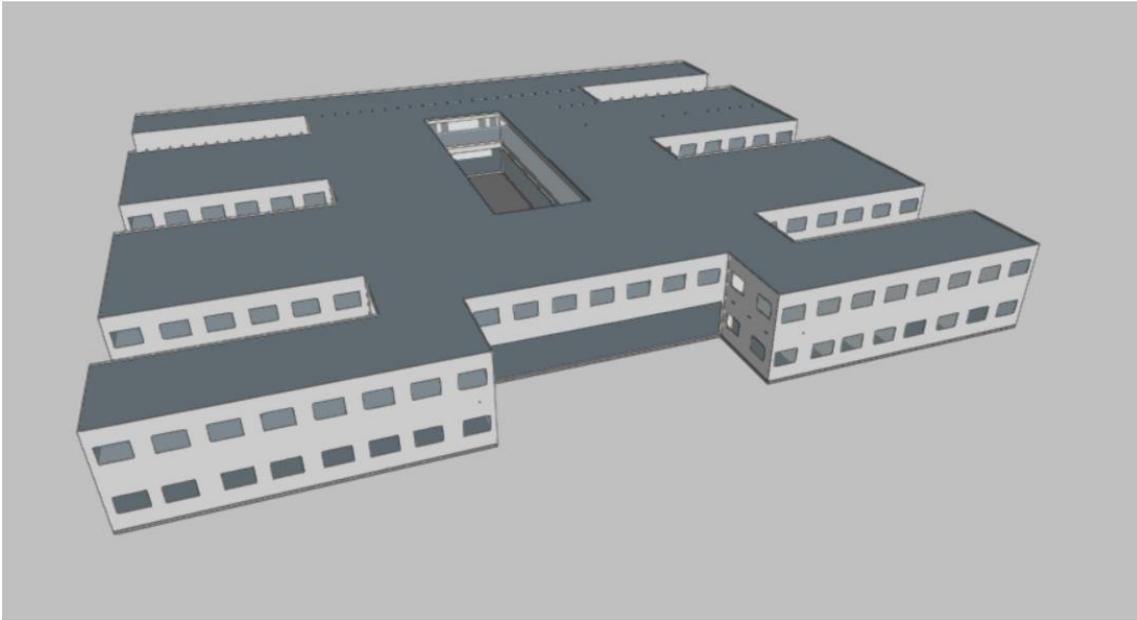


Ilustración 21. Modelo geométrico en 3D. Fuente: IFC Builder

#### 4.3.2. Suspended Ceilings.

A continuación, se sincroniza con BIMserver.center para poder abrirlo desde el siguiente subprograma que va a ser el de falsos techos (Suspended Ceilings). Con este programa podemos añadir los falsos techos que se tienen en las diferentes zonas que hay en el edificio. Sincronizamos el modelo 3D que hemos creado y automáticamente este nos permite reconocer las zonas o espacios definidos con IFC Builder para poder completarlos con falsos techos según la descripción del documento de especificaciones técnicas de la reforma realizada, es decir, con placas aislantes termoacústicas de 600x600.

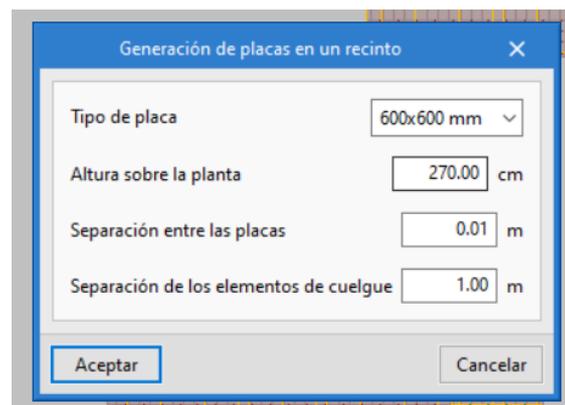


Ilustración 22. Definición del tipo de placa que conforma el falso techo. Fuente: Suspended Ceilings

En total, la altura de la planta es de 3m. Si vemos, la altura en la que se coloca la placa de falso techo es a 2.7m sobre la planta. Esto nos deja que, añadiendo los 20cm de forjado la altura libre de planta es de 2.5m y el espacio de plenum es de 30cm lo cual deja espacio suficiente para las instalaciones que se quieran canalizar por el mismo.

Posteriormente, pasamos al flujo CypeTherm, este conjunto de aplicaciones nos permite hacer tanto cálculo de cargas, calificación energética, como estudio de mejoras energéticas de envolvente, etc.

#### 4.4. ESTUDIO Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICOS EN CYPETHERM.

##### 4.4.1. Elementos Constructivos generales.

Una vez exportamos el modelo a CypeTherm HE Plus, procedemos, en primer lugar, a la definición de los componentes de la envolvente térmica.

Los espacios y tipos de recintos que se habían clasificado anteriormente en IFC Builder aparecen ya predeterminados en el CypeTherm como se puede apreciar en la Ilustración 23.



Ilustración 23. Recintos del edificio. Fuente: CypeTherm

En la parte izquierda vemos el menú en árbol, que en un primer lugar aparecerá con símbolos de exclamación junto a los segmentos de cerramientos, tabiquería, etc. Esto se debe a que la definición de ciertos componentes de esos segmentos no está hecha, por lo que será necesario calcularlos antes de realizar los cálculos oportunos.

A continuación, definimos las propiedades térmicas y físicas de los cerramientos, tabiquería, forjados, puertas y huecos acristalados.

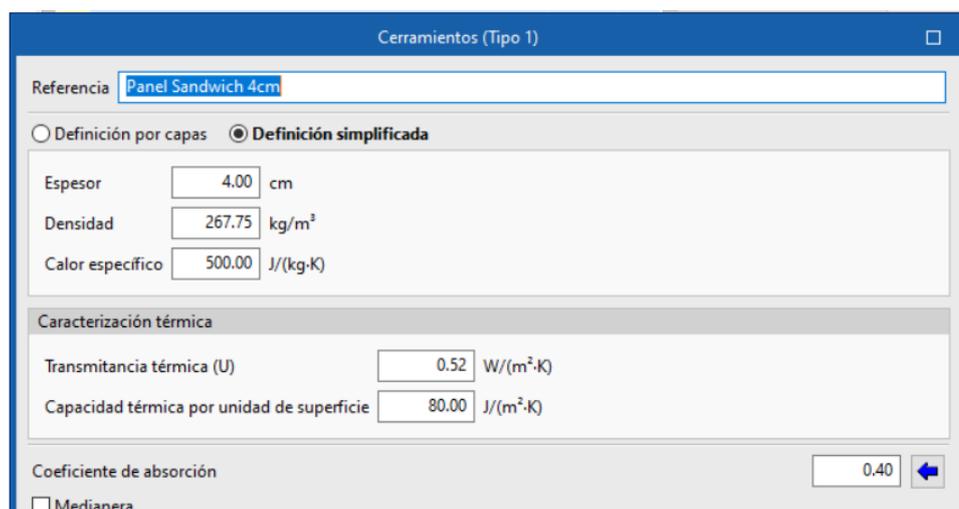


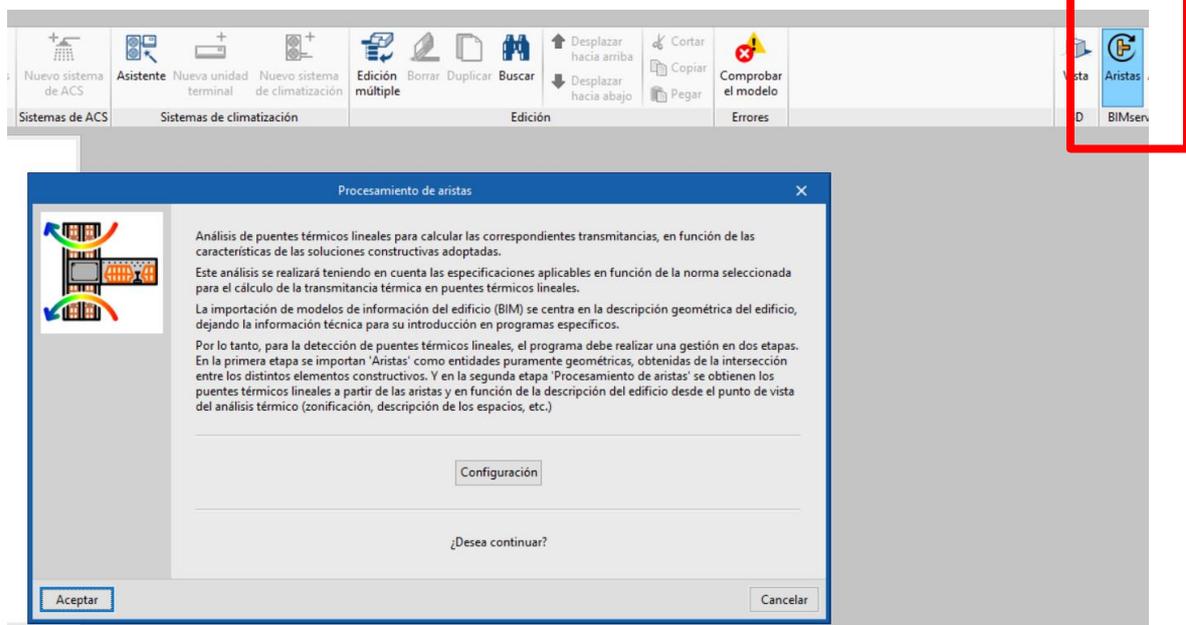
Ilustración 24. Definición de cerramientos. Fuente: CypeTherm

Coefficiente de transmisión de calor	<input type="text" value="5.70"/>	W/(m <sup>2</sup> ·K)
Factor solar	<input type="text" value="0.85"/>	

**Ilustración 25. Definición de huecos acristalados. Fuente: CypeTherm**

A simple vista, podemos ver que los huecos van a ser grandes sumideros energéticos, esto se debe al alto coeficiente de transmisión de calor y factor solar, pero esto lo veremos de forma más clara en los resultados obtenidos, los cuales discutiremos.

Después, pasamos al análisis de los puentes térmicos. Este paso es algo complicado de calcular en el caso de no conocer la disposición de estos. Una de las grandes ventajas de CypeTherm, es que te los analiza simplemente teniendo en cuenta el modelo geométrico y teniendo en cuenta el CTE y las ISO 14683 y ISO 10211.



**Ilustración 26. Uso de la herramienta aristas para el cálculo de puentes térmicos. Fuente: CypeTherm**

En la Ilustración 26, podemos ver que pulsando en la herramienta aristas del programa, podemos acceder al cálculo automático de puentes térmicos. El programa nos devuelve el mensaje de advertencia que aparece en la misma imagen que en resumen nos comenta que se calcula teniendo en cuenta la normativa y cuáles son los valores que se van a obtener. Además, como se cuenta con columnas en el edificio, estas se pueden definir de forma independiente pulsando en configuración. Aquí definimos las dimensiones de las columnas y sus separaciones. Además, nos da la opción de extender el aislamiento térmico del edificio a estas, así como los forjados. Como sabemos que esto pertenece a la reforma energética del edificio, vamos a suponer que el aislamiento no es continuo en columnas y huecos. Todo lo comentado anteriormente se puede ver reflejado en la Ilustración 27.

CTE DB-HE1. Atlas de puentes térmicos DA DB-HE / 3

El documento de apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía (DA DB-HE / 3) recoge unos valores aproximados de la transmitancia térmica lineal para las soluciones constructivas más comunes.

Alineación del marco del hueco respecto al cerramiento

El aislamiento del cerramiento llega hasta el marco del hueco

Frente de forjado con aislamiento

Considerar puentes térmicos de pilares integrados en fachada

Separación entre pilares  m

Con continuidad del aislamiento de fachada

Sección de los pilares (cm x cm)

Análisis numérico de puentes térmicos lineales (EN ISO 10211)

Módulo desarrollado como parte del proyecto de investigación 'Desarrollo de herramienta software para integración del análisis numérico de puentes térmicos en el cálculo de la demanda energética de edificios', financiado por el 'Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI)', cofinanciado por el 'Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)' y realizado en colaboración con el 'Grupo de Ingeniería Energética' del 'Departamento de Sistemas Industriales' de la Universidad Miguel Hernández de Elche (Alicante).

Ilustración 27. Definición de continuidad de aislamiento y columnas. Fuente: CypeTherm

#### 4.4.2. Climatización, Ventilación e Iluminación

Como adelantábamos con la Tabla 4 y la Tabla 5, al tratarse de un edificio de uso terciario, es necesario definir tanto la ventilación como la ocupación, cargas internas y potencia de iluminación instaladas. En la Ilustración 28 se pueden ver los valores insertados para el caso de oficinas.

Referencia

Habitable  No habitable

Otros usos  Personalizado

Ventilación

Densidad de las cargas internas

Periodo de utilización

Potencia instalada de iluminación

Ilustración 28. Valores de ventilación, ocupación, cargas internas y ocupación. Fuente: CypeTherm

En este caso en particular, la ventilación según IDA 2, la densidad de cargas internas alta debido a la existencia de equipos electrónicos como lo son ordenadores, pantallas, etc. El periodo de utilización se pone de 12h ya que el horario es tanto de mañanas como de tardes y la potencia

instalada se ha calculado haciendo la media de todos los locales pertenecientes al grupo de "Oficinas". La única diferencia está en la utilización de los recintos "instalaciones" ya que se entiende que estos están más horas disponibles.

El mismo procedimiento se ha seguido para el resto de los recintos y los valores insertados se pueden ver en la siguiente tabla.

**Tabla 6. Valores introducidos para los distintos recintos del edificio base. Fuente: Elaboración propia**

Referencia	Ventilación [l/s-m <sup>2</sup> ]	Densidad de cargas internas	Utilización	Iluminación [W/m <sup>2</sup> ]
Oficinas	0.83	Alta	12h	11.37
Pasillos	0.83	Baja	12h	9.47
Aulas	0.83	Alta	12h	11.36
WC	0.83	Baja	12h	11.36
Instalaciones	0.83	Alta	16h	11.36

Finalmente, se definen los sistemas de climatización. Al tener falta de información y entendiendo que estos han sido dimensionados teniendo en cuenta las especificaciones de la normativa española y en concreto el RITE, se deja que el software de cálculo los dimensione y lo dejamos como predeterminados para que este, dándole los parámetros de ajuste, los simule de manera correcta.

**Ilustración 29. Definición de características del edificio base. Fuente: CypeTherm**

En la Ilustración 29 se puede ver que como zona tenemos el edificio completo con una clasificación de "habitable" y las condiciones de temperaturas de consigna según el CTE, así como el uso de este a 12h.

Para las opciones de dimensionamiento automático por parte del programa para el sistema de calefacción se ha supuesto los siguientes valores:

Ilustración 30. Valores supuestos para dimensionamiento de sistema de calefacción. Fuente: CypeTherm

Como comenta el RITE, el dejar una diferencia de temperatura entre de entre 10-15 grados entre la temperatura de consigna del local (que en este caso la suponemos a 22 [C]) y la de impulsión que ponemos a 35 [C].

Para el dimensionamiento del sistema de refrigeración procedemos del mismo modo:

Ilustración 31. Valores supuestos para dimensionamiento de sistema de refrigeración. Fuente: CypeTherm

En este caso también suponemos un salto de entre 10-15 grados y suponiendo en verano una temperatura de consigna de 25 [C] tenemos que la temperatura de impulsión deseada es de alrededor de 12 [C].

#### 4.4.3. Sistema de producción de ACS.

El edificio no cuenta con ningún sistema de producción de ACS del tipo renovable, ni con un sistema individual. El sistema de este edificio es centralizado y alimenta a muchos otros edificios del campus de Vera donde se sitúa la Universitat Politècnica de València. Es por ello por lo que hemos tenido que utilizar ciertas guías del IDAE y el CTE en sí para poder dimensionar un sistema teórico que fuera propio para este edificio según la demanda diaria de ACS que tenga.

En primer lugar, hay que acudir al CTE, en concreto al Documento Básico de Ahorro de Energía en su Anejo F tabla C "para el cálculo de la demanda de referencia de ACS para edificios de uso distinto al residencial privado" (22). En la Ilustración 32 se puede ver la tabla donde nos indican los caudales orientativos por persona para uso distinto a residencial privado.

Tabla c-Anejo F Demanda orientativa de ACS para usos distintos del residencial privado

Critero de demanda	Litros/día-persona
Hospitales y clínicas	55
Ambulatorio y centro de salud	41
Hotel *****	69
Hotel ****	55
Hotel ***	41
Hotel/hostal **	34
Camping	21
Hostal/pensión *	28
Residencia	41
Centro penitenciario	28
Albergue	24
Vestuarios/Duchas colectivas	21
Escuela sin ducha	4
Escuela con ducha	21
Cuarteles	28
Fábricas y talleres	21
Oficinas	2
Gimnasios	21
Restaurantes	8
Cafeterías	1

Ilustración 32. Tabla C del Anejo F de la DB HE para el cálculo de la demanda de ACS para uso distinto a residencial. Fuente: CTE

En este caso nos encontramos con un edificio donde gran parte de los habitáculos son oficinas, además de aulas, por lo que el caudal seleccionado es de 2 [litros/día-persona]. Al no conocer la ocupación total del edificio acudimos al Documento Básico de Seguridad en Caso de Incendio (23) con el que podremos calcular en la sección SI 3 Apartado 2 el cálculo de la ocupación del edificio para su evacuación y que se puede extrapolar para el uso de la demanda de ACS.

En la tabla 2.1 del mismo documento “*densidades de ocupación*” podemos ver los metros cuadrados por persona que se tiene para el cálculo en edificios de uso administrativo como lo sería este que estamos calificando. Para este caso, el valor de referencia es de 10 [m<sup>2</sup>/persona], con este dato y los metros cuadrados de superficie habitable que tiene el edificio podemos calcular la ocupación de este. El cálculo es muy simple y se puede ver en la Ecuación (1).

$$Ocupación = \frac{4605 \text{ m}^2}{10 \text{ m}^2/\text{persona}} \cong 461 \text{ personas} \quad (1)$$

Con ello concluimos con la siguiente ecuación que la demanda total de ACS del edificio es la siguiente:

$$Demanda ACS = 461 \text{ personas} \cdot 2 \text{ litros/día - persona} = 922 \text{ l/día} \quad (2)$$

Con ello y pasando el resultado a litros/segundo, obtenemos que aproximadamente es 0.011 [l/s]. Además, obtenemos de la referencia en la tabla 07 (24) obtenemos que la temperatura

mínima del agua de red en Valencia son de 10 [C] lo cual nos va a servir para el dimensionamiento de la caldera.

El cálculo lo hacemos teniendo en cuenta un acumulador de ACS en el sistema a parte de la caldera. Para calcularlo, necesitamos primero el consumo punta. Según el mismo documento referenciado anteriormente, se estima que el consumo punta es del 30% del consumo medio diario por lo que este será de 276.7 [l/día] a este se le aplica el 30% para obtener finalmente que el volumen del acumulador debería ser de al menos 83 litros. Elegimos un tamaño industrial de acumulador como lo es el de 95 litros. En este caso hemos cogido el acumulador que se puede ver en Ilustración 33 con un parámetro de  $H/D = 975/500 = 1.95$ .



Código Saltoki: 2300500011

**Acumulador para ACS acero inoxidable GreenHeiss DPI/A/M 95 litros 8BAR**

Tipo de producto: [acumulador para ACS](#)  
 Marca: [GreenHeiss](#)  
 Modelo: [DPI/A/M](#)  
 Número de artículo GreenHeiss: 2300500011  
 Descripción en albaranes: ACUMULADOR INOX 316 GH DPI/A/M 100L 8BAR

Características técnicas	Documentos	Catálogos	
Capacidad:	95 l		<input type="checkbox"/>
Material de la cuba:	acero inoxidable		<input type="checkbox"/>
Clase de eficiencia energética:	B		<input type="checkbox"/>
Altura:	975 mm		<input type="checkbox"/>
Diámetro:	500 mm		<input type="checkbox"/>
Presión máxima de trabajo:	8 bar		<input type="checkbox"/>
Temperatura máxima:	85 °C		<input type="checkbox"/>
Grosor aislamiento:	50 mm		<input type="checkbox"/>
ánodo de protección:	sí		<input type="checkbox"/>
Con boca de hombre:	no		<input type="checkbox"/>
Tipo de ánodo:	magnesio		<input type="checkbox"/>

**Ilustración 33. Acumulador industrial de 95 litros. Fuente: Saltoki**

Según la guía técnica referenciada anteriormente, (24), es necesario ahora calcular un factor que se denomina  $F_{uso\ acumulación}$  que nos permitirá posteriormente obtener la potencia de la caldera a utilizar.

$$F_{uso\ acumulación} = 0.63 + 0.14 \cdot H/D = 0.63 + 0.14 \cdot 1.95 = 0.9 \quad (3)$$

Además, tratándose de una instalación antigua estimamos que el rendimiento de producción de ACS será de 0.75.

$$\eta_{prdACS} \cong 0.75 \quad (4)$$

Finalmente, utilizamos la siguiente ecuación para obtener la potencia de la caldera:

$$P_{calderas} = [Q_{punta} \cdot (T_{ACS} - T_{AFCH}) - V_{Acumulación} \cdot (T_{Acumulación} - T_{AFCH}) \cdot F_{uso\ acumulación}] \cdot \frac{1.16}{\eta_{prdACS}} = [276.7 \cdot (60 - 5) - 95 \cdot (70 - 5) \cdot 0.9] \cdot \frac{1.16}{0.75} = 14\,942 [W] \cong 15 [kW] \quad (5)$$

Obtenemos que la potencia de la caldera a instalar es de aproximadamente 15 [kW], teniendo en cuenta las condiciones más desfavorables según la guía técnica del IDAE referenciada anteriormente (24).

Finalmente, lo incorporamos en nuestra descripción del edificio en CypeTherm HE plus como se puede ver en Ilustración 34.

The screenshot shows the 'Equipo de producción' (Production Equipment) configuration window. It is divided into two sections: 'Equipo de producción' and 'Acumulador' (Accumulator).

**Equipo de producción:**

- Descripción: Caldera de Gas Natural
- Tipo de vector energético: Gas natural
- Potencia nominal: 15000.00 W
- Rendimiento medio estacional: 0.75
- Es bomba de calor

**Acumulador:**

- Acumulador
- Coefficiente global de pérdidas, UA: 4.50 W/K
- Temperatura media de acumulación: 70.0 °C
- Temperatura ambiente: 20.0 °C

Ilustración 34. Inserción de parámetros calculados para la caldera de gas natural del edificio 8H. Fuente: CypeTherm

#### 4.4.4. Datos generales del edificio.

Para poder realizar la simulación de forma correcta, es necesario además incorporar ciertos parámetros generales y datos del emplazamiento que serán utilizados por el motor de cálculo para conocer los valores de las variables ambientales del emplazamiento del edificio.

En la Ilustración 35 podemos ver la demanda de ACS calculada anteriormente y la temperatura de referencia, no añadimos fuentes de energía renovables ya que este edificio no cuenta con ellas. Además, debemos definir el tipo de uso del edificio, en este caso se trata de un edificio ya existente de uso terciario.

A continuación, definimos los parámetros ambientales según emplazamiento como se puede ver en la Ilustración 36. Una vez cargada la localización se añaden automáticamente los valores de temperaturas, etc. En la gráfica de la derecha, se puede apreciar la variación de las temperaturas máximas, mínimas y media diaria a lo largo del año. Como podemos observar, y al tratarse de una localidad situada cercana al mar y con un clima mediterráneo, las diferencias entre las temperaturas no son demasiado altas. En la Ilustración 37 podemos ver la rosa de los vientos lo cual para analizar un sistema de generación eólica nos viene perfecto para conocer la dirección más favorable para orientar las palas de este, así como la irradiación para poder dimensionar la fotovoltaica. Se ha puesto 109 grados de orientación ya que a la hora de levantar el modelo 3D no se cogió el norte real del edificio, sino que se orientó de tal manera que estuviera orientado completamente al sur en su entrada principal. A la hora de analizar el

edificio real es necesario poner su orientación real, que tomando como referencia el sur, sería de 109 grados dirección NO.

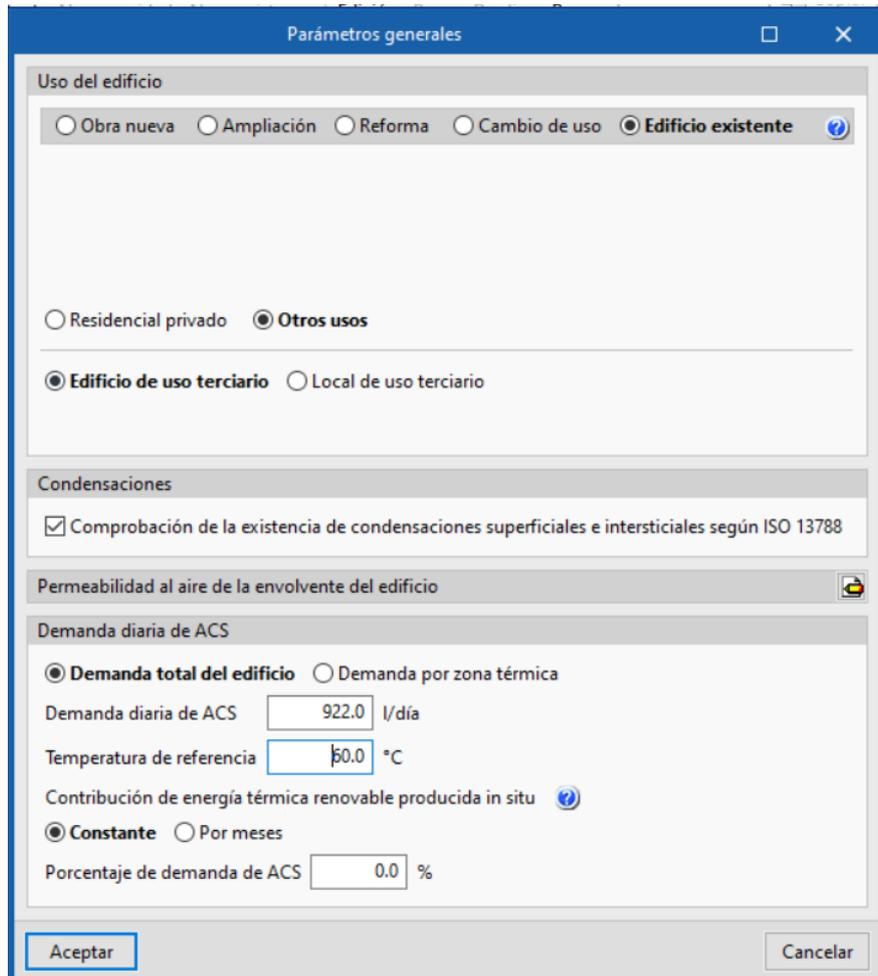


Ilustración 35. Parámetros generales del edificio 8H. Fuente: CypeTherm

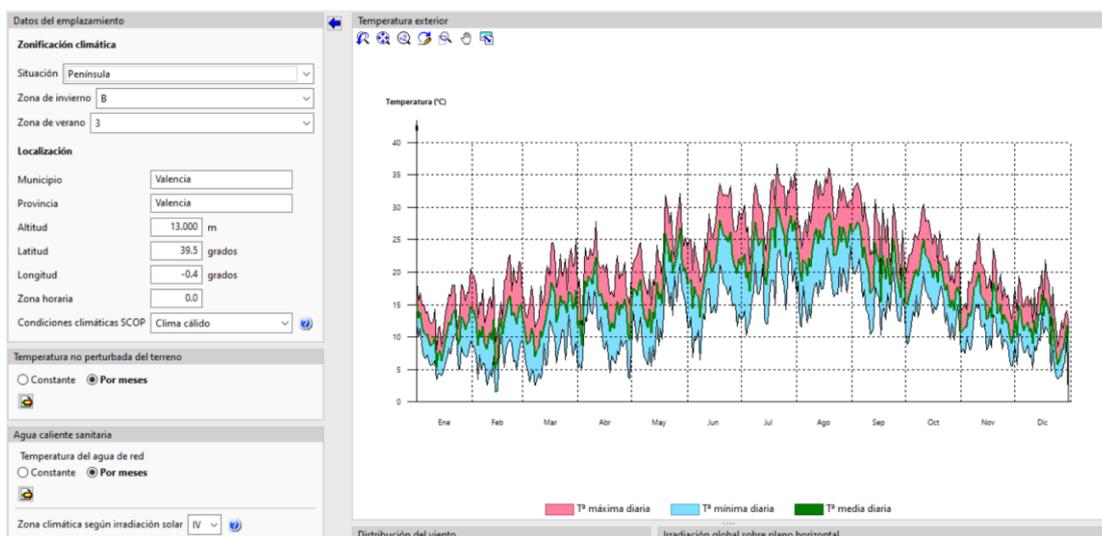


Ilustración 36. Parámetros ambientales del emplazamiento. Fuente: CypeTherm

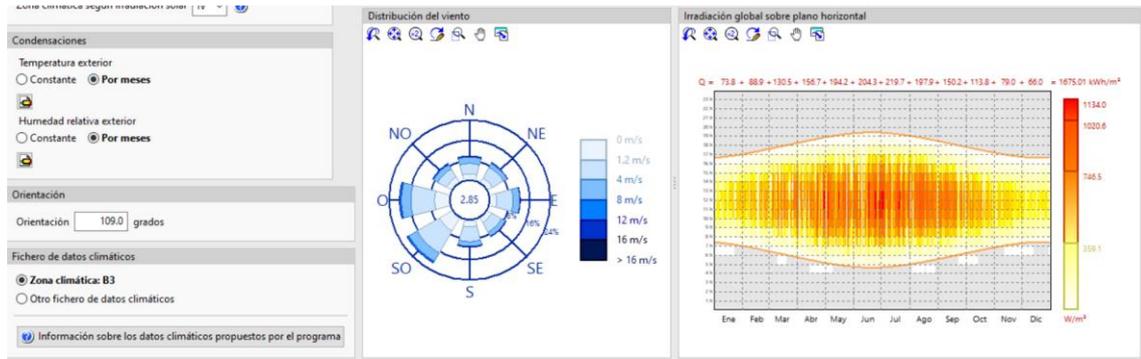


Ilustración 37. Vientos e irradiación y orientación del edificio. Fuente: CypeTherm

#### 4.5. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA PARA EL EDIFICIO 8H. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ESTOS.

A continuación, y gracias al motor de cálculo del programa CypeTherm, podemos obtener la calificación energética del edificio que vamos a presentar a continuación, así como diferentes indicadores que nos van a permitir conocer más sobre las características térmicas del edificio.

La calificación energética del edificio se puede ver en la Ilustración 38. Como podemos ver, el indicador global de emisiones de CO<sub>2</sub> por cada metro cuadrado de superficie nos da un resultado de **F** y 39.77 [kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>- año]. Además, también podemos conocer el indicador secundario de consumo de energía primaria no renovable que en este caso nos arroja un resultado de **E** y 183.20 [kWh/m<sup>2</sup>-año]. El desglose de los valores obtenidos para los diferentes indicadores los podemos ver en la Tabla 7.

Tabla 7. Indicadores primarios y secundarios obtenidos. Fuente: Elaboración propia

Demanda		
	Edificio Objeto [kWh/m <sup>2</sup> ]	Edificio de Referencia [kWh/ m <sup>2</sup> ]
Refrigeración	10.1	31.92
Calefacción	52.77	17.62

Consumo de energía primaria no renovable		
	Edificio Objeto [kWh/m <sup>2</sup> ]	Edificio de Referencia [kWh/ m <sup>2</sup> ]
<b>Global</b>	<b>183.19</b>	<b>118.84</b>
Refrigeración	11.61	36.69
Calefacción	88.89	29.67
ACS	8.23	3.01
Iluminación	74.46	49.48

Emisiones (Indicador Primario)		
	Edificio Objeto [kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> -año]	Edificio de Referencia [kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> -año]
<b>Global</b>	<b>39.77</b>	<b>23.06</b>
Refrigeración	1.97	6.21
Calefacción	23.45	7.83
ACS	1.74	0.64
Iluminación	12.61	8.38

### Calificación energética del edificio

Zona climática	B3	Uso	Otros usos
----------------	----	-----	------------

#### 1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES	
	CALEFACCIÓN	ACS
	Emisiones calefacción [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año]	Emisiones ACS [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año]
	23.45	1.74
Emisiones globales[kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año] <sup>1</sup>	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
	Emisiones refrigeración [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año]	Emisiones iluminación [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año]
	1.97	12.61

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año	kgCO <sub>2</sub> ·año
Emisiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico	14.58	59454.91
Emisiones CO <sub>2</sub> por otros combustibles	25.19	102712.93

#### 2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES	
	CALEFACCIÓN	ACS
	Energía primaria calefacción [kWh/m <sup>2</sup> ·año]	Energía primaria ACS [kWh/m <sup>2</sup> ·año]
	88.89	8.23
Consumo global de energía primaria no renovable[kWh/m <sup>2</sup> ·año] <sup>1</sup>	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
	Energía primaria refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> ·año]	Energía primaria iluminación [kWh/m <sup>2</sup> ·año]
	11.61	74.46

#### 3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
Demanda de calefacción[kWh/m <sup>2</sup> ·año]	Demanda de refrigeración[kWh/m <sup>2</sup> ·año]

<sup>1</sup> El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo edificios terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

Ilustración 38. Calificación energética inicial del edificio 8H. Fuente: CypeTherm

#### 4.5.1. Interpretación de los resultados obtenidos con CypeTherm Improvements.

Una vez calificado el edificio. Pasamos al análisis de los resultados con CypeTherm Improvements. Este programa permite tanto estudiar los valores obtenidos de la calificación inicial de edificio como un análisis energético y económico de las posibles mejoras a implementar, tanto constructivas como de los sistemas de climatización. En este caso simplemente lo vamos a utilizar para el análisis de pérdidas y ganancias por los elementos que componen el edificio y posteriormente analizaremos la adición de nuevos sistemas al edificio. Así como el estudio de la viabilidad técnico-económica de estos.

##### 4.5.1.1 Indicadores de calefacción.

En primer lugar, analizamos las pérdidas en temporada de calefacción. CypeTherm nos arroja los siguientes resultados:

Tabla 8. Valores de pérdidas por elementos en modo calefacción. Fuente: Elaboración propia

Indicadores de Calefacción	
Elemento	Pérdidas [%]
Elementos Opacos	81.99
Huecos	8.37
Ventilación	9.65

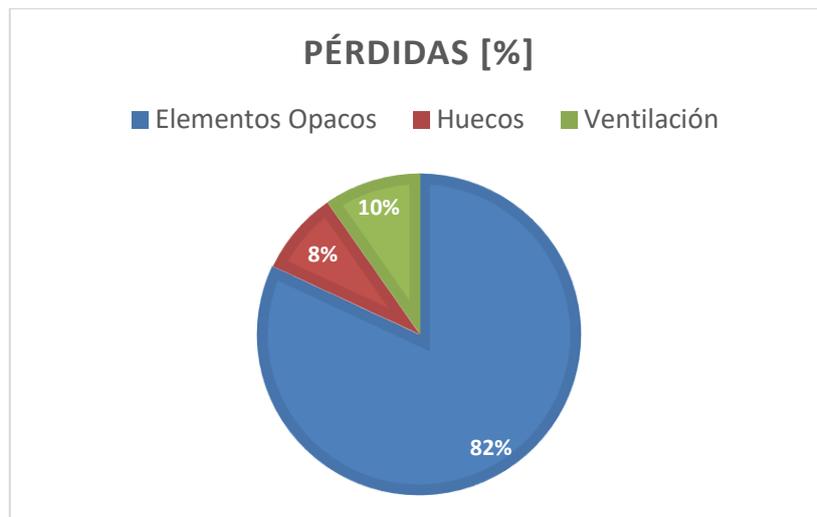


Ilustración 39. Pérdidas en elementos para sistema de calefacción. Fuente: Elaboración propia

Además, el programa nos muestra el siguiente gráfico que parece oportuno añadir debido a la facilidad y la ayuda al entendimiento de esta sección. Se puede ver en la Ilustración 40.

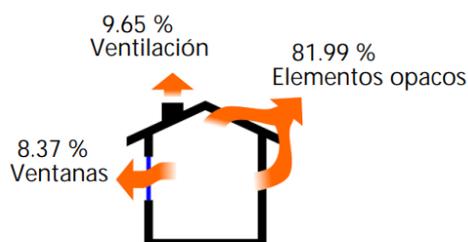
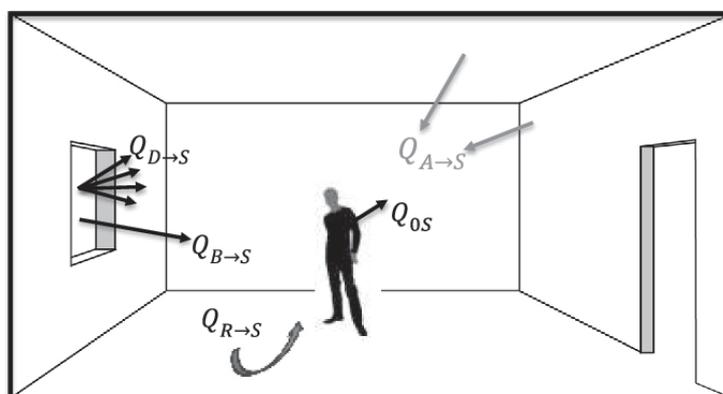


Ilustración 40. Diagrama de pérdidas en modo calefacción. Fuente: CypeTherm

Como podemos observar, las pérdidas por las ventanas y ventilación son mínimos en comparación con los elementos opacos. ¿A qué se debe esto? Pues bien, esto se debe a que sí, las ventanas son de vidrio simple y con espesor de 4 mm con un coeficiente global de transmisión de  $5.7 \text{ W/m}^2\text{-K}$ , pero aun habiendo mucha superficie cubierta por este tipo de vidrio las ganancias son mayores que las pérdidas. Esto se debe a que en Valencia tenemos muchas horas de sol al año, por lo que el tener este tipo de vidrio tan sencillo permite que la mayoría de la radiación incidente penetre por el hueco, calentando así las estancias interiores y no permitiendo la salida de la radiación reflejada y/o emitida por los elementos interiores del edificio. Adentrándonos algo más en los mecanismos de transmisión de calor, conocemos que esto se debe a que el Sol y la radiación que penetra en la atmósfera es principalmente radiación en onda corta lo que significa que la energía total incidente sobre los huecos puede penetrarlos y si encima se trata de un vidrio simple, las pérdidas por dispersión y absorción por parte del vidrio son mínimas, por lo que la mayoría de la radiación incidente penetra en el interior. El problema, o en este caso, la virtud, es que al calentar la estancia la radiación se queda atrapada en el interior. Esto se debe a que los cuerpos interiores, suelos, paredes, mobiliario, personas, no tiene suficiente temperatura como para emitir en onda corta por lo que la emisión de estos será en onda larga, por lo que para este tipo de radiación el vidrio se convierte en un elemento opaco, no dejando pasar hacia afuera la radiación rebotada o emitida por cuerpos. Esto se le puede hacer referencia como una especie de efecto “invernadero” en el interior de la estancia debido a la mala calidad del vidrio.

Pero este efecto no siempre es bueno. Durante el día puede ser agradable el recibir el calor del sol de forma caso directa sin estar expuesto al ambiente exterior, pero en el momento en el que el sol desaparece, la sensación de confort térmico cambia y estos cristales se convierten en verdaderos sumideros de energía, llegando a estar aproximadamente a la temperatura del ambiente exterior en un periodo de tiempo relativamente corto. Es cierto que en este tipo de edificios como lo son los edificios de universidades, el uso nocturno es mínimo, pero de igual manera las pocas horas que haya de noche pueden afectar al confort térmico de las personas que habiten las estancias interiores.

Pasamos a definir lo que es la temperatura media radiante. Esta se define como la temperatura uniforme de un espacio cerrado imaginario donde la transferencia de calor por radiación con el cuerpo humano es la misma que la transferencia de calor por radiación en el espacio cerrado real.



**Ilustración 41. Diagrama de representación de la Temperatura Media Radiante en el interior de un local. Fuente: Elaboración propia**

Como podemos ver en la Ilustración 41, la temperatura de la habitación puede ser diferente de la temperatura media radiante. Es más, por ejemplo, al colocarnos en una habitación que está a 24 grados en verano, pero al lado de la ventana tenemos mucha radiación solar y un vidrio simple, tendremos mucho calor e incluso podremos llegar a quemar nuestra piel, por lo que en este caso la temperatura media radiante, será muy diferente a la temperatura de consigna designada al equipo de climatización, simplemente por la disposición del propio sujeto. O un ejemplo para el invierno, en una habitación muy fría donde hay una chimenea, conforme nos vamos acercando a la misma, vamos sintiendo más y más esa sensación de calor y confort térmico que nos transmite la chimenea. Por lo que, en conclusión, el tener este tipo de vidrio puede influir en invierno a que los estudiantes o personas ajenas a la enseñanza que se sitúen en zonas cercanas a esta ventana cuando no hay sol puedan tener excesivamente frío, mientras que cuando se sitúen ahí en un momento en el que el Sol esté “pegando” de forma directa puede llegar a ser bastante agradable térmicamente para esta persona.

En este caso en concreto vemos que la mayor parte de las pérdidas se dan a través de los elementos opacos, es decir muros y cerramientos del edificio. Por lo que el aumento del aislamiento de estos va a permitir que en invierno mejore el confort térmico en el interior y además reduzca el consumo de los equipos de climatización con lo que mejorará la calificación energética en este sentido.

#### 4.5.1.2 Indicadores de refrigeración.

A continuación, estudiamos los indicadores de refrigeración arrojados por el programa CypeTherm.

Vemos los valores numéricos que posteriormente se representan gráficamente para su correcta y fácil visualización en la Tabla 9.

**Tabla 9. Valores de pérdidas por elementos en modo refrigeración. Fuente: Elaboración propia**

Indicadores de Refrigeración	
Elemento	Pérdidas [%]
Elementos Opacos	5.9
Huecos	45.7
Ventilación	1.6
Interior	46.9

En la Ilustración 42 podemos ver el gráfico de anillos en el que se puede ver claramente los resultados.

En primer lugar y como comentábamos anteriormente, el tener un vidrio simple de 4mm es un punto a favor en Valencia en cierto momento en invierno debido a la ganancia solar, pero esto en verano solo hace que se caliente la estancia aún más y de forma totalmente innecesaria. De igual manera, vemos que los elementos interiores también son responsables de casi la mitad de las ganancias térmicas perjudiciales. En este caso, tenemos, por ejemplo, el aire caliente que sale de los ordenadores, pantallas, proyectores de las aulas e incluso despachos. Estos elementos serán complicados de optimizar ya que no dependen de nosotros a la hora de la generación de calor. En el caso de los lucernarios, es diferente, estos normalmente, al ser antiguos generan una cantidad de calor excesiva y más sabiendo que la iluminación podría ser

incluso excesiva en el edificio y además no tener control alguno. ¿Para qué sirve el control de iluminación? Hay diferentes tipos, pero uno de los más utilizados es el que permite la regulación de los diferentes lucernarios según su posición, si está más cerca o más lejos de una zona con alta iluminación natural como lo puede ser una ventana. Estos lucernarios se regulan para que estas zonas que ya están bien iluminadas no tengan tanto uso de la lámpara y así ahorrar en energía eléctrica y en ganancia térmica. Es cierto que al cambiar la lámpara a una LED por lo general la ganancia térmica es relativamente baja por lo que haciendo este cambio podemos ahorrar mucho tanto en climatización como electricidad.

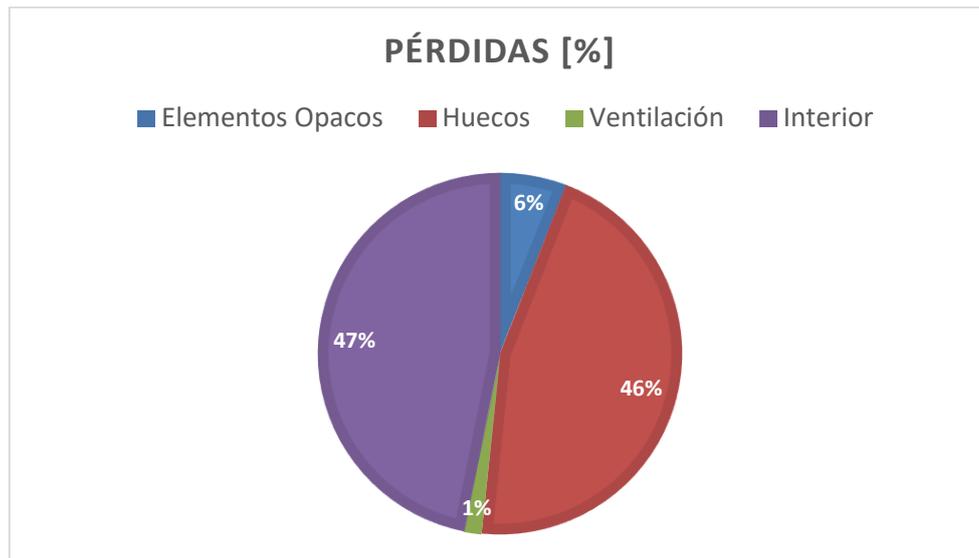


Ilustración 42. Pérdidas en elementos para sistema de refrigeración. Fuente: Elaboración propia

En ambos casos vemos que la ventilación es de las menores preocupaciones que tiene el edificio, además que se ajusta a la normativa del RITE.

De igual modo, en esta sección, podemos obtener el mismo diagrama mostrado anteriormente para la calefacción, pero en este caso para la refrigeración, lo que nos permite a simple vista conocer dónde están los sumideros de energía en el edificio que podemos ver en la Ilustración 43.

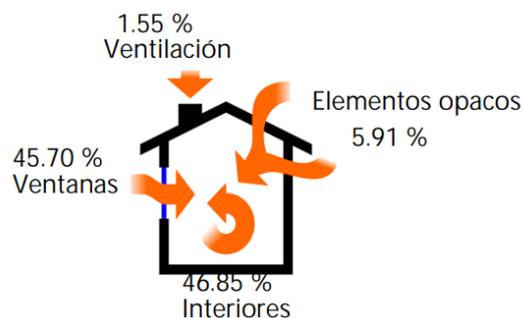


Ilustración 43. Diagrama de pérdidas en modo refrigeración. Fuente: CypeTherm Improvements

#### 4.5.1.3 Informe de demanda energética de CypeTherm.

Para llegar a mayor detalle en lo comentado anteriormente entramos en el informe de demanda energética del programa CypeTherm HE Plus. En este podemos ver una serie de gráficas muy interesantes que básicamente, lo que pretenden, es desglosar las pérdidas y ganancias de calor por los diferentes elementos del edificio. Así podemos tener una mejor valoración de las medidas de mejora a implementar.

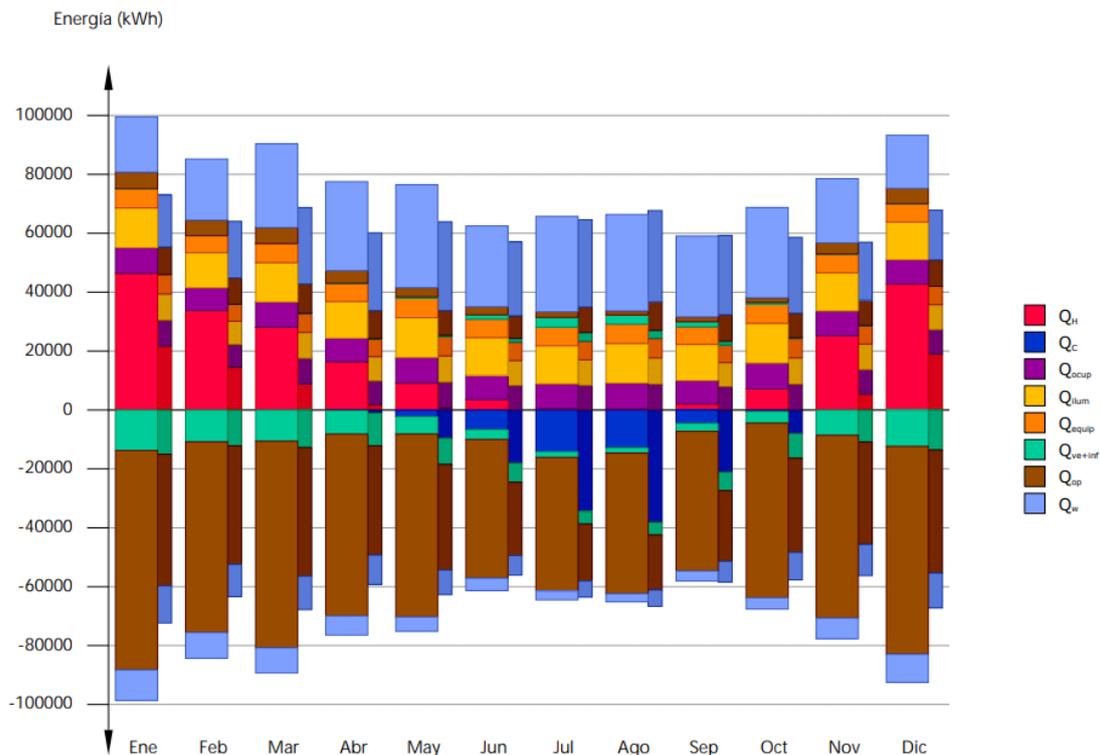


Ilustración 44. Balance energético del edificio mes a mes. Fuente: CypeTherm

Para entender mejor el gráfico definimos los diferentes parámetros que intervienen en el mismo. La energía perdida o ganada por transmisión térmica a través de elementos pesados y ligeros ( $Q_{op}$  y  $Q_w$ , respectivamente), la energía intercambiada por ventilación e infiltraciones ( $Q_{ve+inf}$ ), la ganancia de calor interna debida a la ocupación ( $Q_{occup}$ ), a la iluminación ( $Q_{ilum}$ ) y al equipamiento interno ( $Q_{equip}$ ), así como el aporte necesario de calefacción ( $Q_H$ ) y refrigeración ( $Q_C$ ).

#### 4.5.1.4 Otros indicadores.

En este caso los indicadores de energía renovables no se pueden analizar debido a la inexistencia de fuentes de energía de esta naturaleza. Para ello en el diseño de los elementos para la mejora energética del edificio se realizará el diseño de estos sistemas de energía.

Para el caso de la climatización, también se diseñará un sistema centralizado para abastecer al edificio al completo optimizándolo lo máximo posible y utilizando sistemas activos con buenos rendimientos, así como un buen diseño de los sistemas de distribución y bombeo.

# CAPÍTULO 5. MEJORAS EN LA ENVOLVENTE

## TÉRMICA.

### 5.1. INTRODUCCIÓN.

Como ya comentábamos en la sección 2.1.3, los sistemas pasivos son elementos que componen el edificio y a los cuales se les da mucha importancia. Estos sistemas o elementos son todos aquellos que no necesitan de una acción mecánica para su uso u activación, como es el ejemplo del aislamiento térmico de muros y cerramientos o como lo puede ser un elemento de sombra sobre una ventana (cornisa).

### 5.2. ENVOLVENTE TÉRMICA DE FACHADAS Y CUBIERTA.

Este tipo de sistemas son baratos de implementar y su mantenimiento es casi nulo a lo largo de un año. Para el desarrollo de este apartado vamos a coger valores recogidos en el estudio realizado en el TFG que se puede ver en la referencia (25). En este TFG se hace un estudio energético de una vivienda tipo en la localidad de Valencia. De este estudio se pueden sacar muchos resultados que permitirán optimizar la envolvente térmica del edificio que estamos tratando ya que estamos en la misma localidad y en concreto a escasos metros de la vivienda de estudio en dicho TFG. Es cierto que en dicho estudio se tiene en cuenta una CTE DB HE1 que actualmente está desactualizada, poniendo que los requerimientos mínimos serían de un coeficiente global de transferencia de 1 [W/m<sup>2</sup>-K] para cerramientos verticales exteriores y de un valor de 0.65 [W/ m<sup>2</sup>-K] para cerramientos horizontales exteriores. Actualmente, esos valores han cambiado y se pueden ver los nuevos en la Ilustración 45.

**Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de transmitancia térmica,  $U_{lim}$  [W/m<sup>2</sup>K]**

Elemento	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior ( $U_S, U_M$ )	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior ( $U_C$ )	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno ( $U_T$ ) Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica ( $U_{MD}$ )	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) ( $U_H$ )*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%			5,7			

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

**Ilustración 45. Valores límite de transmitancia térmica. Fuente: CTE DB HE1**

Según la guía técnica del IDAE de zonas climáticas, Valencia tendría una zona climática en invierno de B. Por lo que los valores de referencia serían los marcados en el rectángulo rojo. Vemos que el valor de transmitancia en cerramientos horizontales baja de 0.65 a 0.44, disminuyendo así la exigencia y de igual manera en cerramientos verticales pasando de 1 a 0.56.

Según el estudio, mostrado en la referencia (25), podemos concluir que para mejorar la demanda en calefacción, que en este caso es la que menor calificación energética tiene, según los indicadores obtenidos con CypeTherm HE Plus, debemos mejorar el aislamiento térmico de la envolvente. En este caso el mejorar la tabiquería interior no sería tan necesario al estar bien aislado con un espesor bastante considerable de aislamiento.

Al tratarse estos edificios de módulos prefabricados y construidos en una época anterior al 2013 y no tener información exacta, aun habiendo realizado reformas este mismo año 2013, tenemos que suponer ciertas partes del edificio, en concreto sus muros y cerramientos. Para ello consultamos la base de datos desarrollada por el Instituto Valenciano de Edificación, llamada "TABULA WEB TOOL" y cuya dirección web se puede consultar en la referencia (26). Aquí encontramos las composiciones típicas de los edificios según región climática y año. En nuestro caso tomamos un edificio con un periodo de construcción entre el 1980 y el 2006, además de ser un edificio situado en clima mediterráneo y con una reforma energética realizada, por lo que suponemos la siguiente columna señalada en rojo en la siguiente ilustración.

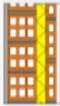
		Existing state	Usual Refurbishment
Roof 1	surface area	82.0m <sup>2</sup>	82.0 m <sup>2</sup>
	type of construction / refurbishment measure	flat roof: one-way framework with prestressed joint cubierta plana, forjado unidireccional viguetas pretensadas	add new waterproof, 20 mm of insulation and gravel Instalación de lámina impermeable, 20 mm de aislante y una capa de acabado de grava
	picture		
	U-value	1.92 W/(m <sup>2</sup> K)	1.92 W/(m <sup>2</sup> K)
Wall 1	surface area	98.0m <sup>2</sup>	98.0 m <sup>2</sup>
	type of construction / refurbishment measure	Cavity wall with insulation inside the cavity Muro de doble hoja de ladrillo con aislamiento térmico en las cámara	Injection of 30 mm of thermal insulation inside the existing air chamber Inyección de 30 mm de aislamiento térmico en el interior de la cámara de aire existente
	picture		
U-value	0.72 W/(m <sup>2</sup> K)	0.45 W/(m <sup>2</sup> K)	
Floor 1	surface area	82.0m <sup>2</sup>	82.0 m <sup>2</sup>
	type of construction / refurbishment measure	one-way framework with prestressed joint forjado unidireccional de viguetas pretensadas	Installing new windows, metal frame with thermal break, double glazed 4-6-4. Sustitución de ventana. Carpintería de aluminio con rotura de puente térmico y vidrio doble 4-6-4.
	picture		
U-value	1.31 W/(m <sup>2</sup> K)	0.77 W/(m <sup>2</sup> K)	
surface area		24.0m <sup>2</sup>	24.0 m <sup>2</sup>

Ilustración 46. Composición de muros según su año de construcción y clima. Fuente: TABULA web tool

Como podemos observar, suponemos el muro de fachada con una transmitancia total de 0.45 [W/m<sup>2</sup>-K]. Con este valor de transmitancia, cumpliría directamente con las especificaciones del

CTE, pero en nuestro caso queremos llegar algo más allá y poder cumplir con el estándar PASSIVHAUS y tener un edificio casi perfectamente aislado térmicamente.

En primer lugar, el estándar Passivhaus, recomienda que en España el valor de transmitancia deberá de ser de 0.3 [W/m<sup>2</sup>-K] para poder alcanzar la relación óptima de eficiencia según (27). Lo cual lleva a la siguiente tabla:

MATERIAL	TRANSMITANCIA TÉRMICA (W/mK)	ESPESOR NECESARIO PARA ALCANZAR 0,3 W/m <sup>2</sup> K (m)
Hormigón	2,3	7,30
Tabique macizo	0,80	2,50
Tabique aligerado	0,40	1,25
Madera conífera	0,13	0,40
Paja	0,055	0,18
Aislamiento estándar	0,040	0,13
Aislamiento mejorado	0,025	0,08

**Ilustración 47. Espesores necesarios para alcanzar 0.3 [W/m<sup>2</sup>-K] según el material. Fuente: Fenercom**

Con ello vemos que, para aislamientos mejorados, que son los que hoy día se utilizan por lo general, es necesario 8 cm de espesor para conseguir este valor de transmitancia y un coeficiente K de al menos 0.025 [W/m-K].

En el estudio realizado para la vivienda en valencia en la referencia (25), también vemos que el óptimo técnico-económico sería de 8 cm para los muros de fachadas y 10 cm en las cubiertas que dan con ambiente exterior. Actualmente, el edificio ya cuenta con muros compuestos por paneles sándwich con un espesor de 4cm de aislante térmico como indica en las especificaciones técnica de la sección 3.2.4. Por lo que en este caso será necesario la incorporación de 4cm más en fachada y de 6cm en cubierta, lo cual se realizará con SATE.

Para la comprobación del cumplimiento de este estándar Passivhaus es tan sencillo como aplicar la siguiente ecuación.

$$U = \frac{1}{R_t}; R_t = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (6)$$

Aplicando esta ecuación y conociendo la resistencia térmica del SATE que cogemos en este lugar que es de  $R_{\text{SATE}} = 1.05$  [m<sup>2</sup>-K/W], y que la resistencia térmica que el muro en sí ya posee es de  $R_{\text{muro}} = 1/0.45 = 2.22$  [m<sup>2</sup>-K/W], obtenemos el siguiente valor de transmitancia:

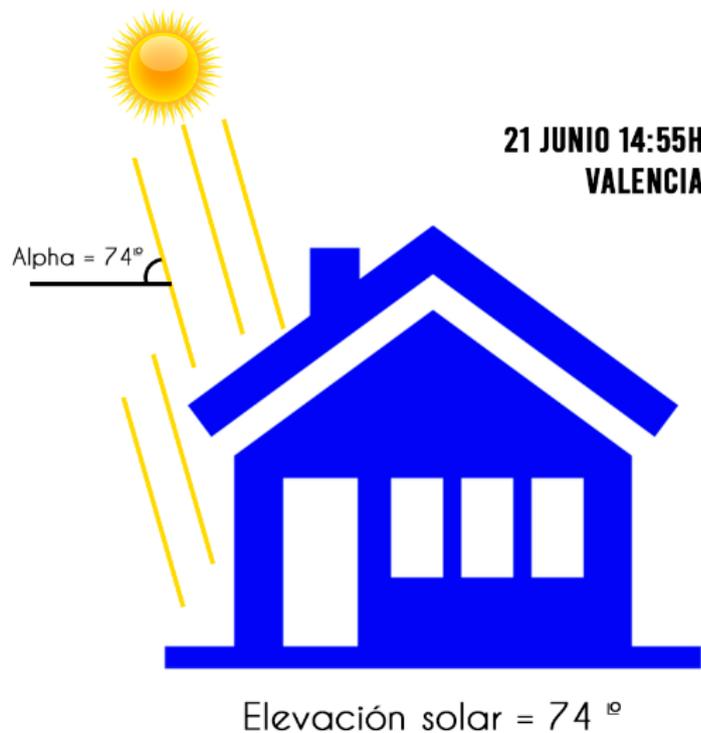
$$U_{\text{fachada}} = \frac{1}{1.05 + 2.22} = 0.3058 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (7)$$

Lo cual cumple con los estándares de Passivhaus que comentábamos anteriormente en cuanto a pérdidas de calor por cerramientos y muros.

De igual modo calcularemos el espesor de sate necesario en la cubierta. Es cierto que según la referencia de WEB Tool y la Ilustración 46, la transmitancia de las cubiertas de este tipo de edificios ronda los 1.92 [W/m<sup>2</sup>-K]. En este caso, sabemos que tienen también paneles sándwich

de cubierta de 40mm de espesor de aislamiento como lo comentan en el pliego de condiciones técnicas de la última reforma energética del edificio por lo que elegimos el caso peor que sería no conociendo el resto de las componentes del muro o considerando despreciable la resistencia térmica que estos elementos tienen en el cómputo global de la resistencia total de las capas de la cubierta. Por ello tomamos que la transmitancia de la cubierta es la del panel sándwich cuyas propiedades mostrábamos en la Ilustración 15 de  $0.52 \text{ [W/m}^2\text{-K]}$ .

Para poder conseguir los valores de transmitancia deseados, debemos incluir 2 cm más de espesor que en los muros de fachada. Esto se debe a que, en primer lugar, no conocemos la transmitancia real del muro, aunque sabemos que debe estar en torno a los  $0.52 \text{ [W/m}^2\text{-K]}$  por lo que es algo mayor que la obtenida de los muros de fachada. En segundo lugar, estos cerramientos están expuestos en verano a la radiación con un ángulo de incidencia más directo que el que tendría un muro normal. En la Ilustración 48 se puede ver un claro ejemplo de la incidencia de los rayos de sol sobre la cubierta en verano y sobre los muros.



**Ilustración 48. Ejemplo de incidencia de rayos solares en cubierta y en muros verticales de edificio tipo. Fuente: Elaboración propia**

Por ello, a los 40mm de espesor de aislante que tiene, se le añade 60mm de SATE resultado en el siguiente valor de transmitancia:

$$U_{fachada} = \frac{1}{\frac{1}{0.52} + 1.58} = 0.285 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (8)$$

Donde  $R_{muro} = 1/0.52 \text{ [m}^2\text{-K/W]}$  y  $R_{SATE} = 1.58 \text{ [m}^2\text{-K/W]}$ .

### 5.2.1. Tabiquería interior.

Para la tabiquería interior no se precisa de ningún tipo de mejora energética debido a que esta también cuenta con aislamiento de 40mm de espesor con panel sándwich y las especificaciones técnicas del CTE son más permisivas en este tipo de cerramientos como lo podemos ver en la Ilustración 45, siendo el valor de transmitancia límite de 0.75 [W/m<sup>2</sup>-K] en este caso y estando en un valor muy por debajo del del proyecto de rehabilitación energética anterior.

### 5.3. HUECOS ACRISTALADOS.

Como podemos ver en el modelo 3D mostrado en la Ilustración 21, gran parte de las superficies de fachadas son acristaladas incluso en cubierta. Esto se traduce en ganancias térmicas que a veces pueden llegar a ser innecesarias como lo comentábamos en la sección 4.5.1.1. Es por ello por lo que la mejora del cristal es algo imprescindible en este proyecto de estudio energético.

Además, en el CTE DB HE también tenemos ciertos valores que nos limitan la transmitancia del nivel de acristalamiento como lo veíamos en la Ilustración 45. En la tabla podemos ver que para Huecos el valor de transmitancia mínimo para localidades situadas en la zona climática B como lo es Valencia debe de ser de 2.3 [W/m<sup>2</sup>-K]. En nuestro caso y al tratarse de vidrios simples, esta condición no se cumple. Además, los marcos de estos huecos no cuentan con rotura de puente térmico, sino que simplemente se trata de un marco metálico con alta conductividad térmica.

Para poder cumplir con las condiciones técnicas que el CTE nos impone precisamos del siguiente vidrio doble con control solar y baja emisividad térmica con espesor de vidrio exterior 6mm del tipo Templa.Lite Solar.Lite Azul cámara de aire de 10 mm y un vidrio interior bajo emisivo de 4mm de espesor. Toda la información sobre elementos y costes será sacados de la referencia (28), la cual se trata del generador de precios y partidas desarrollada por CYPE Ingenieros.

### 5.4. RESUMEN DE MEJORAS EN LA ENVOLVENTE TÉRMICA.

A continuación, mostramos una tabla resumen con las mejoras propuestas para la rehabilitación energética de la envolvente térmica. En la columna "Anterior" podemos ver la situación inicial de los muros del edificio, cubiertas y huecos acristalados y en la columna "Nuevo" la situación después de la mejora energética. Veamos la Tabla 10.

**Tabla 10. Medidas de mejora en fachadas, cubiertas y huecos acristalados. Fuente: Elaboración propia**

Rehabilitación Energética de envolvente		
Elemento	Anterior	Nuevo
Fachadas	Aislamiento 40mm 0.45 [W/m <sup>2</sup> -K]	Aislamiento 80mm 0.30 [W/m <sup>2</sup> -K]
Cubierta exterior	Aislamiento 40mm 0.45 [W/m <sup>2</sup> -K]	Aislamiento 100mm 0.28 [W/m <sup>2</sup> -K]
Huecos acristalados	Vidrio simple 4mm 5.7 [W/m <sup>2</sup> -K] / FS = 0.85	Vidrio doble con cámara de aire 1.8 [W/m <sup>2</sup> -K] / FS = 0.21

# **CAPÍTULO 6. DISEÑO DE SISTEMAS PARA LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO 8H**

## **6.1. INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se van a diseñar el sistema fotovoltaico y de climatización utilizando únicamente energías renovables.

Para la energía solar fotovoltaica se va a realizar el dimensionamiento teniendo en cuenta los datos de consumos eléctricos previos a la reforma energética de la envolvente y resto de sistemas tanto de iluminación como de climatización. Esto se debe a que actualmente la normativa española y directivas europeas promueven el autoconsumo colectivo y dimensionando de esta manera el sistema fotovoltaico podemos llegar a tener excedentes que se pueden compartir con el resto de los edificios colindantes a este cumpliendo los siguientes puntos:

- Deben estar conectadas al mismo centro de transformación y la distribución de energía debe ser en Baja Tensión.
- La distancia máxima entre la planta fotovoltaica y cada uno de los participantes debe ser como máximo de 500 metros.
- El sistema de producción y los participantes de la instalación de autoconsumo compartido deben estar registrados en la misma referencia catastral.

Por otro lado, el uso de bombas de calor para la climatización es algo que está ampliamente extendido en el territorio español y sobre todo por las zonas con clima mediterráneo.

En concreto, en el CTE DB HE4 por el que se regula la contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria, se especifica claramente en su punto 3.1 apartado 4, lo citado a continuación:

*“Las bombas de calor destinadas a la producción de ACS y/o climatización de piscina, para poder considerar su contribución renovable a efectos de esta sección, deberán disponer de un valor de rendimiento medio estacional (SCOP<sub>dhw</sub>) superior a 2.5 cuando sean accionadas eléctricamente y superior a 1.15 cuando sean accionadas mediante energía térmica.”*

Por lo que con esto podemos diseñar un sistema de producción de ACS que esté compuesto por un sistema de energía renovable.

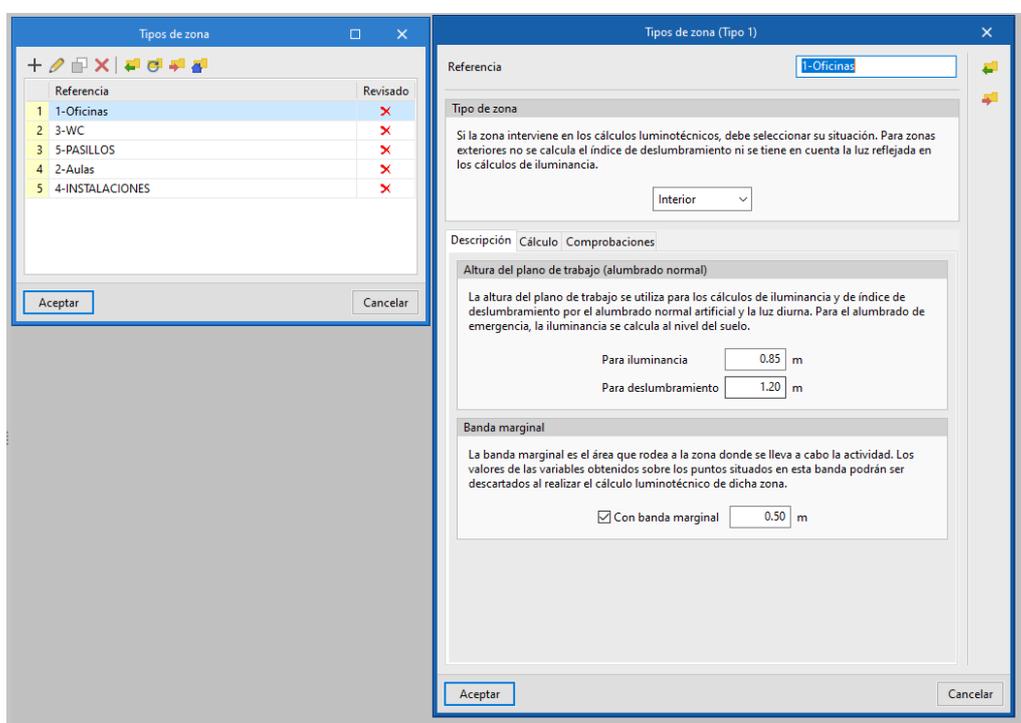
## 6.2. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

En primer lugar, y anterior a realizar el cálculo de cargas para el correcto dimensionamiento del sistema de climatización, la herramienta CYPE Lux nos permite hacer el cálculo de iluminación y conocer posteriormente en el CYPE Loads las cargas internas producidas por el sistema de iluminación.

En este caso se cambiarán las luminarias que actualmente se disponen en el recinto para reducir el consumo eléctrico del sistema de iluminación y a su vez reducir las cargas de térmicas que estos elementos producen para la mejora de la eficiencia energética del edificio completo.

### 6.2.1. Diseño de sistema de iluminación.

Para poder hacer el diseño acudimos a CYPE Lux, en primer lugar, es necesario importar el fichero BIM que hemos tratado con IFC Builder con la geometría y sobre todo los tipos de zonas que tenemos en el proyecto, que son, Oficinas, Baños, Pasillos, Aulas y Cuartos de Instalaciones.



**Ilustración 49. Definición de características de zonas para el cálculo de iluminación. Fuente: CYPE Lux**

En la Ilustración 49 podemos ver a la izquierda que las zonas nos aparecen como no revisadas por lo que será necesario editarlas y nos aparecerá una ventana emergente como la que vemos en el lado derecho del programa. Aquí definiremos tanto el tipo de zona, interior o exterior, la altura del plano de trabajo la banda marginal, condiciones de cálculo y otras comprobaciones que iremos comentando a continuación.

Una vez definidos todos los recintos es necesario definir el tipo de luminaria que vamos a utilizar en el proyecto. En este caso, nos vamos a la web del distribuidor de nuevo y podemos ver además dentro del mismo las curvas de distribución de la luz en formato ldt, el cual lo podemos importar a CYPE Lux. Elegimos una lámpara Led de 36W y 4000 Lúmenes de la propia web e importamos el fichero ldt, quedando definida la luminaria como se puede ver a continuación.

**Luminaria interior**

Referencia: CELER 7100005276 CELER PANEL LED 60X60 36W 4000K 220V BLANCO UGR<19 NEXT

**Luminaria**

Dimensiones: Rectangular 59,5 x 59,5 x 1,0 cm

Índice de rendimiento (LOR): 1,00

**Lámpara**

Referencia: 7100005276 CELER PANEL LED 60X60 36W 4000K 220V BLAI

Número de lámparas: 1

Flujo luminoso total: 4000,00 lm

Potencia total: 36,00 W

Temperatura: 4000,00 K

Índice de rendimiento cromático: 80,00

**Curva fotométrica**

Unidades: Candela cada 1000 lúmenes

Intensidad en el ángulo vertical '0°': 512,20

Intensidad en el ángulo vertical '180°': 2,15

Ángulo horizontal (azimut) C
0,00
30,00
60,00
90,00
120,00
150,00
180,00
210,00
240,00

Aceptar Cancelar

**Ilustración 50. Definición de luminarias LED. Fuente: CYPE Lux**

Una vez insertado el modelo ldt de luminaria es necesario hacer una distribución correcta de las mismas en el plano de trabajo. Además, es necesario calcular para cada zona y verificar que cumpla con la normativa tal y como presentaremos a continuación los extractos de los informes generados por CYPE Lux.

Como podemos ver en la Ilustración 51, se han dispuesto todos los lucernarios en las zonas que componen el edificio y de igual manera para la planta P0 ya que solo aparece en la imagen la planta P1 por simplificación.

De igual modo CYPE Lux nos permite ver a simple vista en el mapa de isovalores la distribución de la luminosidad en todos los espacios del edificio donde se han colocado los lucernarios. De este modo podemos ver a simple vista cuáles son las zonas con mayor y con menor iluminación. En este caso, se les ha dado total prioridad a las aulas de enseñanza ya que en estas es donde se imparten las clases de la universidad y la falta de luz sería algo molesto para el bienestar del estudiante. Este aspecto se puede ver reflejado en la Ilustración 52.

De igual modo, el programa nos genera un informe tanto de verificación del CTE DB HE3 como de la norma UNE-EN 12464-1, así como un anejo de cálculos del edificio. Este último archivo no se incluirá en el documento debido a su extensión de 190 páginas las cuales no facilitan la comprensión por parte del lector.

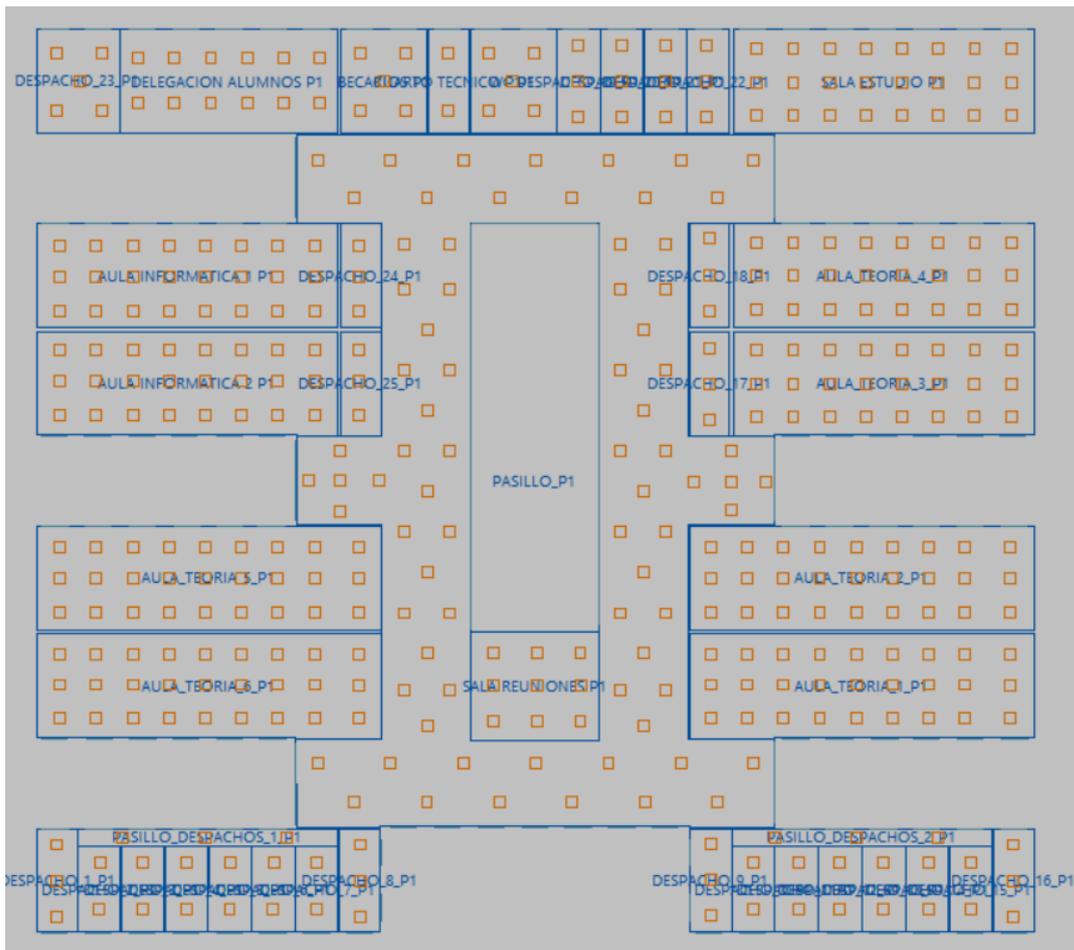


Ilustración 51. Distribución de iluminación en planta P1. Fuente: CYPE Lux

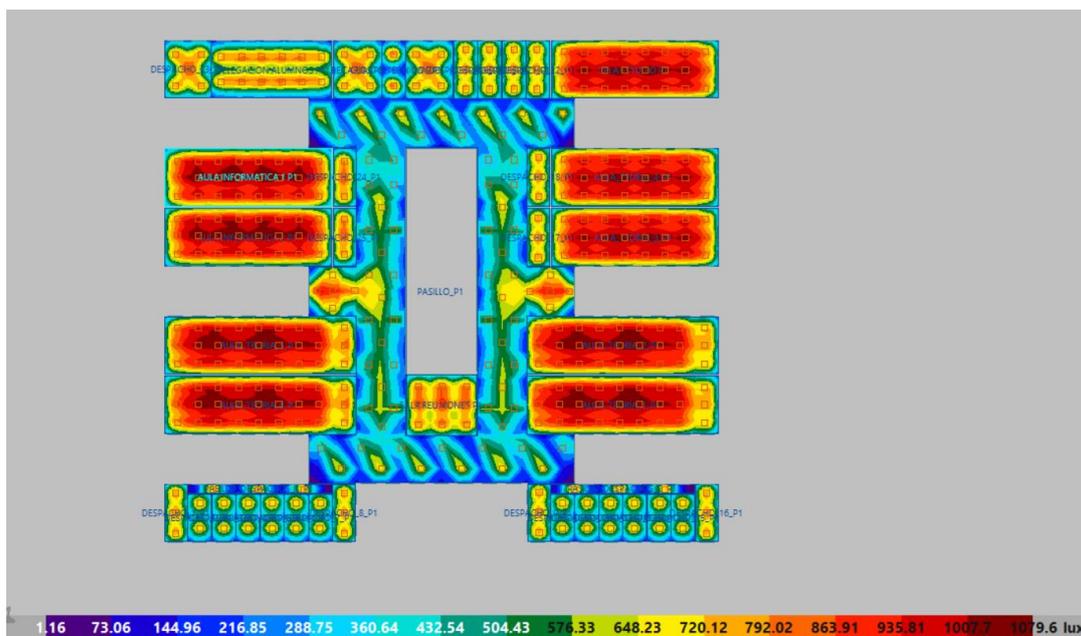


Ilustración 52. Diagrama de isovalores de la P1. Fuente: CYPE Lux

### 6.2.1.1 Comparativa con el sistema de iluminación anterior a la reforma.

Para comprobar el ahorro energético que conlleva este cambio de luminarias simplemente tomamos una comparativa entre potencia instalada anteriormente y la potencia que se va a instalar una vez realizado el cambio.

Lo podemos ver en la Tabla 11, la comparativa entre el sistema de iluminación anterior y el actual con la iluminación LED propuesta. Con la instalación propuesta vemos que en total en ambas plantas estamos ahorrando en potencia instalada un 35%, que por lo general se puede llegar a traducir en ahorros en el consumo eléctrico del sistema de iluminación del 35% también, aunque no necesariamente tiene que ser así exactamente.

Tabla 11. Tabla comparativa de potencia instalada en iluminación. Fuente: Elaboración propia

Potencia de iluminación instalada en el edificio [W]			
Planta	Anterior	Con Iluminación LED	Variación
P0	21680	13356	38%
P1	21248	14688	31%
<b>Total</b>	<b>42928</b>	<b>28044</b>	<b>35%</b>

Esto a su vez también se verá reflejado en el cálculo de cargas térmicas. En este caso la iluminación LED tienen una muy baja emisión de radiación térmica por lo que, comparado con otros sistemas de iluminación, estos calentarán menos las estancias. Como comentábamos anteriormente, esto puede ser bueno en verano, pero en invierno esa ganancia quizás podía resultar buena para disminuir la potencia que necesita el sistema de climatización.

### 6.2.1.2 Justificación de la DB HE 3.

El CTE DB HE 3 limita las condiciones de iluminación en recintos para poder asegurar el buen rendimiento y el ahorro energético en este tipo de sistemas exceptuando algunos escenarios como lo pueden ser los mencionados a continuación (13):

- Las instalaciones interiores de viviendas.
- Las instalaciones de alumbrado de emergencia.
- Los edificios protegidos oficialmente por ser parte de un entorno declarado o debido a su particular valor arquitectónico o histórico, en la medida en que el cumplimiento de determinadas exigencias básicas de eficiencia energética pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto, siendo la autoridad que dicta la protección oficial quien determine los elementos inalterables.
- Construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a dos años.
- Edificios aislados con una superficie útil total inferior a 50 m<sup>2</sup>.

Con CYPE Lux, además del diseño de la y disposición de la iluminación en el edificio se nos permite también exportar el documento justificativo del documento de ahorro y eficiencia energética del CTE. A continuación, en las siguientes páginas, podemos ver los resultados mostrados por CYPE para la justificación.

### EXIGENCIA BÁSICA HE 3: CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN

#### 1. INFORMACIÓN RELATIVA A LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN

Tipo de uso: Otros usos ( $E_m \leq 600$ lux)			
Potencia límite: 10.00 W/m <sup>2</sup>			
Plano de planta	Zona	Superficie iluminada	Potencia total instalada en lámparas + equipos aux.
		S (m <sup>2</sup> )	P (W)
Planta 1	DESPACHO_1_P1 (1-Oficinas)	12.80	108.00
Planta 1	DESPACHO_2_P1 (1-Oficinas)	11.18	72.00
Planta 1	DESPACHO_3_P1 (1-Oficinas)	11.28	72.00
Planta 1	DESPACHO_4_P1 (1-Oficinas)	11.28	72.00
Planta 1	DESPACHO_5_P1 (1-Oficinas)	11.30	72.00
Planta 1	DESPACHO_6_P1 (1-Oficinas)	11.24	72.00
Planta 1	DESPACHO_7_P1 (1-Oficinas)	11.01	72.00
Planta 1	DESPACHO_8_P1 (1-Oficinas)	13.19	108.00
Planta 1	DESPACHO_9_P1 (1-Oficinas)	13.08	108.00
Planta 1	DESPACHO_10P1 (1-Oficinas)	11.11	72.00
Planta 1	DESPACHO_11P1 (1-Oficinas)	11.33	72.00
Planta 1	DESPACHO_12_P1 (1-Oficinas)	11.23	72.00
Planta 1	DESPACHO_13_P1 (1-Oficinas)	11.29	72.00
Planta 1	DESPACHO_14_P1 (1-Oficinas)	11.16	72.00
Planta 1	DESPACHO_15_P1 (1-Oficinas)	11.36	72.00
Planta 1	DESPACHO_16_P1 (1-Oficinas)	12.82	108.00
Planta 1	DESPACHO_17_P1 (1-Oficinas)	12.87	108.00
Planta 1	DESPACHO_18_P1 (1-Oficinas)	12.87	108.00
Planta 1	DESPACHO_19_P1 (1-Oficinas)	13.55	108.00
Planta 1	DESPACHO_20_P1 (1-Oficinas)	13.56	108.00
Planta 1	DESPACHO_21_P1 (1-Oficinas)	13.44	108.00
Planta 1	DESPACHO_22_P1 (1-Oficinas)	13.43	108.00
Planta 1	DESPACHO_23_P1 (1-Oficinas)	26.08	180.00
Planta 1	DESPACHO_24_P1 (1-Oficinas)	12.73	108.00
Planta 1	DESPACHO_25_P1 (1-Oficinas)	12.76	108.00
Planta 1	BECARIOS P1 (1-Oficinas)	27.36	180.00
Planta 1	DELEGACION ALUMNOS P1 (1-Oficinas)	68.54	432.00
Planta 1	SALA REUNIONES P1 (1-Oficinas)	42.21	324.00
Planta 0	CPD 8 (1-Oficinas)	27.23	180.00
Planta 0	CPD 7 (1-Oficinas)	22.47	144.00
Planta 0	CPD 6 (1-Oficinas)	22.47	144.00
Planta 0	CPD 5 (1-Oficinas)	35.48	288.00
Planta 0	CPD 1 (1-Oficinas)	27.23	180.00
Planta 0	CPD 2 (1-Oficinas)	22.47	144.00
Planta 0	CPD 3 (1-Oficinas)	22.47	144.00
Planta 0	CPD 4 (1-Oficinas)	35.83	288.00
Planta 0	DESPACHO 1 (1-Oficinas)	27.61	144.00

### EXIGENCIA BÁSICA HE 3: CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN

Planta 0	DESPACHO 2 (1-Oficinas)	13.16	108.00
Planta 0	DESPACHO 3 (1-Oficinas)	13.29	108.00
Planta 0	BIBLIOTECA CDL (1-Oficinas)	13.36	108.00
Planta 0	SECRETARIA CDL (1-Oficinas)	10.96	72.00
Planta 0	SUBDIRECTOR CDL (1-Oficinas)	10.94	72.00
Planta 0	SUBDIRECTOR CDL 2 (1-Oficinas)	11.20	72.00
Planta 0	DTOR CENTRO DE LENGUAS (1-Oficinas)	22.53	144.00
Planta 0	SALA DE JUNTAS CDL (1-Oficinas)	26.65	216.00
Planta 0	SALA JUNTAS (1-Oficinas)	26.43	144.00
Planta 0	TECNICOS 1 (1-Oficinas)	12.69	108.00
Planta 0	TECNICOS 2 (1-Oficinas)	11.42	72.00
Planta 0	TECNICOS 3 (1-Oficinas)	22.31	144.00
Planta 0	TECNICOS 4 (1-Oficinas)	22.54	144.00
Planta 0	PARQUE INNOVA (1-Oficinas)	11.13	72.00
Planta 0	FORMACION (1-Oficinas)	10.96	72.00
Planta 0	TECNICOS IDEAS 1 (1-Oficinas)	11.12	72.00
Planta 0	TECNICOS IDEAS 2 (1-Oficinas)	11.16	72.00
Planta 0	TECNICOS IDEAS 3 (1-Oficinas)	11.14	72.00
Planta 0	SECRETARIA IDEAS (1-Oficinas)	38.53	144.00
Planta 0	SALA DE JUNTAS (1-Oficinas)	27.43	216.00
Planta 0	DTOS ICDE (1-Oficinas)	28.15	216.00
Planta 0	MAR Y CARLOS (1-Oficinas)	28.20	216.00
Planta 0	DTOS IDEAS (1-Oficinas)	13.97	108.00
Planta 0	INFORMATICA (1-Oficinas)	13.74	108.00
Planta 0	SERVIDOR IDEAS (1-Oficinas)	13.24	108.00
Planta 0	ADMON ICV (1-Oficinas)	52.72	396.00
Planta 0	GERENTE ICV (1-Oficinas)	13.36	108.00
Planta 1	PASILLO_DESPACHOS_1_P1 (5-PASILLOS)	13.15	108.00
Planta 1	PASILLO_DESPACHOS_2_P1 (5-PASILLOS)	13.03	108.00
Planta 1	PASILLO_P1 (5-PASILLOS)	584.70	2736.00
Planta 1	WC P1 (3-WC)	27.35	180.00
Planta 0	WC (3-WC)	27.41	144.00
Planta 0	LIMPIEZA (3-WC)	13.28	72.00
Planta 0	PASILLO P0 (5-PASILLOS)	585.44	2736.00
Planta 0	PASILLO CDL (5-PASILLOS)	11.26	72.00
Planta 0	PASILLO TECNICOS (5-PASILLOS)	11.36	72.00
Planta 1	AULA_TEORIA_1_P1 (2-Aulas)	109.45	972.00
Planta 1	AULA_TEORIA_2_P1 (2-Aulas)	109.29	972.00
Planta 1	AULA_TEORIA_3_P1 (2-Aulas)	95.38	864.00
Planta 1	AULA_TEORIA_4_P1 (2-Aulas)	95.39	864.00
Planta 1	AULA_TEORIA_5_P1 (2-Aulas)	109.32	972.00
Planta 1	AULA_TEORIA_6_P1 (2-Aulas)	109.45	972.00
Planta 1	SALA ESTUDIO P1 (2-Aulas)	94.75	864.00
Planta 1	AULA INFORMATICA 1 P1 (2-Aulas)	95.38	864.00
Planta 1	AULA INFORMATICA 2 P1 (2-Aulas)	95.59	864.00
Planta 0	AULA MOTOROLA (2-Aulas)	96.05	864.00
Planta 0	AULA INFORMATICA 3.1 (2-Aulas)	95.80	864.00
Planta 0	AULA 2.1 (2-Aulas)	54.80	540.00

### EXIGENCIA BÁSICA HE 3: CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN

Planta 0	AULA 2.2 (2-Aulas)	41.44	324.00
Planta 0	AULA 1.1 (2-Aulas)	40.41	324.00
Planta 0	AULA 1.2 (2-Aulas)	27.42	216.00
Planta 0	AULA 1.3 (2-Aulas)	27.19	216.00
Planta 0	AULA FORMACION (2-Aulas)	42.53	288.00
Planta 0	AULA TEORIA (2-Aulas)	96.47	864.00
Planta 1	CUARTO TECNICO P1 (4-INSTALACIONES)	13.24	72.00
Planta 0	CUARTO TECNICO (4-INSTALACIONES)	26.85	144.00
Planta 0	CUARTO TÉCNICO CPD (4-INSTALACIONES)	26.58	144.00
Planta 0	CONSERJE 1 (4-INSTALACIONES)	13.45	72.00
Planta 0	CONSERJE 2 (4-INSTALACIONES)	28.00	144.00
Planta 0	ARCHIVO (4-INSTALACIONES)	13.70	108.00
TOTAL		4046.52	28044.00
Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada: $P_{tot}/S_{tot}$ (W/m <sup>2</sup> ): 6.93			

## EXIGENCIA BÁSICA HE 3: CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN

### 2. INFORMACIÓN RELATIVA A LAS ZONAS

Zona de actividad diferenciada: Administrativo en general										
VEEI máximo admisible: 3.00 W/m²										
Plano de planta	Zona	Índice del local	Número de puntos considerados en el proyecto	Factor de mantenimiento previsto	Potencia total instalada en lámparas + equipos aux.	Eficiencia de las lámparas utilizadas en el local	Valor de eficiencia energética de la instalación	Iluminancia media horizontal mantenida	Índice de deslumbramiento unificado	Índice de rendimiento de color de las lámparas
		K	n	Fm	P (W)	Lrn/W	VEEI (W/m²)	Em (lux)	UGR	Ra
Planta 1	DESPACHO_1_P1 (1-Oficinas)	0.95	4	0.87	108.00	111.11	1.2	696.20	16.00	80.00
Planta 1	DESPACHO_2_P1 (1-Oficinas)	0.92	4	0.87	72.00	111.11	1.2	553.90	16.00	80.00
Planta 1	DESPACHO_3_P1 (1-Oficinas)	0.93	4	0.87	72.00	111.11	1.1	555.23	16.00	80.00
Planta 1	DESPACHO_4_P1 (1-Oficinas)	0.93	4	0.87	72.00	111.11	1.1	556.64	16.00	80.00
Planta 1	DESPACHO_5_P1 (1-Oficinas)	0.93	4	0.87	72.00	111.11	1.1	559.65	16.00	80.00
Planta 1	DESPACHO_6_P1 (1-Oficinas)	0.93	4	0.87	72.00	111.11	1.1	559.24	16.00	80.00
Planta 1	DESPACHO_7_P1 (1-Oficinas)	0.92	4	0.87	72.00	111.11	1.2	560.26	16.00	80.00
Planta 1	DESPACHO_8_P1 (1-Oficinas)	0.96	4	0.87	108.00	111.11	1.2	692.94	16.00	80.00
Planta 1	DESPACHO_9_P1 (1-Oficinas)	0.96	4	0.87	108.00	111.11	1.2	696.31	16.00	80.00
Planta 1	DESPACHO_10P1 (1-Oficinas)	0.92	4	0.87	72.00	111.11	1.2	558.89	16.00	80.00
Planta 1	DESPACHO_11P1 (1-Oficinas)	0.93	4	0.87	72.00	111.11	1.2	551.80	16.00	80.00
Planta 1	DESPACHO_12_P1 (1-Oficinas)	0.93	4	0.87	72.00	111.11	1.2	556.55	16.00	80.00
Planta 1	DESPACHO_13_P1 (1-Oficinas)	0.93	4	0.87	72.00	111.11	1.2	551.96	16.00	80.00
Planta 1	DESPACHO_14_P1 (1-Oficinas)	0.92	4	0.87	72.00	111.11	1.2	553.05	16.00	80.00
Planta 1	DESPACHO_15_P1 (1-Oficinas)	0.93	4	0.87	72.00	111.11	1.1	558.55	16.00	80.00
Planta 1	DESPACHO_16_P1 (1-Oficinas)	0.95	4	0.87	108.00	111.11	1.2	695.68	16.00	80.00
Planta 1	DESPACHO_17_P1 (1-Oficinas)	0.94	4	0.87	108.00	111.11	1.2	699.81	16.00	80.00
Planta 1	DESPACHO_18_P1 (1-Oficinas)	0.94	4	0.87	108.00	111.11	1.2	699.53	16.00	80.00
Planta 1	DESPACHO_19_P1 (1-Oficinas)	0.98	4	0.87	108.00	111.11	1.2	689.83	16.00	80.00
Planta 1	DESPACHO_20_P1 (1-Oficinas)	0.98	4	0.87	108.00	111.11	1.2	688.99	16.00	80.00
Planta 1	DESPACHO_21_P1 (1-Oficinas)	0.98	4	0.87	108.00	111.11	1.2	691.88	16.00	80.00
Planta 1	DESPACHO_22_P1 (1-Oficinas)	0.98	4	0.87	108.00	111.11	1.2	690.15	16.00	80.00
Planta 1	DESPACHO_23_P1 (1-Oficinas)	1.49	9	0.87	180.00	111.11	1.0	678.08	16.00	80.00
Planta 1	DESPACHO_24_P1 (1-Oficinas)	0.94	4	0.87	108.00	111.11	1.1	741.27	16.00	80.00
Planta 1	DESPACHO_25_P1 (1-Oficinas)	0.94	4	0.87	108.00	111.11	1.2	732.96	16.00	80.00
Planta 1	BECARIOS P1 (1-Oficinas)	1.53	9	0.87	180.00	111.11	1.0	667.96	16.00	80.00
Planta 1	DELEGACION ALUMNOS P1 (1-Oficinas)	2.27	16	0.87	432.00	111.11	0.9	666.95	17.00	80.00
Planta 1	SALA REUNIONES P1 (1-Oficinas)	1.90	9	0.87	324.00	111.11	1.0	743.99	16.00	80.00
Planta 0	CPD 8 (1-Oficinas)	1.53	9	0.87	180.00	111.11	1.0	668.89	16.00	80.00
Planta 0	CPD 7 (1-Oficinas)	1.39	9	0.87	144.00	111.11	1.0	650.04	15.00	80.00
Planta 0	CPD 6 (1-Oficinas)	1.39	9	0.87	144.00	111.11	1.0	647.39	15.00	80.00
Planta 0	CPD 5 (1-Oficinas)	1.05	9	0.87	288.00	111.11	1.2	696.96	16.00	80.00
Planta 0	CPD 1 (1-Oficinas)	1.53	9	0.87	180.00	111.11	1.0	669.12	16.00	80.00
Planta 0	CPD 2 (1-Oficinas)	1.39	9	0.87	144.00	111.11	1.0	649.40	15.00	80.00
Planta 0	CPD 3 (1-Oficinas)	1.39	9	0.87	144.00	111.11	1.0	647.22	16.00	80.00
Planta 0	CPD 4 (1-Oficinas)	1.05	9	0.87	288.00	111.11	1.1	699.01	16.00	80.00
Planta 0	DESPACHO 1 (1-Oficinas)	1.15	9	0.87	144.00	111.11	1.0	518.43	18.00	80.00
Planta 0	DESPACHO 2 (1-Oficinas)	0.96	4	0.87	108.00	111.11	1.2	695.65	16.00	80.00
Planta 0	DESPACHO 3 (1-Oficinas)	0.96	4	0.87	108.00	111.11	1.2	693.74	16.00	80.00
Planta 0	BIBLIOTECA CDL (1-Oficinas)	0.97	4	0.87	108.00	111.11	1.2	691.59	16.00	80.00
Planta 0	SECRETARIA CDL (1-Oficinas)	0.91	4	0.87	72.00	111.11	1.2	530.79	16.00	80.00
Planta 0	SUBDIRECTOR CDL (1-Oficinas)	0.91	4	0.87	72.00	111.11	1.2	536.08	16.00	80.00
Planta 0	SUBDIRECTOR CDL 2 (1-Oficinas)	0.93	4	0.87	72.00	111.11	1.2	535.03	16.00	80.00
Planta 0	DTOR CENTRO DE LENGUAS (1-Oficinas)	1.40	9	0.87	144.00	111.11	1.1	571.70	16.00	80.00
Planta 0	SALA DE JUNTAS CDL (1-Oficinas)	1.51	9	0.87	216.00	111.11	1.0	772.29	16.00	80.00
Planta 0	SALA JUNTAS (1-Oficinas)	1.50	9	0.87	144.00	111.11	1.0	547.78	16.00	80.00
Planta 0	TECNICOS 1 (1-Oficinas)	0.94	4	0.87	108.00	111.11	1.2	702.16	16.00	80.00
Planta 0	TECNICOS 2 (1-Oficinas)	0.94	4	0.87	72.00	111.11	1.2	527.74	16.00	80.00
Planta 0	TECNICOS 3 (1-Oficinas)	1.39	9	0.87	144.00	111.11	1.1	580.43	16.00	80.00
Planta 0	TECNICOS 4 (1-Oficinas)	1.40	9	0.87	144.00	111.11	1.1	578.57	16.00	80.00
Planta 0	PARQUE INNOVA (1-Oficinas)	0.92	4	0.87	72.00	111.11	1.1	579.61	16.00	80.00
Planta 0	FORMACION (1-Oficinas)	0.92	4	0.87	72.00	111.11	1.1	576.00	16.00	80.00
Planta 0	TECNICOS IDEAS 1 (1-Oficinas)	0.92	4	0.87	72.00	111.11	1.1	572.54	16.00	80.00
Planta 0	TECNICOS IDEAS 2 (1-Oficinas)	0.93	4	0.87	72.00	111.11	1.1	568.42	16.00	80.00
Planta 0	TECNICOS IDEAS 3 (1-Oficinas)	0.93	4	0.87	72.00	111.11	1.2	560.62	16.00	80.00
Planta 0	SECRETARIA IDEAS (1-Oficinas)	1.01	9	0.87	144.00	111.11	1.0	378.08	19.00	80.00
Planta 0	SALA DE JUNTAS (1-Oficinas)	1.53	9	0.87	216.00	111.11	1.1	726.22	16.00	80.00
Planta 0	DTOS ICDE (1-Oficinas)	1.55	9	0.87	216.00	111.11	1.0	788.90	17.00	80.00
Planta 0	MAR Y CARLOS (1-Oficinas)	1.55	9	0.87	216.00	111.11	1.0	794.86	16.00	80.00
Planta 0	DTOS IDEAS (1-Oficinas)	0.99	4	0.87	108.00	111.11	1.0	744.49	16.00	80.00
Planta 0	INFORMATICA (1-Oficinas)	0.98	4	0.87	108.00	111.11	1.1	741.34	16.00	80.00
Planta 0	SERVIDOR IDEAS (1-Oficinas)	0.96	4	0.87	108.00	111.11	1.1	732.41	16.00	80.00
Planta 0	ADMON ICV (1-Oficinas)	1.39	9	0.87	396.00	111.11	1.1	711.96	17.00	80.00
Planta 0	GERENTE ICV (1-Oficinas)	0.97	4	0.87	108.00	111.11	1.1	735.80	16.00	80.00

Zona de actividad diferenciada: Zonas comunes  
VEEI máximo admisible: 4.00 W/m²

Ilustración 56. Documento justificativo CTE DB HE 3 página 5. Fuente: CYPE

### EXIGENCIA BÁSICA HE 3: CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN

Plano de planta	Zona	Índice del local	Número de puntos considerados en el proyecto	Factor de mantenimiento previsto	Potencia total instalada en lámparas + equipos aux.	Eficiencia de las lámparas utilizadas en el local	Valor de eficiencia energética de la instalación	Iluminancia media horizontal mantenida	Índice de deslumbramiento unificado	Índice de rendimiento de color de las lámparas
		K	n	Fm	P (W)	Lm/W	VEEI (W/m²)	Em (lux)	UGR	Ra
Planta 1	PASILLO_DESPACHOS_1_P1 (5-PASILLOS)	0.51	4	0.87	108.00	111.11	1.4	586.18	13.00	80.00
Planta 1	PASILLO_DESPACHOS_2_P1 (5-PASILLOS)	0.50	4	0.87	108.00	111.11	1.4	608.77	12.00	80.00
Planta 1	PASILLO_P1 (5-PASILLOS)	4.11	25	0.87	2736.00	111.11	1.0	482.43	18.00	80.00
Planta 1	WC P1 (3-WC)	1.53	9	0.87	144.00	111.11	1.0	664.71	16.00	80.00
Planta 0	WC (3-WC)	1.53	9	0.87	144.00	111.11	1.0	518.90	16.00	80.00
Planta 0	LIMPIEZA (3-WC)	0.97	4	0.87	72.00	111.11	1.1	480.51	16.00	80.00
Planta 0	PASILLO PD (5-PASILLOS)	4.12	25	0.87	2736.00	111.11	1.0	475.73	18.00	80.00
Planta 0	PASILLO CDL (5-PASILLOS)	0.52	4	0.87	72.00	111.11	1.2	553.81	12.00	80.00
Planta 0	PASILLO TECNICOS (5-PASILLOS)	0.52	4	0.87	72.00	111.11	1.0	657.86	12.00	80.00

Zona de actividad diferenciada: Aulas y laboratorios  
VEEI máximo admisible: 3.50 W/m²

Plano de planta	Zona	Índice del local	Número de puntos considerados en el proyecto	Factor de mantenimiento previsto	Potencia total instalada en lámparas + equipos aux.	Eficiencia de las lámparas utilizadas en el local	Valor de eficiencia energética de la instalación	Iluminancia media horizontal mantenida	Índice de deslumbramiento unificado	Índice de rendimiento de color de las lámparas
		K	n	Fm	P (W)	Lm/W	VEEI (W/m²)	Em (lux)	UGR	Ra
Planta 1	AULA_TEORIA_1_P1 (2-Aulas)	2.60	16	0.87	972.00	111.11	1.0	899.56	17.00	80.00
Planta 1	AULA_TEORIA_2_P1 (2-Aulas)	2.60	16	0.87	972.00	111.11	1.0	899.29	17.00	80.00
Planta 1	AULA_TEORIA_3_P1 (2-Aulas)	2.51	16	0.87	864.00	111.11	1.0	900.75	17.00	80.00
Planta 1	AULA_TEORIA_4_P1 (2-Aulas)	2.51	16	0.87	864.00	111.11	1.0	900.52	17.00	80.00
Planta 1	AULA_TEORIA_5_P1 (2-Aulas)	2.60	16	0.87	972.00	111.11	1.0	897.59	17.00	80.00
Planta 1	AULA_TEORIA_6_P1 (2-Aulas)	2.60	16	0.87	972.00	111.11	1.0	897.55	17.00	80.00
Planta 1	SALA_ESTUDIO_P1 (2-Aulas)	2.50	16	0.87	864.00	111.11	1.0	902.82	17.00	80.00
Planta 1	AULA_INFORMATICA_1_P1 (2-Aulas)	2.51	16	0.87	864.00	111.11	1.0	910.35	17.00	80.00
Planta 1	AULA_INFORMATICA_2_P1 (2-Aulas)	2.51	16	0.87	864.00	111.11	1.0	910.64	17.00	80.00
Planta 0	AULA_MOTOROLA (2-Aulas)	2.52	16	0.87	864.00	111.11	1.0	897.73	17.00	80.00
Planta 0	AULA_INFORMATICA_3.1 (2-Aulas)	2.52	16	0.87	864.00	111.11	1.0	899.18	17.00	80.00
Planta 0	AULA_2.1 (2-Aulas)	2.11	16	0.87	540.00	111.11	1.1	902.15	16.00	80.00
Planta 0	AULA_2.2 (2-Aulas)	1.88	9	0.87	324.00	111.11	1.1	722.79	16.00	80.00
Planta 0	AULA_1.1 (2-Aulas)	1.86	9	0.87	324.00	111.11	1.1	729.09	16.00	80.00
Planta 0	AULA_1.2 (2-Aulas)	1.53	9	0.87	216.00	111.11	1.1	717.99	16.00	80.00
Planta 0	AULA_1.3 (2-Aulas)	1.53	9	0.87	216.00	111.11	1.1	716.11	16.00	80.00
Planta 0	AULA_FORMACION (2-Aulas)	1.80	9	0.87	288.00	111.11	0.9	739.74	17.00	80.00
Planta 0	AULA TEORIA (2-Aulas)	2.53	16	0.87	864.00	111.11	1.0	907.03	17.00	80.00

Zona de actividad diferenciada: Otros recintos interiores  
VEEI máximo admisible: 4.00 W/m²

Plano de planta	Zona	Índice del local	Número de puntos considerados en el proyecto	Factor de mantenimiento previsto	Potencia total instalada en lámparas + equipos aux.	Eficiencia de las lámparas utilizadas en el local	Valor de eficiencia energética de la instalación	Iluminancia media horizontal mantenida	Índice de deslumbramiento unificado	Índice de rendimiento de color de las lámparas
		K	n	Fm	P (W)	Lm/W	VEEI (W/m²)	Em (lux)	UGR	Ra
Planta 1	CUARTO TECNICO P1 (4-INSTALACIONES)	1.10	9	0.87	72.00	111.11	1.0	536.17	16.00	80.00
Planta 0	CUARTO TECNICO D (4-INSTALACIONES)	1.72	9	0.87	144.00	111.11	1.0	555.76	16.00	80.00
Planta 0	CUARTO TECNICO CPD (4-INSTALACIONES)	1.71	9	0.87	144.00	111.11	1.0	558.09	16.00	80.00
Planta 0	CONSERJE 1 (4-INSTALACIONES)	1.09	9	0.87	72.00	111.11	1.0	531.59	16.00	80.00
Planta 0	CONSERJE 2 (4-INSTALACIONES)	1.75	9	0.87	144.00	111.11	0.9	548.01	16.00	80.00
Planta 0	ARCHIVO (4-INSTALACIONES)	1.12	9	0.87	108.00	111.11	1.0	770.60	16.00	80.00

### 6.2.2. Cálculo de cargas del edificio con CYPE LOADS.

Para poder dimensionar el nuevo sistema de climatización y compararlo con la potencia instalada con anterioridad a la reforma energética del edificio, procedemos al diseño con CYPE Loads.

En primer lugar, debemos definir las características técnicas de todos los recintos que aparecen en el edificio. En la Ilustración 58 vemos que tenemos oficinas, aulas, instalaciones, pasillos, y baños.

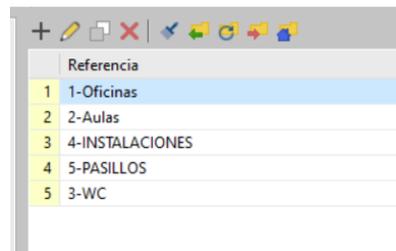


Ilustración 58. Recintos que conforman las zonas del edificio. Fuente: CYPE Loads

**Recinto (Tipo 1)**

Clasificación del recinto:

Condiciones de cálculo:

**Refrigeración**

Temperatura interior de diseño:  °C

Humedad relativa de diseño:  %

**Calefacción**

Temperatura interior de diseño:  °C

Humedad relativa de diseño:  %

**Ventilación/Infiltración**

Ventilación:  l/(s·m²)

Infiltración:  ACH

Recuperación de calor

Eficiencia térmica:  %

Eficiencia higrométrica

Perfil de uso

Ganancias internas de calor

Ocupación:  m²/persona

Equipamiento interno

Ganancia de calor sensible:  W/persona

Fracción radiante:

Ganancia de calor latente:  W/persona

Perfil de uso

Iluminación

Ganancia de calor sensible:  W/m²

Fracción radiante:

Fracción al recinto:

Otras cargas

Aceptar Cancelar

Ilustración 59. Definición de recintos. Fuente: CYPE Loads

En la Ilustración 59 podemos ver el asistente de CYPE para la definición de los recintos. En concreto, estamos mostrando los recintos que pertenecen al grupo de oficinas. En primer lugar, es necesario detallar si es habitable o no habitable y si está climatizado al completo o solamente

calefacción o refrigeración. A continuación, las temperaturas y humedades de consigna para los recintos. A continuación, el nivel de ventilación, que en este caso al tratarse de una zona que debe cumplir con la especificación del RITE, debe ser mínimo IDA 2 por lo que el valor de ventilación en estos recintos será de  $0.83 \text{ l}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ . Incluimos recuperador de calor sensible con eficiencia genérica cercana al 50%.

Además, definimos un perfil de uso que se ajuste al uso de las instalaciones de la universidad como se puede ver en la Ilustración 60. Por lo general estas serán más utilizadas en las horas de la mañana y de la tarde, quitando ciertos momentos sobre las 14:00 de descansos para comer.

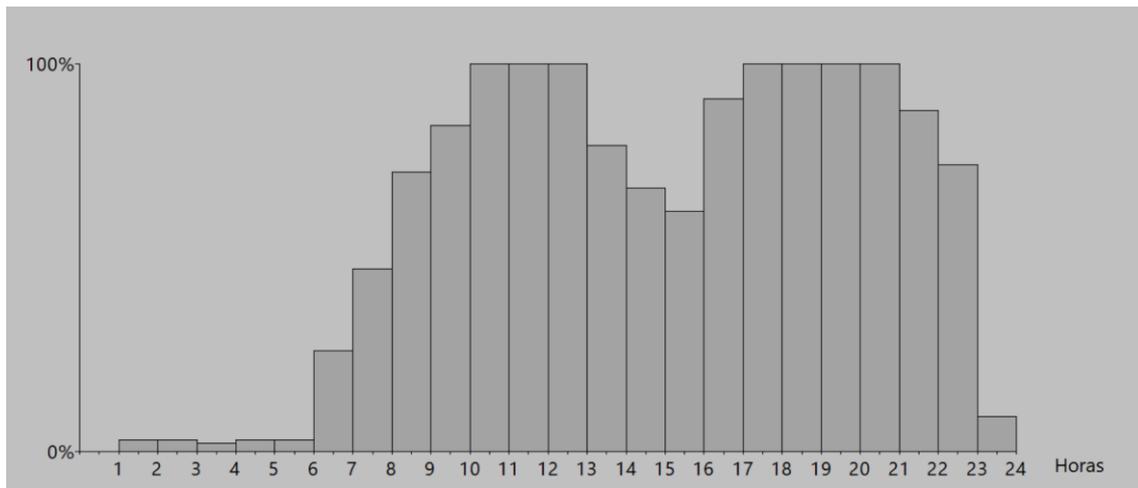


Ilustración 60. Perfil de uso. Fuente: CYPE Loads

Añadimos también las infiltraciones supuestas. Por lo general los edificios con buena impermeabilidad se consideran que tienen una tasa de renovaciones por hora menor a 4 y para estándares Passivhaus que rondan las 0.6 renovaciones a la hora. En nuestro caso hemos definido como hipótesis que al hacer la reforma energética de la envolvente tendremos una tasa de infiltración cercana al 2.5 en todos los recintos por lo que así lo incluimos en nuestra definición de recintos.

En la sección de ganancias internas, incluimos tanto equipamiento eléctrico como cargas de iluminación y de ocupación. En este caso, la ocupación ha sido añadida mediante el asistente de CYPE el cual nos deja elegir dependiendo del tipo de uso del edificio el nivel de ocupación en  $\text{m}^2/\text{persona}$ , además también nos indica el nivel de actividad por lo que de esta manera podemos tener un valor aproximado de las ganancias de calor sensible y latente por persona.

En cuanto a equipamiento interno, también tenemos un asistente que nos permite determinar si el equipamiento es ligero, medio o mayor. En nuestro caso al tratarse de oficinas y aulas de estudiantes y teniendo casi en su totalidad todos los estudiantes ordenadores, además de tener en cuenta los que existen en las aulas de informática, hemos optado por añadir un nivel de ganancia interna medio o pesado.

Finalmente, la iluminación que ha sido calculada con CYPE Lux y que podemos añadir al programa de cálculo con las características que tienen las lámparas LED.

En la siguiente tabla se pueden ver diferenciadas por recintos las características de cada uno de ellos.

Tabla 12. Propiedades de los recintos que componen el edificio. Fuente: Elaboración propia

Definición de Recintos para cálculos de CYPE					
Recinto	Oficinas	Aulas	Instalaciones	Pasillos	WC
Tipo	Habitable	Habitable	Habitable	No Hab	No Hab
Clima	Climat	Climat	Climat	-	-
Consigna Refrigeración [C/%]	25 / 50	25 / 50	25 / 50	-	-
Consigna Calefacción [C/%]	21 / 50	21 / 50	21 / 50	-	-
Ventilación [l/(s·m <sup>2</sup> )]	0.83	0.83	0.83	-	-
Infiltración [ACH]	2.5	2.5	2.5	-	-
Ocupación [m <sup>2</sup> /persona]	10	1.5	50	-	-
Ganancia sensible [W/m <sup>2</sup> ]	10.8	10.8	21.5	-	-
Iluminación [W/m <sup>2</sup> ]	6.93	6.93	6.93	-	-

Como podemos ver en la Tabla 12, parte de los recintos no están climatizados. En este caso, como no son locales “habitables”, pasillos y baños no se climatizan. Por lo que en ellos no es necesario definir ninguno de los elementos que se definen para el resto de los recintos. Aquí simplemente se define una aproximación del nivel de infiltración que habrá lo cual con la guía de CYPE Loads queda definido como podemos ver en la ilustración a continuación.

Ilustración 61. Definición de recintos no habitables. Fuente: CYPE Loads

En el caso de los baños se ha definido una infiltración acorde a pequeñas aberturas de ventilación, mientras que en los pasillos se han definido aberturas de ventilación permanentes.

### 6.2.2.1 Resultados del cálculo de cargas para el edificio 8H.

CYPE Loads nos genera un informe con el resumen de cargas térmicas calculadas para cada zona del edificio. En concreto nos da tanto carga sensible como latente y total para todo el edificio y diferenciado para cada zona. Con esta información se puede dimensionar los equipos de climatización, así como los conductos de circulación del aire.

Tabla 13. Resumen de cargas térmicas para calefacción y frío calculadas. Fuente: Elaboración propia

Resumen de cargas de ambas plantas para calefacción y frío					
Planta	Sup. Climatizada [m2]	Latente [W]	Sensible [W]	Total [W/m2]	Total [W]
Refrigeración P0	1376.3	22776	71728	68.67	94504
Refrigeración P1	1383	32609	87090	86.53	119699
Calefacción P0	1376.3	0	56657	41.17	56657
Calefacción P1	1383	0	66634	48.17	66634

En concreto, para el dimensionamiento de los equipos de producción de frío y calor, será necesario conocer las cargas máximas totales que en este caso son las de refrigeración por lo que la potencia total de los equipos deberá ser de 94.5 [kW] para P0 y de 119.7 [kW] para P1 en el caso de tener un sistema que combata las cargas latentes además de la sensible. En el caso de solo combatir la sensible deberá de ser de 71.7 [kW] para P0 y de 87.1 [kW] para P1.

Cumpliendo con la potencia mínima requerida para cargas de refrigeración los equipos quedarán bien dimensionados ya que las cargas de calefacción son pequeñas en comparación.

A continuación, hacemos una comparación con la potencia de los equipos que se instalaron en esta última reforma energética pero que hoy en día fueron cambiados. De esta manera tenemos una referencia aproximada en la variación de la potencia instalada anteriormente y la actual después de la reforma energética. Anteriormente, se tenían unidades terminales de 3 tipos:

- Tipo 1 – 4 472 kcal/h = 5.2 kW
- Tipo 2 – 5 418 kcal/h = 6.3 kW
- Tipo 3 – 2 924 kcal/h = 3.4 kW

Tabla 14. Número de equipos instalados de cada tipo anteriormente. Fuente: Elaboración propia

Número de equipos instalados anteriormente		
	P0	P1
Tipo 1	5	7
Tipo 2	40	39
Tipo 3	7	9
<b>TOTAL [kW]</b>	<b>301.8</b>	<b>312.7</b>

Vemos en las siguientes páginas el extracto del informe generado por CYPE Loads para el cálculo de cargas del edificio 8H caracterizando cada zona por separado, cosa que después será utilizado por Open BIM DAIKIN como parte de la metodología BIM.

## Informe de cargas térmicas

### 1. REFRIGERACIÓN

#### 1.1. Zona 1 P0

#### Resumen de las cargas de refrigeración de la zona: Zona 1 P0

	Externas					Internas		Ventilación			Totales			
	A (m <sup>2</sup> )	Conducción (W)	Solar (W)	Inf. lat. (W)	Inf. sens. (W)	Lat. (W)	Sens. (W)	Caudal (l/s)	Lat. (W)	Sens. (W)	Lat. (W)	Sens. (W)	Total (W/m <sup>2</sup> )	Total (W)
<b>Carga máxima de refrigeración por recinto</b>														
CPD 8	27	240	106	0	0	123	465	23	80	201	202	1011	45	1213
CPD 7	22	136	273	0	0	101	386	19	66	166	167	961	50	1127
CPD 6	22	125	175	0	0	101	387	19	66	166	167	853	45	1019
CPD 5	35	199	947	0	0	160	603	29	-45	77	115	1826	55	1941
CUARTO TECNICO	27	205	97	0	0	30	605	22	79	198	108	1105	45	1213
CUARTO TÉCNICO CPD	27	199	97	0	0	29	599	22	78	196	107	1091	45	1198
CPD 1	27	273	106	0	0	123	465	23	80	201	202	1044	46	1246
CPD 2	22	136	273	0	0	101	386	19	66	166	167	961	50	1127
CPD 3	22	127	275	0	0	101	387	19	66	166	167	955	50	1122
CPD 4	36	201	950	0	0	161	609	30	-45	78	116	1838	55	1955
DESPACHO 1	28	200	0	0	0	124	478	23	81	203	205	881	39	1086
DESPACHO 2	13	98	0	0	0	59	228	11	38	97	98	423	40	521
DESPACHO 3	13	98	0	0	0	60	231	11	39	98	99	427	40	526
AULA MOTOROLA	96	552	269	0	0	2810	5159	80	281	708	3091	6688	102	9779
AULA INFORMATICA 3.1	96	560	829	0	0	2803	5146	80	280	706	3083	7241	108	10324
AULA 2.1	55	255	134	0	0	1603	2944	45	160	404	1764	3737	100	5500
AULA 2.2	41	293	138	0	0	1212	2216	34	121	305	1334	2953	103	4286
AULA 1.1	40	196	328	0	0	1182	2192	34	111	290	1293	3006	106	4299
AULA 1.2	27	156	327	0	0	802	1485	23	75	197	878	2165	111	3042
AULA 1.3	27	223	271	0	0	795	1451	23	80	200	875	2146	111	3021
BIBLIOTECA CDL	13	190	218	0	0	60	229	11	37	96	97	733	62	830
SECRETARIA CDL	11	88	162	0	0	49	189	9	30	79	79	518	55	598
SUBDIRECTOR CDL	11	90	164	0	0	49	190	9	30	78	79	522	55	601
SUBDIRECTOR CDL 2	11	91	164	0	0	50	194	9	31	80	81	529	54	610
DTOR CENTRO DE LENGUAS	23	180	327	0	0	101	391	19	62	162	163	1059	54	1222
SALA DE JUNTAS CDL	27	335	397	0	0	120	459	22	73	191	193	1382	59	1575
SALA JUNTAS	26	301	402	0	0	119	455	22	73	190	191	1347	58	1538
TECNICOS 1	13	179	435	0	0	57	217	11	28	71	85	901	78	986
TECNICOS 2	11	91	164	0	0	51	197	9	31	82	83	534	54	617
TECNICOS 3	22	178	324	0	0	100	386	19	61	160	162	1048	54	1210
TECNICOS 4	23	180	327	0	0	101	391	19	62	162	163	1060	54	1223
CONSERJE 1	13	120	0	0	0	15	305	11	39	99	54	523	43	577
CONSERJE 2	28	198	0	0	0	31	633	23	82	206	113	1036	41	1149
PARQUE INNOVA	11	114	159	0	0	50	192	9	31	80	81	545	56	625
FORMACION	11	72	164	0	0	49	190	9	30	79	79	504	53	584
TECNICOS IDEAS 1	11	73	164	0	0	50	193	9	31	80	81	509	53	590

**Informe de cargas térmicas**

TECNICOS IDEAS 2	11	73	164	0	0	50	193	9	31	80	81	510	53	591
TECNICOS IDEAS 3	11	73	164	0	0	50	193	9	31	80	81	509	53	590
SECRETARIA IDEAS	39	130	45	0	0	173	659	32	113	284	286	1118	36	1404
ARCHIVO	14	96	0	0	0	15	310	11	40	101	55	507	41	562
SALA DE JUNTAS	27	142	0	0	0	123	475	23	80	202	204	820	37	1023
DTOS ICDE	28	133	92	0	0	127	485	23	82	207	209	917	40	1126
MAR Y CARLOS	28	143	91	0	0	127	486	23	82	208	209	928	40	1137
DTOS IDEAS	14	71	47	0	0	63	241	12	41	103	104	461	40	565
INFORMATICA	14	118	53	0	0	62	235	11	40	101	102	507	44	609
AULA FORMACION	43	247	183	0	0	1244	2286	35	124	313	1369	3029	103	4398
AULA TEORIA	96	520	273	0	0	2823	5182	80	282	711	3105	6686	101	9791
SERVIDOR IDEAS	13	98	0	0	0	60	230	11	39	98	98	426	40	524
ADMON ICV	53	254	421	0	0	237	912	44	154	388	391	1975	45	2366
GERENTE ICV	13	118	134	0	0	60	229	11	39	98	99	579	51	678

**Carga máxima simultánea de refrigeración para el conjunto de recintos: 21 de Julio a las 17h (15 hora solar aparente)**

Zona 1 P0	1376.3		1142	22776 71728 68.67 94504
-----------	--------	--	------	-------------------------

**1.2. Zona 2 P1**

**Resumen de las cargas de refrigeración de la zona: Zona 2 P1**

	Externas					Internas		Ventilación			Totales			
	A (m <sup>2</sup> )	Conducción (W)	Solar (W)	Inf. lat. (W)	Inf. sens. (W)	Lat. (W)	Sens. (W)	Caudal (l/s)	Lat. (W)	Sens. (W)	Lat. (W)	Sens. (W)	Total (W/m <sup>2</sup> )	Total (W)
<b>Carga máxima de refrigeración por recinto</b>														
DESPACHO_1_P1	13	293	194	0	0	58	214	11	35	92	93	792	69	884
DESPACHO_2_P1	11	136	154	0	0	50	188	9	31	80	81	558	57	639
DESPACHO_3_P1	11	137	153	0	0	51	190	9	31	81	82	561	57	643
DESPACHO_4_P1	11	137	153	0	0	51	190	9	31	81	82	561	57	642
DESPACHO_5_P1	11	137	153	0	0	51	190	9	31	81	82	562	57	643
DESPACHO_6_P1	11	136	154	0	0	51	189	9	31	81	81	559	57	640
DESPACHO_7_P1	11	134	154	0	0	50	185	9	30	79	80	552	57	632
DESPACHO_8_P1	13	307	335	0	0	59	220	11	36	95	96	957	80	1053
DESPACHO_9_P1	13	283	209	0	0	59	218	11	36	94	95	804	69	899
DESPACHO_10P1	11	134	154	0	0	50	187	9	31	80	80	554	57	635
DESPACHO_11P1	11	136	153	0	0	51	190	9	31	81	82	562	57	644
DESPACHO_12_P1	11	136	153	0	0	51	189	9	31	81	81	559	57	640
DESPACHO_13_P1	11	137	153	0	0	51	190	9	31	81	82	561	57	643
DESPACHO_14_P1	11	136	154	0	0	50	188	9	31	80	81	557	57	638
DESPACHO_15_P1	11	138	153	0	0	51	191	9	31	81	82	564	57	646
DESPACHO_16_P1	13	323	192	0	0	58	214	11	35	92	93	821	71	914
DESPACHO_17_P1	13	124	0	0	0	58	218	11	35	92	93	434	41	527
DESPACHO_18_P1	13	124	0	0	0	58	218	11	35	92	93	434	41	527
DESPACHO_19_P1	14	187	51	0	0	61	226	11	40	100	101	563	49	664
DESPACHO_20_P1	14	140	51	0	0	61	226	11	40	100	101	516	46	617
DESPACHO_21_P1	13	139	51	0	0	60	224	11	39	99	100	513	46	613
DESPACHO_22_P1	13	140	49	0	0	60	224	11	39	99	100	512	46	612
DESPACHO_23_P1	26	430	93	0	0	117	433	22	72	187	189	1143	51	1332
DESPACHO_24_P1	13	123	0	0	0	57	215	11	35	91	92	430	41	522
DESPACHO_25_P1	13	123	0	0	0	57	216	11	35	92	92	431	41	523
AULA_TEORIA_1_P1	109	1079	835	0	0	3202	5503	91	301	785	3503	8202	107	11705
AULA_TEORIA_2_P1	109	1043	259	0	0	3198	5495	91	300	784	3498	7581	101	11079
AULA_TEORIA_3_P1	95	960	818	0	0	2791	4796	79	262	684	3053	7258	108	10311
AULA_TEORIA_4_P1	95	923	262	0	0	2791	4797	79	262	684	3053	6666	102	9719

**Ilustración 63. Informe de cargas térmicas página 3. Fuente: CYPE Loads**

### Informe de cargas térmicas

AULA_TEORIA_5_P1	109	1012	264	0	0	3199	5496	91	300	784	3499	7556	101	11055
AULA_TEORIA_6_P1	109	1047	836	0	0	3202	5502	91	301	785	3503	8170	107	11673
SALA ESTUDIO P1	95	1270	321	0	0	2772	4741	79	260	680	3032	7011	106	10043
CUARTO TECNICO P1	13	176	51	0	0	15	292	11	39	98	53	616	51	670
BECARIOS P1	27	279	100	0	0	123	452	23	80	202	203	1032	45	1235
DELEGACION ALUMNOS P1	69	775	255	0	0	308	1120	57	200	505	509	2655	46	3164
AULA INFORMATICA 1 P1	95	893	268	0	0	2791	4796	79	262	684	3053	6641	102	9694
AULA INFORMATICA 2 P1	96	929	834	0	0	2797	4807	79	263	686	3059	7256	108	10316
SALA REUNIONES P1	42	405	0	0	0	190	702	35	116	303	306	1410	41	1716

**Carga máxima simultánea de refrigeración para el conjunto de recintos: 21 de Julio a las 18h (16 hora solar aparente)**

Zona 2 P1 | 1383.3 | 1148 | 32609 87090 86.53 119699

#### Abreviaturas

<b>A</b>	Superficie
<b>Conducción</b>	Cargas debidas a las ganancias de calor por conducción
<b>Solar</b>	Cargas debidas a las ganancias de calor por radiación solar
<b>Inf. lat.</b>	Infiltración latente
<b>Inf. sens.</b>	Infiltración sensible
<b>Lat.</b>	Latente
<b>Sens.</b>	Sensible

## 2. CALEFACCIÓN

### 2.1. Zona 1 P0

#### Resumen de las cargas de calefacción de la zona: Zona 1 P0

	Externas				Ventilación			Totales				
	A (m <sup>2</sup> )	Conducción (W)	Inf. lat. (W)	Inf. sens. (W)	Caudal (l/s)	Lat. (W)	Sens. (W)	Lat. (W)	Sens. (W)	Total (W/m <sup>2</sup> )	Total (W)	
<b>Carga máxima de calefacción por recinto</b>												
CPD 8	27.2	600	0	0	23	0	548	0	1204	44.24	1204	
CPD 7	22.5	385	0	0	19	0	452	0	879	39.13	879	
CPD 6	22.5	361	0	0	19	0	452	0	853	37.98	853	
CPD 5	35.5	1002	0	0	29	0	714	0	1801	50.77	1801	
CUARTO TECNICO	26.9	586	0	0	22	0	540	0	1182	44.03	1182	
CUARTO TÉCNICO CPD	26.6	570	0	0	22	0	535	0	1160	43.64	1160	
CPD 1	27.2	605	0	0	23	0	548	0	1211	44.46	1211	
CPD 2	22.5	385	0	0	19	0	452	0	879	39.13	879	
CPD 3	22.5	364	0	0	19	0	452	0	856	38.11	856	
CPD 4	35.8	1007	0	0	30	0	721	0	1814	50.63	1814	
DESPACHO 1	27.6	614	0	0	23	0	555	0	1227	44.45	1227	
DESPACHO 2	13.2	297	0	0	11	0	265	0	590	44.83	590	
DESPACHO 3	13.3	299	0	0	11	0	267	0	594	44.75	594	
AULA MOTOROLA	96.0	1532	0	0	80	0	1932	0	3637	37.87	3637	
AULA INFORMATICA 3.1	95.8	1532	0	0	80	0	1927	0	3631	37.90	3631	

## Informe de cargas térmicas

AULA 2.1	54.8	794	0	0	45	0	1102	0	1991	36.33	1991
AULA 2.2	41.4	738	0	0	34	0	833	0	1650	39.81	1650
AULA 1.1	40.4	578	0	0	34	0	813	0	1460	36.14	1460
AULA 1.2	27.4	426	0	0	23	0	551	0	1027	37.45	1027
AULA 1.3	27.2	522	0	0	23	0	547	0	1122	41.27	1122
BIBLIOTECA CDL	13.4	500	0	0	11	0	269	0	808	60.43	808
SECRETARIA CDL	11.0	236	0	0	9	0	221	0	479	43.70	479
SUBDIRECTOR CDL	10.9	237	0	0	9	0	220	0	480	43.85	480
SUBDIRECTOR CDL 2	11.2	240	0	0	9	0	225	0	488	43.60	488
DTOR CENTRO DE LENGUAS	22.5	475	0	0	19	0	453	0	975	43.27	975
SALA DE JUNTAS CDL	26.6	754	0	0	22	0	536	0	1355	50.83	1355
SALA JUNTAS	26.4	751	0	0	22	0	531	0	1347	50.97	1347
TECNICOS 1	12.7	476	0	0	11	0	255	0	767	60.47	767
TECNICOS 2	11.4	242	0	0	9	0	230	0	495	43.33	495
TECNICOS 3	22.3	473	0	0	19	0	449	0	967	43.36	967
TECNICOS 4	22.5	476	0	0	19	0	453	0	976	43.31	976
CONSERJE 1	13.5	354	0	0	11	0	271	0	655	48.71	655
CONSERJE 2	28.0	607	0	0	23	0	563	0	1228	43.87	1228
PARQUE INNOVA	11.1	274	0	0	9	0	224	0	523	46.99	523
FORMACION	11.0	190	0	0	9	0	220	0	431	39.28	431
TECNICOS IDEAS 1	11.1	191	0	0	9	0	224	0	436	39.19	436
TECNICOS IDEAS 2	11.2	192	0	0	9	0	224	0	437	39.18	437
TECNICOS IDEAS 3	11.1	192	0	0	9	0	224	0	436	39.18	436
SECRETARIA IDEAS	38.5	461	0	0	32	0	775	0	1298	33.68	1298
ARCHIVO	13.7	297	0	0	11	0	276	0	601	43.89	601
SALA DE JUNTAS	27.4	461	0	0	23	0	552	0	1063	38.76	1063
DTOS ICDE	28.1	406	0	0	23	0	566	0	1021	36.27	1021
MAR Y CARLOS	28.2	429	0	0	23	0	567	0	1046	37.09	1046
DTOS IDEAS	14.0	213	0	0	12	0	281	0	519	37.13	519
INFORMATICA	13.7	309	0	0	11	0	276	0	615	44.73	615
AULA FORMACION	42.5	747	0	0	35	0	855	0	1683	39.57	1683
AULA TEORIA	96.5	1534	0	0	80	0	1940	0	3648	37.81	3648
SERVIDOR IDEAS	13.2	298	0	0	11	0	266	0	593	44.75	593
ADMON ICV	52.7	762	0	0	44	0	1060	0	1913	36.29	1913
GERENTE ICV	13.4	307	0	0	11	0	269	0	605	45.26	605

## Carga máxima simultánea de calefacción para el conjunto de recintos

Zona 1 P0	1376.3	1142	0	56657	41.17	56657
-----------	--------	------	---	-------	-------	-------

## 2.2. Zona 2 P1

## Resumen de las cargas de calefacción de la zona: Zona 2 P1

	Externas				Ventilación			Totales			
	A (m <sup>2</sup> )	Conducción (W)	Inf. lat. (W)	Inf. sens. (W)	Caudal (l/s)	Lat. (W)	Sens. (W)	Lat. (W)	Sens. (W)	Total (W/m <sup>2</sup> )	Total (W)
<b>Carga máxima de calefacción por recinto</b>											
DESPACHO_1_P1	12.8	684	0	0	11	0	257	0	989	77.26	989
DESPACHO_2_P1	11.2	314	0	0	9	0	225	0	566	50.66	566

## Informe de cargas térmicas

DESPACHO_3_P1	11.3	316	0	0	9	0	227	0	570	50.56	570
DESPACHO_4_P1	11.3	316	0	0	9	0	227	0	570	50.53	570
DESPACHO_5_P1	11.3	317	0	0	9	0	227	0	572	50.59	572
DESPACHO_6_P1	11.2	314	0	0	9	0	226	0	567	50.43	567
DESPACHO_7_P1	11.0	311	0	0	9	0	221	0	558	50.74	558
DESPACHO_8_P1	13.2	689	0	0	11	0	265	0	1001	75.95	1001
DESPACHO_9_P1	13.1	691	0	0	11	0	263	0	1002	76.62	1002
DESPACHO_10P1	11.1	310	0	0	9	0	223	0	561	50.47	561
DESPACHO_11P1	11.3	315	0	0	9	0	228	0	570	50.29	570
DESPACHO_12_P1	11.2	314	0	0	9	0	226	0	567	50.52	567
DESPACHO_13_P1	11.3	316	0	0	9	0	227	0	571	50.53	571
DESPACHO_14_P1	11.2	313	0	0	9	0	225	0	565	50.60	565
DESPACHO_15_P1	11.4	318	0	0	9	0	229	0	574	50.53	574
DESPACHO_16_P1	12.8	684	0	0	11	0	258	0	989	77.17	989
DESPACHO_17_P1	12.9	319	0	0	11	0	259	0	607	47.14	607
DESPACHO_18_P1	12.9	319	0	0	11	0	259	0	607	47.14	607
DESPACHO_19_P1	13.5	482	0	0	11	0	272	0	792	58.50	792
DESPACHO_20_P1	13.6	347	0	0	11	0	273	0	651	47.99	651
DESPACHO_21_P1	13.4	346	0	0	11	0	270	0	647	48.15	647
DESPACHO_22_P1	13.4	345	0	0	11	0	270	0	646	48.09	646
DESPACHO_23_P1	26.1	966	0	0	22	0	524	0	1565	60.01	1565
DESPACHO_24_P1	12.7	317	0	0	11	0	256	0	602	47.26	602
DESPACHO_25_P1	12.8	317	0	0	11	0	257	0	603	47.21	603
AULA_TEORIA_1_P1	109.5	2473	0	0	91	0	2201	0	4908	44.84	4908
AULA_TEORIA_2_P1	109.3	2474	0	0	91	0	2198	0	4905	44.88	4905
AULA_TEORIA_3_P1	95.4	2151	0	0	79	0	1918	0	4272	44.79	4272
AULA_TEORIA_4_P1	95.4	2151	0	0	79	0	1918	0	4273	44.79	4273
AULA_TEORIA_5_P1	109.3	2471	0	0	91	0	2199	0	4903	44.85	4903
AULA_TEORIA_6_P1	109.5	2467	0	0	91	0	2201	0	4902	44.78	4902
SALA ESTUDIO P1	94.7	2822	0	0	79	0	1906	0	4964	52.39	4964
CUARTO TECNICO P1	13.2	455	0	0	11	0	266	0	757	57.22	757
BECARIOS P1	27.4	699	0	0	23	0	550	0	1312	47.96	1312
DELEGACION ALUMNOS P1	68.5	1849	0	0	57	0	1378	0	3389	49.44	3389
AULA INFORMATICA 1 P1	95.4	2151	0	0	79	0	1918	0	4273	44.80	4273
AULA INFORMATICA 2 P1	95.6	2148	0	0	79	0	1923	0	4275	44.72	4275
SALA REUNIONES P1	42.2	1047	0	0	35	0	849	0	1991	47.16	1991
<b>Carga máxima simultánea de calefacción para el conjunto de recintos</b>											
<b>Zona 2 P1</b>		<b>1383.3</b>			<b>1148</b>			<b>0</b>	<b>66634</b>	<b>48.17</b>	<b>66634</b>

## Abreviaturas

<b>A</b>	Superficie
<b>Conducción</b>	Cargas debidas a las ganancias de calor por conducción
<b>Inf. lat.</b>	Infiltración latente
<b>Inf. sens.</b>	Infiltración sensible
<b>Lat.</b>	Latente
<b>Sens.</b>	Sensible

Como podemos ver, en la siguiente tabla, la variación es considerable con respecto a la situación anterior. Hemos conseguido rebajar la potencia de climatización instalada en un 69% para la P0 y en un 62% para la P1.

**Tabla 15. Comparación de potencias instaladas con la potencia una vez realizada la rehabilitación para la climatización. Fuente: Elaboración propia**

Comparación de potencias instaladas		
	P0	P1
Potencia instalada	301.8	312.7
Potencia con rehabilitación	94.5	119.7
<b>Variación</b>	<b>69%</b>	<b>62%</b>

En la siguiente imagen se puede ver la disposición de las unidades exteriores del sistema de climatización del edificio. Podemos ver que estas están dispuestas a ras de suelo y con canalizaciones ascendentes para la circulación de refrigerante para las que van a la P1.



**Ilustración 67. Unidades exteriores del sistema de climatización. Fuente: Google Maps**

A continuación, podemos realizar el diseño del sistema de climatización teniendo en cuenta los parámetros obtenidos del cálculo de cargas y con la ayuda de Open BIM DAIKIN.

### 6.2.3. Diseño del sistema de climatización con Open BIM DAIKIN.

#### 6.2.3.1 Introducción.

En un primer momento se decidió intentar incorporar unidades de tratamiento de aire en las cubiertas y la distribución mediante conductos para las distintas zonas, permitiendo esto incorporar recuperadores de calor y sistemas de producción de frío y calor como lo son las bombas de calor aire-agua o conocido también como aerotermia.

El principal problema de este sistema es el espacio libre disponible en falsos techos. En este caso, solo se dispone de un espacio de 30cm por lo que la inserción de conductos de impulsión y retorno en estos espacios libres es físicamente imposible debido a las intersecciones entre los mismos.

Debido a este problema de espacios, se decide finalmente optar por sistemas VRV o VRF con sus siglas en inglés. Los sistemas VRV (volumen de refrigerante variable), son sistemas que como sus siglas bien indican se basan en la distribución de refrigerante variando el caudal de este según las necesidades de cada zona en cada momento. Estos sistemas se categorizan dentro de los sistemas de expansión directa. Su funcionamiento es básicamente el siguiente, existe una unidad exterior que hace la función de condensador (modo refrigeración) o evaporador (modo calefacción) para el refrigerante. El refrigerante, posteriormente, se distribuye por conductos de cobre aislados a unidades terminales, que en este caso son tipo "casette", para poder tratar el aire de las distintas zonas según disponga la temporada y las condiciones ambientales exteriores.

A diferencia de otros sistemas como las bombas de calor, estos sistemas cuentan la ventaja de poder regular o variar el volumen de refrigerante aportado a las baterías de condensación- evaporación.

Además, como el fluido de trabajo es un refrigerante presurizado posee un volumen específico menor que el aire a presión atmosférica como lo sería el que discurriría por los conductos pensados inicialmente, por lo que el tamaño de las tuberías y conductos de distribución del refrigerante son mucho menores que los utilizados para el aire arreglando así el problema de espacio comentado anteriormente.

Los principales beneficios de este tipo de sistemas son:

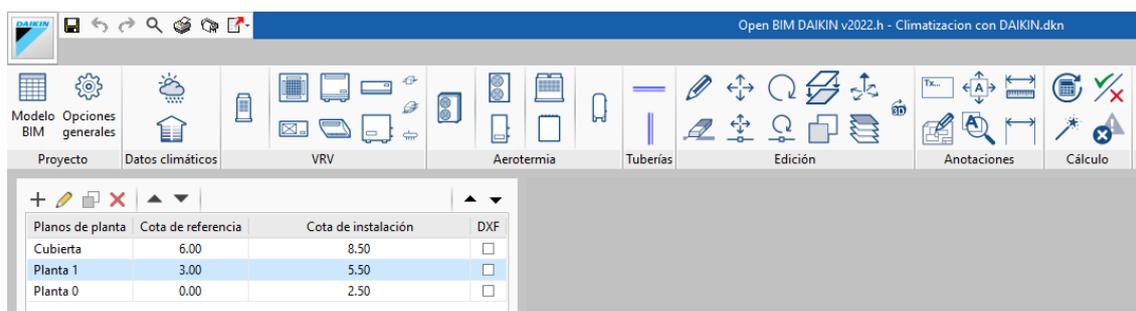
- Ahorro energético.
- Tecnología inverter en al menos uno de los compresores del sistema.
- Fácil instalación.
- Mantenimiento económico.
- Control optimizado.

En resumen y para su mejor comprensión, son equipos cuyo funcionamiento es similar a los sistemas multi-split que se suelen utilizar en las viviendas, pero en este caso una única unidad exterior permite distribuir a múltiples unidades terminales interiores.

### 6.2.3.2 Interfaz del programa Open BIM DAIKIN.

El programa, como comentábamos anteriormente, sigue la metodología BIM implementada en la suite de CYPE. Este programa permite importar todos los cálculos y dimensionamientos de sistemas realizados en otras modalidades de CYPE. En nuestro caso hemos utilizado los resultados de CYPE Loads y la disposición de las luminarias que CYPE Lux nos daba para la incorporación correcta de los sistemas interiores en el edificio.

En la Ilustración 68, podemos ver la interfaz principal del programa de diseño de DAIKIN. En primer lugar, incorporamos los datos climáticos que vienen de la base de datos de ASHRAE como en CYPE Loads. Y a continuación, seleccionamos dentro del menú de VRV una unidad interior de techo tipo “casette” y vamos colocándolo. Seleccionamos el modelo adecuado, consultando en el catálogo de DAIKIN de la referencia (29). Como sabemos que existen zonas con cargas máximas bajas, rondando los 0.5 kW intentamos escoger un modelo lo más pequeño en cuanto a potencia posible. El modelo más pequeño de unidad interior que posee DAIKIN para sistemas VRV es el FXZQ-A-15 con una capacidad de refrigeración de 1.7 kW y de calefacción de 1.9 kW. Con este equipo podemos dimensionar la mayoría de las zonas excepto algunas que necesitarán un modelo con mayor potencia, lo cual se encarga de dimensionar el propio programa.



**Ilustración 68. Interfaz de Open BIM DAIKIN. Fuente: CYPE**

Nos permite además incorporar la unidad exterior y unirlo todo con tuberías que también se dimensionarán una vez completado el diseño y haciendo clic en la barita mágica que se puede ver en la sección de cálculo.

En la Ilustración 69 podemos ver un pequeño extracto del proyecto de climatización diseñado y calculado. Además del propio programa obtenemos los planos del proyecto y el listado de materiales utilizados. Estos los veremos en los anexos de la memoria del presente TFM.

El listado de materiales nos servirá para posteriormente hacer el presupuesto de las medidas de mejora energética del edificio.

En la Ilustración 70 y la Ilustración 71 podemos ver el extracto de CYPE de la lista de materiales que se necesitan para este proyecto, tanto componentes y unidades de producción de frío y calor como tuberías que van a componer el sistema en su totalidad.

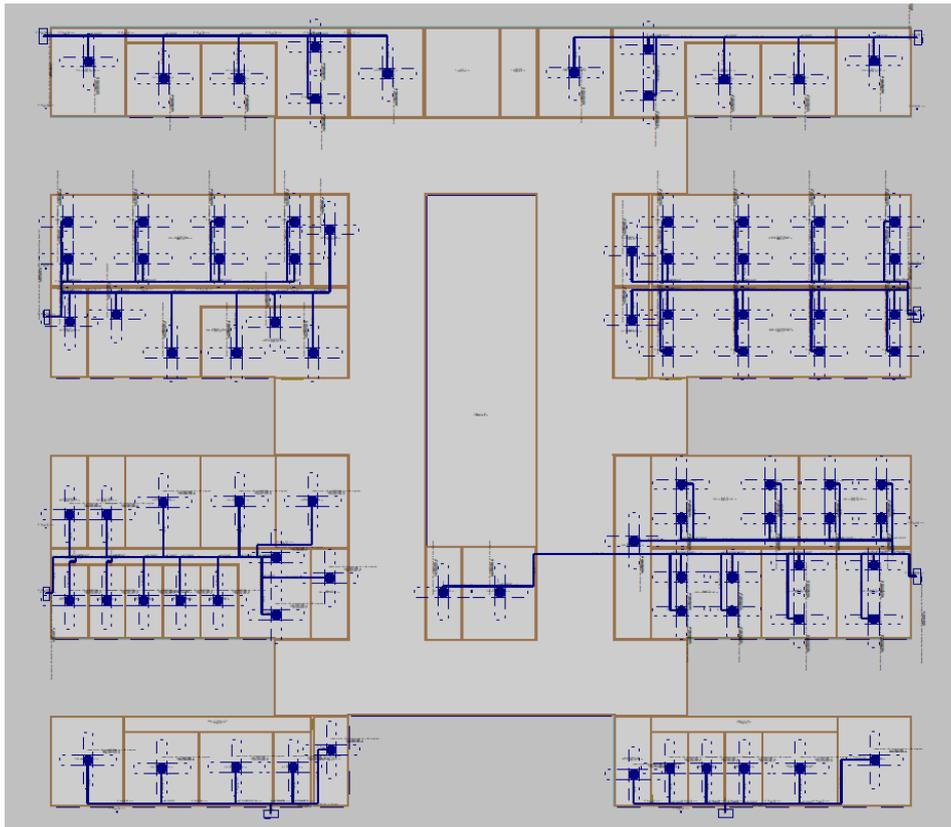


Ilustración 69. Extracto del proyecto de climatización. Fuente: CYPE

CÓDIGO	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	
001.001	Ud	Unidad exterior VRV, bomba de calor (2 tubos), tipo Mini VRV IV Compact, modelo RXYSQ4TV1	7	
001.002	Ud	Unidad exterior VRV, bomba de calor (2 tubos), tipo Mini VRV IV Standard/Large Phase III, modelo RXYSQ8TY1	3	
001.003	Ud	Unidad exterior VRV, bomba de calor (2 tubos), tipo Mini VRV IV Standard/Large Phase III, modelo RXYSQ10TY1	5	
001.004	Ud	Unidad exterior VRV, bomba de calor (2 tubos), tipo Mini VRV IV Standard Phase I, modelo RXYSQ6TV1	1	
002.001		Unidad interior VRV, cassette, tipo de 4 vías, integrado, modelo FXZQ25A	8	
002.002		Unidad interior VRV, cassette, tipo de 4 vías, integrado, modelo FXZQ15A	183	
006.001	Ud	Derivación en Y, modelo KHRQ22M20T	167	
006.002	Ud	Derivación en Y, modelo KHRQ22M29T9	8	

Ilustración 70. Materiales necesarios (VRV). Fuente: CYPE

<b>CÓDIGO</b>	<b>UD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>
015.001	m	Tubería de refrigerante, diámetro 6.4 mm (1/4")	580.78
015.002	m	Tubería de refrigerante, diámetro 9.5 mm (3/8")	452.96
015.003	m	Tubería de refrigerante, diámetro 12.7 mm (1/2")	580.78
015.004	m	Tubería de refrigerante, diámetro 15.9 mm (5/8")	384.76
015.005	m	Tubería de refrigerante, diámetro 19.1 mm (3/4")	36.98
015.006	m	Tubería de refrigerante, diámetro 22.2 mm (7/8")	31.21

**Ilustración 71. Materiales necesarios (Tuberías). Fuente: CYPE**

En la Tabla 16 se pueden ver los rendimientos y calificaciones energéticas que las unidades exteriores de los equipos dimensionados y seleccionados tienen, cumpliendo así con la normativa del CTE en cuanto a rendimiento energético y siendo calificado como energías renovables debido a su alto COP y EER

**Tabla 16. Rendimiento y calificaciones de unidades exteriores del sistema VRV. Fuente: Elaboración propia**

<b>Características de unidades exteriores de sistema VRV</b>			
<b>Unidad Exterior</b>	<b>COP</b>	<b>EER</b>	<b>Calificación Energética</b>
RXYSCQ4TV1	3.81	3.53	A++
RXYSQ8TY1	4.31	3.66	A++
RXYSQ10TY1	4.52	4	A++
RXYSQ6TV1	3.9	3.4	A++

## 6.3. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

### 6.3.1. Introducción.

Para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico hemos tenido que realizar ciertas modificaciones extras en los Excel de consumos eléctricos que se nos proporcionaba al principio que comentaremos a continuación.

Además, en un primer momento, se ha querido hacer el dimensionamiento y modelado del sistema con CYPELECT PV Systems pero una vez dimensionado el mismo y queriendo hacer las comprobaciones oportunas del cableado nos dimos cuenta de que la UPV no tiene licencia de estudiante para este software propio de CYPE por lo que en este punto se corta, en cierto modo, la metodología BIM seguida y se queda a parte del modelo IFC que estábamos formando con anterioridad.

Por ello, finalmente el dimensionamiento se ha hecho con SketchUp y su plug-in Skelion y PVSyst.

### 6.3.2. Dimensionamiento del modelo 3D con SketchUp.

SketchUp es una herramienta de uso libre en su versión “lite” y que nos permite desarrollar o levantar modelos 3D de forma sencilla para su posterior uso en programas cuyo uso es imprescindible. En concreto se puede usar para crear modelos 3D de edificios para usarlo en EnergyPlus o en nuestro caso en PVSyst.

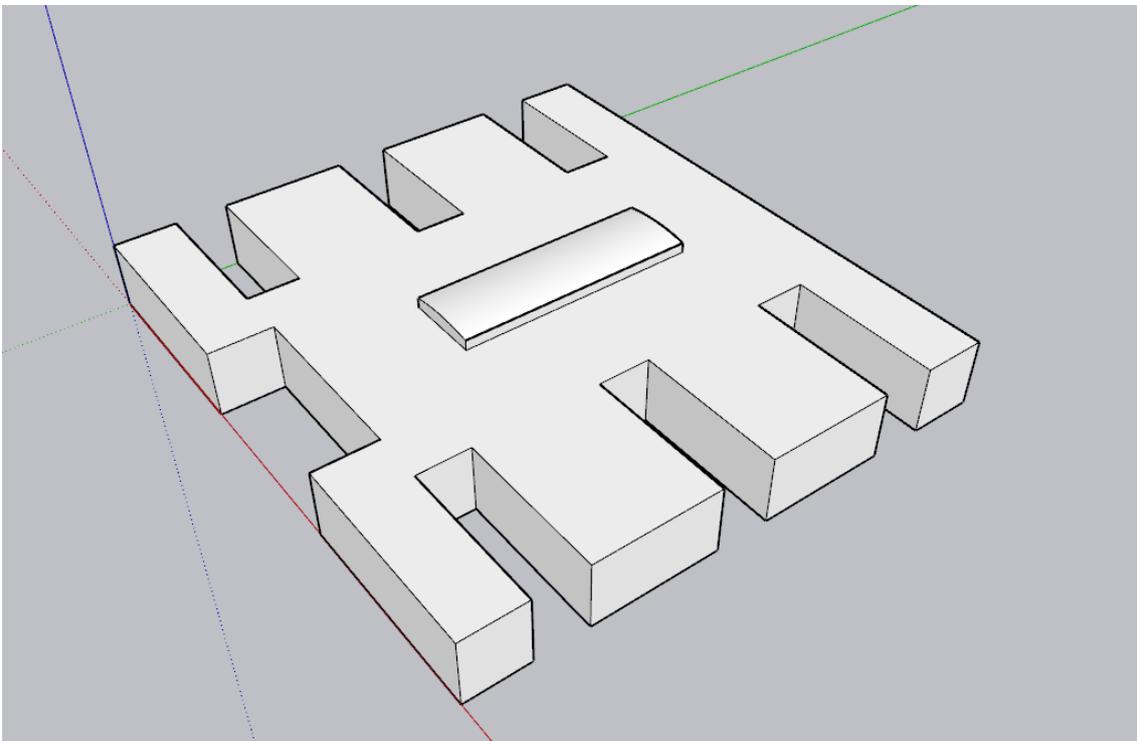


Ilustración 72. Modelo 3D del edificio con SketchUp. Fuente: SketchUp

En la Ilustración 72 podemos ver el modelo 3D tan sencillo que hemos conformado ya que este simplemente lo necesitamos para orientar los módulos y colocarlos en cubierta para poder cuadrar la superficie disponible con el número de módulos a instalar.

### 6.3.3. Predimensionado del sistema fotovoltaico.

En este caso y como vamos a dimensionar una instalación fotovoltaica conectada a red la ecuación para conocer la potencia mínima necesaria para cubrir la demanda eléctrica del edificio es la siguiente:

$$P[kWp] = \frac{E_d \cdot G_{stc}}{\eta_{sist} \cdot G_{\alpha,\beta}} \quad (9)$$

Donde  $E_d$  es la demanda energética media diaria expresada en [kWh/día],  $G_{stc}$  es la radiación en condiciones estándar de ensayo del panel que en la mayoría de los casos y por consenso es de 1 [kW/m<sup>2</sup>],  $\eta_{sist}$  es el rendimiento global del sistema, que por norma general se aproxima al 85% contando las pérdidas por cableado y en el inversor y  $G_{\alpha,\beta}$  que es la radiación media diaria para el periodo de diseño que en este caso es anual por ser conectada a red en [kWh/m<sup>2</sup>-día], este valor lo sacaremos de la base de datos de PVgis.

En primer lugar, para el cálculo de la demanda media diaria es tan sencillo como coger el consumo eléctrico anual y dividirlo entre los 365 días del año.

$$E_d [kWh/día] = \frac{116476 kWh/año}{365 días/año} = 319.11 [kWh/día] \quad (10)$$

En segundo lugar, buscamos cual es la radiación media diaria en Valencia para una inclinación del módulo de 30 [deg] y un azimut de 0 [deg], es decir, orientación sur. Para ello nos servimos de la base de datos de PVgis.

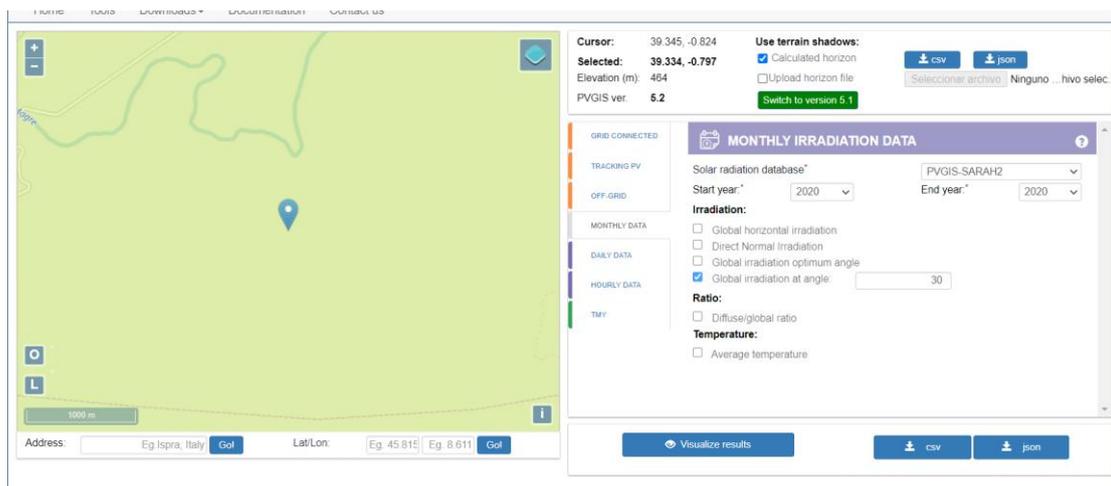


Ilustración 73. Simulation Tool PVgis. Fuente:PVgis

Primero ponemos la localización (Valencia) y posteriormente el año que queremos consultar la radiación media diaria, en este caso el más cercano al año actual (2022) y la inclinación del plano a 30 [deg].

Obtenemos la siguiente tabla de Excel donde a partir de la radiación media mensual hemos calculado la total anual y la media diaria para los módulos en ese plano.

Tabla 17. Valores de radiación media mensual y diaria en el plano de 30 [deg] para Valencia. Fuente: PVgis

Latitude (decimal degrees):	39.482
Longitude (decimal degrees):	-0.34
Radiation database:	PVGIS-SARAH2

year	month	H(i)_m
2020	Jan	127.83
2020	Feb	163.64
2020	Mar	137.12
2020	Apr	171.26
2020	May	214.85
2020	Jun	212.11
2020	Jul	217.59
2020	Aug	219.54
2020	Sep	181.97
2020	Oct	169.57
2020	Nov	118.80
2020	Dec	133.62
<b>TOTAL ANUAL [kWh/m<sup>2</sup>]</b>		<b>2067.9</b>
<b>Media diaria [kWh/m<sup>2</sup>-día]</b>		<b>5.67</b>

*H(i)\_m: Irradiation on plane at angle (kWh/m<sup>2</sup>/mo)*

*PVGIS (c) European Union, 2001-2022*

Como podemos ver el valor de radiación media diaria es de 5.67 [kWh/m<sup>2</sup>-día]. Con esto ya podemos calcular la potencia mínima que requiere el sistema fotovoltaico.

$$P[kWp] = \frac{E_d \cdot G_{stc}}{\eta_{sist} \cdot G_{\alpha,\beta}} = \frac{319.11 \cdot 1}{0.85 \cdot 5.67} = \mathbf{66.21 [kWp]} \quad (11)$$

En este caso elegimos módulos fotovoltaicos de 450 Wp y tecnología monocristalina y 144 células con unas dimensiones de (LxAxH) de 1040x35x2102 mm de la marca Jetion Solar y cuya ficha de prestaciones técnicas se pueden ver a continuación en la Ilustración 74. Además, cuenta con amplia garantía de prestaciones de potencia y la ratio €/Wp del panel es el más bajo encontrado en el distribuidor que se está tratando para esta sección.

Conociendo la potencia pico mínima necesaria y la potencia que aporta cada panel se puede calcular el número de paneles que en este caso da un total de 147.14 que por simplicidad se ha redondeado a 153 paneles con una potencia total de **68.85 [kWp]**.

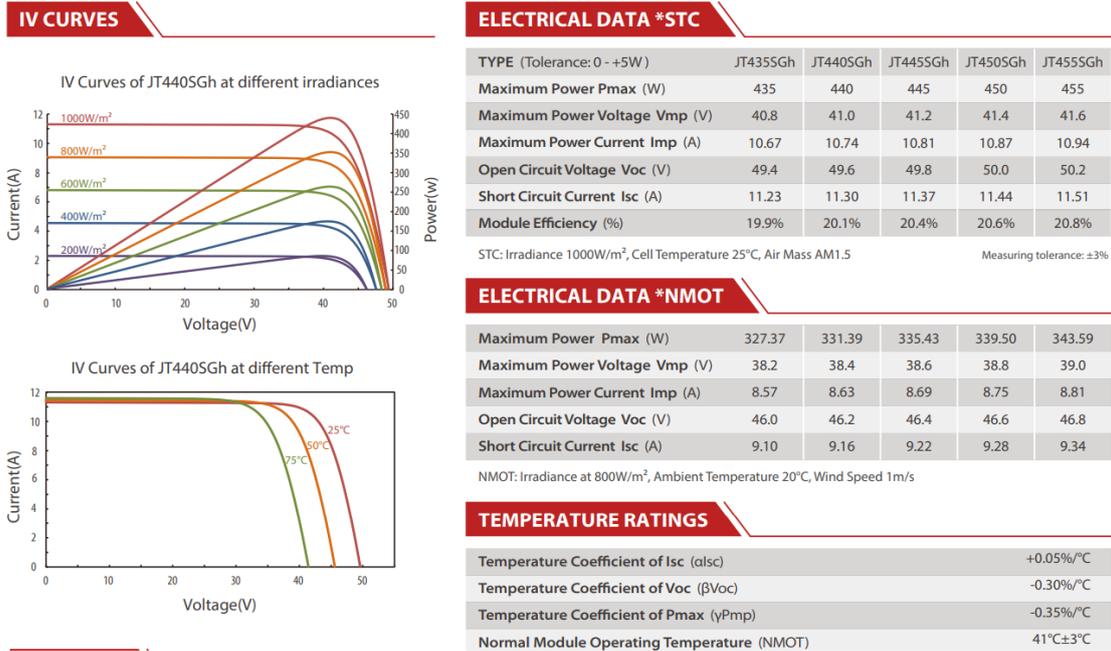


Ilustración 74. Ficha técnica de paneles. Fuente: Jetion Solar

A continuación, y para poder conectar los paneles al cuadro general de la instalación eléctrica del edificio, es necesario instalar un inversor de red. Para ello es necesario conocer los parámetros eléctricos del mismo. En este caso como tenemos una potencia superior a 60 kWp en paneles y el siguiente inversor acepta hasta 72 kWp de paneles y nos da una potencia nominal de 60 kWn podemos esperar que este inversor cumpla con sus especificaciones para instalación, pero es necesario realizar más comprobaciones. En la Ilustración 75 se puede ver la ficha técnica del mismo.

### Características técnicas de los modelos GH-IT 3M

Modelo	GH-IT 25 3M	GH-IT 33 3M	GH-IT 40 3M	GH-IT 50 3M	GH-IT 60 3M
<b>Entrada FV (CC)</b>					
Potencia máxima FV [Wp]	30300	36300	48400	60500	72000
Tensión máxima CC [V]	1000		1000		
Rango de tensión MPPT [V]	180-900		280-900		
Tensión nominal CC [V]	600		600		
Tensión de arranque [V]	200		300		
Tensión mínima CC [V]	180		250		
Corriente máxima CC por MPPT [A]	22/22/22		44/33/33		44/44/44
Número de MPPTs	3		3		
Número de entradas CC por MPPT	2/2/2		4/3/3		4/4/4
<b>Salida AC</b>					
Potencia nominal de AC [W]	25000	30000	40000	50000	60000
Potencia máxima de AC [VA]	27500	33000	44000	55000	60000
Corriente máxima de AC [A]	42	50	65	80	90
Tensión nominal de AC / rango [V]	220/380, 230/400, 240/415, 180-280/312-485				
Frecuencia de red / rango [Hz]	50,60 / 45-55,55-65				
Factor de potencia [cos φ]	0.8 capacitiva ~ 0.8 inductiva				
Distorsión armónica total [THDI]	< 3 %				
Alimentación	Trifásica (L+N+PE)				
<b>Eficiencia</b>					
Eficiencia máx.	98,6%	98,8%	98,8%	98,8%	98,9%
Eficiencia europea	98,4%	98,5%	98,5%	98,5%	98,6%
Eficiencia del MPPT	>99.5%				

Ilustración 75. Ficha técnica de inversor GreenHeiss de 60kWn. Fuente: Saltoki

Como podemos ver es un inversor con 3 seguidores MPPT los cuales aceptan una corriente máxima de 44 [A] cada uno. Además, estos 3 MPPTs pueden ser alimentados por un máximo de 4 strings de paneles cada uno.

Como tenemos 153 módulos, metemos 51 módulos en cada MPPT por lo que tenemos que dividirlos en strings de 17/17/17 módulos cada string. En la Ilustración 76 se puede ver un pequeño esquema que ilustra lo comentado anteriormente para su mayor comprensión.

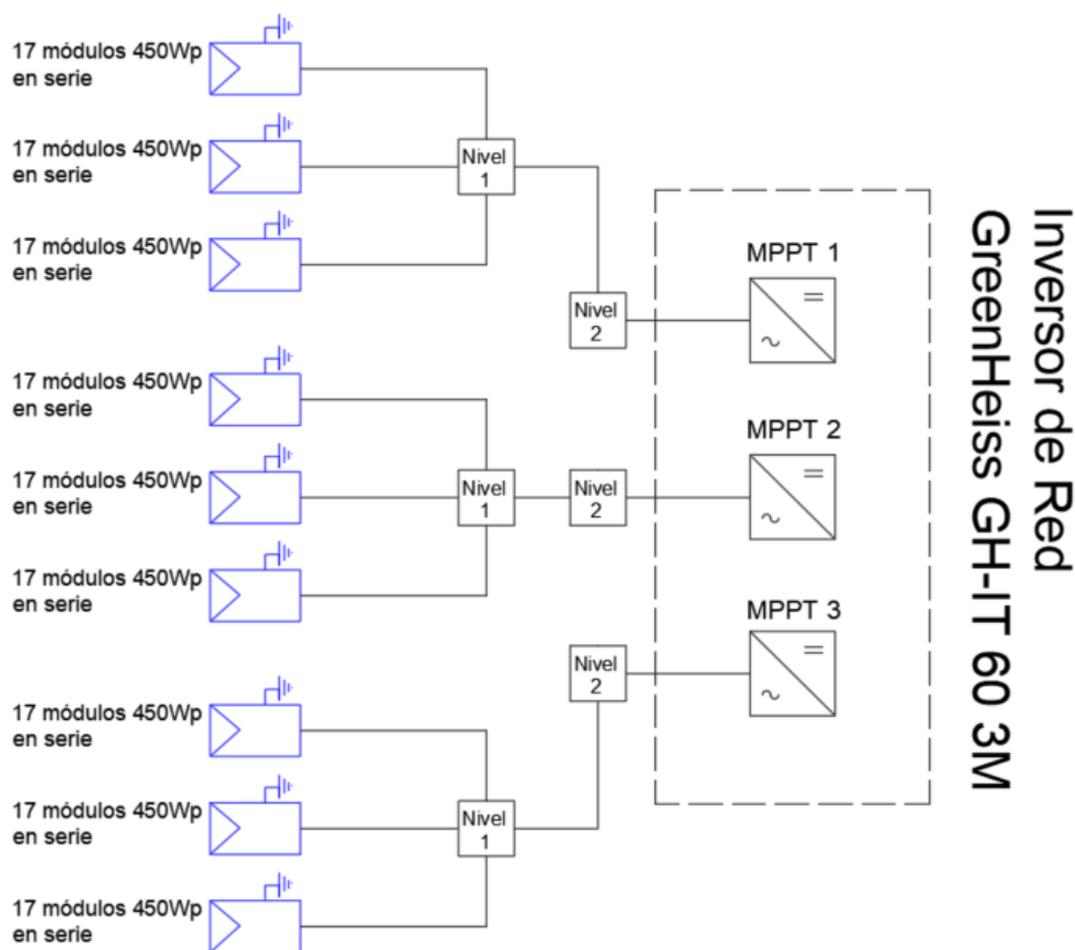


Ilustración 76. Esquema de distribución de strings para cada MPPT del inversor. Fuente: Elaboración propia

Ahora realizamos las comprobaciones eléctricas oportunas recogidas en el manual de cálculo de instalaciones fotovoltaicas del IDAE para la correcta colocación de los equipos. Para ello habrá que calcular las tensiones máximas y mínimas que darán los paneles teniendo en cuenta condiciones STC y temperaturas de -10 [C] y 75 [C], así como corrientes máximas y mínimas. Como podemos ver en la ficha técnica de los paneles a menor temperatura, tenemos mayor tensión y de forma contraria, pero en menor porcentaje de variación mayor corriente y viceversa. Esto lo podemos ver claramente en la gráfica mostrada a continuación.

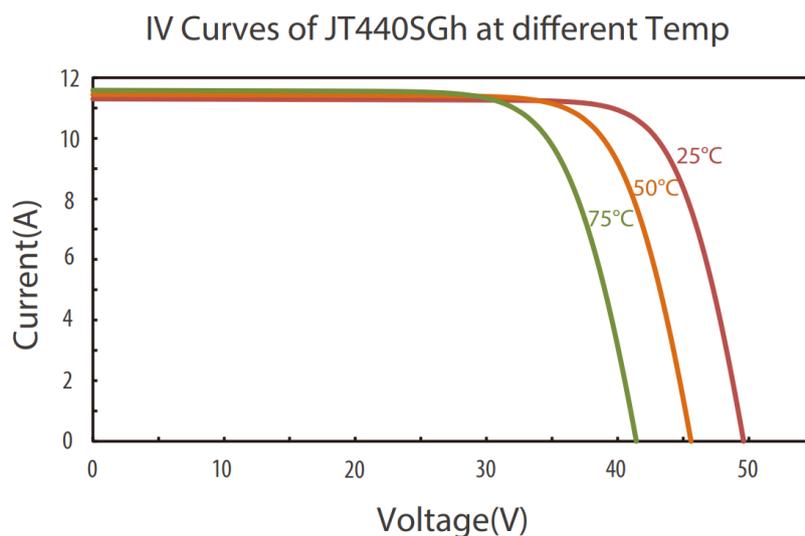


Ilustración 77. Curva I-V a diferentes temperaturas para los módulos. Fuente: Jetion Solar

Estos valores se traducen en los coeficientes de temperatura, también proporcionados por el fabricante, que se pueden ver en la siguiente imagen.

### TEMPERATURE RATINGS

Temperature Coefficient of I <sub>sc</sub> (αI <sub>sc</sub> )	+0.05%/°C
Temperature Coefficient of V <sub>oc</sub> (βV <sub>oc</sub> )	-0.30%/°C
Temperature Coefficient of P <sub>max</sub> (γP <sub>mp</sub> )	-0.35%/°C
Normal Module Operating Temperature (NMOT)	41°C±3°C

Ilustración 78. Coeficientes de variación de los parámetros eléctricos de módulos con la temperatura. Fuente: Jetion Solar

Para la obtención de los valores que tenemos en la Tabla 18 es necesario hacer los cálculos oportunos. Para la tensión del generador en circuito abierto ( $V_{goc}$ ) calculamos teniendo en cuenta que en este caso tenemos todas las cadenas de 17 módulos en serie consiguiendo así una tensión de circuito abierto de 850 [V], de igual modo para la  $V_{gmmp}$  consiguiendo una tensión en el punto MPP de 703.8 [V]. En el caso de las corrientes sumamos para cada MPPT los 3 strings que van a ir directos a la entrada MPPT lo cual nos da una corriente del generador FV de cortocircuito ( $I_{gsc}$ ) de 34.32 [A]. Como podemos ver y comparándolo con las limitaciones en la ficha técnica que nos da el inversor todos los parámetros cumplen por lo que el inversor y el sistema FV en general está bien dimensionado de esta manera.

Finalmente, será necesario encontrar las protecciones oportunas para cada string, en la parte DC del sistema, así como las protecciones en AC para la conexión en trifásica al cuadro eléctrico.

Tabla 18. Tabla de comprobación de valores eléctrico de inversor. Fuente: Elaboración propia

Valores obtenidos para el generador FV				
	Valor	Máx	Mín	¿CUMPLE?
P generador [kW]	67.5	69.8	51.4	Sí
V goc [V]	850	875.5	671.5	Sí
I gsc [A]	34.32	35.28	34.2	Sí
V gmpp [V]	703.8	729.3	525.3	Sí
I gmpp [A]	32.61	33.6	32.5	Sí

#### 6.3.4. Cableado y protecciones del sistema fotovoltaico.

Para el cálculo de las protecciones y dimensionamiento de cables debemos tener en cuenta el REBT (Reglamento electrotécnico de baja tensión) y en concreto las ITC-BT-40: INSTALACIONES GENERADORAS EN BT, la ITC-BT-19: PRESCRIPCIONES GENERALES, para el cálculo del tamaño de cable necesario y la ITC-BT-22 y 23 para las protecciones contra sobretensiones y sobreintensidades.

##### 6.3.4.1 Cableado en DC/AC.

Debido a que el cableado irá en general canalizado, el tipo de instalación es B1, esto lo consultamos en la tabla C-52-1bis-UNE-HD60.364-5-52 de la ITC-BT-19 del REBT.

Para el dimensionamiento de este debemos tener en cuenta de nuevo el esquema tomado en la Ilustración 76. Como podemos ver en el lado de corriente continua, DC, tenemos dos niveles de protección el 1 y el 2. El cableado que circula desde los módulos al nivel de protección 1 será de unas dimensiones y el del nivel 1 al nivel 2 e inversor será de otras dimensiones ya que tenemos una suma de corrientes de los 3 strings en este tramo.

Además, al tratarse de una instalación generadora en BT y según la ITC-BT-40 punto 5 los cables deben ser dimensionados teniendo en cuenta una intensidad del 125% de la intensidad máxima que circulará por los conductores, que en este caso es la corriente de cortocircuito de los módulos. Y la caída de tensión máxima será del 1.5% desde el generador a la red pública o a la CGPM del edificio.

En la Tabla 19 podemos ver el primer cálculo de secciones realizado teniendo en cuenta únicamente las intensidades máximas que circulan por cada tramo de conductores.

En la Tabla 20 vemos los resultados del cálculo por caída de tensión máxima siguiendo la siguiente ecuación:

$$S = \frac{200 \cdot L \cdot I}{\gamma \cdot e \cdot U} \quad (12)$$

Donde,

- $L$ : longitud del conductor más largo del circuito de string [m].
- $I$ : intensidad de corriente del string ( $I_{sc}$ ) [A].
- $\gamma$ : conductividad del conductor de cobre a 90 °C  $\rightarrow 45 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$ .

- $U$ : Tensión del tramo [V].
- $e$ : Caída de tensión [%].

Tabla 19. Cálculo de sección de conductores por tramo según intensidad máxima ITC-BT-19. Fuente: Elaboración propia

Cálculo sección de cable por intensidad máxima tabla C-52-1 bis ITC-BT-19					
Tramo	Intensidad Máxima [A]	Coficiente	Intensidad Cálculo [A]	Método instalación	Sección [mm <sup>2</sup> ]
String - Nivel 1	11.44	1.25	14.3	B1	2.5
Nivel 1 - Nivel 2	34.32	1.25	42.9	B1	6
Nivel 2 - Inversor	34.32	1.25	42.9	B1	6
Inversor - CGPM	86.60	-	86.6	B1	25

Tabla 20. Cálculo de sección de conductores por caída de tensión máxima. Fuente: Elaboración propia

Cálculo sección de cable por caída de tensión máxima (1.5%)					
Tramo	Longitud máxima	CDT máx tramo [%]	Tensión [V]	Sección [mm <sup>2</sup> ]	Sección comercial [mm <sup>2</sup> ]
String - Nivel 1	102.5	1.457	850	4.21	6
Nivel 1 – Nivel 2	1	0.014	850	12.63	16
Nivel 2 - Inversor	1	0.014	850	12.63	16
Inversor - CGPM	1	0.014	400	67.71	70
<b>Total [m]</b>	<b>105.5</b>				
<b>CDT máxima [%/m]</b>	<b>0.014</b>				

Como podemos ver y al tratarse de una línea con una longitud tan grande distribuida en cubierta la sección de los cables vienen limitados por la caída de tensión máxima.

#### 6.3.4.2 Protecciones en DC

Para el cálculo de las protecciones en DC vamos a tener en cuenta los dos niveles de protección que tenemos en el circuito antes de llegar al inversor. Para ello nos servimos de la ITC-BT-22 y la ITC-BT-23 del REBT.

El nivel 1 tendrá las siguientes protecciones habiendo un total de 3 cajas de protección:

- X6 Fusibles de 15 [A] gPV, uno para el lado positivo y otro para el negativo.
- X1 Protección sobretensiones transitorias tipo 2.
- X1 Interruptor seccionador de corte.

Condiciones a cumplir por el fusible para poder ser usado con dicho calibre:

1.  $I_b \leq I_n \leq I_z$
2.  $I_2 \leq 1.45 I_z$

Donde,

- $I_b$ , corriente para la que se ha diseñado la previsión de cargas.
- $I_z$ , corriente admisible por el cable.
- $I_n$ , corriente asignada al dispositivo de protección.
- $I_2$ , intensidad de funcionamiento.

Quedando la comprobación de la siguiente forma:

1.  $14.3 \leq 15 \leq 49 \checkmark$
2.  $28.5 \leq 71.05 \checkmark$

Para las protecciones de nivel 2, tenemos una sección de cable distinta, así como intensidad de cálculo distinta, por lo que la caja de protección contiene los siguientes elementos:

- X1 Interruptor automático magnetotérmico terciario Hager MU C50 2P 6kA MUN250A.
- X1 Sobretensiones transitorias tipo 2.

Y sus comprobaciones del magnetotérmico son las mismas que se hacen para los fusibles comentado anteriormente quedando lo siguiente:

1.  $42.9 \leq 50 \leq 91 \checkmark$
2.  $72.5 \leq 131.95 \checkmark$

#### 6.3.4.3 Protecciones en AC.

Para las protecciones en AC, en este caso contamos con una red trifásica con 400V de tensión nominal entregada por el inversor y cables por cada fase con una sección de 70 mm<sup>2</sup> y el neutro de 35 mm<sup>2</sup> + TT.

En este caso contamos con los siguientes componentes:

- X1 Interruptor automático magnetotérmico industrial Hager HM C100 4P 10kA HMF490
- X1 Interruptor diferencial Hager CD484M 100A 4P 30mA clase AC tipo AC
- X1 Sobretensiones Tipo 1 +Tipo 2 HAG SPN802 LIMITADOR SOBRET. TIPO 1 + TIPO 2 100KA 3P+N

Además, se incluye la caja de protección y medida con los siguientes elementos:

- X1 Contador bidireccional trifásico.
- X1 Selector de enclavamiento manual.

Finalmente, podemos ver un pequeño extracto del esquema unifilar de la instalación eléctrica del generador fotovoltaico en la Ilustración 79, que posteriormente en los anexos de planos se mostrará correctamente nombrado.

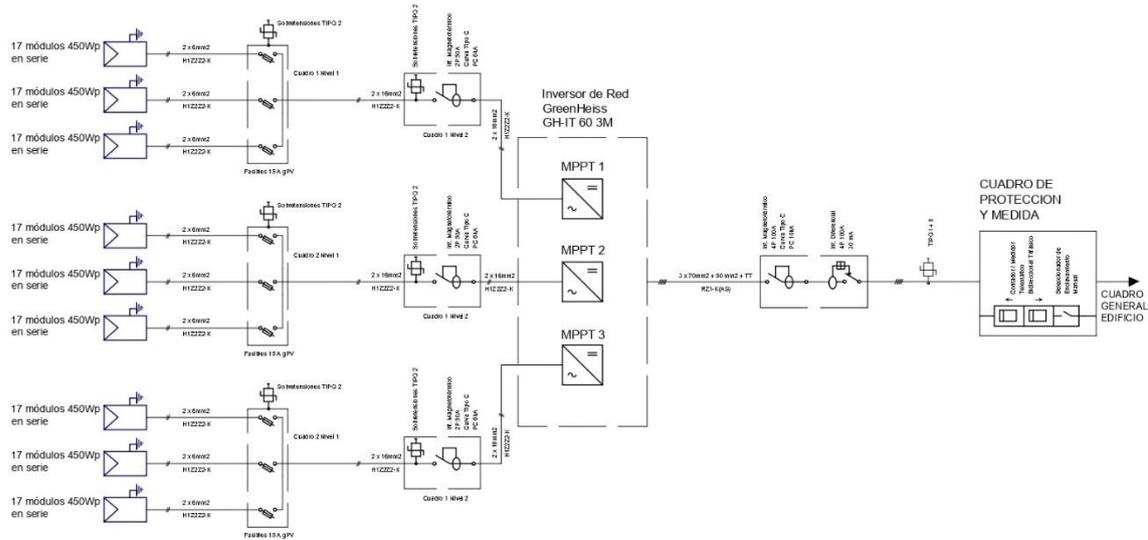


Ilustración 79. Esquema unifilar de la instalación fotovoltaica. Fuente: Elaboración propia

### 6.3.4.4 Render de la instalación fotovoltaica en la cubierta.

A continuación, se muestra un pequeño renderizado de la instalación puesta en cubierta del edificio para conocer su disposición real y tener una mejor imagen de esta. Con esto y el modelo 3D, podemos pasar directamente a PVSyst para realizar lo que sería la simulación horaria del sistema.



Ilustración 80. Renderizado de instalación fotovoltaica en cubierta. Fuente: Elaboración propia.

### 6.3.5. Simulación horaria con PVSyst.

Llegados a este punto, pasamos a la simulación horaria con PVSyst. Los únicos “inputs” que tiene este programa serían el modelo 3D generado por Sketchup que PVSyst leerá y reconocerá la superficie de paneles en cubierta, consumos eléctricos horarios del edificio y parámetros ambientales de la localización. El modelo 3D lo podemos ver en la Ilustración 81.

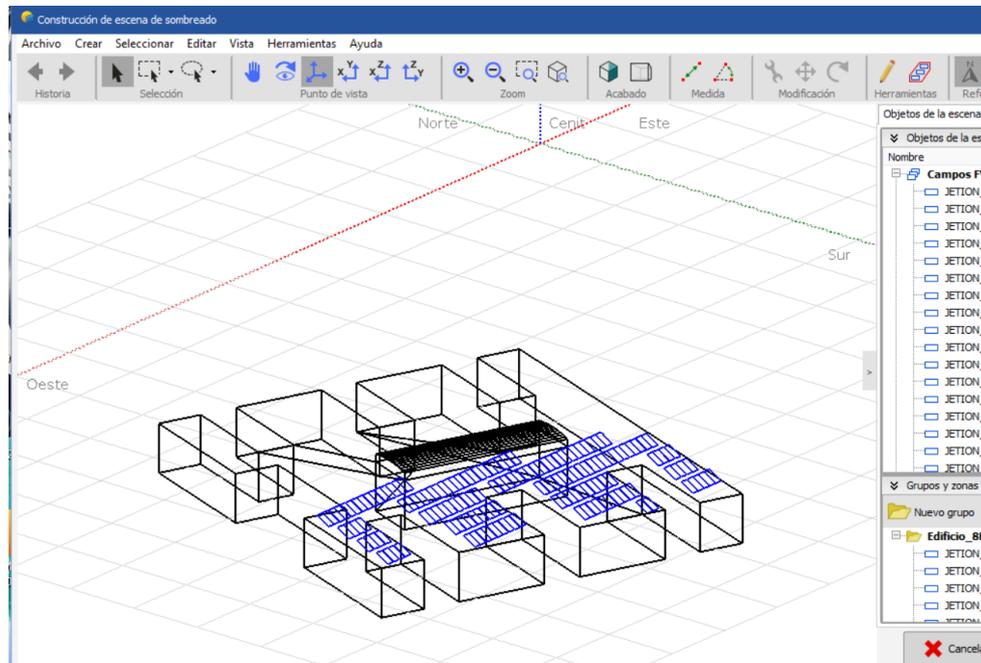


Ilustración 81. Modelo 3D leído por el software de simulación. Fuente: PVSyst

Para insertar los consumos horarios, como comentábamos anteriormente, es necesario tener un CSV con los 8760 valores horarios anuales. El problema en este caso es que, como comentábamos anteriormente, contamos con un CSV con algo menos que 8760 valores. En este caso y para resolver esto hemos tenido que programar otra vez con Python un código que en este caso nos ha permitido generar este CSV de 8760 valores teniendo en cuenta una semana tipo de cada mes para hacer la simulación.

En el código en primer lugar, es necesario insertar el año donde se da la simulación para generar un vector con los 8760 valores de ese año concreto.

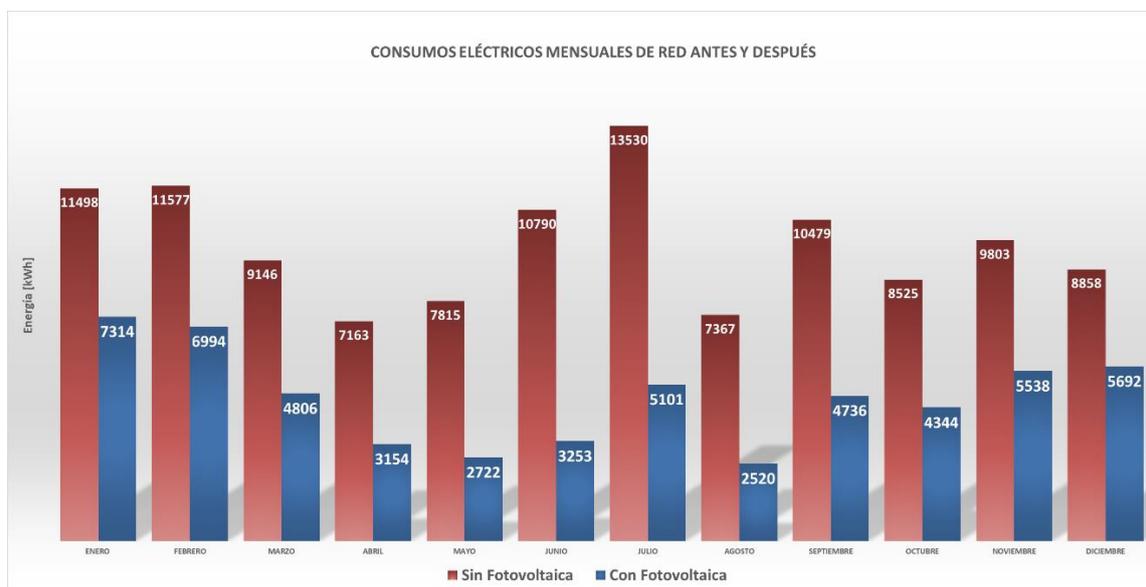
Posteriormente, hace una lectura de un Excel preparado con la semana tipo de cada mes diferenciando los días laborales de los sábados y domingos para rellenar con una serie de condiciones cada hora del día. En este caso no vamos a mostrar el código debido a la extensión de este, sino que se anexará al final del documento.

Con esto generamos un CSV con 8760 valores horarios de consumos eléctricos del edificio.

Este CSV se introduce en PVSyst para posteriormente poder sacar la simulación horaria y estudiarla, así como el informe de simulación de PVSyst que irá también anexado al final del documento.

### 6.3.5.1 Análisis de resultados horarios obtenidos con PVsyst.

Una vez realizada la simulación, obtenemos un Excel con los valores energéticos horarios característicos del sistema. En este caso los más relevantes son, la producción fotovoltaica, el autoconsumo fotovoltaico, el consumo de red con la fotovoltaica y la exportación a red de electricidad sobrante. Con ello podemos hacer el análisis de resultados totales de la simulación.



**Ilustración 82. Consumos eléctricos mensuales antes y después de insertar la fotovoltaica. Fuente: Elaboración propia.**

En la Ilustración 82 podemos ver como varían los consumos de red con y sin la fotovoltaica en este caso en azul y rojo respectivamente. En concreto el valor total de consumo de red en un primer momento es de 116.55 MWh/año mientras que al incorporar la FV conseguimos rebajarlo hasta los 5.61 MWh/año lo cual supone una variación en el consumo eléctrico del edificio en un **52%**.

Además, en la Ilustración 83, podemos ver los promedios diarios. Por regla general, cuando más ahorro existe es cuando tenemos de media diaria una pequeña exportación a red (barra morada) con respecto a la generación fotovoltaica (barra verde) ya que el precio de venta de excedentes a red es menor que el ahorro que se consigue no consumiendo de la red. Por lo general el precio de venta a red para instalaciones de menos de 100 kW está en torno a los 8 céntimos de euro por kWh mientras que el precio de compra de electricidad es de unos 30 céntimos hoy en día por kWh por lo que la diferencia son ganancias pasivas para la distribuidora cuando lo que deseamos es el ahorro propio.

En la Ilustración 84, podemos ver un día promedio anual en el cual se ve reflejado lo que genera la instalación fotovoltaica (en azul) con respecto al consumo eléctrico (en rojo). Cuando se acoplan ambas curvas se puede ver claramente la parte de exportación a red, la parte de autoconsumo y la parte de consumo de la red. La de exportación a red son las horas en las que se produce más electricidad de la que se consume, la de autoconsumo se da en el momento en el que empezamos a generar electricidad y existe consumo eléctrico en el edificio y la de

consumo de red se da en las horas donde no hay radiación solar existente para que los paneles generen.

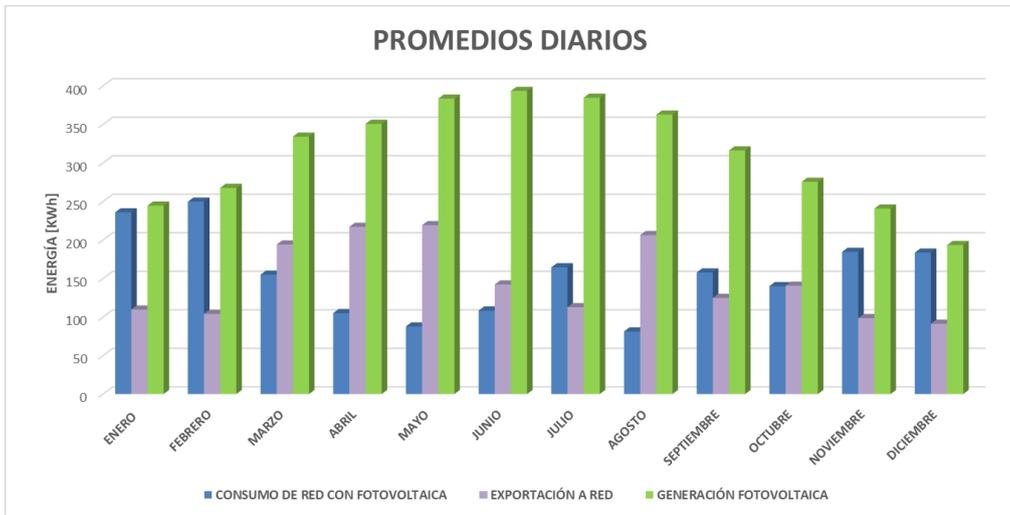


Ilustración 83. Promedios diarios de consumo de red, exportación y generación. Fuente: Elaboración propia

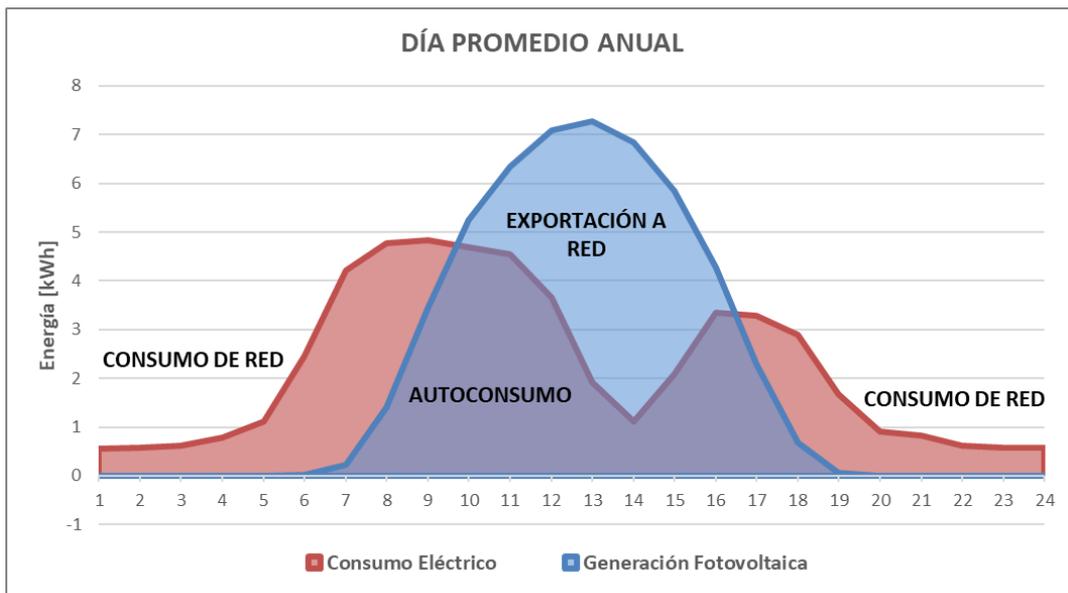


Ilustración 84. Gráfica horaria del día promedio anual. Fuente: Elaboración propia

## 6.4. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE PROCCIÓN DE ACS.

### 6.4.1. Introducción.

Como en todos los apartados de este proyecto, se sigue con la normativa vigente para el diseño de los sistemas. En el caso del ACS no va a ser diferente. En este caso, la normativa de aplicación viene dada también por el documento básico de ahorro y eficiencia energética del y en concreto en su sección 4 “Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de ACS”.

Como ya calculábamos en la Sección 4.4.3, la demanda diaria de ACS para el edificio es de 922 [l/día]. Por lo que nos encontramos por debajo de 5000 [l/día] y la contribución renovable anual pasa de ser de mínimo el 70% a ser de mínimo el 60%, así como el acumulador elegido que será de 95 litros como calculábamos en la misma sección.

De igual modo en su apartado 3.1.4 se expresa lo siguiente:

*“Las bombas de calor destinadas a la producción de ACS y/o climatización de piscina, para poder considerar su contribución renovable a efectos de esta sección, deberán disponer de un valor de rendimiento medio estacional (SCOP<sub>dhw</sub>) superior a 2,5 cuando sean accionadas eléctricamente y superior a 1,15 cuando sean accionadas mediante energía térmica. El valor de SCOP<sub>dhw</sub> se determinará para la temperatura de preparación del ACS, que no será inferior a 45°C.”*

### 6.4.2. Selección de bomba de calor.

En este caso nos servimos también de los comentado anteriormente en la Sección 4.4.3. Para ello en primer lugar, es necesario conocer el  $F_{uso\ acumulación}$  según la siguiente ecuación, teniendo en cuenta los mismos parámetros del acumulador que anteriormente:

$$F_{uso\ acumulación} = 0.63 + 0.14 \cdot H/D = 0.63 + 0.14 \cdot 1.95 = 0.9 \quad (13)$$

Para el caso del rendimiento de la producción de ACS, aumentamos al 0.85 debido a que se hace una mejora en el circuito de producción ya que la producción está mucho más cercana del consumo, reduciendo las pérdidas por transporte.

$$\eta_{prdACS} \cong 0.85 \quad (14)$$

Finalmente, utilizamos la siguiente ecuación para obtener la potencia de la caldera:

$$\begin{aligned} P_{calderas} &= [Q_{punta} \cdot (T_{ACS} - T_{AFCH}) - V_{Acumulación} \\ &\quad \cdot (T_{Acumulación} - T_{AFCH}) \cdot F_{uso\ acumulación}] \cdot \frac{1.16}{\eta_{prdACS}} \\ &= [276.7 \cdot (60 - 5) - 95 \cdot (70 - 5) \cdot 0.9] \cdot \frac{1.16}{0.85} \\ &= 11365.9 [W] \cong \mathbf{11.4 [kW]} \end{aligned} \quad (15)$$

Según los cálculos realizados tendremos entonces que elegir una bomba de calor, en este caso aire/agua (aeroterminia) con una potencia cercana a los 11.4 [kW].

Elegimos el modelo mostrado en la Ilustración 85. Como vemos la calificación energética es de A+++ y sus SCOP para climas intermedios como lo es el de Valencia es de 4.47.



Código Saltoki: 5500020612 A+++ IIII

### Bomba de calor aire/agua aeroterminia monobloc Kosner Aquaris MX/KA 12 R-32

> Tipo de producto: [bomba de calor aire/agua aeroterminia monobloc](#)  
 Marca: [Kosner](#)  
 Modelo: [Aquaris MX/KA](#)  
 Número de artículo Kosner: 5500020612  
 Descripción en albaranes: AEROTERMIA MONOBLOC KOSNER AQUARIS MX/KA 12 R32

---

**Con este producto también se añadirá:**

- 1 ud - Filtro en Y Tuller 1 1/4" 0-100°C PN16 rosca H doble malla - 19,32 € neto
- 1 ud - PUESTA EN MARCHA KOSNER AQUARIS - 150,00 € neto

**Características técnicas** | Documentos | Catálogos ⓘ

Capacidad nominal calorífica:	11,8 kW	<input type="checkbox"/>
COP a 7/35°C según EN 14511:	4,32	<input type="checkbox"/>
SCOP zona climática intermedia:	4,47	<input type="checkbox"/>

**Ilustración 85. Bomba de calor aire/agua seleccionada para producción de ACS. Fuente: Saltoki**

En este momento solo será necesario acoplar el sistema de bomba de calor con almacenamiento térmico al sistema de ACS ya instalado en el edificio debido a que este es perfectamente válido para realizar dicha función de transporte de ACS por el edificio.

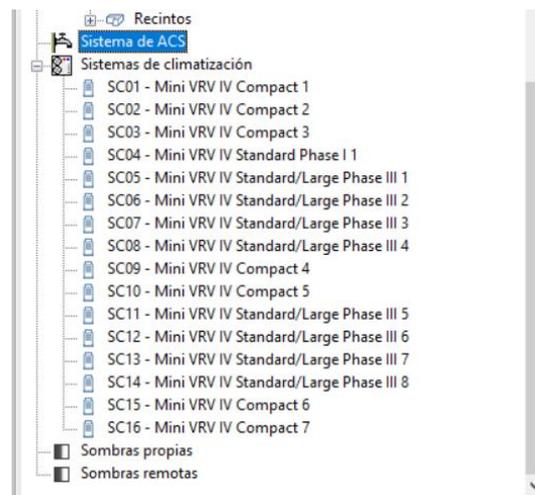
# **CAPÍTULO 7. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA FINAL DEL EDIFICIO UNA VEZ REALIZADA LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEL MISMO.**

## **7.1. INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se va a estudiar los resultados arrojados por la calificación energética una vez realizada la simulación con CYPETHERM HE Plus. En este momento va a ser todo más sencillo que en la calificación inicial ya que debido al método de trabajo propuesto por la metodología BIM vamos a realizar una importación de todas las modalidades de diseño creadas hasta el momento. Por ello todos los sistemas diseñados, de iluminación, clima, arquitectura..., podemos importarlos. En el caso de la fotovoltaica y el sistema implementado para el ACS lo introduciremos de forma manual.

## **7.2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA**

Abrimos de nuevo el programa CYPETHERM HE Plus e incorporamos como comentábamos anteriormente todas las disciplinas del flujo BIM utilizadas, quedando así cargadas en el modelo IFC del edificio y quedando definidas para el edificio y poder realizar la calificación energética. Un ejemplo de que quedan ya definidos los sistemas lo podemos ver en la Ilustración 86.



**Ilustración 86. Sistemas de climatización dimensionados. Fuente: Cype**

En este caso, es necesario definir el sistema fotovoltaico que simplemente hacemos uso de los valores arrojados por la simulación con PVSyst de la producción fotovoltaica mensual que es la que se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21. Generación FV mensual. Fuente: Elaboración propia

TOTALES MENSUALES [kWh]											
EN	FEB	MAR	AB	MA	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
7584	7496	10360	10524	11890	11805	11927	11247	9488	8542	7225	5996

Y lo insertamos como fuente de energía renovable y la referenciamos como fotovoltaica como vemos en la Ilustración 87.

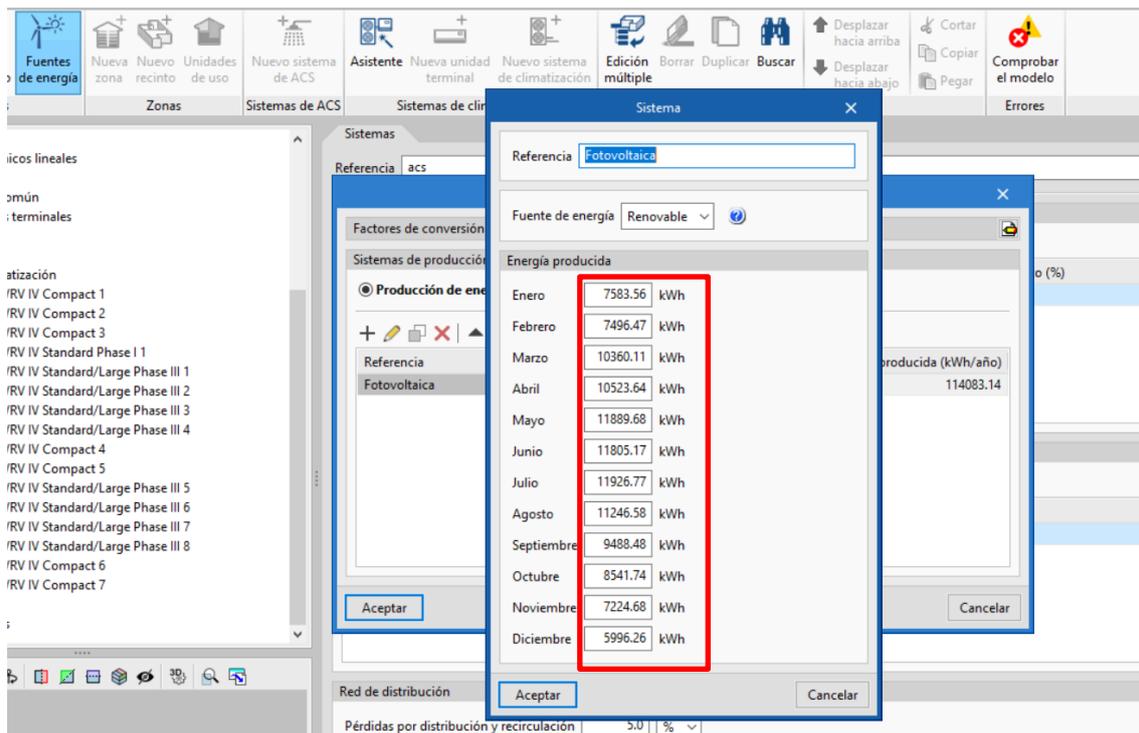


Ilustración 87. Inserción de generación FV en el programa de calificación energética. Fuente: Cype

Para el caso de sistema de producción de ACS no se permite insertar uno de bomba de calor que no sea de los fabricantes que tienen competencia con CYPE por lo que en este caso se ha elegido uno de potencia y COP similar al elegido en el apartado anterior de este documento en concreto la Sección 6.4.2.

En la Ilustración 88 podemos ver el sistema insertado y el valor de  $SCOP_{dhw}$  introducido de forma manual con el valor tomado de catálogo de la bomba de calor mostrada en la Sección 6.4.2.

Como vemos, además, la potencia se desvía poco con respecto a la potencia de la bomba seleccionada para este proyecto de rehabilitación energética.

Referencia:

Porcentaje de la demanda de ACS cubierto:  %

Equipo genérico
  Red de distrito
  Aeroterminia
  Bomba de calor para ACS
  Geotermia

DAIKIN
  Midea
  Panasonic
  Saunier Duval
  TOSHIBA
  Vaillant

Unidad exterior:

Método de cálculo del valor de SCOPdhw:

Valor de SCOPdhw:

Potencia nominal: 11767 W  
SCOPdhw: 3.98

Ilustración 88. Bomba de calor introducida para ACS. Fuente: Cype

### 7.2.1.1 Resultados obtenidos de la calificación energética

Una vez definido todo lo comentado anteriormente, pasamos al cálculo de la calificación energética y la obtención de los documentos de cumplimiento de la normativa tanto del CTE-DB-HE0, HE1, HE 3 y HE 4.

En este caso no nos muestra la HE 3 que es respectiva a la iluminación, pero ya hemos mostrado el documento de Cype justificativo del cumplimiento de la misma con la nueva iluminación diseñada y que podemos ver en la Ilustración 53, Ilustración 54, Ilustración 55, Ilustración 56 y la Ilustración 57.

De igual modo la justificación de la DB-HE0, HE 1 y HE 4 se van a mostrar de forma escueta, mostrando en los anexos el documento completo para su mejor lectura.

#### 1. CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

##### 1.1. Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria no renovable.

$$C_{ep,ren,nr} = 15.23 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año} \leq C_{ep,ren,nr,lim} = 50 + 8 \cdot C_{T1} = 108.66 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año} \quad \checkmark$$

donde:

$C_{ep,ren,nr}$ : Valor calculado del consumo de energía primaria no renovable, kWh/m<sup>2</sup>·año.

$C_{ep,ren,nr,lim}$ : Valor límite del consumo de energía primaria no renovable (tabla 3.1.b, CTE DB HE 0), kWh/m<sup>2</sup>·año.

$C_{T1}$ : Carga interna media del edificio (Anejo A, CTE DB HE), 7.33 W/m<sup>2</sup>.

##### 1.2. Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria total.

$$C_{ep,tot} = 57.60 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año} \leq C_{ep,tot,lim} = 150 + 9 \cdot C_{T1} = 215.99 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año} \quad \checkmark$$

donde:

$C_{ep,tot}$ : Valor calculado del consumo de energía primaria total, kWh/m<sup>2</sup>·año.

$C_{ep,tot,lim}$ : Valor límite del consumo de energía primaria total (tabla 3.2.b, CTE DB HE 0), kWh/m<sup>2</sup>·año.

$C_{T1}$ : Carga interna media del edificio (Anejo A, CTE DB HE), 7.33 W/m<sup>2</sup>.

##### 1.3. Horas fuera de consigna

$$h_{fc} = 0 \text{ h/año} \leq 0.04 \cdot t_{occ} = 183.68 \text{ h/año} \quad \checkmark$$

Ilustración 89. Justificación de la DB-HE0. Fuente: Cype

## 1. CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

### 1.1. Condiciones de la envolvente térmica

#### 1.1.1. Transmitancia de la envolvente térmica

**Transmitancia de la envolvente térmica:** Ninguno de los elementos de la envolvente térmica supera el valor límite de transmitancia térmica descrito en la tabla 3.1.1.a del DB HE1. ✓

#### Coefficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica (K)

$$K = 0.62 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \leq K_{\text{lim}} = 0.80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

donde:

$K$ : Valor calculado del coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica,  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

$K_{\text{lim}}$ : Valor límite del coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica,  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

#### 1.1.2. Control solar de la envolvente térmica

$$q_{\text{sol,ju}} = 3.83 \text{ kWh}/\text{m}^2 \leq q_{\text{sol,ju,lim}} = 4.00 \text{ kWh}/\text{m}^2$$

donde:

$q_{\text{sol,ju}}$ : Valor calculado del parámetro de control solar,  $\text{kWh}/\text{m}^2$ .

$q_{\text{sol,ju,lim}}$ : Valor límite del parámetro de control solar,  $\text{kWh}/\text{m}^2$ .

### 1.2. Limitación de descompensaciones

**Limitación de descompensación:** La transmitancia térmica de las particiones interiores no supera el valor límite descrito en la tabla 3.2 del DB HE1. ✓

### 1.3. Limitación de condensaciones de la envolvente térmica

**Limitación de condensaciones:** en la envolvente térmica del edificio no se producen condensaciones intersticiales que puedan producir una merma significativa en sus prestaciones térmicas o supongan un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil. ✓

Ilustración 90. Justificación de la DB-HE1. Fuente: Cype

## 1. CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

### 1.1. Contribución de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria.

$$\text{RER}_{\text{ACS,nrb}} = 98.9\% \geq \text{RER}_{\text{ACS,nrb,lim}} = 60\%$$

donde:

$\text{RER}_{\text{ACS,nrb}}$ : Valor calculado de la contribución de energía renovable para satisfacer la demanda de agua caliente sanitaria, %.

$\text{RER}_{\text{ACS,nrb,lim}}$ : Valor límite de la contribución de energía renovable para satisfacer la demanda de agua caliente sanitaria (sección 3.1.1, CTE DB HE 4), %.

Ilustración 91. Justificación de la DB-HE4. Fuente: Cype

### Calificación energética del edificio

Zona climática	B3	Uso	Otros usos
----------------	----	-----	------------

#### 1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES		
	CALEFACCIÓN		ACS
	Emisiones calefacción [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año]	A	Emisiones ACS [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año]
	0.48		0.02
Emisiones globales[kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año] <sup>1</sup>	Emisiones refrigeración [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año]	A	Emisiones iluminación [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año]
	0.44		1.72

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año	kgCO <sub>2</sub> ·año
Emisiones CO2 por consumo eléctrico	2.41	9755.32
Emisiones CO2 por otros combustibles	0.26	1065.08

#### 2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES		
	CALEFACCIÓN		ACS
	Energía primaria calefacción [kWh/m <sup>2</sup> ·año]	A	Energía primaria ACS [kWh/m <sup>2</sup> ·año]
	2.3		0.11
Consumo global de energía primaria no renovable[kWh/m <sup>2</sup> ·año] <sup>1</sup>	Energía primaria refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> ·año]	A	Energía primaria iluminación [kWh/m <sup>2</sup> ·año]
	2.62		10.18

#### 3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
Demanda de calefacción[kWh/m <sup>2</sup> ·año]	Demanda de refrigeración[kWh/m <sup>2</sup> ·año]

<sup>1</sup> El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo edificios terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

Ilustración 92. Calificación energética final del edificio 8H con la rehabilitación energética diseñada. Fuente: Cype

### 7.2.1.2 Comparativa con primeros resultados.

En la Tabla 22 podemos ver la comparativa de resultados. En el indicador primario de emisiones vemos que este ha disminuido hasta ser un 93% del valor inicial de emisiones del edificio y en el caso del indicador secundario de consumo de energía primaria no renovable pasamos a disminuir su valor hasta un 92% del valor inicial por lo que podemos concluir que las medidas introducidas han cumplido a la perfección con su función de reducir estos parámetros y conseguir mejorar la calificación energética del edificio. En el próximo capítulo haremos un estudio económico de las medidas de mejora introducidas para concluir así si fuera viable técnico-económicamente el proyecto de rehabilitación energética y el periodo de amortización de la inversión.

Tabla 22. Comparativa de indicadores de calificación energética inicial y final. Fuente: Elaboración propia

Demanda		
	Edificio Inicio [kWh/m <sup>2</sup> ]	Edificio Rehabilitado [kWh/m <sup>2</sup> ]
Refrigeración	10.1	20.36
Calefacción	52.77	10.49

Consumo de energía primaria no renovable		
	Edificio Inicio [kWh/m <sup>2</sup> ]	Edificio Rehabilitado [kWh/m <sup>2</sup> ]
<b>Global</b>	<b>183.19</b>	<b>15.23</b>
Refrigeración	11.61	2.62
Calefacción	88.89	2.3
ACS	8.23	0.11
Iluminación	74.46	10.18

Emisiones (Indicador Primario)		
	Edificio Inicio [kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> -año]	Edificio de Rehabilitado [kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> -año]
<b>Global</b>	<b>39.77</b>	<b>2.67</b>
Refrigeración	1.97	0.44
Calefacción	23.45	0.48
ACS	1.74	0.02
Iluminación	12.61	1.72

# **CAPÍTULO 8. ESTUDIO DE LA VIABILIDAD TÉCNICO- ECONÓMICA DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO 8H.**

## **8.1. INTRODUCCIÓN.**

En la consecuente sección vamos a realizar, como bien su título adelanta, el estudio técnico-económico de las propuestas de mejoras realizadas en el presente proyecto. Con ello, lo que buscamos, a nivel económico principalmente, es la verificación de la viabilidad del proyecto a nivel comercial y de inversión para el supuesto cliente, que en este caso sería la propio Universitat Politècnica de València.

Para ello en primer lugar, se va a enseñar un resumen del presupuesto general que posteriormente se mostrará el desglose por capítulos y partidas realizado juntamente con Arquímedes y Presto, con Arquímedes podremos conseguir directamente la descripción de las partidas procedentes de las mejoras dimensionadas dentro de la suite de CYPE, así como sus mediciones, lo cual nos va a servir para posteriormente con PRESTO poder ajustarlo correctamente en el formato deseado y poder modificar las partidas con necesidad de cambio y poder personalizarlo y ajustarlo a las actuaciones que realmente se van a realizar en la reforma energética del edificio.

Además, se procederá al estudio del VAN del proyecto a 20 años de rehabilitación energética, así como el periodo de retorno de inversión, lo cual nos va a permitir hacernos una idea de la rentabilidad que el proyecto nos va a generar durante su vida útil.

Finalmente, en el siguiente capítulo se mostrarán las conclusiones finales que conciernen a este TFM para su mayor comprensión.

## **8.2. RESUMEN DE LAS MEJORAS Y PRESUPUESTO PARA LA INCORPORACIÓN DE ESTAS.**

El presupuesto de la incorporación de mejoras ha sido realizado teniendo en cuenta las actuaciones necesarias en cada caso, así como la gestión de residuos y la seguridad y salud de la obra a realizar.

A continuación, se muestra en la tabla un breve resumen de lo que sería cada actuación y los costes de las mismas teniendo en cuenta los siguientes márgenes de beneficio industrial y gastos generales, así como el IVA del 21%.

Tabla 23. Resumen de presupuesto realizado para cada medida de mejora a incorporar. Fuente: Elaboración propia

Resumen de Presupuesto General de las Medidas de Mejora Implementadas			
Medida de mejora	Ppto sin IVA	Ppto con IVA	Comentarios
Envolvente térmica	65,788.39 €	79,603.95 €	Adición de sistema SATE para mejora de aislamiento térmico en fachada y cubierta
Cambio vidrios	59,024.56 €	71,419.72 €	Cambio de cristalería de vidrio simple por vidrio doble bajo emisivo con control solar
Iluminación	62,199.99 €	75,261.99 €	Cambio de luminarias por luminarias LED
Climatización	649,701.97 €	786,139.38 €	Cambio de sistemas tipo "Split" de bajo rendimiento por sistema VRV con sistemas de alta eficiencia
Fotovoltaica	80,553.87 €	97,470.18 €	Incorporación de sistema de generación fotovoltaico de 68.85 kWp
ACS	7,739.57 €	9,364.88 €	Desacople de centralización para autoabastecimiento con bomba de calor + sistema de acumulación
<b>TOTAL</b>	<b>925,008.35 €</b>	<b>1,119,260.10 €</b>	
GG		15%	
BI		6%	
IVA		21%	

### 8.3. ESTUDIO DE LA RENTABILIDAD DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

En primer lugar, vamos a estudiar la rentabilidad que nos genera la adición de un sistema fotovoltaico al edificio. En concreto vamos a dividir el estudio económico en dos partes, una primera parte para el sistema fotovoltaico, debido a que tenemos valores exactos de generación horaria y sabemos cuál es la parte exacta de compensación económica vamos a tener, el caso de los otros sistemas sería necesario una simulación horaria de los mismos a lo largo del año para poder hacer el mismo procedimiento, por lo que se hará el estudio mediante procedimiento simplificado para el resto de las mejoras implementadas.

Gracias a la simulación realizada con PVSyst y la discriminación por horas de los periodos tarifarios podemos hacer el estudio exacto de la rentabilidad que este sistema nos concede. Los precios del kWh de las últimas facturas aportadas son los siguientes:

Tabla 24. Precios del término variable de factura eléctrica de la UPV. Fuente: Elaboración propia

Precios del término de energía consumida en [€/kWh]					
P1	P2	P3	P4	P5	P6
0.289977	0.257075	0.236501	0.252323	0.220722	0.221081

En la Tabla 25 podemos ver los valores iniciales de estudio. En primer lugar, tenemos la inflación del precio de la electricidad calculada teniendo en cuenta la media desde el mes de julio de 2020 hasta el 2022, fuente: INE, y la tasa de descuento de mercado calculada a partir del tipo de interés proporcionado por el banco de España según la ecuación:

$$d = \frac{i}{1+i} \quad (16)$$

Donde  $d$ , es la tasa de descuento e  $i$  es el tipo de interés. Estos valores nos servirán para posteriormente hacer el cálculo del VAN.

A continuación, tenemos los valores diferenciados por periodos de consumo eléctrico, anterior a la instalación del sistema fotovoltaico con los precios anticipados anteriormente y el periodo de estudio, 20 años, aunque actualmente los sistemas fotovoltaicos suelen tener una garantía algo mayor de este periodo.

**Tabla 25. Valores iniciales anteriores al uso de la fotovoltaica. Fuente: Elaboración propia**

<b>Inflación precio electricidad previsto</b> <i>Fuente: INE</i>	<b>0.0598</b>
<b>Tasa descuento de mercado</b> <i>Fuente: Banco de España</i>	<b>0.04</b>
<b>Consumo Electricidad Anual P1 [kWh]</b>	<b>19767.50</b>
<b>Consumo Electricidad Anual P2 [kWh]</b>	<b>20230.10</b>
<b>Consumo Electricidad Anual P3 [kWh]</b>	<b>17119.90</b>
<b>Consumo Electricidad Anual P4 [kWh]</b>	<b>17586.10</b>
<b>Consumo Electricidad Anual P5 [kWh]</b>	<b>5954.80</b>
<b>Consumo Electricidad Anual P6 [kWh]</b>	<b>35813.70</b>
<b>Coste de Electricidad primer año P1 [€/kWh]</b>	<b>0.289977</b>
<b>Coste de Electricidad primer año P2 [€/kWh]</b>	<b>0.257075</b>
<b>Coste de Electricidad primer año P3 [€/kWh]</b>	<b>0.236501</b>
<b>Coste de Electricidad primer año P4 [€/kWh]</b>	<b>0.252323</b>
<b>Coste de Electricidad primer año P5 [€/kWh]</b>	<b>0.220722</b>
<b>Coste de Electricidad primer año P6 [€/kWh]</b>	<b>0.221081</b>
<b>Tiempo de vida instalación</b>	<b>20</b>

Posteriormente, tenemos que hacer diferenciación por periodos tanto de los nuevos consumos de red con la fotovoltaica como los kWh que se autoconsumen por parte de la fotovoltaica para contabilizar estos como ahorros, así como la totalidad de la exportación a red que la suponemos con un precio de compensación económica en la factura eléctrica de 6 céntimos de euro y estando acogido al régimen de Instalación Fotovoltaica Conectada a Red con Excedentes no Acogida a Compensación, por lo que la venta se hace teniendo en cuenta el valor diario del mercado eléctrico y dando de alta la instalación como una instalación generadora. Esto lo podemos ver en la Tabla 26.

Con ello y con la ecuación (17), podemos calcular el VAN del proyecto a 20 años cuyos resultados podemos ver en la Tabla 27.

Como podemos ver en los resultados, este tipo de proyectos, hoy en día, son de una alta rentabilidad y tenemos un proyecto con un Valor Actual Neto en 20 años de 307 000€ haciendo una inversión inicial de unos 97 500€ (con IVA).

**Tabla 26. Valores obtenidos de la simulación con PVSyst horarios contabilizados para cada periodo tarifario.**  
Fuente: Elaboración propia

Instalación Propuesta	
Coste de la Inversión [€]	<b>97,470.18 €</b>
Costes de Operación y Mantenimiento [€/año]	500.00 €
Costes de Operación y Mantenimiento [€]	10,000.00 €
Costes totales [€]	107,470.18 €
Precio venta electricidad [€/kWh]	0.06 €
Total Electricidad Exportada a Red [kWh]	53633.72
Ahorro Compensación Excedentes [€]	<b>3,218.02 €</b>
Total Energía Autoconsumida P1 [kWh]	11727.0
Total Energía Autoconsumida P2 [kWh]	11362.3
Total Energía Autoconsumida P3 [kWh]	12035.9
Total Energía Autoconsumida P4 [kWh]	13263.2
Total Energía Autoconsumida P5 [kWh]	4432.7
Total Energía Autoconsumida P6 [kWh]	7555.0
Ahorro Año 1 Autoconsumo P1 [€]	3,400.56 €
Ahorro Año 1 Autoconsumo P2 [€]	2,920.95 €
Ahorro Año 1 Autoconsumo P3 [€]	2,846.49 €
Ahorro Año 1 Autoconsumo P4 [€]	3,346.62 €
Ahorro Año 1 Autoconsumo P5 [€]	978.39 €
Ahorro Año 1 Autoconsumo P6 [€]	1,670.26 €
Ahorro Año 1 Autoconsumo TOTAL [€]	<b>15,163.27 €</b>
Consumo de Red P1[kWh]	8040.5
Consumo de Red P2[kWh]	8867.8
Consumo de Red P3[kWh]	5084.0
Consumo de Red P4[kWh]	4322.9
Consumo de Red P5[kWh]	1522.1
Consumo de Red P6[kWh]	28258.7
Gasto Consumo de Red [€]	<b>13,487.84 €</b>

$$PWF(n, d, i) = \frac{1}{d-i} \left[ 1 - \left( \frac{1+i}{1+d} \right)^n \right] \quad (17)$$

Donde  $d$  es la tasa de descuento de mercado e  $i$  es la inflación esperada para el precio de la electricidad.

**Tabla 27. Valores calculados para el estudio de viabilidad económica del proyecto fotovoltaico. Fuente: Elaboración propia**

SIN FV	
Coste Electricidad Año 1 [€]	28,651.11 €
PWF (n,d,i) Electricidad	23.14
VAN Coste Electricidad (20 años) [€]	663,000.07 €
CON FV	
Coste electricidad año 1 [€]	13,487.84 €
Ahorro Venta Electricidad año 1 [€]	3,218.02 €
Ahorro Autoconsumo año 1 [€]	15,163.27 €
VAN Coste Electricidad [€]	312,114.86 €
VAN Venta Electricidad [€]	64,360.46 €
VAN Ahorro por Autoconsumo [€]	350,885.21 €
VAN Proyecto a 20 años [€]	307,775.49 €
VARIACIÓN EN CONSUMO DE ENERGÍA [%]	52%

Haciendo el cálculo del PB “Payback Period” y del IRR o TIR “Tasa Interna de Retorno” obtenemos los siguientes resultados:

**Tabla 28. Payback y Tasa Interna de Retorno del proyecto. Fuente: Elaboración propia**

Payback (años)	5.44
Tasa Interna de Retorno IRR (%)	41%

Finalmente, para poder apreciar de forma gráfica la variación del VAN con los años de vida estimados del proyecto hemos representado la gráfica que se puede observar en la Ilustración 93, donde podemos observar claramente el punto en el que, avanzando en los años, obtenemos un VAN del proyecto igual a 0 €, en ese momento, es cuando habremos recuperado la inversión hecha para el proyecto.

En el caso del cálculo de la tasa interna de retorno, tenemos que calcular el punto en el que hacemos que el VAN del proyecto sea igual a 0 € pero variando la tasa de descuento de mercado. En este caso, cuanto mayor sea este valor, nos indica que mayor es la rentabilidad del proyecto. En la actualidad los proyectos de fotovoltaica presentan valores de IRR muy elevados debido a su bajo coste y sus amplios beneficios tanto económicos como medioambientales.

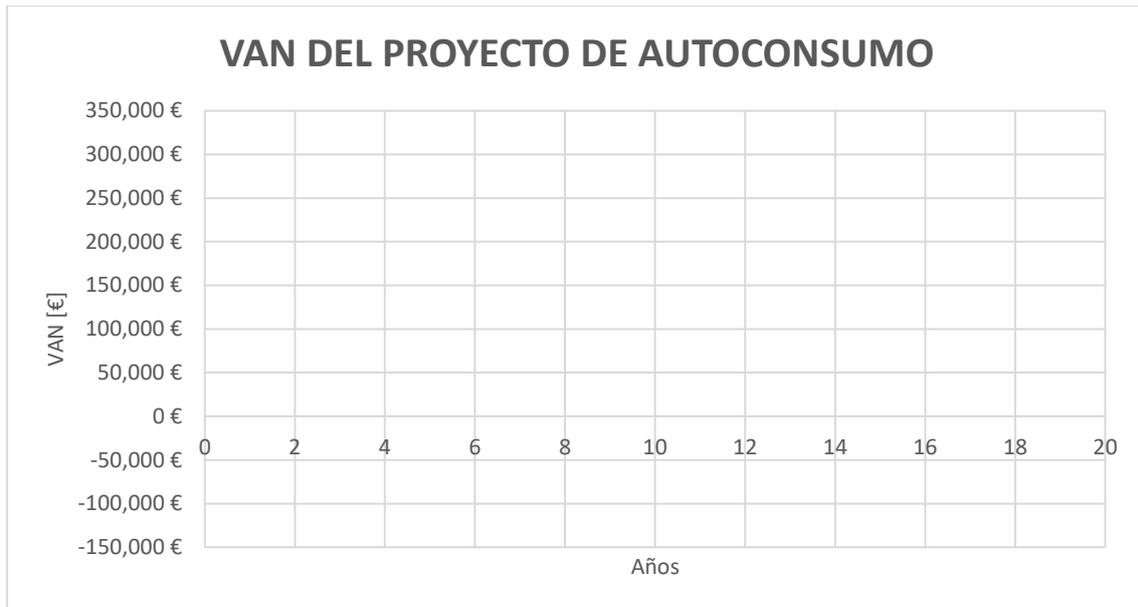


Ilustración 93. Evolución del VAN del proyecto en 20 años. Fuente: Elaboración propia

#### 8.4. ESTUDIO DE RENTABILIDAD PARA EL RESTO DE LOS SISTEMAS IMPLEMENTADOS.

En este caso, al carecer de los consumos horarios discriminados para cada tipo de instalación, vamos a coger los valores aproximados obtenidos de la simulación energética para la obtención de la calificación energética del edificio con CYPETHERM HE Plus. En este caso el cálculo será menos preciso que el mencionado anteriormente para el sistema fotovoltaico, por lo que esta es la principal razón por la que se ha separado el estudio económico en dos partes.

En primer lugar, recordamos los valores obtenidos en la Tabla 22, en concreto, del consumo de energía primaria no renovable o lo que es igual al indicador secundario de la calificación energética del edificio. Estos valores los rescatamos y los vemos en la Tabla 29 aplicando el factor de paso dado en las tablas de IDAE de que la proporción que sigue:

$$\frac{E_{\text{primaria no renovable}}}{E_{\text{final}}} = 2.007 \text{ (1.19 Gas natural)} \quad (18)$$

Por lo que, con este paso, obtenemos el consumo de energía final proveniente del sistema eléctrico español (2.007) y del gas natural (1.19).

Tabla 29. Variación en el consumo de energía primaria no renovable. Fuente Elaboración propia

	Consumo de energía final	
	Edificio Inicio [kWh/m <sup>2</sup> ]	Edificio Rehabilitado [kWh/m <sup>2</sup> ]
Climatización	100.5	4.92
ACS	6.9	0.1
Iluminación	74.46	10.18

Ahora, asumiendo que el coste medio, teniendo en cuenta los valores de precio del kWh expresado en la Tabla 24, es de 0.2463 [€/kWh] y el precio del kWh de gas natural es de 0.11 [€/kWh] y sabiendo que la superficie total de ambas plantas del edificio es de 4 431.5 [m<sup>2</sup>/planta], podemos obtener el ahorro anual en cada sistema. Esto lo podemos ver en la Tabla 30.

Tabla 30. Ahorros totales anuales aproximados de los sistemas implementados. Fuente: Elaboración propia

Ahorros Anuales en los Sistemas			
	Diferencia de consumos [kWh/m <sup>2</sup> ]	Ahorro anual [€/m <sup>2</sup> ]	Ahorro anual [€]
Climatización	47.6	11.7	51,979.83 €
ACS	6.9	1.7	7,488.81 €
Iluminación	32.0	7.9	34,957.77 €

A continuación, hacemos un estudio económico simple del periodo de amortización de la inversión para cada sistema sin tener en cuenta el IVA en cada caso. Para aclarar, en el caso del sistema de climatización, calculamos el coste de la inversión sumando las inversiones de la renovación del sistema de climatización, así como la inversión en la puesta en fachada y cubierta de SATE y cambio de acristalamiento en toda la fachada exterior, ya que estos son los principales responsables del ahorro en climatización. Es cierto que también se podría incluir parte de la iluminación, pero se entiende que esta mejora, comparada con las demás, es insignificante, por lo que la importancia de ahorro de este sistema será mayoritariamente en concepto de electricidad directamente consumida. Esto se puede ver reflejado en la Tabla 31.

Tabla 31. Periodos de retorno de inversión de los sistemas de climatización, ACS e Iluminación. Fuente: Elaboración propia

Ahorros Anuales en los Sistemas			
	Ahorro anual [€/año]	Coste de Inversión (con IVA) [€]	Payback Simple [años]
Climatización	51,980 €	937,163.05 €	<b>18</b>
ACS	7,489 €	9,364.88 €	<b>1</b>
Iluminación	34,958 €	75,261.99 €	<b>2</b>

## **CAPÍTULO 9. CONCLUSIÓN.**

Como conclusión a este Trabajo fin de Máster quería desarrollar los siguientes puntos:

- La optimización de sistemas pasivos como lo son la envolvente térmica del edificio, sistema de acristalamiento o incluso la adición de sombras, como lo puede ser una cornisa en los ventanales o vegetación como árboles, pueden llegar a ser de gran ayuda en climas cálidos como lo es el de la zona de Valencia. En este caso, se tratan de sistemas que son poco costosos a nivel de implementación y traen grandes beneficios a nivel de ahorro energético como hemos podido ver anteriormente. Si de la parte de ahorro en climatización visto en la Tabla 31 quitamos los costes por cambio del sistema de climatización vemos que el periodo de amortización se reduce hasta aproximadamente los 2 años al igual que el resto de los cambios.
- El cambio del sistema de climatización, nos va a permitir tanto reducir consumo eléctricos como evitar emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, pero con un inconveniente bastante poco atractivo para cualquier cliente, el periodo de amortización debido a los costes de los equipos y mano de obra cualificada para su sustitución, así como la gestión de los residuos generados al cambiar los equipos instalados anteriormente, hacen que aumente sustancialmente hasta los 15 años aproximadamente (contando con el SATE y cambio de vidrios también). Esto, como ya comentaba anteriormente, a ojos de un potencial cliente, podría ser un elemento diferencial y finalmente se trataría de no cambiar y conservar los equipos anteriormente instalados haciendo un uso más responsable de los mismos debido a las mejoras térmicas que se traducen en mejoras de confort.
- En el caso del sistema de iluminación, actualmente, se está apostando fuertemente por los sistemas LED cuya eficiencia es muy alta y cuya carga térmica en los espacios disminuye considerablemente con respecto a otros sistemas como pueden ser tubos fluorescentes. Es por ello, por lo que este cambio genera mejoras tan sustanciales como las que se pueden apreciar en el estudio económico llegando a amortizar la inversión del reemplazo de estas en tan solo unos 2 años aproximadamente.
- El sistema centralizado de la UPV se ha quedado algo obsoleto, dependiendo aún de calderas de gas natural con eficiencias muy bajas, rondando el 80% aproximadamente. Con el uso y la implementación de la bomba de calor además de contar con un acumulador para evitar los periodos de ON/OFF repetidos y así tener un almacenamiento de inercia que nos va a permitir cubrir bien los picos de demanda y la demanda instantánea en el edificio, podemos llegar a rebajar considerablemente tanto

emisiones de CO<sub>2</sub> como ahorro económico instantáneo debido al bajo consumo eléctrico.

- Como comentábamos en la introducción, los sistemas fotovoltaicos están alcanzando actualmente mínimos en concepto de instalación, llegando a tener estos grandes beneficios tanto a nivel ambiental como económico para el propio cliente. En este caso como podemos ver en el estudio realizado, para una instalación con una potencia instalada de unos 69 kWp tenemos periodos de amortización cercanos a los 5 años (sin IVA) y sin contar en este caso con las ayudas de los fondos Next Generation proporcionados actualmente por la Unión Europea que haría que bajase aún más el periodo de amortización del mismo. Quitando, además, parte de la dependencia de red que tenemos, evitando así pérdidas por transporte y dejando de consumir energía de un sistema eléctrico español que aún no está ni mucho menos descarbonizado.

## **CAPÍTULO 10. REFERENCIAS.**

1. Oke AE, Aigbavboa CO, Semanya K. Energy Savings and Sustainable Construction: Examining the Advantages of Nanotechnology. *Energy Procedia*. 1 de diciembre de 2017;142:3839-43.
2. Di Foggia G. Energy efficiency measures in buildings for achieving sustainable development goals. *Heliyon*. 1 de noviembre de 2018;4(11):e00953.
3. Goal 11: Sustainable Cities and Communities [Internet]. The Global Goals. [citado 15 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.globalgoals.org/11-sustainable-cities-and-communities>
4. Goal 13: Climate Action [Internet]. The Global Goals. [citado 15 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.globalgoals.org/13-climate-action>
5. Our World in Data [Internet]. Our World in Data. [citado 15 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://ourworldindata.org>
6. Plan de recuperación para Europa [Internet]. Comisión Europea - European Commission. [citado 15 de diciembre de 2021]. Disponible en: [https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe\\_es](https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_es)
7. Jouhara H, Yang J. Energy efficient HVAC systems. *Energy Build*. 15 de noviembre de 2018;179:83-5.
8. Simona PL, Spiru P, Ion IV. Increasing the energy efficiency of buildings by thermal insulation. *Energy Procedia*. 1 de septiembre de 2017;128:393-9.
9. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Orden TED/1484/2021, de 28 de diciembre, por la que se establecen los precios de los cargos del sistema eléctrico de aplicación a partir del 1 de enero de 2022 y se establecen diversos costes regulados del sistema eléctrico para el ejercicio 2022 [Internet]. Sec. 1, Orden TED/1484/2021 dic 30, 2021 p. 166969-77. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/o/2021/12/28/1484>
10. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Real Decreto 148/2021, de 9 de marzo, por el que se establece la metodología de cálculo de los cargos del sistema eléctrico [Internet]. Sec. 1, Real Decreto 148/2021 mar 18, 2021 p. 31103-23. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2021/03/09/148>
11. Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia. Circular 3/2020, de 15 de enero, de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, por la que se establece la metodología para el cálculo de los peajes de transporte y distribución de electricidad [Internet]. Sec. 1, Circular 3/2020 ene 24, 2020 p. 6953-80. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/cir/2020/01/15/3>

12. BOE.es - BOE-A-2007-16478 Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico. [Internet]. [citado 26 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-16478>
13. DBHE.pdf [Internet]. [citado 27 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DBHE.pdf>
14. Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática. Real Decreto 178/2021, de 23 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios [Internet]. Sec. 1, Real Decreto 178/2021 mar 24, 2021 p. 33748-93. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2021/03/23/178>
15. L00065-00071.pdf [Internet]. [citado 27 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2003/001/L00065-00071.pdf>
16. Ministerio de la Presidencia. Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción [Internet]. Sec. 1, Real Decreto 47/2007 ene 31, 2007 p. 4499-507. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2007/01/19/47>
17. BOE.es - BOE-A-2013-3904 Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. [Internet]. [citado 27 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-3904>
18. Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios. :23.
19. Directiva (UE) 2018/ del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética. :17.
20. BOE.es - BOE-A-2021-9176 Real Decreto 390/2021, de 1 de junio, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. [Internet]. [citado 27 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2021-9176>
21. ¿Qué es BIM? [Internet]. BuildingSMART Spanish Chapter. [citado 28 de abril de 2022]. Disponible en: <http://www.buildingsmart.es/bim/>
22. DccHE.pdf [Internet]. [citado 4 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DccHE.pdf>
23. DBSI.pdf [Internet]. [citado 4 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SI/DBSI.pdf>
24. IDAE. Agua Caliente Sanitaria Central [Internet]. Disponible en: [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_08\\_Guia\\_tecnica\\_agua\\_caliente\\_sanitaria\\_central\\_906c75b2.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_08_Guia_tecnica_agua_caliente_sanitaria_central_906c75b2.pdf)

25. Royo Pastor R. ESTUDIO ENERGÉTICO DE VIVIENDA TÍPICA VALENCIANA: AJUSTE MODELO Y OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA.
26. TABULA WebTool [Internet]. [citado 10 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://webtool.building-typology.eu/#bd>
27. Guia-del-Estandar-Passivhaus-fenercom-2011.pdf [Internet]. [citado 10 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://passivehouse-international.org/upload/Guia-del-Estandar-Passivhaus-fenercom-2011.pdf>
28. Generador de precios de la construcción. España. CYPE Ingenieros, S.A. [Internet]. [citado 11 de mayo de 2022]. Disponible en: <http://www.generadordeprecios.info/#gsc.tab=0>
29. VRV catalogue\_ECPE13-200A\_Catalogues\_Spanish.pdf [Internet]. [citado 30 de mayo de 2022]. Disponible en: [https://www.daikin.eu/content/dam/document-library/catalogues/VRV%20catalogue\\_ECPE13-200A\\_Catalogues\\_Spanish.pdf](https://www.daikin.eu/content/dam/document-library/catalogues/VRV%20catalogue_ECPE13-200A_Catalogues_Spanish.pdf)



# PRESUPUESTO

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO CAP 1 Módulos y Estructura</b>				
0101	<p><b>Ud Instalación módulo solar fotovoltaico</b></p> <p>Módulo solar fotovoltaico de células de silicio monocristalino, potencia máxima (Wp) 450 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 41,4 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 10,87 A, tensión en circuito abierto (Voc) 50 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 11,44 A, eficiencia 20,6%, 144 células de 166x166 mm, vidrio exterior templado de 3,2 mm de espesor, capa adhesiva de etilvinilacetato (EVA), capa posterior de polifluoruro de vinilo, poliéster y polifluoruro de vinilo (TPT), marco de aluminio anodizado, temperatura de trabajo -40°C hasta 85°C, dimensiones 2102x1040x35 mm, resistencia a la carga del viento 245 kg/m², resistencia a la carga de la nieve 551 kg/m², peso 24,5 kg, con caja de conexiones con diodos, cables y conectores. Incluso accesorios de montaje y material de conexionado eléctrico.</p> <p>Incluye: Colocación y fijación. Conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye la estructura soporte.</p>	153.00	136.19	20,837.07
0102	<p><b>Ud Instalación estructura soporte 2 módulos</b></p> <p>Suministro y montaje de estructura de aluminio para soportación de paneles fotovoltaicos sobre techos y cubiertas inclinadas, para inclinación de panel de 30°, mediante perfil de aleación de aluminio cuadrado, sobre taladros, doble perfil grande, con capacidad para 2 paneles de 72 células. Incluye medios de elevación, replanteo y fijación a cubierta. Incluye elementos de unión de estructuras y elementos de anclaje a la cubierta. A verificar con fabricante que el producto sea LIBRE DE SILICONA.</p> <p>Incluso impermeabilizaciones para evitar filtraciones de agua por falta de sello de las juntas LIBRES DE SILICONAS del autoroscante. Incluye pequeño material y todos los medios auxiliares directos e indirectos para su instalación en cubierta debidamente fijados según instrucciones de fabricante y certificados por la DF. Incluidos medios de elevación.</p> <p>Se deben prever los medios de seguridad, mecánicos y de transporte necesarios para su correcta desinstalación y retirada hasta lugar autorizado. Todo incluido.</p>	1.00	102.82	102.82
0102_1	<p><b>Ud Instalación estructura soporte 3 módulos</b></p> <p>Suministro y montaje de estructura de aluminio para soportación de paneles fotovoltaicos sobre techos y cubiertas inclinadas, para inclinación de panel de 30°, mediante perfil de aleación de aluminio cuadrado, sobre taladros, doble perfil grande, con capacidad para 3 paneles de 72 células. Incluye medios de elevación, replanteo y fijación a cubierta. Incluye elementos de unión de estructuras y elementos de anclaje a la cubierta. A verificar con fabricante que el producto sea LIBRE DE SILICONA.</p> <p>Incluso impermeabilizaciones para evitar filtraciones de agua por falta de sello de las juntas LIBRES DE SILICONAS del autoroscante. Incluye pequeño material y todos los medios auxiliares directos e indirectos para su instalación en cubierta debidamente fijados según instrucciones de fabricante y certificados por la DF. Incluidos medios de elevación.</p> <p>Se deben prever los medios de seguridad, mecánicos y de transporte necesarios para su correcta desinstalación y retirada hasta lugar autorizado. Todo incluido.</p>	1.00	133.90	133.90
0102_2	<p><b>Ud Instalación estructura soporte 4 módulos</b></p> <p>Suministro y montaje de estructura de aluminio para soportación de paneles fotovoltaicos sobre techos y cubiertas inclinadas, para inclinación de panel de 30°, mediante perfil de aleación de aluminio cuadrado, sobre taladros, doble perfil grande, con capacidad para 4 paneles de 72 células. Incluye medios de elevación, replanteo y fijación a cubierta. Incluye elementos de unión de estructuras y elementos de anclaje a la cubierta. A verificar con fabricante que el producto sea LIBRE DE SILICONA.</p> <p>Incluso impermeabilizaciones para evitar filtraciones de agua por falta de sello de las juntas LIBRES DE SILICONAS del autoroscante. Incluye pequeño material y todos los medios auxiliares directos e indirectos para su instalación en cubierta debidamente fijados según instrucciones de fabricante y certificados por la DF. Incluidos medios de elevación.</p> <p>Se deben prever los medios de seguridad, mecánicos y de transporte necesarios para su correcta desinstalación y retirada hasta lugar autorizado. Todo incluido.</p>			

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
		7.00	153.10	1,071.70
<b>0102_3</b>	<b>Ud Instalación estructura soporte 5 módulos</b>			
	<p>Suministro y montaje de estructura de aluminio para soportación de paneles fotovoltaicos sobre techos y cubiertas inclinadas, para inclinación de panel de 30°, mediante perfil de aleación de aluminio cuadrado, sobre taladros, doble perfil grande, con capacidad para 5 paneles de 72 células. Incluye medios de elevación, replanteo y fijación a cubierta. Incluye elementos de unión de estructuras y elementos de anclaje a la cubierta. A verificar con fabricante que el producto sea LIBRE DE SILICONA.</p> <p>Incluso impermeabilizaciones para evitar filtraciones de agua por falta de sello de las juntas LIBRES DE SILICONAS del autoroscante. Incluye pequeño material y todos los medios auxiliares directos e indirectos para su instalación en cubierta debidamente fijados según instrucciones de fabricante y certificados por la DF. Incluidos medios de elevación.</p> <p>Se deben prever los medios de seguridad, mecánicos y de transporte necesarios para su correcta desinstalación y retirada hasta lugar autorizado. Todo incluido.</p>			
		24.00	186.04	4,464.96
<b>%CI</b>	<b>% Costes Indirectos</b>			
		266.10	14.50	3,858.45
	<b>TOTAL CAPÍTULO CAP 1 Módulos y Estructura.....</b>			<b>30,468.90</b>

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO CAP 2 Inversor y Monitorización</b>				
0103	<b>Ud Instalación inversor trifásico</b> Inversor trifásico GreenHeiss 12,5A 60000W 3MPPT 400V, potencia máxima de entrada de 72 kWp, voltaje de entrada máximo 1000 V, rango de voltaje de entrada de 280 a 900 V, potencia nominal de salida 60 kW a 400 V a 50 Hz. Eficiencia del 98.9%, protección IP65, con comunicación vía Wi-Fi para control remoto desde un smartphone, tablet o PC, puerto Ethernet y RS-485, y protocolo de comunicación Modbus. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación. Perfectamente conectado y funcionando. Incluye: Montaje y conexionado, pequeño material y medios auxiliares.	1.00	2,701.35	2,701.35
0103_1	<b>Ud Sistema de monitorización</b> Instalación y puesta en funcionamiento de sistema de monitorización trifásico con capacidad de toma de datos para las 24h del día.	1.00	162.63	162.63
%CI	<b>% Costes Indirectos</b>	28.64	14.50	415.28
<b>TOTAL CAPÍTULO CAP 2 Inversor y Monitorización.....</b>				<b>3,279.26</b>

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	<b>CAPÍTULO CAP 3 Canalización sobre cubieta</b>			
CANAL	Ud Canalización bajo tubo de PVC cableado DC			
		520.00	11.87	6,172.40
%CI	% Costes Indirectos			
		61.72	14.50	894.94
	<b>TOTAL CAPÍTULO CAP 3 Canalización sobre cubieta.....</b>			<b>7,067.34</b>

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO CAP 4 Cuadro protecciones AC</b>				
CAC	Ud Cuadro para 60kW Montaje e instalación de cuadro prefabricado con protección IP65 y protecciones contra sobretensiones transitorias, magnetotérmico 100A PC 10kA Curva tipo C e interruptor diferencial de 100A 30mA.	1.00	1,011.15	1,011.15
%CI	% Costes Indirectos	10.11	14.50	146.60
<b>TOTAL CAPÍTULO CAP 4 Cuadro protecciones AC .....</b>				<b>1,157.75</b>

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO CAP 5 Cuadro protecciones DC</b>				
CDC	Ud Cuadro de protecciones Solver 3 string Cuadro prefabricado SOLVER DC tensión máxima 1000V y calibre de fusibles de 15A uno por cada polo positivo y negativo, así como protección contra sobretensiones transitorias tipo 2 y seccionador de corte manual.	3.00	231.15	693.45
NIVEL 2	Ud Cuadro Protecciones nivel 2	3.00	102.57	307.71
%CI	% Costes Indirectos	10.01	14.50	145.15
<b>TOTAL CAPÍTULO CAP 5 Cuadro protecciones DC.....</b>				<b>1,146.31</b>

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO CAP 6 Canalización interior</b>				
CANINT	Ud Canalización interior AC Canalizaciones interiores para conductores de la parte de corriente alterna bajo tubo metálico de 60mm de diámetro interior y 63mm de diámetro exterior para 3F+N+TT			
		30.00	60.80	1,824.00
%CI	% Costes Indirectos			
		18.24	14.50	264.48
	<b>TOTAL CAPÍTULO CAP 6 Canalización interior.....</b>			<b>2,088.48</b>

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	<b>CAPÍTULO CAP 7 Cableado AC/DC</b>			
AC	Ud Cableado AC			
		1.00	1,427.40	1,427.40
DC	Ud Cableado DC			
		1.00	8,923.20	8,923.20
%CI	% Costes Indirectos			
		103.51	14.50	1,500.90
	<b>TOTAL CAPÍTULO CAP 7 Cableado AC/DC.....</b>			<b>11,851.50</b>

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	<b>CAPÍTULO CAP 8 Puesta a Tierra</b>			
7.1	UD FORMACIÓN DE RED DE PAT PARA SISTMA FV			
		1.00	2,414.48	2,414.48
%CI	% Costes Indirectos			
		24.14	14.50	350.03
	<b>TOTAL CAPÍTULO CAP 8 Puesta a Tierra.....</b>			<b>2,764.51</b>

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO CAP 9 Gestión de residuos</b>				
GRNO	Ud RNP Clasificación y tratamientos en obra			
		6.00	53.99	323.94
GRNT.5	Ud Entrega, recogida y transporte contenedor RCDs			
		10.00	122.50	1,225.00
%CI	% Costes Indirectos			
		15.49	14.50	224.61
<b>TOTAL CAPÍTULO CAP 9 Gestión de residuos.....</b>				<b>1,773.55</b>

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO CAP 10 Seguridad y Salud</b>				
CASCO	u CASCO DE SEGURIDAD Casco de seguridad	10.00	2.16	21.60
GUANTES	u GUANTES DE MATERIAL DE USO GENERAL Guantes de material de uso general	10.00	1.80	18.00
GUANTEDIE	u PAR GUANTES DIELECTRICOS Par guantes dieléctricos	5.00	27.00	135.00
BOTAS	u PAR BOTAS DE SEGURIDAD Par botas de seguridad	10.00	7.50	75.00
CINT	u CINTURÓN SEGURIDAD Y SUJECIÓN Cinturón de seguridad y sujeción	10.00	30.00	300.00
CINTPORTHE	u CINTURÓN PORTA HERRAMIENTAS Cinturón portaherramientas	10.00	11.00	110.00
SYS1	u EXTINTOR DE POLVO 6 KG Extintor de polvo 6 kg, incluido soporte y colocación.	5.00	30.00	150.00
SYS3	h FORMACIÓN SEGURIDAD E HIGIENE	10.00	24.00	240.00
SYS8	mI CINTA BALIZAMIENTO Cinta balizamiento incluida colocación y desmontaje	150.00	0.60	90.00
SYS11	u BOTIQUÍN PORTÁTIL A PIEN DE OBRA	5.00	24.00	120.00
SYS12	u RECONOCIMINETO MÉDICO	10.00	24.00	240.00
MMG.4	Ud Grúa autom ontante	3.00	948.69	2,846.07
%CI	% Costes Indirectos	43.46	14.50	630.17
<b>TOTAL CAPÍTULO CAP 10 Seguridad y Salud.....</b>				<b>4,975.84</b>
<b>TOTAL.....</b>				<b>66,573.44</b>

# RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
CAP 1	Módulos y Estructura.....	30,468.90	45.77
CAP 2	Inversor y Monitorización.....	3,279.26	4.93
CAP 3	Canalización sobre cubieta.....	7,067.34	10.62
CAP 4	Cuadro protecciones AC.....	1,157.75	1.74
CAP 5	Cuadro protecciones DC.....	1,146.31	1.72
CAP 6	Canalización interior.....	2,088.48	3.14
CAP 7	Cableado AC/DC.....	11,851.50	17.80
CAP 8	Puesta a Tierra.....	2,764.51	4.15
CAP 9	Gestión de residuos.....	1,773.55	2.66
CAP 10	Seguridad y Salud.....	4,975.84	7.47
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>66,573.44</b>	
15.00% Gastos generales.....		9,986.02	
6.00% Beneficio industrial.....		3,994.41	
SUMA DE G.G. y B.I.		13,980.43	
21.00% I.V.A.....		16,916.31	
<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>		<b>97,470.18</b>	
<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>		<b>97,470.18</b>	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de NOVENTA Y SIETE MIL CUATROCIENTOS SETENTA EUROS con DIECIOCHO CÉNTIMOS

, a 22 de junio de 2022.

El promotor

La dirección facultativa

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO CAP 1 Demontaje de equipos antiguos</b>				
DIC030	<b>Ud Demontaje de unidad de aire acondicionado</b> Desmontaje de unidad interior de sistema de aire acondicionado, de suelo, de 50 kg de peso máximo, con medios manuales, y recuperación, acopio y montaje del material en el mismo emplazamiento, y carga manual sobre camión o contenedor. Incluye: Desmontaje del elemento. Clasificación y etiquetado. Acopio de los materiales a reutilizar. Reposición y conexión del elemento. Retirada y acopio de los restos de obra. Limpieza de los restos de obra. Carga manual de los restos de obra sobre camión o contenedor. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente desmontadas según especificaciones de Proyecto. Criterio de valoración económica: El precio incluye el desmontaje de los accesorios y de los soportes de fijación.			
		100.00	119.74	11,974.00
	<b>TOTAL CAPÍTULO CAP 1 Demontaje de equipos antiguos .....</b>			<b>11,974.00</b>

**PRESUPUESTO**

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO CAP 2 Instalación de equipos nuevos</b>				
IBY215	<p><b>Ud Unidad interior de aire acondicionado, de cassette FXZQ25A</b></p> <p>Unidad interior de aire acondicionado, para sistema VRV-IV (Volumen de Refrigerante Variable), de cassette de 4 vías, adaptable a panel modular para techo estándar de 600x600 mm, modelo FXZQ25A "DAIKIN", para gas R-410A, alimentación monofásica (230V/50Hz), potencia frigorífica nominal 2,8 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 27°C, temperatura de bulbo húmedo del aire interior 19°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 35°C), potencia calorífica nominal 3,2 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 20°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 7°C), consumo eléctrico nominal en refrigeración 43 W, consumo eléctrico nominal en calefacción 36 W, presión sonora a velocidad baja 25,5 dBA, caudal de aire a velocidad alta 9 m³/min, de 260x575x575 mm (de perfil bajo), peso 15,5 kg, válvula de expansión electrónica, bomba de drenaje, bloque de terminales F1-F2 para cable de 2 hilos de transmisión y control (bus D-III Net) a unidad exterior, control por microprocesador, orientación vertical automática (distribución uniforme del aire), señal de limpieza de filtro y filtro de aire de succión, con posibilidad de cerrar una o dos vías de impulsión para facilitar la instalación en ángulos y pasillos, panel decorativo para unidad de aire acondicionado de cassette de 4 vías FXZQ-A, modelo BYFQ60CW, con juego de controlador remoto inalámbrico formado por receptor y mando por infrarrojos, modelo BRC7F530W. Incluso elementos para suspensión del techo.</p> <p>Incluye: Replanteo. Colocación y fijación. Conexión a las líneas frigoríficas. Conexión a la red eléctrica. Conexión a la red de desagüe. Puesta en marcha.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye la canalización ni el cableado eléctrico de alimentación.</p>	8.00	1,934.02	15,472.16
IBY215b	<p><b>Ud Unidad interior de aire acondicionado, de cassette FXZQ15A</b></p> <p>Unidad interior de aire acondicionado, para sistema VRV-IV (Volumen de Refrigerante Variable), de cassette de 4 vías, adaptable a panel modular para techo estándar de 600x600 mm, modelo FXZQ15A "DAIKIN", para gas R-410A, alimentación monofásica (230V/50Hz), potencia frigorífica nominal 1,7 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 27°C, temperatura de bulbo húmedo del aire interior 19°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 35°C), potencia calorífica nominal 1,9 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 20°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 7°C), consumo eléctrico nominal en refrigeración 43 W, consumo eléctrico nominal en calefacción 36 W, presión sonora a velocidad baja 25,5 dBA, caudal de aire a velocidad alta 8,5 m³/min, de 260x575x575 mm (de perfil bajo), peso 15,5 kg, válvula de expansión electrónica, bomba de drenaje, bloque de terminales F1-F2 para cable de 2 hilos de transmisión y control (bus D-III Net) a unidad exterior, control por microprocesador, orientación vertical automática (distribución uniforme del aire), señal de limpieza de filtro y filtro de aire de succión, con posibilidad de cerrar una o dos vías de impulsión para facilitar la instalación en ángulos y pasillos, panel decorativo para unidad de aire acondicionado de cassette de 4 vías FXZQ-A, modelo BYFQ60CW, con juego de controlador remoto inalámbrico formado por receptor y mando por infrarrojos, modelo BRC7F530W. Incluso elementos para suspensión del techo.</p> <p>Incluye: Replanteo. Colocación y fijación. Conexión a las líneas frigoríficas. Conexión a la red eléctrica. Conexión a la red de desagüe. Puesta en marcha.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye la canalización ni el cableado eléctrico de alimentación.</p>	183.00	1,880.18	344,072.94

**PRESUPUESTO**

<b>CÓDIGO</b>	<b>RESUMEN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>IMPORTE</b>
<b>IBY249</b>	<p><b>Ud Unidad exterior de aire acondicionado, bomba de calor RXYSCQ4TV1</b></p> <p>Unidad exterior para sistema Mini VRV-IV Compact (Volumen de Refrigerante Variable), bomba de calor, modelo RXYSCQ4TV1 "DAIKIN", para gas R-410A, con temperatura de refrigerante variable para la mejora de la eficiencia estacional, alimentación monofásica (230V/50Hz), potencia frigorífica nominal 12,1 kW (temperatura de bulbo húmedo del aire interior 19°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 35°C), SEER 8,1, consumo eléctrico nominal en refrigeración 3,78 kW, rango de funcionamiento de temperatura de bulbo seco del aire exterior en refrigeración desde -5 hasta 46°C, potencia calorífica nominal 12,1 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 20°C, temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 6°C), SCOP 4,6, consumo eléctrico nominal en calefacción 2,82 kW, rango de funcionamiento de temperatura de bulbo seco del aire exterior en calefacción desde -20 hasta 15,5°C, conectabilidad de hasta 8 unidades interiores con un porcentaje de capacidad mínimo del 50% y máximo del 130%, control mediante microprocesador, compresor swing, con control Inverter, 823x940x460 mm, peso 89 kg, presión sonora 51 dBA, caudal de aire 91 m³/min, longitud total máxima de tubería frigorífica 300 m, longitud máxima entre unidad exterior y unidad interior más alejada 70 m (70 m equivalentes), diferencia máxima de altura de instalación 30 m si la unidad exterior se encuentra por encima de las unidades interiores y 30 m si se encuentra por debajo, longitud máxima entre el primer kit de ramificación (unión Refnet) de tubería frigorífica y unidad interior más alejada 40 m, bloque de terminales F1-F2 para cable de 2 hilos de transmisión y control (bus D-III Net), tratamiento anticorrosivo especial del intercambiador de calor, función de recuperación de refrigerante, carga automática adicional de refrigerante, prueba automática de funcionamiento y ajuste de limitación de consumo de energía (función I-Demand). Incluso elementos antivibratorios de suelo. Incluye: Replanteo. Colocación y fijación. Conexión a las líneas frigoríficas. Conexión a la red eléctrica. Conexión a la red de desagüe. Puesta en marcha.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye la canalización ni el cableado eléctrico de alimentación.</p>	7.00	5,280.40	36,962.80
<b>IBY249b</b>	<p><b>Ud Unidad exterior de aire acondicionado, bomba de calor RXYSCQ8TY1</b></p> <p>Unidad exterior para sistema Mini VRV-IV S (Volumen de Refrigerante Variable), bomba de calor, modelo RXYSCQ8TY1 "DAIKIN", para gas R-410A, con temperatura de refrigerante variable para la mejora de la eficiencia estacional, alimentación trifásica (400V/50Hz), potencia frigorífica nominal 22,4 kW (temperatura de bulbo húmedo del aire interior 19°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 35°C), SEER 6,3, consumo eléctrico nominal en refrigeración 6,12 kW, rango de funcionamiento de temperatura de bulbo seco del aire exterior en refrigeración desde -5 hasta 46°C, potencia calorífica nominal 22,4 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 20°C, temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 6°C), SCOP 4,2, consumo eléctrico nominal en calefacción 5,2 kW, rango de funcionamiento de temperatura de bulbo seco del aire exterior en calefacción desde -20 hasta 15,5°C, conectabilidad de hasta 17 unidades interiores con un porcentaje de capacidad mínimo del 50% y máximo del 130%, control mediante microprocesador, compresor scroll herméticamente sellado, con control Inverter, 1430x940x320 mm, peso 144 kg, presión sonora 55 dBA, caudal de aire 140 m³/min, longitud total máxima de tubería frigorífica 300 m, longitud máxima entre unidad exterior y unidad interior más alejada 100 m (130 m equivalentes), diferencia máxima de altura de instalación 50 m si la unidad exterior se encuentra por encima de las unidades interiores y 40 m si se encuentra por debajo, longitud máxima entre el primer kit de ramificación (unión Refnet) de tubería frigorífica y unidad interior más alejada 40 m, bloque de terminales F1-F2 para cable de 2 hilos de transmisión y control (bus D-III Net), tratamiento anticorrosivo especial del intercambiador de calor, función de recuperación de refrigerante, carga automática adicional de refrigerante, prueba automática de funcionamiento y ajuste de limitación de consumo de energía (función I-Demand). Incluso elementos antivibratorios de suelo. Incluye: Replanteo. Colocación y fijación. Conexión a las líneas frigoríficas. Conexión a la red eléctrica. Conexión a la red de desagüe. Puesta en marcha.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye la canalización ni el cableado eléctrico de alimentación.</p>	3.00	8,859.35	26,578.05

**PRESUPUESTO**

<b>CÓDIGO</b>	<b>RESUMEN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>IMPORTE</b>
<b>IBY249c</b>	<p><b>Ud Unidad exterior de aire acondicionado, bomba de calor RXYSCQ10TY1</b></p> <p>Unidad exterior para sistema Mini VRV-IV S (Volumen de Refrigerante Variable), bomba de calor, modelo RXYSCQ10TY1 "DAIKIN", para gas R-410A, con temperatura de refrigerante variable para la mejora de la eficiencia estacional, alimentación trifásica (400V/50Hz), potencia frigorífica nominal 28 kW (temperatura de bulbo húmedo del aire interior 19°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 35°C), SEER 6,3, consumo eléctrico nominal en refrigeración 8,24 kW, rango de funcionamiento de temperatura de bulbo seco del aire exterior en refrigeración desde -5 hasta 46°C, potencia calorífica nominal 28 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 20°C, temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 6°C), SCOP 4,1, consumo eléctrico nominal en calefacción 6,6 kW, rango de funcionamiento de temperatura de bulbo seco del aire exterior en calefacción desde -20 hasta 15,5°C, conectabilidad de hasta 21 unidades interiores con un porcentaje de capacidad mínimo del 50% y máximo del 130%, control mediante microprocesador, compresor scroll herméticamente sellado, con control Inverter, 1615x940x460 mm, peso 175 kg, presión sonora 55 dBA, caudal de aire 182 m³/min, longitud total máxima de tubería frigorífica 300 m, longitud máxima entre unidad exterior y unidad interior más alejada 120 m (150 m equivalentes), diferencia máxima de altura de instalación 50 m si la unidad exterior se encuentra por encima de las unidades interiores y 40 m si se encuentra por debajo, longitud máxima entre el primer kit de ramificación (unión Refnet) de tubería frigorífica y unidad interior más alejada 40 m, bloque de terminales F1-F2 para cable de 2 hilos de transmisión y control (bus D-III Net), tratamiento anticorrosivo especial del intercambiador de calor, función de recuperación de refrigerante, carga automática adicional de refrigerante, prueba automática de funcionamiento y ajuste de limitación de consumo de energía (función I-Demand). Incluso elementos antivibratorios de suelo. Incluye: Replanteo. Colocación y fijación. Conexión a las líneas frigoríficas. Conexión a la red eléctrica. Conexión a la red de desagüe. Puesta en marcha.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye la canalización ni el cableado eléctrico de alimentación.</p>	5.00	9,873.64	49,368.20
<b>IBY249d</b>	<p><b>Ud Unidad exterior de aire acondicionado, bomba de calor RXYSCQ6TV1</b></p> <p>Unidad exterior para sistema Mini VRV-IV Compact (Volumen de Refrigerante Variable), bomba de calor, modelo RXYSCQ6TV1 "DAIKIN", para gas R-410A, con temperatura de refrigerante variable para la mejora de la eficiencia estacional, alimentación monofásica (230V/50Hz), potencia frigorífica nominal 15,5 kW (temperatura de bulbo húmedo del aire interior 19°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 35°C), SEER 7,1, consumo eléctrico nominal en refrigeración 5,74 kW, rango de funcionamiento de temperatura de bulbo seco del aire exterior en refrigeración desde -5 hasta 46°C, potencia calorífica nominal 18 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 20°C, temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 6°C), SCOP 4,7, consumo eléctrico nominal en calefacción 4,85 kW, rango de funcionamiento de temperatura de bulbo seco del aire exterior en calefacción desde -20 hasta 15,5°C, conectabilidad de hasta 12 unidades interiores con un porcentaje de capacidad mínimo del 50% y máximo del 130%, control mediante microprocesador, compresor swing, con control Inverter, 823x940x460 mm, peso 89 kg, presión sonora 53 dBA, caudal de aire 91 m³/min, longitud total máxima de tubería frigorífica 300 m, longitud máxima entre unidad exterior y unidad interior más alejada 70 m (70 m equivalentes), diferencia máxima de altura de instalación 30 m si la unidad exterior se encuentra por encima de las unidades interiores y 30 m si se encuentra por debajo, longitud máxima entre el primer kit de ramificación (unión Refnet) de tubería frigorífica y unidad interior más alejada 40 m, bloque de terminales F1-F2 para cable de 2 hilos de transmisión y control (bus D-III Net), tratamiento anticorrosivo especial del intercambiador de calor, función de recuperación de refrigerante, carga automática adicional de refrigerante, prueba automática de funcionamiento y ajuste de limitación de consumo de energía (función I-Demand). Incluso elementos antivibratorios de suelo. Incluye: Replanteo. Colocación y fijación. Conexión a las líneas frigoríficas. Conexión a la red eléctrica. Conexión a la red de desagüe. Puesta en marcha.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye la canalización ni el cableado eléctrico de alimentación.</p>	1.00	5,812.31	5,812.31
<b>TOTAL CAPÍTULO CAP 2 Instalación de equipos nuevos.....</b>				<b>478,266.46</b>

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO CAP 3 Distribución de refrigerante</b>				
ICY260	<p><b>Ud Derivación Y KHRQ22M20T</b></p> <p>Derivación de línea frigorífica formada por dos juntas Refnet, una para la línea de líquido y otra para la línea de gas, modelo KHRQ22M20T "DAIKIN".</p>	167.00	143.04	23,887.68
IBY260	<p><b>Ud Derivación Y KHRQ22M29T9</b></p> <p>Derivación de línea frigorífica formada por conjunto de dos juntas Refnet, una para la línea de líquido y otra para la línea de gas, para sistema VRV-IV (Volumen de Refrigerante Variable), modelo KHRQ22M29T "DAIKIN", con índice máximo de conexión de unidades interiores de 289.</p>	8.00	183.22	1,465.76
ICN015	<p><b>m Línea frigorífica con tubería doble aislada 1/4-1/2</b></p> <p>Línea frigorífica doble realizada con tubería flexible de cobre sin soldadura, formada por un tubo para líquido de 1/4" de diámetro y 0,8 mm de espesor con aislamiento de 9 mm de espesor y un tubo para gas de 1/2" de diámetro y 0,8 mm de espesor con aislamiento de 10 mm de espesor, teniendo el cobre un contenido de aceite residual inferior a 4 mg/m y siendo el aislamiento de coquilla flexible de espuma elastomérica con revestimiento superficial de película de polietileno, para una temperatura de trabajo entre -45 y 100°C, suministrada en rollo, para conexión entre las unidades interior y exterior.</p>	581.00	15.56	9,040.36
ICN015_2	<p><b>m Línea frigorífica con tubería doble aislada 3/8-5/8</b></p>	453.00	19.25	8,720.25
ICN015_3	<p><b>m Línea frigorífica con tubería doble aislada 3/4-7/8</b></p> <p>Línea frigorífica doble realizada con tubería flexible de cobre sin soldadura, formada por un tubo para líquido de 7/8" de diámetro y 0,8 mm de espesor con aislamiento de 9 mm de espesor y un tubo para gas de 3/4" de diámetro y 0,8 mm de espesor con aislamiento de 10 mm de espesor, teniendo el cobre un contenido de aceite residual inferior a 4 mg/m y siendo el aislamiento de coquilla flexible de espuma elastomérica con revestimiento superficial de película de polietileno, para una temperatura de trabajo entre -45 y 100°C, suministrada en rollo, para conexión entre las unidades interior y exterior.</p>	37.00	20.82	770.34
<b>TOTAL CAPÍTULO CAP 3 Distribución de refrigerante.....</b>				<b>43,884.39</b>

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO CAP 4 Gestión de residuos</b>				
R1	<b>m3 Carga manual RCDs residuos mezclados 17 09 04</b> Carga RCDs compuestos por residuos mezclados (LER 17 09 04) de una densidad aproximada de 1t/m3 contenedor realizada mediante medios manuales			
		100.00	25.52	2,552.00
	<b>TOTAL CAPÍTULO CAP 4 Gestión de residuos.....</b>			<b>2,552.00</b>

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO CAP 5 Seguridad y salud</b>				
CASCO	u CASCO DE SEGURIDAD Casco de seguridad	2.00	2.16	4.32
GUANTES	u GUANTES DE MATERIAL DE USO GENERAL Guantes de material de uso general	2.00	1.80	3.60
BOTAS	u PAR BOTAS DE SEGURIDAD Par botas de seguridad	2.00	7.50	15.00
CINT	u CINTURÓN SEGURIDAD Y SUJECIÓN Cinturón de seguridad y sujeción	2.00	30.00	60.00
CINTPOR THE	u CINTURÓN PORTA HERRAMIENTAS Cinturón portaherramientas	2.00	11.00	22.00
SYS1	u EXTINTOR DE POLVO 6 KG Extintor de polvo 6 kg, incluido soporte y colocación.	1.00	30.00	30.00
SYS3	h FORMACIÓN SEGURIDAD E HIGIENE	2.00	24.00	48.00
SYS8	mI CINTA BALIZAMIENTO Cinta balizamiento incluida colocación y desmontaje	20.00	0.60	12.00
SYS11	u BOTIQUÍN PORTÁTIL A PIEN DE OBRA	1.00	24.00	24.00
SYS12	u RECONOCIMINETO MÉDICO	2.00	24.00	48.00
<b>TOTAL CAPÍTULO CAP 5 Seguridad y salud .....</b>				<b>266.92</b>
<b>TOTAL .....</b>				<b>536,943.77</b>

# RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
CAP 1	Demontaje de equipos antiguos.....	11,974.00	2.23
CAP 2	Instalación de equipos nuevos.....	478,266.46	89.07
CAP 3	Distribución de refrigerante.....	43,884.39	8.17
CAP 4	Gestión de residuos.....	2,552.00	0.48
CAP 5	Seguridad y salud.....	266.92	0.05
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>536,943.77</b>	
15.00% Gastos generales.....		80,541.57	
6.00% Beneficio industrial.....		32,216.63	
SUMA DE G.G. y B.I.		112,758.20	
21.00% I.V.A.....		136,437.41	
<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>		<b>786,139.38</b>	
<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>		<b>786,139.38</b>	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de SETECIENTOS OCHENTA Y SEIS MIL CIENTO TREINTA Y NUEVE EUROS con TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS

, a 22 de junio de 2022.

El promotor

La dirección facultativa

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO CAP 01 Sustitución de luminarias</b>				
1.1	<b>Ud Desmontaje de luminarias</b> Desmontaje de luminaria interior situada a menos de 3 m de altura, empotrada con medios manuales, sin deteriorar los elementos constructivos a los que pueda estar sujeta, y carga manual sobre camión o contenedor.	560.00	3.94	2,206.40
1.2	<b>Ud Instalación de luminarias LED</b> panel led CELER 7100005276 CELER PANEL LED 60X60cm 36W 4000K 220V BLANCO UGR<19 NEXT, empotrada, previo desmontaje de la luminaria con medios manuales y carga manual del material desmontado sobre camión o contenedor. Incluye: Desmontaje de los elementos con medios manuales. Retirada y acopio del material desmontado. Limpieza de los restos de obra. Carga del material desmontado y restos de obra sobre camión o contenedor. Replanteo. Montaje, fijación y nivelación. Conexionado. Colocación de lámparas y accesorios. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.	779.00	62.47	48,664.13
1.3	<b>Ud Gestión de Residuos</b>	1.00	234.50	234.50
1.4	<b>Ud Seguridad y Salud</b>	1.00	299.92	299.92
<b>TOTAL CAPÍTULO CAP 01 Sustitución de luminarias .....</b>				<b>51,404.95</b>
<b>TOTAL.....</b>				<b>51,404.95</b>

# RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
CAP 01	Sustitución de luminarias.....	51,404.95	100.00
	<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>51,404.95</b>	
	15.00% Gastos generales.....	7,710.74	
	6.00% Beneficio industrial.....	3,084.30	
	SUMA DE G.G. y B.I.	10,795.04	
	21.00% I.V.A.....	13,062.00	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>	<b>75,261.99</b>	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>	<b>75,261.99</b>	

Asciede el presupuesto general a la expresada cantidad de SETENTA Y CINCO MIL DOSCIENTOS SESENTA Y UN EUROS con NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

, a 22 de junio de 2022.

El promotor

La dirección facultativa

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO CAP 1 Rehabilitación energética de fachada</b>				
NAS010	<b>m<sup>2</sup> Aislamiento térmico por el exterior en fachada sistema ETICS</b> Aislamiento térmico por el exterior en fachada para sistemas ETICS, formado por panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, de superficie lisa y mecanizado lateral recto, de color blanco, de 40 mm de espesor, con resistencia al envejecimiento y permeable al vapor de agua, resistencia térmica 1,05 m <sup>2</sup> K/W, conductividad térmica 0,038 W/(mK), colocado a tope y fijado con mortero adhesivo y fijaciones mecánicas. Incluye: Limpieza y preparación de la superficie soporte. Replanteo y corte del aislamiento. Aplicación del adhesivo. Colocación del aislamiento. Fijación del aislamiento. Resolución de puntos singulares. Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto. Criterio de valoración económica: El precio no incluye la capa de regularización ni la capa de acabado.			
		2,360.40	10.56	24,925.82
	<b>TOTAL CAPÍTULO CAP 1 Rehabilitación energética de fachada .....</b>			<b>24,925.82</b>

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO CAP 2 Rehabilitación energética de cubierta transitable</b>				
<b>NAS010b</b>	<p><b>m<sup>2</sup> Aislamiento térmico por el exterior en cubierta sistema ETICS</b></p> <p>Aislamiento térmico por el exterior en cubierta transitable para sistemas ETICS, formado por panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, de superficie lisa y mecanizado lateral recto, de color blanco, de 60 mm de espesor, con resistencia al envejecimiento y permeable al vapor de agua, resistencia térmica 1,58 m<sup>2</sup>K/W, conductividad térmica 0,038 W/(mK), colocado a tope y fijado con mortero adhesivo y fijaciones mecánicas.</p> <p>Incluye: Limpieza y preparación de la superficie soporte. Replanteo y corte del aislamiento. Aplicación del adhesivo. Colocación del aislamiento. Fijación del aislamiento. Resolución de puntos singulares.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye la capa de regularización ni la capa de acabado.</p>			
		2,215.82	13.11	29,049.40
	<b>TOTAL CAPÍTULO CAP 2 Rehabilitación energética de cubierta transitable .....</b>			<b>29,049.40</b>

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO CAP 3 Gestión de residuos</b>				
R1	<p><b>m3 Mezcla residuos demolición sin clasificar</b></p> <p>Canon de vertido por entrega de residuos de demolición sin clasificar, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso transporte con camión de residuos, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a 10 km de distancia. El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta.</p>	0.08	17.00	1.36
R2	<p><b>m3 Papel y cartón</b></p> <p>Canon de vertido por entrega de residuos de papel y cartón, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso transporte con camión de residuos, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a 10 km de distancia. El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta.</p>	0.74	14.17	10.49
R3	<p><b>m3 Maderas</b></p> <p>Canon de vertido por entrega de residuos de maderas, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso transporte con camión de residuos, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a 10 km de distancia. El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta.</p>	4.49	14.30	64.21
R4	<p><b>m3 Plásticos</b></p> <p>Canon de vertido por entrega de residuos plásticos, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso transporte con camión de residuos, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a 10 km de distancia. El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta.</p>	0.07	24.62	1.72
R6	<p><b>m3 Metales</b></p>	2.26	22.41	50.65
<b>TOTAL CAPÍTULO CAP 3 Gestión de residuos.....</b>				<b>128.43</b>

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO CAP 4 Seguridad y salud</b>				
CASCO	u CASCO DE SEGURIDAD Casco de seguridad	2.00	2.16	4.32
GUANTES	u GUANTES DE MATERIAL DE USO GENERAL Guantes de material de uso general	2.00	1.80	3.60
BOTAS	u PAR BOTAS DE SEGURIDAD Par botas de seguridad	2.00	7.50	15.00
CINT	u CINTURÓN SEGURIDAD Y SUJECIÓN Cinturón de seguridad y sujeción	2.00	30.00	60.00
CINTPOR THE	u CINTURÓN PORTA HERRAMIENTAS Cinturón portaherramientas	2.00	11.00	22.00
SYS1	u EXTINTOR DE POLVO 6 KG Extintor de polvo 6 kg, incluido soporte y colocación.	1.00	30.00	30.00
SYS3	h FORMACIÓN SEGURIDAD E HIGIENE	2.00	24.00	48.00
SYS8	mI CINTA BALIZAMIENTO Cinta balizamiento incluida colocación y desmontaje	20.00	0.60	12.00
SYS11	u BOTIQUÍN PORTÁTIL A PIEN DE OBRA	1.00	24.00	24.00
SYS12	u RECONOCIMINETO MÉDICO	2.00	24.00	48.00
<b>TOTAL CAPÍTULO CAP 4 Seguridad y salud .....</b>				<b>266.92</b>
<b>TOTAL .....</b>				<b>54,370.57</b>

# RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
CAP 1	Rehabilitación energética de fachada.....	24,925.82	45.84
CAP 2	Rehabilitación energética de cubierta transitable.....	29,049.40	53.43
CAP 3	Gestión de residuos.....	128.43	0.24
CAP 4	Seguridad y salud.....	266.92	0.49
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>54,370.57</b>	
	15.00% Gastos generales.....	8,155.59	
	6.00% Beneficio industrial.....	3,262.23	
	<b>SUMA DE G.G. y B.I.</b>	<b>11,417.82</b>	
	21.00% I.V.A.....	13,815.56	
<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>		<b>79,603.95</b>	
<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>		<b>79,603.95</b>	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de SETENTA Y NUEVE MIL SEISCIENTOS TRES EUROS con NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS

, a 22 de junio de 2022.

El promotor

La dirección facultativa

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO CAP 1 Ventanas 1x1.5 doble acristalamiento</b>				
ZBV010	<p><b>m<sup>2</sup> Sustitución vidrio simple sin RPT por doble acristalamiento RPT</b></p> <p>Rehabilitación energética de cerramientos de huecos de fachada, mediante el desmontaje de acristalamiento, sin deteriorar la carpintería a la que se sujeta, con medios manuales y carga manual del material desmontado sobre camión o contenedor, y sustitución por doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 6/10/4 LOW.S, de 20 mm de espesor total, con calzos y sellado continuo.</p> <p>Incluye: Desmontaje de los elementos. Retirada y acopio del material desmontado. Colocación, calzado, montaje y ajuste en la carpintería. Sellado final de estanqueidad. Limpieza de los restos de obra. Carga manual del material desmontado y restos de obra sobre camión o contenedor.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie de carpintería a acristalar, según documentación gráfica de Proyecto, incluyendo en cada hoja vidriera las dimensiones del bastidor.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, sumando, para cada una de las piezas, la superficie resultante de redondear por exceso cada una de sus aristas a múltiplos de 30 mm.</p>			
		220.00	141.70	31,174.00
	<b>TOTAL CAPÍTULO CAP 1 Ventanas 1x1.5 doble acristalamiento .....</b>			<b>31,174.00</b>

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO CAP 2 Cristaleras entrada</b>				
0133	<p><b>Cristalera Sup&gt;12m2 doble vidrio</b></p> <p>Suministro y colocación de cristalera con perfilera con rotura de puente térmico y vidrio doble CLIMALIT o similar, espesores 6-10-4, transparente, alma aislante. Totalmente instalada, incluso replanteo, colocación, aplomado y nivelado, montaje y regulación, sellado perimetral, limpieza y ayudas de albañilería y pintura. Incluido levantado de carpintería de cualquier tipo en muros, sin incluir cercos, e incluyendo hojas y accesorios, y capitalizados, por medios manuales, incluso limpieza y carga de escombros sobre contenedor, sin transporte a vertedero y con p.p. de medios auxiliares. Incluida parte proporcional de seguridad y salud, gestión de residuos y control de calidad. Los elementos a instalar finalmente deberán ser aprobados por la DF.</p>	3.00	1,015.75	3,047.25
0122	<p><b>Ventana 284x150 cm doble vidrio</b></p> <p>Rehabilitación energética de cerramientos de huecos de fachada, mediante el desmontaje de acristalamiento, sin deteriorar la carpintería a la que se sujeta, con medios manuales y carga manual del material desmontado sobre camión o contenedor, y sustitución por doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 6/10/4 LOW.S, de 20 mm de espesor total, con calzos y sellado continuo.</p> <p>Incluye: Desmontaje de los elementos. Retirada y acopio del material desmontado. Colocación, calzado, montaje y ajuste en la carpintería. Sellado final de estanqueidad. Limpieza de los restos de obra. Carga manual del material desmontado y restos de obra sobre camión o contenedor.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie de carpintería a acristalar, según documentación gráfica de Proyecto, incluyendo en cada hoja vidriera las dimensiones del bastidor.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, sumando, para cada una de las piezas, la superficie resultante de redondear por exceso cada una de sus aristas a múltiplos de 30 mm.</p>	3.00	385.01	1,155.03
<b>TOTAL CAPÍTULO CAP 2 Cristaleras entrada.....</b>				<b>4,202.28</b>

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO CAP 3 Cirstaleras laterales</b>				
0133	<p><b>Cirstalera Sup&gt;12m2 doble vidrio</b></p> <p>Suministro y colocación de cristalera con perfilera con rotura de puente térmico y vidrio doble CLIMALIT o similar, espesores 6-10-4, transparente, alma aislante. Totalmente instalada, incluso replanteo, colocación, aplomado y nivelado, montaje y regulación, sellado perimetral, limpieza y ayudas de albañilería y pintura. Incluido levantado de carpintería de cualquier tipo en muros, sin incluir cercos, e incluyendo hojas y accesorios, y capitalizados, por medios manuales, incluso limpieza y carga de escombros sobre contenedor, sin transporte a vertedero y con p.p. de medios auxiliares. Incluida parte proporcional de seguridad y salud, gestión de residuos y control de calidad. Los elementos a instalar finalmente deberán ser aprobados por la DF.</p>			
		12.00	1,015.75	12,189.00
	<b>TOTAL CAPÍTULO CAP 3 Cirstaleras laterales.....</b>			<b>12,189.00</b>

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO CAP 4 Gestión de residuos</b>				
R1	<p><b>m3 Mezcla residuos demolición sin clasificar</b></p> <p>Canon de vertido por entrega de residuos de demolición sin clasificar, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso transporte con camión de residuos, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a 10 km de distancia. El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta.</p>	0.24	17.00	4.08
R2	<p><b>m3 Papel y cartón</b></p> <p>Canon de vertido por entrega de residuos de papel y cartón, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso transporte con camión de residuos, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a 10 km de distancia. El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta.</p>	2.20	14.17	31.17
R3	<p><b>m3 Maderas</b></p> <p>Canon de vertido por entrega de residuos de maderas, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso transporte con camión de residuos, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a 10 km de distancia. El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta.</p>	13.47	14.30	192.62
R4	<p><b>m3 Plásticos</b></p> <p>Canon de vertido por entrega de residuos plásticos, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso transporte con camión de residuos, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a 10 km de distancia. El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta.</p>	0.21	24.62	5.17
R5	<p><b>m3 Vidrios</b></p> <p>Canon de vertido por entrega de residuos de vidrio, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso transporte con camión de residuos, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a 10 km de distancia. El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta.</p>	1.80	16.45	29.61
R6	<p><b>m3 Metales</b></p>	6.78	22.41	151.94
<b>TOTAL CAPÍTULO CAP 4 Gestión de residuos.....</b>				<b>414.59</b>

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO CAP 5 Seguridad y salud</b>				
CASCO	u CASCO DE SEGURIDAD Casco de seguridad	6.00	2.16	12.96
GUANTES	u GUANTES DE MATERIAL DE USO GENERAL Guantes de material de uso general	6.00	1.80	10.80
BOTAS	u PAR BOTAS DE SEGURIDAD Par botas de seguridad	6.00	7.50	45.00
CINT	u CINTURÓN SEGURIDAD Y SUJECIÓN Cinturón de seguridad y sujeción	6.00	30.00	180.00
CINTPOR THE	u CINTURÓN PORTA HERRAMIENTAS Cinturón portaherramientas	6.00	11.00	66.00
SYS1	u EXTINTOR DE POLVO 6 KG Extintor de polvo 6 kg, incluido soporte y colocación.	3.00	30.00	90.00
SYS3	h FORMACIÓN SEGURIDAD E HIGIENE	6.00	24.00	144.00
SYS8	mI CINTA BALIZAMIENTO Cinta balizamiento incluida colocación y desmontaje	60.00	0.60	36.00
SYS11	u BOTIQUÍN PORTÁTIL A PIEN DE OBRA	3.00	24.00	72.00
SYS12	u RECONOCIMINETO MÉDICO	6.00	24.00	144.00
<b>TOTAL CAPÍTULO CAP 5 Seguridad y salud .....</b>				<b>800.76</b>
<b>TOTAL .....</b>				<b>48,780.63</b>

# RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
CAP 1	Ventanas 1x1.5 doble acristalamiento.....	31,174.00	63.91
CAP 2	Cristaleras entrada.....	4,202.28	8.61
CAP 3	Cristaleras laterales.....	12,189.00	24.99
CAP 4	Gestión de residuos.....	414.59	0.85
CAP 5	Seguridad y salud.....	800.76	1.64
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>48,780.63</b>	
15.00% Gastos generales.....		7,317.09	
6.00% Beneficio industrial.....		2,926.84	
SUMA DE G.G. y B.I.		10,243.93	
21.00% I.V.A.....		12,395.16	
<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>		<b>71,419.72</b>	
<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>		<b>71,419.72</b>	

Ascende el presupuesto general a la expresada cantidad de SETENTA Y UN MIL CUATROCIENTOS DIECINUEVE EUROS con SETENTA Y DOS CÉNTIMOS

, a 22 de junio de 2022.

El promotor

La dirección facultativa

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO CAP 1 Sistema de producción de ACS + Acumulador</b>				
01.1	<p><b>Ud Instalación bomba de calor para producción de ACS</b></p> <p>Bomba de calor reversible aire-agua, para gas R-32, modelo Aquarea High Performance Monobloc Kosner Aquaris MX/KA 12 R-32 potencia calorífica 11.8 kW (COP 4,47) (temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 7°C, temperatura de salida del agua 35°C), potencia frigorífica 8.51 kW (SE-ER 4,25) (temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 35°C, temperatura de salida del agua 7°C), clase de eficiencia energética en calefacción A+++ , alimentación monofásica, dimensiones 455x1047x936 mm, peso 110 kg, caudal de agua en calefacción 2 m3/h, consumo eléctrico en calefacción 5,08 kW, con bomba de circulación electrónica con clase de eficiencia energética A, caudalímetro, filtro magnético, con juego de soportes antivibratorios para la unidad exterior. Incluso elementos antivibratorios de suelo. Totalmente montada, conexionada y puesta en marcha por la empresa instaladora para la comprobación de su correcto funcionamiento.</p>	1.00	5,904.49	5,904.49
01.2	<p><b>Ud Instalación depósito acumulador de ACS.</b></p> <p>Acumulador para A.C.S., de acero inoxidable, de suelo, 95 L, altura 975 mm, diámetro 500 mm, formado por depósito interior de acero inoxidable AISI 316, depósito exterior de acero al carbono, aislamiento térmico de espuma rígida de poliuretano inyectado en molde, libre de CFC, protección contra corrosión mediante ánodo de magnesio y termómetro. Incluso válvulas de corte, elementos de montaje y accesorios necesarios para su correcto funcionamiento.</p>	1.00	491.85	491.85
<b>TOTAL CAPÍTULO CAP 1 Sistema de producción de ACS + Acumulador.....</b>				<b>6,396.34</b>
<b>TOTAL.....</b>				<b>6,396.34</b>

# RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
CAP 1	Sistema de producción de ACS + Acumulador.....	6,396.34	100.00
	<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>6,396.34</b>	
	15.00% Gastos generales.....	959.45	
	6.00% Beneficio industrial.....	383.78	
	SUMA DE G.G. y B.I.	1,343.23	
	21.00% I.V.A.....	1,625.31	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>	<b>9,364.88</b>	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>	<b>9,364.88</b>	

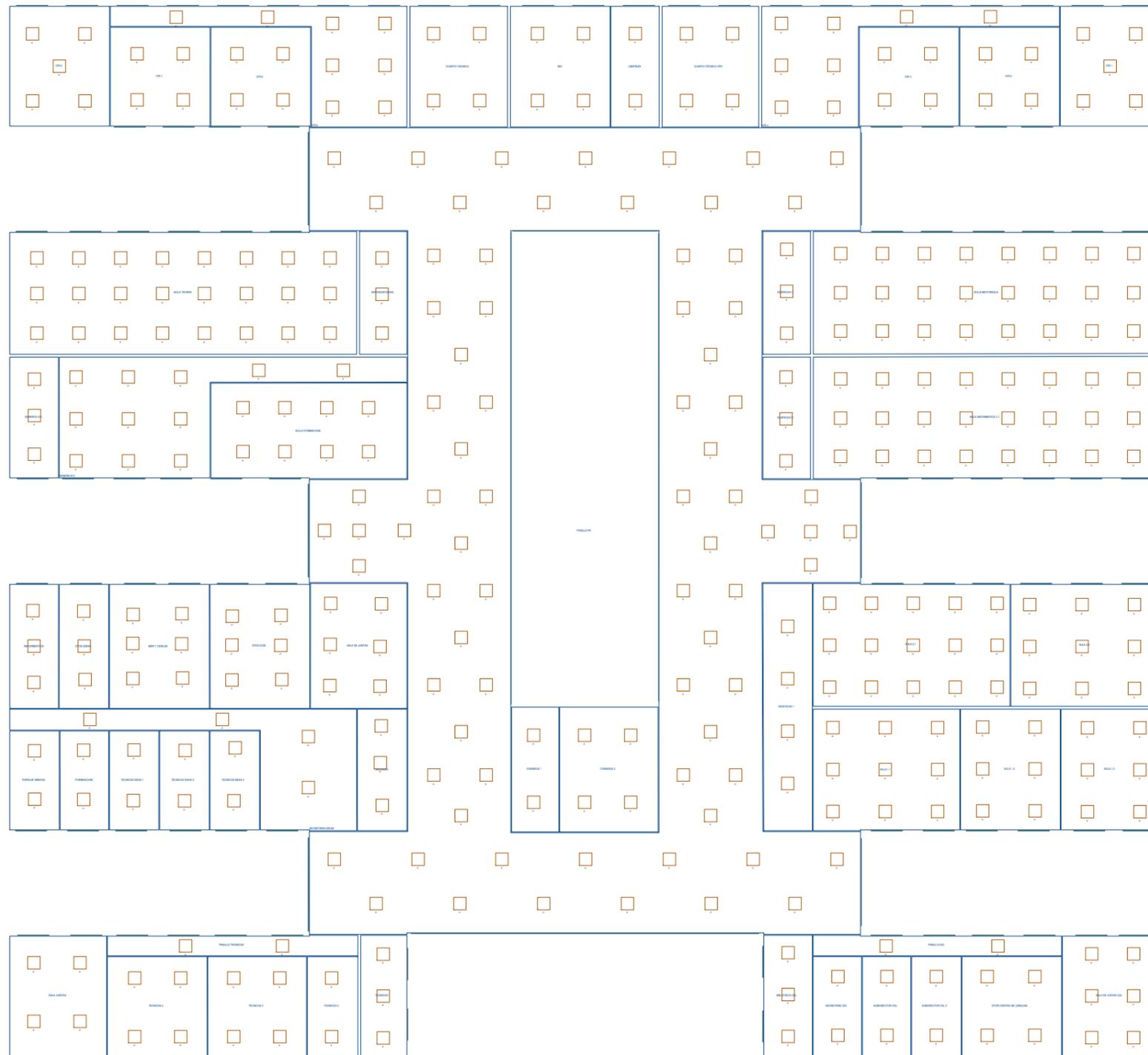
Asciede el presupuesto general a la expresada cantidad de NUEVE MIL TRESCIENTOS SESENTA Y CUATRO EUROS con OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS

, a 22 de junio de 2022.

El promotor

La dirección facultativa

# ANEXO 1 : PLANOS



Luminarias

Luminarias		
Alumbrado	Tipo	Referencia
Interior	11	CELER 7100005276 CELER PANEL LED 60X60 36W 4000K 220V BLANCO UGR<19 NEXT

Simbología



TRABAJO FINAL DE MÁSTER EN TECNOLOGÍA ENERGÉTICA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE



Proyecto: ANÁLISIS Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO 8H DEL CAMPUS DE VERA DE LA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA, DISEÑO Y ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE LOS ELEMENTOS INCLUIDOS EN LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Fecha: JULIO 2022

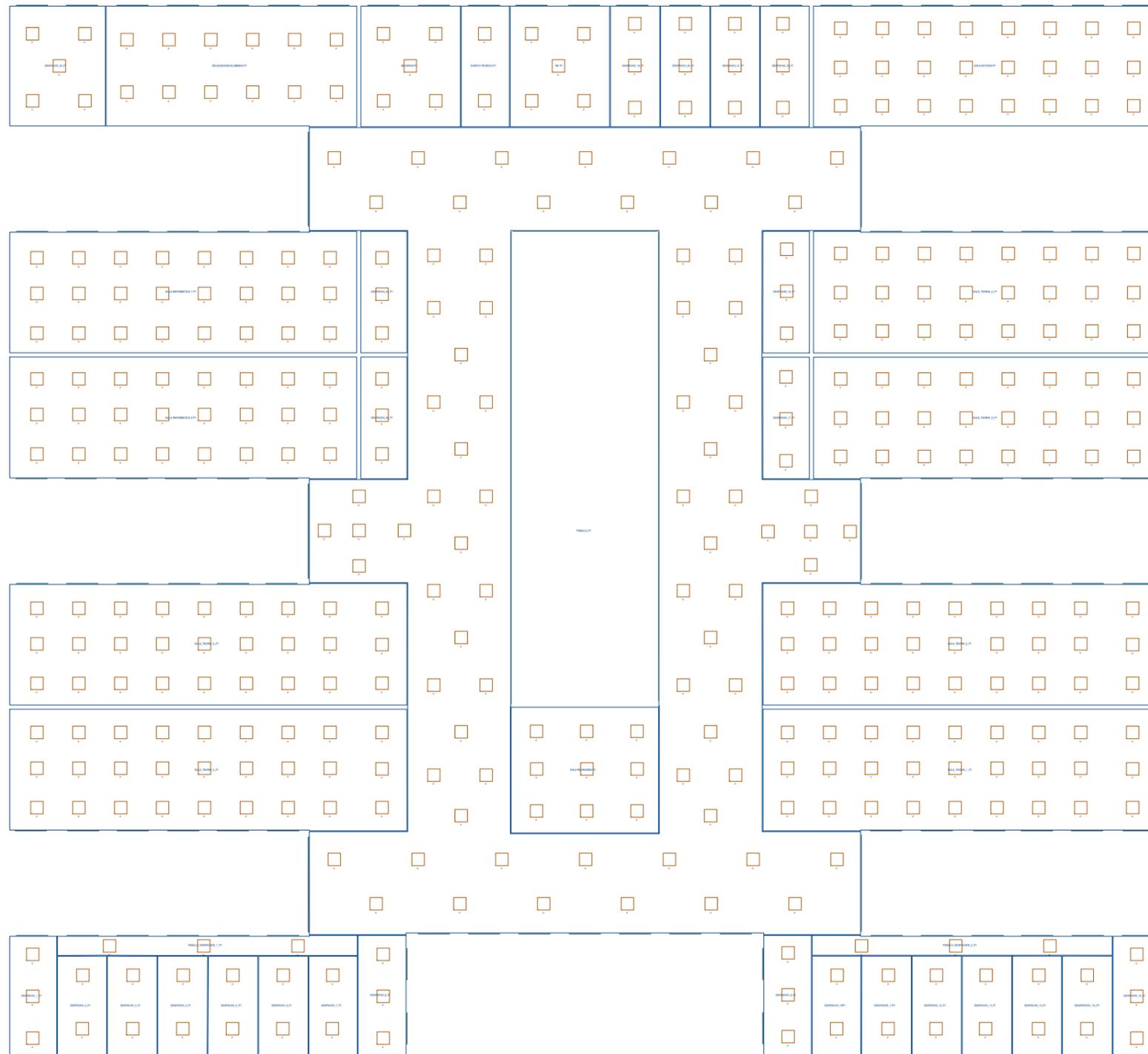
Escala: 1:250

Plano: Distribución de luminarias LED en planta 0 del edificio 8H

Nº Plano:

Alejandro Aneas Cambil  
Autor proyecto

1-1



### Luminarias

Luminarias		Referencia
Alumbrado	Tipo	
Interior	II	CELER 71000052/6 CELER PANEL LED 60X60 36W 4000K 220V BLANCO UGR<19 NEXT

### Simbología



TRABAJO FINAL DE MÁSTER EN TECNOLOGÍA ENERGÉTICA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE



Proyecto: ANÁLISIS Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO 8H DEL CAMPUS DE VERA DE LA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA, DISEÑO Y ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE LOS ELEMENTOS INCLUIDOS EN LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Fecha: JULIO 2022

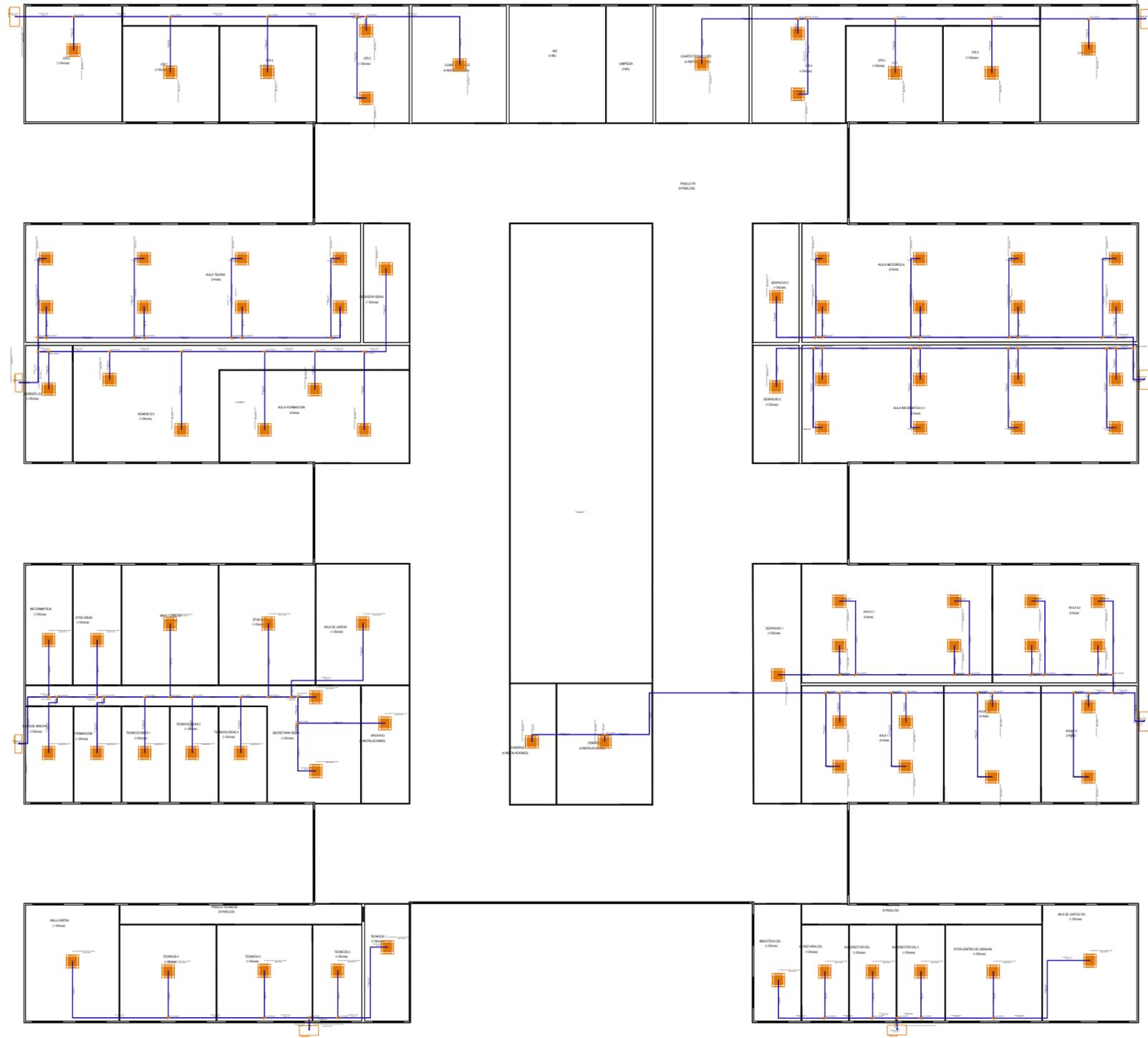
Escala: 1:250

Plano: Distribución de luminarias LED en planta 1 del edificio 8H

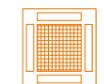
Nº Plano:

Alejandro Aneas Cambil  
Autor proyecto

Planta 0



### Leyenda

-  Tubería de refrigerante
-  Unidad VRV Exterior
-  Unidad Tipo Cassette Interior

TRABAJO FINAL DE MÁSTER EN TECNOLOGÍA ENERGÉTICA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA INDUSTRIAL VALENCIA

Proyecto: ANÁLISIS Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO 8H DEL CAMPUS DE VERA DE LA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA, DISEÑO Y ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE LOS ELEMENTOS INCLUIDOS EN LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Fecha: JULIO 2022

Escala: 1:250

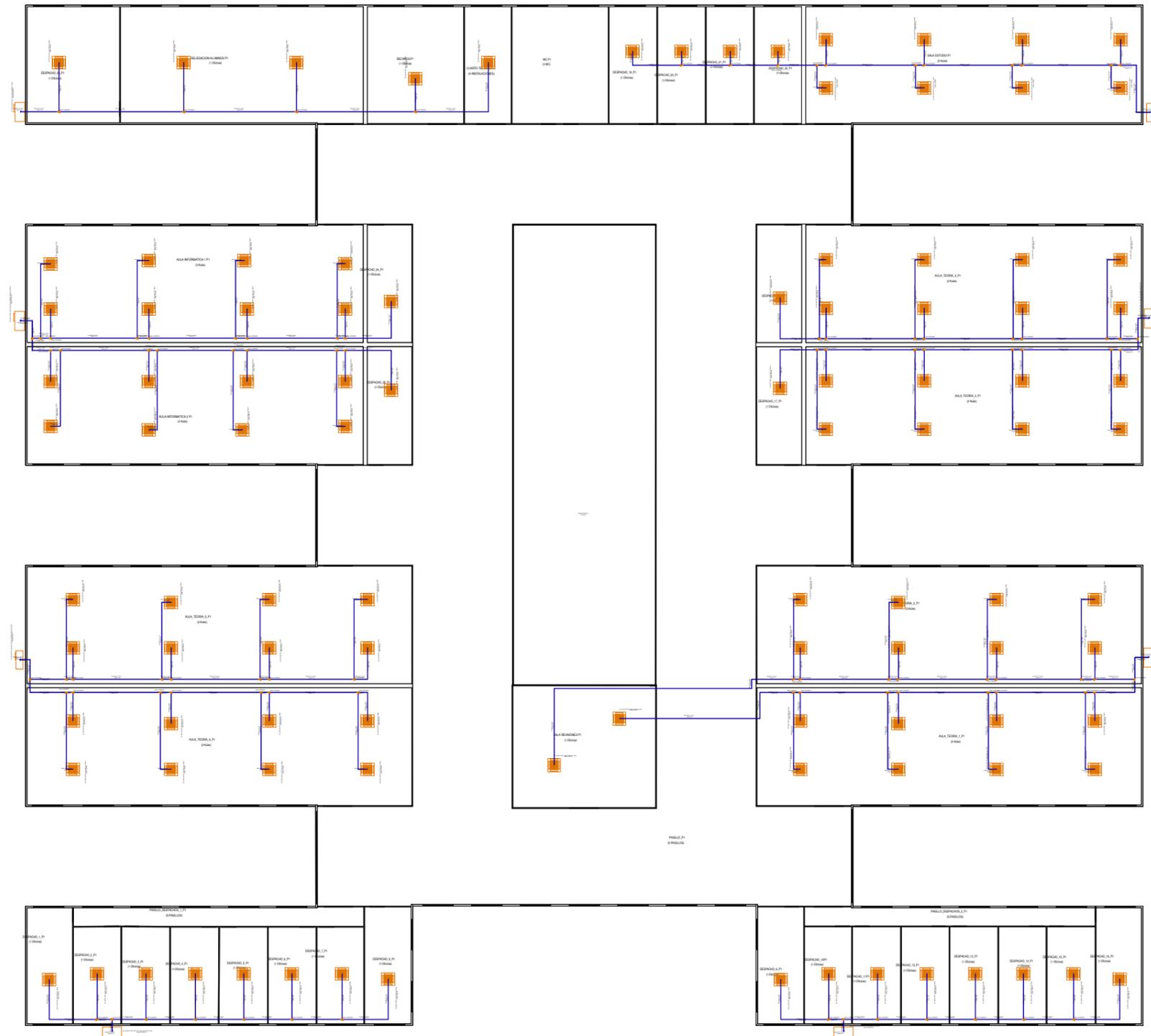
Plano: Plano de distribución de sistema VRV y tuberías de refrigerante planta 0 edificio 8H

Nº Plano:

Alejandro Aneas Cambil  
Autor proyecto

2-1

Planta 1



Leyenda

-  Tubería de refrigerante
-  Unidad VRV Exterior
-  Unidad Tipo Cassette Interior

TRABAJO FINAL DE MÁSTER EN TECNOLOGÍA ENERGÉTICA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA INDUSTRIAL VALENCIA

Proyecto: ANÁLISIS Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO 8H DEL CAMPUS DE VERA DE LA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA, DISEÑO Y ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE LOS ELEMENTOS INCLUIDOS EN LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

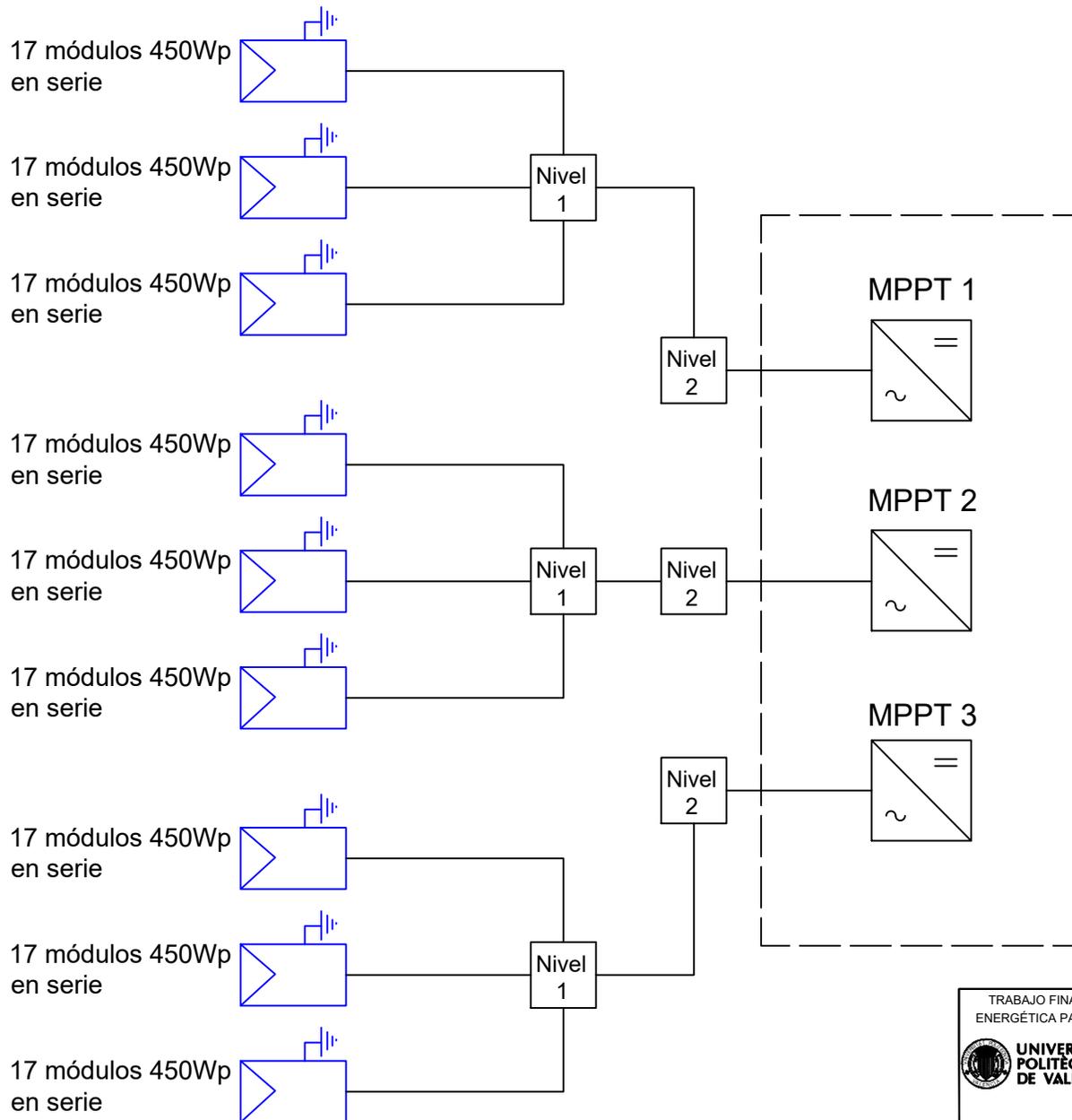
Fecha: JULIO 2022

Escala: 1:250

Plano: Plano de distribución de sistema VRV y tuberías de refrigerante planta 1 edificio 8H

Nº Plano:

Alejandro Aneas Cambil  
Autor proyecto



# Inversor de Red

## GreenHeiss GH-IT 60 3M

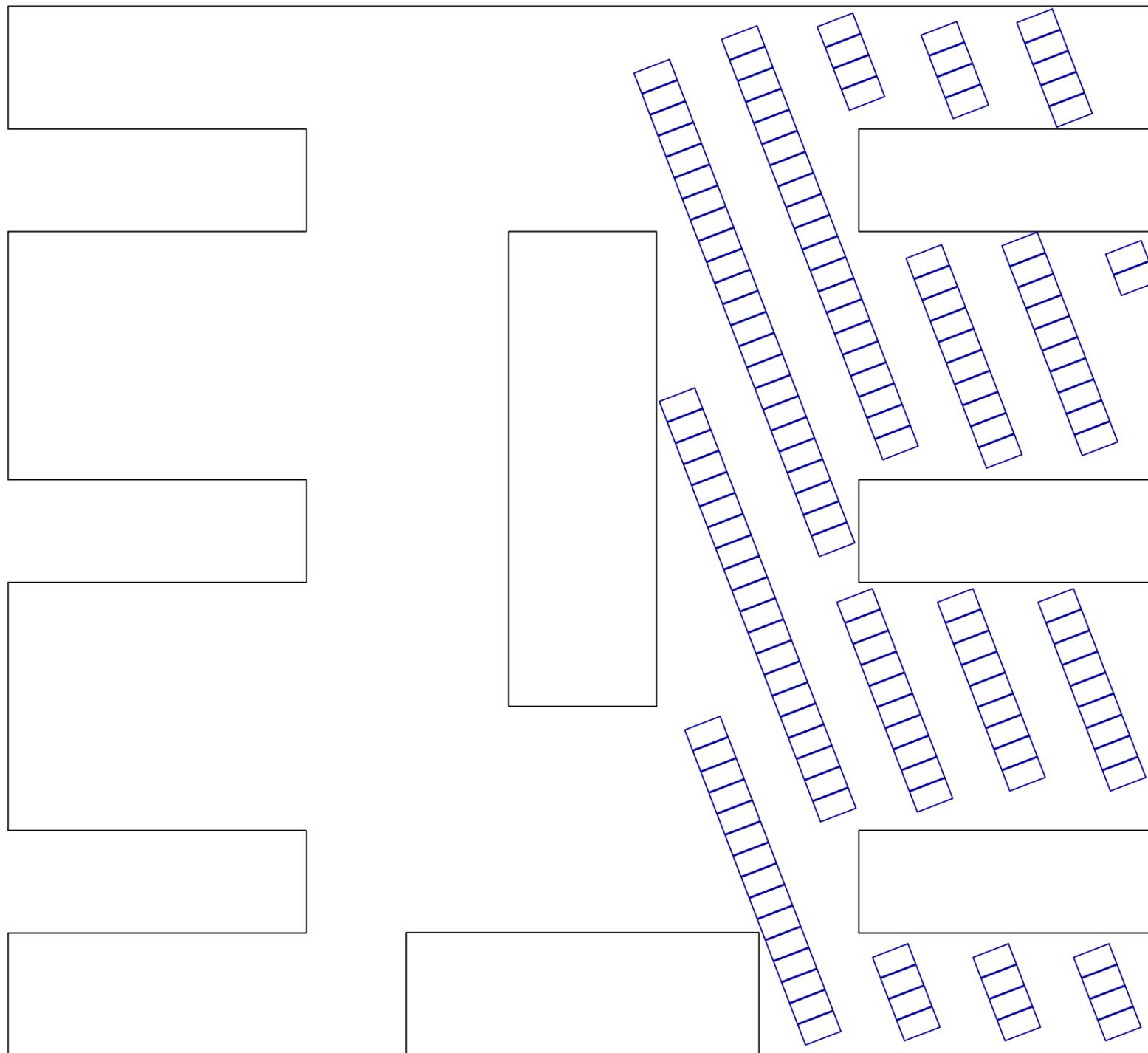
TRABAJO FINAL DE MÁSTER EN TECNOLOGÍA  
ENERGÉTICA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL VALÈNCIA

Alejandro Aneas Cambil  
Autor proyecto

Proyecto:		ANÁLISIS Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO 8H DEL CAMPUS DE VERA DE LA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA, DISEÑO Y ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE LOS ELEMENTOS INCLUIDOS EN LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO	
Fecha:	JULIO 2022	Escala:	N/A
Plano:		Nº Plano:	
Esquema de instalación fotovoltaica del edificio 8H			



Leyenda



Paneles fotovoltaicos  
 Jetion Solar 450Wp Total  
 153 módulos Potencia  
 total 68.85kWp

TRABAJO FINAL DE MÁSTER EN TECNOLOGÍA  
 ENERGÉTICA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE



Proyecto: ANÁLISIS Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO 8H DEL CAMPUS DE VERA DE LA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA, DISEÑO Y ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE LOS ELEMENTOS INCLUIDOS EN LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Fecha: JULIO 2022

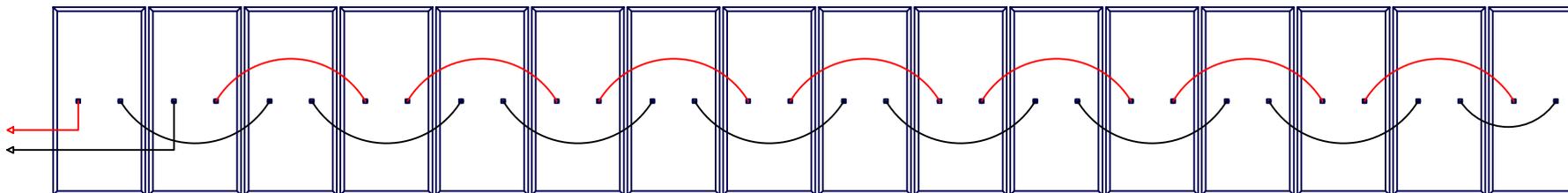
Escala: 1:250

Plano: Plano de distribución de módulos fotovoltaicos en cubierta orientación SUR inclinación 30 [deg]

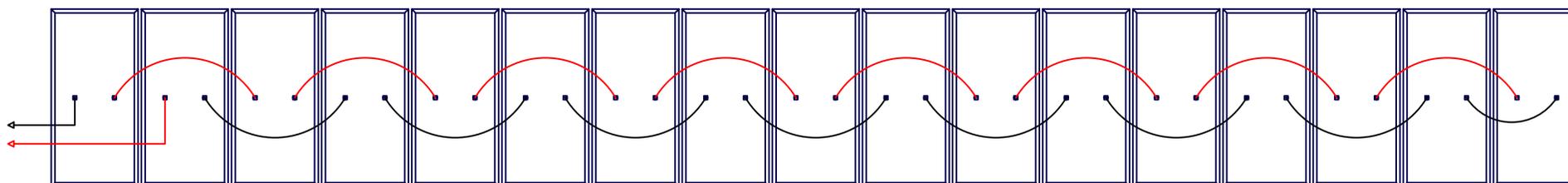
Nº Plano: 4

Alejandro Aneas Cambil  
 Autor proyecto

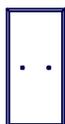
## Detalle conexionado de strings con 16 módulos tipo "salto de rana"



## Detalle conexionado de strings con 17 módulos tipo "salto de rana"



### Leyenda



Módulo Jetion Solar 450Wp



Cable solar H1Z2Z2-K terminal negativo



Cable solar H1Z2Z2-K terminal positivo

TRABAJO FINAL DE MÁSTER EN TECNOLOGÍA  
ENERGÉTICA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA  
TÉCNICA  
SUPERIOR  
INGENIERÍA  
INDUSTRIAL  
VALENCIA

Proyecto:

ANÁLISIS Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO 8H DEL CAMPUS DE VERA DE LA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA, DISEÑO Y ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE LOS ELEMENTOS INCLUIDOS EN LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Fecha:

JULIO 2022

Escala:

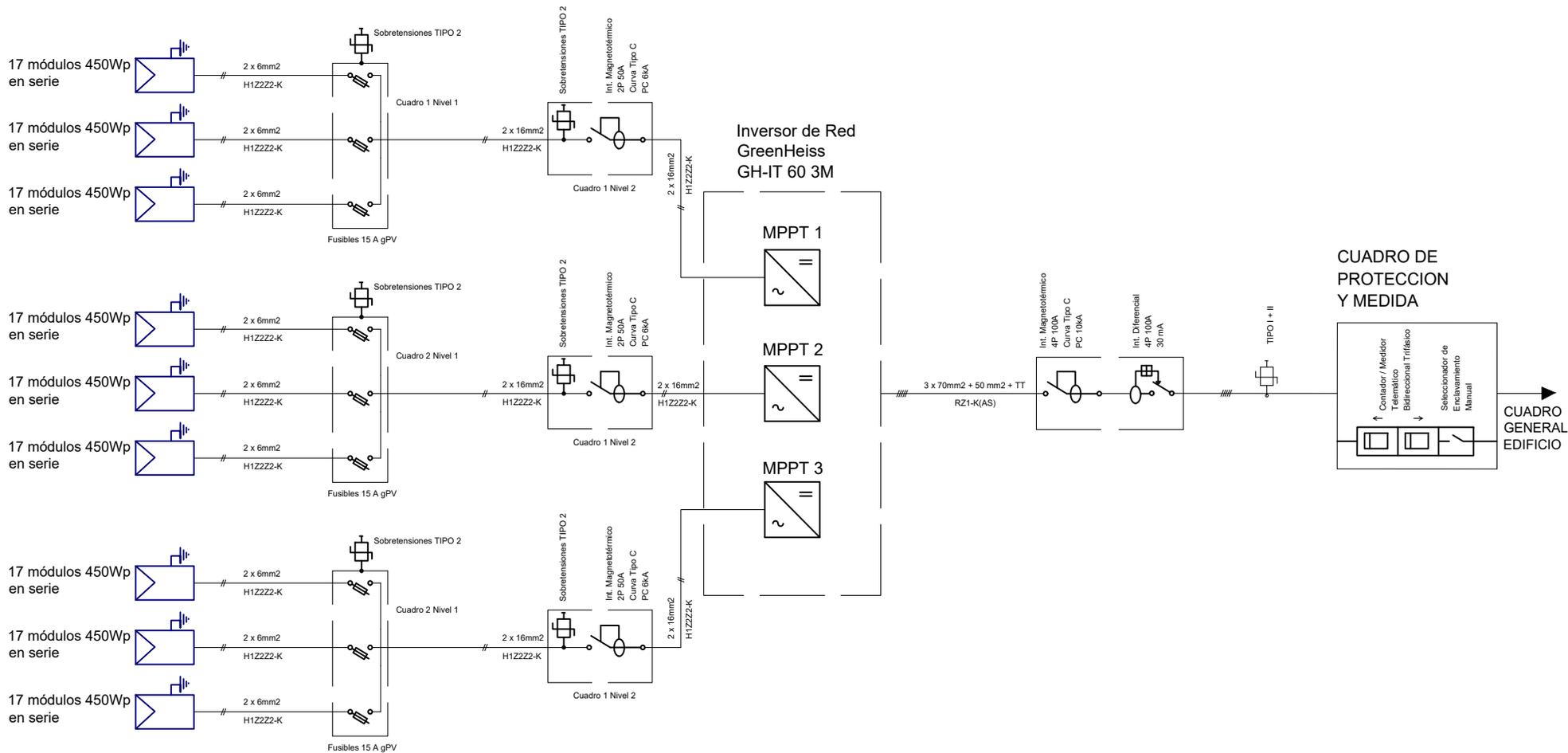
N/A

Plano:

Nº Plano:

Esquema conexionado módulos con método "salto de rana"

Alejandro Aneas Cambil  
Autor proyecto



TRABAJO FINAL DE MÁSTER EN TECNOLOGÍA  
ENERGÉTICA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE



ESCUELA  
TÉCNICA  
SUPERIOR  
INGENIERÍA  
INDUSTRIAL  
VALENCIA

Proyecto: **ANÁLISIS Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO 8H DEL CAMPUS DE VERA DE LA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA, DISEÑO Y ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE LOS ELEMENTOS INCLUIDOS EN LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO**

Fecha: **JULIO 2022** Escala: **N/A**  
Plano: **Esquema Unifilar** Nº Plano: **6**

Instalación Fotovoltaica

Alejandro Aneas Cambil  
Autor proyecto

# ANEXO 2 : CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA FINAL

# Calificación energética del edificio

Zona climática	B3	Uso	Otros usos
----------------	----	-----	------------

## 1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN		ACS	
	Emisiones calefacción [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año]	A	Emisiones ACS [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año]	A
Emisiones globales [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año] <sup>1</sup>	0.48		0.02	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
	Emisiones refrigeración [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año]	A	Emisiones iluminación [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año]	A
	0.44		1.72	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año	kgCO <sub>2</sub> ·año
Emisiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico	2.41	9755.32
Emisiones CO <sub>2</sub> por otros combustibles	0.26	1065.08

## 2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN		ACS	
	Energía primaria calefacción [kWh/m <sup>2</sup> ·año]	A	Energía primaria ACS [kWh/m <sup>2</sup> ·año]	A
Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m <sup>2</sup> ·año] <sup>1</sup>	2.3		0.11	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
	Energía primaria refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> ·año]	A	Energía primaria iluminación [kWh/m <sup>2</sup> ·año]	A
	2.62		10.18	

## 3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
Demanda de calefacción [kWh/m <sup>2</sup> ·año]	Demanda de refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> ·año]

<sup>1</sup> El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo edificios terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0: Limitación del consumo energético

## ÍNDICE

1. CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA.....	3
1.1. Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria no renovable.....	3
1.2. Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria total.....	3
1.3. Horas fuera de consigna.....	3
2. RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO.....	3
2.1. Consumo energético de los servicios técnicos del edificio.....	3
2.2. Resultados mensuales.....	3
2.2.1. Consumo de energía final del edificio.....	3
2.2.2. Horas fuera de consigna.....	3
3. ENERGÍA PRODUCIDA Y APORTACIÓN DE ENERGÍA PROCEDENTE DE FUENTES RENOVABLES.....	4
3.1. Energía eléctrica producida in situ.....	4
3.2. Energía térmica producida in situ.....	4
3.3. Aportación de energía procedente de fuentes renovables.....	4
4. DEMANDA ENERGÉTICA DEL EDIFICIO.....	4
4.1. Demanda energética de calefacción y refrigeración.....	4
4.2. Demanda energética de ACS.....	4
5. MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.....	4
5.1. Zonificación climática.....	4
5.2. Definición de los espacios del edificio.....	4
5.2.1. Agrupaciones de recintos.....	4
5.2.2. Condiciones operacionales.....	6
5.2.3. Solicitaciones interiores y niveles de ventilación.....	7
5.2.4. Carga interna media.....	7
5.3. Procedimiento de cálculo del consumo energético.....	7
5.4. Factores de conversión de energía final a energía primaria utilizados.....	8

# Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0: Limitación del consumo energético

## 1. CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

### 1.1. Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria no renovable.

$$C_{ep,ren} = 15.23 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año} \leq C_{ep,ren,lim} = 50 + 8 \cdot C_{r1} = 108.66 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año}$$

donde:

- $C_{ep,ren}$ : Valor calculado del consumo de energía primaria no renovable, kWh/m<sup>2</sup>·año.
- $C_{ep,ren,lim}$ : Valor límite del consumo de energía primaria no renovable (tabla 3.1.b, CTE DB HE 0), kWh/m<sup>2</sup>·año.
- $C_{r1}$ : Carga interna media del edificio (Anejo A, CTE DB HE), 7.33 W/m<sup>2</sup>.

### 1.2. Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria total.

$$C_{ep,tot} = 57.60 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año} \leq C_{ep,tot,lim} = 150 + 9 \cdot C_{r1} = 215.99 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año}$$

donde:

- $C_{ep,tot}$ : Valor calculado del consumo de energía primaria total, kWh/m<sup>2</sup>·año.
- $C_{ep,tot,lim}$ : Valor límite del consumo de energía primaria total (tabla 3.2.b, CTE DB HE 0), kWh/m<sup>2</sup>·año.
- $C_{r1}$ : Carga interna media del edificio (Anejo A, CTE DB HE), 7.33 W/m<sup>2</sup>.

### 1.3. Horas fuera de consigna

$$h_c = 0 \text{ h/año} \leq 0.04 \cdot t_{occ} = 183.68 \text{ h/año}$$

donde:

- $h_c$ : Horas fuera de consigna del edificio al año, h/año.
- $t_{occ}$ : Tiempo total de ocupación del edificio al año, h/año.

## 2. RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO

### 2.1. Consumo energético de los servicios técnicos del edificio.

Se muestra el consumo anual de energía final, energía primaria y energía primaria no renovable correspondiente a los distintos servicios técnicos del edificio. Los consumos de los servicios de calefacción y refrigeración incluyen el consumo eléctrico de los equipos auxiliares de los sistemas de climatización.

EDIFICIO ( $S_u = 4046.52 \text{ m}^2$ )

Servicios técnicos	EF		EP <sub>tot</sub>		EP <sub>ren</sub>	
	(kWh/año)	(kWh/m <sup>2</sup> ·año)	(kWh/año)	(kWh/m <sup>2</sup> ·año)	(kWh/año)	(kWh/m <sup>2</sup> ·año)
Calefacción	47042.21	11.63	51358.44	12.69	9311.04	2.30
Refrigeración	25804.08	6.38	33230.03	8.21	10605.93	2.62
ACS	18865.26	4.66	19172.42	4.74	437.02	0.11
Ventilación	214.77	0.05	279.21	0.07	89.02	0.02
Iluminación	100214.14	24.77	129047.60	31.89	41185.49	10.18
<b>TOTAL</b>	<b>192140.47</b>	<b>47.48</b>	<b>233079.61</b>	<b>57.60</b>	<b>61624.47</b>	<b>15.23</b>

donde:

- $S_u$ : Superficie útil habitable incluida en la envolvente térmica, m<sup>2</sup>.
- EF: Energía final consumida por el servicio técnico en punto de consumo.
- EP<sub>tot</sub>: Consumo de energía primaria total.
- EP<sub>ren</sub>: Consumo de energía primaria de origen no renovable.

### 2.2. Resultados mensuales.

#### 2.2.1. Consumo de energía final del edificio.

EDIFICIO ( $S_u = 4046.52 \text{ m}^2$ )	Año												Año	
	Ene (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dic (kWh)	(kWh/año)	(kWh/m <sup>2</sup> ·año)
<b>Demanda energética</b>	<b>12416.7</b>	<b>8422.0</b>	<b>5549.8</b>	<b>1382.8</b>	<b>464.0</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>2.6</b>	<b>3020.0</b>	<b>11196.5</b>	<b>42454.5</b>	<b>10.5</b>
Calefacción	2913.1	2003.2	1341.5	378.5	278.5	389.2	778.8	834.8	406.9	123.9	737.0	2652.5	12837.9	3.2
Refrigeración	--	--	--	752.5	5854.7	12387.6	22194.0	23505.7	12780.7	4930.2	0.1	--	82405.5	20.4
ACS	1762.7	1560.7	1693.0	1604.6	1588.4	1469.7	1449.1	1414.4	1436.2	1553.7	1604.7	1727.9	18865.2	4.7
<b>TOTAL</b>	<b>14179.4</b>	<b>9982.7</b>	<b>7242.8</b>	<b>3740.0</b>	<b>7907.1</b>	<b>13857.3</b>	<b>23643.1</b>	<b>24920.1</b>	<b>14216.9</b>	<b>6486.5</b>	<b>4624.9</b>	<b>12924.4</b>	<b>143725.3</b>	<b>35.5</b>
<b>Electricidad</b>	<b>2913.1</b>	<b>2003.2</b>	<b>1341.5</b>	<b>378.5</b>	<b>278.5</b>	<b>389.2</b>	<b>778.8</b>	<b>834.8</b>	<b>406.9</b>	<b>123.9</b>	<b>737.0</b>	<b>2652.5</b>	<b>12837.9</b>	<b>3.2</b>
Calefacción	256.7	177.3	124.4	189.4	1268.4	2427.8	4020.3	4414.9	2595.6	1082.0	53.1	227.8	16837.7	4.2
Refrigeración	99.2	87.8	95.3	90.3	89.4	82.7	81.6	79.6	80.8	87.4	90.3	97.2	1061.8	0.3
ACS	18.6	16.5	18.4	17.2	18.6	17.7	17.9	18.6	16.9	18.6	17.9	17.7	214.8	0.1
Ventilación	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Control de la humedad	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Iluminación	8700.5	7682.7	8585.6	8021.9	8700.5	8246.3	8361.2	8700.5	7907.0	8700.5	8361.2	8246.3	100214.1	24.8
<b>Electricidad (Sistema de sustitución)</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>132.7</b>	<b>1206.6</b>	<b>3359.8</b>	<b>3129.9</b>	<b>1102.8</b>	<b>34.5</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>8966.3</b>	<b>2.2</b>
ACS	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<b>Medioambiente</b>	<b>9049.3</b>	<b>6085.4</b>	<b>3951.2</b>	<b>995.9</b>	<b>342.9</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>1.9</b>	<b>2223.1</b>	<b>8131.0</b>	<b>--</b>	<b>30780.7</b>	<b>7.6</b>
Calefacción	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
ACS	1663.5	1472.8	1597.7	1514.3	1499.0	1387.0	1367.5	1334.8	1355.4	1466.2	1514.4	1630.7	17803.5	4.4
<b>Gasóleo C (Sistema de sustitución)</b>	<b>1035.2</b>	<b>767.9</b>	<b>657.7</b>	<b>19.1</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>51.4</b>	<b>892.5</b>	<b>3423.7</b>	<b>0.8</b>
Calefacción	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
ACS	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<b>C<sub>ef,final</sub></b>	<b>23736.2</b>	<b>18293.6</b>	<b>16371.7</b>	<b>11226.7</b>	<b>12330.0</b>	<b>13757.4</b>	<b>17987.1</b>	<b>18513.0</b>	<b>13465.5</b>	<b>11515.1</b>	<b>13048.4</b>	<b>21895.6</b>	<b>192140.4</b>	<b>47.5</b>

donde:

- $S_u$ : Superficie útil habitable incluida en la envolvente térmica, m<sup>2</sup>.
- $C_{ef,final}$ : Consumo de energía en punto de consumo (energía final), kWh/m<sup>2</sup>·año.

#### 2.2.2. Horas fuera de consigna

Se indica el número de horas en las que la temperatura del aire de los espacios habitables acondicionados del edificio se sitúa, durante los periodos de ocupación, fuera del rango de las temperaturas de consigna de calefacción o de refrigeración, con un margen superior a 1°C para calefacción y 1°C para refrigeración. Se considera que el edificio se encuentra fuera de consigna cuando cualquiera de dichos espacios lo está.

Zonas acondicionadas	Ene (h)	Feb (h)	Mar (h)	Abr (h)	May (h)	Jun (h)	Jul (h)	Ago (h)	Sep (h)	Oct (h)	Nov (h)	Dic (h)	Año (h)
<b>Zona común</b>	<b>--</b>												
Calefacción	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<b>Edificio</b>	<b>--</b>												
Calefacción	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<b>TOTAL</b>	<b>--</b>												

## Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0: Limitación del consumo energético

### 3. ENERGÍA PRODUCIDA Y APORTACIÓN DE ENERGÍA PROCEDENTE DE FUENTES RENOVABLES.

#### 3.1. Energía eléctrica producida in situ.

Sistema de producción	Origen	Ene (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dic (kWh)	Año (kWh)
Fotovoltaica	Renovable	7583.6	7496.5	10360.1	10523.6	11889.7	11805.2	11926.8	11246.6	9488.5	8541.7	7224.7	5996.3	114083.1
<b>TOTAL</b>		<b>7583.6</b>	<b>7496.5</b>	<b>10360.1</b>	<b>10523.6</b>	<b>11889.7</b>	<b>11805.2</b>	<b>11926.8</b>	<b>11246.6</b>	<b>9488.5</b>	<b>8541.7</b>	<b>7224.7</b>	<b>5996.3</b>	<b>114083.2</b>

#### 3.2. Energía térmica producida in situ.

Sistema de producción	Servicio	Ene (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dic (kWh)	Año (kWh)
Energía térmica renovable	ACS	1367.9	1211.1	1313.8	1245.2	1232.6	1140.5	1124.5	1097.6	1114.5	1205.7	1245.3	1340.9	14639.4
<b>TOTAL</b>		<b>1367.9</b>	<b>1211.1</b>	<b>1313.8</b>	<b>1245.2</b>	<b>1232.6</b>	<b>1140.5</b>	<b>1124.5</b>	<b>1097.6</b>	<b>1114.5</b>	<b>1205.7</b>	<b>1245.3</b>	<b>1340.9</b>	<b>14639.4</b>

#### 3.3. Aportación de energía procedente de fuentes renovables.

Se indica la energía final consumida por los servicios técnicos del edificio que procede de fuentes renovables no fósiles, como son la biomasa, la electricidad consumida que se produce en el edificio a partir de fuentes renovables y la energía térmica captada del medioambiente.

EDIFICIO ( $S_u = 4046.52 \text{ m}^2$ )

	Ene (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dic (kWh)	Año (kWh/año)	Año (kWh/m <sup>2</sup> año)
Electricidad autoconsumida de origen renovable	7583.6	7496.5	10165.1	8697.4	10488.0	11805.2	11926.8	11246.6	9488.5	8541.7	7224.7	5996.3	110660.3	27.3
Medioambiente	10712.8	7558.2	5548.9	2510.2	1842.0	1387.0	1367.5	1334.8	1355.4	1468.2	3737.5	9761.7	48584.2	12.0
Biomasa	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Biomasa densificada (pellets)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

donde:

$S_u$ : Superficie útil habitable incluida en la envolvente térmica, m<sup>2</sup>.

### 4. DEMANDA ENERGÉTICA DEL EDIFICIO.

La demanda energética del edificio que debe satisfacerse en el cálculo del consumo de energía primaria, magnitud de control conforme a la exigencia de limitación del consumo energético HE 0, corresponde a la suma de la energía demandada de calefacción, refrigeración y ACS del edificio según las condiciones operacionales definidas.

#### 4.1. Demanda energética de calefacción y refrigeración.

La demanda energética de calefacción y refrigeración del edificio se obtiene mediante el procedimiento de cálculo descrito en el apartado 5.3, determinando para cada hora el consumo energético de un sistema ideal con potencia instantánea e infinita con rendimiento unitario.

Se muestran los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de cada zona habitable, junto a la demanda total del edificio.

Zonas habitables	$S_u$ (m <sup>2</sup> )	$D_{ca}$ (kWh/año)	$D_{ca}$ (kWh/m <sup>2</sup> año)	$D_{cr}$ (kWh/año)	$D_{cr}$ (kWh/m <sup>2</sup> año)
Zona común	4046.52	42454.55	10.49	82405.50	20.36
	4046.52	42454.55	10.49	82405.50	20.36

donde:

$S_u$ : Superficie útil de la zona habitable, m<sup>2</sup>.

$D_{ca}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/año.

$D_{cr}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/m<sup>2</sup> año.

#### 4.2. Demanda energética de ACS.

La demanda energética correspondiente a los servicios de agua caliente sanitaria de las zonas habitables del edificio se determina conforme a las indicaciones del apartado 4.1.8 de CTE DB HE 0.

El salto térmico utilizado en el cálculo de la energía térmica necesaria se realiza entre una temperatura de referencia definida en la zona, y la temperatura del agua de red en el emplazamiento del edificio proyectado, de valores:

	Ene (°C)	Feb (°C)	Mar (°C)	Abr (°C)	May (°C)	Jun (°C)	Jul (°C)	Ago (°C)	Sep (°C)	Oct (°C)	Nov (°C)	Dic (°C)
Temperatura del agua de red	10.0	11.0	12.0	13.0	15.0	17.0	19.0	20.0	18.0	16.0	13.0	11.0

Se muestran a continuación los resultados del cálculo de la demanda energética de ACS para cada zona habitable del edificio, junto con las demandas diarias.

Zonas habitables	$Q_{ACS}$ (l/día)	$T_{ref}$ (°C)	$S_u$ (m <sup>2</sup> )	$D_{ACS}$ (kWh/año)	$D_{ACS}$ (kWh/m <sup>2</sup> año)
Zona común	922.0	60.0	4046.52	18865.24	4.66
	922.0	60.0	4046.52	18865.24	4.66

donde:

$Q_{ACS}$ : Caudal diario demandado de agua caliente sanitaria, l/día.

$T_{ref}$ : Temperatura de referencia, °C.

$S_u$ : Superficie útil de la zona habitable, m<sup>2</sup>.

$D_{ACS}$ : Demanda energética correspondiente al servicio de agua caliente sanitaria incluyendo pérdidas por acumulación, distribución y recirculación, kWh/m<sup>2</sup> año.

### 5. MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.

#### 5.1. Zonificación climática

El edificio objeto del proyecto se sitúa en el municipio de Valencia (provincia de Valencia), con una altura sobre el nivel del mar de 13.000 m. Le corresponde, conforme al Anejo B de CTE DB HE, la zona climática B3.

La pertenencia a dicha zona climática define las solicitaciones exteriores para el procedimiento de cálculo, mediante la determinación del clima de referencia asociado, publicado en formato informático (fichero MET) por la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, del Ministerio de Fomento.

#### 5.2. Definición de los espacios del edificio.

##### 5.2.1. Agrupaciones de recintos.

Se muestra a continuación la caracterización de los espacios que componen cada una de las zonas de cálculo del edificio.

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0: Limitación del consumo energético

	S (m²)	V (m³)	ren. (1/h)	SO <sub>0,05h</sub> (kWh/año)	SO <sub>0,25h</sub> (kWh/año)	SO <sub>0,5h</sub> (kWh/año)	SO <sub>0,75h</sub> (kWh/año)	SO <sub>1h</sub> (kWh/año)	Perfil de uso	Condiciones operacionales
Zona común (Zona habitable acondicionada)										
CPD 7	27.23	76.24	1.07	579.74	366.00	434.71	--	638.64	Media, Otros usos 12h	
CPD 7	22.47	62.90	1.07	478.34	301.99	358.68	--	510.91	Media, Otros usos 12h	
CPD 6	22.47	62.92	1.07	478.48	302.07	358.78	--	510.91	Media, Otros usos 12h	
CPD 5	35.48	99.35	1.07	755.49	476.96	566.50	--	1021.82	Media, Otros usos 12h	
CUARTO TECNICO	26.85	75.18	1.07	1232.77	778.28	924.76	--	661.25	Alta, Otros usos 16h	
WC	27.41	76.75	1.07	194.35	122.70	145.88	--	510.91	Baja, Otros usos 12h	
LIMPIEZA	13.28	37.18	1.07	94.15	59.44	70.67	--	255.46	Baja, Otros usos 12h	
CUARTO TECNICO CPD	26.58	74.42	1.07	1220.21	770.35	915.34	--	661.25	Alta, Otros usos 16h	
CPD 1	27.23	76.24	1.07	579.75	366.01	434.72	--	638.64	Media, Otros usos 12h	
CPD 2	22.47	62.91	1.07	478.38	302.01	358.71	--	510.91	Media, Otros usos 12h	
CPD 3	22.47	62.92	1.07	478.44	302.05	358.75	--	510.91	Media, Otros usos 12h	
CPD 4	35.83	100.32	1.07	762.85	481.60	572.02	--	1021.82	Media, Otros usos 12h	
PASILLO P0	585.44	1639.23	1.07	4150.89	2620.54	3115.69	--	9707.31	Baja, Otros usos 12h	
DESPACHO 1	27.61	77.31	1.07	587.93	371.17	440.85	--	510.91	Media, Otros usos 12h	
DESPACHO 2	13.16	36.85	1.07	280.23	176.92	210.13	--	383.18	Media, Otros usos 12h	
DESPACHO 3	13.29	37.20	1.07	282.90	178.60	212.13	--	383.18	Media, Otros usos 12h	
AULA MOTOROLA	96.05	268.95	1.07	3407.15	2151.00	2555.86	--	3065.47	Alta, Otros usos 12h	
AULA INFORMATICA 3.1	95.80	268.23	1.07	3398.35	2145.45	2549.27	--	3065.47	Alta, Otros usos 12h	
AULA 2.1	54.80	153.43	1.07	1943.83	1227.18	1458.16	--	1915.92	Alta, Otros usos 12h	
AULA 2.2	41.44	116.03	1.07	1469.98	928.03	1102.70	--	1149.55	Alta, Otros usos 12h	
AULA 1.1	40.41	113.15	1.07	1433.48	904.99	1075.32	--	1149.55	Alta, Otros usos 12h	
AULA 1.2	27.42	76.77	1.07	972.58	614.01	729.58	--	766.37	Alta, Otros usos 12h	
AULA 1.3	27.19	76.12	1.07	964.41	608.85	723.45	--	766.37	Alta, Otros usos 12h	
BIBLIOTECA CDL	13.36	37.42	1.07	284.54	179.63	213.36	--	383.18	Media, Otros usos 12h	
SECRETARIA CDL	10.96	30.70	1.07	233.47	147.39	175.07	--	255.46	Media, Otros usos 12h	
SUBDIRECTOR CDL	10.94	30.63	1.07	232.93	147.05	174.66	--	255.46	Media, Otros usos 12h	
SUBDIRECTOR CDL 2	11.20	31.37	1.07	238.50	150.57	178.84	--	255.46	Media, Otros usos 12h	
DTOR CENTRO DE LENGUAS	22.53	63.08	1.07	479.66	302.82	359.67	--	510.91	Media, Otros usos 12h	
SALA DE JUNTAS CDL	26.65	74.62	1.07	567.42	358.23	425.48	--	766.37	Media, Otros usos 12h	
SALA JUNTAS	26.43	73.99	1.07	562.67	355.23	421.91	--	510.91	Media, Otros usos 12h	
TECNICOS 1	12.69	35.53	1.07	270.19	170.58	202.60	--	383.18	Media, Otros usos 12h	
TECNICOS 2	11.42	31.97	1.07	243.10	153.47	182.28	--	255.46	Media, Otros usos 12h	
TECNICOS 3	22.31	62.47	1.07	475.01	299.88	356.18	--	510.91	Media, Otros usos 12h	
TECNICOS 4	22.54	63.12	1.07	479.99	303.03	359.92	--	510.91	Media, Otros usos 12h	
PASILLO CDL	11.26	31.52	1.07	79.84	50.40	59.93	--	255.46	Baja, Otros usos 12h	
PASILLO TECNICOS	11.36	31.80	1.07	80.54	50.85	60.46	--	255.46	Baja, Otros usos 12h	
CONSERJE 1	13.45	37.67	1.07	617.61	389.91	463.30	--	330.62	Alta, Otros usos 16h	
CONSERJE 2	28.00	78.39	1.07	1285.36	811.48	964.21	--	661.25	Alta, Otros usos 16h	
PARQUE INNOVA	11.13	31.16	1.07	236.94	149.58	177.67	--	255.46	Media, Otros usos 12h	
FORMACION	10.96	30.69	1.07	233.40	147.35	175.02	--	255.46	Media, Otros usos 12h	
TECNICOS IDEAS 1	11.12	31.14	1.07	236.84	149.52	177.59	--	255.46	Media, Otros usos 12h	
TECNICOS IDEAS 2	11.16	31.24	1.07	237.52	149.95	178.10	--	255.46	Media, Otros usos 12h	
TECNICOS IDEAS 3	11.14	31.19	1.07	237.18	149.74	177.85	--	255.46	Media, Otros usos 12h	
SECRETARIA IDEAS	38.53	107.89	1.07	820.42	517.95	615.18	--	510.91	Media, Otros usos 12h	
ARCHIVO	13.70	38.37	1.07	629.15	397.20	471.96	--	495.94	Alta, Otros usos 16h	
SALA DE JUNTAS	27.43	76.80	1.07	583.99	368.68	437.90	--	766.37	Media, Otros usos 12h	
DTOS ICDE	28.15	78.81	1.07	599.36	378.39	449.42	--	766.37	Media, Otros usos 12h	
MAR Y CARLOS	28.20	78.96	1.07	600.44	379.07	450.23	--	766.37	Media, Otros usos 12h	
DTOS IDEAS	13.97	39.11	1.07	297.38	187.74	222.99	--	383.18	Media, Otros usos 12h	Otros usos 12 h
INFORMATICA	13.74	38.47	1.07	292.54	184.69	219.36	--	383.18	Media, Otros usos 12h	
AULA FORMACION	42.53	119.07	1.07	1508.62	952.42	1131.68	--	1021.82	Alta, Otros usos 12h	
AULA TEORIA	96.47	270.11	1.07	3422.07	2160.42	2567.06	--	3065.47	Alta, Otros usos 12h	
SERVIDOR IDEAS	13.24	37.08	1.07	281.99	178.03	211.45	--	383.18	Media, Otros usos 12h	
ADMION ICV	52.72	147.61	1.07	1122.45	708.63	841.66	--	1405.01	Media, Otros usos 12h	
GERENTE ICV	13.36	37.42	1.07	284.56	179.65	213.38	--	383.18	Media, Otros usos 12h	
DESPACHO_1_P1	12.80	35.84	1.07	272.52	172.05	204.35	--	383.18	Media, Otros usos 12h	
DESPACHO_2_P1	11.18	31.30	1.07	237.98	150.24	178.45	--	255.46	Media, Otros usos 12h	
DESPACHO_3_P1	11.28	31.58	1.07	240.17	151.62	180.09	--	255.46	Media, Otros usos 12h	
DESPACHO_4_P1	11.28	31.58	1.07	240.19	151.64	180.11	--	255.46	Media, Otros usos 12h	
DESPACHO_5_P1	11.30	31.64	1.07	240.55	151.86	180.37	--	255.46	Media, Otros usos 12h	
DESPACHO_6_P1	11.24	31.48	1.07	239.39	151.13	179.51	--	255.46	Media, Otros usos 12h	
DESPACHO_7_P1	11.01	30.81	1.07	234.33	147.94	175.71	--	255.46	Media, Otros usos 12h	
DESPACHO_8_P1	13.19	36.92	1.07	280.75	177.24	210.52	--	383.18	Media, Otros usos 12h	
DESPACHO_9_P1	13.08	36.63	1.07	278.51	175.83	208.84	--	383.18	Media, Otros usos 12h	
DESPACHO_10P1	11.11	31.10	1.07	236.53	149.33	177.36	--	255.46	Media, Otros usos 12h	
DESPACHO_11P1	11.33	31.74	1.07	241.31	152.35	180.95	--	255.46	Media, Otros usos 12h	
DESPACHO_12_P1	11.23	31.45	1.07	239.12	150.96	179.30	--	255.46	Media, Otros usos 12h	
DESPACHO_13_P1	11.29	31.62	1.07	240.45	151.80	180.30	--	255.46	Media, Otros usos 12h	
DESPACHO_14_P1	11.16	31.26	1.07	237.72	150.08	178.25	--	255.46	Media, Otros usos 12h	
DESPACHO_15_P1	11.36	31.81	1.07	241.91	152.72	181.40	--	255.46	Media, Otros usos 12h	
DESPACHO_16_P1	12.82	35.89	1.07	272.91	172.30	204.64	--	383.18	Media, Otros usos 12h	
DESPACHO_17_P1	12.87	36.03	1.07	273.96	172.96	205.43	--	383.18	Media, Otros usos 12h	
DESPACHO_18_P1	12.87	36.03	1.07	273.98	172.97	205.44	--	383.18	Media, Otros usos 12h	
DESPACHO_19_P1	13.55	37.92	1.07	288.41	182.08	216.26	--	383.18	Media, Otros usos 12h	
DESPACHO_20_P1	13.56	37.97	1.07	288.73	182.28	216.50	--	383.18	Media, Otros usos 12h	
DESPACHO_21_P1	13.44	37.63	1.07	286.17	180.66	214.58	--	383.18	Media, Otros usos 12h	
DESPACHO_22_P1	13.43	37.60	1.07	285.96	180.53	214.42	--	383.18	Media, Otros usos 12h	
DESPACHO_23_P1	26.08	73.02	1.07	555.24	350.54	416.34	--	638.64	Media, Otros usos 12h	
DESPACHO_24_P1	12.73	35.66	1.07	271.16	171.19	203.32	--	383.18	Media, Otros usos 12h	
DESPACHO_25_P1	12.76	35.73	1.07	271.75	171.56	203.77	--	383.18	Media, Otros usos 12h	
PASILLO_DESPACHOS_1_P1	13.15	36.82	1.07	93.26	58.88	70.00	--	383.18	Baja, Otros usos 12h	
PASILLO_DESPACHOS_2_P1	13.03	36.48	1.07	92.40	58.33	69.35	--	383.18	Baja, Otros usos 12h	
PASILLO_P1	584.70	1637.17	1.07	4145.65	2617.24	3111.76	--	9707.30	Baja, Otros usos 12h	
AULA_TEORIA_1_P1	109.45	306.46	1.07	3882.65	2451.20	2912.56	--	3448.66	Alta, Otros usos 12h	
AULA_TEORIA_2_P1	109.29	306.03	1.07	3876.89	2447.57	2908.24	--	3448.66	Alta, Otros usos 12h	
AULA_TEORIA_3_P1	95.38	267.05	1.07	3383.43	2136.03	2538.07	--	3065.47	Alta, Otros usos 12h	
AULA_TEORIA_4_P1	95.39	267.10	1.07	3383.67	2136.18	2538.25	--	3065.47	Alta, Otros usos 12h	
AULA_TEORIA_5_P1	109.32	306.12	1.07	3877.99	2448.26	2909.07	--	3448.66	Alta, Otros usos 12h	
AULA_TEORIA_6_P1	109.45	306.44	1.07	3882.58	2451.15	2912.51	--	3448.66	Alta, Otros usos 12h	
SALA ESTUDIO P1	94.75	265.30	1.07	3361.06	2121.91	2521.29	--	3065.47	Alta, Otros usos 12h	
WC P1	27.35	76.58	1.07	193.90	122.41	145.54	--	638.64	Baja, Otros usos 12h	
CUARTO TECNICO P1	13.24	37.05	1.07	607.67	383.64	455.84	--	330.62	Alta, Otros usos 16h	
BECAARIOS P1	27.36	76.60	1.07	582.48	367.73	436.77	--	638.64	Media, Otros usos 12h	
DELEGACION ALUMNOS P1	68.54	191.91	1.07	1459.39	921.35	1094.31	--	1532.74	Media, Otros usos 12h	
AULA INFORMATICA 1 P1	95.38	267.09	1.07	3383.55	2136.11	2538.16	--	3065.47	Alta, Otros usos 12h	
AULA INFORMATICA 2 P1	95.59	267.64	1.07	3390.95	2140.78	2543.72	--	3065.47	Alta, Otros usos 12h	
SALA REUNIONES P1	42.21	1								

## Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0: Limitación del consumo energético

donde:

- S: Superficie útil interior del recinto, m<sup>2</sup>.
- V: Volumen interior neto del recinto, m<sup>3</sup>.
- ren.: Número de renovaciones por hora del aire del recinto.
- \*: Valor medio del número de renovaciones hora del aire de la zona habitable, incluyendo las infiltraciones calculadas.
- Q<sub>int,s</sub>: Sumatorio de la carga interna sensible debida a la ocupación del recinto a lo largo del año, kWh/año.
- Q<sub>int,l</sub>: Sumatorio de la carga interna latente debida a la ocupación del recinto a lo largo del año, kWh/año.
- Q<sub>int,s,e</sub>: Sumatorio de la carga interna sensible debida a los equipos presentes en el recinto a lo largo del año, kWh/año.
- Q<sub>int,l,e</sub>: Sumatorio de la carga interna latente debida a los equipos presentes en el recinto a lo largo del año, kWh/año.
- Q<sub>int,i</sub>: Sumatorio de la carga interna debida a la iluminación del recinto a lo largo del año, kWh/año.

### 5.2.2. Condiciones operacionales

		Distribución horaria																							
		1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	24h
<b>Perfil: Otros usos 12 h(21°C/25°C) (uso no residencial)</b>																									
<b>Temp. Consigna Alta (°C)</b>																									
Laboral	..	..	..	..	..	..	..	25	25	25	25	25	25	25	25	..	..	25	25	25	25	..	..	..	..
Sábado	..	..	..	..	..	..	..	25	25	25	25	25	25	25	25	..	..	25	25	25	25	..	..	..	..
Festivo	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
<b>Temp. Consigna Baja (°C)</b>																									
Laboral	..	..	..	..	..	..	..	21	21	21	21	21	21	21	21	..	..	21	21	21	21	..	..	..	..
Sábado	..	..	..	..	..	..	..	21	21	21	21	21	21	21	21	..	..	21	21	21	21	..	..	..	..
Festivo	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..

## Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0: Limitación del consumo energético

### 5.2.3. Solicitaciones interiores y niveles de ventilación

	Distribución horaria																							
	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	24h
<b>Perfil: Media, Otros usos 12 h (uso no residencial)</b>																								
<b>Ocupación sensible (W/m²)</b>																								
Laboral	0	0	0	0	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	6	6	6	6	0	0	0	0
Sábado	0	0	0	0	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Iluminación (%)</b>																								
Laboral	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	100	100	100	100	0	0	0	0
Sábado	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Equipos (W/m²)</b>																								
Laboral	0	0	0	0	0	0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	0	0	4.5	4.5	4.5	4.5	0	0	0	0
Sábado	0	0	0	0	0	0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Ventilación (%)</b>																								
Laboral	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	100	100	100	100	0	0	0	0
Sábado	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<b>Perfil: Alta, Otros usos 16 h (uso no residencial)</b>																								
<b>Ocupación sensible (W/m²)</b>																								
Laboral	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0
Sábado	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Iluminación (%)</b>																								
Laboral	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0
Sábado	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Equipos (W/m²)</b>																								
Laboral	0	0	0	0	0	0	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	0
Sábado	0	0	0	0	0	0	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Ventilación (%)</b>																								
Laboral	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0
Sábado	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<b>Perfil: Baja, Otros usos 12 h (uso no residencial)</b>																								
<b>Ocupación sensible (W/m²)</b>																								
Laboral	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	2	2	2	2	0	0	0	0
Sábado	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Iluminación (%)</b>																								
Laboral	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	100	100	100	100	0	0	0	0
Sábado	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Equipos (W/m²)</b>																								
Laboral	0	0	0	0	0	0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0	0	1.5	1.5	1.5	1.5	0	0	0	0
Sábado	0	0	0	0	0	0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Ventilación (%)</b>																								
Laboral	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	100	100	100	100	0	0	0	0
Sábado	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<b>Perfil: Alta, Otros usos 12 h (uso no residencial)</b>																								
<b>Ocupación sensible (W/m²)</b>																								
Laboral	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	10	10	10	10	0	0	0	0
Sábado	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Iluminación (%)</b>																								
Laboral	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	100	100	100	100	0	0	0	0
Sábado	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Equipos (W/m²)</b>																								
Laboral	0	0	0	0	0	0	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	0	0	7.5	7.5	7.5	7.5	0	0	0	0
Sábado	0	0	0	0	0	0	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Ventilación (%)</b>																								
Laboral	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	100	100	100	100	0	0	0	0
Sábado	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

### 5.2.4. Carga interna media

Se muestran los resultados del cálculo de la carga interna media de las zonas habitables del edificio.

Zonas habitables	$S_h$ (m²)	$C_{i0}$ (W/m²)
Zona común	4046.52	7.3
	4046.52	7.3

donde:

$S_h$ : Superficie habitable del edificio, m².

$C_{i0}$ : Carga interna media, W/m². Carga media horaria de una semana tipo, repercutida por unidad de superficie del edificio o zona del edificio, teniendo en cuenta la carga sensible debida a la ocupación, la carga debida a la iluminación y la carga debida a los equipos (Anexo A, CTE DB HE).

### 5.3. Procedimiento de cálculo del consumo energético.

El procedimiento de cálculo empleado tiene como objetivo determinar el consumo de energía primaria del edificio procedente de fuentes de energía renovables y no renovables. Para ello, se ha empleado el documento reconocido CYPETHERM HE Plus. Mediante dicho programa, se realiza una simulación anual por intervalos horarios de un modelo térmico zonal del edificio con el motor de cálculo de referencia EnergyPlus™ versión 9.5, en la que, hora a hora, se realiza el cálculo de la distribución de las demandas energéticas a satisfacer en cada zona del modelo térmico para mantener las condiciones operacionales definidas, determinando, para cada equipo técnico, su punto de trabajo, la energía útil aportada y la energía final consumida, desglosando el consumo energético por equipo, servicio técnico y vector energético utilizado.

## Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 0: Limitación del consumo energético

El cálculo de la energía primaria que corresponde a la energía final consumida por los servicios técnicos del edificio, teniendo en cuenta la contribución de la energía producida in situ, se realiza mediante el programa CteEPBD integrado en CYPETHERM HE Plus, desarrollado por IETcc-CSIC en el marco del convenio con el Ministerio de Fomento, que implementa la metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios descrita en la norma EN ISO 52000-1:2017.

La metodología descrita considera los aspectos recogidos en el apartado 4.1 de CTE DB HE 0.

### 5.4. Factores de conversión de energía final a energía primaria utilizados.

Los factores de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes renovables y no renovables corresponden a los publicados en el Documento Reconocido del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) 'Factores de emisión de CO2 y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España', conforme al apartado 4.1.5 de CTE DB HE0. Los valores empleados se han obtenido a través del programa CteEPBD.

Para las fuentes de energía utilizadas en el edificio que no se encuentran definidas en dicho documento, se han considerado los factores de conversión correspondientes a los vectores energéticos "Red 1" y "Red 2".

Vector energético	$f_{exp,non}$	$f_{exp,ren}$
Medioambiente	0	1.000
Gasóleo C	1.179	0.003
Electricidad producida in situ	0	1.000
Electricidad obtenida de la red	1.954	0.414

donde:

$f_{exp,non}$ : Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables.  
 $f_{exp,ren}$ : Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes renovables.

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE1:  
Condiciones para el control de la demanda energética

## ÍNDICE

1. CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA.....	3
1.1. Condiciones de la envolvente térmica.....	3
1.1.1. Transmitancia de la envolvente térmica.....	3
1.1.2. Control solar de la envolvente térmica.....	3
1.1.3. Permeabilidad al aire de la envolvente térmica.....	3
1.2. Limitación de descompensaciones.....	4
1.3. Limitación de condensaciones de la envolvente térmica.....	4
2. INFORMACIÓN SOBRE EL EDIFICIO.....	4
2.1. Zonificación climática.....	4
2.2. Agrupaciones de recintos.....	4
3. DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA Y CONSTRUCTIVA DEL MODELO DE CÁLCULO.....	4
3.1. Caracterización de los elementos que componen la envolvente térmica.....	4
3.1.1. Cerramientos opacos.....	4
3.1.2. Huecos.....	5
3.1.3. Puentes térmicos.....	9

# Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE1: Condiciones para el control de la demanda energética

## 1. CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

### 1.1. Condiciones de la envolvente térmica

#### 1.1.1. Transmitancia de la envolvente térmica

Transmitancia de la envolvente térmica: Ninguno de los elementos de la envolvente térmica supera el valor límite de transmitancia térmica descrito en la tabla 3.1.1.a del DB HE1. ✓

Coefficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica (K)

$$K = 0.62 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \leq K_{\text{lim}} = 0.80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

donde:

K: Valor calculado del coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica,  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

$K_{\text{lim}}$ : Valor límite del coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica,  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

	S ( $\text{m}^2$ )	L (m)	$K_i$ ( $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ )	% K
Área total de intercambio de la envolvente térmica = 6964.42 $\text{m}^2$				
Fachadas	1777.86	--	0.08	12.62
Suelos en contacto con el terreno	2228.41	--	0.16	25.80
Cubiertas	2225.47	--	0.09	13.99
Huecos	732.68	--	0.19	30.54
Puentes térmicos	--	3270.616	0.11	17.05

donde:

S: Superficie,  $\text{m}^2$ .

L: Longitud, m.

$K_i$ : Coeficiente parcial de transmisión de calor,  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

%K: Porcentaje del coeficiente global de transmisión de calor., %.



#### 1.1.2. Control solar de la envolvente térmica

$$q_{\text{sol,jul}} = 3.83 \text{ kWh}/\text{m}^2 \leq q_{\text{sol,jul\_lim}} = 4.00 \text{ kWh}/\text{m}^2$$

donde:

$q_{\text{sol,jul}}$ : Valor calculado del parámetro de control solar,  $\text{kWh}/\text{m}^2$ .

$q_{\text{sol,jul\_lim}}$ : Valor límite del parámetro de control solar,  $\text{kWh}/\text{m}^2$ .

#### 1.1.3. Permeabilidad al aire de la envolvente térmica

$$n_{50} = 3.92799 \text{ h}^{-1}$$

donde:

# Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE1: Condiciones para el control de la demanda energética

$n_{50}$ : Valor calculado de la relación del cambio de aire con una presión diferencial de 50 Pa,  $h^{-1}$ .

## 1.2. Limitación de descompensaciones

Limitación de descompensaciones: La transmitancia térmica de las particiones interiores no supera el valor límite descrito en la tabla 3.2 del DB HE1. 

## 1.3. Limitación de condensaciones de la envolvente térmica

Limitación de condensaciones: en la envolvente térmica del edificio no se producen condensaciones intersticiales que puedan producir una merma significativa en sus prestaciones térmicas o supongan un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil. 

## 2. INFORMACIÓN SOBRE EL EDIFICIO

### 2.1. Zonificación climática

El edificio objeto del proyecto se sitúa en el municipio de Valencia (provincia de Valencia), con una altura sobre el nivel del mar de 13.000 m. Le corresponde, conforme al Anejo B de CTE DB HE, la zona climática B3.

La pertenencia a dicha zona climática, junto con el tipo y el uso del edificio (Obra nueva - Otros usos), define los valores límite aplicables en la cuantificación de la exigencia, descritos en la sección HE1. Control de la demanda energética del edificio, del Documento Básico HE Ahorro de energía, del CTE.

### 2.2. Agrupaciones de recintos.

Se muestra a continuación la caracterización de la envolvente térmica del edificio, así como la de cada una de las zonas que han sido incluidas en la misma:

	S (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	V <sub>inf</sub> (m <sup>3</sup> )	Q <sub>sol,jul</sub> (kWh/mes)	n <sub>50</sub> (h <sup>-1</sup> )	q <sub>sol,jul</sub> (kWh/m <sup>2</sup> /mes)	V/A (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
Zona común	4046.52	11948.90	11330.26	15503.20	3.928	-	-
Envolvente térmica	4046.52	11948.90	11330.26	15503.20	3.9	3.83	1.7

donde:

S: Superficie útil interior, m<sup>2</sup>.

V: Volumen interior, m<sup>3</sup>.

V<sub>inf</sub>: Volumen interior para el cálculo de las infiltraciones, m<sup>3</sup>.

Q<sub>sol,jul</sub>: Ganancias solares para el mes de julio de los huecos pertenecientes a la envolvente térmica, con sus protecciones solares móviles activadas, kWh/mes.

n<sub>50</sub>: Relación del cambio de aire con una presión diferencial de 50 Pa, h<sup>-1</sup>.

q<sub>sol,jul</sub>: Control solar, kWh/m<sup>2</sup>/mes.

V/A: Compacidad (relación entre el volumen encerrado y la superficie de intercambio con el exterior), m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.

## 3. DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA Y CONSTRUCTIVA DEL MODELO DE CÁLCULO

### 3.1. Caracterización de los elementos que componen la envolvente térmica

#### 3.1.1. Cerramientos opacos

Los cerramientos opacos suponen el 52.41% del coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica (K).

	Tipo	S (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))	U <sub>lim</sub> (W/(m <sup>2</sup> ·K))	a	O. (°)	S·U (W/K)	
Zona común								
Fachada		240.51	0.30	0.56	0.60	Norte(20)	71.37	
Fachada		597.74	0.30	0.56	0.60	Oeste(290)	177.37	
Fachada		603.64	0.30	0.56	0.60	Este(110)	179.12	
Fachada		240.59	0.30	0.56	0.60	Suroeste(200)	71.39	
Fachada		23.71	0.48	0.56	0.60	Suroeste(200)	11.33	

# Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE1: Condiciones para el control de la demanda energética

	Tipo	S (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))	U <sub>lim</sub> (W/(m <sup>2</sup> ·K))	a	O. (°)	S·U (W/K)	
Fachada		7.91	0.48	0.56	0.60	Oeste(290)	3.78	✓
Fachada		24.58	0.48	0.56	0.60	Norte(20)	11.74	✓
Fachada		39.18	0.48	0.56	0.60	Este(110)	18.72	✓
Cubierta		2225.47	0.27	0.44	0.60	-	604.18	✓
Solera		2228.41	0.50	0.75	-	-	1114.21	✓
							2263.21	

donde:

- S: Superficie, m<sup>2</sup>.
- U: Transmitancia térmica, W/(m<sup>2</sup>·K).
- U<sub>lim</sub>: Transmitancia térmica límite aplicada, W/(m<sup>2</sup>·K).
- a: Coeficiente de absorción solar (absortividad) de la superficie opaca.
- O.: Orientación de la superficie (azimut respecto al norte), °.

### 3.1.2. Huecos

Los huecos suponen el 30.54% del coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica (K).

	S (m <sup>2</sup> )	O. (°)	F <sub>F</sub> (%)	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))	U <sub>lim</sub> (W/(m <sup>2</sup> ·K))	S·U (W/K)	g <sub>gl,n</sub>	g <sub>gl,sh,wl</sub>	Q <sub>sol,jul</sub> (kWh/mes)	% Q <sub>sol,jul</sub>	
<b>Zona común</b>											
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	52.92	0.34	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	52.92	0.34	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Oeste(290)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	21.13	0.14	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Oeste(290)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	21.65	0.14	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Oeste(290)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	10.65	0.07	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.42	Oeste(290)	-	1.80	2.30	2.56	0.21	0.28	19.87	0.13	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	52.92	0.34	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	52.92	0.34	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	52.92	0.34	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	52.92	0.34	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	52.92	0.34	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	52.92	0.34	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	52.92	0.34	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	52.92	0.34	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	52.92	0.34	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	52.92	0.34	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	52.92	0.34	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	52.92	0.34	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Oeste(290)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	21.58	0.14	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Oeste(290)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	21.28	0.14	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Oeste(290)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	20.93	0.13	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Oeste(290)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	20.41	0.13	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	52.92	0.34	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	52.92	0.34	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	52.92	0.34	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	52.92	0.34	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	52.92	0.34	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	52.92	0.34	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	52.92	0.34	✓
5- Ventana 1.5 x 1 DOBLE	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	52.92	0.34	✓
3-CRISTALERAS LATERALES (440-445)	10.20	Norte(20)	-	1.80	2.30	18.36	0.21	0.28	80.84	0.52	✓
3-CRISTALERAS LATERALES (415-420)	9.55	Suroeste(200)	-	1.80	2.30	17.19	0.21	0.28	148.66	0.96	✓
3-CRISTALERAS LATERALES (450-455)	10.43	Suroeste(200)	-	1.80	2.30	18.77	0.21	0.28	160.98	1.04	✓
3-CRISTALERAS LATERALES (440-445)	10.12	Suroeste(200)	-	1.80	2.30	18.21	0.21	0.28	156.40	1.01	✓
2-MURO CORTINA LARGO (2250-2255)	51.77	Suroeste(200)	-	1.80	2.30	93.18	0.21	0.28	1053.09	6.79	✓
2-MURO CORTINA LARGO (690-695)	15.87	Oeste(290)	-	1.80	2.30	28.57	0.21	0.28	297.21	1.92	✓
2-MURO CORTINA LARGO (2230-2235)	51.33	Norte(20)	-	1.80	2.30	92.40	0.21	0.28	557.04	3.59	✓
3-CRISTALERAS LATERALES (445-450)	10.22	Norte(20)	-	1.80	2.30	18.40	0.21	0.28	81.07	0.52	✓







## Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE1: Condiciones para el control de la demanda energética

	S (m <sup>2</sup> )	O. (°)	F <sub>F</sub> (%)	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))	U <sub>lim</sub> (W/(m <sup>2</sup> ·K))	S·U (W/K)	g <sub>gl,n</sub>	g <sub>gl,sh,wi</sub>	Q <sub>sol,jul</sub> (kWh/mes)	% q <sub>sol,jul</sub>	
4-VENTANAS 1.5X1	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	52.92	0.34	✓
4-VENTANAS 1.5X1	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	52.92	0.34	✓
4-VENTANAS 1.5X1	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	52.92	0.34	✓
4-VENTANAS 1.5X1	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	44.02	0.28	✓
4-VENTANAS 1.5X1	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	44.83	0.29	✓
4-VENTANAS 1.5X1	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	44.98	0.29	✓
4-VENTANAS 1.5X1	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	45.43	0.29	✓
4-VENTANAS 1.5X1	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	48.97	0.32	✓
4-VENTANAS 1.5X1	1.50	Este(110)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	50.29	0.32	✓
4-VENTANAS 1.5X1	1.50	Oeste(290)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	36.19	0.23	✓
4-VENTANAS 1.5X1	1.50	Oeste(290)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	35.28	0.23	✓
4-VENTANAS 1.5X1	1.50	Oeste(290)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	34.68	0.22	✓
4-VENTANAS 1.5X1	1.50	Oeste(290)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	34.31	0.22	✓
4-VENTANAS 1.5X1	1.50	Oeste(290)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	34.17	0.22	✓
4-VENTANAS 1.5X1	1.50	Oeste(290)	-	1.80	2.30	2.70	0.21	0.28	31.27	0.20	✓
						1318.82			15503.20	100.00	

donde:

- S: Superficie, m<sup>2</sup>.
- O.: Orientación de la superficie (azimut respecto al norte), °.
- F<sub>F</sub>: Fracción de parte opaca, %.
- U: Transmitancia térmica, W/(m<sup>2</sup>·K).
- U<sub>lim</sub>: Transmitancia térmica límite aplicada, W/(m<sup>2</sup>·K).
- g<sub>gl</sub>: Factor solar.
- g<sub>gl,sh,wi</sub>: Transmitancia total de energía solar del hueco, con los dispositivos de sombra móviles activados.
- Q<sub>sol,jul</sub>: Ganancia solar para el mes de julio con las protecciones solares móviles activadas, kWh/mes.
- %q<sub>sol,jul</sub>: Repercusión en el parámetro de control solar de la envolvente térmica, %.

### 3.1.3. Puentes térmicos

Los puentes térmicos suponen el 17.05% del coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica (K).

	Tipo	L (m)	Y (W/(m·K))	L·Y (W/K)
<b>Zona común</b>				
Hueco de ventana		401.718	0.034	13.5
Hueco de ventana		502.000	0.265	133.2
Hueco de ventana		401.718	0.406	163.0
Encuentro de fachada con solera		388.757	-0.664	-258.2
Esquina saliente de fachadas		100.800	0.255	25.7
Encuentro de fachada con forjado		773.833	0.609	471.0
Otro (no interviene en el edificio de referencia)		78.400	-0.401	-31.4
Hueco de ventana		103.437	0.090	9.3
Hueco de ventana		27.600	-0.057	-1.6
Hueco de ventana		103.437	0.166	17.2
Encuentro de fachada con cubierta		388.916	0.500	194.5
				736.2

donde:

- L: Longitud, m.
- Y: Transmitancia térmica lineal, W/(m·K).

Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 4.  
Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda  
de agua caliente sanitaria

## ÍNDICE

1. CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA.....	3
1.1. Contribución de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria.....	3
2. DEMANDA DE ACS.....	3
3. CONTRIBUCIÓN RENOVABLE APORTADA PARA ACS.....	4
3.1. Rendimiento medio estacional de las bombas de calor.....	4

# Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 4. Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria

## 1. CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

### 1.1. Contribución de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria.

$$RER_{ACS,nrb} = 98.9\% \geq RER_{ACS,nrb,lim} = 60\%$$



donde:

- $RER_{ACS,nrb}$ : Valor calculado de la contribución de energía renovable para satisfacer la demanda de agua caliente sanitaria, %.
- $RER_{ACS,nrb,lim}$ : Valor límite de la contribución de energía renovable para satisfacer la demanda de agua caliente sanitaria (sección 3.1.1, CTE DB HE 4), %.

## 2. DEMANDA DE ACS

El edificio objeto del proyecto se sitúa en el municipio de Valencia (provincia de Valencia), con una altura sobre el nivel del mar de 13.000 m. Le corresponde, conforme al Anejo B de CTE DB HE, la zona climática B3, y conforme a la Decisión de la Comisión 2013/114/EU, la zona climática Cálida.

La demanda de agua caliente sanitaria (ACS) del edificio se calcula de acuerdo al Anejo F de CTE DB HE, e incluye las pérdidas térmicas por distribución, acumulación y recirculación.

EDIFICIO ( $S_u = 4046.52 \text{ m}^2$ )

	Ene (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dic (kWh)	Año (kWh/año)	(kWh/m <sup>2</sup> ·año)
$D_{ACS}$	1659.3	1468.7	1592.9	1509.3	1493.3	1380.9	1360.6	1327.5	1348.9	1460.2	1509.4	1626.1	17737.2	4.4
$Q_{acum}^*$	20.5	18.5	20.5	19.8	20.5	19.8	20.5	20.5	19.8	20.5	19.8	20.5	241.2	0.1
$Q_{dist}$	83.0	73.4	79.6	75.5	74.7	69.0	68.0	66.4	67.4	73.0	75.5	81.3	886.9	0.2
$D_{ACS,total}$	1762.7	1560.7	1693.0	1604.6	1588.4	1469.7	1449.1	1414.4	1436.2	1553.7	1604.7	1727.9	18865.2	4.7

donde:

- $S_u$ : Superficie útil habitable incluida en la envolvente térmica, m<sup>2</sup>.
- $D_{ACS}$ : Demanda energética correspondiente al servicio de agua caliente sanitaria, kWh.
- $Q_{acum}^*$ : Pérdidas por acumulación, kWh.
- \*: En caso de que el rendimiento medio estacional de los equipos de ACS considere las pérdidas por acumulación, estas no se incluyen en la demanda de ACS.
- $Q_{dist}$ : Pérdidas por distribución y recirculación, kWh.
- $D_{ACS,total}$ : Demanda energética correspondiente al servicio de agua caliente sanitaria incluyendo pérdidas por acumulación, distribución y recirculación, kWh.

El salto térmico utilizado en el cálculo de la energía térmica necesaria se realiza entre una temperatura de referencia definida en la zona, y la temperatura del agua de red en el emplazamiento del edificio proyectado conforme al Anejo G de CTE DB HE, de valores:

	Ene (°C)	Feb (°C)	Mar (°C)	Abr (°C)	May (°C)	Jun (°C)	Jul (°C)	Ago (°C)	Sep (°C)	Oct (°C)	Nov (°C)	Dic (°C)
Temperatura del agua de red	10.0	11.0	12.0	13.0	15.0	17.0	19.0	20.0	18.0	16.0	13.0	11.0

Se muestran a continuación los resultados del cálculo de la demanda energética de ACS para cada zona habitable del edificio, junto con las demandas diarias.

Zonas habitables	$Q_{ACS}$ (l/día)	$T_{ref}$ (°C)	$S_u$ (m <sup>2</sup> )	$D_{ACS}$ (kWh/año)	$D_{ACS}$ (kWh/m <sup>2</sup> ·año)
Zona común	922.0	60.0	4046.52	18865.24	4.66
	922.0		4046.52	18865.24	4.66

donde:

- $Q_{ACS}$ : Caudal diario demandado de agua caliente sanitaria, l/día.
- $T_{ref}$ : Temperatura de referencia, °C.

# Justificación del cumplimiento de la exigencia básica HE 4. Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria

$S_u$ : Superficie útil de la zona habitable,  $m^2$ .

$D_{ACS}$ : Demanda energética correspondiente al servicio de agua caliente sanitaria incluyendo pérdidas por acumulación, distribución y recirculación,  $kWh/m^2 \cdot año$ .

## 3. CONTRIBUCIÓN RENOVABLE APORTADA PARA ACS

El cálculo de la contribución de energía renovable para satisfacer la demanda de ACS del edificio se realiza mediante el programa CteEPBD integrado en el documento reconocido CYPETHERM HE Plus, desarrollado por IETcc-CSIC en el marco del convenio con el Ministerio de Fomento, que implementa la metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios descrita en la norma EN ISO 52000-1:2017.

Se indican los equipos de producción de ACS del edificio que utilizan energía procedente de fuentes renovables con origen in situ o en las proximidades del edificio, junto con el porcentaje de la demanda total de ACS del edificio cubierto por cada uno.

Equipos	Vector energético	$f_{ACS}$ (%)
Energía térmica renovable producida in situ	Medioambiente	77.6
Bombas de calor	Medioambiente	16.8
Bombas de calor	Electricidad	5.6

donde:

$f_{ACS}$ : Porcentaje de la demanda de ACS del edificio cubierto por el equipo, %.

La contribución renovable de la electricidad producida in situ por medio de fuentes de energía renovables se considera en los sistemas de producción de ACS accionados eléctricamente.

### 3.1. Rendimiento medio estacional de las bombas de calor

Según el apartado 3.1.4 de CTE DB HE 4, las bombas de calor destinadas a la producción de ACS, para poder considerar su contribución renovable a efectos de esta sección, deberán disponer de un valor de rendimiento medio estacional ( $SCOP_{dhw}$ ) superior a 2,5 cuando sean accionadas eléctricamente y superior a 1,15 cuando sean accionadas mediante energía térmica.

Se muestra a continuación el  $SCOP_{dhw}$  de las bombas de calor destinadas a la producción de ACS del edificio. En el cálculo de la contribución renovable para ACS sólo se ha tenido en cuenta el aporte de las bombas de calor que cumplen con el requisito anterior.

Referencia	Descripción	Tipo	$SCOP_{dhw}$	$SCOP_{dhw,lim}$
Equipo de ACS	Panasonic WH-MDC12H6E5	Eléctrica	3.98 (C)	2.50 ✓

donde:

$SCOP_{dhw}$ : Valor del rendimiento medio estacional de la bomba de calor.

E: Valor de  $SCOP_{dhw}$  del ensayo según la norma UNE-EN 16417.

SPF: Valor de  $SCOP_{dhw}$  calculado de acuerdo al documento reconocido "Prestaciones medias estacionales de las bombas de calor para producción de calor en edificios".

C: Valor de  $SCOP_{dhw}$  calculado por otros métodos.

$SCOP_{dhw,lim}$ : Valor límite del rendimiento medio estacional para considerar la contribución renovable de la bomba de calor (sección 3.1.4, CTE DB HE 4).

# ANEXO 3 : CÓDIGO PYTHON

## Código Python creador de lista 8760 valores de consumo energético

```
import pandas as pd
import itertools as it
import datetime
import numpy as np
import re
import xlrd

# Lectura de datos desde archivo de excel mensuales
datos_en = pd.read_excel('T_consumos_Industrial.xlsx',
sheet_name='Enero')
datos_feb = pd.read_excel('T_consumos_Industrial.xlsx',
sheet_name='Febrero')
datos_mar = pd.read_excel('T_consumos_Industrial.xlsx',
sheet_name='Marzo')
datos_abr = pd.read_excel('T_consumos_Industrial.xlsx',
sheet_name='Abril')
datos_may = pd.read_excel('T_consumos_Industrial.xlsx',
sheet_name='Mayo')
datos_jun = pd.read_excel('T_consumos_Industrial.xlsx',
sheet_name='Junio')
datos_jul = pd.read_excel('T_consumos_Industrial.xlsx',
sheet_name='Julio')
datos_ago = pd.read_excel('T_consumos_Industrial.xlsx',
sheet_name='Agosto')
datos_sep = pd.read_excel('T_consumos_Industrial.xlsx',
sheet_name='Septiembre')
datos_oct = pd.read_excel('T_consumos_Industrial.xlsx',
sheet_name='Octubre')
datos_nov = pd.read_excel('T_consumos_Industrial.xlsx',
sheet_name='Noviembre')
datos_dic = pd.read_excel('T_consumos_Industrial.xlsx',
sheet_name='Diciembre')

# %%
# Creación de listas vacías laborales
dia_enero_list = []
dia_febrero_list = []
dia_marzo_list = []
dia_abril_list = []
dia_mayo_list = []
dia_junio_list = []
dia_julio_list = []
dia_agosto_list = []
dia_septiembre_list = []
dia_octubre_list = []
dia_noviembre_list = []
dia_diciembre_list = []

# Creación de listas vacías sábados
sab_enero_list = []
sab_febrero_list = []
sab_marzo_list = []
sab_abril_list = []
sab_mayo_list = []
sab_junio_list = []
sab_julio_list = []
sab_agosto_list = []
```

## Código Python creador de lista 8760 valores de consumo energético

```
sab_septiembre_list = []
sab_octubre_list = []
sab_noviembre_list = []
sab_diciembre_list = []

# Creación de listas vacías domingos
dom_enero_list = []
dom_febrero_list = []
dom_marzo_list = []
dom_abril_list = []
dom_mayo_list = []
dom_junio_list = []
dom_julio_list = []
dom_agosto_list = []
dom_septiembre_list = []
dom_octubre_list = []
dom_noviembre_list = []
dom_diciembre_list = []

### 365 valores diarios
print("¿A que año están referenciados los consumos?")
y = int(input())
a = datetime.date(y,1,1)
numdays = 365
datos_anio = []
for x in range(0, numdays):
    datos_anio.append(a + datetime.timedelta(days = x))

### 8760 valores horarios
b = datetime.datetime(y,1,1)
numhours = 8760
datos_anio_horario = []
for x in range(0, numhours):
    datos_anio_horario.append(b + datetime.timedelta(hours = x))

###
#Lleno las listas de los meses con su día tipo laboral
for i in range(24):
    dia_enero = datos_en.loc[i,'Distribucion_de_consumo_diario']
    dia_enero_list.append(dia_enero)

    dia_febrero = datos_feb.loc[i,'Distribucion_de_consumo_diario']
    dia_febrero_list.append(dia_febrero)

    dia_marzo = datos_mar.loc[i,'Distribucion_de_consumo_diario']
    dia_marzo_list.append(dia_marzo)

    dia_abril = datos_abr.loc[i,'Distribucion_de_consumo_diario']
    dia_abril_list.append(dia_abril)

    dia_mayo = datos_may.loc[i,'Distribucion_de_consumo_diario']
    dia_mayo_list.append(dia_mayo)

    dia_junio = datos_jun.loc[i,'Distribucion_de_consumo_diario']
    dia_junio_list.append(dia_junio)

    dia_julio = datos_jul.loc[i,'Distribucion_de_consumo_diario']
```

## Código Python creador de lista 8760 valores de consumo energético

```
dia_julio_list.append(dia_julio)

dia_agosto = datos_ago.loc[i, 'Distribucion_de_consumo_diario']
dia_agosto_list.append(dia_agosto)

dia_septiembre = datos_sep.loc[i, 'Distribucion_de_consumo_diario']
dia_septiembre_list.append(dia_septiembre)

dia_octubre = datos_oct.loc[i, 'Distribucion_de_consumo_diario']
dia_octubre_list.append(dia_octubre)

dia_noviembre = datos_nov.loc[i, 'Distribucion_de_consumo_diario']
dia_noviembre_list.append(dia_noviembre)

dia_diciembre = datos_dic.loc[i, 'Distribucion_de_consumo_diario']
dia_diciembre_list.append(dia_diciembre)

#Lleno las listas de los meses con su día tipo sábado
for i in range(24):
    sab_enero = datos_en.loc[i, 'Consumos_sabados']
    sab_enero_list.append(sab_enero)

    sab_febrero = datos_feb.loc[i, 'Consumos_sabados']
    sab_febrero_list.append(sab_febrero)

    sab_marzo = datos_mar.loc[i, 'Consumos_sabados']
    sab_marzo_list.append(sab_marzo)

    sab_abril = datos_abr.loc[i, 'Consumos_sabados']
    sab_abril_list.append(sab_abril)

    sab_mayo = datos_may.loc[i, 'Consumos_sabados']
    sab_mayo_list.append(sab_mayo)

    sab_junio = datos_jun.loc[i, 'Consumos_sabados']
    sab_junio_list.append(sab_junio)

    sab_julio = datos_jul.loc[i, 'Consumos_sabados']
    sab_julio_list.append(sab_julio)

    sab_agosto = datos_ago.loc[i, 'Consumos_sabados']
    sab_agosto_list.append(sab_agosto)

    sab_septiembre = datos_sep.loc[i, 'Consumos_sabados']
    sab_septiembre_list.append(sab_septiembre)

    sab_octubre = datos_oct.loc[i, 'Consumos_sabados']
    sab_octubre_list.append(sab_octubre)

    sab_noviembre = datos_nov.loc[i, 'Consumos_sabados']
    sab_noviembre_list.append(sab_noviembre)

    sab_diciembre = datos_dic.loc[i, 'Consumos_sabados']
    sab_diciembre_list.append(sab_diciembre)

#Lleno las listas de los meses con su día tipo domingo
for i in range(24):
```

## Código Python creador de lista 8760 valores de consumo energético

```
dom_enero = datos_en.loc[i, 'Consumos_domingos']
dom_enero_list.append(dom_enero)

dom_febrero = datos_feb.loc[i, 'Consumos_domingos']
dom_febrero_list.append(dom_febrero)

dom_marzo = datos_mar.loc[i, 'Consumos_domingos']
dom_marzo_list.append(dom_marzo)

dom_abril = datos_abr.loc[i, 'Consumos_domingos']
dom_abril_list.append(dom_abril)

dom_mayo = datos_may.loc[i, 'Consumos_domingos']
dom_mayo_list.append(dom_mayo)

dom_junio = datos_jun.loc[i, 'Consumos_domingos']
dom_junio_list.append(dom_junio)

dom_julio = datos_jul.loc[i, 'Consumos_domingos']
dom_julio_list.append(dom_julio)

dom_agosto = datos_ago.loc[i, 'Consumos_domingos']
dom_agosto_list.append(dom_agosto)

dom_septiembre = datos_sep.loc[i, 'Consumos_domingos']
dom_septiembre_list.append(dom_septiembre)

dom_octubre = datos_oct.loc[i, 'Consumos_domingos']
dom_octubre_list.append(dom_octubre)

dom_noviembre = datos_nov.loc[i, 'Consumos_domingos']
dom_noviembre_list.append(dom_noviembre)

dom_diciembre = datos_dic.loc[i, 'Consumos_domingos']
dom_diciembre_list.append(dom_diciembre)

#%%
Consumo_anio=[]
for i in range(365):

    #Condición de día laboral
    if datos_anio[i].weekday() == 0 or datos_anio[i].weekday() == 1 or
datos_anio[i].weekday() == 2 or datos_anio[i].weekday() == 3 or
datos_anio[i].weekday() == 4:

        if datos_anio[i].month == 1:
            for j in range(24):
                Consumo_temp = dia_enero_list[j]
                Consumo_anio.append(Consumo_temp)

        if datos_anio[i].month == 2:
            for j in range(24):
                Consumo_temp = dia_febrero_list[j]
                Consumo_anio.append(Consumo_temp)

        if datos_anio[i].month == 3:
            for j in range(24):
```

## Código Python creador de lista 8760 valores de consumo energético

```
        Consumo_temp = dia_marzo_list[j]
        Consumo_anio.append(Consumo_temp)

    if datos_anio[i].month == 4:
        for j in range(24):
            Consumo_temp = dia_abril_list[j]
            Consumo_anio.append(Consumo_temp)

    if datos_anio[i].month == 5:
        for j in range(24):
            Consumo_temp = dia_mayo_list[j]
            Consumo_anio.append(Consumo_temp)

    if datos_anio[i].month == 6:
        for j in range(24):
            Consumo_temp = dia_junio_list[j]
            Consumo_anio.append(Consumo_temp)

    if datos_anio[i].month == 7:
        for j in range(24):
            Consumo_temp = dia_julio_list[j]
            Consumo_anio.append(Consumo_temp)

    if datos_anio[i].month == 8:
        for j in range(24):
            Consumo_temp = dia_agosto_list[j]
            Consumo_anio.append(Consumo_temp)

    if datos_anio[i].month == 9:
        for j in range(24):
            Consumo_temp = dia_septiembre_list[j]
            Consumo_anio.append(Consumo_temp)

    if datos_anio[i].month == 10:
        for j in range(24):
            Consumo_temp = dia_octubre_list[j]
            Consumo_anio.append(Consumo_temp)

    if datos_anio[i].month == 11:
        for j in range(24):
            Consumo_temp = dia_noviembre_list[j]
            Consumo_anio.append(Consumo_temp)

    if datos_anio[i].month == 12:
        for j in range(24):
            Consumo_temp = dia_diciembre_list[j]
            Consumo_anio.append(Consumo_temp)

#Condición Sábados
if datos_anio[i].weekday() == 5:

    if datos_anio[i].month == 1:
        for j in range(24):
            Consumo_temp = sab_enero_list[j]
            Consumo_anio.append(Consumo_temp)

    if datos_anio[i].month == 2:
```

## Código Python creador de lista 8760 valores de consumo energético

```
        for j in range(24):
            Consumo_temp = sab_febrero_list[j]
            Consumo_anio.append(Consumo_temp)

    if datos_anio[i].month == 3:
        for j in range(24):
            Consumo_temp = sab_marzo_list[j]
            Consumo_anio.append(Consumo_temp)

    if datos_anio[i].month == 4:
        for j in range(24):
            Consumo_temp = sab_abril_list[j]
            Consumo_anio.append(Consumo_temp)

    if datos_anio[i].month == 5:
        for j in range(24):
            Consumo_temp = sab_mayo_list[j]
            Consumo_anio.append(Consumo_temp)

    if datos_anio[i].month == 6:
        for j in range(24):
            Consumo_temp = sab_junio_list[j]
            Consumo_anio.append(Consumo_temp)

    if datos_anio[i].month == 7:
        for j in range(24):
            Consumo_temp = sab_julio_list[j]
            Consumo_anio.append(Consumo_temp)

    if datos_anio[i].month == 8:
        for j in range(24):
            Consumo_temp = sab_agosto_list[j]
            Consumo_anio.append(Consumo_temp)

    if datos_anio[i].month == 9:
        for j in range(24):
            Consumo_temp = sab_septiembre_list[j]
            Consumo_anio.append(Consumo_temp)

    if datos_anio[i].month == 10:
        for j in range(24):
            Consumo_temp = sab_octubre_list[j]
            Consumo_anio.append(Consumo_temp)

    if datos_anio[i].month == 11:
        for j in range(24):
            Consumo_temp = sab_noviembre_list[j]
            Consumo_anio.append(Consumo_temp)

    if datos_anio[i].month == 12:
        for j in range(24):
            Consumo_temp = sab_diciembre_list[j]
            Consumo_anio.append(Consumo_temp)

#Condición Domingos
if datos_anio[i].weekday() == 6:
```

## Código Python creador de lista 8760 valores de consumo energético

```
if datos_anio[i].month == 1:
    for j in range(24):
        Consumo_temp = dom_enero_list[j]
        Consumo_anio.append(Consumo_temp)

if datos_anio[i].month == 2:
    for j in range(24):
        Consumo_temp = dom_febrero_list[j]
        Consumo_anio.append(Consumo_temp)

if datos_anio[i].month == 3:
    for j in range(24):
        Consumo_temp = dom_marzo_list[j]
        Consumo_anio.append(Consumo_temp)

if datos_anio[i].month == 4:
    for j in range(24):
        Consumo_temp = dom_abril_list[j]
        Consumo_anio.append(Consumo_temp)

if datos_anio[i].month == 5:
    for j in range(24):
        Consumo_temp = dom_mayo_list[j]
        Consumo_anio.append(Consumo_temp)

if datos_anio[i].month == 6:
    for j in range(24):
        Consumo_temp = dom_junio_list[j]
        Consumo_anio.append(Consumo_temp)

if datos_anio[i].month == 7:
    for j in range(24):
        Consumo_temp = dom_julio_list[j]
        Consumo_anio.append(Consumo_temp)

if datos_anio[i].month == 8:
    for j in range(24):
        Consumo_temp = dom_agosto_list[j]
        Consumo_anio.append(Consumo_temp)

if datos_anio[i].month == 9:
    for j in range(24):
        Consumo_temp = dom_septiembre_list[j]
        Consumo_anio.append(Consumo_temp)

if datos_anio[i].month == 10:
    for j in range(24):
        Consumo_temp = dom_octubre_list[j]
        Consumo_anio.append(Consumo_temp)

if datos_anio[i].month == 11:
    for j in range(24):
        Consumo_temp = dom_noviembre_list[j]
        Consumo_anio.append(Consumo_temp)

if datos_anio[i].month == 12:
    for j in range(24):
```

## Código Python creador de lista 8760 valores de consumo energético

```
Consumo_temp = dom_diciembre_list[j]
Consumo_anio.append(Consumo_temp)

###
#Exportación en formato Excel
df = pd.to_datetime(datos_anio_horario, format = "%Y-%m-%d %H:%M")
df2 = {'Fecha y Hora ' : df, 'Consumo horario [kWh] ' : Consumo_anio}
df2 = pd.DataFrame(df2)
df2.to_excel('time_series_anual_Industrial.xlsx')
```

# ANEXO 4 : INFORME PVSYST

# PVsyst - Simulation report

## Grid-Connected System

---

Project: Pv Edificio 8H UPV

Variant: Nueva variante de simulación

Tables on a building

System power: 68.9 kWp

Valencia - España



Project: Pv Edificio 8H UPV  
Variant: Nueva variante de simulación

**PVsyst V7.2.4**

VCO, Simulation date:  
07/06/22 12:47  
with v7.2.4

**Project summary**

<b>Geographical Site</b> Valencia España	<b>Situation</b> Latitude 39.50 °N Longitude -0.47 °W Altitude 62 m Time zone UTC+1	<b>Project settings</b> Albedo 0.20
<b>Meteo data</b> Valencia MeteoNorm 8.0 station - Sintético		

**System summary**

<b>Grid-Connected System</b>  <b>PV Field Orientation</b> Fixed plane Tilt/Azimuth 30 / 0 °	<b>Tables on a building</b>  <b>Near Shadings</b> Linear shadings	<b>User's needs</b> Ext. defined as file Consumos_PVSyst_v2.csv
<b>System information</b> <b>PV Array</b> Nb. of modules 153 units Pnom total 68.9 kWp	<b>Inverters</b> Nb. of units 1 Unit Pnom total 60.0 kWac Pnom ratio 1.148	

**Results summary**

Produced Energy 114.0 MWh/year	Specific production 1656 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR 84.91 %	Solar Fraction SF 51.84 %
--------------------------------	---------------------------------------	------------------------	---------------------------

**Table of contents**

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Near shading definition - Iso-shadings diagram	4
Main results	5
Loss diagram	6
Special graphs	7



# Project: Pv Edificio 8H UPV

Variant: Nueva variante de simulación

## PVsyst V7.2.4

VCO, Simulation date:  
07/06/22 12:47  
with v7.2.4

### General parameters

#### Grid-Connected System

#### PV Field Orientation

##### Orientation

Fixed plane  
Tilt/Azimuth 30 / 0 °

#### Horizon

Free Horizon

#### Tables on a building

##### Sheds configuration

Nb. of sheds 150 units

##### Sizes

Sheds spacing 4.50 m  
Collector width 2.10 m  
Ground Cov. Ratio (GCR) 46.7 %

##### Shading limit angle

Limit profile angle 21.4 °

#### Near Shadings

Linear shadings

##### Models used

Transposition Perez  
Diffuse Perez, Meteororm  
Circumsolar separate

#### User's needs

Ext. defined as file  
Consumos\_PVSyst\_v2.csv

Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year	
11497	11575	9143	7159	7810	10784	13523	7359	10470	8515	9792	8845	116472	kWh

### PV Array Characteristics

#### PV module

Manufacturer Jetion  
Model JT SGH 450  
(Custom parameters definition)

Unit Nom. Power 450 Wp  
Number of PV modules 153 units  
Nominal (STC) 68.9 kWp  
Modules 9 Strings x 17 In series

#### At operating cond. (50°C)

Pmpp 62.8 kWp  
U mpp 640 V  
I mpp 98 A

#### Total PV power

Nominal (STC) 69 kWp  
Total 153 modules  
Module area 334 m<sup>2</sup>

#### Inverter

Manufacturer Green Heiss  
Model GH-IT 60 3M  
(Custom parameters definition)

Unit Nom. Power 60.0 kWac  
Number of inverters 3 \* MPPT 33% 1 units  
Total power 60.0 kWac  
Operating voltage 250-1000 V  
Pnom ratio (DC:AC) 1.15

#### Total inverter power

Total power 60 kWac  
Nb. of inverters 1 Unit  
Pnom ratio 1.15

### Array losses

#### Thermal Loss factor

Module temperature according to irradiance  
Uc (const) 20.0 W/m<sup>2</sup>K  
Uv (wind) 0.0 W/m<sup>2</sup>K/m/s

#### Module mismatch losses

Loss Fraction 2.0 % at MPP

#### DC wiring losses

Global array res. 108 mΩ  
Loss Fraction 1.5 % at STC

#### Strings Mismatch loss

Loss Fraction 0.1 %

#### Module Quality Loss

Loss Fraction -1.3 %

#### IAM loss factor

ASHRAE Param: IAM = 1 - bo(1/cosi -1)  
bo Param. 0.05

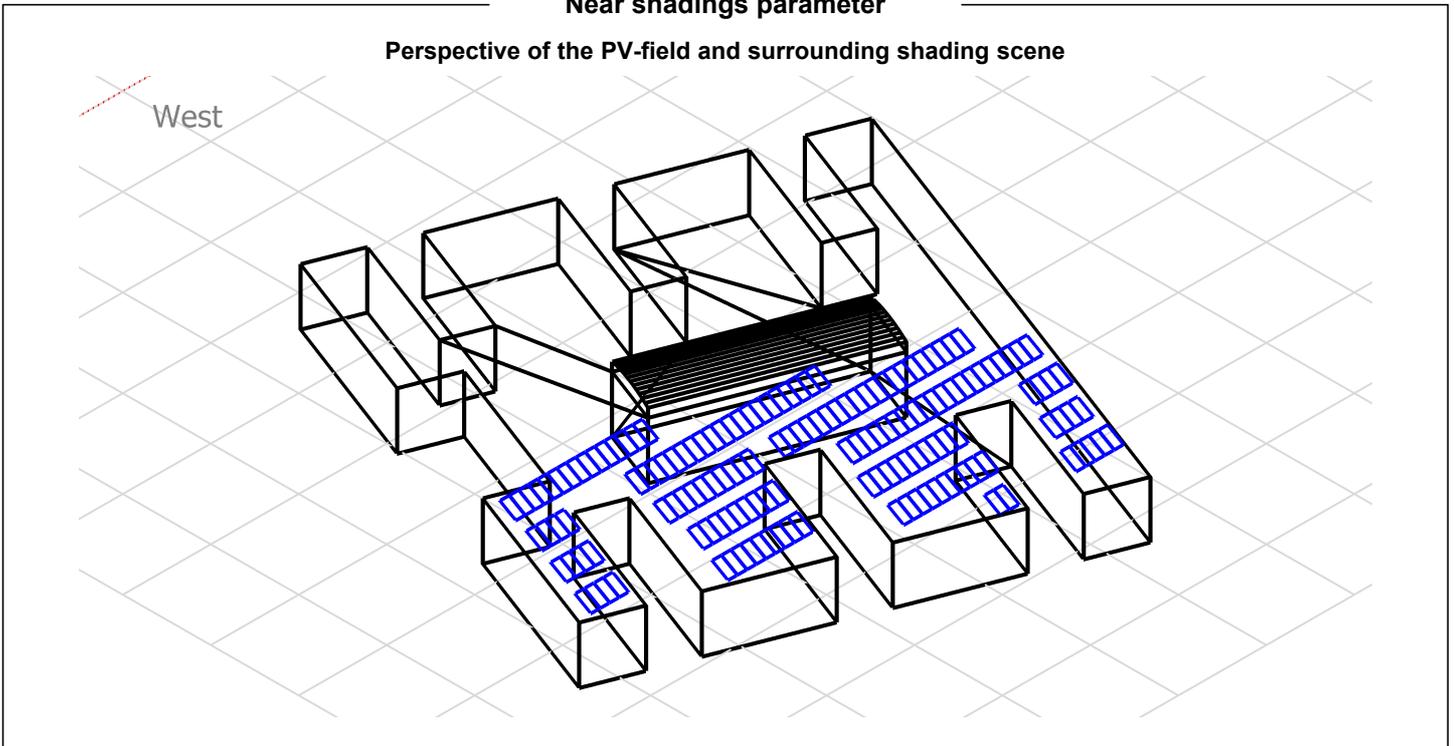


**PVsyst V7.2.4**

VC0, Simulation date:  
07/06/22 12:47  
with v7.2.4

**Near shadings parameter**

Perspective of the PV-field and surrounding shading scene

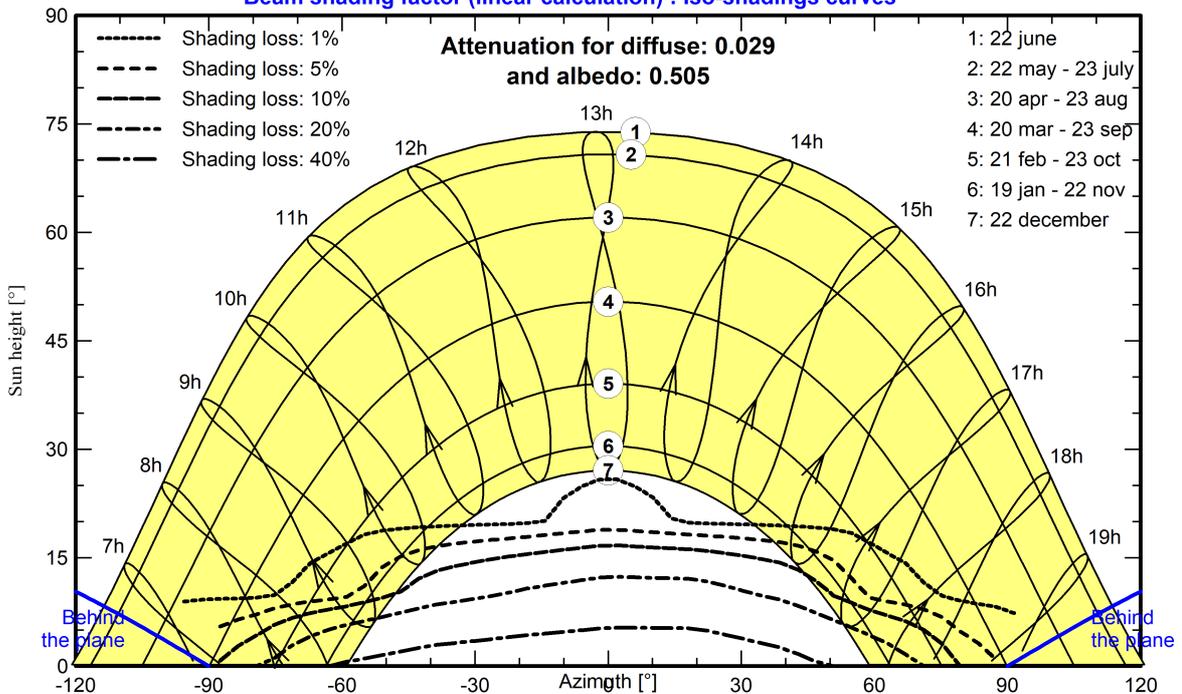


**Iso-shadings diagram**

**Pv Edificio 8H UPV**

Beam shading factor (linear calculation) : Iso-shadings curves

Attenuation for diffuse: 0.029  
and albedo: 0.505





**PVsyst V7.2.4**

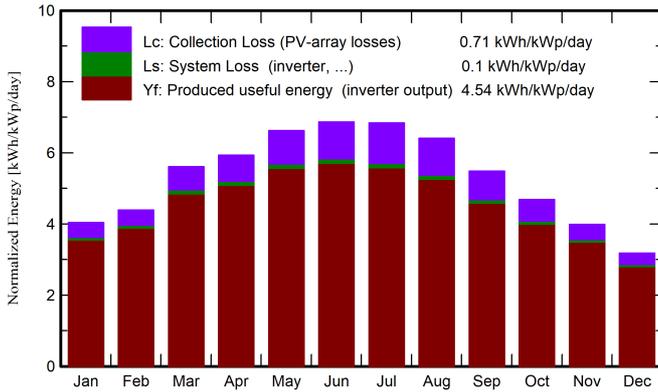
VCO, Simulation date:  
 07/06/22 12:47  
 with v7.2.4

**Main results**

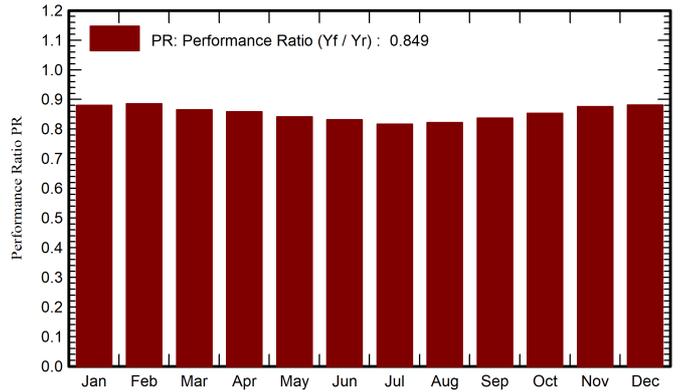
**System Production**

Produced Energy	114.0 MWh/year	Specific production	1656 kWh/kWp/year
		Performance Ratio PR	84.91 %
		Solar Fraction SF	51.84 %

**Normalized productions (per installed kWp)**



**Performance Ratio PR**



**Balances and main results**

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EFrGrid
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	°C	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
January	74.1	25.30	10.90	125.2	119.9	7.75	11.50	4.183	3.399	7.313
February	86.7	37.20	10.90	122.9	118.5	7.66	11.58	4.583	2.911	6.992
March	140.0	51.80	13.70	173.9	168.1	10.59	9.14	4.340	6.018	4.803
April	163.6	64.20	15.80	178.1	171.4	10.76	7.16	4.009	6.510	3.150
May	207.3	75.70	19.50	205.3	197.4	12.16	7.81	5.093	6.792	2.717
June	216.4	80.90	23.60	206.0	198.0	12.06	10.78	7.537	4.262	3.247
July	219.1	79.90	26.70	212.0	203.8	12.19	13.52	8.429	3.491	5.094
August	188.0	73.70	26.80	198.6	191.4	11.49	7.36	4.847	6.392	2.512
September	140.1	56.00	22.80	164.5	158.5	9.69	10.47	5.743	3.737	4.727
October	107.1	44.70	19.30	145.3	140.4	8.72	8.52	4.181	4.351	4.334
November	75.3	28.60	13.80	119.7	114.9	7.37	9.79	4.265	2.949	5.527
December	59.1	25.90	10.60	98.7	93.8	6.11	8.85	3.166	2.818	5.680
<b>Year</b>	<b>1676.8</b>	<b>643.90</b>	<b>17.91</b>	<b>1950.0</b>	<b>1875.8</b>	<b>116.53</b>	<b>116.47</b>	<b>60.376</b>	<b>53.629</b>	<b>56.096</b>

**Legends**

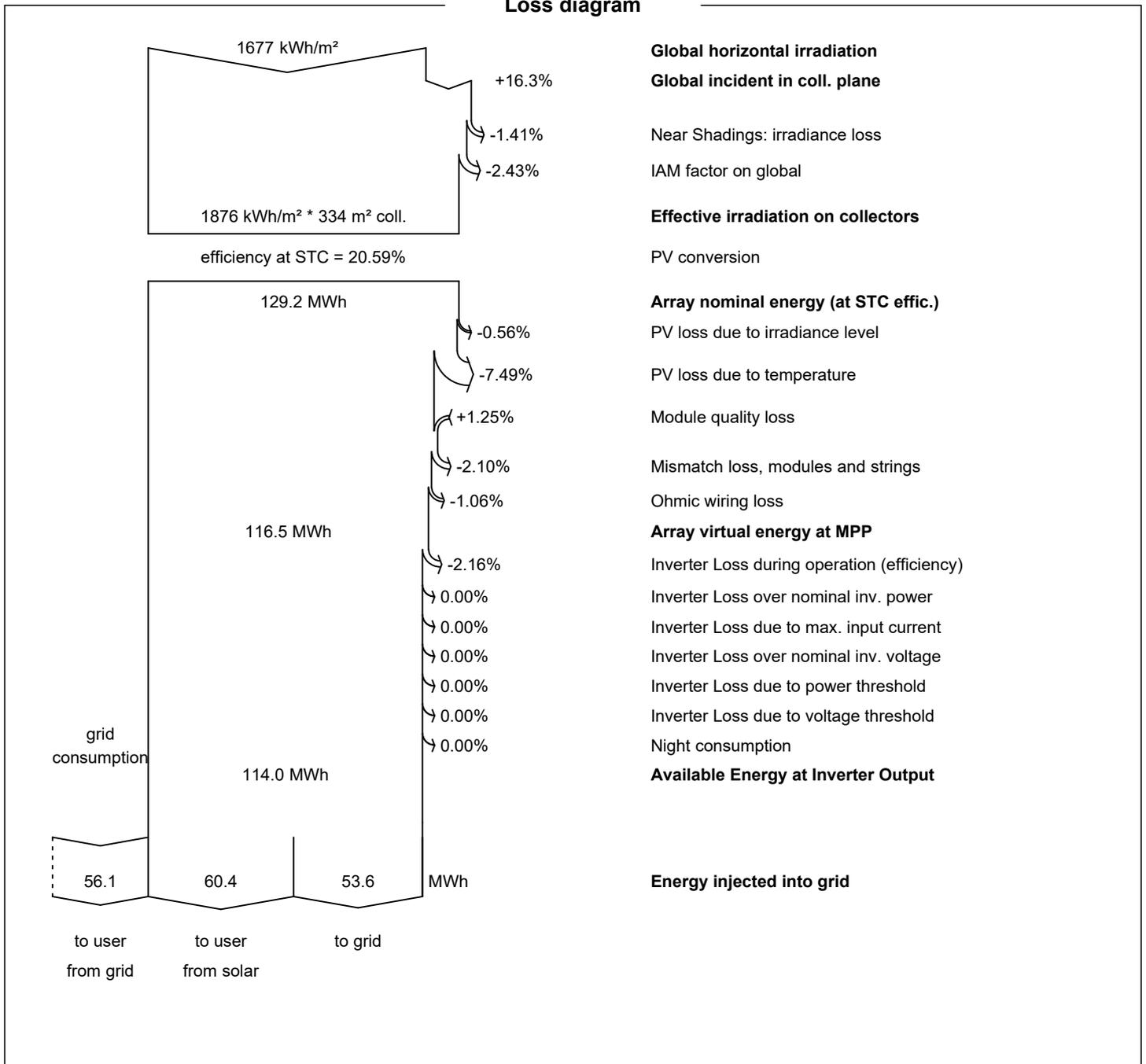
GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_User	Energy supplied to the user
T_Amb	Ambient Temperature	E_Solar	Energy from the sun
GlobInc	Global incident in coll. plane	E_Grid	Energy injected into grid
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	EFrGrid	Energy from the grid



**PVsyst V7.2.4**

VCO, Simulation date:  
 07/06/22 12:47  
 with v7.2.4

**Loss diagram**



- Global horizontal irradiation**
- Global incident in coll. plane**
- Near Shadings: irradiance loss
- IAM factor on global
- Effective irradiation on collectors**
- PV conversion
- Array nominal energy (at STC effic.)**
- PV loss due to irradiance level
- PV loss due to temperature
- Module quality loss
- Mismatch loss, modules and strings
- Ohmic wiring loss
- Array virtual energy at MPP**
- Inverter Loss during operation (efficiency)
- Inverter Loss over nominal inv. power
- Inverter Loss due to max. input current
- Inverter Loss over nominal inv. voltage
- Inverter Loss due to power threshold
- Inverter Loss due to voltage threshold
- Night consumption
- Available Energy at Inverter Output**
- Energy injected into grid**

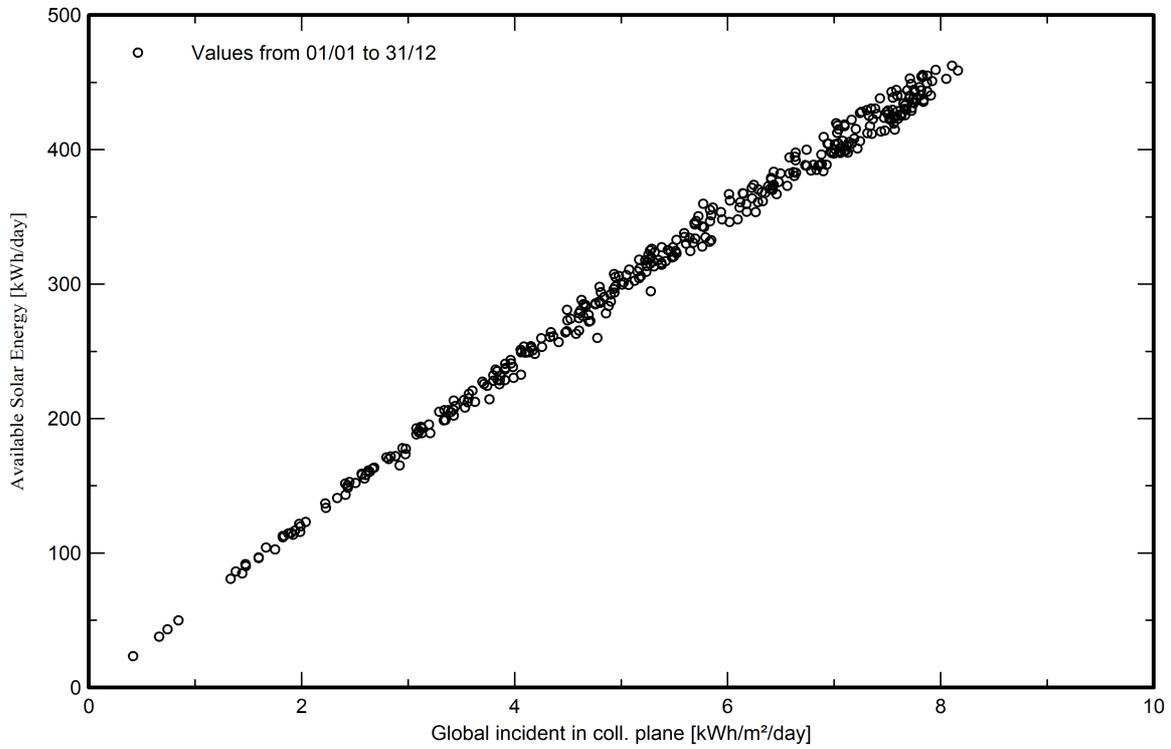


**PVsyst V7.2.4**

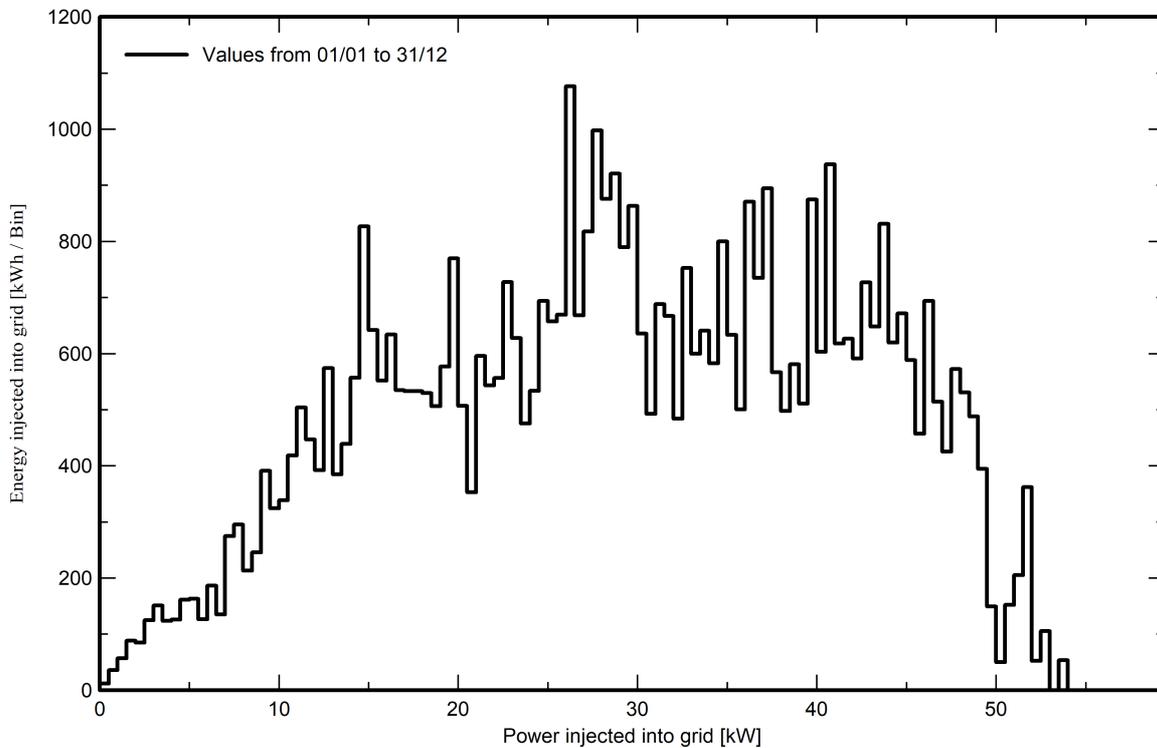
VC0, Simulation date:  
07/06/22 12:47  
with v7.2.4

**Special graphs**

**Diagrama entrada/salida diaria**



**Distribución de potencia de salida del sistema**



# ANEXO 5 : SISTEMA VRV

## ÍNDICE

1.	3
1.1. Conformidad del proyecto.....	3
1.2. Lista de equipos.....	3
1.3. Detalles.....	3
1.4. Esquema.....	5
2.	6
2.1. Conformidad del proyecto.....	6
2.2. Lista de equipos.....	6
2.3. Detalles.....	6
2.4. Esquema.....	8
3.	9
3.1. Conformidad del proyecto.....	9
3.2. Lista de equipos.....	9
3.3. Detalles.....	9
3.4. Esquema.....	11
4.	12
4.1. Conformidad del proyecto.....	12
4.2. Lista de equipos.....	12
4.3. Detalles.....	12
4.4. Esquema.....	14
5.	15
5.1. Conformidad del proyecto.....	15
5.2. Lista de equipos.....	15
5.3. Detalles.....	15
5.4. Esquema.....	17
6.	18
6.1. Conformidad del proyecto.....	18
6.2. Lista de equipos.....	18
6.3. Detalles.....	18
6.4. Esquema.....	20
7.	21
7.1. Conformidad del proyecto.....	21
7.2. Lista de equipos.....	21
7.3. Detalles.....	21
7.4. Esquema.....	23
8.	24
8.1. Conformidad del proyecto.....	24
8.2. Lista de equipos.....	24
8.3. Detalles.....	24
8.4. Esquema.....	26

9.	27
9.1. Conformidad del proyecto.....	27
9.2. Lista de equipos.....	27
9.3. Detalles.....	27
9.4. Esquema.....	29
10.	30
10.1. Conformidad del proyecto.....	30
10.2. Lista de equipos.....	30
10.3. Detalles.....	30
10.4. Esquema.....	32
11.	33
11.1. Conformidad del proyecto.....	33
11.2. Lista de equipos.....	33
11.3. Detalles.....	33
11.4. Esquema.....	35
12.	36
12.1. Conformidad del proyecto.....	36
12.2. Lista de equipos.....	36
12.3. Detalles.....	36
12.4. Esquema.....	38
13.	39
13.1. Conformidad del proyecto.....	39
13.2. Lista de equipos.....	39
13.3. Detalles.....	39
13.4. Esquema.....	41
14.	42
14.1. Conformidad del proyecto.....	42
14.2. Lista de equipos.....	42
14.3. Detalles.....	42
14.4. Esquema.....	44
15.	45
15.1. Conformidad del proyecto.....	45
15.2. Lista de equipos.....	45
15.3. Detalles.....	45
15.4. Esquema.....	47
16.	48
16.1. Conformidad del proyecto.....	48
16.2. Lista de equipos.....	48
16.3. Detalles.....	48
16.4. Esquema.....	50

# 1.

## 1.1. Conformidad del proyecto

Comprobaciones	Diseño	Especificación	Cumple
Índice de conexión	85.00	50.00 - 130.00	✓
Ratio de conexión	85 %	50 % - 130 %	✓
Número de IU conectadas	5	64	✓
Longitud real de tubería entre todas las IU y OU	31.91 m	300.00 m	✓
Longitud real de tubería entre la OU y la IU mas alejada	17.56 m	70.00 m	✓
Longitud equivalente de tubería entre la OU y la IU mas alejada	21.08 m	90.00 m	✓
Longitud de tubería entre la primera derivación y la IU mas alejada	14.47 m	40.00 m	✓
Diferencia de altura entre unidades exteriores y unidades interiores	2.50 m	30.00 m	✓

## 1.2. Lista de equipos

### Unidades exteriores

Modelo	Descripción	Cantidad
RXYSCQ4TV1	Bomba de calor (2 tubos)	1

### Unidades interiores

Modelo	Descripción	Cantidad
FXZQ25A	2800 W Cassette (de 4 vías, integrado)	1
FXZQ15A	1700 W Cassette (de 4 vías, integrado)	4

### Derivaciones

Modelo	Descripción	Cantidad
KHRQ22M20T	Derivación en Y	4

### Longitud de tubería

Diámetro de la tubería	Gas (m)	Descarga (m)	Líquido (m)	Longitud total (m)
Ø6.4 mm (1/4")	0	0	20.44	20.44
Ø9.5 mm (3/8")	0	0	11.47	11.47
Ø12.7 mm (1/2")	20.44	0	0	20.44
Ø15.9 mm (5/8")	11.47	0	0	11.47

## 1.3. Detalles

### Refrigerante

Modelo	Maestra	Esclava 1	Esclava 2	Refrigerante (Kg)			
				Tipo	Carga de refrigerante estándar de fábrica	Carga adicional	Total
RXYSCQ4TV1				R-410A	3.70	1.13	4.83

### Unidad exterior

Modelo	Calefacción (W)		Refrigeración (W)		Simultaneidad (%)
	Nominal	Corregida	Nominal	Corregida	Sistema
RXYSCQ4TV1	14200	11616	12100	8340	85

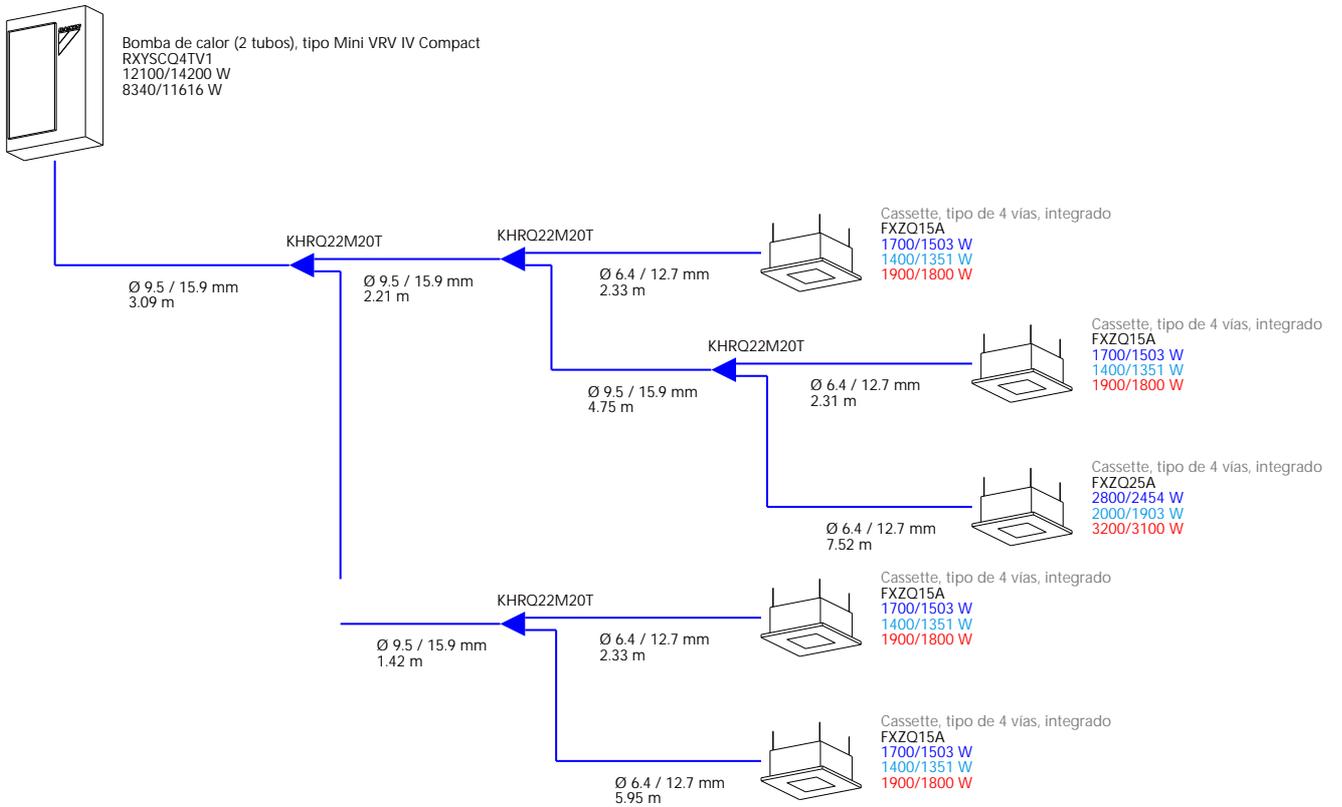
Temperatura exterior de diseño

Modo	Descripción	Temperatura (°C)
Refrigeración	Temperatura de bulbo seco	33.5
Calefacción	Temperatura de bulbo húmedo	0.9

Unidades interiores

Modelo	Referencia	Potencia nominal total de refrigeración (W)	Modo	Potencia (Total/Sensible) (W)		
				Nominal	Corregida	Requerida
FXZQ25A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	2800	Refrigeración	2800/2000	2454/1903	1538/1347
			Calefacción	3200	3100	1347
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	1223/1060
			Calefacción	1900	1800	976
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	1210/1048
			Calefacción	1900	1800	967
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	617/534
			Calefacción	1900	1800	495
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	986/901
			Calefacción	1900	1800	767

### 1.4. Esquema



## 2.

### 2.1. Conformidad del proyecto

Comprobaciones	Diseño	Especificación	Cumple
Índice de conexión	100.00	50.00 - 130.00	✓
Ratio de conexión	100 %	50 % - 130 %	✓
Número de IU conectadas	6	64	✓
Longitud real de tubería entre todas las IU y OU	32.41 m	300.00 m	✓
Longitud real de tubería entre la OU y la IU mas alejada	15.44 m	70.00 m	✓
Longitud equivalente de tubería entre la OU y la IU mas alejada	18.53 m	90.00 m	✓
Longitud de tubería entre la primera derivación y la IU mas alejada	12.39 m	40.00 m	✓
Diferencia de altura entre unidades exteriores y unidades interiores	2.50 m	30.00 m	✓

### 2.2. Lista de equipos

#### Unidades exteriores

Modelo	Descripción	Cantidad
RXYSCQ4TV1	Bomba de calor (2 tubos)	1

#### Unidades interiores

Modelo	Descripción	Cantidad
FXZQ15A	1700 W Cassette (de 4 vías, integrado)	5
FXZQ25A	2800 W Cassette (de 4 vías, integrado)	1

#### Derivaciones

Modelo	Descripción	Cantidad
KHRQ22M20T	Derivación en Y	5

#### Longitud de tubería

Diámetro de la tubería	Gas (m)	Descarga (m)	Líquido (m)	Longitud total (m)
Ø6.4 mm (1/4")	0	0	21.03	21.03
Ø9.5 mm (3/8")	0	0	11.38	11.38
Ø12.7 mm (1/2")	21.03	0	0	21.03
Ø15.9 mm (5/8")	11.38	0	0	11.38

### 2.3. Detalles

#### Refrigerante

Modelo	Maestra	Esclava 1	Esclava 2	Refrigerante (Kg)			
				Tipo	Carga de refrigerante estándar de fábrica	Carga adicional	Total
RXYSCQ4TV1				R-410A	3.70	1.13	4.83

#### Unidad exterior

Modelo	Calefacción (W)		Refrigeración (W)		Simultaneidad (%)
	Nominal	Corregida	Nominal	Corregida	Sistema
RXYSCQ4TV1	14200	12905	12100	9911	100

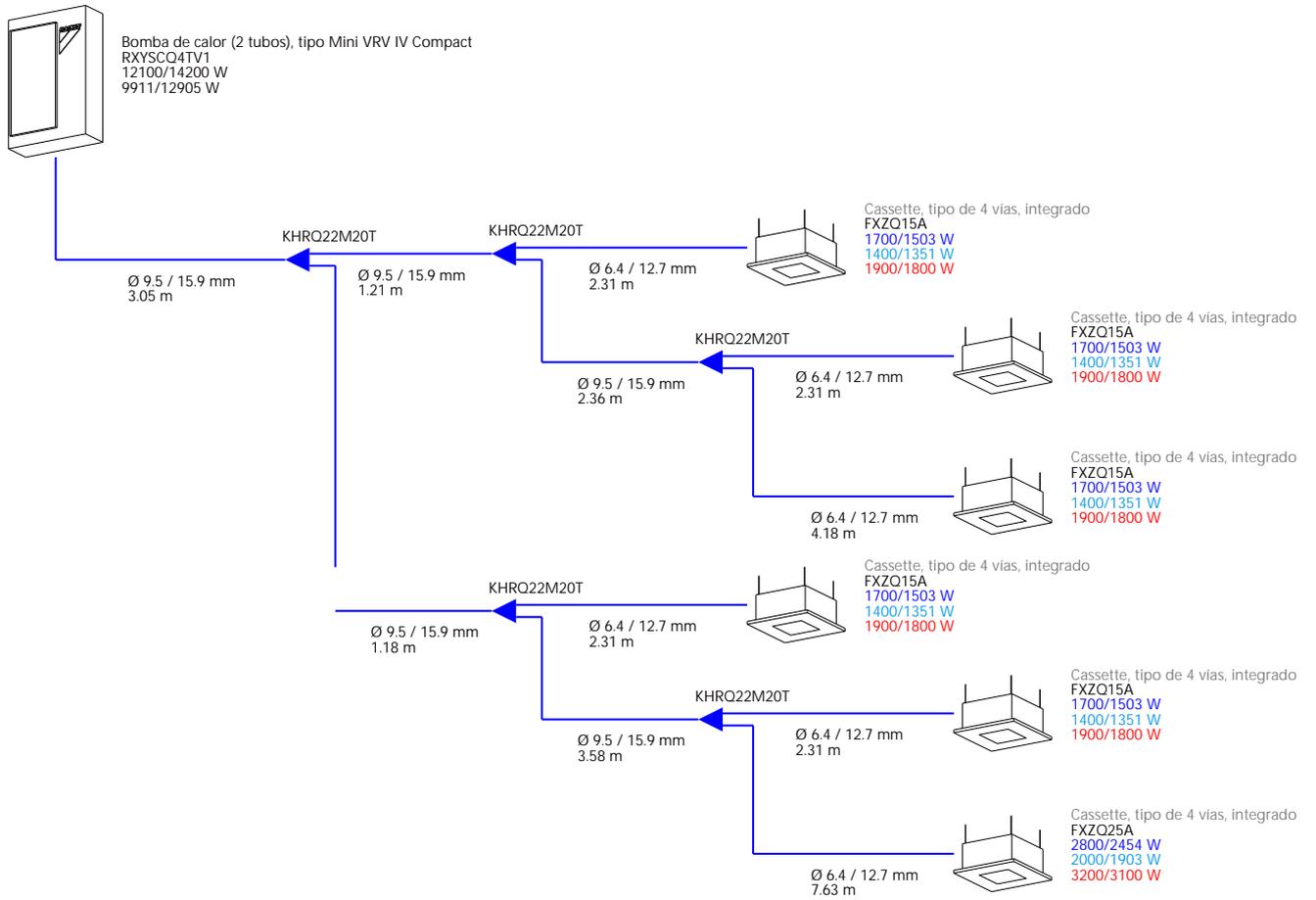
Temperatura exterior de diseño

Modo	Descripción	Temperatura (°C)
Refrigeración	Temperatura de bulbo seco	33.5
Calefacción	Temperatura de bulbo húmedo	0.9

Unidades interiores

Modelo	Referencia	Potencia nominal total de refrigeración (W)	Modo	Potencia (Total/Sensible) (W)		
				Nominal	Corregida	Requerida
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	830/733
			Calefacción	1900	1800	808
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	598/518
			Calefacción	1900	1800	479
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	601/522
			Calefacción	1900	1800	480
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	610/529
			Calefacción	1900	1800	488
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	1222/1059
			Calefacción	1900	1800	975
FXZQ25A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	2800	Refrigeración	2800/2000	2454/1903	1575/1382
			Calefacción	3200	3100	1355

## 2.4. Esquema



### 3.

#### 3.1. Conformidad del proyecto

Comprobaciones	Diseño	Especificación	Cumple
Índice de conexión	195.00	100.00 - 260.00	✓
Ratio de conexión	98 %	50 % - 130 %	✓
Número de IU conectadas	13	64	✓
Longitud real de tubería entre todas las IU y OU	62.93 m	300.00 m	✓
Longitud real de tubería entre la OU y la IU mas alejada	25.44 m	100.00 m	✓
Longitud equivalente de tubería entre la OU y la IU mas alejada	30.53 m	130.00 m	✓
Longitud de tubería entre la primera derivación y la IU mas alejada	19.17 m	40.00 m	✓
Diferencia de altura entre unidades exteriores y unidades interiores	2.50 m	50.00 m	✓

#### 3.2. Lista de equipos

##### Unidades exteriores

Modelo	Descripción	Cantidad
RXYSQ8TY1	Bomba de calor (2 tubos)	1

##### Unidades interiores

Modelo	Descripción	Cantidad
FXZQ15A	1700 W Cassette (de 4 vías, integrado)	13

##### Derivaciones

Modelo	Descripción	Cantidad
KHRQ22M20T	Derivación en Y	11
KHRQ22M29T9	Derivación en Y	1

##### Longitud de tubería

Diámetro de la tubería	Gas (m)	Descarga (m)	Líquido (m)	Longitud total (m)
Ø6.4 mm (1/4")	0	0	43.06	43.06
Ø9.5 mm (3/8")	0	0	19.87	19.87
Ø12.7 mm (1/2")	43.06	0	0	43.06
Ø15.9 mm (5/8")	10.86	0	0	10.86
Ø19.1 mm (3/4")	9.01	0	0	9.01

#### 3.3. Detalles

##### Refrigerante

Modelo	Maestra	Esclava 1	Esclava 2	Refrigerante (Kg)			
				Tipo	Carga de refrigerante estándar de fábrica	Carga adicional	Total
RXYSQ8TY1				R-410A	4.50	2.12	6.62

##### Unidad exterior

Modelo	Calefacción (W)		Refrigeración (W)		Simultaneidad (%)
	Nominal	Corregida	Nominal	Corregida	Sistema
RXYSQ8TY1	25000	23457	22400	17662	97.5

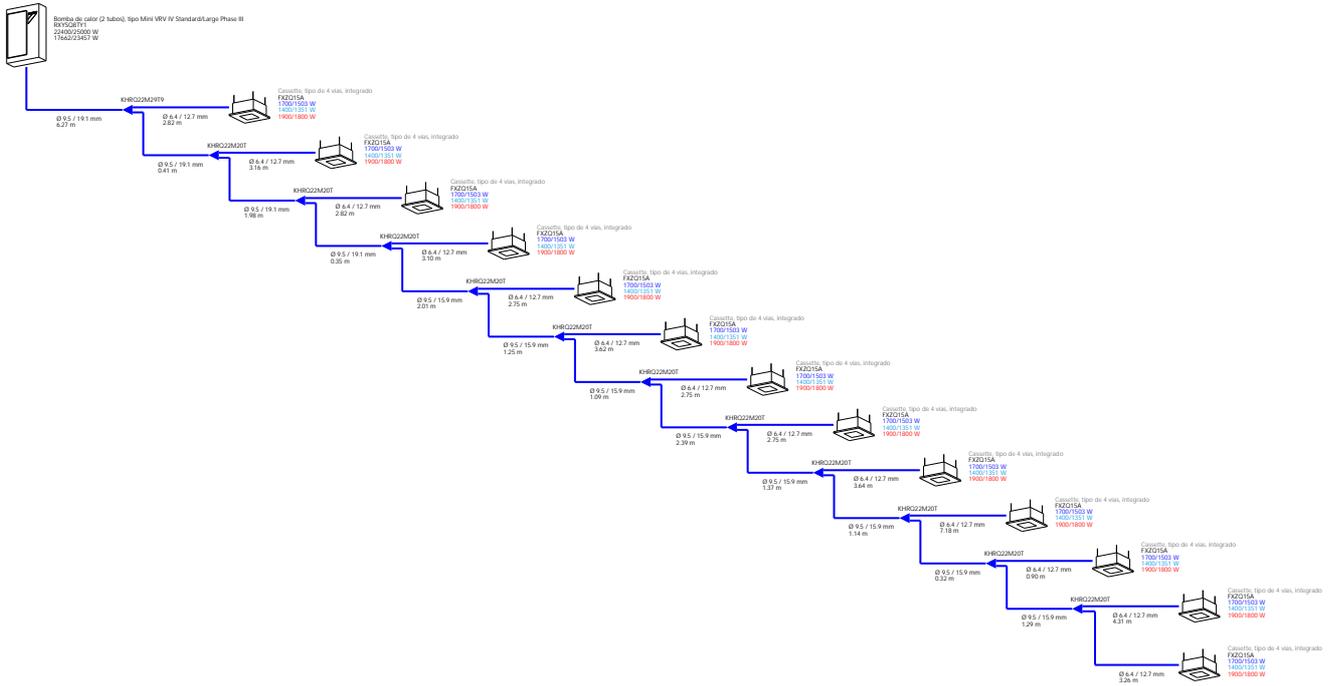
#### Temperatura exterior de diseño

Modo	Descripción	Temperatura (°C)
Refrigeración	Temperatura de bulbo seco	33.5
Calefacción	Temperatura de bulbo húmedo	0.9

#### Unidades interiores

Modelo	Referencia	Potencia nominal total de refrigeración (W)	Modo	Potencia (Total/Sensible) (W)		
				Nominal	Corregida	Requerida
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	609/507
			Calefacción	1900	1800	615
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	565/461
			Calefacción	1900	1800	519
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	1137/928
			Calefacción	1900	1800	1046
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	1126/917
			Calefacción	1900	1800	1021
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	1023/820
			Calefacción	1900	1800	1063
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	702/559
			Calefacción	1900	1800	649
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	702/559
			Calefacción	1900	1800	649
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	562/507
			Calefacción	1900	1800	601
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	625/545
			Calefacción	1900	1800	523
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	584/504
			Calefacción	1900	1800	431
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	590/509
			Calefacción	1900	1800	436
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	591/510
			Calefacción	1900	1800	437
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	590/509
			Calefacción	1900	1800	436

### 3.4. Esquema



## 4.

### 4.1. Conformidad del proyecto

Comprobaciones	Diseño	Especificación	Cumple
Índice de conexión	325.00	125.00 - 325.00	✓
Ratio de conexión	130 %	50 % - 130 %	✓
Número de IU conectadas	19	64	✓
Longitud real de tubería entre todas las IU y OU	100.26 m	300.00 m	✓
Longitud real de tubería entre la OU y la IU mas alejada	36.54 m	120.00 m	✓
Longitud equivalente de tubería entre la OU y la IU mas alejada	43.85 m	150.00 m	✓
Longitud de tubería entre la primera derivación y la IU mas alejada	31.13 m	40.00 m	✓
Diferencia de altura entre unidades exteriores y unidades interiores	2.50 m	50.00 m	✓

### 4.2. Lista de equipos

#### Unidades exteriores

Modelo	Descripción	Cantidad
RXYSQ10TY1	Bomba de calor (2 tubos)	1

#### Unidades interiores

Modelo	Descripción	Cantidad
FXZQ15A	1700 W Cassette (de 4 vías, integrado)	15
FXZQ25A	2800 W Cassette (de 4 vías, integrado)	4

#### Derivaciones

Modelo	Descripción	Cantidad
KHRQ22M20T	Derivación en Y	17
KHRQ22M29T9	Derivación en Y	1

#### Longitud de tubería

Diámetro de la tubería	Gas (m)	Descarga (m)	Líquido (m)	Longitud total (m)
Ø6.4 mm (1/4")	0	0	53.25	53.25
Ø9.5 mm (3/8")	0	0	47.01	47.01
Ø12.7 mm (1/2")	53.25	0	0	53.25
Ø15.9 mm (5/8")	39.63	0	0	39.63
Ø19.1 mm (3/4")	1.96	0	0	1.96
Ø22.2 mm (7/8")	5.41	0	0	5.41

### 4.3. Detalles

#### Refrigerante

Modelo	Maestra	Esclava 1	Esclava 2	Refrigerante (Kg)			
				Tipo	Carga de refrigerante estándar de fábrica	Carga adicional	Total
RXYSQ10TY1				R-410A	7.00	3.94	10.94

#### Unidad exterior

Modelo	Calefacción (W)		Refrigeración (W)		Simultaneidad (%)
	Nominal	Corregida	Nominal	Corregida	Sistema
RXYSQ10TY1	31500	29960	28000	26654	130

#### Temperatura exterior de diseño

Modo	Descripción	Temperatura (°C)
Refrigeración	Temperatura de bulbo seco	33.5
Calefacción	Temperatura de bulbo húmedo	0.9

#### Unidades interiores

Modelo	Referencia	Potencia nominal total de refrigeración (W)	Modo	Potencia (Total/Sensible) (W)		
				Nominal	Corregida	Requerida
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1075/752 365
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1075/752 365
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1075/752 365
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1075/752 365
FXZQ25A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	2800	Refrigeración Calefacción	2800/2000 3200	2454/1903 3100	1521/1082 513
FXZQ25A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	2800	Refrigeración Calefacción	2800/2000 3200	2454/1903 3100	1521/1082 513
FXZQ25A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	2800	Refrigeración Calefacción	2800/2000 3200	2454/1903 3100	1510/1073 561
FXZQ25A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	2800	Refrigeración Calefacción	2800/2000 3200	2454/1903 3100	1510/1073 561
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1086/881 1227
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1375/934 498
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1375/934 498
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1375/934 498
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1072/738 412
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1072/738 412
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1072/738 412
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1072/738 412
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1149/1036 1228
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	577/523 655



## 5.

### 5.1. Conformidad del proyecto

Comprobaciones	Diseño	Especificación	Cumple
Índice de conexión	270.00	125.00 - 325.00	✓
Ratio de conexión	108 %	50 % - 130 %	✓
Número de IU conectadas	18	64	✓
Longitud real de tubería entre todas las IU y OU	91.38 m	300.00 m	✓
Longitud real de tubería entre la OU y la IU mas alejada	25.02 m	120.00 m	✓
Longitud equivalente de tubería entre la OU y la IU mas alejada	30.03 m	150.00 m	✓
Longitud de tubería entre la primera derivación y la IU mas alejada	20.45 m	40.00 m	✓
Diferencia de altura entre unidades exteriores y unidades interiores	2.50 m	50.00 m	✓

### 5.2. Lista de equipos

#### Unidades exteriores

Modelo	Descripción	Cantidad
RXYSQ10TY1	Bomba de calor (2 tubos)	1

#### Unidades interiores

Modelo	Descripción	Cantidad
FXZQ15A	1700 W Cassette (de 4 vías, integrado)	18

#### Derivaciones

Modelo	Descripción	Cantidad
KHRQ22M20T	Derivación en Y	16
KHRQ22M29T9	Derivación en Y	1

#### Longitud de tubería

Diámetro de la tubería	Gas (m)	Descarga (m)	Líquido (m)	Longitud total (m)
Ø6.4 mm (1/4")	0	0	54.78	54.78
Ø9.5 mm (3/8")	0	0	36.61	36.61
Ø12.7 mm (1/2")	54.78	0	0	54.78
Ø15.9 mm (5/8")	32.04	0	0	32.04
Ø22.2 mm (7/8")	4.57	0	0	4.57

### 5.3. Detalles

#### Refrigerante

Modelo	Maestra	Esclava 1	Esclava 2	Refrigerante (Kg)			
				Tipo	Carga de refrigerante estándar de fábrica	Carga adicional	Total
RXYSQ10TY1				R-410A	7.00	3.36	10.36

#### Unidad exterior

Modelo	Calefacción (W)		Refrigeración (W)		Simultaneidad (%)
	Nominal	Corregida	Nominal	Corregida	Sistema
RXYSQ10TY1	31500	29960	28000	24488	108

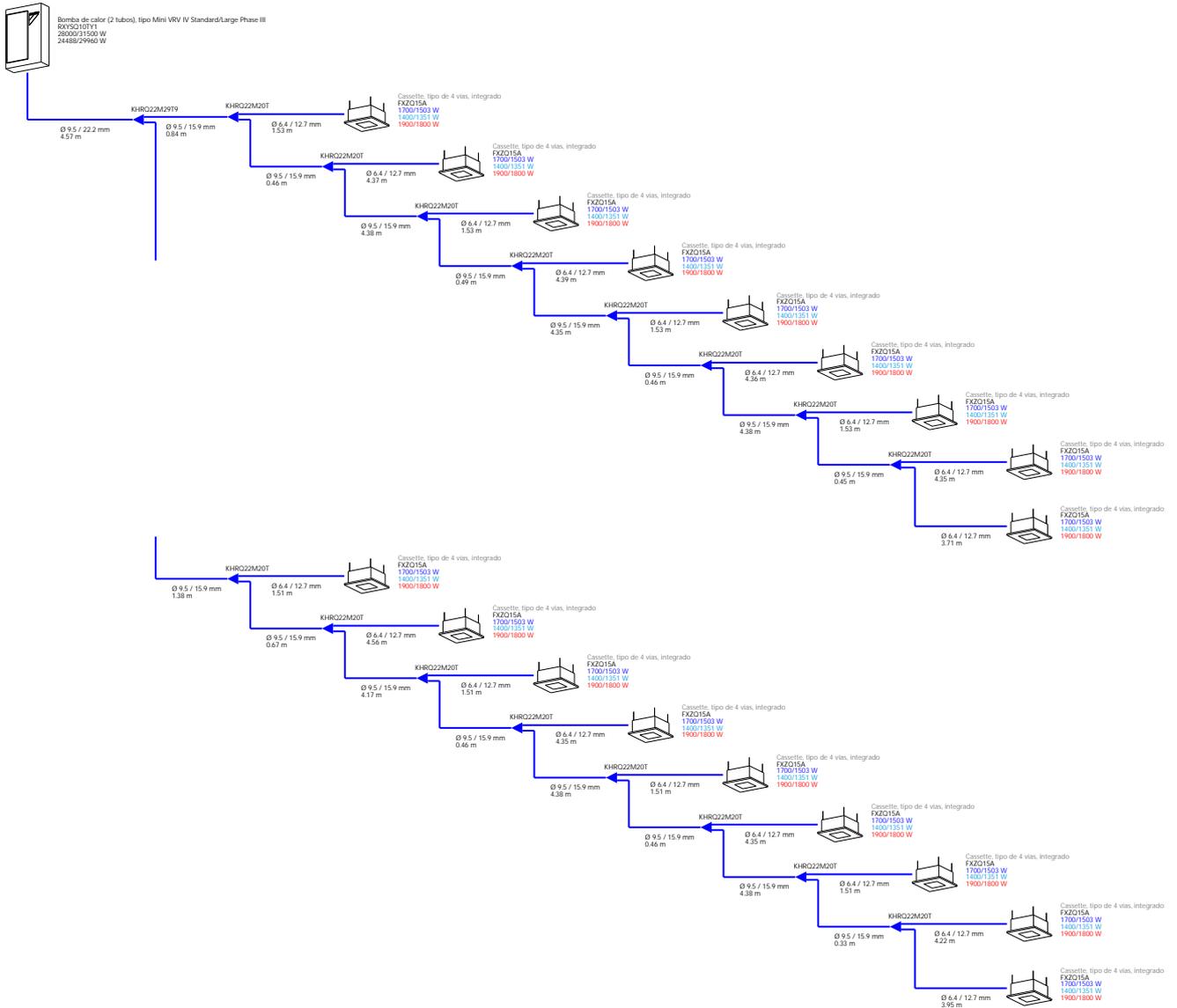
#### Temperatura exterior de diseño

Modo	Descripción	Temperatura (°C)
Refrigeración	Temperatura de bulbo seco	33.5
Calefacción	Temperatura de bulbo húmedo	0.9

#### Unidades interiores

Modelo	Referencia	Potencia nominal total de refrigeración (W)	Modo	Potencia (Total/Sensible) (W)		
				Nominal	Corregida	Requerida
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	1222/836
			Calefacción	1900	1800	455
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	1222/836
			Calefacción	1900	1800	455
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	1222/836
			Calefacción	1900	1800	455
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	1222/836
			Calefacción	1900	1800	455
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	1222/836
			Calefacción	1900	1800	455
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	1222/836
			Calefacción	1900	1800	455
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	1222/836
			Calefacción	1900	1800	455
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	1291/905
			Calefacción	1900	1800	454
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	1291/905
			Calefacción	1900	1800	454
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	1291/905
			Calefacción	1900	1800	454
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	1291/905
			Calefacción	1900	1800	454
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	1291/905
			Calefacción	1900	1800	454
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	526/427
			Calefacción	1900	1800	594
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	521/423
			Calefacción	1900	1800	590

### 5.4. Esquema



## 6.

### 6.1. Conformidad del proyecto

Comprobaciones	Diseño	Especificación	Cumple
Índice de conexión	225.00	100.00 - 260.00	✓
Ratio de conexión	113 %	50 % - 130 %	✓
Número de IU conectadas	15	64	✓
Longitud real de tubería entre todas las IU y OU	82.13 m	300.00 m	✓
Longitud real de tubería entre la OU y la IU mas alejada	26.25 m	100.00 m	✓
Longitud equivalente de tubería entre la OU y la IU mas alejada	31.50 m	130.00 m	✓
Longitud de tubería entre la primera derivación y la IU mas alejada	21.29 m	40.00 m	✓
Diferencia de altura entre unidades exteriores y unidades interiores	2.50 m	50.00 m	✓

### 6.2. Lista de equipos

#### Unidades exteriores

Modelo	Descripción	Cantidad
RXYSQ8TY1	Bomba de calor (2 tubos)	1

#### Unidades interiores

Modelo	Descripción	Cantidad
FXZQ15A	1700 W Cassette (de 4 vías, integrado)	15

#### Derivaciones

Modelo	Descripción	Cantidad
KHRQ22M20T	Derivación en Y	13
KHRQ22M29T9	Derivación en Y	1

#### Longitud de tubería

Diámetro de la tubería	Gas (m)	Descarga (m)	Líquido (m)	Longitud total (m)
Ø6.4 mm (1/4")	0	0	45.9	45.9
Ø9.5 mm (3/8")	0	0	36.22	36.22
Ø12.7 mm (1/2")	45.9	0	0	45.9
Ø15.9 mm (5/8")	31.27	0	0	31.27
Ø19.1 mm (3/4")	4.96	0	0	4.96

### 6.3. Detalles

#### Refrigerante

Modelo	Maestra	Esclava 1	Esclava 2	Refrigerante (Kg)			
				Tipo	Carga de refrigerante estándar de fábrica	Carga adicional	Total
RXYSQ8TY1				R-410A	4.50	3.15	7.65

#### Unidad exterior

Modelo	Calefacción (W)		Refrigeración (W)		Simultaneidad (%)
	Nominal	Corregida	Nominal	Corregida	Sistema
RXYSQ8TY1	25000	24316	22400	20328	112.5

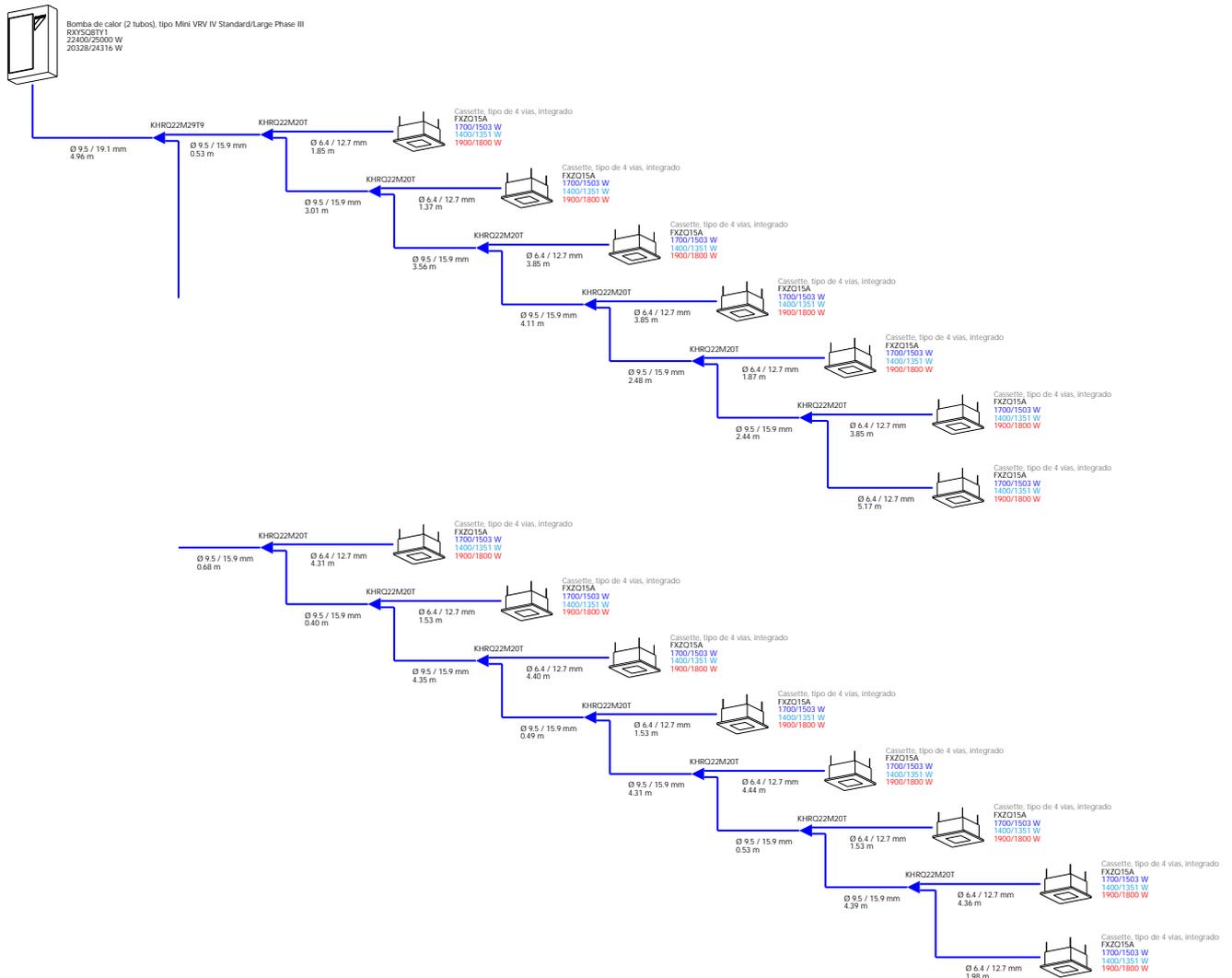
#### Temperatura exterior de diseño

Modo	Descripción	Temperatura (°C)
Refrigeración	Temperatura de bulbo seco	33.5
Calefacción	Temperatura de bulbo húmedo	0.9

#### Unidades interiores

Modelo	Referencia	Potencia nominal total de refrigeración (W)	Modo	Potencia (Total/Sensible) (W)		
				Nominal	Corregida	Requerida
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1224/836 456
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1224/836 456
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1224/836 456
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1224/836 456
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1224/836 456
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1224/836 456
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1224/836 456
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	524/426 593
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	678/579 605
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1183/987 957
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1183/987 957
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1466/1010 561
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1466/1010 561
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1466/1010 561

## 6.4. Esquema



## 7.

### 7.1. Conformidad del proyecto

Comprobaciones	Diseño	Especificación	Cumple
Índice de conexión	90.00	50.00 - 130.00	✓
Ratio de conexión	90 %	50 % - 130 %	✓
Número de IU conectadas	6	64	✓
Longitud real de tubería entre todas las IU y OU	39.14 m	300.00 m	✓
Longitud real de tubería entre la OU y la IU mas alejada	26.84 m	70.00 m	✓
Longitud equivalente de tubería entre la OU y la IU mas alejada	32.21 m	90.00 m	✓
Longitud de tubería entre la primera derivación y la IU mas alejada	21.46 m	40.00 m	✓
Diferencia de altura entre unidades exteriores y unidades interiores	2.50 m	30.00 m	✓

### 7.2. Lista de equipos

#### Unidades exteriores

Modelo	Descripción	Cantidad
RXYSCQ4TV1	Bomba de calor (2 tubos)	1

#### Unidades interiores

Modelo	Descripción	Cantidad
FXZQ15A	1700 W Cassette (de 4 vías, integrado)	6

#### Derivaciones

Modelo	Descripción	Cantidad
KHRQ22M20T	Derivación en Y	5

#### Longitud de tubería

Diámetro de la tubería	Gas (m)	Descarga (m)	Líquido (m)	Longitud total (m)
Ø6.4 mm (1/4")	0	0	19.29	19.29
Ø9.5 mm (3/8")	0	0	19.84	19.84
Ø12.7 mm (1/2")	19.29	0	0	19.29
Ø15.9 mm (5/8")	19.84	0	0	19.84

### 7.3. Detalles

#### Refrigerante

Modelo	Maestra	Esclava 1	Esclava 2	Refrigerante (Kg)			
				Tipo	Carga de refrigerante estándar de fábrica	Carga adicional	Total
RXYSCQ4TV1				R-410A	3.70	1.60	5.30

#### Unidad exterior

Modelo	Calefacción (W)		Refrigeración (W)		Simultaneidad (%)
	Nominal	Corregida	Nominal	Corregida	Sistema
RXYSCQ4TV1	14200	12299	12100	8471	90

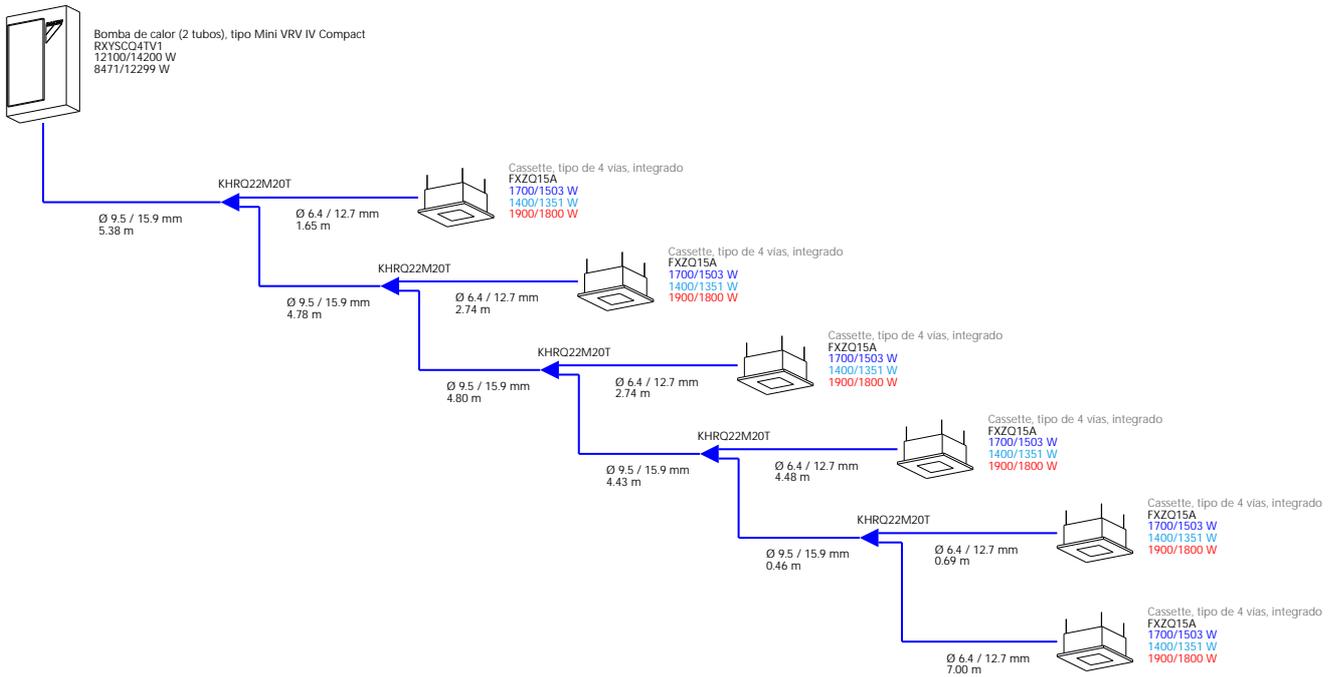
Temperatura exterior de diseño

Modo	Descripción	Temperatura (°C)
Refrigeración	Temperatura de bulbo seco	33.5
Calefacción	Temperatura de bulbo húmedo	0.9

Unidades interiores

Modelo	Referencia	Potencia nominal total de refrigeración (W)	Modo	Potencia (Total/Sensible) (W)		
				Nominal	Corregida	Requerida
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1213/1011 1204
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1127/961 879
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1019/853 853
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	971/913 901
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1213/1105 1182
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	971/913 901

## 7.4. Esquema



## 8.

### 8.1. Conformidad del proyecto

Comprobaciones	Diseño	Especificación	Cumple
Índice de conexión	90.00	50.00 - 130.00	✓
Ratio de conexión	90 %	50 % - 130 %	✓
Número de IU conectadas	6	64	✓
Longitud real de tubería entre todas las IU y OU	38.34 m	300.00 m	✓
Longitud real de tubería entre la OU y la IU mas alejada	26.62 m	70.00 m	✓
Longitud equivalente de tubería entre la OU y la IU mas alejada	31.95 m	90.00 m	✓
Longitud de tubería entre la primera derivación y la IU mas alejada	21.34 m	40.00 m	✓
Diferencia de altura entre unidades exteriores y unidades interiores	2.50 m	30.00 m	✓

### 8.2. Lista de equipos

#### Unidades exteriores

Modelo	Descripción	Cantidad
RXYSCQ4TV1	Bomba de calor (2 tubos)	1

#### Unidades interiores

Modelo	Descripción	Cantidad
FXZQ15A	1700 W Cassette (de 4 vías, integrado)	6

#### Derivaciones

Modelo	Descripción	Cantidad
KHRQ22M20T	Derivación en Y	5

#### Longitud de tubería

Diámetro de la tubería	Gas (m)	Descarga (m)	Líquido (m)	Longitud total (m)
Ø6.4 mm (1/4")	0	0	18.68	18.68
Ø9.5 mm (3/8")	0	0	19.66	19.66
Ø12.7 mm (1/2")	18.68	0	0	18.68
Ø15.9 mm (5/8")	19.66	0	0	19.66

### 8.3. Detalles

#### Refrigerante

Modelo	Maestra	Esclava 1	Esclava 2	Refrigerante (Kg)			
				Tipo	Carga de refrigerante estándar de fábrica	Carga adicional	Total
RXYSCQ4TV1				R-410A	3.70	1.57	5.27

#### Unidad exterior

Modelo	Calefacción (W)		Refrigeración (W)		Simultaneidad (%)
	Nominal	Corregida	Nominal	Corregida	Sistema
RXYSCQ4TV1	14200	12299	12100	8479	90

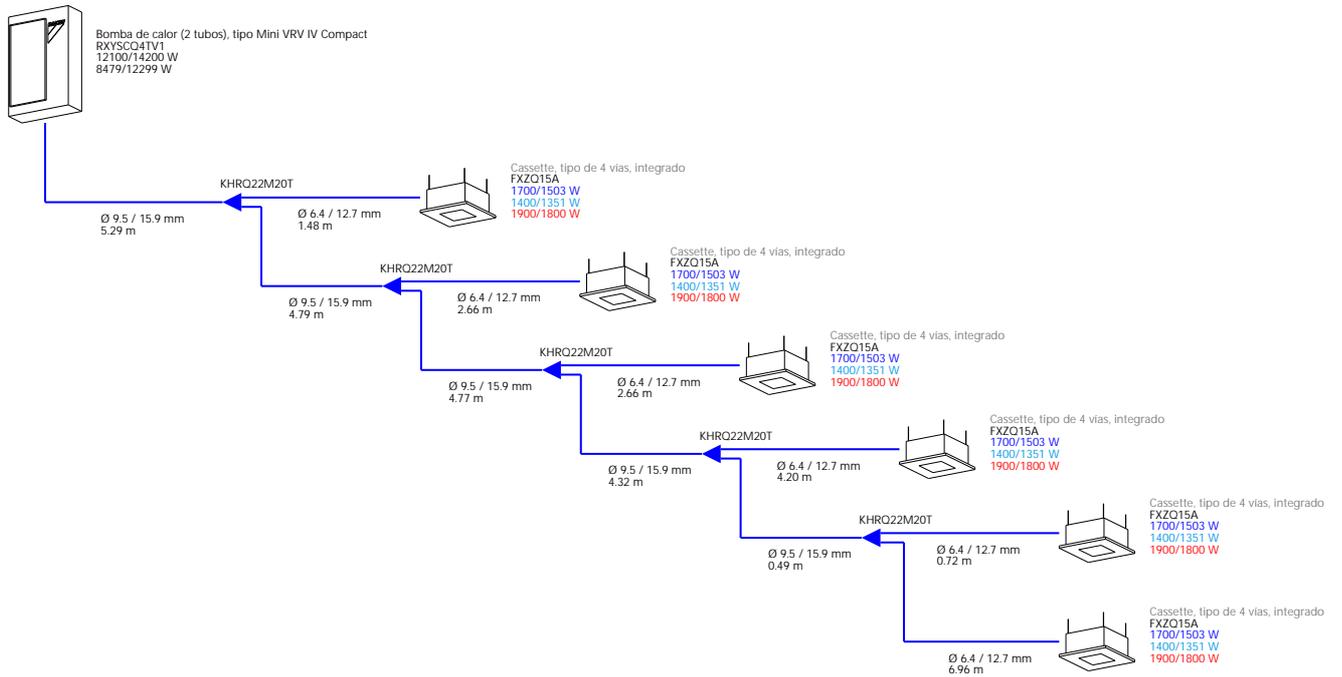
Temperatura exterior de diseño

Modo	Descripción	Temperatura (°C)
Refrigeración	Temperatura de bulbo seco	33.5
Calefacción	Temperatura de bulbo húmedo	0.9

Unidades interiores

Modelo	Referencia	Potencia nominal total de refrigeración (W)	Modo	Potencia (Total/Sensible) (W)		
				Nominal	Corregida	Requerida
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1198/1091 1160
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	977/919 907
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	977/919 907
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1122/955 856
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1127/961 879
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1246/1044 1211

## 8.4. Esquema



## 9.

### 9.1. Conformidad del proyecto

Comprobaciones	Diseño	Especificación	Cumple
Índice de conexión	270.00	125.00 - 325.00	✓
Ratio de conexión	108 %	50 % - 130 %	✓
Número de IU conectadas	18	64	✓
Longitud real de tubería entre todas las IU y OU	93.87 m	300.00 m	✓
Longitud real de tubería entre la OU y la IU mas alejada	27.76 m	120.00 m	✓
Longitud equivalente de tubería entre la OU y la IU mas alejada	33.31 m	150.00 m	✓
Longitud de tubería entre la primera derivación y la IU mas alejada	20.70 m	40.00 m	✓
Diferencia de altura entre unidades exteriores y unidades interiores	5.50 m	50.00 m	✓

### 9.2. Lista de equipos

#### Unidades exteriores

Modelo	Descripción	Cantidad
RXYSQ10TY1	Bomba de calor (2 tubos)	1

#### Unidades interiores

Modelo	Descripción	Cantidad
FXZQ15A	1700 W Cassette (de 4 vías, integrado)	18

#### Derivaciones

Modelo	Descripción	Cantidad
KHRQ22M20T	Derivación en Y	16
KHRQ22M29T9	Derivación en Y	1

#### Longitud de tubería

Diámetro de la tubería	Gas (m)	Descarga (m)	Líquido (m)	Longitud total (m)
Ø6.4 mm (1/4")	0	0	54.78	54.78
Ø9.5 mm (3/8")	0	0	39.1	39.1
Ø12.7 mm (1/2")	54.78	0	0	54.78
Ø15.9 mm (5/8")	32.05	0	0	32.05
Ø22.2 mm (7/8")	7.05	0	0	7.05

### 9.3. Detalles

#### Refrigerante

Modelo	Maestra	Esclava 1	Esclava 2	Refrigerante (Kg)			
				Tipo	Carga de refrigerante estándar de fábrica	Carga adicional	Total
RXYSQ10TY1				R-410A	7.00	3.51	10.51

#### Unidad exterior

Modelo	Calefacción (W)		Refrigeración (W)		Simultaneidad (%)
	Nominal	Corregida	Nominal	Corregida	Sistema
RXYSQ10TY1	31500	29960	28000	24277	108

#### Temperatura exterior de diseño

Modo	Descripción	Temperatura (°C)
Refrigeración	Temperatura de bulbo seco	33.5
Calefacción	Temperatura de bulbo húmedo	0.9

#### Unidades interiores

Modelo	Referencia	Potencia nominal total de refrigeración (W)	Modo	Potencia (Total/Sensible) (W)		
				Nominal	Corregida	Requerida
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1215/833 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1215/833 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1215/833 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1215/833 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1215/833 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1215/833 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1215/833 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1289/907 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1289/907 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1289/907 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1289/907 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1289/907 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1289/907 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	527/434 607
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	527/434 607



## 10.

### 10.1. Conformidad del proyecto

Comprobaciones	Diseño	Especificación	Cumple
Índice de conexión	270.00	125.00 - 325.00	✓
Ratio de conexión	108 %	50 % - 130 %	✓
Número de IU conectadas	18	64	✓
Longitud real de tubería entre todas las IU y OU	113.69 m	300.00 m	✓
Longitud real de tubería entre la OU y la IU mas alejada	40.07 m	120.00 m	✓
Longitud equivalente de tubería entre la OU y la IU mas alejada	48.08 m	150.00 m	✓
Longitud de tubería entre la primera derivación y la IU mas alejada	32.83 m	40.00 m	✓
Diferencia de altura entre unidades exteriores y unidades interiores	5.50 m	50.00 m	✓

### 10.2. Lista de equipos

#### Unidades exteriores

Modelo	Descripción	Cantidad
RXYSQ10TY1	Bomba de calor (2 tubos)	1

#### Unidades interiores

Modelo	Descripción	Cantidad
FXZQ15A	1700 W Cassette (de 4 vías, integrado)	18

#### Derivaciones

Modelo	Descripción	Cantidad
KHRQ22M20T	Derivación en Y	16
KHRQ22M29T9	Derivación en Y	1

#### Longitud de tubería

Diámetro de la tubería	Gas (m)	Descarga (m)	Líquido (m)	Longitud total (m)
Ø6.4 mm (1/4")	0	0	72.19	72.19
Ø9.5 mm (3/8")	0	0	41.51	41.51
Ø12.7 mm (1/2")	72.19	0	0	72.19
Ø15.9 mm (5/8")	34.28	0	0	34.28
Ø22.2 mm (7/8")	7.23	0	0	7.23

### 10.3. Detalles

#### Refrigerante

Modelo	Maestra	Esclava 1	Esclava 2	Refrigerante (Kg)			
				Tipo	Carga de refrigerante estándar de fábrica	Carga adicional	Total
RXYSQ10TY1				R-410A	7.00	4.04	11.04

#### Unidad exterior

Modelo	Calefacción (W)		Refrigeración (W)		Simultaneidad (%)
	Nominal	Corregida	Nominal	Corregida	Sistema
RXYSQ10TY1	31500	29960	28000	23486	108

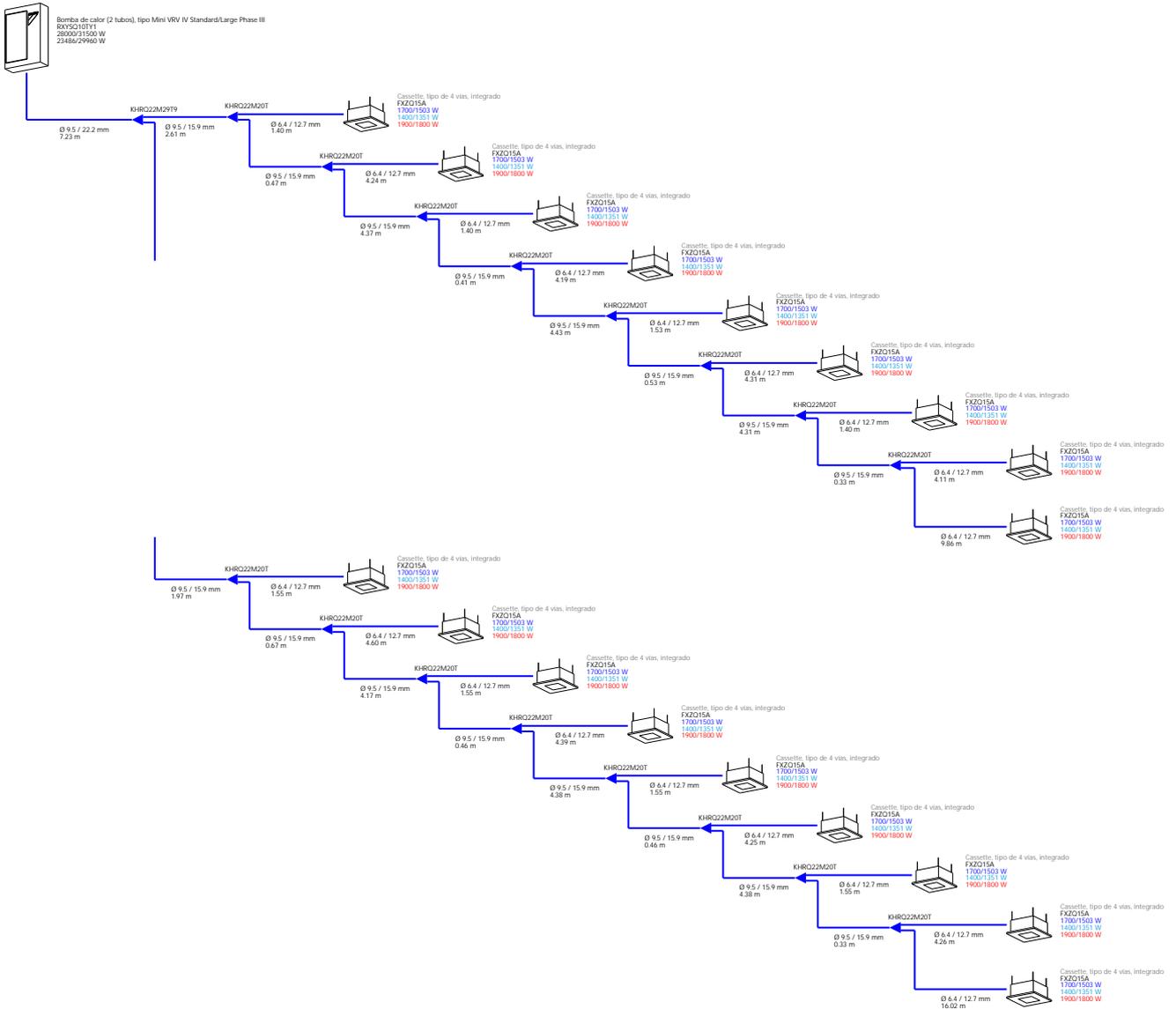
#### Temperatura exterior de diseño

Modo	Descripción	Temperatura (°C)
Refrigeración	Temperatura de bulbo seco	33.5
Calefacción	Temperatura de bulbo húmedo	0.9

#### Unidades interiores

Modelo	Referencia	Potencia nominal total de refrigeración (W)	Modo	Potencia (Total/Sensible) (W)		
				Nominal	Corregida	Requerida
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1385/948 613
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1385/948 613
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1385/948 613
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1385/948 613
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1385/948 613
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1385/948 613
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1385/948 613
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1385/948 613
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1463/1025 614
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1463/1025 614
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1463/1025 614
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1463/1025 614
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1463/1025 614
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1463/1025 614
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	858/705 995
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	858/705 995

## 10.4. Esquema



## 11.

### 11.1. Conformidad del proyecto

Comprobaciones	Diseño	Especificación	Cumple
Índice de conexión	240.00	100.00 - 260.00	✓
Ratio de conexión	120 %	50 % - 130 %	✓
Número de IU conectadas	16	64	✓
Longitud real de tubería entre todas las IU y OU	87.18 m	300.00 m	✓
Longitud real de tubería entre la OU y la IU mas alejada	28.02 m	100.00 m	✓
Longitud equivalente de tubería entre la OU y la IU mas alejada	33.62 m	130.00 m	✓
Longitud de tubería entre la primera derivación y la IU mas alejada	21.06 m	40.00 m	✓
Diferencia de altura entre unidades exteriores y unidades interiores	5.50 m	50.00 m	✓

### 11.2. Lista de equipos

#### Unidades exteriores

Modelo	Descripción	Cantidad
RXYSQ8TY1	Bomba de calor (2 tubos)	1

#### Unidades interiores

Modelo	Descripción	Cantidad
FXZQ15A	1700 W Cassette (de 4 vías, integrado)	16

#### Derivaciones

Modelo	Descripción	Cantidad
KHRQ22M20T	Derivación en Y	14
KHRQ22M29T9	Derivación en Y	1

#### Longitud de tubería

Diámetro de la tubería	Gas (m)	Descarga (m)	Líquido (m)	Longitud total (m)
Ø6.4 mm (1/4")	0	0	47.44	47.44
Ø9.5 mm (3/8")	0	0	39.75	39.75
Ø12.7 mm (1/2")	47.44	0	0	47.44
Ø15.9 mm (5/8")	32.79	0	0	32.79
Ø19.1 mm (3/4")	6.96	0	0	6.96

### 11.3. Detalles

#### Refrigerante

Modelo	Maestra	Esclava 1	Esclava 2	Refrigerante (Kg)			
				Tipo	Carga de refrigerante estándar de fábrica	Carga adicional	Total
RXYSQ8TY1				R-410A	4.50	3.39	7.89

#### Unidad exterior

Modelo	Calefacción (W)		Refrigeración (W)		Simultaneidad (%)
	Nominal	Corregida	Nominal	Corregida	Sistema
RXYSQ8TY1	25000	24316	22400	21562	120

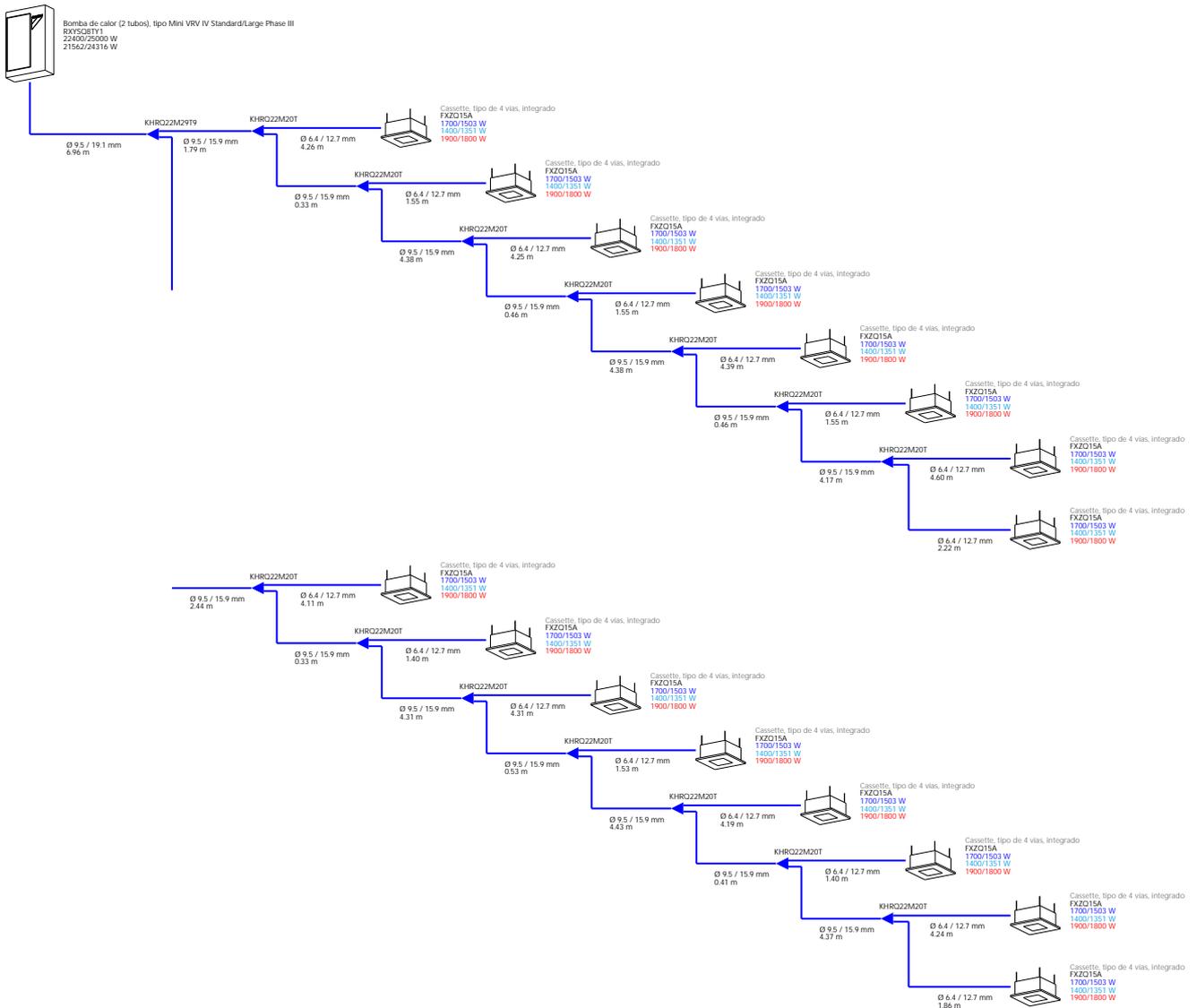
#### Temperatura exterior de diseño

Modo	Descripción	Temperatura (°C)
Refrigeración	Temperatura de bulbo seco	33.5
Calefacción	Temperatura de bulbo húmedo	0.9

#### Unidades interiores

Modelo	Referencia	Potencia nominal total de refrigeración (W)	Modo	Potencia (Total/Sensible) (W)		
				Nominal	Corregida	Requerida
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1382/945 613
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1382/945 613
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1382/945 613
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1382/945 613
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1382/945 613
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1382/945 613
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1382/945 613
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1459/1021 613
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1459/1021 613
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1459/1021 613
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1459/1021 613
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1459/1021 613
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1459/1021 613
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1459/1021 613

## 11.4. Esquema



## 12.

### 12.1. Conformidad del proyecto

Comprobaciones	Diseño	Especificación	Cumple
Índice de conexión	270.00	125.00 - 325.00	✓
Ratio de conexión	108 %	50 % - 130 %	✓
Número de IU conectadas	18	64	✓
Longitud real de tubería entre todas las IU y OU	92.58 m	300.00 m	✓
Longitud real de tubería entre la OU y la IU mas alejada	27.19 m	120.00 m	✓
Longitud equivalente de tubería entre la OU y la IU mas alejada	32.63 m	150.00 m	✓
Longitud de tubería entre la primera derivación y la IU mas alejada	20.25 m	40.00 m	✓
Diferencia de altura entre unidades exteriores y unidades interiores	5.50 m	50.00 m	✓

### 12.2. Lista de equipos

#### Unidades exteriores

Modelo	Descripción	Cantidad
RXYSQ10TY1	Bomba de calor (2 tubos)	1

#### Unidades interiores

Modelo	Descripción	Cantidad
FXZQ15A	1700 W Cassette (de 4 vías, integrado)	18

#### Derivaciones

Modelo	Descripción	Cantidad
KHRQ22M20T	Derivación en Y	16
KHRQ22M29T9	Derivación en Y	1

#### Longitud de tubería

Diámetro de la tubería	Gas (m)	Descarga (m)	Líquido (m)	Longitud total (m)
Ø6.4 mm (1/4")	0	0	54.18	54.18
Ø9.5 mm (3/8")	0	0	38.41	38.41
Ø12.7 mm (1/2")	54.18	0	0	54.18
Ø15.9 mm (5/8")	31.46	0	0	31.46
Ø22.2 mm (7/8")	6.94	0	0	6.94

### 12.3. Detalles

#### Refrigerante

Modelo	Maestra	Esclava 1	Esclava 2	Refrigerante (Kg)			
				Tipo	Carga de refrigerante estándar de fábrica	Carga adicional	Total
RXYSQ10TY1				R-410A	7.00	3.46	10.46

#### Unidad exterior

Modelo	Calefacción (W)		Refrigeración (W)		Simultaneidad (%)
	Nominal	Corregida	Nominal	Corregida	Sistema
RXYSQ10TY1	31500	29960	28000	24321	108

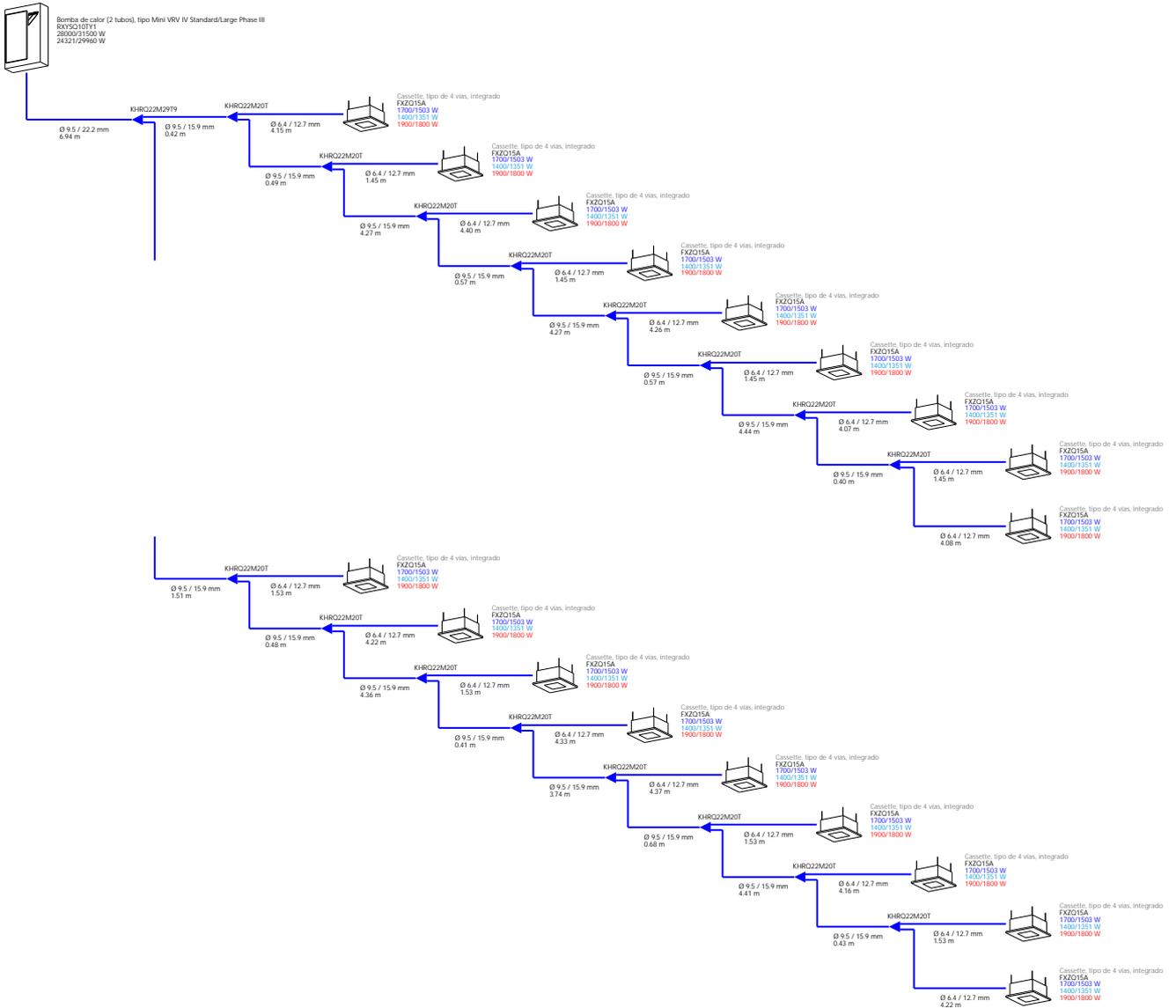
#### Temperatura exterior de diseño

Modo	Descripción	Temperatura (°C)
Refrigeración	Temperatura de bulbo seco	33.5
Calefacción	Temperatura de bulbo húmedo	0.9

#### Unidades interiores

Modelo	Referencia	Potencia nominal total de refrigeración (W)	Modo	Potencia (Total/Sensible) (W)		
				Nominal	Corregida	Requerida
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1289/907 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1289/907 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1289/907 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1289/907 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1289/907 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1289/907 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1289/907 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1289/907 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1212/830 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1212/830 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1212/830 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1212/830 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1212/830 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1212/830 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	1212/830 534
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	523/431 603
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración Calefacción	1700/1400 1900	1503/1351 1800	522/430 602

## 12.4. Esquema



## 13.

### 13.1. Conformidad del proyecto

Comprobaciones	Diseño	Especificación	Cumple
Índice de conexión	180.00	70.00 - 182.00	✓
Ratio de conexión	129 %	50 % - 130 %	✓
Número de IU conectadas	12	64	✓
Longitud real de tubería entre todas las IU y OU	47.45 m	300.00 m	✓
Longitud real de tubería entre la OU y la IU mas alejada	34.00 m	120.00 m	✓
Longitud equivalente de tubería entre la OU y la IU mas alejada	40.80 m	150.00 m	✓
Longitud de tubería entre la primera derivación y la IU mas alejada	24.74 m	40.00 m	✓
Diferencia de altura entre unidades exteriores y unidades interiores	5.50 m	40.00 m	✓

### 13.2. Lista de equipos

#### Unidades exteriores

Modelo	Descripción	Cantidad
RXYSQ6TV1	Bomba de calor (2 tubos)	1

#### Unidades interiores

Modelo	Descripción	Cantidad
FXZQ15A	1700 W Cassette (de 4 vías, integrado)	12

#### Derivaciones

Modelo	Descripción	Cantidad
KHRQ22M20T	Derivación en Y	11

#### Longitud de tubería

Diámetro de la tubería	Gas (m)	Descarga (m)	Líquido (m)	Longitud total (m)
Ø6.4 mm (1/4")	0	0	16.55	16.55
Ø9.5 mm (3/8")	0	0	30.9	30.9
Ø12.7 mm (1/2")	16.55	0	0	16.55
Ø15.9 mm (5/8")	16.8	0	0	16.8
Ø19.1 mm (3/4")	14.1	0	0	14.1

### 13.3. Detalles

#### Refrigerante

Modelo	Maestra	Esclava 1	Esclava 2	Refrigerante (Kg)			
				Tipo	Carga de refrigerante estándar de fábrica	Carga adicional	Total
RXYSQ6TV1				R-410A	3.60	2.19	5.79

#### Unidad exterior

Modelo	Calefacción (W)		Refrigeración (W)		Simultaneidad (%)
	Nominal	Corregida	Nominal	Corregida	Sistema
RXYSQ6TV1	18000	16680	15500	14809	128.6

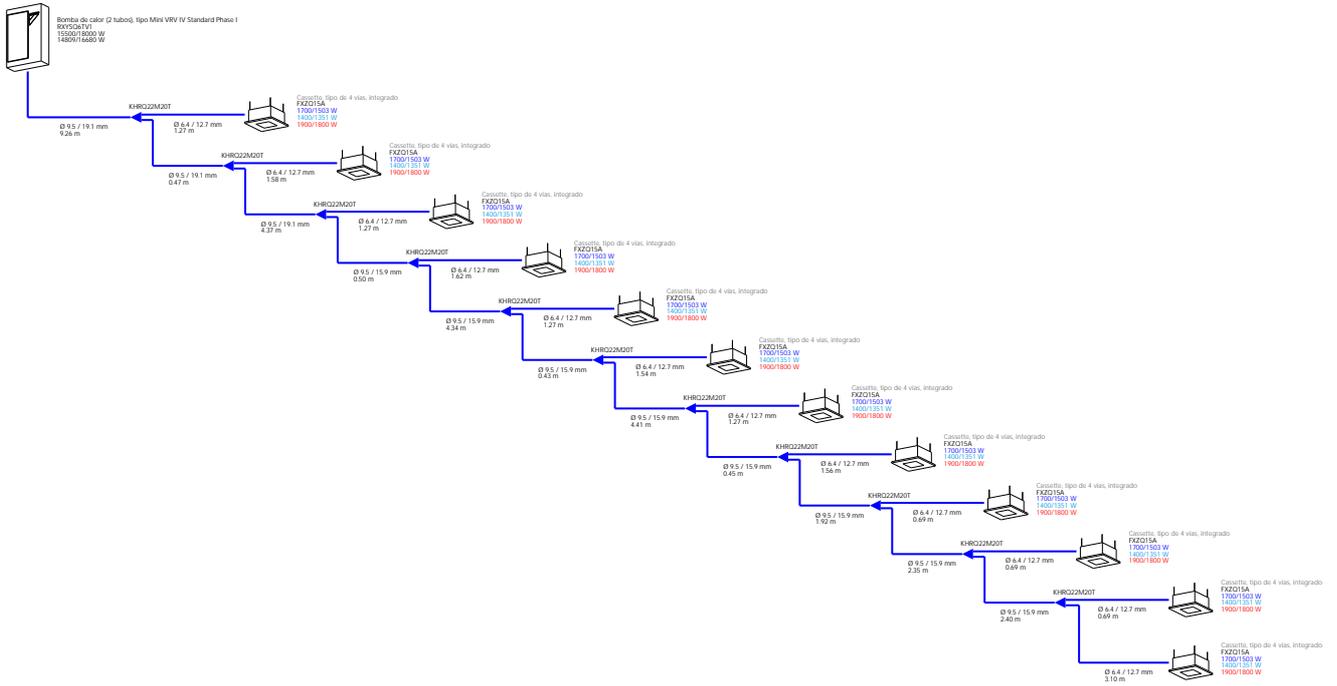
Temperatura exterior de diseño

Modo	Descripción	Temperatura (°C)
Refrigeración	Temperatura de bulbo seco	33.5
Calefacción	Temperatura de bulbo húmedo	0.9

Unidades interiores

Modelo	Referencia	Potencia nominal total de refrigeración (W)	Modo	Potencia (Total/Sensible) (W)		
				Nominal	Corregida	Requerida
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	664/563
			Calefacción	1900	1800	792
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	617/516
			Calefacción	1900	1800	651
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	613/513
			Calefacción	1900	1800	647
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	612/512
			Calefacción	1900	1800	646
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	1255/876
			Calefacción	1900	1800	620
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	1255/876
			Calefacción	1900	1800	620
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	1255/876
			Calefacción	1900	1800	620
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	1255/876
			Calefacción	1900	1800	620
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	1255/876
			Calefacción	1900	1800	620
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	1255/876
			Calefacción	1900	1800	620

### 13.4. Esquema



## 14.

### 14.1. Conformidad del proyecto

Comprobaciones	Diseño	Especificación	Cumple
Índice de conexión	95.00	50.00 - 130.00	✓
Ratio de conexión	95 %	50 % - 130 %	✓
Número de IU conectadas	5	64	✓
Longitud real de tubería entre todas las IU y OU	39.92 m	300.00 m	✓
Longitud real de tubería entre la OU y la IU mas alejada	30.99 m	70.00 m	✓
Longitud equivalente de tubería entre la OU y la IU mas alejada	37.18 m	90.00 m	✓
Longitud de tubería entre la primera derivación y la IU mas alejada	23.59 m	40.00 m	✓
Diferencia de altura entre unidades exteriores y unidades interiores	5.50 m	30.00 m	✓

### 14.2. Lista de equipos

#### Unidades exteriores

Modelo	Descripción	Cantidad
RXYSCQ4TV1	Bomba de calor (2 tubos)	1

#### Unidades interiores

Modelo	Descripción	Cantidad
FXZQ15A	1700 W Cassette (de 4 vías, integrado)	3
FXZQ25A	2800 W Cassette (de 4 vías, integrado)	2

#### Derivaciones

Modelo	Descripción	Cantidad
KHRQ22M20T	Derivación en Y	4

#### Longitud de tubería

Diámetro de la tubería	Gas (m)	Descarga (m)	Líquido (m)	Longitud total (m)
Ø6.4 mm (1/4")	0	0	14.96	14.96
Ø9.5 mm (3/8")	0	0	24.96	24.96
Ø12.7 mm (1/2")	14.96	0	0	14.96
Ø15.9 mm (5/8")	24.96	0	0	24.96

### 14.3. Detalles

#### Refrigerante

Modelo	Maestra	Esclava 1	Esclava 2	Refrigerante (Kg)			
				Tipo	Carga de refrigerante estándar de fábrica	Carga adicional	Total
RXYSCQ4TV1				R-410A	3.70	1.80	5.50

#### Unidad exterior

Modelo	Calefacción (W)		Refrigeración (W)		Simultaneidad (%)
	Nominal	Corregida	Nominal	Corregida	Sistema
RXYSCQ4TV1	14200	12905	12100	8772	95

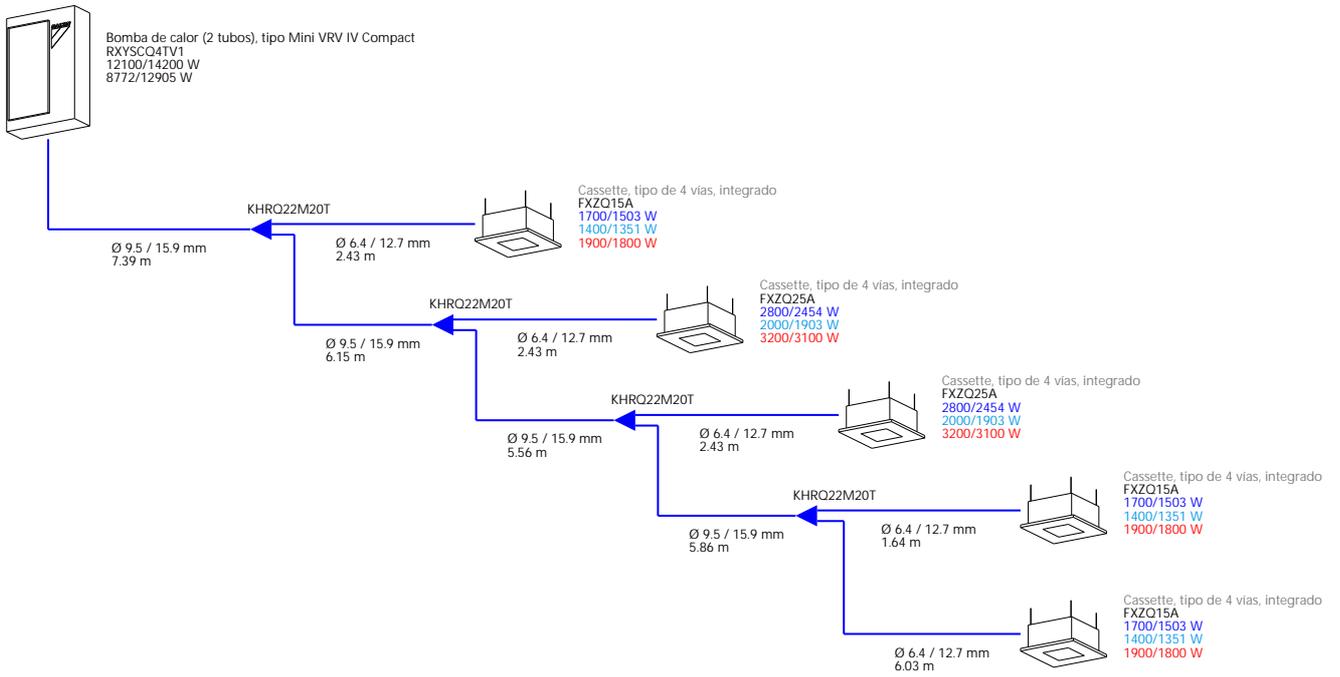
Temperatura exterior de diseño

Modo	Descripción	Temperatura (°C)
Refrigeración	Temperatura de bulbo seco	33.5
Calefacción	Temperatura de bulbo húmedo	0.9

Unidades interiores

Modelo	Referencia	Potencia nominal total de refrigeración (W)	Modo	Potencia (Total/Sensible) (W)		
				Nominal	Corregida	Requerida
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	670/616
			Calefacción	1900	1800	757
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	1235/1032
			Calefacción	1900	1800	1312
FXZQ25A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	2800	Refrigeración	2800/2000	2454/1903	1582/1327
			Calefacción	3200	3100	1694
FXZQ25A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	2800	Refrigeración	2800/2000	2454/1903	1582/1327
			Calefacción	3200	3100	1694
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	1332/1143
			Calefacción	1900	1800	1565

## 14.4. Esquema



## 15.

### 15.1. Conformidad del proyecto

Comprobaciones	Diseño	Especificación	Cumple
Índice de conexión	120.00	50.00 - 130.00	✓
Ratio de conexión	120 %	50 % - 130 %	✓
Número de IU conectadas	8	64	✓
Longitud real de tubería entre todas las IU y OU	40.28 m	300.00 m	✓
Longitud real de tubería entre la OU y la IU mas alejada	21.68 m	70.00 m	✓
Longitud equivalente de tubería entre la OU y la IU mas alejada	26.01 m	90.00 m	✓
Longitud de tubería entre la primera derivación y la IU mas alejada	15.60 m	40.00 m	✓
Diferencia de altura entre unidades exteriores y unidades interiores	5.50 m	30.00 m	✓

### 15.2. Lista de equipos

#### Unidades exteriores

Modelo	Descripción	Cantidad
RXYSCQ4TV1	Bomba de calor (2 tubos)	1

#### Unidades interiores

Modelo	Descripción	Cantidad
FXZQ15A	1700 W Cassette (de 4 vías, integrado)	8

#### Derivaciones

Modelo	Descripción	Cantidad
KHRQ22M20T	Derivación en Y	7

#### Longitud de tubería

Diámetro de la tubería	Gas (m)	Descarga (m)	Líquido (m)	Longitud total (m)
Ø6.4 mm (1/4")	0	0	22.13	22.13
Ø9.5 mm (3/8")	0	0	18.14	18.14
Ø12.7 mm (1/2")	22.13	0	0	22.13
Ø15.9 mm (5/8")	18.14	0	0	18.14

### 15.3. Detalles

#### Refrigerante

Modelo	Maestra	Esclava 1	Esclava 2	Refrigerante (Kg)			
				Tipo	Carga de refrigerante estándar de fábrica	Carga adicional	Total
RXYSCQ4TV1				R-410A	3.70	1.56	5.26

#### Unidad exterior

Modelo	Calefacción (W)		Refrigeración (W)		Simultaneidad (%)
	Nominal	Corregida	Nominal	Corregida	Sistema
RXYSCQ4TV1	14200	12905	12100	11561	120

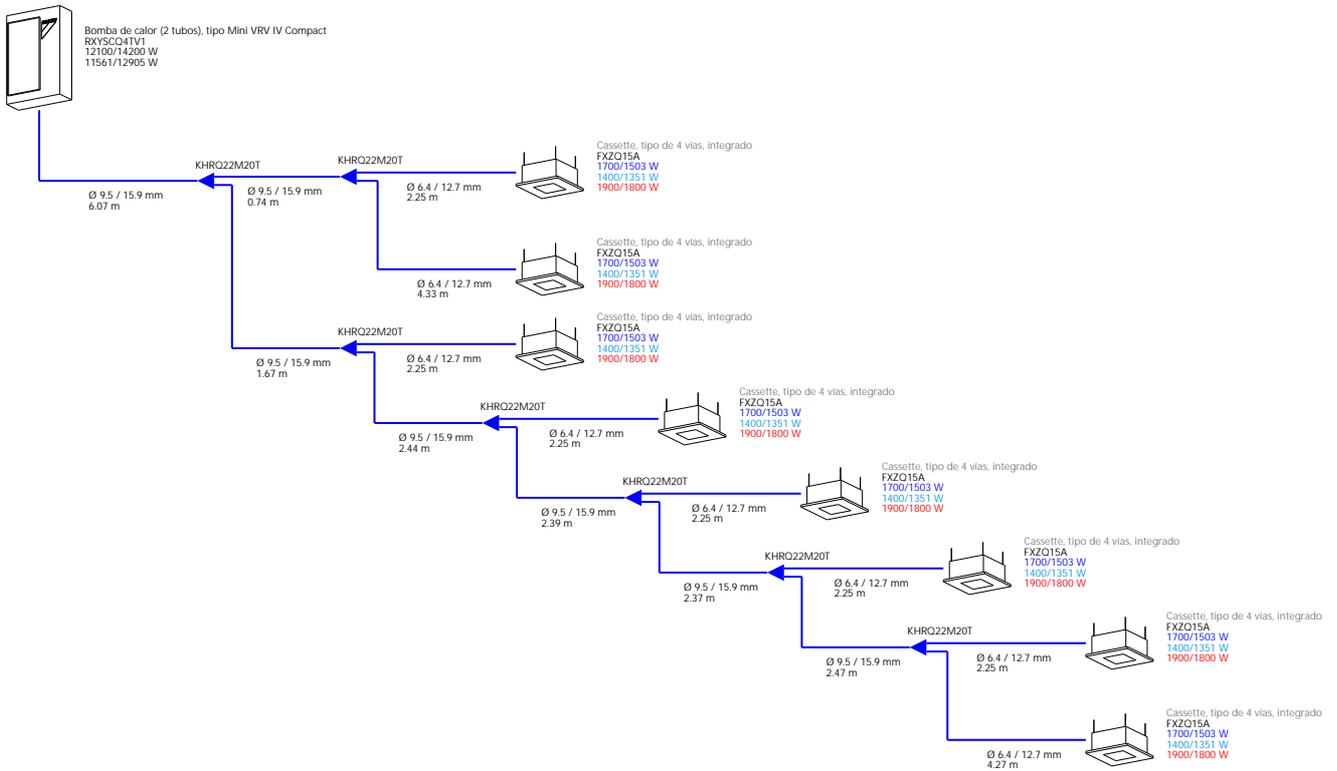
Temperatura exterior de diseño

Modo	Descripción	Temperatura (°C)
Refrigeración	Temperatura de bulbo seco	33.5
Calefacción	Temperatura de bulbo húmedo	0.9

Unidades interiores

Modelo	Referencia	Potencia nominal total de refrigeración (W)	Modo	Potencia (Total/Sensible) (W)		
				Nominal	Corregida	Requerida
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	884/792
			Calefacción	1900	1800	989
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	639/558
			Calefacción	1900	1800	566
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	643/561
			Calefacción	1900	1800	570
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	642/561
			Calefacción	1900	1800	570
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	643/562
			Calefacción	1900	1800	572
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	640/559
			Calefacción	1900	1800	567
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	632/552
			Calefacción	1900	1800	558
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	1053/957
			Calefacción	1900	1800	1001

## 15.4. Esquema



## 16.

### 16.1. Conformidad del proyecto

Comprobaciones	Diseño	Especificación	Cumple
Índice de conexión	120.00	50.00 - 130.00	✓
Ratio de conexión	120 %	50 % - 130 %	✓
Número de IU conectadas	8	64	✓
Longitud real de tubería entre todas las IU y OU	40.28 m	300.00 m	✓
Longitud real de tubería entre la OU y la IU mas alejada	21.68 m	70.00 m	✓
Longitud equivalente de tubería entre la OU y la IU mas alejada	26.01 m	90.00 m	✓
Longitud de tubería entre la primera derivación y la IU mas alejada	15.60 m	40.00 m	✓
Diferencia de altura entre unidades exteriores y unidades interiores	5.50 m	30.00 m	✓

### 16.2. Lista de equipos

#### Unidades exteriores

Modelo	Descripción	Cantidad
RXYSCQ4TV1	Bomba de calor (2 tubos)	1

#### Unidades interiores

Modelo	Descripción	Cantidad
FXZQ15A	1700 W Cassette (de 4 vías, integrado)	8

#### Derivaciones

Modelo	Descripción	Cantidad
KHRQ22M20T	Derivación en Y	7

#### Longitud de tubería

Diámetro de la tubería	Gas (m)	Descarga (m)	Líquido (m)	Longitud total (m)
Ø6.4 mm (1/4")	0	0	22.13	22.13
Ø9.5 mm (3/8")	0	0	18.14	18.14
Ø12.7 mm (1/2")	22.13	0	0	22.13
Ø15.9 mm (5/8")	18.14	0	0	18.14

### 16.3. Detalles

#### Refrigerante

Modelo	Maestra	Esclava 1	Esclava 2	Refrigerante (Kg)			
				Tipo	Carga de refrigerante estándar de fábrica	Carga adicional	Total
RXYSCQ4TV1				R-410A	3.70	1.56	5.26

#### Unidad exterior

Modelo	Calefacción (W)		Refrigeración (W)		Simultaneidad (%)
	Nominal	Corregida	Nominal	Corregida	Sistema
RXYSCQ4TV1	14200	12905	12100	11561	120

Temperatura exterior de diseño

Modo	Descripción	Temperatura (°C)
Refrigeración	Temperatura de bulbo seco	33.5
Calefacción	Temperatura de bulbo húmedo	0.9

Unidades interiores

Modelo	Referencia	Potencia nominal total de refrigeración (W)	Modo	Potencia (Total/Sensible) (W)		
				Nominal	Corregida	Requerida
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	899/804
			Calefacción	1900	1800	1002
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	635/554
			Calefacción	1900	1800	561
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	644/562
			Calefacción	1900	1800	570
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	640/559
			Calefacción	1900	1800	567
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	643/561
			Calefacción	1900	1800	571
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	638/557
			Calefacción	1900	1800	565
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	646/564
			Calefacción	1900	1800	574
FXZQ15A	24.0°C - 50.00% 21.0°C	1700	Refrigeración	1700/1400	1503/1351	914/821
			Calefacción	1900	1800	989

## 16.4. Esquema

