



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA



Instituto
Ingeniería
Energética



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE MÁSTER

TECNOLOGÍA ENERGÉTICA PARA DESARROLLO SOSTENIBLE

“DISEÑO DE UNA URBANIZACIÓN DE 26 VIVIENDAS ADOSADAS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO”

AUTOR: ROMERO ARÀMBUL, GUILLEM

TUTOR: MAGRANER BENEDICTO, MARIA TERESA

Curso Académico: 2016-17

Fecha: 06/2017

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo la realización del diseño de dos edificios de consumo de energía casi nulo situados en San Sebastián de los Reyes, uno siguiendo la Directiva Europea y el otro el estándar Passivhaus, y el estudio de sus elementos constructivos para conocer aquellos que son más importantes a la hora de reducir la demanda energética de refrigeración y calefacción del edificio. Para llevar a cabo este cometido se emplea el software Herramienta Unificada Lider-Calener que permite realizar este modelado de la vivienda, calcular sus demandas de climatización y consumo de energía primaria, y obtener el certificado energético correspondiente.

Se realiza además, para cada una de las viviendas, el diseño de tres conjuntos de sistemas de generación energética empleando fuentes de origen renovable para satisfacer los consumos de climatización, agua caliente sanitaria, ventilación, iluminación y aparatos.

Para finalizar se realiza un estudio energético y económico de cada uno de los escenarios planteados para identificar cuál de ellos es la combinación óptima. También se analiza si resulta económicamente rentable invertir en la envolvente de la vivienda hasta alcanzar cotas de demanda energética de climatización propias del Passivhaus o, por el contrario, es mejor opción proyectar la vivienda de manera que se cumpla la Directiva de la Unión Europea.

Palabras clave: edificio de consumo de energía casi nulo, demanda energética, estándar Passivhaus, Herramienta Unificada Lider-Calener, consumo de energía primaria.

RESUM

L'objectiu del present treball es la realització del disseny de dos edificis de consum d'energia casi nul situats a San Sebastián de los Reyes, un d'ells seguint la Directriu Europea i l'altra l'estàndar Passivhaus, i l'estudi dels seus elements constructius per a conèixer aquells que resulten més rellevants a l'hora de reduir la demanda energètica de refrigeració i calefacció de l'edifici. Per a dur a terme aquesta feina s'utiliza el software Herramienta Unificada Lider-Calener, que permeteix realitzar el modelat de la vivenda, calcular les seves demandes de climatització i el consum d'energia primària, i obtindre el certificat energètic corresponent.

Es realitza ademés, per a cada una de les vivendes, el disseny de tres conjunts de sistemes de generació energètica utilitzant fonts d'origen renovable per a cubrir els consums de climatització, aigua calent sanitària, ventilació, il·luminació i resta d'aparells.

Finalment es realitza un estudi energètic i econòmic de cada un dels escenaris plantejats per a identificar quin d'ells resulta ser la combinació òptima. També s'analitza si resulta viable econòmicament invertir en l'envolvent de la vivenda per a obtindre valors de demanda energètica propis del Passivhaus o, pel contrari, es millor opció projectar la vivenda de manera que es complisca la Directiva de l'Unió Europea.

Paraules clau: edifici de consum d'energia casi nul, demanda energètica, estàndar Passivhaus, Herramienta Unificada Lider-Calener, consum d'energia primària.

ABSTRACT

This document has the objective of design two near zero energy buildings located in San Sebastián de los Reyes, one of them following the European Directive and the other the Passivhaus standard. In addition, the constructive elements of the buildings are going to be studied in order to know how important are they in reducing heating and cooling energy demands. To achieve all these goals it is used the software Herramienta Unificada Lider-Calener that allows the modeling of the building, evaluate the heating and cooling demands, calculate the primary energy consumption and obtains the energy certificate for each scenario.

Moreover, three different energy production systems are designed for both buildings so as to meet their needs. These are cooling and heating, domestic hot water, lighting, ventilation and home appliances consumptions.

Finally, an energetic and economical study is made to identify which scenario is the optimum. It is also analyzed whether it is profitable to invest to improve the building envelope to reach Passivhaus demand values or, on the contrary, it is better to design the building in order to accomplish the European Directive.

Keywords: near zero energy building, energy demand, Passivhaus standard, Herramienta Unificada Lider-Calener, primary energy consumption.

ÍNDICE

DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TRABAJO

- MEMORIA
- PRESUPUESTO
- ANEXO I. CÁLCULO DE SISTEMAS
- ANEXO II. RESULTADOS HULC

ÍNDICE DE LA MEMORIA

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
CAPÍTULO 2. NORMATIVA SOBRE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	3
2.1. NORMATIVA PARA EDIFICIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO DE LA UE.....	3
2.2. NORMATIVA PARA EDIFICIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO EN ESPAÑA.....	5
2.3. ESTÁNDAR PASSIVHAUS	10
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DEL TRABAJO	11
3.1. HERRAMIENTA UNIFICADA LIDER-CALENER	11
3.2. DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA TIPO.....	15
3.3. METODOLOGÍA DEL TRABAJO.....	19
CAPÍTULO 4. DISEÑO DE LA VIVIENDA Y SISTEMAS.....	21
4.1 DISEÑO DE LAS VIVIENDAS NZEB Y PASSIVHAUS	21
4.2. CONSUMOS ENERGÉTICOS DE LA VIVIENDA	47
4.3. DISEÑO DE LOS SISTEMAS.....	50
4.4. VIABILIDAD DE LOS SISTEMAS.....	66
CAPÍTULO 5. RESULTADOS	67
5.1. ESTUDIO ENERGÉTICO	67
5.2. ESTUDIO ECONÓMICO.....	75
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES	78
CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA	80

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. PRESUPUESTO NZEB CON BOMBA DE CALOR AEROTÉRMICA	2
3. PRESUPUESTO NZEB CON BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA	4
4. PRESUPUESTO PASSIVHAUS CON BOMBA DE CALOR AEROTÉRMICA.....	6
5 . PRESUPUESTO PASSIVHAUS CON BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA.....	8

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE LOS DOCUMENTOS RECONOCIDOS PARA LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA... 6	6
TABLA 2. TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA Y PERMEABILIDAD AL AIRE DE LOS ELEMENTOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA.	7
TABLA 3. TRANSMITANCIA TÉRMICA LÍMITE DE PARTICIONES INTERIORES, CUANDO DELIMITEN UNIDADES DE DISTINTO USO, ZONAS COMUNES, Y MEDIANERÍAS, U EN W/M ² ·K	8
TABLA 4. TRANSMITANCIA TÉRMICA LÍMITE DE PARTICIONES INTERIORES, CUANDO DELIMITEN UNIDADES DEL MISMO USO, U EN W/M ² ·K	8
TABLA 5. INDICADORES DEL CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA EN LA UE.	9
TABLA 6. SUPERFICIE CONSTRUIDA EN EL EDIFICIO.	16
TABLA 7. SUPERFICIE ÚTIL DEL EDIFICIO.	16
TABLA 8. SUPERFICIE ÚTIL POR ESPACIOS DE LA PLANTA BAJA.	16
TABLA 9. SUPERFICIE ÚTIL POR ESPACIOS DE LA PRIMERA PLANTA.	17
TABLA 10. COMPOSICIÓN DEL MURO EXTERIOR DE LA VIVIENDA REFERENCIA.....	22
TABLA 11. TRANSMITANCIA TÉRMICA DEL MURO EXTERIOR DE LA VIVIENDA REFERENCIA.....	22
TABLA 12. COMPOSICIÓN DE LA CUBIERTA DE LA VIVIENDA DE REFERENCIA.....	22
TABLA 13. TRANSMITANCIA TÉRMICA DE LA CUBIERTA DE LA VIVIENDA DE REFERENCIA.	22
TABLA 14. COMPOSICIÓN DEL SUELO DE LA VIVIENDA DE REFERENCIA.	23
TABLA 15. TRANSMITANCIA TÉRMICA DEL SUELO DE LA VIVIENDA DE REFERENCIA.	23
TABLA 16. COMPOSICIÓN DE FORJADOS INTERIORES DE LA VIVIENDA DE REFERENCIA.	23
TABLA 17. TRANSMITANCIA TÉRMICA DEL FORJADO INTERIOR DE LA VIVIENDA DE REFERENCIA.	23
TABLA 18. COMPOSICIÓN DE PARTICIONES INTERIORES DE LA VIVIENDA DE REFERENCIA.	24
TABLA 19. TRANSMITANCIA TÉRMICA DE LAS PARTICIONES INTERIORES DE LA VIVIENDA DE REFERENCIA.	24
TABLA 20. COMPOSICIÓN DE LA MEDIANERA DE LA VIVIENDA DE REFERENCIA.....	24
TABLA 21. TRANSMITANCIA TÉRMICA DE LA MEDIANERA DE LA VIVIENDA DE REFERENCIA.....	24
TABLA 22. TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA Y PERMEABILIDAD DE LOS HUECOS SEGÚN EL CTE.	25
TABLA 23. CÁLCULO DE LA FRACCIÓN DE MARCO PARA CADA HUECO DEL EDIFICIO.....	26

TABLA 24. CAUDALES DE VENTILACIÓN MÍNIMO PARA VIVIENDAS.	27
TABLA 25. PARÁMETROS DE LA VIVIENDA A CONSIDERAR EN EL CÁLCULO DE VENTILACIÓN.	28
TABLA 26. CÁLCULO VENTILACIÓN DEL EDIFICIO.	28
TABLA 27. DEMANDAS CLIMATIZACIÓN DE LA VIVIENDA DE REFERENCIA.	29
TABLA 28. COMPOSICIÓN DEL MURO EXTERIOR DEL NZEB.	30
TABLA 29. COMPOSICIÓN DE LA CUBIERTA DEL NZEB.	30
TABLA 30. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PARA EL MURO EXTERIOR.	31
TABLA 31. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PARA LA CUBIERTA.	32
TABLA 32. DEMANDAS CLIMATIZACIÓN TRAS CAMBIO DE MURO EXTERIOR Y CUBIERTA.	33
TABLA 33. COMPOSICIÓN DEL MURO EN CONTACTO CON EL TERRENO DEL NZEB.	33
TABLA 34. COMPOSICIÓN DEL SUELO DEL NZEB.	34
TABLA 35. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PARA EL MURO EN CONTACTO CON EL TERRENO.	34
TABLA 36. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PARA EL SUELO.	35
TABLA 37. DEMANDAS CLIMATIZACIÓN TRAS CAMBIO DE MURO A TERRENO Y SUELO.	36
TABLA 38. COMPOSICIÓN DE LAS PARTICIONES INTERIORES DEL NZEB.	37
TABLA 39. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LAS PARTICIONES INTERIORES.	37
TABLA 40. COMPOSICIÓN DE LAS MEDIANERAS DEL NZEB.	38
TABLA 41. COMPOSICIÓN DE LOS FORJADOS INTERIORES DEL NZEB.	38
TABLA 42. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LOS FORJADOS INTERIORES.	39
TABLA 43. DEMANDAS CLIMATIZACIÓN TRAS CAMBIO DE CERRAMIENTOS INTERIORES.	39
TABLA 44. DEMANDAS CLIMATIZACIÓN TRAS CAMBIO DE HUECOS N,E Y O POR PLANITHERM 4S Y PVC 3 CÁMARAS.	40
TABLA 45. DEMANDAS CLIMATIZACIÓN TRAS CAMBIO DE HUECOS POR PLANITHERM 4S Y PVC 3 CÁMARAS.	40
TABLA 46. DEMANDAS CLIMATIZACIÓN TRAS CAMBIO DE HUECOS POR TGU PTL ULTRA Y PVC 3 CÁMARAS.	40
TABLA 47. DEMANDAS CLIMATIZACIÓN TRAS CAMBIO DE HUECOS POR TGU Y CARIBINSA V92.	41
TABLA 48. DEMANDAS CLIMATIZACIÓN TRAS CAMBIO DE HUECOS POR SGG DIAMOND Y CARIBINSA V92.	41
TABLA 49. RESULTADOS VENTILACIÓN SIN RECUPERADOR ENTÁLPICO.	42
TABLA 50. RESULTADOS VENTILACIÓN CON RECUPERADOR ENTÁLPICO.	43
TABLA 51. DEMANDAS CLIMATIZACIÓN TRAS APLICAR RECUPERADOR ENTÁLPICO A LA VIVIENDA DE REFERENCIA.	43
TABLA 52. DEMANDAS CLIMATIZACIÓN FINAL DE LA VIVIENDA NZEB.	44
TABLA 53. COMPOSICIÓN DEL MURO EXTERIOR DE LA VIVIENDA PASSIVHAUS.	46
TABLA 54. COMPOSICIÓN DE LA CUBIERTA DE LA VIVIENDA PASSIVHAUS.	46

TABLA 55. DEMANDAS CLIMATIZACIÓN FINAL DE LA VIVIENDA PASSIVHAUS.	46
TABLA 56. CONSUMOS DE ELECTRODOMÉSTICOS.	48
TABLA 57. VALORES RECOMENDADOS DE ILUMINACIÓN.	49
TABLA 58. RESULTADOS ACS OBTENIDOS CON CHEQ4.	50
TABLA 59. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA BOMBA DE CALOR EREBA 12 H.	51
TABLA 60. CONSUMOS ELÉCTRICOS DE LA VIVIENDA NZEB CON AEROTERMIA.	52
TABLA 61. ESTUDIO DEL CAMPO FOTOVOLTAICO PARA LA VIVIENDA NZEB CON AEROTERMIA.	53
TABLA 62. CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA DEL SISTEMA DE ACS.	53
TABLA 63. CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA TOTAL EN EL NZEB CON AEROTERMIA.	53
TABLA 64. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA CALDERA THEMA CONDENS 25.	54
TABLA 65. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA BOMBA DE CALOR EREBA 12 H.	54
TABLA 66. CONSUMOS ELÉCTRICOS DE LA VIVIENDA NZEB CON CALDERA Y AEROTERMIA.	54
TABLA 67. ESTUDIO DEL CAMPO FOTOVOLTAICO PARA LA VIVIENDA NZEB CON CALDERA Y AEROTERMIA.	55
TABLA 68. CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA DEL SISTEMA DE ACS.	55
TABLA 69. CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA DE LA CALDERA DE GN.	56
TABLA 70. CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA TOTAL EN EL NZEB CON CALDERA Y AEROTERMIA.	56
TABLA 71. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA BOMBA DE CALOR AGEO 50 H.	56
TABLA 72. CONSUMOS ELÉCTRICOS DE LA VIVIENDA NZEB CON GEOTERMIA.	57
TABLA 73. ESTUDIO DEL CAMPO FOTOVOLTAICO PARA LA VIVIENDA NZEB CON GEOTERMIA.	58
TABLA 74. CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA DEL SISTEMA DE ACS.	58
TABLA 75. CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA TOTAL EN EL NZEB CON GEOTERMIA.	59
TABLA 76. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA BOMBA DE CALOR EREBA 12 H.	60
TABLA 77. CONSUMOS ELÉCTRICOS DE LA VIVIENDA PASSIVHAUS CON AEROTERMIA.	60
TABLA 78. ESTUDIO DEL CAMPO FOTOVOLTAICO PARA LA VIVIENDA PASSIVHAUS CON AEROTERMIA. .	61
TABLA 79. CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA DEL SISTEMA DE ACS.	61
TABLA 80. CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA TOTAL EN LA VIVIENDA PASSIVHAUS CON AEROTERMIA.	61
TABLA 81. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA CALDERA THEMA CONDENS 25.	62
TABLA 82. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA BOMBA DE CALOR EREBA 12 H.	62
TABLA 83. CONSUMOS ELÉCTRICOS DE LA VIVIENDA PASSIVHAUS CON CALDERA Y AEROTERMIA.	62
TABLA 84. ESTUDIO DEL CAMPO FOTOVOLTAICO PARA LA VIVIENDA PASSIVHAUS CON CALDERA Y AEROTERMIA.	63
TABLA 85. CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA DEL SISTEMA DE ACS.	63
TABLA 86. CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA DE LA CALDERA DE GN.	63
TABLA 87. CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA TOTAL EN LA VIVIENDA PASSIVHAUS CON CALDERA Y AEROTERMIA.	63

TABLA 88. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA BOMBA DE CALOR AGEO 50 H.....	64
TABLA 89. CONSUMOS ELÉCTRICOS DE LA VIVIENDA PASSIVHAUS CON GEOTERMIA.	65
TABLA 90. ESTUDIO DEL CAMPO FOTOVOLTAICO PARA LA VIVIENDA PASSIVHAUS CON GEOTERMIA. ...	65
TABLA 91. CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA DEL SISTEMA DE ACS.....	65
TABLA 92. CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA TOTAL EN LA VIVIENDA PASSIVHAUS CON GEOTERMIA...	66
TABLA 93. ENERGÍA PRIMARIA EMPLEADA EN EL NZEB CON AEROTERMIA.	67
TABLA 94. ENERGÍA PRIMARIA EMPLEADA PARA ACS EN EL NZEB CON AEROTERMIA.	67
TABLA 95. ENERGÍA PRIMARIA TOTAL EMPLEADA EN EL NZEB CON AEROTERMIA.	67
TABLA 96. ENERGÍA PRIMARIA EMPLEADA EN EL NZEB CON GEOTERMIA.	68
TABLA 97. ENERGÍA PRIMARIA EMPLEADA PARA ACS EN EL NZEB CON GEOTERMIA.	68
TABLA 98. ENERGÍA PRIMARIA TOTAL EMPLEADA EN EL NZEB CON GEOTERMIA.	68
TABLA 99. ENERGÍA PRIMARIA EMPLEADA EN EL PASSIVHAUS CON AEROTERMIA.	69
TABLA 100. ENERGÍA PRIMARIA EMPLEADA PARA ACS EN EL PASSIVHAUS CON AEROTERMIA.	69
TABLA 101. ENERGÍA PRIMARIA TOTAL EMPLEADA EN EL PASSIVHAUS CON AEROTERMIA.....	69
TABLA 102. ENERGÍA PRIMARIA EMPLEADA EN EL PASSIVHAUS CON GEOTERMIA.	69
TABLA 103. ENERGÍA PRIMARIA EMPLEADA PARA ACS EN EL PASSIVHAUS CON GEOTERMIA.	69
TABLA 104. ENERGÍA PRIMARIA TOTAL EMPLEADA EN EL PASSIVHAUS CON GEOTERMIA.....	69
TABLA 105. FRACCIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE PARA CALEFACCIÓN EMPLEADA EN EL NZEB CON AEROTERMIA.	71
TABLA 106. FRACCIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE PARA CALEFACCIÓN EMPLEADA EN EL NZEB CON GEOTERMIA.	71
TABLA 107. FRACCIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE PARA CALEFACCIÓN EMPLEADA EN EL PASSIVHAUS CON AEROTERMIA.....	71
TABLA 106. FRACCIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE PARA CALEFACCIÓN EMPLEADA EN EL PASSIVHAUS CON GEOTERMIA.	72
TABLA 107. FRACCIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE DEL CONSUMO ELÉCTRICO DEL NZEB CON AEROTERMIA.	72
TABLA 108. FRACCIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE DEL CONSUMO ELÉCTRICO DEL NZEB CON GEOTERMIA.	73
TABLA 109. FRACCIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE DEL CONSUMO ELÉCTRICO DEL PASSIVHAUS CON AEROTERMIA.	73
TABLA 110. FRACCIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE DEL CONSUMO ELÉCTRICO DEL PASSIVHAUS CON GEOTERMIA.	73
TABLA 111. RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS DOS ESCENARIOS PLANTEADOS PARA LA VIVIENDA NZEB.	74
TABLA 112. RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS DOS ESCENARIOS PLANTEADOS PARA LA VIVIENDA PASSIVHAUS.	74
TABLA 113. COSTES DE LOS SISTEMAS ENERGÉTICOS.....	75

TABLA 114. COSTES DEL AISLAMIENTO DE MUROS EXTERIORES Y CUBIERTA.	75
TABLA 115. COSTES DE CADA ESCENARIO CONSIDERANDO EL SOBRECOSTE DEL AISLAMIENTO.	76
TABLA 116. PERIODO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN PARA CONVERTIR LA VIVIENDA CON SISTEMA AEROTÉRMICO EN PASSIVHAUS.	76
TABLA 117. PERIODO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN PARA CONVERTIR LA VIVIENDA CON SISTEMA AEROTÉRMICO EN PASSIVHAUS.	77

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. EVOLUCIÓN DEL DISEÑO DE EDIFICIOS Y SISTEMAS PARA CUBRIR SUS NECESIDADES ENERGÉTICAS.	1
FIGURA 2: CONSUMO ENERGÍA EN EL SECTOR DE LA EDIFICACIÓN EN LA UE EN 2012. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE EUROSTAT.	4
FIGURA 3. INTERFAZ DE DISEÑO Y BASE DE DATOS DE HULC.	11
FIGURA 4. INTERFAZ DE LA BASE DE DATOS DE HULC.	12
FIGURA 5. INTERFAZ DE DATOS GENERALES DE HULC.	12
FIGURA 6. INTERFAZ DE RESULTADOS DE LA DEMANDA ENERGÉTICA EN HULC.	13
FIGURA 7. INTERFAZ DE DEFINICIÓN DE SISTEMAS EN HULC.	14
FIGURA 8. INTERFAZ DE RESULTADOS DE LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE HULC.	14
FIGURA 9. INTERFAZ DE RESULTADOS DE LA CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA EN HULC.	15
FIGURA 10. PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA BAJA DE LA VIVIENDA.	17
FIGURA 11. PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE LA PRIMERA PLANTA DE LA VIVIENDA.	18
FIGURA 12. VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL TERRENO CON LA PROFUNDIDAD A LO LARGO DEL AÑO.	35
FIGURA 13. INFLUENCIA DE CADA CAMBIO EN LOS CERRAMIENTOS SOBRE LA VIVIENDA NZEB.	44
FIGURA 14. INFLUENCIA DE CADA CAMBIO EN LOS CERRAMIENTOS SOBRE LA VIVIENDA PASSIVHAUS.	47
FIGURA 15. COMPARATIVA DEL CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA PRIMARIA ENTRE LOS CUATRO ESCENARIOS ESTUDIADOS.	70
FIGURA 16. COMPARATIVA DE LA FRACCIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE PARA CLIMATIZACIÓN ENTRE LOS CUATRO ESCENARIOS ESTUDIADOS.	72
FIGURA 17. COMPARATIVA DE LA FRACCIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE DEL CONSUMO ELÉCTRICO ENTRE LOS CUATRO ESCENARIOS ESTUDIADOS.	73

MEMORIA

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

El sector de la edificación ha sufrido una gran evolución tanto en la construcción de edificios como en la manera de cubrir sus necesidades energéticas. Como puede verse en la Figura 1, en periodos anteriores al Código Técnico de la Edificación (CTE) las viviendas se fundamentaban en un buen diseño constructivo que minimizara sus demandas energéticas. Sin embargo, con la aparición del desarrollo tecnológico de aparatos destinados a controlar las condiciones interiores de las viviendas y a suministrar energía surge una segunda etapa, tras la implantación del CTE, en la que desaparece la voluntad de aplicar todas las medidas constructivas posibles en la fase de diseño y se aboga por cubrir la demanda energética de los edificios, sea cual sea su valor, con esta tecnología.

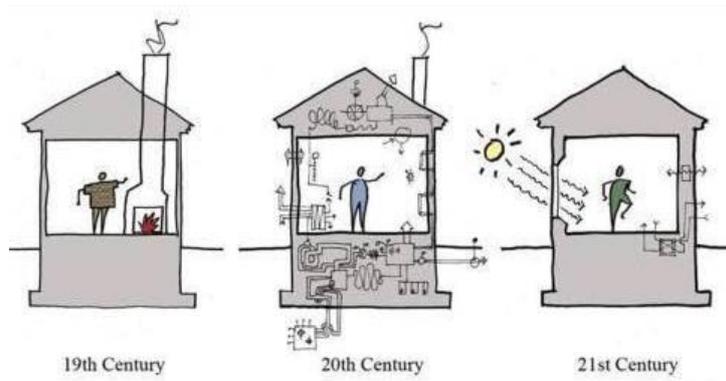


Figura 1. Evolución del diseño de edificios y sistemas para cubrir sus necesidades energéticas.

Por este motivo, actualmente el sector de la edificación supone una gran inversión no solo de dinero, sino también de recursos materiales y energéticos. En la construcción y la ocupación de edificios se consume gran cantidad de estos recursos y se genera una importante fracción de las sustancias contaminantes emitidas al medio ambiente; según el Worldwatch Institute [13] los edificios consumen más del 40% de la energía total utilizada cada año en el mundo, lo que supone un tercio del CO₂ liberado a la atmósfera y dos quintas partes de los compuestos que provocan lluvia ácida.

Todo esto genera la necesidad de encontrar el camino de construir y utilizar los edificios de manera más sostenible, entendiendo sostenibilidad como la posibilidad de satisfacer las necesidades de la sociedad actual sin comprometer la capacidad de futuras generaciones de satisfacer las suyas.

En este punto entra en juego la siguiente etapa en el desarrollo del sector de la edificación sobre el que versa el presente trabajo. En él se persigue volver a prestar especial atención a la construcción de los edificios, como por ejemplo implantar medidas pasivas como el uso de aislamiento y un buen diseño basado en aprovechar los condicionantes propios del entorno, y disponer de la mínima cantidad de sistemas de generación de energía de origen renovable necesarios para cubrir la demanda resultante en estos edificios.

Es en este contexto en el que la Unión Europea asume la responsabilidad de fomentar la construcción de inmuebles que reduzcan su demanda energética y se crea una normativa específica de eficiencia energética en edificios en la que se establece la definición de “edificio de consumo de energía casi nulo”.

1.2.OBJETIVOS

El objetivo del proyecto es realizar el diseño de una urbanización de consumo de energía casi nulo ubicada en San Sebastián de los Reyes, Madrid, mediante la implementación de medidas relacionadas con la eficiencia energética y medidas dirigidas a la generación in situ de energía renovable. El diseño se ha planteado para una de las viviendas tipo, ya que debido a las especificaciones de la arquitectura y a los tiempos estimados en la ejecución no es viable diseñar instalaciones conjuntas para las viviendas, solución que podría haber sido viable técnica y económicamente.

Para ello resulta necesaria la modelización de la vivienda en la Herramienta Unificada Lider-Calener, software oficial en el estado español para obtener certificaciones energéticas en edificios, y la modelización de los sistemas de generación energética utilizando programas informáticos especializados para cada tipo de energía. Por ejemplo, para el cálculo de del sistema de agua caliente sanitaria se recurre al software CHEQ4, para geotermia al GEO2 y para el campo fotovoltaico al HOMER.

Además, una vez llevadas a cabo estas simulaciones, dentro de las medidas de eficiencia energética se llevará a cabo un estudio para conocer la influencia de cada uno de los diferentes parámetros constructivos que conforman la vivienda sobre sus demandas de calefacción y refrigeración y así poder optimizar la solución final de diseño de la vivienda estudiada.

Finalmente se analizará desde un punto de vista energético y económico la diferencia entre diseñar la vivienda siguiendo las recomendaciones europeas de los NZEB o hacerlo acorde a las limitaciones más restrictivas del estándar Passivhaus.

CAPÍTULO 2. NORMATIVA SOBRE EFICIENCIA ENERGÉTICA

2.1. NORMATIVA PARA EDIFICIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO DE LA UE

El desarrollo de la legislación energética en el marco europeo va ligado a 3 objetivos principales: seguridad, competitividad y sostenibilidad.

El fomento de la eficiencia energética se establece aquí como una de las herramientas fundamentales para lograr un incremento de la competitividad, persiguiendo reducir la intensidad energética, es decir, consumir menos energía para producir una misma cantidad de producto o bien.

Este consumo eficiente junto con el fomento de las energías de origen renovable constituyen los pilares básicos de la sostenibilidad energética, que tiene el objetivo de que el desarrollo social y tecnológico no produzca cambios negativos en el medio ambiente.

Con esto, se establecen los compromisos en materia de energía de la Unión Europea (UE) conocidos como Objetivo 20/20/20, cuyos principales puntos son:

- Reducir un 20% el consumo de energía primaria implantando mejoras en eficiencia energética.
- Lograr una disminución del 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación a los niveles de 1990.
- Conseguir que la participación de las energías renovables en la cuota del consumo energético alcance el 20%.

Cabe destacar que uno de los principales focos de consumo de energía en la UE es el sector de la edificación, sector que incluye principalmente los sectores residencial y no residencial (servicios) y que se ha visto incrementado hasta alcanzar un peso aproximado del 40% sobre el consumo total. En la Figura 2 se representa la distribución del mix energético en el sector.

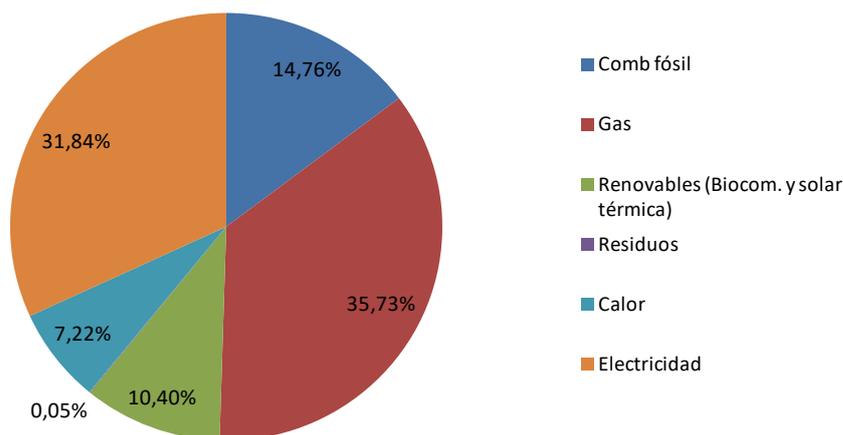


Figura 2: Consumo energía en el sector de la edificación en la UE en 2012. Fuente: Elaboración propia con datos de Eurostat.

Con el objetivo de reducir este consumo se implanta la Directiva 2010/31/UE [1] de eficiencia energética de los edificios que persigue reforzar y mejorar los siguientes puntos:

- Establecer unos requisitos mínimos de eficiencia energética en edificios de nueva construcción y existentes.
- Crear un sistema de certificación energética de los edificios que incluya el valor de la eficiencia energética del edificio y los valores de referencia para que los propietarios o arrendatarios de un edificio o parte de él puedan comparar y evaluar su situación energética. El certificado deberá tener una validez máxima de 10 años y tendrá que incluir recomendaciones para la mejora de los niveles óptimos o rentables de eficiencia energética del inmueble.
- Realizar la inspección de instalaciones de calefacción y aire acondicionado, que serán de carácter periódico en instalaciones de calefacción de más de 20 kW y en instalaciones de refrigeración de más de 12 kW.
- Fomentar la construcción de edificios de consumo de energía casi nulo (NZEB) fijando que, antes del 31 de diciembre de 2018, los edificios públicos nuevos que estén ocupados cumplan este requisito, ampliándose a todos los edificios de nueva construcción con fecha límite 31 de diciembre de 2020. Además cada estado miembro deberá realizar su propia definición de edificio de consumo de energía casi nulo siguiendo la definición de la UE e incluyendo un indicador numérico del consumo de energía primaria límite en $\frac{kWh}{m^2 \times año}$.

El concepto de NZEB que aparece en el último punto de esta directiva deriva de los ZEB, por lo que, en primer lugar, se explica este concepto de edificio. Un ZEB es aquel edificio que se encuentra desconectado de la red, cuya demanda queda cubierta por fuentes 100% renovables y que presenta una demanda energética reducida, tanto por el diseño del edificio y características de los materiales como por la manera eficiente de consumir la energía. La evaluación de este tipo de edificios se realiza mediante un balance entre generación y consumo llamado balance nulo, en el cual toda la energía consumida debe ser igual a la generada por las fuentes renovables. Distintos países, como Estados Unidos quieren implantar este concepto de edificio para aquellos de nueva construcción a partir del 2050 [9] (A.J. Marszal, 2010).

Cómo objetivo a corto plazo y con menor grado de exigencia surgen los NZEB. Los edificios de consumo de energía casi nulo se encuentran dentro de los edificios inteligentes, siendo estos la definición global de los NZEB. Son aquellos que proporcionan un ambiente de trabajo productivo y eficiente a través de la optimización de los cuatro bloques básicos: la estructura del edificio, los sistemas empleados, los servicios y la administración del mismo.

El concepto de «Edificio De Consumo Energético Casi Nulo» queda definido en la Directiva 2010/31/UE como: "Edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto. La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno".

Aunque la directiva establece la definición marco de los NZEB, su aplicación concreta en la práctica es competencia de los Estados miembros en el momento de transponer estas directrices en su ordenamiento jurídico nacional. Esta aplicación concreta que la aplicación práctica que den los Estados miembros a la definición tiene que incluir un indicador numérico del uso de energía primaria expresado en $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \times \text{año}}$, lo que corresponde a la utilización de energía para calefacción, refrigeración, ventilación, agua caliente y luz.

Sin embargo, como defendió Delia D'Agostino en la conferencia celebrada en febrero de 2016 con motivo del Día Mundial de la Eficiencia Energética [4], hay pruebas que demuestran que ampliando el alcance del indicador numérico añadiendo usos energéticos no obligatorios, como, por ejemplo, la energía utilizada en los aparatos, se pueden obtener soluciones "más óptimas" para las viviendas NZEB.

Actualmente esta Directiva está siendo sometida a un proceso de revisión mediante la que se pretende evaluar si se precisará o no para 2030 la adopción de medidas complementarias en materia de eficiencia energética en edificios.

2.2. NORMATIVA PARA EDIFICIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO EN ESPAÑA

La transposición de la Directiva 2010/31/UE de eficiencia energética de los edificios a la legislación española se ha vertido sobre los siguientes documentos:

- Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación energética de los edificios.
- Versión consolidada del Real Decreto 1027/2007, por el que se aprueba el reglamento de instalaciones térmicas en los edificios.
- Actualización publicada en el BOE de 12 septiembre de 2013 del Documento Básico Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación.

En el primero de ellos se detalla el procedimiento a seguir para la realización de certificaciones energéticas de edificios, además se indica cuáles son los documentos reconocidos para poder realizarlas. Se clasifican en:

- Documentos para el procedimiento general para la certificación energética de edificios en proyecto, terminados y existentes. Es la Herramienta Unificada Lider-Calener

(HULC) que permite la calificación energética de viviendas y edificios terciarios así como la verificación del cumplimiento de algunos apartados del Código Técnico de la Edificación.

- Documentos para el procedimiento simplificado para la certificación de edificios existentes. Son los programas CE3 y CE3X.
- Documentos para el procedimiento simplificado para la certificación energética de edificios de viviendas. Es el programa CERMA.

Tabla 1. Clasificación de los documentos reconocidos para la certificación energética.

	LIDER CALENER (HULC)	CE3	CE3X	CERMA
Vivienda existente	X	X	X	X
Vivienda nueva construcción	X			X
Terciario existente	X	X	X	
Terciario nueva construcción	X			

El Código Técnico de la Edificación contiene el Documento Básico de Ahorro de la Energía (DB HE) [2], documento en el que se recogen las exigencias en materia de ahorro de energía y las trasladan al campo del cálculo y del diseño y que incluyen las limitaciones del consumo energético en los edificios que permiten cumplir con la Directiva 2010/31/UE. A su vez este documento se divide en diversas partes.

La primera es el DB HE 0 que trata sobre limitación del consumo energético. En este documento se establece la limitación del consumo energético de los edificios en función de la zona climática en qué se ubican y del uso al que se destinan. Para los edificios de uso residencial privado se define un parámetro denominado consumo energético de energía primaria no renovable ($C_{ep,lim}$) que depende del consumo base de energía primaria no renovable ($C_{ep,base}$), valor establecido por la zona climática, y de la superficie útil de los espacios habitables del edificio según la siguiente expresión

$$C_{ep,lim} = C_{ep,base} + F_{ep,sup}/S \quad (1)$$

donde,

$C_{ep,lim}$ es el valor límite del consumo energético de energía primaria no renovable para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS, expresada en kW·h/m²·año, considerada la superficie útil de los espacios habitables;

$C_{ep,base}$ es el valor base del consumo energético de energía primaria no renovable, dependiente de la zona climática de invierno correspondiente a la ubicación del edificio, que toma los valores de la tabla 2.1 del DB HE 0;

$F_{ep,sup}$ es el factor corrector por superficie del consumo energético de energía primaria no renovable, que toma los valores de la tabla 2.1 del DB HE 0;

S es la superficie útil de los espacios habitables del edificio en m².

El segundo documento es el DB HE1 en el que se plasman las exigencias que deben cumplir los cerramientos que componen la envolvente térmica del edificio para limitar su demanda energética a unos valores límite que dependen de la zona climática y el uso del edificio.

Para los edificios de uso residencial privado se definen los parámetros límite de demanda energética de calefacción ($D_{cal,lim}$) y de refrigeración ($D_{ref,lim}$). El primero depende de un valor base ($D_{cal,base}$) que es función de la zona climática y de la superficie útil de los espacios habitables siguiendo la expresión

$$D_{cal,lim} = D_{cal,base} + F_{cal,sup}/S \quad (2)$$

donde,

$D_{cal,lim}$ es el valor límite de la demanda energética de calefacción, expresada en kWh/m² año, considerada la superficie útil de los espacios habitables;

$D_{cal,base}$ es el valor base de la demanda energética de calefacción, para cada zona climática de invierno correspondiente al edificio, que toma los valores de la tabla 2.1 del DB HE 1;

$F_{cal,sup}$ es el factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, que toma los valores de la tabla 2.1 del DB HE 1;

S es la superficie útil de los espacios habitables del edificio, en m².

Sin embargo el límite de demanda energética de refrigeración es únicamente función de la zona climática y toma un valor de $15 \frac{kWh}{m^2 \times año}$ para las zonas 1, 2 y 3 o de $20 \frac{kWh}{m^2 \times año}$ para la zona 4.

Además se fijan valores límite para la transmitancia térmica y permeabilidad al aire de los huecos y la transmitancia térmica de las zonas opacas de muros, cubiertas y suelos, que formen parte de la envolvente térmica del edificio.

Tabla 2. Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica.

Parámetro	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno (W/m ² K)	1,35	1,25	1	0,75	0,6	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire (W/m ² K)	1,2	0,8	0,65	0,5	0,4	0,35
Transmitancia térmica de huecos (W/m ² K)	5,7	5,7	4,2	3,1	2,7	2,5
Permeabilidad al aire de huecos (m ³ /h m ²)	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 27	≤ 27	≤ 27

Tabla 3. Transmitancia térmica límite de particiones interiores, cuando delimiten unidades de distinto uso, zonas comunes, y medianerías, U en W/m²·K

Parámetro	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Particiones horizontales y verticales	1,35	1,25	1,1	0,95	0,85	0,7

Tabla 4. Transmitancia térmica límite de particiones interiores, cuando delimiten unidades del mismo uso, U en W/m²·K

Parámetro	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Particiones horizontales	1,9	1,8	1,55	1,35	1,2	1
Particiones verticales	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2	1

Pese a todo esto, los valores que se acaban de exponer sobre demandas energéticas y valores de transmitancia límite, que se podrían definir como requisitos mínimos a cumplir, son comunes y de obligada aplicación en todos los edificios de nueva construcción en el estado español.

De hecho, la implementación de estos valores en la normativa se explica como un proceso de aproximación reglamentaria a la definición de edificios de consumo casi nulo y responde a la obligación de la Directiva 2010/31/UE de establecer unos objetivos intermedios para mejorar la eficiencia energética de los edificios nuevos en 2015 que permita alcanzar satisfactoriamente los objetivos fijados para 2020. Por tanto, el cumplimiento de estos valores no es suficiente para catalogar una vivienda como NZEB y solo sirve como primer paso para llegar a la definición de este tipo de edificios.

La definición reglamentaria del concepto de edificios de consumo de energía casi nulo, incluyendo un indicador numérico de uso de energía primaria expresado en $\frac{kWh}{m^2 \times año}$ que permita definir un edificio NZEB de manera cuantitativa, todavía se encuentra en periodo de desarrollo. Sin embargo si se ha contemplado que los edificios NZEB deben obtener una valoración clase A en su certificación energética.

A falta de este indicador, para el presente trabajo se va a establecer una definición total de edificio de consumo de energía casi nulo para lo que se fijará un valor o rango de valores para el indicador numérico de uso de energía primaria de manera que se pueda evaluar el edificio de manera cuantitativa.

El establecimiento de este valor se realiza a partir de los datos de los indicadores numéricos que ya se han aprobado en otros países de la Unión Europea. En el caso de los edificios residenciales, la mayor parte de los Estados miembros se propone tener un uso de energía primaria no superior a los $50 \frac{kWh}{m^2 \times año}$. El uso máximo de energía primaria oscila entre los $20 \frac{kWh}{m^2 \times año}$ de Dinamarca o los $33 \frac{kWh}{m^2 \times año}$ de Croacia (Litoral) y los $95 \frac{kWh}{m^2 \times año}$ de Letonia. En varios países —concretamente, en Bélgica (Bruselas), Estonia, Francia, Irlanda, Eslovaquia, Reino Unido, Bulgaria, Dinamarca, Croacia (Continental), Malta y Eslovenia—, el objetivo fijado se

sitúa entre los 45 y los $50 \frac{kWh}{m^2 \times año}$, todos ellos calculados sobre la energía empleada para calefacción, refrigeración, ventilación, agua caliente y luz, es decir, sin considerar consumos de aparatos de la vivienda.

Algunos de estos indicadores numéricos que ya se han aprobado en otros países de la Unión Europea se recogen en la siguiente tabla.

Tabla 5. Indicadores del consumo de energía primaria en la UE.

	Documento legal	Energía primaria máxima (kWh/m ² año)	
		Edificios residenciales	No residencial
Belgica-Bruselas	Amended Decree of 21/12/2007	45	90
Francia	Thermal regulation 2012, National NZEB Plan	40-65	70-110
Malta	National NZEB Plan	40	60
Polonia		60-75	45-70
Inglaterra	National NZEB Plan, presented by Zero Carbon Hub	44	ND
Estonia	Regulation 68:2012	50-100	90-270

Además en el estudio titulado “Towards nearly zero-energy buildings — Definition on common principles under the EPBD” [6] se defiende que no se puede fijar un solo nivel de ambición en materia de NZEB en toda la UE y por tanto se necesita flexibilidad para tener en cuenta el impacto de las condiciones climáticas en las necesidades de calefacción y refrigeración y en la rentabilidad de los paquetes de medidas destinadas a la eficiencia energética y a las fuentes de energía renovables para cada zona climática del continente.

Se establece en este documento la siguiente propuesta para la zona mediterránea:

- Vivienda unifamiliar nueva: $0-15 \frac{kWh}{m^2 \times año}$ de energía primaria neta, con, normalmente, un uso de energía primaria de $50-65 \frac{kWh}{m^2 \times año}$ cubierto por $50 \frac{kWh}{m^2 \times año}$ procedentes de fuentes renovables in situ.

A la vista de los valores aplicados en otros países, se establece para la definición de NZEB que se empleará en el presente trabajo un valor de consumo de energía primaria máximo para edificios residenciales entre 30 y $40 \frac{kWh}{m^2 \times año}$, situando así este indicador en un punto algo más restrictivo al de nuestro país vecino, Francia.

A fecha de 23 de junio de 2017, tras la realización de este trabajo, se publica en el BOE la Orden FOM/588/2017 [15] en la que se modifica el Documento Básico de Ahorro de Energía del CTE. En esta orden se formaliza la definición de edificio de consumo de energía casi nulo como sigue: “Edificio que cumple con las exigencias reglamentarias establecidas para edificios de nueva construcción en las diferentes secciones del DB HE del CTE”.

No obstante, la definición de edificio de energía casi nulo empleada para este trabajo, y planteada anteriormente, es más restrictiva que la que establece esta modificación, y por tanto todos los resultados obtenidos en el presente proyecto siguen siendo válidos.

2.3. ESTÁNDAR PASSIVHAUS

Dentro de las viviendas de consumo de energía casi nulo se ha instaurado desde hace mucho tiempo el concepto de edificio Passivhaus, que persigue los mismos objetivos que los NZEB mediante el establecimiento de una serie de requisitos y pautas a cumplir a la hora de diseñar una construcción.

El estándar Passivhaus se formula oficialmente en 1988 por los profesores Bo Adams y Wolfgang Feist persiguiendo establecer una “guía” [7] que permita reducir al máximo la demanda energética de los edificios basándose en el pilar fundamental del rigor en el diseño y cálculo de los proyectos y de la ejecución de las obras, aportando para ello una secuencia de pasos tanto en diseño como en ejecución que permitan conseguir edificios con demandas muy bajas de energía sin menoscabo del confort térmico.

El concepto de este tipo de viviendas es aplicable a cualquier clima, el método y la sistemática de cálculo son siempre iguales, con pequeñas variaciones de los requisitos de calidad de los distintos elementos constructivos de los edificios en función de las condiciones climáticas de la zona donde se actúe.

El órgano que se encarga de promover la investigación, implantación y certificación de edificios pasivos es el Passive House Institute (PHI) y este fija los siguientes objetivos para el estándar Passivhaus:

- Se limita la demanda energética de calefacción a $15 \frac{kWh}{m^2 \times año}$ y también a $15 \frac{kWh}{m^2 \times año}$ para la de refrigeración.
- La estanqueidad al aire de la vivienda se debe comprobar mediante un test de presurización que confirme un valor no superior a 0,6 renovaciones por hora con una sobrepresión/depresión de 50 pascales.
- Por último, la energía primaria total demandada por el edificio no debe superar los $120 \frac{kWh}{m^2 \times año}$.

Como ya se indica en la propia definición del objetivo, el indicador de consumo de energía primaria del estándar Passivhaus hace referencia, a diferencia del establecido en las viviendas NZEB, al consumo total del edificio, es decir, teniendo en cuenta climatización, ACS, iluminación y consumo de aparatos.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

3.1. HERRAMIENTA UNIFICADA LIDER-CALENER

La HERRAMIENTA UNIFICADA LIDER CALENER (HULC) es uno de los documentos reconocidos en la legislación española para poder realizar certificaciones energéticas de edificios. Se encuentra dentro de la categoría “Documentos para el procedimiento general para la certificación energética de edificios en proyecto terminados y existentes” y permite la calificación energética de viviendas y edificios terciarios.

Además, este programa informático permite obtener los resultados necesarios para la verificación de una serie de exigencias de las Secciones HE0 y HE1 del Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE) del Código Técnico de la Edificación (CTE), en concreto el apartado 2.2.1 de la primera, y los apartados 2.2.1.1 y punto 2 del apartado 2.2.2.1 de la sección HE1.

HULC permite definir la geometría del edificio y sus construcciones mediante una representación 3D del mismo en el apartado correspondiente del programa, para ello es necesario definir el número de plantas y los espacios existentes en cada una de ellas, así como definir si se trata de un espacio acondicionado o no acondicionado.

Dentro de este apartado se permite acceder a una base de datos, sobre la que se pueden definir nuevos materiales, con la que crear la composición de materiales que forman cada uno de los elementos constructivos presentes en el edificio. Todo esto queda mostrado en la Figura 3.

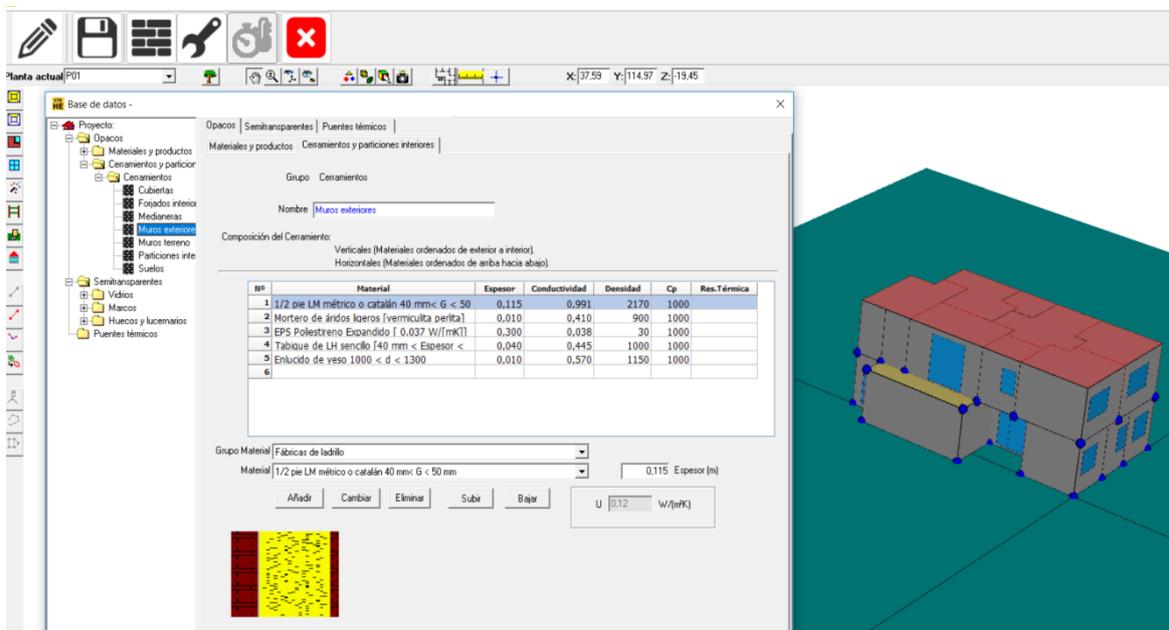


Figura 3. Interfaz de diseño y base de datos de HULC.

Dentro de la definición de la envolvente constructiva cabe destacar la implementación de los huecos del edificio ya que requiere, entre otros parámetros, la fracción de marco en cada uno de ellos. La siguiente figura muestra la interfaz en la que se introducen estos datos.

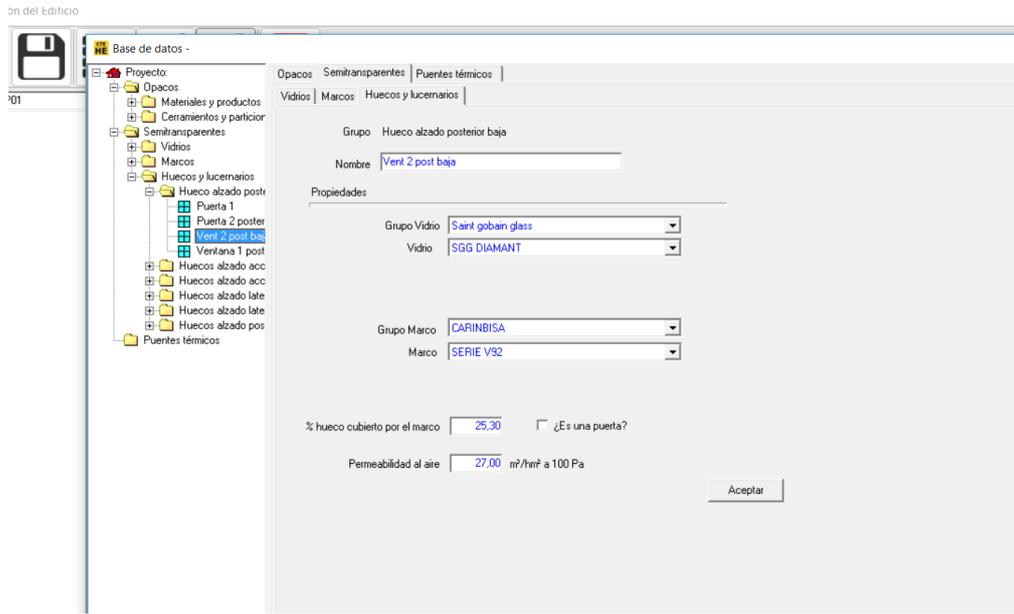


Figura 4. Interfaz de la base de datos de HULC.

La pantalla que se muestra en la siguiente figura permite definir la localidad donde se ubica y por tanto la zona climática, el tipo del edificio y el caudal de ventilación, así como la normativa energética sobre la que se deben fundamentar los cálculos a realizar sobre el edificio.

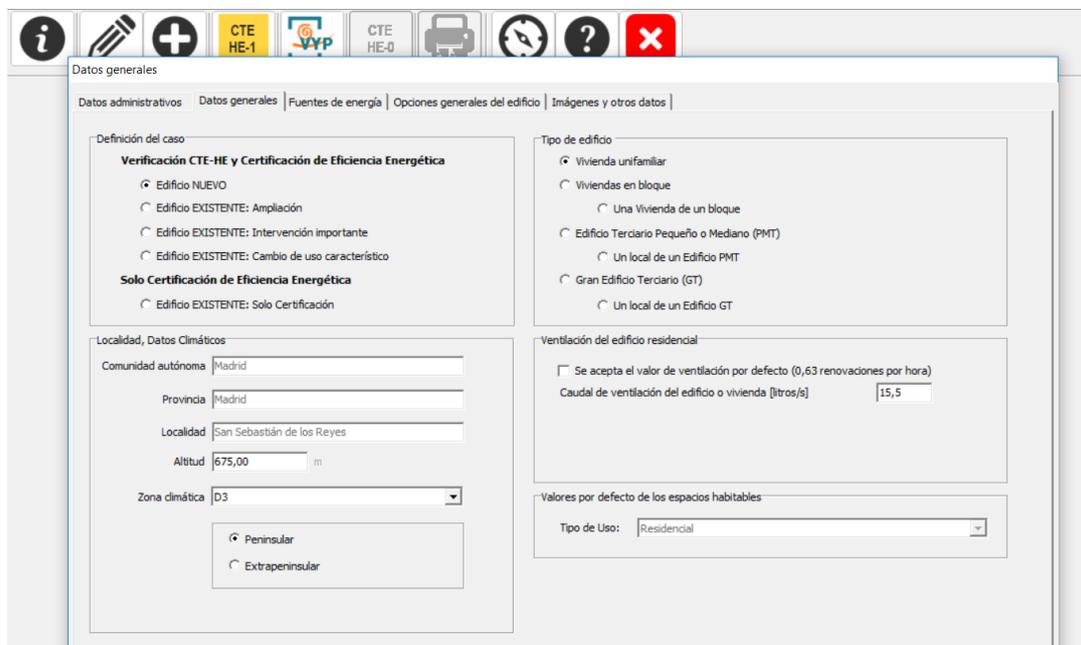


Figura 5. Interfaz de datos generales de HULC.

Todo esto permite llevar a cabo el cálculo de las demandas energéticas de calefacción y refrigeración del edificio que, como se observa en la Figura 6, incluye el de la demanda límite establecido por normativa que es función de la zona climática y superficie útil del edificio.

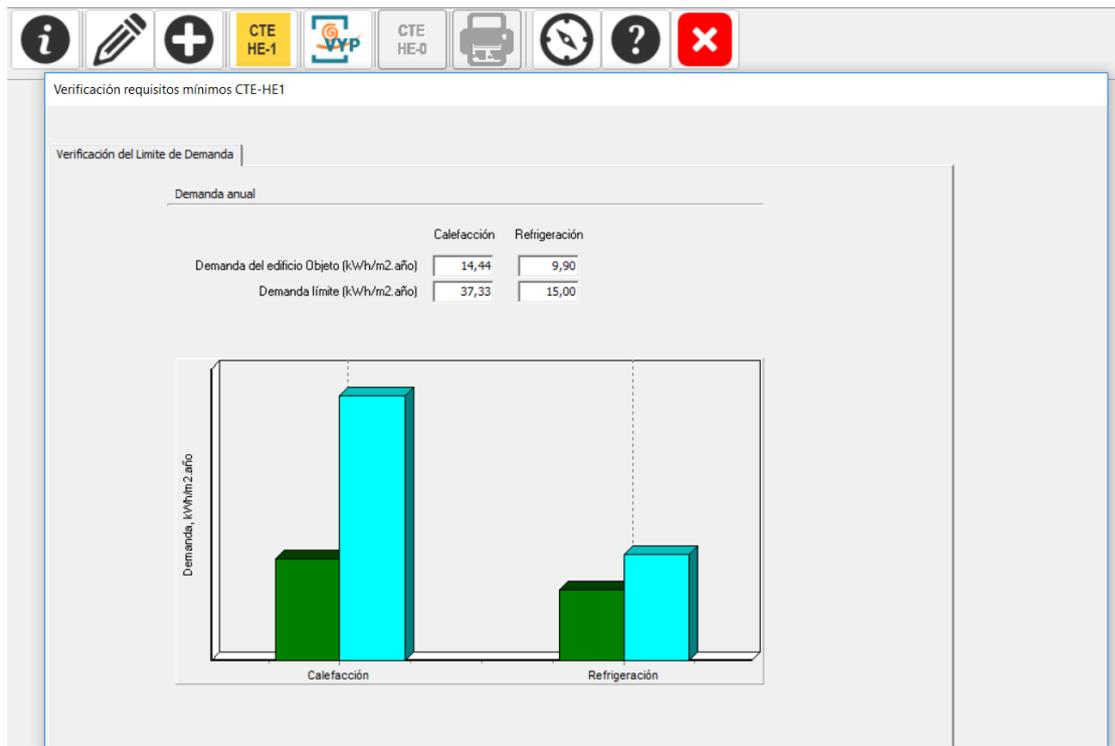


Figura 6. Interfaz de resultados de la demanda energética en HULC.

El siguiente paso que se puede llevar a cabo con este programa de cálculo es el de introducir los sistemas de generación energética del edificio. En el caso de que se diseñen viviendas o pequeños terciarios se emplea la pestaña VYP, incluida en el propio HULC, mientras que para edificios con instalaciones más complejas se debe calcular exportando este fichero al software CALENER GT.

En la siguiente figura se muestra la interfaz de la primera opción, en la que se pueden definir las potencias de cada uno de los equipos y las unidades terminales ubicadas en cada estancia del edificio. Además, para el sistema de ACS se incluye la demanda y la fracción cubierta con energía de procedencia renovable.

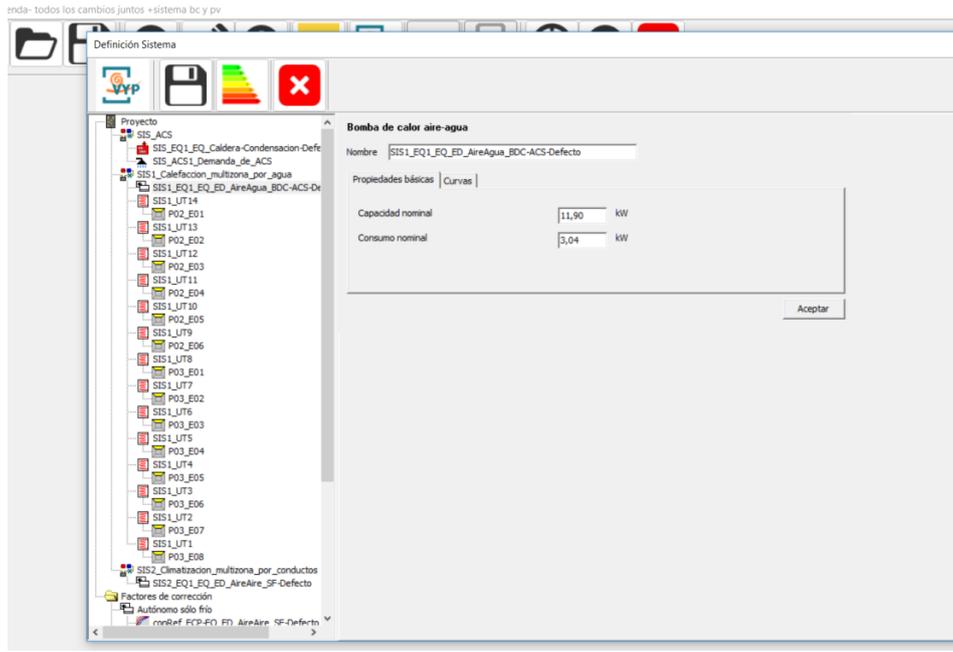


Figura 7. Interfaz de definición de sistemas en HULC.

Tras definir todos los aspectos anteriormente comentados correctamente, es posible obtener la certificación energética del edificio. Para ello HULC calcula el consumo de energía de origen no renovable en refrigeración, calefacción y ACS, y también iluminación para edificios terciarios, de los sistemas definidos en el paso anterior y los traduce a valores de emisión de CO₂ generados por estos equipos, siendo este último el indicador empleado para otorgar la valoración de la vivienda.

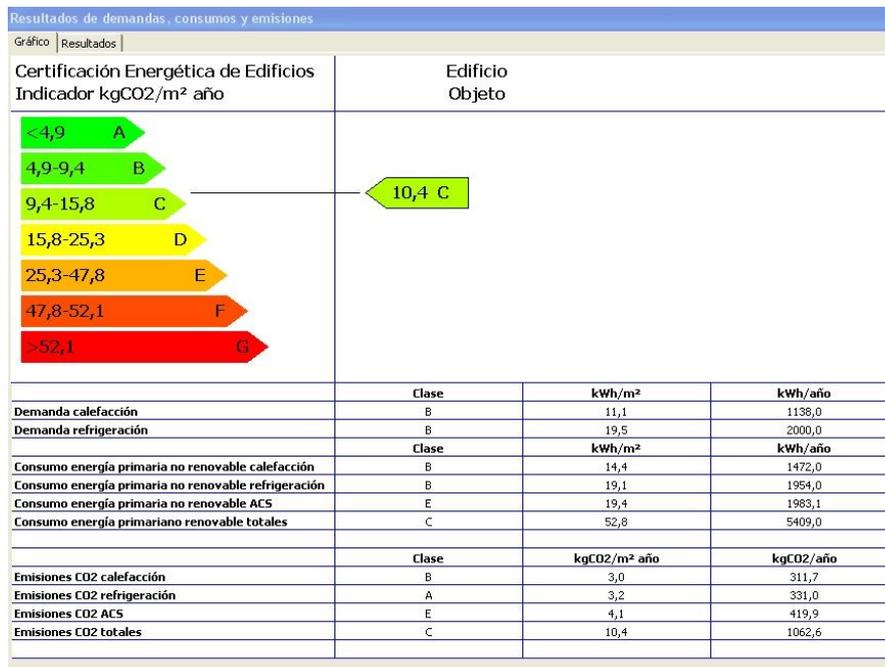


Figura 8. Interfaz de resultados de la certificación energética de HULC.

En último lugar el software tiene la capacidad de validar que el consumo energético de energía primaria no renovable del edificio se encuentra por debajo del límite (Cep,lim) que se establece en la sección HE0 del Código Técnico de la Edificación mostrando una comparativa gráfica entre ambos valores como se puede observar en la Figura 9.

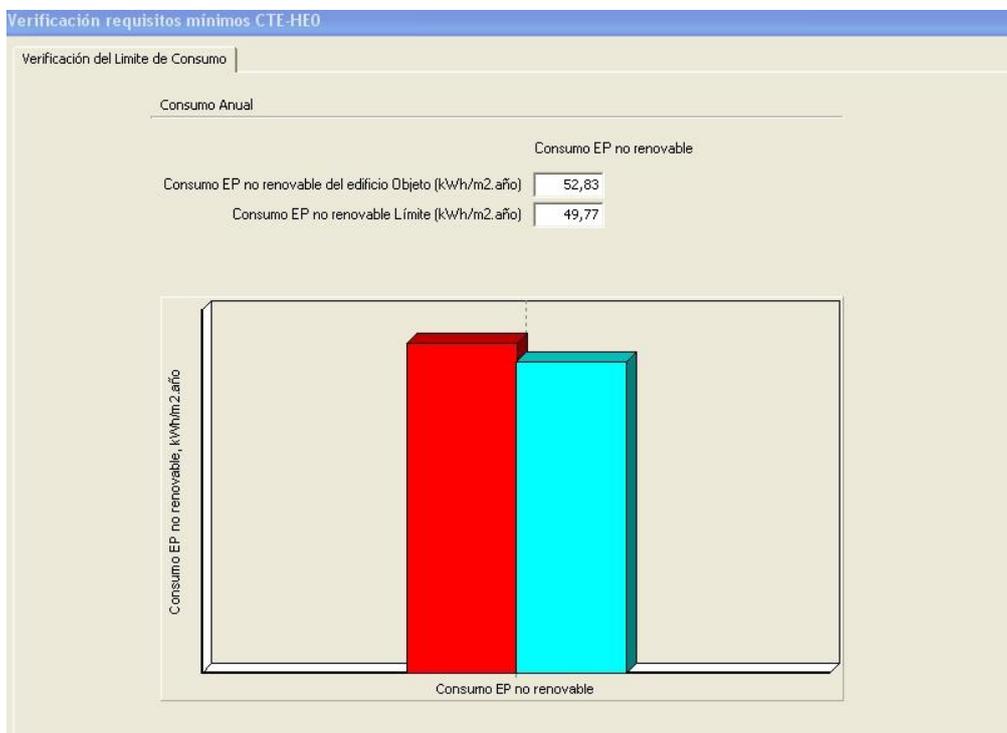


Figura 9. Interfaz de resultados de la consumo de energía primaria en HULC.

3.2. DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA TIPO

La vivienda tipo sobre la que se trabaja en el presente proyecto es una vivienda unifamiliar que dispone de dos alturas y un sótano y tiene otra vivienda adosada por su fachada oeste. Se ubica en la localidad de San Sebastián de los Reyes (Madrid, España) por lo que geográficamente queda definida por las siguientes coordenadas:

Latitud: 40.5794445

Longitud: -3.5941717

40°32'49" Norte, 3°37'33" Oeste

Se dispone en los dos primeros pisos la totalidad de las dependencias del hogar, situándose los desvanes y trasteros en el sótano del edificio. La altura de cada una de las plantas de la vivienda es de 2,9 metros y tiene una superficie total de 225 m², cuya distribución entre el sótano, la planta baja y la primera planta queda del siguiente modo:

Tabla 6. Superficie construida en el edificio.

SUPERFICIE CONSTRUIDA (m²)	
Sótano	31,36
Planta baja	94,34
Primera planta	99,31
Total edificio	225

Sin embargo, no se corresponde con la superficie útil o acondicionada de la vivienda ya que esta se localiza solo en las dos primeras plantas, lo que supone un espacio útil total de 193,65 m².

Tabla 7. Superficie útil del edificio.

SUPERFICIE ÚTIL (m²)	
Planta baja	94,34
Primera planta	99,31
Total edificio	193,65

A continuación se presenta la constitución de cada una de las plantas que conforman el edificio y la superficie que ocupan cada uno de sus espacios.

El sótano tiene una superficie de 31,36 m² dividida en 4 espacios, todos ellos no acondicionados, destinados a desvanes y trasteros.

La planta baja abarca una superficie útil de 94,34 m² y se compone de dos salas de estar, una cocina, un baño, una zona de paso y una habitación, todos locales habitables, cuyas dimensiones se muestran en la siguiente tabla. La distribución de esta planta se muestra en la Figura 10, siendo la vivienda tipo la de la izquierda del plano.

Tabla 8. Superficie útil por espacios de la planta baja.

PLANTA BAJA	
Dependencia	Superficie (m ²)
Sala de estar 1	8,27
Sala de estar 2	53,79
Cocina	18,47
Habitación	7,93
Zona de paso	1,36
Baño	4,52
TOTAL	94,34

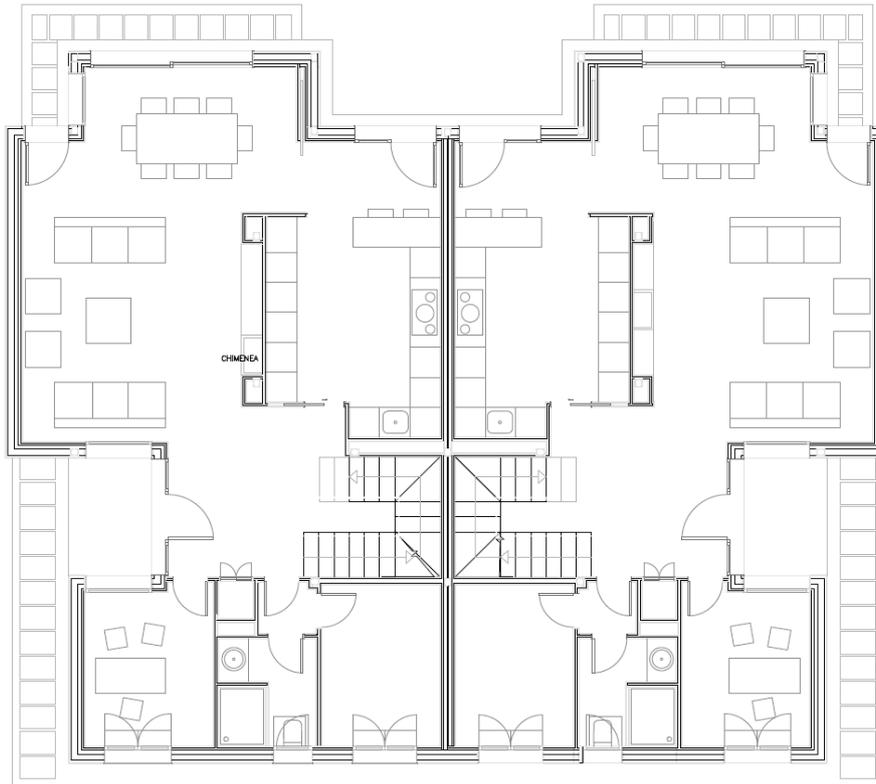


Figura 10. Plano de distribución de la planta baja de la vivienda.

A su vez, la primera planta está constituida por cuatro dormitorios, tres de ellos individuales y uno doble, tres cuartos de baño y una zona común que suponen un total de 99,31 m². En la siguiente tabla se detallan las dimensiones de cada una de las estancias y en la Figura 11 se puede observar, en la vivienda de la izquierda, la distribución de la primera planta.

Tabla 9. Superficie útil por espacios de la primera planta.

PRIMERA PLANTA	
Dependencia	Superficie (m ²)
Dormitorio 1	12,85
Baño 1	4,66
Dormitorio 2	12,49
Dormitorio 3	14,47
Baño 2	14,17
Baño 3	4,82
Dormitorio 4	11,91
Zona común	16,45
TOTAL	99,31

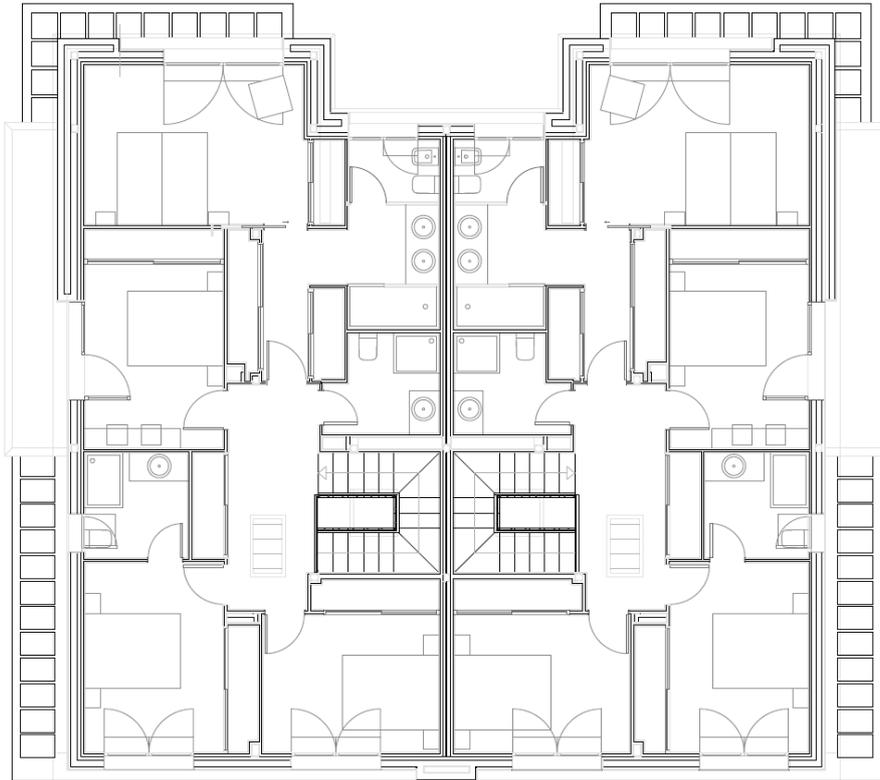


Figura 11. Plano de distribución de la primera planta de la vivienda.

La ubicación geográfica de la vivienda permite otorgarle una zona climática de las que se plantea en el Código Técnico de la Edificación y de este modo obtener los valores de consumo y demanda energética límite que dependen de este parámetro. San Sebastián de los Reyes pertenece a la zona climática de invierno D y a la zona climática 3 de verano. Con esto, los cálculos pertinentes para obtener estos valores límite quedarán como sigue.

El consumo energético de energía primaria no renovable límite ($C_{ep,lim}$) que establece la normativa sigue la siguiente expresión.

$$C_{ep,lim} = C_{ep,base} + \frac{F_{ep,sup}}{S} = 60 + \frac{3000}{193,65} = 75,49 \frac{kWh}{m^2 \times año} \quad (3)$$

A su vez, para los edificios de uso residencial privado se definen en el CTE los parámetros límite de demanda energética de calefacción ($D_{cal,lim}$) y de refrigeración ($D_{ref,lim}$). El primero de ellos queda definido por la expresión que se muestra a continuación.

$$D_{cal,lim} = D_{cal,base} + \frac{F_{cal,sup}}{S} = 27 + \frac{2000}{193,65} = 37,33 \frac{kWh}{m^2 \times año} \quad (4)$$

Por otra parte, la demanda de refrigeración es función de la zona climática únicamente, fijándose para este caso en:

$$D_{ref,lim} = 15 \frac{kWh}{m^2 \times año} \quad (5)$$

3.3. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

Los objetivos del trabajo son diseñar sobre un edificio definido geométricamente una vivienda de consumo de energía casi nulo y una vivienda que cumpla con el estándar Passivhaus. Posteriormente se realizará un estudio para valorar si es económicamente rentable invertir en mejorar la envolvente del edificio hasta alcanzar cotas de demanda propias de edificios Passivhaus o, por el contrario, es una mejor opción cubrir las necesidades energéticas algo mayores de un NZEB con energía renovable.

Para lograr todo lo anterior se sigue la siguiente metodología; en primer lugar se modeliza en HULC un edificio de referencia con geometría y espacios iguales a los de la vivienda a estudiar y se crea la composición de cada uno de los elementos constructivos de la misma de manera que sus transmitancias térmicas sean iguales a los valores límite definidos en el CTE y que se recogen en el Capítulo 2 de este trabajo. Este edificio de referencia servirá para ver cuán lejos está de cumplir las restricciones de demanda energética y para cuantificar la reducción de la demanda obtenida con cada uno de los cambios que se realizarán, de modo que se podrá conocer cuáles son los parámetros más importantes en la vivienda desde un punto de vista energético.

A continuación se realiza un estudio de sensibilidad para cada elemento constructivo que constituye el edificio buscando analizar la influencia del cambio de su composición sobre la demanda energética, es decir, se varía la estructura de muros exteriores, suelos, cubiertas etc. y se compara la demanda energética obtenida al realizar cada cambio con los del edificio de referencia.

Tras realizar estas simulaciones y sus pertinentes estudios se toman los valores de cada parámetro que influye en la demanda para definir el NZEB de manera que se cumplan los requisitos establecidos en el apartado Normativa energética del Capítulo 2.

El siguiente paso es volver a definir los parámetros del edificio para que, esta vez, cumpla los requisitos de una vivienda pasiva (Passivhaus). Requisitos que quedan definidos en el mismo apartado que los anteriores.

Conociendo ahora la demanda energética de calefacción y refrigeración de cada una de las dos viviendas, la NZEB y la Passivhaus, se seleccionan los sistemas de generación cuya instalación va a ser estudiada. Para el cálculo de estos sistemas se consideran datos de consumo de climatización, que se obtiene a partir de las demandas y datos técnicos de los sistemas elegidos, así como los consumos de electrodomésticos, recuperador de calor, iluminación y ACS.

Por último se realiza un estudio de viabilidad para comprobar si los sistemas dimensionados se pueden instalar en la vivienda teniendo en cuenta las restricciones de espacio en cubierta y zona sin construcciones de la parcela.

Una vez calculados los sistemas de manera independiente se implementan aquellos que se han presentado como viables en el software HULC para obtener el certificado energético de la vivienda y su consumo energético de energía primaria no renovable.

Finalmente se realizan los presupuestos de cada una de las viviendas para las opciones de sistemas de generación energética posibles de modo que se pueda comparar y cuantificar si es más rentable a medio largo plazo invertir en mejorar la envolvente del edificio o en los sistemas de generación.

CAPÍTULO 4. DISEÑO DE LA VIVIENDA Y SISTEMAS

4.1 DISEÑO DE LAS VIVIENDAS NZEB Y PASSIVHAUS

4.1.1 EDIFICIO DE REFERENCIA

En el apartado 2.2.1.2 de la sección HE1 del Documento Básico de Ahorro de Energía (HE) del Código Técnico de la Edificación se establecen los valores de transmitancia térmica máxima permitida que debe cumplir cada tipo de cerramiento que forma parte de un edificio de nueva construcción para cumplir con la normativa vigente. Las tablas con estos valores se muestran en el Capítulo 2 “Normativa sobre eficiencia energética” del presente trabajo.

Apoyándonos sobre este documento, se pretende llevar a cabo, en primer lugar, la evaluación energética y conocer la demanda energética de calefacción y refrigeración de la vivienda unifamiliar situada en San Sebastián de los Reyes objeto de estudio, respetando sus dimensiones, plantas y distribución interior, empleando cerramientos y huecos que presenten los valores de transmitancia térmica máximo establecidos en el Documento Básico de Ahorro de Energía.

Este edificio de referencia servirá como base para poder evaluar la influencia de cada uno de los cambios aplicados en la vivienda, necesarios para convertirla en una vivienda de consumo casi nulo que cumpla con los límites de demanda energética.

Teniendo en cuenta que el edificio a estudiar se encuentra en la zona climática D, se presenta a continuación la composición necesaria para cada uno de los cerramientos del edificio de referencia con tal de conseguir que su transmitancia corresponda con los valores límite anteriormente comentados.

I. Cerramientos

Siguiendo los valores del Documento Básico de Ahorro de Energía, la transmitancia térmica máxima de muros y de elementos en contacto con el terreno es la misma, por lo que la tabla “Muro exterior” hace referencia tanto a muros exteriores como a muros en contacto con el terreno.

La composición, propiedades y espesores de cada uno de los cerramientos quedan definidos en las tablas que se muestran a continuación.

- Muro exterior

Tabla 10. Composición del muro exterior de la vivienda referencia.

Fábrica con revestimiento continuo, no ventilada, aislamiento por el interior					
Materiales (*)	e (mm)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ρ (kg/m ³)	Cp (J/kgK)
Mortero de cemento	15	1,3		1900	1000
Ladrillo perforado	115	0,5		900	1000
Aislante	Resistencia térmica del aislante definida por zonas climáticas en la siguiente tabla				
Ladrillo hueco	40	0,4		920	1000
Enlucido yeso	15	0,57		1100	1000

*Materiales definidos del exterior al interior

Tabla 11. Transmitancia térmica del muro exterior de la vivienda referencia.

Resistencia térmica del aislante y transmitancia térmica de los muros exteriores		
Zona climática	R aislante (m ² K/W)	U (W/m ² K)
D	1,129	0,60

- Cubiertas

Tabla 12. Composición de la cubierta de la vivienda de referencia.

Cubierta plana transitable, no ventilada. Solado fijo					
Materiales (*)	e (mm)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ρ (kg/m ³)	Cp (J/kgK)
Plaqueta o baldosa cerámica	15	1		2000	800
Mortero de cemento	15	1,3		1900	1000
Aislante	Resistencia térmica del aislante definida por zonas climáticas en la siguiente tabla				
Hormigón con áridos ligeros	70	1,15		1600	1000
Forjado cerámico	250	1,67		1660	1000

*Materiales definidos del exterior al interior

Tabla 13. Transmitancia térmica de la cubierta de la vivienda de referencia.

Resistencia térmica del aislante y transmitancia térmica de los muros exteriores		
Zona climática	R aislante (m ² K/W)	U (W/m ² K)
D	2,1	0,40

- Suelos

Tabla 14. Composición del suelo de la vivienda de referencia.

Suelo plano transitable, no ventilado. Solado fijo					
Materiales (*)	e (mm)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ρ (kg/m ³)	Cp (J/kgK)
Plaqueta o baldosa cerámica	15	1		2000	800
Mortero de cemento	15	1,3		1900	1000
Aislante	Resistencia térmica del aislante definida por zonas climáticas en la siguiente tabla				
Solera de hormigón armado	200	2,5		2500	1000

*Materiales definidos del exterior al interior

Tabla 15. Transmitancia térmica del suelo de la vivienda de referencia.

Resistencia térmica del aislante y transmitancia térmica de los muros exteriores		
Zona climática	Raislante (m ² K/W)	U (W/m ² K)
D	1,4	0,60

- Forjados interiores

Tabla 16. Composición de forjados interiores de la vivienda de referencia.

Forjado cerámico sin aislamiento					
Materiales (*)	e (mm)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ρ (kg/m ³)	Cp (J/kgK)
Plaqueta o baldosa cerámica	15	1		2000	800
Mortero de cemento	20	1,3		1900	1000
Aislante	Resistencia térmica del aislante definida por zonas climáticas en la siguiente tabla				
Forjado cerámico	250	1,67		1660	1000

*Materiales definidos del exterior al interior

Tabla 17. Transmitancia térmica del forjado interior de la vivienda de referencia.

Resistencia térmica del aislante y transmitancia térmica de los muros exteriores		
Zona climática	Raislante (m ² K/W)	U (W/m ² K)
D	0,484	1,20

- Particiones interiores

Tabla 18. Composición de particiones interiores de la vivienda de referencia.

Forjado cerámico sin aislamiento					
Materiales (*)	e (mm)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ρ (kg/m ³)	Cp (J/kgK)
Enlucido yeso	15	0,57		1100	1000
Ladrillo hueco	20	0,4		770	1000
Aislante	Resistencia térmica del aislante definida por zonas climáticas en la siguiente tabla				
Ladrillo hueco	20	0,4		770	1000
Enlucido yeso	15	0,57		1100	1000

*Materiales definidos del exterior al interior

Tabla 19. Transmitancia térmica de las particiones interiores de la vivienda de referencia.

Resistencia térmica del aislante y transmitancia térmica de los muros exteriores		
Zona climática	Raislante (m ² K/W)	U (W/m ² K)
D	0,511	1,20

- Medianera

Tabla 20. Composición de la medianera de la vivienda de referencia.

Fábrica con revestimiento continuo, no ventilada y aislamiento por el interior					
Materiales (*)	e (mm)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	ρ (kg/m ³)	Cp (J/kgK)
Enlucido yeso	15	0,57		1100	1000
Tabicón de ladrillo hueco doble	70	0,44		930	1000
Aislante	Resistencia térmica del aislante definida por zonas climáticas en la siguiente tabla				
Tabicón de ladrillo hueco doble	70	0,44		930	1000
Enlucido yeso	15	0,57		1100	1000

*Materiales definidos del exterior al interior

Tabla 21. Transmitancia térmica de la medianera de la vivienda de referencia.

Resistencia térmica del aislante y transmitancia térmica de los muros exteriores		
Zona climática	Raislante (m ² K/W)	U (W/m ² K)
D	0,637	0,85

- Huecos

Con respecto a los huecos, en la tabla 2.3 del HE1 del CTE se limita también el valor de su transmitancia térmica máxima, así como de la permeabilidad al aire de los mismos.

Sabiendo que San Sebastián de los Reyes se encuentra en la zona climática D3, la tabla resultante es la siguiente.

Tabla 22. Transmitancia térmica máxima y permeabilidad de los huecos según el CTE.

	Alzado acceso		Alzado lateral		Alzado posterior	
	Planta baja	Planta alta	Planta baja	Planta alta	Planta baja	Planta alta
Orientación	N		E		S	
U huecos límite ($\frac{W}{m^2 \times K}$)	2,7		2,7		2,7	
Permeabilidad huecos ($\frac{m^3}{h \times m^2}$)	27		27		27	

La transmitancia del hueco depende tanto de la transmitancia del vidrio como de la del marco, así como de la fracción de cada uno de estos elementos que componen el hueco. Se puede formular siguiendo la expresión

$$U_h = (1 - FM) \times U_{h,vidrio} + FM \times U_{h,marco} \quad (6)$$

donde,

U_h es la transmitancia térmica de todo el hueco,

$U_{h,vidrio}$ es la transmitancia térmica del vidrio,

$U_{h,marco}$ es la transmitancia térmica del marco (carpintería) y,

FM es la fracción de marco en el hueco que se define como

$$FM = \frac{\text{Área del hueco ocupada por el marco}}{\text{Área total del hueco}}.$$

Con el objetivo de simular correctamente en HULC el comportamiento de los huecos de la vivienda en materia de transmitancia térmica, es necesario conocer la fracción de marco de cada uno de ellos.

A partir de los planos de AutoCAD de la vivienda se han realizado las mediciones necesarias en cada uno de los huecos con tal de poder calcular su fracción de marco y tenerla en cuenta en el modelado del edificio con la Herramienta Unificada Lider-Calener. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 23. Cálculo de la fracción de marco para cada hueco del edificio.

	Hueco	Área vidrio	Área marco	Área total hueco	FM
Alzado acceso planta baja (Norte)	Ventana 1	1,1845	0,5055	1,69	0,299
	ventana 2	0,7552	0,2848	1,04	0,274
	Ventana 3	1,1845	0,5055	1,69	0,299
Alzado acceso planta alta (Norte)	Ventana 1	1,759	0,581	2,34	0,25
	Ventana 2	1,759	0,581	2,34	0,25
Alzado posterior planta baja (Sur)	Puerta 1	1,4356	0,4124	1,848	0,22
	Ventana 1	5,878	0,947	6,825	0,139
	Ventana 2	1,156	0,391	1,547	0,253
	Puerta 2	1,528	0,4216	1,9504	0,216
Alzado posterior planta alta (Sur)	Ventana 1	1,2994	0,5206	1,82	0,286
	Ventana 2	4,1534	0,8868	5,04	0,176
Alzado lateral planta baja (Este)	Ventana 1	1,029	0,3675	1,3965	0,263
	Puerta	1,818	0,324	2,142	0,151
	Ventana 2	1,029	0,3675	1,3965	0,263
	Ventana 3	1,7654	0,4835	2,2489	0,215
Alzado lateral planta alta (Este)	Ventana 1	3,8	1,2118	5,0118	0,242
	Ventana 2	0,7552	0,2836	1,0388	0,273

En la última columna, la columna FM, se muestran los valores del cálculo de la fracción de marco de cada uno de los huecos definidos en el edificio y estos datos son los que se implementan en el software de cálculo HULC.

Con todo esto, para conseguir que el valor U_h final sea de $2,7 \frac{W}{m^2 \times K}$ se introduce en el software un vidrio y un marco cuya transmitancia sea también de $2,7 \frac{W}{m^2 \times K}$.

II. Cálculo de ventilación

El correcto cálculo de la ventilación en un edificio es importante, no solo en materia de salubridad, sino también a la hora de calcular las cargas térmicas a las que se ve sometido el recinto. De este modo es necesario establecer correctamente las necesidades de ventilación del edificio objeto de estudio.

En el “Documento Básico de Salubridad (HS)” del Código Técnico de la Edificación [13] establece en su sección HS 3 sobre calidad del aire interior los valores de caudal de ventilación mínimo para los distintos tipos de local existentes en edificios de viviendas, datos sobre los que se trabaja en el presente cálculo y que se presentan en la Tabla 24.

Tabla 24. Caudales de ventilación mínimo para viviendas.

	Caudal de ventilación mínimo exigido q_v en l/s		
	Por ocupante	Por m ² útil	Otros parámetros
Dormitorios	5		
Salas estar y comedores	3		
Aseos y baños			15 por local
Cocinas		2	50 por local
Trasteros y zonas comunes		0,7	
Aparcamientos y garajes			120 por plaza
Almacenes de residuos		10	

El edificio objeto de estudio cuenta, desde su definición en planos, con tres dormitorios individuales y uno doble, dos salas de estar/comedores, cuatro baños, una cocina de 18 m² y un trastero/sótano de 31 m². Además se dispone de un espacio más del que no queda definido su uso en los planos y se toma como una sala de estar/comedor ya que este espacio es el más restrictivo en materia de ventilación, por tanto, finalmente se contabilizan tres salas de estar/comedores.

Una vez se ha calculado el caudal de aire para cada local, se debe comprobar que el caudal de extracción de aire (baños y cocinas) es igual al de admisión, y en caso de no serlo se realizan unas correcciones de caudal para que ambos valores sean el mismo. En la vivienda sobre la que se está trabajando se determina un caudal de aire de $350 \frac{m^3}{h}$.

Dividiendo este caudal por el volumen total del edificio se obtienen las renovaciones por hora, que son en este caso de 0,572. Así pues, el caudal de ventilación requerido en el edificio es de $97,22 \frac{\text{litros}}{\text{segundo}}$ que será el valor introducido en el software de simulación HULC.

En la Tabla 26 se resumen los cálculos de ventilación realizados y los resultados obtenidos.

Tabla 25. Parámetros de la vivienda a considerar en el cálculo de ventilación.

Superficie cocina (m ²)	18
Superficie trastero (m ²)	31
Volumen total vivienda (m ³)	612,1

Tabla 26. Cálculo ventilación del edificio.

Local	ENTRADAS DE AIRE					BOCAS DE EXTRACCIÓN		SISTEMA COMPLETO				
	Dormitorios individuales	Dormitorios dobles	Salón comedor	Despachos	Trasteros	Baños/aseos	Cocina	Σ Admisión	Σ Extracción	Diferencia	% Diferencia	Renovación
l/s	5	10	15	5	0,7	-15	-2					
Unidades	3	1	3	0		4	1					
Caudal (l/s)	15	10	45	0	21,7	-60	-36	91,7	-96	4,3	4,479	
Caudal (m3/h)	54	36	162	0	78,12	-216	-129,6	330,12	-345,6	15,48	4,479	0,565
Correcciones caudal (m3/h)	6	4	8	0	1,88	-4	-0,4					
Caudal (m3/h)	60	40	170	0	80	-220	-130	350	-350	0	0	0,572

III. Resultados

Los resultados obtenidos mediante el programa HULC con respecto a la demanda energética del edificio de referencia son los siguientes:

Tabla 27. Demandas climatización de la vivienda de referencia.

	Calefacción	Refrigeración
Demanda del edificio de referencia (kWh/m ² año)	77,22	9,77

Siendo la demanda límite de calefacción del edificio de $37,33 \frac{kWh}{m^2 \times año}$ y la de refrigeración de $15 \frac{kWh}{m^2 \times año}$, cuya justificación se muestra en el Capítulo 3 apartado 2, queda claro que, en estas condiciones, el edificio no cumpliría con la HE1 ya que la demanda de calefacción es superior al límite. Sin embargo, en refrigeración sí que nos encontramos dentro del valor indicado por la normativa.

El hecho de que el valor de demanda de calefacción se encuentre por encima del límite establecido en la normativa se explica por diversas razones.

En primer lugar cabe destacar las condiciones climatológicas de la zona en la que se encuentra la vivienda son adversas tanto en verano como en invierno, de modo que las infiltraciones y la ventilación de la vivienda suponen una ganancia térmica en verano y una pérdida térmica en invierno, siendo más importante esta última, y que se traduce en una importante penalización en términos de demanda de calefacción. Esto pone de manifiesto la necesidad de emplear un recuperador entálpico en las viviendas de manera que se consiga reducir este efecto al mínimo.

En segundo lugar, cabe destacar que se ha diseñado una vivienda con gran cantidad de huecos en sus cerramientos exteriores, de manera que el valor límite de transmitancia de los huecos establecido en el CTE penaliza el aislamiento de la vivienda y tiene efectos negativos sobre la demanda energética de climatización.

4.1.2 EDIFICIO DE CONSUMO ENERGÉTICO CASI NULO

Como se ha demostrado en el apartado anterior, si se diseña la vivienda en San Sebastián de los Reyes de tal forma que sus elementos constructivos presenten las transmitancias térmicas máximas permitidas en normativa la demanda térmica de calefacción es más del doble de la establecida como máxima en el Código Técnico de la Edificación en su documento HE 1 y por tanto no se cumple con la limitación de demanda energética del edificio.

Estos resultados explican la necesidad de volver a diseñar los cerramientos de la vivienda para disminuir la transmitancia térmica de los mismos y, consecuentemente, la demanda energética. Para ello se van a cambiar sobre el edificio de referencia cada uno de los parámetros que definen la vivienda por separado, para poder realizar un análisis de

sensibilidad de cada uno de ellos sobre la demanda energética total del edificio y así localizar aquellos que son más influyentes y encontrar la mejor solución constructiva.

A continuación se detalla el análisis de cada cerramiento y los resultados obtenidos.

I. Cambio de cerramientos al exterior. Muro exterior y cubiertas.

En este primer escenario se ha cambiado la composición del muro exterior y de la cubierta utilizando los materiales más comunes empleados en el campo de la construcción en España.

La composición del muro exterior quedará como se muestra en la siguiente tabla, en la que se define el espesor de aislamiento, cuya selección se explica al final de este punto. La nueva transmitancia térmica (U) del muro exterior será de $0,24 \frac{W}{m^2 \times K}$.

Tabla 28. Composición del muro exterior del NZEB.

Muro exterior				
Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m K)	Densidad (kg/m ³)	Cp (J/kg K)
1/2 pie LM métrico o catalán 40mm< G< 50 mm	0,115	0,991	2170	1000
Mortero de áridos ligeros (vermiculita perlita)	0,01	0,41	1000	1000
EPS poliestireno expandido	0,14*	0,038	30	1000
Tabique de LH sencillo	0,04	0,445	1000	1000
Enlucido de yeso 1000<d<1300	0,01	0,57	1150	1000

*La selección de este espesor se detalla en la Tabla 30.

Y la nueva composición de la cubierta plana del edificio se muestra en la tabla siguiente en la que se define el espesor de aislamiento a instalar, cuya selección se explica al final de este punto. La nueva transmitancia térmica (U) de la cubierta será de $0,21 \frac{W}{m^2 \times K}$.

Tabla 29. Composición de la cubierta del NZEB.

Cubierta plana				
Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m K)	Densidad (kg/m ³)	Cp (J/kg K)
Plaqueta o baldosa cerámica	0,02	1	2000	800
Mortero de áridos ligeros (vermiculita perlita)	0,01	0,41	1000	1000
MW lana mineral	0,17*	0,041	40	1000
Betún fieltro o lámina	0,003	0,23	1000	1000
Mortero de áridos ligeros (vermiculita perlita)	0,01	0,41	1000	1000
Hormigón en masa 2000<d<2300	0,02	1,65	2150	
FU Entrevigado de hormigón aligerado	0,25	1,02	1230	1000
Enlucido de yeso 1000<d<1300	0,01	0,57	1150	1000

*La selección de este espesor se detalla en la Tabla 31.

Para determinar el valor óptimo del espesor de aislamiento en el muro y en la cubierta se ha realizado un análisis de sensibilidad para determinar su influencia sobre la demanda energética del edificio. En el análisis se estudian las demandas energéticas de calefacción, refrigeración y la demanda total, la reducción de esta demanda total por centímetro de aislante y la reducción de la demanda de calefacción sobre la del edificio de referencia.

Para evaluar el aislamiento del muro exterior se ha fijado un aislamiento en la cubierta de 17 centímetros y se obtienen estos resultados:

Tabla 30. Análisis de sensibilidad para el muro exterior.

Fijado 17 cm de aislamiento en cubierta					
Espesor aislamiento muro exterior (cm)	Demanda calefacción (kWh/m ² h)	Demanda refrigeración (kWh/m ² h)	Demanda energética total (kWh/m ² h)	Reducción demanda por cm aislante (kWh/m ² h)	% Reducción demanda calefacción sobre Edificio de referencia
1	101,81	9,05	110,86		-31,84%
5	73,05	9,15	82,20	7,17	5,40%
10	64,46	9,21	73,67	1,71	16,52%
11	63,54	9,22	72,76	0,91	17,72%
12	62,76	9,23	71,99	0,77	18,73%
13	62,08	9,23	71,31	0,68	19,61%
14	61,48	9,23	70,71	0,60	20,38%
15	60,96	9,24	70,20	0,51	21,06%
16	60,50	9,24	69,74	0,46	21,65%
17	60,09	9,25	69,34	0,40	22,18%
20	59,07	9,25	68,32	0,34	23,50%
25	57,88	9,27	67,15	0,23	25,05%
30	57,07	9,28	66,35	0,16	26,09%
35	56,47	9,29	65,76	0,12	26,87%
40	56,02	9,29	65,31	0,09	27,45%
50	55,38	9,30	64,68	0,06	28,28%

El valor negativo del “% Reducción demanda calefacción sobre Edificio de referencia” se debe a que con este espesor de aislamiento de 1 centímetro, la transmitancia térmica obtenida se encuentra por encima del límite establecido en la normativa, por tanto la demanda de calefacción obtenida es mayor que la del edificio de referencia. Sólo se considera este supuesto en el estudio con el objetivo de conocer la evolución de los parámetros de demandas considerados.

A la luz de estos resultados queda patente que el aumento del aislamiento en el muro provoca la disminución de la demanda de calefacción del edificio pero, a su vez, tiene un efecto negativo sobre la demanda de refrigeración, aunque esta demanda es menor que la del edificio de referencia. Este aumento de la demanda de refrigeración es muy pequeño comparado con la disminución que se produce en calefacción, por lo que la demanda energética total se ve reducida conforme se aumenta el espesor.

También queda de manifiesto que, a medida que se va aumentando el espesor de aislamiento, la reducción de demanda obtenida es menos significativa. Este hecho queda demostrado en la columna “Reducción de demanda por cm de aislante”.

Además, a partir de los 14 cm de espesor el % de disminución de la demanda de calefacción se reduce menos de un 1% en comparación con el espesor anterior. Por esto y porque el espesor de aislamiento de 14 cm es bastante común en la construcción española se ha tomado este como valor final.

Para evaluar el aislamiento de la cubierta se ha fijado un aislamiento en el muro exterior de 14 centímetros y se obtienen los resultados mostrados a continuación:

Tabla 31. Análisis de sensibilidad para la cubierta.

Fijado 14 cm de aislamiento en muro exterior					
Espesor aislamiento cubierta (cm)	Demanda calefacción (kWh/m ² h)	Demanda refrigeración (kWh/m ² h)	Demanda energética total (kWh/m ² h)	Reducción demanda por cm aislante (kWh/m ² h)	% Reducción demanda calefacción sobre Edificio de referencia
5	70,32	9,17	79,49		8,94%
7	67,28	9,17	76,45	1,52	12,87%
10	64,56	9,18	73,74	0,90	16,39%
13	62,90	9,20	72,10	0,55	18,54%
15	62,11	9,22	71,33	0,38	19,57%
16	61,78	9,22	71,00	0,33	19,99%
17	61,48	9,23	70,71	0,29	20,38%
18	61,22	9,24	70,46	0,25	20,72%
19	60,98	9,25	70,23	0,23	21,03%
20	60,76	9,26	70,02	0,21	21,32%
25	59,90	9,30	69,20	0,16	22,43%
30	59,29	9,34	68,63	0,11	23,22%
35	58,86	9,39	68,25	0,08	23,78%

Analizando estos resultados se advierte que el aumento del aislamiento en la cubierta, al igual que en el muro, provoca la disminución de la demanda de calefacción del edificio pero, a su vez, tiene un efecto negativo sobre la demanda de refrigeración, aunque, en todo caso, esta demanda es menor que la del edificio de referencia. Este aumento de la demanda de refrigeración es prácticamente insignificante comparado con la disminución que se produce en calefacción, por tanto la demanda energética total se ve reducida a medida que se aumenta el espesor.

También se observa que, a medida que se va aumentando el espesor de aislamiento, la reducción obtenida en la demanda es menos significativa. Este hecho queda demostrado en la columna “Reducción de demanda por cm de aislante”.

Dado que el espesor de aislamiento de 17 cm es bastante común en la construcción en la zona de Madrid y los resultados son aceptables, se ha tomado este como valor final.

Los resultados obtenidos en estos estudios se explican principalmente por el clima de la zona en la que se emplaza la vivienda, seco y sin demasiadas precipitaciones a lo largo del año con

veranos calurosos e inviernos fríos. Esto conduce a la necesidad de disponer de cerramientos al exterior bien aislados a fin de mantener de manera uniforme las condiciones de confort del interior de la vivienda en ambas estaciones. Aquí entrarían también conceptos como por ejemplo la ganancia solar pasiva que se introducen en los siguientes apartados.

Como conclusión principal de este análisis de sensibilidad destaca el hecho de que el cambio de composición del muro exterior resulta más influyente en la disminución de la demanda que el cambio de la cubierta. Desde el punto de vista de transmitancias térmicas (U) este resultado no tiene sentido ya que la U resultante para la cubierta es menor que la del muro exterior, sin embargo, se explica principalmente porque la vivienda dispone de mucha más superficie de muro que de cubierta. También intervienen factores como la orientación de cada cerramiento.

Finalmente subrayar que, aplicando todos los cambios detallados en este apartado, es decir, cambio de la composición de los muros exteriores y de la cubierta sobre el edificio de referencia como se muestra en las Tablas 28 y 29, se obtienen los siguientes resultados en cuanto a demanda energética.

Tabla 32. Demandas climatización tras cambio de muro exterior y cubierta.

	Calefacción	Refrigeración
Demanda energética (kWh/m ² año)	61,48	9,23

II. Cambio de cerramientos en contacto con el terreno. Muro en contacto con el terreno y suelos.

En este caso se pretende conocer la relevancia de los cerramientos en contacto con el terreno, que serán muros en contacto con el terreno y suelos, sobre la demanda energética de la vivienda y para ello se sustituye la composición de estos dos elementos constructivos sobre el edificio de referencia. Con este cambio de composición se busca también el uso de elementos habituales en la construcción en España.

La composición del muro en contacto con el terreno quedará como se muestra en la siguiente tabla, en la que se define el espesor de aislamiento, cuya selección se explica al final de este punto. La nueva transmitancia térmica (U) del muro a terreno será de $0,6 \frac{W}{m^2 \times K}$.

Tabla 33. Composición del muro en contacto con el terreno del NZEB.

Muro en contacto con el terreno				
Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m K)	Densidad (kg/m ³)	Cp (J/kg K)
1/2 pie LM métrico o catalán 40mm< G< 50 mm	0,115	0,991	2170	1000
Mortero de áridos ligeros (vermiculita perlita)	0,01	0,41	1000	1000
EPS poliestireno expandido	0,05*	0,038	30	1000
Mortero de áridos ligeros (vermiculita perlita)	0,01	0,41	1000	1000
Enlucido de yeso 1000<d<1300	0,01	0,57	1150	1000

*La selección de este espesor se detalla en la Tabla 35.

A su vez la nueva composición del suelo del edificio se muestra en la Tabla 34 en la que se define el espesor de aislamiento a instalar, cuya selección se explica al final de este punto. La nueva transmitancia térmica (U) de la cubierta será de $0,33 \frac{W}{m^2 \times K}$.

Tabla 34. Composición del suelo del NZEB.

Suelo - forjado terreno				
Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m K)	Densidad (kg/m ³)	Cp (J/kg K)
Azulejo cerámico	0,02	1,3	2300	840
EPS poliestireno expandido	0,1*	0,038	30	1000
Mortero de cemento o cal para albañilería	0,02	0,55	1125	1000
Hormigón armado 2300<d<2500	0,02	2,3	2400	1000
Tierra apisonada adobe bloques tierra	0,15	1,1	1885	1000

*La selección de este espesor se detalla en la Tabla 36.

Al igual que en el caso anterior, se realiza un análisis de sensibilidad para determinar cómo de influyentes resultan estos cerramientos sobre la demanda energética del edificio y así establecer un criterio con el que determinar el valor óptimo del espesor de aislamiento en el muro y en el suelo.

En el análisis se estudian las demandas energéticas de calefacción, refrigeración y la suma de ambas (demanda total), la reducción de esta demanda total por centímetro de aislante y la reducción de la demanda de calefacción sobre la del edificio de referencia.

Para evaluar el aislamiento del muro exterior se ha fijado un aislamiento en el suelo de 10 centímetros y se obtienen estos resultados:

Tabla 35. Análisis de sensibilidad para el muro en contacto con el terreno.

Fijado 10 cm de aislamiento en suelos					
Espesor aislamiento muro terreno (cm)	Demanda calefacción (kWh/m ² h)	Demanda refrigeración (kWh/m ² h)	Demanda energética total (kWh/m ² h)	Reducción demanda por cm aislante (kWh/m ² h)	% Reducción demanda calefacción sobre Edificio de referencia
5	77,56	9,67	87,23		-0,44%
6	77,56	9,67	87,23	0	-0,44%
8	77,57	9,67	87,24	-0,001	-0,45%
15	77,58	9,67	87,25	-0,001	-0,47%
25	77,58	9,67	87,25	0	-0,47%

De los resultados expuestos en esta tabla se deduce que el aislamiento de muros en contacto con el terreno tiene una influencia casi nula en la demanda energética de la vivienda y la poca influencia que tiene es negativa, es decir, aumenta la demanda total.

Cabe destacar que se obtiene un aumento de la de calefacción, aunque casi insignificante. El motivo de este comportamiento es que el terreno se encuentra a una temperatura más estable durante todo el año que la del aire exterior, manteniéndose un valor mayor que el del exterior en invierno, de forma que al aumentar el aislamiento anulamos el efecto de disponer

de estas “condiciones exteriores” más favorables. Este efecto queda reflejado en la figura 12 en la que se representa la temperatura del terreno dependiendo de la profundidad a la que se mida esta y del día del año, donde se puede observar como a medida que se profundiza en el terreno, la temperatura se estabiliza resultando mucho más constante durante todo el año que la del aire exterior, que se correspondería con la indicada como “superficie tierra”.

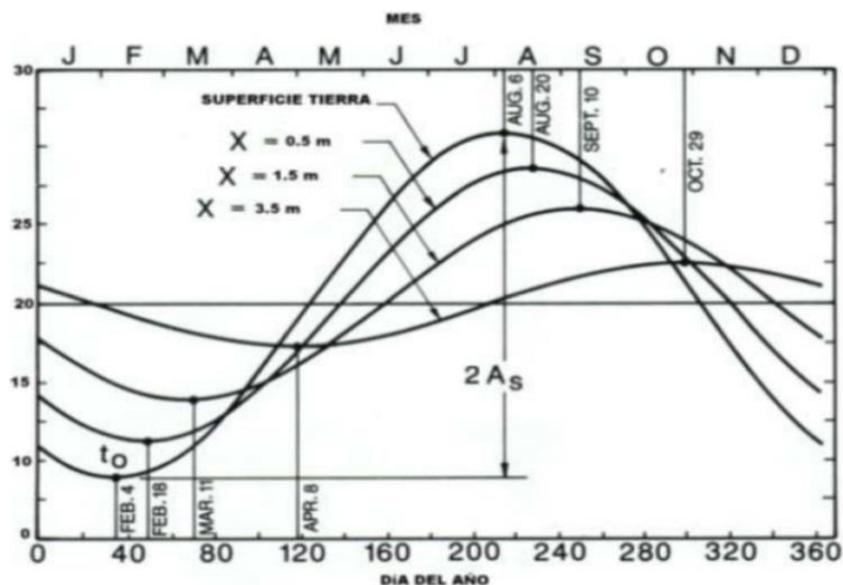


Figura 12. Variación de la temperatura del terreno con la profundidad a lo largo del año.

Por tanto, teniendo en cuenta que el aumento de aislamiento en los muros en contacto con el terreno es contraproducente, se selecciona como valor óptimo 5 cm ya que es este el que hace que el valor de transmitancia térmica del muro sea de $0,6 \frac{W}{m^2 \times K}$, valor máximo permitido en el CTE.

Para evaluar el aislamiento del suelo se ha fijado un aislamiento en el muro en contacto con el terreno de 5 centímetros y se obtienen los resultados mostrados a continuación:

Tabla 36. Análisis de sensibilidad para el suelo.

Fijado 5 cm de aislamiento en muros en contacto con el terreno					
Espesor aislamiento suelo (cm)	Demanda calefacción (kWh/m ² h)	Demanda refrigeración (kWh/m ² h)	Demanda energética total (kWh/m ² h)	Reducción demanda por cm aislante (kWh/m ² h)	% Reducción demanda calefacción sobre Edificio de referencia
4,9	78,6	9,16	87,76		-1,79%
15	76,99	9,95	86,94	0,15940594	0,30%
20	76,62	10,13	86,75	0,074	0,78%

Comentar que el valor negativo del “% Reducción demanda calefacción sobre Edificio de referencia” se debe a que con este espesor de aislamiento de 1 centímetro, la transmitancia térmica obtenida se encuentra por encima del límite establecido en la normativa, por tanto la demanda de calefacción obtenida es mayor que la del edificio de referencia. Sólo se considera

este supuesto en el estudio con el objetivo de conocer la evolución de los parámetros de demandas considerados.

Analizando estos resultados se advierte que el aumento del aislamiento en el suelo provoca la disminución de la demanda de calefacción del edificio pero, a su vez, tiene un efecto negativo sobre la demanda de refrigeración, aunque, en todo caso, la demanda total es menor que la del edificio de referencia.

También se observa que a medida que se va aumentando el espesor de aislamiento, la reducción obtenida en la demanda es menos significativa. Este hecho queda demostrado en la columna "Reducción de demanda por cm de aislante".

Buscando ahora la reducción de la demanda energética total del edificio sin que se dispare el aumento de la demanda de refrigeración, se establece como valor límite el de 15 centímetros de espesor de aislante que será el valor seleccionado para la vivienda objeto de estudio.

La principal conclusión de este análisis de sensibilidad es que el cambio de composición del muro en contacto con el terreno no tiene ninguna influencia sobre la demanda energética del edificio, mientras que el cambio de suelo y el aumento de su aislamiento, de modo que se reduce su transmitancia térmica, si tiene efecto sobre la demanda.

Cabe destacar que los dos elementos constructivos estudiados en este análisis resultan ser menos importantes que los dos anteriores, muro al exterior y cubiertas. Resulta obvio que el cambio de transmitancia térmica del suelo no produce tanta reducción de la demanda como la que generan estos últimos cerramientos, en primer lugar porque se dispone de una superficie menor, y en segundo lugar porque las condiciones climatológicas a las que se enfrenta el suelo son menos severas ya que está en contacto con el terreno y no con el aire exterior.

Finalmente subrayar que, aplicando todos los cambios detallados en este apartado, es decir, cambio de la composición de los muros en contacto con el terreno y del suelo sobre el edificio de referencia como se muestra en las Tablas 33 y 34, se obtienen los siguientes resultados en cuanto a demanda energética.

Tabla 37. Demandas climatización tras cambio de muro a terreno y suelo.

	Calefacción	Refrigeración
Demanda energética (kWh/m ² año)	76,99	9,95

III. Cambio de forjados interiores y particiones interiores.

Igual que en los casos anteriores, para diseñar la vivienda de manera que sus elementos constructivos sean coherentes con los estándares empleados en la actualidad, se cambia la composición de las particiones interiores quedando ahora definidos como se muestra en la Tabla 38.

Tabla 38. Composición de las particiones interiores del NZEB.

Particiones interiores (tabiques)				
Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m K)	Densidad (kg/m ³)	Cp (J/kg K)
Enlucido de yeso 1000<d<1300	0,01	0,57	1150	1000
1/2 pie LM métrico o catalán 40mm< G< 60 mm	0,115	0,667	1140	1000
EPS poliestireno expandido	0,018*	0,038	30	1000
Enlucido de yeso 1000<d<1300	0,01	0,57	1150	1000

*La selección de este espesor se detalla en la Tabla 39.

Como las particiones interiores en el edificio estudiado no dividen en ningún caso un espacio climatizado de otro no climatizado no va a tener relevancia el hecho de aumentar el aislamiento y así reducir su transmitancia térmica, como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 39. Análisis de sensibilidad de las particiones interiores.

Forjado interior $U=1,20 \frac{W}{m^2 \times K}$		
Características	Demanda calefacción (kWh/m ² h)	Demanda refrigeración (kWh/m ² h)
Particiones interiores $U=1,17 \frac{W}{m^2 \times K}$ (0,018 m aislamiento)	76,98	9,51
Particiones interiores $U=0,77 \frac{W}{m^2 \times K}$ (0,035 m aislamiento)	76,97	9,57

Así pues, la composición de los tabiques será la expuesta anteriormente con 1,8 cm de aislamiento, ya que es la que permite cumplir con el valor límite del CTE con una transmitancia térmica $U=1,17 \frac{W}{m^2 \times K}$.

En lo que respecta a las medianeras, la nueva composición empleada queda reflejada en la siguiente tabla.

Tabla 40. Composición de las medianeras del NZEB.

Medianera				
Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m K)	Densidad (kg/m ³)	Cp (J/kg K)
Enlucido de yeso 1000<d<1300	0,01	0,57	1150	1000
Mortero de áridos ligeros (vermiculita perlita)	0,01	0,41	1000	1000
1/2 pie LM métrico o catalán 40mm< G< 50 mm	0,115	0,991	2170	1000
EPS poliestireno expandido	0,04	0,038	30	1000
Cámara de aire sin ventilar vertical 5 cm				
1/2 pie LM métrico o catalán 40mm< G< 50 mm	0,115	0,991	2170	1000
Mortero de áridos ligeros (vermiculita perlita)	0,01	0,41	1000	1000
Enlucido de yeso 1000<d<1300	0,01	0,57	1150	1000

Como la función de las medianeras es realizar las separaciones entre viviendas de un mismo bloque, en este caso entre viviendas adosadas, se considera que dividen espacios que tienen el mismo uso y que por tanto no existe transferencia de calor a través de ellas. A efectos de cálculo con el software HULC se considera que son adiabáticas por este mismo motivo, por tanto los cambios en la composición de este elemento no tienen efecto directo sobre la demanda energética del edificio.

Con todo esto, aclarar que el cambio de composición presentado en la tabla anterior responde a un criterio constructivo ya que se trata de una composición típicamente utilizada en la construcción.

Tras este cambio en la medianera, el elemento presenta un valor de transmitancia térmica $U=0,58 \frac{W}{m^2 \times K}$.

Por último, para el forjado interior se emplea la siguiente composición:

Tabla 41. Composición de los forjados interiores del NZEB.

Forjados interiores				
Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m K)	Densidad (kg/m ³)	Cp (J/kg K)
Azulejo cerámico	0,02	1,3	2170	1000
Hormigón armado 2300<d<2500	0,02	2,3	1000	1000
EPS poliestireno expandido	0,03*	0,038	30	1000
FU entrevigado cerámico	0,25	0,908	1000	1000
Enlucido de yeso 1000<d<1300	0,01	0,57	1150	1000

*La selección de este espesor se detalla en la Tabla 42.

En el caso del forjado interior, este sí realiza división entre espacio no climatizado y climatizado (entre la planta baja y el sótano). Por tanto se estudia cómo influye el hecho de variar su transmitancia térmica sobre la demanda energética del edificio.

Tabla 42. Análisis de sensibilidad de los forjados interiores.

Particiones interiores $U=1,17 \frac{W}{m^2 \times K}$		
Características	Demanda calefacción (kWh/m ² h)	Demanda refrigeración (kWh/m ² h)
Forjados interiores $U=0,78 \frac{W}{m^2 \times K}$ (0,03 m aislante)	77	9,64
Forjados interiores $U=1,2 \frac{W}{m^2 \times K}$	76,98	9,51

Como se puede observar en los resultados, tampoco en este caso se obtienen diferencias sustanciales al cambiar los forjados interiores y su transmitancia térmica. En este caso sin embargo, se selecciona la opción del forjado interior con espesor de aislante de 0,03 m de aislante y $U=0,78 \frac{W}{m^2 \times K}$ porque este elemento realiza la función de división entre espacio no climatizado y climatizado y esta composición es ampliamente aplicada en estas situaciones en el campo de la construcción.

La principal conclusión de este análisis es que el cambio de composición de los elementos interiores no tiene una influencia significativa sobre la demanda energética del edificio, por lo que los cambios realizados se explican exclusivamente por criterios constructivos. Estos cambios aplicados sobre el edificio de referencia presentan los siguientes resultados:

Tabla 43. Demandas climatización tras cambio de cerramientos interiores.

	Calefacción	Refrigeración
Demanda energética (kWh/m ² año)	77	9,64

IV. Cambio de huecos. Vidrios y carpintería.

Para seleccionar la nueva composición de los huecos se han estudiado varios tipos de vidrios y de carpinterías con distintas características para analizar la influencia de cada uno de ellos sobre la envolvente del edificio. A continuación se detallan cada uno de los casos estudiados y las conclusiones obtenidas.

- En el primer caso se sustituye sobre el edificio de referencia los vidrios iniciales de las fachadas este, oeste y norte por unos de la compañía CLIMALIT modelo Planitherm 4S cuyas características son una transmitancia térmica $U=1 \frac{W}{m^2 \times K}$ y un factor solar del vidrio $g=0,42$. Además de pasa a emplear carpintería de PVC de triple cámara cuya $U=1,8 \frac{W}{m^2 \times K}$ y su absortividad de 0,7.

En los huecos que se encuentran en la fachada con orientación sur se mantiene la composición del edificio de referencia con el fin de conseguir maximizar la ganancia de calor a través de estas ventanas. También se ha realizado este procedimiento de mantener los huecos de referencia en cada una de las orientaciones del edificio aunque solo se muestra la del sur ya que es la orientación en la que mayor aprovechamiento del Sol se puede conseguir. Las demandas obtenidas se muestran a continuación.

Tabla 44. Demandas climatización tras cambio de huecos N,E y O por Planitherm 4S y PVC 3 cámaras.

	CLIMALIT Y PVC TRIPLE CÁMARA (NO SUR)	
	Calefacción	Refrigeración
Demanda energética (kWh/m ² año)	75,21	8,5

- En el segundo caso se mantiene la composición de los nuevos huecos pero ahora se aplica también en los que se encuentran en la orientación sur, de modo que todos los vidrios y carpintería son iguales. Los resultados corresponden a los de la Tabla 45.

Tabla 45. Demandas climatización tras cambio de huecos por Planitherm 4S y PVC 3 cámaras.

	CLIMALIT Y PVC TRIPLE CÁMARA	
	Calefacción	Refrigeración
Demanda energética (kWh/m ² año)	67,91	7,4

De los dos primeros casos se deduce que no cambiar los huecos de la orientación sur en busca de maximizar la ganancia solar no es una buena estrategia a seguir en la zona de Madrid. Manteniendo los huecos de las otras orientaciones del edificio se consigue igual resultado, por tanto se concluye que resulta óptimo cambiar todas las ventanas y la carpintería del edificio.

- En el siguiente caso se plantea mantener la carpintería de PVC triple cámara y pasar a utilizar ventanas de triple vidrio modelo TGU with PTL ULTRA N con argón de la compañía Saint-Gobain Glass que presentan una $U=0,6 \frac{W}{m^2 \times K}$ y $g=0,5$.

Tabla 46. Demandas climatización tras cambio de huecos por TGU PTL ULTRA y PVC 3 cámaras.

	TGU PTL ULTRA N Y PVC TRIPLE CÁMARA	
	Calefacción	Refrigeración
Demanda energética (kWh/m ² año)	63,38	8,07

- Los resultados de la Tabla 47 se corresponden al escenario en el que se mantiene el vidrio de la tabla anterior y se sustituye la carpintería de PVC triple cámara por la serie V92 de la empresa Carinbisa que tiene una transmitancia térmica $U=1,1 \frac{W}{m^2 \times K}$.

Tabla 47. Demandas climatización tras cambio de huecos por TGU y Caribinsa V92.

	TGU with PTL ULTRA N + V92	
	Calefacción	Refrigeración
Demanda energético (kWh/m ² año)	61,28	8,43

En los resultados de estos dos últimos escenarios queda de manifiesto que al aumentar el valor de factor solar (g) de los vidrios se consigue un aumento de la ganancia solar en el edificio, beneficiando de este modo el calentamiento pasivo del mismo. Si a esto se le añade una disminución de la transmitancia térmica de vidrio y carpintería, se consigue reducir la pérdida de calor a través de los huecos, hechos que explican que mengüe la demanda energética de calefacción del edificio.

Desde el punto de vista de la refrigeración, que el valor g sea mayor significa más ganancias de calor en la vivienda por lo que la demanda energética aumenta.

Sin embargo, el hecho de que la reducción de la demanda en calefacción sea mayor que el aumento en refrigeración junto con que la demanda que no cumple con el límite del CTE es la de calefacción, explica la decisión de emplear vidrios con factor solar alto.

- Las conclusiones obtenidas de los escenarios anteriores conducen a la búsqueda final de un vidrio con menor transmitancia térmica y mayor valor de factor solar (g), y carpintería con menor transmitancia térmica.

No se ha encontrado carpintería que cumpla este requisito y por tanto se mantiene el modelo de Carinbisa. En cuanto al vidrio, no se encuentra ningún modelo que permita reducir la transmitancia pero manteniendo el valor anterior $U=0,6 \frac{W}{m^2 \times K}$, se dispone del modelo SGG DIAMOND de la empresa Saint-Gobain Glass que presenta un valor de factor solar mayor que en el caso anterior, $g=0,64$. Los resultados con este vidrio se exponen a continuación.

Tabla 48. Demandas climatización tras cambio de huecos por SGG DIAMOND y Caribinsa V92.

	SGG DIAMOND + V92	
	Calefacción	Refrigeración
Demanda energético (kWh/m ² año)	58,97	9,68

En estos resultados se ratifica que al aumentar el factor solar se reduce la demanda de calefacción y aumenta la de refrigeración pero a efectos de demanda energética total, ésta se ve reducida. Además la demanda de refrigeración se mantiene por debajo de la del edificio de referencia y muy por debajo del límite del CTE ($15 \frac{W}{m^2 \times K}$).

Todo lo expuesto fundamenta la decisión final de emplear el vidrio modelo SGG DIAMAND de la empresa Saint-Gobain Glass y la carpintería serie V92 de la empresa Carinbisa en todos los huecos de la vivienda.

- En último lugar se estudia la posibilidad de instalar toldos o voladizos en las ventanas con orientación sur de la vivienda de manera que en verano, periodo en el que el Sol se encuentra a mayor altura, se consiga disponer de sombra en estas ventanas para conseguir reducir la ganancia solar del edificio, y permitir la entrada de luz solar e incrementar el calentamiento pasivo de la vivienda en invierno, periodo en el que el Sol está a menor altura.
Tras analizar la demanda energética de la vivienda con y sin voladizos se llega a la conclusión de que, en este caso, la influencia de estos elementos es prácticamente nula, por lo que se va a prescindir de ellos en la etapa de diseño.

V. Instalación recuperador entálpico.

Con objeto del cumplimiento de la exigencia del CTE DB HE “Ahorro de Energía”, en última instancia se plantea el uso de un recuperador entálpico de doble flujo con el que se puede realizar ventilación mecánica controlada en la vivienda recuperando parte de la energía latente del aire viciado que extraemos para ventilar la vivienda, y cediéndola al aire nuevo que se introduce desde el exterior.

Para seleccionar el modelo de recuperador adecuado se precisa conocer las necesidades de ventilación de la vivienda, calculadas en el apartado “Ventilación” de este capítulo. Los principales resultados de ese cálculo se ofrecen en la Tabla 49.

Tabla 49. Resultados ventilación sin recuperador entálpico.

SISTEMA VENTILACIÓN COMPLETO				
Caudal Admisión (m ³ /h)	Caudal Extracción (m ³ /h)	Diferencia (m ³ /h)	% Diferencia	Renov/h
350	-350	0	0	0,572

Conocido el caudal se selecciona el equipo a instalar en la vivienda, en este caso el modelo DF EXCELLENT 4 de la empresa SIBER cuya capacidad de extracción máxima es de 400 m³/h, superior a los 350 m³/h que es el caudal de extracción para la vivienda.

En la ficha técnica de este modelo se especifica un rendimiento del recuperador de calor según el Certificado Passivhaus Institute del 84%.

La principal característica de este recuperador de doble flujo es que, garantizado un caudal de ventilación de 350 m³/h, en función de su rendimiento permite reducir las pérdidas térmicas a través de la ventilación. Por tanto, a efectos térmicos esta reducción de las pérdidas se puede traducir en un caudal de ventilación equivalente que vendrá expresado como

$$Caudal_{vent,equivalente} = (1 - rendimiento) \times Caudal_{ventilación} \quad (8)$$

Los resultados obtenidos en la vivienda tipo estudiada se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 50. Resultados ventilación con recuperador entálpico.

SISTEMA VENTILACIÓN COMPLETO CON RECUPERADOR				
Caudal Admisión (m ³ /h)	Caudal Extracción (m ³ /h)	Diferencia (m ³ /h)	% Diferencia	Renov/h
56	-56	0	0	0,091

Este caudal de ventilación equivalente de 53 m³/h, o lo que es lo mismo 15,56 l/s, será el valor introducido en el software HULC para caracterizar las pérdidas térmicas debidas a la ventilación.

Las demandas energéticas obtenidas tras instalar el recuperador entálpico DF EXCELLENT 4 de SIBER en el edificio de referencia quedan reflejadas en la Tabla 51.

Tabla 51. Demandas climatización tras aplicar recuperador entálpico a la vivienda de referencia.

Demanda energética (kWh/m ² año)	Instalación recuperador entálpico SIBER DF EXCELENT 4	
	Calefacción	Refrigeración
	56,69	8,84

Puede observarse en este resultado cómo el control de la ventilación del edificio mediante el empleo de un recuperador entálpico produce la mayor reducción en la demanda energética del edificio de todas las medidas estudiadas. Esto señala el impacto negativo que provoca la entrada de aire del exterior sin tratamiento previo y pone en valor la importancia de controlar la ventilación del edificio y reducir al máximo sus infiltraciones.

VI. Resumen y análisis de los cambios sobre edificio de referencia y demanda final edificio

Con el objetivo de reducir la demanda energética del edificio de referencia hasta que se encuentre por debajo de los límites establecidos en el DB HE1 del CTE se han realizado una serie de cambios sobre este edificio, cambios que se sintetizan a continuación.

- Muros exteriores con $U=0,24 \frac{W}{m^2 \times K}$.
- Cubierta con $U=0,21 \frac{W}{m^2 \times K}$.
- Muros en contacto con el terreno con $U=0,6 \frac{W}{m^2 \times K}$.
- Suelos con $U=0,33 \frac{W}{m^2 \times K}$.

- Particiones interiores con $U= 1,17 \frac{W}{m^2 \times K}$.
- Forjados interiores con $U= 0,78 \frac{W}{m^2 \times K}$.
- Vidrios SGG DIAMOND con $U= 0,6 \frac{W}{m^2 \times K}$ y $g=0,64$.
- Carpintería serie V92 de la empresa Carinbisa con $U= 1,1 \frac{W}{m^2 \times K}$.
- Implantación de recuperador entálpico EXCELLENT 4 de la empresa SIBER con un rendimiento del 84%, lo que energéticamente equivale a tener un caudal de ventilación de 53 m³/h.

Teniendo en cuenta los resultados de los apartados anteriores en los que se estudia el efecto de cada uno de estos cambios sobre la demanda energética, destacan como medidas más importantes el cambio de muros al exterior y cubierta, el cambio de huecos y la utilización del recuperador entálpico. La influencia de los cambios aplicados sobre cada uno de los parámetros de la vivienda se refleja en la siguiente figura.

Influencia sobre demanda energética NZEB

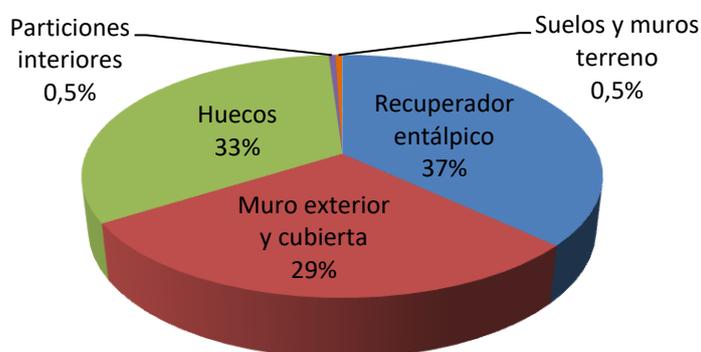


Figura 13. Influencia de cada cambio en los cerramientos sobre la vivienda NZEB.

El resto de cambios tienen un efecto muy bajo sobre la demanda y su aplicación responde básicamente a motivos constructivos.

Aplicando todos estos cambios a la vez sobre el edificio de referencia queda definido el edificio NZEB, cuyos resultados en términos de demanda energética se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 52. Demandas climatización final de la vivienda NZEB.

Demanda energética (kWh/m ² año)	NZEB final	
	Calefacción	Refrigeración
	20,66	9,42

A la luz de estos resultados la nueva vivienda cumple con el DB HE1 ya que las demandas energéticas se encuentran por debajo del límite establecido en este documento básico del CTE.

4.1.3 EDIFICIO PASSIVHAUS

Por último se plantea diseñar el edificio de modo que cumpla con el estándar Passivhaus, que es un modelo que se fundamenta en que el coste total de un edificio viene definido no solo por el de su construcción, sino también por su demanda energética y el mantenimiento durante su vida útil.

Este estándar persigue el objetivo de reducir al máximo la demanda de energía de los edificios basándose en el rigor de un buen diseño de la envolvente bien aislada del edificio y el control riguroso de infiltraciones indeseadas así como de puentes térmicos, y persiguiendo el máximo aprovechamiento del recurso solar disponible.

Con este fin se fija el valor máximo a considerar en una serie de parámetros cuyo cumplimiento significará estar dentro del estándar y poder considerar que la vivienda es Passivhaus. Estos valores son:

- Demanda energética de calefacción máxima de $15 \frac{kWh}{m^2 \times año}$.
- Demanda energética de refrigeración máxima de $15 \frac{kWh}{m^2 \times año}$.
- Estanqueidad de la vivienda al aire con valor máximo de 0,6 renovaciones por hora con una sobrepresión/depresión de 50 pascales.
- Energía primaria total demandada por el edificio (incluyendo climatización, iluminación, electrodomésticos...) máxima de $120 \frac{kWh}{m^2 \times año}$.

En este apartado en el que se define el diseño de la vivienda los valores a tener en cuenta son los tres primeros. El de energía primaria total demandada tendrá relevancia en el diseño de los sistemas energéticos de la vivienda, que se verá más adelante.

Así pues, considerando los objetivos de demanda de una vivienda Passivhaus, se van a realizar los cambios en materia de envolvente y aislamiento necesarios en el edificio con tal de satisfacerlos.

El punto de partida es el edificio de consumo casi nulo de energía (NZEB), definido en el apartado anterior, y se plantea realizar modificaciones sobre los parámetros que se han descubierto más relevantes en los análisis de sensibilidad realizados anteriormente.

En cuanto a las ventanas y carpintería, y al recuperador entálpico; de los primeros no se han encontrado opciones comerciales con valores de transmitancia térmica menores ni factor solar en el caso del vidrio, y tampoco se ha encontrado recuperador capaz de admitir el caudal de ventilación de $350 \frac{m^3}{h}$ con un rendimiento mayor, por tanto se emplean también en esta vivienda los vidrios modelo SGG DIAMAND de la empresa Saint-Gobain Glass, carpintería series V92 de la empresa Carinbisa y el recuperador DF EXCELLENT 4 de la empresa SIBER.

Todo lo anterior reduce los campos de actuación a estos dos parámetros: los muros al exterior y la cubierta. En ambos casos se pretende reducir la transmitancia térmica del cerramiento para lo que se va a aumentar el espesor de aislamiento de los dos hasta 30 cm, quedando como se muestra a continuación.

Tabla 53. Composición del muro exterior de la vivienda Passivhaus.

Muro exterior				
Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m K)	Densidad (kg/m ³)	Cp (J/kg K)
1/2 pie LM métrico o catalán 40mm< G< 50 mm	0,115	0,991	2170	1000
Mortero de áridos ligeros (vermiculita perlita)	0,01	0,41	1000	1000
EPS poliestireno expandido	0,30	0,038	30	1000
Tabique de LH sencillo	0,04	0,445	1000	1000
Enlucido de yeso 1000<d<1300	0,01	0,57	1150	1000

El valor de transmitancia térmica resultante para el muro es de $U = 0,12 \frac{W}{m^2 \times K}$.

Tabla 54. Composición de la cubierta de la vivienda Passivhaus.

Cubierta plana				
Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m K)	Densidad (kg/m ³)	Cp (J/kg K)
Plaqueta o baldosa cerámica	0,02	1	2000	800
Mortero de áridos ligeros (vermiculita perlita)	0,01	0,41	1000	1000
MW lana mineral	0,30	0,041	40	1000
Betún fieltro o lámina	0,003	0,23	1000	1000
Mortero de áridos ligeros (vermiculita perlita)	0,01	0,41	1000	1000
Hormigón en masa 2000<d<2300	0,02	1,65	2150	
FU Entrevigado de hormigón aligerado	0,25	1,02	1230	1000
Enlucido de yeso 1000<d<1300	0,01	0,57	1150	1000

La transmitancia térmica resultante para la cubierta toma el valor de $U = 0,13 \frac{W}{m^2 \times K}$.

Las demandas energéticas de calefacción y refrigeración obtenidas con la vivienda definida de este modo se muestran en la Tabla 55.

Tabla 55. Demandas climatización final de la vivienda Passivhaus.

	Passivhaus	
	Calefacción	Refrigeración
Demanda energética (kWh/m ² año)	14,44	9,9

Se puede comprobar que ambos valores se encuentran por debajo del límite fijado por el estándar Passivhaus y esto, junto con el valor de renovaciones por hora de 0,091 tras la instalación del recuperador, permite afirmar que, a falta de evaluar la energía primaria total demandada que dependerá de los sistemas energéticos empleados, el diseño del edificio lo convierte en una vivienda Passivhaus.

Ahora la influencia de los cambios aplicados sobre cada uno de los parámetros de la vivienda queda de la siguiente manera:

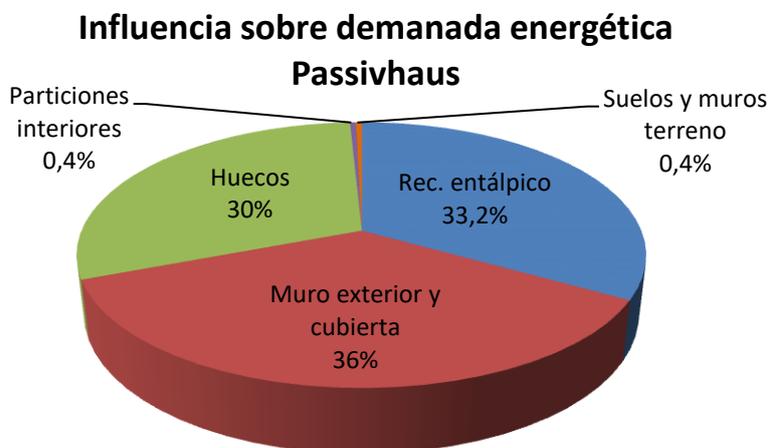


Figura 14. Influencia de cada cambio en los cerramientos sobre la vivienda Passivhaus.

A diferencia de la NZEB, en la vivienda Passivhaus la importancia del cambio en el muro exterior y cubierta se posiciona como la opción más importante a la hora de reducir la demanda. Esto se debe al aumento en el espesor de aislamiento que se aplica a estos cerramientos en esta vivienda.

Aunque en definitiva, la distribución de la influencia sobre la demanda tiene una estructura parecida al del caso NZEB en la que los huecos, el recuperador entálpico, los muros exteriores y la cubierta suponen más del 99% de la reducción de la demanda energética conseguida frente al edificio de referencia.

4.2. CONSUMOS ENERGÉTICOS DE LA VIVIENDA

Con tal de realizar un buen dimensionado de los sistemas de generación energética es necesario tener un completo conocimiento de los consumos existentes en la vivienda a evaluar. En el caso estudiado se debe tener en cuenta el consumo de climatización, directamente relacionada con la demanda energética del edificio, el consumo de electrodomésticos, el de iluminación y por último el de ACS.

4.2.1 ELECTRODOMÉSTICOS

A la hora de estudiar la demanda energética de la vivienda es necesario tener en cuenta los consumos derivados del uso de electrodomésticos.

Ya que el objetivo del proyecto es la construcción de un NZEB, es decir una vivienda que consuma la mínima energía posible, parece razonable seleccionar electrodomésticos de alta

gama, con certificaciones A+++ y que por lo tanto tienen bajo consumo. Los aparatos seleccionados se muestran en la Tabla 56, junto con sus potencias y consumos energéticos.

Para la lavadora, nevera y lavavajillas se muestra directamente el valor de sus consumos energéticos que han sido tomados de la etiqueta energética correspondiente a cada uno de ellos. Para obtener el consumo de los otros aparatos se ha estimado su funcionamiento anual.

Tabla 56. Consumos de electrodomésticos.

Nombre	Descripción	kWh/ciclo	Potencia kW	Ciclos/semana	Horas/año	kWh/año
Lavadora	Siemens WM14Y740EE A+++		0,35			137
Nevera	Bosch KGN39AI40 A+++		0,2			173
Lavavajillas	Siemens SN26U893EU A+++		0,7			195
Horno	BOSCH HBG6767S1 A	0,9	1	2		86,4
Vitrocerámica	Fogones vitrocerámica		2,2		365	803
Cafetera	Koenic KCM 500		0,6		182,5	109,5
TV	TV LED		0,09		2190	197,1
Microondas	Samsung GE 87M-X		1,5		365	547,5

TOTAL (kW)	6,64
-------------------	-------------

TOTAL (kWh/año)	2248,5
------------------------	---------------

Así pues el consumo eléctrico procedente de electrodomésticos asciende hasta $2248,5 \frac{kWh_e}{año}$.

Además se debe tener en cuenta el hecho de que tanto la vivienda NZEB como la Passivhaus emplean el recuperador entálpico de doble flujo modelo DF EXCELLENT 4 de la empresa SIBER, por tanto se debe considerar también el consumo eléctrico de este elemento para el cálculo de los sistemas.

El recuperador entálpico seleccionado tiene una potencia de 72 W por lo que, siendo empleado de manera continua durante el año consume alrededor de $630 \frac{kWh_e}{año}$.

4.2.2 ILUMINACIÓN

El método empleado para el cálculo de la iluminación se fundamenta en seleccionar los luxes necesarios por habitáculo con tal de cumplir las condiciones de confort. Los valores seleccionados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 57. Valores recomendados de iluminación.

Áreas y clases de local	Mínimo (LUX)	Óptimo (LUX)	Máximo (LUX)
Viviendas			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750
Zonas generales de edificios			
Zonas de circulación y pasillos	50	100	150
Escaleras, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200

Se emplea el programa DIALUX que simula, a partir de catálogos de fabricantes y de luminarias, el reparto del flujo lumínico, los lúmenes por zona y la potencia a instalar para mantener las condiciones de confort, teniendo en cuenta la iluminación natural de la vivienda.

Se han seleccionado luminarias de tipo LED debido a su bajo consumo eléctrico y la buena calidad lumínica que suministran. Una vez introducidas en el programa las características de la vivienda (espacios, superficie, tamaño y ubicación de las ventanas), las necesidades de iluminación y el tipo de luminaria a emplear, se obtiene como resultado que la potencia lumínica a instalar será de 862,6 W. Esta potencia se traduciría en un consumo de $1700 \frac{kWh_e}{año}$ si se emplearan todas las luminarias durante todas las horas en las que se precisa de luz artificial, sin embargo este escenario no es real y se debe tener en cuenta un factor de simultaneidad y uso de 0,35, con lo que el consumo final debido a iluminación se cifra en $595 \frac{kWh_e}{año}$.

La selección de luminarias, los cálculos y las simulaciones realizadas con el software DIALUX se encuentran en el ANEXO I. "Cálculos de sistemas".

4.2.3 DEMANDAS Y CONSUMOS ENERGÉTICOS DE CLIMATIZACIÓN

Las demandas de climatización se han calculado, como se ha detallado anteriormente en el apartado 1 de este capítulo con el programa HULC, teniendo en cuenta las temperaturas interiores de confort de la vivienda, las condiciones climáticas del exterior (temperatura exterior, factor de nubosidad...) y las características constructivas de la vivienda.

Con todo esto se ha obtenido para la vivienda NZEB una demanda energética de calefacción de $20,66 \frac{kWh_t}{m^2 \times año}$, lo que se traduce en $4000,22 \frac{kWh_t}{año}$ y una demanda de refrigeración de $9,42 \frac{kWh_t}{m^2 \times año}$, que en el global del edificio son $1824,59 \frac{kWh_t}{año}$.

Para la vivienda diseñada para cumplir con el estándar Passivhaus los resultados obtenidos son diferentes, la demanda energética de calefacción es de $14,44 \frac{kWh_t}{m^2 \times año}$, siendo $2796,55 \frac{kWh_t}{año}$ para toda la superficie habitable del edificio, y una demanda de refrigeración de $9,9 \frac{kWh_t}{m^2 \times año}$, que en el global del edificio se convierte en $1916,48 \frac{kWh_t}{año}$.

Sin embargo, la hora de conocer los consumos energéticos necesarios para satisfacer estas demandas es necesario conocer la tecnología a emplear para suministrar la calefacción y la refrigeración y disponer de los datos de rendimiento del modelo seleccionado. El cálculo de los consumos energéticos debidos a climatización se muestra en el siguiente apartado tras realizar la selección de equipos.

4.2.4 AGUA CALIENTE SANITARIA

La caracterización de la demanda de agua caliente sanitaria (ACS) se lleva a cabo siguiendo las especificaciones técnicas de diseño del apartado HE4 del Documento básico HE de ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación.

La demanda de ACS de la vivienda unifamiliar objeto de estudio es de 140 litros/día y teniendo en cuenta esta información y otra serie de parámetros como la localización del sistema, paneles solares empleados y temperatura de agua de red y de distribución, el dimensionado de la instalación necesaria para cubrir esta demanda se ha realizado mediante el software CHEQ4.2. Se obtiene de este el valor de la demanda energética correspondiente a ACS que asciende a $2.799 \frac{kWh}{año}$ de los que el sistema solar cubre el 70%.

A continuación se muestran los principales resultados obtenidos con CHEQ4.2.

Tabla 58. Resultados ACS obtenidos con CHEQ4.

RESULTADOS	
Demanda (l/día)	140
Demanda neta (kWh/año)	2799
Demanda bruta (kWh/año)	2844
Aporte solar (kWh/año)	1986
Consumo auxiliar (kWh/año)	807
Fracción solar (%)	70

El proceso de diseño de esta instalación y todos los cálculos realizados se muestra en el Anexo I, así como el informe obtenido con el programa informático.

4.3. DISEÑO DE LOS SISTEMAS

4.3.1 SISTEMAS DEL EDIFICIO NZEB

Para satisfacer las necesidades energéticas del edificio se estudian tres sistemas distintos con la finalidad de encontrar el óptimo desde un punto de vista económico. Los sistemas que se consideran son:

- Bomba de calor aerotérmica para calefacción y refrigeración y paneles fotovoltaicos.
- Gas Natural para calefacción, bomba de calor aerotérmica para refrigeración y paneles fotovoltaicos.

- Geotermia y paneles fotovoltaicos.

Para poder realizar una comparativa económica entre los tres sistemas, se dimensionan de modo que el consumo de energía primaria de la vivienda, considerando climatización, ACS, iluminación y aparatos, se sitúe aproximadamente entre 40 y 45 $\frac{kWh}{m^2 \times año}$, valor muy por debajo del máximo fijado en el estándar Passivhaus de 120 $\frac{kWh}{m^2 \times año}$ en el que se consideran también todos los consumos detallados arriba.

Como sistema de distribución para calefacción se utiliza suelo radiante ya que su distribución vertical de temperaturas es la más parecida a la distribución ideal. El cálculo de este sistema queda reflejado en el Anexo I. "Cálculo de sistemas". Como sistema de distribución de refrigeración se emplean fancoils.

Sistema bomba de calor aerotérmica y fotovoltaica. Edificio NZEB

- Sistema de climatización. Bomba de calor.

En este primer caso se plantea la opción de emplear una bomba de calor aerotérmica para satisfacer las demandas de calefacción y refrigeración de la vivienda.

La selección de la bomba se realiza con el objetivo de que pueda cubrir las potencias máximas de calefacción y de refrigeración, que son de 11 kW y 13 kW respectivamente. Finalmente se elige la bomba EREBA 12 H de la empresa CIAT cuyas características técnicas se muestran a continuación.

Tabla 59. Características técnicas de la bomba de calor EREBA 12 H.

EREBA 12H	
Régimen calefacción	
Potencia calorífica (kW)	11,9
SCOP	3,19
Régimen refrigeración	
Potencia frigorífica (kW)	13,54
SEER	4,22

- Sistema de generación. Fotovoltaica.

Como se explica en el apartado de consumos de la vivienda, los consumos energéticos debidos a climatización dependen del rendimiento de la tecnología empleada para satisfacer la demanda del edificio.

Con los valores de SCOP y SEER indicados en la Tabla 59 y las demandas energéticas de climatización hallados en HULC se calculan las demandas eléctricas derivadas de este campo. Resultan ser 432,37 $\frac{kWh_e}{año}$ para refrigeración y 1253,98 $\frac{kWh_e}{año}$ para el periodo de calefacción.

Además del consumo de climatización, la instalación fotovoltaica se debe dimensionar teniendo en cuenta el resto de consumos existentes en la vivienda y especificados en el apartado “Consumos del edificio”. Todos ellos quedan definidos en la siguiente tabla.

Tabla 60. Consumos eléctricos de la vivienda NZEB con aerotermia.

CONSUMOS ELÉCTRICOS				
	Iluminación	Electrodomésticos	Recuperador de calor	Climatización
Demanda eléctrica anual (kWh/año)	595	2248,5	630	1686,35

De este modo, la demanda de electricidad total de la vivienda empleando este sistema de climatización asciende a $5159,85 \frac{kWh_e}{año}$.

Para cubrir esta demanda se plantea la instalación de un sistema fotovoltaico. En primer lugar se estudia cubrir toda la demanda con paneles fotovoltaicos y baterías para almacenar energía y utilizarla en momentos con carencia de Sol y por tanto, generación. Sin embargo, el análisis de este modelo conduce a un precio de la electricidad muy elevado, por lo que subraya la necesidad de buscar una solución más óptima en términos económicos, que es en definitiva, uno de los principales criterios a valorar por un posible comprador.

Finalmente el diseño de la instalación fotovoltaica es el de cubrir una parte de la demanda sin utilizar baterías, ya que en las simulaciones nunca se produce carga y descarga de las mismas debido al aumento del precio de la energía, y comprar el resto de electricidad de la red.

Como se ha comentado al inicio de este apartado, se establece un valor a conseguir de energía primaria total utilizada en la vivienda que servirá de punto de referencia común para poder comparar los diferentes sistemas de climatización que se estudian. Este valor se fija alrededor del rango $40-45 \frac{kWh}{m^2 \times año}$.

En primer lugar se realiza el estudio de la fotovoltaica en el que se simulan diferentes potencias de la instalación para conocer la energía producida por el sistema y la que se debería comprar a red en cada caso. Por último, se calcula la energía primaria empleada en este sistema empleando el factor de conversión de energía primaria a final para electricidad peninsular que es de $2,35 \frac{Energía\ primaria}{Energía\ final}$.

Todos los escenarios estudiados se agrupan en la Tabla 61.

Tabla 61. Estudio del campo fotovoltaico para la vivienda NZEB con aerotermia.

Aerotermia+PV						
Potencia FV (kW)	Inversor (kW)	Energía producción FV (kWh/año)	Energía comprada a red (kWh/año)	Exceso electricidad (kWh/año)	Precio energía (euros/kWh)	Energía primaria empleada (kWh/año)
1	1	1417	3850	107	0,156	9047,1
1,5	2	2125	3520	485	0,166	8271,6
2	2	2833	3337	1010	0,17	7841,6
2,5	3	3541	3211	1592	0,186	7545,5
3	3	4250	3115	2205	0,193	7319,9
2,79	3	3952	3153	1945	0,19	7409,2

El otro consumo de energía que tiene la vivienda es el de la caldera auxiliar de ACS, que trabaja con Gas Natural, cuyo factor de conversión de energía primaria a final es de $1,07 \frac{\text{Energía primaria}}{\text{Energía final}}$, y tiene un consumo anual de 807 kWh.

Tabla 62. Consumo de energía primaria del sistema de ACS.

ACS			
Demanda ACS (kWh/año)	Aporte solar (kWh/año)	Consumo auxiliar (kWh/año)	Energía primaria empleada kWh/año)
2799	1986	807	863,49

Con todo lo anterior, se selecciona como potencia a instalar los 2,79 kW fotovoltaicos que corresponden a 9 paneles del modelo A-310P de la empresa ATERSA de manera que se consigue un consumo total de energía primaria en el edificio de $42,72 \frac{kWh}{m^2 \times año}$.

Tabla 63. Consumo de energía primaria total en el NZEB con aerotermia.

Energía primaria total empleada en la vivienda	
En todo el edificio $\frac{kWh}{año}$	8272,69
Por metro cuadrado $\frac{kWh}{m^2 \times año}$	42,72

Sistema caldera Gas Natural con bomba de calor aerotérmica y fotovoltaica. Edificio NZEB

- I. Sistema de climatización. Caldera de Gas Natural y bomba de calor.

Como segunda opción se evalúa la posibilidad de implantar un sistema con caldera de Gas Natural para cubrir las necesidades de calefacción y bomba de calor para proporcionar refrigeración.

La elección de la caldera se fundamenta en que sea capaz de cubrir la potencia máxima de calefacción, que es de 11 kW. Se selecciona la caldera THEMA Condens 25 de la empresa Saunier Duval, cuyas características se resumen en la tabla siguiente.

Tabla 64. Características técnicas de la caldera THEMA Condens 25.

THEMA Condens 25	
Calefacción	
Potencia útil (kW)	5,4-19,6
Rendimiento	106,2
ACS	
Potencia útil (kW)	5,1-25,5

Al igual que en el sistema anterior, la bomba de calor seleccionada es la EREBA 12 H de la empresa CIAT. Sus características técnicas se muestran a continuación.

Tabla 65. Características técnicas de la bomba de calor EREBA 12 H.

EREBA 12H	
Régimen refrigeración	
Potencia frigorífica (kW)	13,54
SEER	4,22

II. Sistema de generación. Fotovoltaica.

En este sistema la bomba de calor se emplea solamente en modo refrigeración, por lo que es el valor SEER indicado en la Tabla 65 y la demanda energética de refrigeración las que definen la demanda eléctrica necesaria para este fin. Resulta ser $432,37 \frac{kWh_e}{año}$.

Además del consumo de climatización, la instalación fotovoltaica se debe dimensionar teniendo en cuenta el resto de consumos existentes en la vivienda y especificados en el apartado "Consumos del edificio". Todos ellos quedan definidos en la siguiente tabla.

Tabla 66. Consumos eléctricos de la vivienda NZEB con caldera y aerotermia.

CONSUMOS ELÉCTRICOS				
	Iluminación	Electrodomésticos	Recuperador de calor	Climatización
Demanda eléctrica anual (kWh/año)	595	2248,5	630	432,37

De este modo, la demanda de electricidad total de la vivienda empleando este sistema de climatización asciende a $3905,87 \frac{kWh_e}{año}$.

Al igual que en el caso anterior, se descarta la opción de cubrir toda la demanda con paneles fotovoltaicos y baterías ya que el análisis de esta configuración conduce a un precio de la electricidad muy elevado.

Esto se traduce en el diseño de la instalación fotovoltaica de modo que se cubra una parte de la demanda sin utilizar baterías, ya que en las simulaciones nunca se produce carga y descarga de las mismas debido al aumento del precio de la energía, y se compre el resto de electricidad de la red.

Como se ha comentado anteriormente, se establece un valor de energía primaria total que debe ser utilizada en la vivienda. Este valor se fija en $40-45 \frac{kWh}{m^2 \times año}$.

En primer lugar se realiza el estudio de la fotovoltaica en el que se simulan diferentes potencias de la instalación para conocer la energía producida por el sistema y la que se debería comprar a red en cada caso. Por último, se calcula la energía primaria empleada en este sistema empleando el factor de conversión de energía primaria a final para electricidad peninsular que es de $2,35 \frac{Energía\ primaria}{Energía\ final}$.

Todos los escenarios estudiados se agrupan en la Tabla 67.

Tabla 67. Estudio del campo fotovoltaico para la vivienda NZEB con caldera y aerotermia.

Aerotermia+PV						
Potencia FV (kW)	Inversor (kW)	Energía producción FV (kWh/año)	Energía comprada a red (kWh/año)	Exceso electricidad (kWh/año)	Precio de la energía (euros/kWh)	Energía primaria empleada (kWh/año)
1	1	1417	2707	218	0,158	6361,1
1,5	2	2125	2485	704	0,174	5839,4
2	2	2833	2354	1281	0,181	5531,6
2,5	3	3541	2263	1898	0,203	5150,9
3	3	4250	2192	2536	0,213	5322,4
2,48	3	3513	2265	1872	0,203	5216,7
2,79	3	3952	2220	2266	0,209	5125
3,1	4	4391	2181	2666	0,228	5278,1
4,65	5	6587	2036	4717	0,275	4784,3
9,3	10	13174	1800	11068	0,451	4229,7
9,61	10	13613	1791	11498	0,458	4208,5

Sin embargo, aparte de electricidad se consume otro tipo de energía, Gas Natural. Este se utiliza en la caldera para cubrir el consumo auxiliar de ACS y la demanda de calefacción.

El factor de conversión de energía primaria a final del Gas Natural es de $1,07 \frac{Energía\ primaria}{Energía\ final}$, resultando los siguientes consumos de energía primaria.

Tabla 68. Consumo de energía primaria del sistema de ACS.

ACS			
Demanda ACS (kWh/año)	Aporte solar (kWh/año)	Consumo auxiliar (kWh/año)	Energía primaria empleada (kWh/año)
2799	1986	807	863,49

Tabla 69. Consumo de energía primaria de la caldera de GN.

Calefacción- Caldera GN				
Demanda calefacción	Rendimiento caldera	Consumo GN (kWh/año)	Factor conversión	Energía primaria empleada (kWh/año)
4000,22	1,062	3766,68	1,07	4030,35

Se puede comprobar que, a partir de un cierto momento, aumentar el número de paneles no se traduce en una disminución considerable de la energía que se compra a la red por lo que se elige instalar 30 paneles fotovoltaicos del modelo A-310P de la empresa ATERSA, lo que significa una potencia de 9,3 kW fotovoltaicos. Con la instalación que reúne todos estos elementos se consigue un consumo total de energía primaria en el edificio de $47,11 \frac{kWh}{m^2 \times año}$.

Tabla 70. Consumo de energía primaria total en el NZEB con caldera y aerotermia.

Energía primaria total empleada en la vivienda	
En todo el edificio $\frac{kWh}{año}$	9123,5
Por metro cuadrado $\frac{kWh}{m^2 \times año}$	47,11

Sistema geotérmico y fotovoltaica. Edificio NZEB

I. Sistema de climatización. Geotermia.

En último lugar se estudia emplear una bomba de calor geotérmica para satisfacer las demandas de calefacción y refrigeración de la vivienda, así como la de ACS.

Siendo las potencias máximas de calefacción y de refrigeración a cubrir de 11 kW y 13 kW respectivamente, por lo que se elige la bomba AGEO 50H de la empresa CIAT. Sus características técnicas se muestran a continuación.

Tabla 71. Características técnicas de la bomba de calor AGEO 50 H.

AGEO 50H	
Régimen calefacción	
Potencia calorífica (kW)	15,9
COP	5,7
Régimen refrigeración	
Potencia frigorífica (kW)	13,1
EER	4,7

A continuación, sabiendo que se va a diseñar un sistema geotérmico vertical y tras conocer la conductividad térmica del terreno (λ) de y la capacidad calorífica del terreno (C_p), y las condiciones ambientales de San Sebastián de los Reyes, se calcula la longitud necesaria de intercambiador enterrado para hacer frente a la carga térmica del edificio.

Finalmente, de los resultados obtenidos con el software GEO2 se necesita una longitud de 120 metros, que se repartirán en 3 pozos con intercambiador vertical de simple U de 40 metros cada uno con una separación de 5 metros entre pozos, y se obtiene un SCOP=4,58 y un SEER=6,27 para el funcionamiento de todo el sistema.

Todos los datos y cálculos del sistema geotérmico, así como el informe de resultados obtenido del programa Geo2 se detallan en el Anexo I. "Cálculo de sistemas".

II. Sistema de generación. Fotovoltaica.

Con el sistema planteado en este apartado, la demanda de climatización se satisface mediante una bomba de calor geotérmica. Así pues, con la demanda energética de calefacción y refrigeración, que es inherente a la vivienda y a sus características constructivas, y los valores de COP y EER de la bomba obtenidos mediante el cálculo del programa Geo2, se puede obtener la demanda eléctrica necesaria para mantener el confort térmico en la vivienda. Resulta un consumo eléctrico de $1164,41 \frac{kWh_e}{año}$.

Además del consumo de climatización, la instalación fotovoltaica se debe dimensionar teniendo en cuenta el resto de consumos existentes en la vivienda y especificados en el apartado "Consumos del edificio". Todos ellos quedan definidos en la siguiente tabla.

Tabla 72. Consumos eléctricos de la vivienda NZEB con geotermia.

CONSUMOS ELÉCTRICOS				
	Iluminación	Electrodomésticos	Recuperador de calor	Climatización
Demanda eléctrica anual (kWh/año)	595	2248,5	630	1164,41

De este modo, la demanda de electricidad total de la vivienda empleando este sistema de climatización asciende a $4637,91 \frac{kWh_e}{año}$.

Al igual que en los casos anteriores, se descarta la opción de cubrir toda la demanda con paneles fotovoltaicos y baterías ya que el análisis de esta configuración conduce a un precio de la electricidad muy elevado. Esto se traduce en el diseño de la instalación fotovoltaica de modo que se cubra una parte de la demanda sin utilizar baterías, ya que en las simulaciones nunca se produce carga y descarga de las mismas debido al aumento del precio de la energía, y se compre el resto de electricidad de la red.

Se persigue un valor de energía primaria total que debe ser utilizada en la vivienda de $40 \frac{kWh}{m^2 \times año}$. De esta manera, se podrá comparar correctamente los diferentes sistemas de climatización que se estudian.

En primer lugar se realiza el estudio de la fotovoltaica en el que se simulan diferentes potencias de la instalación para conocer la energía producida por el sistema y la que se debería comprar a red en cada caso. Por último, se calcula la energía primaria empleada en este

sistema empleando el factor de conversión de energía primaria a final para electricidad peninsular que es de $2,35 \frac{\text{Energía primaria}}{\text{Energía final}}$.

Tabla 73. Estudio del campo fotovoltaico para la vivienda NZEB con geotermia.

Geotermia+PV						
Potencia FV (kW)	Inversor (kW)	Energía producción FV (kWh/año)	Energía comprada a red (kWh/año)	Exceso electricidad (kWh/año)	Precio de la energía (euros/kWh)	Energía primaria empleada (kWh/año)
1	1	1417	3357	138	0,156	7888,95
1,5	2	2125	3067	556	0,168	7207,45
2	2	2833	2904	1101	0,173	6824,4
2,5	3	3541	2790	1696	0,191	6556,5
3	3	4250	2704	2318	0,199	6354,4
2,79	3	3952	2737	2054	0,196	6431,95
2,48	3	3513	2794	1672	0,191	6565,9
2,17	2	3074	2861	1299	0,186	6723,35
1,55	2	2196	3047	607	0,168	7160,45
1,86	2	2635	2943	942	0,171	6916,05
1,24	2	1757	3192	314	0,166	7501,2
0,93	1	1317	3419	100	0,157	8034,65

El sistema geotérmico empleado para satisfacer las necesidades de climatización de la vivienda permite también cubrir su demanda de ACS de manera renovable, por tanto no es necesario el uso de otro sistema para este fin. Además, como la geotermia asegura una total continuidad de suministro en cualquier momento a lo largo del año tampoco se requiere el uso de un sistema auxiliar, como la caldera de Gas Natural en las anteriores opciones.

Por tanto, teniendo en cuenta el SCOP de la bomba de calor geotérmica, la demanda energética para ACS y el factor de conversión indicado anteriormente se obtiene el valor de energía primaria que se consumirá para este fin que es de $1436 \frac{kWh}{año}$. Estos valores se recogen en la tabla siguiente.

Tabla 74. Consumo de energía primaria del sistema de ACS.

Demanda ACS (kWh/año)	Consumo eléctrico ACS (kWh/año)	Energía primaria (kWh/año)
2799	611	1436

Con todo lo anterior, se selecciona como potencia a instalar los 1,86 kW fotovoltaicos que corresponden a 6 paneles del modelo A-310P de la empresa ATERSA de manera que se consigue un consumo total de energía primaria en el edificio de $43,13 \frac{kWh}{m^2 \times año}$.

Tabla 75. Consumo de energía primaria total en el NZEB con geotermia.

Energía primaria total empleada en la vivienda	
En todo el edificio $\frac{kWh}{año}$	8352
Por metro cuadrado $\frac{kWh}{m^2 \times año}$	43,13

4.3.2 SISTEMAS DE LA VIVIENDA PASSIVHAUS

Al igual que para la vivienda NZEB, para satisfacer las necesidades energéticas del edificio se estudian tres sistemas distintos con la finalidad de encontrar el óptimo desde un punto de vista económico. Los sistemas que se consideran son los mismos que en el caso anterior:

- Bomba de calor aerotérmica para calefacción y refrigeración y paneles fotovoltaicos.
- Gas Natural para calefacción, bomba de calor aerotérmica para refrigeración y paneles fotovoltaicos.
- Geotermia y paneles fotovoltaicos.

El proceso de cálculo y diseño de los sistemas de este edificio se ha llevado a cabo siguiendo los mismos pasos que en el caso de la vivienda NZEB, obteniendo resultados diferentes debido a las diferencias entre las demandas de climatización. Así pues, en los siguientes apartados no se entra en tanto detalle en consideraciones teóricas puesto que se han presentado anteriormente.

Para poder realizar una comparación económica entre los tres sistemas que se estudiarán, se dimensionan de modo que el consumo de energía primaria total de la vivienda se sitúe entre 40 y 45 $\frac{kWh}{año}$.

Como sistema de distribución se utiliza suelo radiante para calefacción ya que su distribución vertical de temperaturas es la más parecida a la distribución ideal, y se emplean fancoils como sistema de distribución de refrigeración.

Sistema bomba de calor aerotérmica y fotovoltaica. Edificio Passivhaus

I. Sistema de climatización. Bomba de calor.

La primera opción estudiada es la de emplear una bomba de calor aerotérmica para satisfacer las demandas de calefacción y refrigeración de la vivienda.

Las potencias máximas de calefacción y de refrigeración a cubrir son para el caso de 9,37 kW y 12,8 kW respectivamente, por lo que se elige la bomba EREBA 12 H de la empresa CIAT cuyas características técnicas se muestran a continuación.

Tabla 76. Características técnicas de la bomba de calor EREBA 12 H.

EREBA 12H	
Régimen calefacción	
Potencia calorífica (kW)	11,9
SCOP	3,19
Régimen refrigeración	
Potencia frigorífica (kW)	13,54
SEER	4,22

II. Sistema de generación. Fotovoltaica.

Con los valores de SCOP y SEER indicados en la Tabla 76 y las demandas energéticas de climatización hallados en HULC las demandas eléctricas del edificio son de $454,14 \frac{kWh_e}{año}$ para refrigeración y $876,66 \frac{kWh_e}{año}$ para el periodo de calefacción.

Añadiendo el resto de consumos existentes en la vivienda que se especifican en el apartado "Consumos del edificio" y que quedan definidos en la siguiente tabla, la demanda de electricidad total de la vivienda empleando este sistema de climatización asciende a $4804,29 \frac{kWh_e}{año}$.

Tabla 77. Consumos eléctricos de la vivienda Passivhaus con aerotermia.

CONSUMOS ELÉCTRICOS				
	Iluminación	Electrodomésticos	Recuperador de calor	Climatización
Demanda eléctrica anual (kWh/año)	595	2248,5	630	1330,79

Como se justifica en los casos del edificio NZEB el diseño de la instalación fotovoltaica se basa en el criterio de cubrir una parte de la demanda sin utilizar baterías y se establece un valor de energía primaria total utilizada en la vivienda alrededor del rango $40-45 \frac{kWh}{m^2 \times año}$.

En la siguiente tabla se muestran las diferentes potencias que podría tener la instalación fotovoltaica calculándose también la energía primaria empleada en este sistema.

Tabla 78. Estudio del campo fotovoltaico para la vivienda Passivhaus con aerotermia.

Aerotermia+PV						
Potencia FV (kW)	Inversor (kW)	Energía producción FV (kWh/año)	Energía comprada a red (kWh/año)	Exceso electricidad (kWh/año)	Precio de la energía (euros/kWh)	Energía primaria empleada (kWh/año)
1	1	1417	3518	131	0,156	8268
1,5	2	2125	3220	541	0,167	7567,7
2	2	2833	3053	1082	0,172	7175,3
2,5	3	3541	2937	1674	0,19	6902,7
3	3	4250	2848	2294	0,198	6693,5
2,48	3	3513	2941	1650	0,19	6912,1
2,79	3	3952	2883	2031	0,194	6775,8
2,17	3	3074	3009	1279	0,185	7071,9

El otro consumo de energía que tiene la vivienda es el de la caldera auxiliar de ACS, que trabaja con Gas Natural, y supone un consumo anual de 807 kWh.

Tabla 79. Consumo de energía primaria del sistema de ACS.

ACS			
Demanda ACS (kWh/año)	Aporte solar (kWh/año)	Consumo auxiliar (kWh/año)	Energía primaria empleada (kWh/año)
2799	1986	807	863,49

Finalmente, se selecciona como potencia a instalar los 2,17 kW fotovoltaicos que corresponden a 7 paneles del modelo A-310P de la empresa ATERSA de manera que se consigue un consumo total de energía primaria en el edificio de $40,97 \frac{kWh}{m^2 \times año}$.

Tabla 80. Consumo de energía primaria total en la vivienda Passivhaus con aerotermia.

Energía primaria total empleada en la vivienda	
En todo el edificio $\frac{kWh}{año}$	7935,3
Por metro cuadrado $\frac{kWh}{m^2 \times año}$	40,97

Sistema caldera Gas Natural con bomba de calor aerotérmica y fotovoltaica. Edificio Passivhaus

- I. Sistema de climatización. Caldera de Gas Natural y bomba de calor.

Como segunda opción se evalúa la posibilidad de implantar un sistema con caldera de Gas Natural para cubrir las necesidades de calefacción y bomba de calor para proporcionar refrigeración.

La potencia máxima de calefacción es de 9,37 kW por lo que se selecciona la caldera THEMA Condens 25 de la empresa Saunier Duval, cuyas características se resumen en la tabla siguiente.

Tabla 81. Características técnicas de la caldera THEMA Condens 25.

THEMA Condens 25	
Calefacción	
Potencia útil (kW)	5,4-19,6
Rendimiento	106,2
ACS	
Potencia útil (kW)	5,1-25,5

Al igual que en el sistema anterior, la bomba de calor seleccionada es la EREBA 12 H de la empresa CIAT. Sus características técnicas se muestran a continuación.

Tabla 82. Características técnicas de la bomba de calor EREBA 12 H.

EREBA 12H	
Régimen refrigeración	
Potencia frigorífica (kW)	13,54
SEER	4,22

II. Sistema de generación. Fotovoltaica.

La demanda eléctrica asociada a climatización está definida por el valor SEER de la bomba de calor y la demanda energética de refrigeración. Resulta ser $454,14 \frac{kWh_e}{año}$.

Teniendo en cuenta el resto de consumos de la vivienda, la demanda de electricidad total de la vivienda empleando este sistema de climatización asciende a $3927,64 \frac{kWh_e}{año}$.

Tabla 83. Consumos eléctricos de la vivienda Passivhaus con caldera y aerotermia.

CONSUMOS ELÉCTRICOS				
	Iluminación	Electrodomésticos	Recuperador de calor	Climatización
Demanda eléctrica anual (kWh/año)	595	2248,5	630	454,14

Las potencias de la instalación fotovoltaica sin baterías que se han estudiado para conseguir cubrir parte de la demanda obteniendo un valor de energía primaria total utilizada en la vivienda de $40-45 \frac{kWh}{m^2 \times año}$ se muestran en la Tabla 84.

Tabla 84. Estudio del campo fotovoltaico para la vivienda Passivhaus con caldera y aerotermia.

Aerotermia+PV						
Potencia FV (kW)	Inversor (kW)	Energía producción FV (kWh/año)	Energía comprada a red (kWh/año)	Exceso electricidad (kWh/año)	Precio de la energía (euros/kWh)	Energía primaria empleada kWh/año)
1	1	1417	2725	214	0,158	6402,9
1,5	2	2125	2501	698	0,173	5876,5
2	2	2833	2369	1274	0,181	5566,3
2,5	3	3541	2276	1889	0,203	5347,8
3	3	4250	2206	2528	0,213	5183,3
2,48	3	3513	2279	1864	0,202	5354,8
2,79	3	3952	2233	2257	0,208	5246,7
6,2	7	8783	1944	6799	0,335	4567,6
9,3	10	13174	1811	11057	0,448	4255

Sin embargo, como en el caso anterior, se emplea también Gas Natural en la caldera para cubrir el consumo auxiliar de ACS y la demanda de calefacción, resultando los siguientes consumos de energía primaria.

Tabla 85. Consumo de energía primaria del sistema de ACS.

ACS			
Demanda ACS (kWh/año)	Aporte solar (kWh/año)	Consumo auxiliar (kWh/año)	Energía primaria empleada (kWh/año)
2799	1986	807	863,49

Tabla 86. Consumo de energía primaria de la caldera de GN.

Calefacción - Caldera GN				
Demanda calefacción	Rendimiento caldera	Consumo GN (kWh/año)	Factor conversión	Energía primaria empleada (kWh/año)
2796,55	1,062	2633,29	1,07	2817,62

Como se ha observado en el apartado X, la demanda de calefacción del edificio se ha visto reducida sustancialmente frente a la primera vivienda, por lo que el consumo de Gas Natural también sufre el mismo efecto.

Se necesita instalar 30 paneles fotovoltaicos del modelo A-310P de la empresa ATERSA, lo que significa una potencia de 9,3 kW fotovoltaicos, para conseguir un consumo total de energía primaria en el edificio de $40,98 \frac{kWh}{m^2 \times año}$.

Tabla 87. Consumo de energía primaria total en la vivienda Passivhaus con caldera y aerotermia.

Energía primaria total empleada en la vivienda	
En todo el edificio $\frac{kWh}{año}$	7936,1
Por metro cuadrado $\frac{kWh}{m^2 \times año}$	40,98

Sistema geotérmico y fotovoltaico. Edificio Passivhaus

I. Sistema de climatización. Geotermia.

En último lugar se estudia emplear una bomba de calor geotérmica para satisfacer las demandas de calefacción y refrigeración de la vivienda, así como la de ACS.

Siendo las potencias máximas de calefacción y de refrigeración a cubrir de 9,37 kW y 12,8 kW respectivamente, por lo que se elige la bomba AGEO 50H de la empresa CIAT. Sus características técnicas se muestran a continuación.

Tabla 88. Características técnicas de la bomba de calor AGEO 50 H.

AGEO 50H	
Régimen calefacción	
Potencia calorífica (kW)	15,9
COP	5,7
Régimen refrigeración	
Potencia frigorífica (kW)	13,1
EER	4,7

A continuación, sabiendo que se va a diseñar un sistema geotérmico vertical y tras conocer la conductividad térmica del terreno (λ) de y la capacidad calorífica del terreno (C_p), y las condiciones ambientales de San Sebastián de los Reyes, se calcula la longitud necesaria de intercambiador enterrado para hacer frente a la carga térmica del edificio.

Finalmente, de los resultados obtenidos con el software GEO2 se necesita una longitud de 105 metros, que se repartirán en 3 pozos con intercambiador vertical de simple U de 35 metros cada uno y una separación entre pozos de 5 metros, y se obtiene un SCOP=4,58 y un SEER=6,27 para el funcionamiento de todo el sistema.

Todos los datos y cálculos del sistema geotérmico, así como el informe de resultados obtenido del programa Geo2 se detallan en el Anexo I. "Cálculo de sistemas".

II. Sistema de generación. Fotovoltaica.

Con la demanda energética de calefacción y refrigeración, que son inherentes a la vivienda y a sus características constructivas, y los valores de COP y EER de la bomba obtenidos en con el software Geo2, se obtiene que el consumo eléctrico para mantener las condiciones de confort en términos de climatización en el edificio es de $916,26 \frac{kWh_e}{año}$.

Teniendo en cuenta el resto de consumos existentes en la vivienda que se muestran en la siguiente tabla se obtiene la demanda de electricidad total de la vivienda que se cifra en $4389,75 \frac{kWh_e}{año}$.

Tabla 89. Consumos eléctricos de la vivienda Passivhaus con geotermia.

CONSUMOS ELÉCTRICOS				
	Iluminación	Electrodomésticos	Recuperador de calor	Climatización
Demanda eléctrica anual (kWh/año)	595	2248,5	630	916,26

Como se justifica en los casos del edificio NZEB el diseño de la instalación fotovoltaica se basa en el criterio de cubrir una parte de la demanda sin utilizar baterías y se establece un valor aproximado de energía primaria total utilizada en la vivienda de entre 40 y $45 \frac{kWh}{m^2 \times año}$.

En la siguiente tabla se muestran las diferentes potencias que podría tener la instalación fotovoltaica calculándose también la energía primaria empleada en este sistema.

Tabla 90. Estudio del campo fotovoltaico para la vivienda Passivhaus con geotermia.

Aerotermia+PV						
Potencia FV (kW)	Inversor (kW)	Energía producción FV (kWh/año)	Energía comprada a red (kWh/año)	Exceso electricidad (kWh/año)	Precio de la energía (euros/kWh)	Energía primaria empleada (kWh/año)
1	1	1417	3135	164	0,157	7367,25
1,5	2	2125	2871	609	0,17	6746,85
2	2	2833	2721	1167	0,176	6394,35
2,5	3	3541	2615	1770	0,195	6145,25
3	3	4250	2535	2398	0,204	5957,25
2,79	3	3952	2567	2132	0,2	6032,45
2,48	3	3513	2619	1755	0,195	6154,65
1,55	2	2196	2853	661	0,17	6704,55
1,24	2	1757	2985	354	0,168	7014,75
0,93	1	1317	3191	121	0,157	7498,85
0,62	1	878	3523	14	0,163	8279,05

El sistema geotérmico empleado para satisfacer las necesidades de climatización de la vivienda permite también cubrir su demanda de ACS de manera renovable, por tanto no es necesario el uso de otro sistema para este fin. Además, como la geotermia asegura una total continuidad de suministro en cualquier momento a lo largo del año tampoco es necesario el uso de un sistema auxiliar, como la caldera de Gas Natural en las anteriores opciones.

Por tanto, teniendo en cuenta el SCOP de la bomba de calor geotérmica, la demanda energética para ACS y el factor de conversión indicado anteriormente se obtiene el valor de energía primaria que se consumirá para este fin que es de $1436 \frac{kWh}{año}$. Estos valores se recogen en la tabla siguiente.

Tabla 91. Consumo de energía primaria del sistema de ACS.

Demanda ACS (kWh/año)	Consumo eléctrico ACS (kWh/año)	Energía primaria (kWh/año)
2799	611	1436

Con todo lo anterior, se selecciona como potencia a instalar los 1,24 kW fotovoltaicos que corresponden a 4 paneles del modelo A-310P de la empresa ATERSA de manera que se consigue un consumo total de energía primaria en el edificio de $43,6 \frac{kWh}{m^2 \times año}$.

Tabla 92. Consumo de energía primaria total en la vivienda Passivhaus con geotermia.

Energía primaria total empleada en la vivienda	
En todo el edificio $\frac{kWh}{año}$	8450,75
Por metro cuadrado $\frac{kWh}{m^2 \times año}$	43,6

4.4. VIABILIDAD DE LOS SISTEMAS

Una vez se han diseñado los posibles sistemas a implementar en el edificio con el fin de cubrir su demanda de energía, es necesario realizar un estudio de viabilidad para conocer si es posible utilizarlas en la vivienda o, por el contrario, no se pueden aplicar debido, por ejemplo, a restricciones de espacio en la edificación.

En primer lugar se analiza la cantidad de paneles que pueden instalarse sobre el tejado de la vivienda que, como puede verse en el Anexo X Planos, es un tejado plano con una superficie de 103,71 m² y cercado por una barandilla de 0,7 metros de altura.

Con las características físicas de los paneles solares a instalar (1955x995x50 mm) se halla la distancia que debe haber entre paneles para que las pérdidas por sombra no excedan los límites permitidos, cálculo que se encuentra en el Anexo X Cálculos, y junto con la información de la cubierta se conoce la cantidad máxima de paneles que se pueden instalar en el tejado cumpliendo con la distancia calculada. Para este caso, el valor máximo de paneles solares que pueden ser situados es de 15.

Por consiguiente, las dos opciones en las que se usa el sistema formado por caldera de Gas Natural con bomba de calor aerotérmica y fotovoltaica quedan descartadas ya que requieren el uso de un número de paneles mayor a 15 y resulta inviable su instalación en la vivienda.

En segundo lugar debe ser estudiado el espacio disponible en la parcela del edificio para realizar los sondeos geotérmicos en los casos de los sistemas que emplean esta tecnología.

La vivienda dispone de un jardín o zona exterior de 71,23 m² útiles que posibilitan la realización de las perforaciones para los tres pozos geotérmicos que serían necesarios para el sistema compuesto por geotermia y fotovoltaica de los dos tipos de vivienda con una separación entre ellos de 5 metros.

Con todo esto se concluye que los sistemas formados por caldera de Gas Natural con bomba de calor aerotérmica y fotovoltaica de la vivienda NZEB y Passivhaus quedan descartados por ser inviable su instalación en el espacio del que dispone el edificio.

Los sistemas restantes correspondientes a ambos tipos de vivienda siguen siendo viables pese a estas restricciones de espacio por lo que sus resultados se analizarán y compararán con detalle en el próximo capítulo.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

En este capítulo se muestran y analizan los resultados obtenidos para cada uno de los sistemas de generación que han resultado viables en cada una de las viviendas diseñadas desde dos puntos de vista diferenciados, energético y económico. En el primero se va a examinar el consumo de energía primaria del edificio, se estudiará que fracción de energía renovable se emplea para cubrir la demanda de climatización, de iluminación y aparatos, y por último se recogerán aquellos resultados que permiten catalogar las viviendas como NZEB y Passivhaus.

Desde un objetivo económico se pretende concluir que conjunto de vivienda y sistemas resulta más óptimo, y si es mejor opción invertir en la envolvente del edificio para reducir la demanda energética como en el caso Passivhaus o cubrir esta mayor demanda con energías renovables.

5.1. ESTUDIO ENERGÉTICO

5.1.1 ESTUDIO DEL CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA

I. Edificio de consumo de energía casi nulo

Como se ha explicado en el Capítulo 2 “Normativa sobre eficiencia energética” del presente trabajo, el indicador numérico de uso de energía primaria que propone la directiva europea como parámetro para discernir si un edificio puede o no ser definido como NZEB solo tiene en cuenta el uso de energía para calefacción, refrigeración, ventilación, agua caliente sanitaria e iluminación.

Así pues para la NZEB con sistema de bomba de calor aerotérmica y fotovoltaica, y ACS con solar térmica se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 93. Energía primaria empleada en el NZEB con aerotermia.

NZEB Bomba de calor aerotérmica		
Consumo eléctrico sin aparatos (kWh/año)	Energía comprada a red (kWh/año)	Energía primaria empleada (kWh/año)
2911,35	904,35	2125,22

Tabla 94. Energía primaria empleada para ACS en el NZEB con aerotermia.

ACS			
Demanda ACS (kWh/año)	Aporte solar (kWh/año)	Consumo auxiliar GN (kWh/año)	Energía primaria empleada (kWh/año)
2799	1986	807	863,49

Tabla 95. Energía primaria total empleada en el NZEB con aerotermia.

Energía primaria total (kWh/año)	2988,71
Energía primaria total por unidad de superficie (kWh/ m ² año)	15,43

Como puede observarse en los resultados de las tablas anteriores, considerando la energía eléctrica que se compra a red, ya que el resto es autogenerada en la instalación fotovoltaica, y el consumo de Gas Natural del sistema de apoyo de ACS y sus factores de conversión a energía primaria, 2,35 y 1,07 respectivamente, se obtiene un consumo de energía primaria en el edificio de $15,43 \frac{kWh}{m^2 \times año}$.

Y con respecto a la vivienda NZEB con sistema de bomba de calor geotérmica y fotovoltaica, el consumo de energía primaria resultante queda como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 96. Energía primaria empleada en el NZEB con geotermia.

NZEB Bomba de calor geotérmica		
Consumo eléctrico (kWh/año)	Energía comprada (kWh/año)	Energía primaria empleada (kWh/año)
2389,41	696,41	1636,56

Tabla 97. Energía primaria empleada para ACS en el NZEB con geotermia.

ACS		
Demanda ACS (kWh/año)	Energía comprada (kWh/año)	Energía primaria empleada (kWh/año)
2799	611	1436

Tabla 98. Energía primaria total empleada en el NZEB con geotermia.

Energía primaria total (kWh/año)	3072,56
Energía primaria total por unidad de superficie (kWh/ m2 año)	15,86

Teniendo en cuenta que en este sistema la demanda de ACS se cubre con geotermia, el consumo de energía primaria en el edificio es de $15,86 \frac{kWh}{m^2 \times año}$.

Además, como se explica en la normativa, hay estudios que demuestran que ampliando el alcance del indicador numérico añadiendo usos energéticos no obligatorios, como la energía utilizada en los aparatos, se pueden obtener soluciones “más óptimas” para las viviendas NZEB. Por esto el diseño de los sistemas del edificio se ha llevado a cabo considerando todos los consumos de la vivienda y los resultados han quedado reflejados en el Capítulo 4, apartado 3 de este trabajo.

II. Edificio Passivhaus

A diferencia de los edificios NZEB, en el estándar Passivhaus el indicador numérico de uso de energía primaria hace referencia al consumo total, es decir considerando también la energía empleada por los aparatos del inmueble.

Como el diseño de los sistemas se ha realizado considerando todos los consumos de la vivienda, los resultados de uso de energía primaria queda recogido en el apartado 3 del

Capítulo 4, siendo $40,97 \frac{kWh}{m^2 \times año}$ para el sistema bomba de calor aerotérmica y $43,6 \frac{kWh}{m^2 \times año}$ para el sistema geotérmico.

Pese a esto, se ha calculado también este indicador sin tener en cuenta los consumos de aparatos para poder comparar los resultados obtenidos entre ambos tipos de edificios.

Para el sistema bomba de calor aerotérmica y paneles fotovoltaicos se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 99. Energía primaria empleada en el Passivhaus con aerotermia.

Passivhaus Bomba de calor aerotermia		
Consumo eléctrico (kWh/año)	Energía comprada (kWh/año)	Energía primaria empleada (kWh/año)
2555,79	760,79	1787,86

Tabla 100. Energía primaria empleada para ACS en el Passivhaus con aerotermia.

ACS			
Demanda ACS (kWh/año)	Aporte solar (kWh/año)	Consumo auxiliar (kWh/año)	Energía primaria empleada (kWh/año)
2799	1986	807	863,49

Tabla 101. Energía primaria total empleada en el Passivhaus con aerotermia.

Energía primaria total (kWh/año)	2651,35
Energía primaria total por unidad de superficie (kWh/ m2 año)	13,69

Por otro lado, para el sistema con bomba de calor geotérmica y paneles fotovoltaicos se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 102. Energía primaria empleada en el Passivhaus con geotermia.

Passivhaus Bomba de calor geotermia		
Consumo eléctrico (kWh/año)	Energía comprada (kWh/año)	Energía primaria empleada (kWh/año)
2141,26	738,26	1734,91

Tabla 103. Energía primaria empleada para ACS en el Passivhaus con geotermia.

ACS		
Demanda ACS (kWh/año)	Energía comprada (kWh/año)	Energía primaria empleada (kWh/año)
2799	611	1436

Tabla 104. Energía primaria total empleada en el Passivhaus con geotermia.

Energía primaria total (kWh/año)	3170,91
Energía primaria total por unidad de superficie (kWh/ m2 año)	16,37

Cabe destacar que el hecho de que estos consumos sean superiores en los casos en los que se emplea bomba de calor geotérmica se debe a que ésta se emplea también para cubrir la demanda de ACS, mientras que con la bomba aerotérmica no.

Visto desde el punto de vista del diseño de los sistemas, es decir, persiguiendo que el indicador de consumo de energía primaria teniendo en cuenta consumo de aparatos se encuentre entre 40 y $45 \frac{kWh}{m^2 \times año}$, se obtiene que con la cantidad de paneles fotovoltaicos empleados en cada escenario, el consumo de los sistemas geotérmicos se encuentran en la parte superior de este rango mientras que los aerotérmicos en la inferior.

Empleando un panel fotovoltaico más en los escenarios en los que se emplea la bomba de calor geotérmica se reducen estos consumos hasta los $38 \frac{kWh}{m^2 \times año}$, por lo que de este modo el indicador quedaría por debajo del indicador de consumo con aerotermia. Sin embargo esta opción no se contempla en el diseño final de los sistemas ya que el resultado obtenido se encuentra fuera del rango establecido como condición de diseño.

En la siguiente figura se sintetizan los resultados obtenidos en el cálculo del indicador de consumo de energía primaria de origen no renovable.

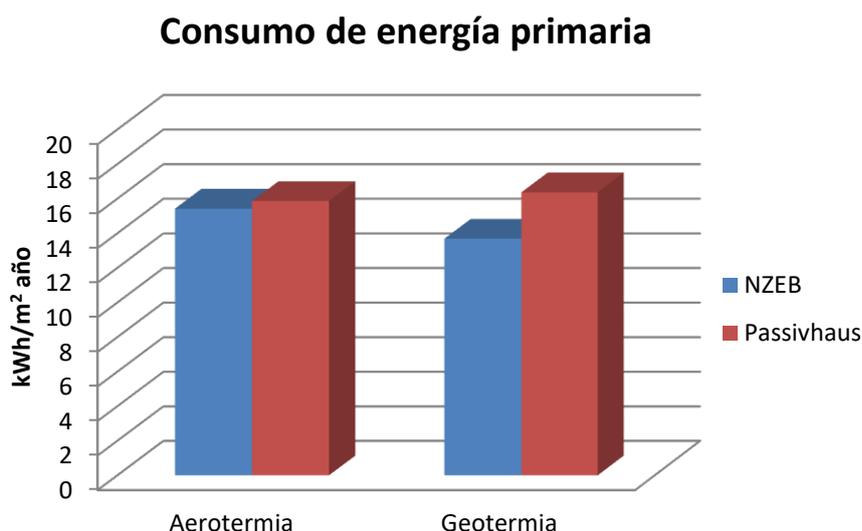


Figura 15. Comparativa del consumo total de energía primaria entre los cuatro escenarios estudiados.

5.1.2 ESTUDIO DE LA FRACCIÓN RENOVABLE UTILIZADA PARA CUBRIR DEMANDAS

En este apartado se pretende calcular cual es la contribución de las energías renovables a la hora de cubrir las demandas energéticas de la vivienda. Se va a dividir en dos partes; en la primera se obtendrá la fracción renovable empleada para cubrir la demanda de climatización, es decir, la cantidad de energía procedente de las bombas de calor. En el segundo se obtendrá la fracción renovable sobre el consumo de electricidad.

I. Energía procedente de las bombas de calor

En el anexo VII de la Directiva 2009/28/CE se establece la metodología a emplear para el cálculo de la cantidad de energía térmica procedente de las bombas de calor que pueda ser considerada energía renovable. Este método es aplicable tanto a energía aerotérmica como geotérmica o hidrotérmica y propone emplear la siguiente fórmula, aunque cabe destacar que actualmente solo considera renovable esta energía para las bombas de calor en modo calefacción.

$$E_{renovable} = Q \times \left(1 - \frac{1}{SPF}\right) \quad (9)$$

donde:

SPF es el factor de rendimiento medio estacionario de la bomba de calor,

Q es el calor a suministrar por la bomba de calor,

Y $E_{renovable}$ es la energía renovable que suministra la bomba de calor.

En primer lugar se realiza el cálculo para los sistemas de la vivienda NZEB. Para el cálculo de geotermia no se tendrá en cuenta la demanda de ACS, siendo así comparables los resultados de ambos casos.

Tabla 105. Fracción de energía renovable para calefacción empleada en el NZEB con aerotermia.

NZEB. Bomba de calor aerotérmica			
Demanda calefacción (kWh/año)	SPF	Contribución renovable (kWh/año)	% Renovable calefacción
4000,22	3,19	2746,23	68%

Tabla 106. Fracción de energía renovable para calefacción empleada en el NZEB con geotermia.

NZEB. Bomba de calor geotérmica			
Demanda calefacción (kWh/año)	SPF	Contribución renovable (kWh/año)	% Renovable calefacción
4000,22	4,58	3126,8	78%

Si ahora se considera también la demanda de refrigeración, es decir, calculando la fracción renovable como la contribución renovable indicada en las tablas entre la demanda total de climatización, se obtiene un 47% para aerotermia y 53% para la bomba de calor geotérmica.

En cuanto a la vivienda diseñada como Passivhaus los resultados para la demanda de calefacción son los que siguen.

Tabla 107. Fracción de energía renovable para calefacción empleada en el Passivhaus con aerotermia.

Passivhaus. Bomba de calor aerotérmica			
Demanda calefacción (kWh/año)	SPF	Contribución renovable (kWh/año)	% Renovable calefacción
2796,55	3,19	1919,88	68%

Tabla 106. Fracción de energía renovable para calefacción empleada en el Passivhaus con geotermia.

Passivhaus. Bomba de calor geotérmica			
Demanda calefacción (kWh/año)	SPF	Contribución renovable (kWh/año)	% Renovable calefacción
2796,55	4,58	2185,95	78%

Considerando también la demanda de refrigeración, la fracción renovable para climatización será de 41% para aerotermia y 47% para la bomba de calor geotérmica. Este descenso se explica por el hecho de que la demanda de calefacción se ve ampliamente reducida en esta vivienda frente a la NZEB mientras que la de refrigeración aumenta, y de esta manera el porcentaje cubierto por renovable es menor al considerar toda la demanda de climatización.

Finalmente la fracción de energía renovable empleada en cada vivienda y tipo de tecnología queda como se resume en la siguiente tabla:

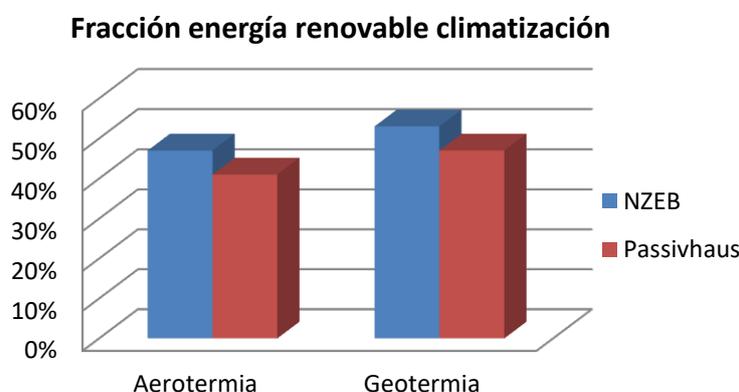


Figura 16. Comparativa de la fracción de energía renovable para climatización entre los cuatro escenarios estudiados.

Por otra parte, se puede comprobar que el porcentaje de la contribución de renovables para calefacción no varía entre viviendas considerando el mismo sistema ya que se emplean las mismas bombas de calor y tienen rendimientos similares en las dos viviendas.

II. Energía renovable para cubrir consumo eléctrico

En este punto se analiza que cantidad de energía eléctrica total consumida en la vivienda es energía de origen renovable, es decir, ha sido autogenerada en la instalación fotovoltaica con la que están equipados ambos edificios. Empezando por la vivienda NZEB se obtienen los siguientes datos.

Tabla 107. Fracción de energía renovable del consumo eléctrico del NZEB con aerotermia.

NZEB Bomba de calor aerotérmica		
Consumo eléctrico (kWh/año)	Energía renovable consumida (kWh/año)	% Renovable
5159,85	2007	39%

Tabla 108. Fracción de energía renovable del consumo eléctrico del NZEB con geotermia.

NZEB Bomba de calor geotérmica		
Consumo eléctrico (kWh/año)	Energía renovable consumida (kWh/año)	% Renovable
5248,91	1693	32%

Los resultados obtenidos para la vivienda Passivhaus se muestran a continuación.

Tabla 109. Fracción de energía renovable del consumo eléctrico del Passivhaus con aerotermia.

Passivhaus Bomba de calor aerotérmica		
Consumo eléctrico (kWh/año)	Energía renovable consumida (kWh/año)	% Renovable
4804,29	1795	37%

Tabla 110. Fracción de energía renovable del consumo eléctrico del Passivhaus con geotermia.

Passivhaus Bomba de calor geotérmica		
Consumo eléctrico (kWh/año)	Energía renovable consumida (kWh/año)	% Renovable
5000,75	1403	28%

En la siguiente tabla se esquematizan los resultados obtenidos en las tablas anteriores, es decir, el porcentaje de energía renovable empleado para cubrir los consumos eléctricos de las viviendas.

Fracción energía renovable electricidad

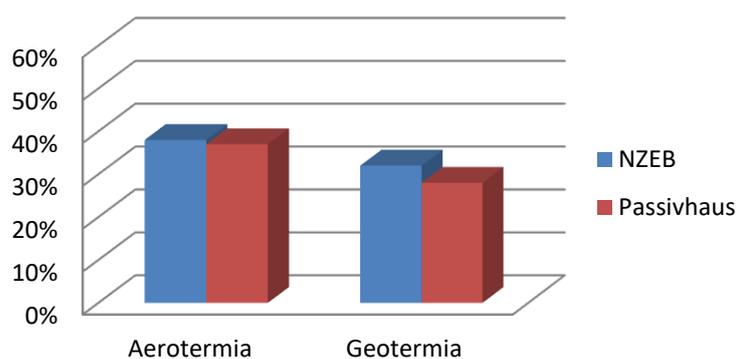


Figura 17. Comparativa de la fracción de energía renovable del consumo eléctrico entre los cuatro escenarios estudiados.

Cabe destacar en este punto que el consumo eléctrico en los sistemas aerotérmicos es menor que en los geotérmicos ya que con los segundos se suministra también ACS y por tanto existe un consumo extra de electricidad no contemplado en el caso de bomba de calor aerotérmica.

5.1.3 RESULTADOS FINALES Y CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DEFINIDA

En este punto se van a recopilar aquellos parámetros y resultados que caracterizan cada vivienda y sus sistemas de generación de energía para poder compararlos con los valores establecidos en la normativa y discernir si las viviendas cumplen o no con los requisitos NZEB y Passivhaus. Estos valores máximos se han explicado con detenimiento en el Capítulo 2 “Normativa sobre eficiencia energética” y quedan reflejados también en las siguientes tablas.

Además, en estos resultados se incluye la clasificación de certificación energética de cada vivienda que se ha obtenido con el software HULC. Los informes de certificación energética obtenidos se encuentran en el ANEXO II, “Resultados HULC”.

Así pues, en la siguiente tabla se resumen los resultados obtenidos con los dos sistemas de la vivienda NZEB. Como puede verse, ambos casos cumplen con la normativa establecida para poder calificar las viviendas como edificios de consumo de energía casi nulo. Las demandas de climatización y el consumo de energía primaria se encuentran por debajo de los límites fijados por normativa y además, la categoría obtenida en la certificación es clase A, último requisito necesario para probar que son NZEB.

Tabla 111. Resultados obtenidos en los dos escenarios planteados para la vivienda NZEB.

	NZEB		
	Aerotermia	Geotermia	Límite normativa
Demanda calef (kWh/m ² año)	20,66		37,33
Demanda ref (kWh/m ² año)	9,42		15
Consumo energía primaria sin aparatos (kWh/m ² año)	15,43	15,86	30-40
Clase eficiencia energética	A		A

En último lugar se realiza la misma comprobación para la vivienda Passivhaus, pero esta vez teniendo en cuenta que se deben considerar el consumo de energía primaria total y las renovaciones hora del edificio. Se concluye en este caso que las viviendas diseñadas cumplen los límites que marca el estándar Passivhaus.

Tabla 112. Resultados obtenidos en los dos escenarios planteados para la vivienda Passivhaus.

	PASSIVHAUS		
	Aerotermia	Geotermia	Límite Estándar
Demanda calef (kWh/m ² año)	14,44		15
Demanda ref (kWh/m ² año)	9,9		15
Consumo energía primaria total (kWh/m ² año)	40,97	43,6	120
Renovaciones/hora	0,091		0,6

Sobre esta última tabla cabe destacar que el valor de renovaciones por hora tomado es el resultante al emplear el recuperador entálpico, pero incluso sin tenerlo en cuenta, la ventilación del edificio era de 0,57 renovaciones/hora, aún por debajo del límite.

5.2. ESTUDIO ECONÓMICO

5.2.1 SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA DESDE UN PUNTO DE VISTA ECONÓMICO

En este apartado se persigue estudiar económicamente los cuatro casos de vivienda más sistemas de generación que han resultado viables técnicamente y que se han detallado en el apartado 3 “Sistemas del edificio” del Capítulo 4. Finalmente, en base a los resultados obtenidos se seleccionará la vivienda más óptima según esta perspectiva económica.

Como ya se ha explicado anteriormente, los sistemas de generación energética de los 4 escenarios se han calculado de manera que todos ellos tengan un consumo de energía primaria total situada entre 40 y 45 $\frac{kWh}{m^2 \times año}$ y de este modo poder compararlos sin tener en cuenta el consumo de energía anual de cada vivienda.

Así pues, se presentan en primer lugar el coste total de los sistemas comprendidos en cada uno de los escenarios, esto es, sistema fotovoltaico, geotérmico o aerotérmico, de agua caliente sanitaria, recuperador entálpico, suelo radiante y fancoils. El desglose de cada uno de estos sistemas y los componentes que los forman se encuentra en el documento “Presupuestos” del presente trabajo.

Tabla 113. Costes de los sistemas energéticos.

	Coste sistemas
NZEB. Bomba de calor aerotérmica	23.012 €
NZEB. Bomba de calor geotérmica	23.887 €
Passivhaus. Bomba de calor aerotérmica	21.884 €
Passivhaus. Bomba de calor geotérmica	22.160 €

Sin embargo, para realizar una correcta comparación entre los escenarios es necesario tener en cuenta el coste asociado a la construcción de cada una de las viviendas. En este caso las dos viviendas definidas poseen los mismos elementos constructivos y solo difieren en el espesor de aislamiento de los cerramientos “muro exterior” y “cubierta”, siendo por tanto este sobrecoste en aislamiento de la vivienda Passivhaus el único aspecto económico perteneciente al proceso constructivo considerado para el cálculo.

Para la obtención de este sobrecoste se han tenido en cuenta la superficie del edificio que tienen las composiciones mencionadas arriba, muro exterior y cubierta, el espesor de aislamiento aplicado en cada vivienda y el precio del poliestireno expandido y la lana mineral empleada en cada aislamiento. Con ello se obtienen los valores que se muestran en la Tabla 114.

Tabla 114. Costes del aislamiento de muros exteriores y cubierta.

	Coste aislamiento cubierta y muro exterior
Vivienda NZEB	6.160,44 €
Vivienda Passivhaus	11.924,10 €
SOBRECOSTE	5.763,66 €

Aplicando ahora este sobrecoste a los costes de los sistemas de la vivienda Passivhaus se obtendrían los costes reales a considerar a la hora de comparar escenarios. Quedan por tanto como se muestra a continuación.

Tabla 115. Costes de cada escenario considerando el sobrecoste del aislamiento.

	Coste con el aumento de aislamiento
NZEB. Bomba de calor aerotérmica	23.012 €
NZEB. Bomba de calor geotérmica	23.887 €
Passivhaus. Bomba de calor aerotérmica	27.647 €
Passivhaus. Bomba de calor geotérmica	27.923 €

Por tanto, con todo lo anterior se puede llegar a la conclusión de que la mejor opción desde un punto de vista económico es la primera, es decir, la vivienda NZEB con sistema de climatización bomba de calor aerotérmica, sistema fotovoltaico para producción de electricidad y solar térmica más caldera de Gas Natural de apoyo para ACS.

5.2.2 ESTUDIO VIABILIDAD DE CONVERTIR UNA VIVIENDA NZEB EN PASSIVHAUS

El último objetivo que se persigue en este trabajo es el de valorar si es rentable invertir en mejorar la envolvente del edificio hasta alcanzar cotas de demanda propias del edificio Passivhaus o, por el contrario, es mejor opción cubrir la demanda algo superior de la vivienda NZEB con energía renovable.

Con este objetivo se ha realizado el estudio del periodo de retorno de la inversión entre las dos viviendas empleando el mismo tipo de sistemas de generación. Para ello se emplean los costes de inversión inicial total de cada escenario, en el que se contabilizan sistemas de generación energética y aislamiento de muros exteriores y cubiertas y cuyo cálculo se detalla en el documento "Presupuesto" de este trabajo, el ahorro en el consumo energético de las viviendas Passivhaus frente a las NZEB y el coste que supone este ahorro.

En la siguiente tabla se muestran los valores correspondientes a la vivienda NZEB y a la vivienda Passivhaus con sistema aerotérmico.

Tabla 116. Periodo de retorno de la inversión para convertir la vivienda con sistema aerotérmico en Passivhaus.

SISTEMA AEROTÉRMICO	
Inversión inicial NZEB	29.172,31 €
Inversión inicial Passivhaus	33.808,56 €
Ahorro en el consumo de energía en el Passivhaus (kWh/m ² año)	355,56
Coste de la energía ahorrada	60,45 €
Periodo de retorno (años)	76,70

El análisis para las viviendas que emplean sistema geotérmico se detalla en la Tabla 117.

Tabla 117. Periodo de retorno de la inversión para convertir la vivienda con sistema aerotérmico en Passivhaus.

SISTEMA GEOTÉRMICO	
Inversión inicial NZEB	30.048,06 €
Inversión inicial Passivhaus	34.084,31 €
Ahorro en el consumo de energía en el Passivhaus (kWh/m ² año)	248,16
Coste de la energía ahorrada	42,19 €
Periodo de retorno (años)	95,67

Como puede verse en los resultados de las tablas anteriores, se han obtenido periodos de retorno muy elevados por lo que, para las viviendas definidas en este trabajo, no sería rentable económicamente invertir en aumentar el aislamiento de los muros exteriores y cubierta de 14 y 17 centímetros a 30 y 30 centímetros respectivamente.

Estos resultados se explican por el hecho de que la vivienda NZEB definida a lo largo del presente proyecto ha sido diseñada de manera que su demanda energética de climatización resulta ser no muy superior a la de la vivienda Passivhaus diseñada.

Finalmente se debe considerar que el diseño de una vivienda pasiva no se basa en aplicar una serie de medidas sean cuales sean las características de las viviendas, sino que depende de parámetros como la localización, geometría, orientación y otros aspectos que hacen cada diseño único con el que se obtienen resultados característicos para el mismo. Por tanto, se puede concluir que la rentabilidad de invertir en mejorar la envolvente del edificio hasta alcanzar cotas de demanda propias de edificios Passivhaus dependerá de las características propias de cada vivienda, como son la localización, geometría, orientación y tipos de cerramientos empleados.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

A la luz de los resultados obtenidos en cada uno de los estudios realizados en el presente trabajo se ha llegado a una serie de conclusiones en materia de diseño pasivo de edificios y diseño de sistemas energéticos.

Con respecto al primer punto, el diseño de una vivienda que tenga un consumo de energía casi nulo, cabe destacar en primer lugar que si se trabaja en la zona climática D3 solo para cumplir con el Código Técnico de la Edificación va a ser necesario el uso de un recuperador entálpico en el sistema de ventilación para recuperar el contenido energético del caudal extraído de la vivienda.

Tras la instalación de este aparato y estando la orientación y definición de la vivienda fijados sin posibilidad de actuar sobre ellos, los parámetros constructivos que presentan mayor influencia sobre la demanda del edificio son los muros al exterior y la cubierta. Además se yergue como parámetro relevante el uso de marcos con la menor transmitancia térmica posible y vidrios con bajas transmitancias y factor solar elevado para maximizar la ganancia solar pasiva.

El cambio realizado en estos tres elementos supone el 99% de la reducción de la demanda de climatización conseguida por lo que estos se pueden considerar como puntos clave a la hora de diseñar la vivienda pasiva.

En cuanto a resultados, destacar que usando un recuperador entálpico muy eficiente y huecos con las características mencionadas, si se emplean los espesores típicos en la construcción actual española se obtienen valores muy inferiores al límite establecido en el CTE y que se sitúan cerca de los objetivos Passivhaus.

Por último, subrayar que para conseguir que la vivienda alcance cotas propias de una vivienda Passivhaus ha sido necesario duplicar estos espesores de muros exteriores y cubiertas.

En cuanto a los sistemas energéticos del edificio, se han estudiado tres configuraciones distintas para cada una de las dos viviendas. El sistema formado por caldera de Gas Natural para calefacción, bomba de calor aerotérmica para refrigeración y fotovoltaica para producción de electricidad queda descartado por la falta de viabilidad técnica, ya que requiere de un número de paneles mayor que el máximo fijado por restricciones de espacio. Además, si se dispone de una bomba de calor para refrigeración es lógico utilizarla también para calefacción.

Las configuraciones que si resultan viables son bomba de calor aerotérmica para climatización, fotovoltaica para producción de electricidad y solar térmica para producción de ACS, y bomba de calor geotérmica para climatización y ACS, y fotovoltaica para producción de electricidad.

Desde un punto de vista económico, los sistemas diseñados para cubrir la demanda energética de las viviendas Passivhaus tienen una inversión inicial menor que los de la NZEB debido a que las primeras presentan una menor demanda de climatización. Sin embargo estos costes no se ven disminuidos en gran medida ya que las demandas entre los edificios diseñados en este trabajo no presentan gran diferencia y, además, la demanda de refrigeración permanece casi igual en ambos casos y esta marca un límite a la hora de realizar la selección de equipos.

Sin embargo, se debe considerar el sobrecoste por aislamiento a la hora de construir la vivienda Passivhaus y esto conduce a la conclusión de que en el caso planteado en este trabajo, la mejor opción es construir una vivienda de energía de consumo casi nulo siguiendo la normativa de la Unión Europea.

Finalmente, se ha realizado un estudio para conocer si es rentable invertir en convertir la vivienda NZEB diseñada en este trabajo en la vivienda Passivhaus. Para ello se calcula el periodo de retorno de la inversión necesario para conseguir este cambio.

Como la demanda de climatización obtenida en la vivienda NZEB es ligeramente superior a la de la vivienda Passivhaus, se están comparando dos viviendas muy parecidas en términos de diseño y de comportamiento energético, por lo que tras realizar los cálculos se constata que para las viviendas planteadas no sería rentable económicamente invertir en aumentar el aislamiento de los muros exteriores y cubierta.

Es necesario destacar que conocer la viabilidad de esta transformación para cualquier otra vivienda dependerá de parámetros como la localización, geometría, orientación y otros aspectos que hacen que cada diseño pasivo obtenga unos resultados únicos.

En términos generales, diseñar la envolvente de una vivienda con el objetivo de reducir al máximo su demanda de climatización debe ser la principal y más importante medida de eficiencia energética.

CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. *“Directiva 2010/31/UE de eficiencia energética de los edificios”*, Diario Oficial de la Unión Europea, 2010.
- [2]. *“Código Técnico de la Edificación. Documento Básico Ahorro de Energía”*, Boletín Oficial del Estado del 12/09/2013 con corrección de errores del BOE del 08/11/2013.
- [3]. *“Recomendación (UE) 2016/1318 de la Comisión Europea”*, Diario Oficial de la Unión Europea, 2016.
- [4]. Delia Dagostino, *“Día Mundial de la Eficiencia Energética”*. Conferencia, 2016.
- [5]. *“Nearly zero energy buildings definitions across Europe”*, Buildings Performance Institute Europe, 2015.
- [6]. A. Hermelink, *“Towards nearly zero-energy buildings”*, Ecofys, 2013.
- [7]. *“Guía del estándar Passivhaus. Edificios de consumo energético casi nulo”*, Plataforma Edificación Passivhaus, 2011.
- [8]. *“The carbon neutral design project”*, The American Institute of Architects, 2010.
- [9]. A.J. Marszal, *“Zero Energy Building – A review of definitions and calculation Methodologies”*. Ed. Elsevier, 2010.
- [10]. A. Kylili, P. A. Fokaides, *“European smart cities: The role of zero energy buildings”*. Ed. Elsevier, 2015.
- [11]. *“ASHRAE Handbook applications chapter 32: valores de compromiso entre COP y coste”*. ASHRAE, 2015.
- [12]. *“Mapa Geológico a escala 1:50.000 de la serie MAGNA, Hoja 534 (19-21, Colmenar Viejo)”*. Instituto Geológico y Minero de España, 2016.
- [13]. *“Annual report 2015”*, Worldwatch Institute, 2015.
- [14]. *“Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Salubridad”*, BOE 12/09/2013 con corrección de errores del BOE del 08/11/2013.
- [15]. *“Orden FOM/588/2017”*, Boletín Oficial del Estado del 23/06/2017.

PRESUPUESTO

1. INTRODUCCIÓN

El siguiente apartado tiene como objetivo realizar una valoración económica sobre los costes que se le imputan a cada uno de los escenarios presentados en el trabajo, compuestos por la tipología de vivienda y los sistemas empleados, para poder realizar un análisis económico entre ellos y concluir cual es la mejor opción desde este punto de vista. Para ello se ha de valorar tanto los costes imputables a los sistemas de generación energética de cada edificio, como los costes de construcción de cada una de las viviendas.

Sin embargo, como en términos constructivos las viviendas solo difieren en el espesor de aislamiento empleado para los muros exteriores y la cubierta, para realizar la comparativa entre ellas solo es necesario considerar el sobrecoste derivado de esta diferencia. Por tanto en el presupuesto solo se incluyen los costes constructivos del aislamiento de los dos elementos constructivos anteriormente comentados.

Con respecto a los sistemas, solo se van a evaluar aquellos que presentan viabilidad técnica en el desarrollo del proyecto. Se van a considerar los principales elementos que constituyen los sistemas de climatización, el de agua caliente sanitaria, el sistema fotovoltaico, el sistema de ventilación y los sistemas de distribución de climatización, es decir, suelo radiante y fancoils.

A continuación se van a presentar los presupuestos de cada uno de los escenarios desarrollados en el proyecto detallando todos los elementos empleados en cada uno de los sistemas utilizados.

2. PRESUPUESTO NZEB CON BOMBA DE CALOR AEROTÉRMICA

NºOrden	Uds.	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
SISTEMAS					23.012,01
1	Climatización Generación				6.160,00
1.1	Producción- Sistema bomba de calor				6.160,00
		Suministro e instalación de bomba de calor Ereba 12H de la empresa CIAT. Potencia calefacción 11,9 kW, COP conforme EN 14511, 0/-3 – 30/35 °C, 3,91, potencia refrigeración 13,54 kW, EER conforme EN 14511, 7/12 – 30/35 °C, 3,66. Alimentación eléctrica monofásica.			
1.1.1	ud		1,00	6.160,00	6.160,00
2	Climatización Distribución				5.323,02
2.1	Suelo radiante vivienda				4.414,02
		Tubería de polietileno reticulado PEX-a con barrera antidifusión de oxígeno, SAUNIER DUVAL o equivalente, unión con anillo de retención, de 16 mm de diámetro exterior y 1,8 mm de espesor, suministrada en rollos, para instalaciones de suelo radiante.			
2.1.1	m		1.990,64	0,99	1.970,73
		Elemento base termomoldeado de célula cerrada POL-PLUS. Uso sobre locales no calefactados. Plastificado según Norma UNE 1264 y certificado por AENOR.			
2.1.2	m2		94,34	9,95	938,68
		Elemento base termomoldeado de célula cerrada POL-PLUS. Uso sobre locales calefactados. Plastificado según Norma UNE 1264 y certificado por AENOR.			
2.1.3	m2		91,82	8,85	812,61
2.1.4	ud	Bomba de agua Ebara LPS 25/08	1,00	692,00	692,00
2.2	Fancoils vivienda				909,00
		Fancoil horizontal modelo FWB 09 JT de la marca DAIKIN. Rango de potencia frigorífica total nominal 7,26 kW, rango de potencia calorífica nominal de 9,64 kW, caudal de aire de 1066 m³/h, presión disponible 30 Pa y potencia de 55 dBA.			
2.2.1	ud		1,00	469,00	469,00
		Fancoil horizontal modelo FWB 08 JT de la marca DAIKIN. Rango de potencia frigorífica total nominal 6,16 kW, rango de potencia calorífica nominal de 8,09 kW, caudal de aire de 950 m³/h, presión disponible 30 Pa y potencia de 52 dBA.			
2.2.2	ud		1,00	440,00	440,00
3	Agua caliente sanitaria				3.475,00
3.1	Producción				3.475,00
		Pack sistema fotovoltaico prefabricado Helioset 1.150 de la compañías Saunier Duval. Consta de acumulador de 150 litros, grupo hidráulico y centralita programable, captadores solares de alto rendimiento con 2,33 m2 y soportes instalación en cubierta plana.			
3.1.1	ud		1,00	1.345,00	1.345,00
		Caldera de condensación de Gas Natural THEMA Condens 25 de la compañías Saunier Duval. Potencia para ACS regulable entre 5,1 y 25,5 kW.			
3.1.2	ud		1,00	1.930,00	1.930,00
		Interacumulador de acero con tratamiento vitrificado AMUT002 de la empresa Chromaguen para instalaciones de ACS. Capacidad de acumulación de 100 litros. Temperatura máxima de trabajo 60° C. Presión máxima de trabajo 8 bar.			
3.1.3	ud		1,00	200,00	200,00
4	Sistema fotovoltaico				5.067,99

4.1		Generación			5.067,99
4.1.1	ud	Panel fotovoltaico Atersa A 310P GSE. Cristalino 310 Wp, 72 células de 6". Marco anodizado, caja de conex. IP65. Tolerancia 0/+5Wp.	9,00	378,20	3.403,80
4.1.2	ud	Inversor Sunny boy 3000	1,00	1.664,19	1.664,19
5		Sistema ventilación			2.986,00
5.1		Recuperador entálpico			2.986,00
5.1.1	ud	Central de ventilación mecánica controlada doble flujo DF EXCELLENT 4 de la compañía Siber.Caudal máximo de aire de 400 m3/h. Rendimiento certificado por el Passivhaus Institute del 84%.	1,00	2.986,00	2.986,00
MATERIAL CONSTRUCTIVO					6.160,30
6		Aislamientos			6.160,30
6.1		Aislamiento muro a exterior			2.783,76
6.1.1	m ²	Panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, de superficie lisa y mecanizado lateral recto, de 14 cm de espesor, color gris, conductividad térmica 0,036 W/(mK), densidad 20 kg/m ³ , Euroclase E de reacción al fuego.	132,56	21,00	2.783,76
6.2		Aislamiento cubierta			3.376,54
6.2.1	m ²	Panel rígido de lana de roca volcánica de alta densidad, no revestido, panel rígido de lana de roca volcánica de alta densidad, no revestido de 17 cm de espesor, según UNE-EN 13162, conductividad térmica 0,04 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego, de aplicación como aislante térmico y acústico en sistemas compuestos de aislamiento por el exterior de fachadas.	99,31	34,00	3.376,54
TOTAL NZEB CON AEROTERMIA					29.172,31

3. PRESUPUESTO NZEB CON BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA

NºOrden	Uds.	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
SISTEMAS					23.887,76
1	Climatización Generación				11.919,00
1.1	Producción-Sistema bomba calor				11.919,00
1.1.1	ml	Perforación de 150 mm de diámetro, incluida tubería de revestimiento en caso de ser necesaria. Suministro y colocación de sonda geotérmica simple U PE 100 de 32 mm de diámetro, 2,9 mm de espesor y longitud 120, incluidos accesorios necesarios para su colocación. Relleno por inyección con lechada de conductividad térmica ($k \geq 2$ W/mK). Pruebas hidráulicas según UNE 100751-1	120,00	40,00	4.800,00
1.1.2	ud	Suministro e instalación de bomba de calor geotérmica AGEO 50 HT de la empresa CIAT. Potencia calefacción 15,9 kW, COP conforme EN 14511, 0/-3 – 30/35 °C, 5,7, potencia refrigeración 13,1 kW, EER conforme EN 14511, 7/12 – 30/35 °C, 4,7. Alimentación eléctrica monofásica.	1,00	7.119,00	7.119,00
2	Climatización Distribución				5.323,02
2.1	Suelo radiante vivienda				4.414,02
2.1.1	m	Tubería de polietileno reticulado PEX-a con barrera antidifusión de oxígeno, SAUNIER DUVAL o equivalente, unión con anillo de retención, de 16 mm de diámetro exterior y 1,8 mm de espesor, suministrada en rollos, para instalaciones de suelo radiante.	1.990,64	0,99	1.970,73
2.1.2	m2	Elemento base termomoldeado de célula cerrada POL-PLUS. Uso sobre locales no calefactados. Plastificado según Norma UNE 1264 y certificado por AENOR.	94,34	9,95	938,68
2.1.3	m2	Elemento base termomoldeado de célula cerrada POL-PLUS. Uso sobre locales calefactados. Plastificado según Norma UNE 1264 y certificado por AENOR.	91,82	8,85	812,61
2.1.4	ud	Bomba de agua Ebara LPS 25/08	1,00	692,00	692,00
2.2	Fancoils vivienda				909,00
2.2.1	ud	Fancoil horizontal modelo FWB 09 JT de la marca DAIKIN. Rango de potencia frigorífica total nominal 7,26 kW, rango de potencia calorífica nominal de 9,64 kW, caudal de aire de 1066 m³/h, presión disponible 30 Pa y potencia de 55 dBA.	1,00	469,00	469,00
2.2.2	ud	Fancoil horizontal modelo FWB 08 JT de la marca DAIKIN. Rango de potencia frigorífica total nominal 6,16 kW, rango de potencia calorífica nominal de 8,09 kW, caudal de aire de 950 m³/h, presión disponible 30 Pa y potencia de 52 dBA.	1,00	440,00	440,00
3	Agua caliente sanitaria				200,00
3.1	Producción				200,00
3.1.1	ud	Interacumulador de acero con tratamiento vitrificado AMUT002 de la empresa Chromaguen para instalaciones de ACS. Capacidad de acumulación de 100 litros. Temperatura máxima de trabajo 60° C. Presión máxima de trabajo 8 bar.	1,00	200,00	200,00
4	Sistema fotovoltaico				3.459,74
4.1	Generación				3.459,74

4.1.1	ud	Panel fotovoltaico Atersa A 310P GSE. Cristalino 310 Wp, 72 células de 6". Marco anodizado, caja de conex. IP65. Tolerancia 0/+5Wp.	6,00	378,20	2.269,20
4.1.2	ud	Inversor Sunny boy 2100	1,00	1.190,54	1.190,54
5		Sistema ventilación			2.986,00
5.1		Recuperador entálpico			2.986,00
5.1.1	ud	Central de ventilación mecánica controlada doble flujo DF EXCELLENT 4 de la compañía Siber. Caudal máximo de aire de 400 m3/h. Rendimiento certificado por el Passivhaus Institute del 84%.	1,00	2.986,00	2.986,00
MATERIAL CONSTRUCTIVO					6.160,30
6		Construcción. Aislamiento			6.160,30
6.1		Aislamiento muro a exterior			2.783,76
6.1.1	m ²	Panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, de superficie lisa y mecanizado lateral recto, de 14 cm de espesor, color gris, conductividad térmica 0,036 W/(mK), densidad 20 kg/m ³ , Euroclase E de reacción al fuego.	132,56	21,00	2.783,76
6.2		Aislamiento cubierta			3.376,54
6.2.1	m ²	Panel rígido de lana de roca volcánica de alta densidad, no revestido, panel rígido de lana de roca volcánica de alta densidad, no revestido de 17 cm de espesor, según UNE-EN 13162, conductividad térmica 0,04 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego, de aplicación como aislante térmico y acústico en sistemas compuestos de aislamiento por el exterior de fachadas.	99,31	34,00	3.376,54
TOTAL NZEB CON GEOTERMIA					30.048,06

4. PRESUPUESTO PASSIVHAUS CON BOMBA DE CALOR AEROTÉRMICA

NºOrden	Uds.	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
SISTEMAS					21.884,76
1	Climatización Generación				6.160,00
1.1	Producción				6.160,00
1.1.1	ud	Suministro e instalación de bomba de calor Ereba 12H de la empresa CIAT. Potencia calefacción 11,9 kW, COP conforme EN 14511, 0/-3 – 30/35 °C, 3,91, potencia refrigeración 13,54 kW, EER conforme EN 14511, 7/12 – 30/35 °C, 3,66. Alimentación eléctrica monofásica.	1,00	6.160,00	6.160,00
2	Climatización Distribución				4.952,17
2.1	Suelo radiante vivienda				4.043,17
2.1.1	m	Tubería de polietileno reticulado PEX-a con barrera antidifusión de oxígeno, SAUNIER DUVAL o equivalente, unión con anillo de retención, de 16 mm de diámetro exterior y 1,8 mm de espesor, suministrada en rollos, para instalaciones de suelo radiante.	1.822,36	0,99	1.804,13
2.1.2	m2	Elemento base termomoldeado de célula cerrada POL-PLUS. Uso sobre locales no calefactados. Plastificado según Norma UNE 1264 y certificado por AENOR.	94,34	9,95	938,68
2.1.3	m2	Elemento base termomoldeado de célula cerrada POL-PLUS. Uso sobre locales calefactados. Plastificado según Norma UNE 1264 y certificado por AENOR.	91,82	8,85	812,61
2.1.4	ud	Bomba de agua Etherma 3-72-2	1,00	487,75	487,75
2.2	Fancoils vivienda				909,00
2.2.1	ud	Fancoil horizontal modelo FWB 09 JT de la marca DAIKIN. Rango de potencia frigorífica total nominal 7,26 kW, rango de potencia calorífica nominal de 9,64 kW, caudal de aire de 1066 m³/h, presión disponible 30 Pa y potencia de 55 dBA.	1,00	469,00	469,00
2.2.2	ud	Fancoil horizontal modelo FWB 08 JT de la marca DAIKIN. Rango de potencia frigorífica total nominal 6,16 kW, rango de potencia calorífica nominal de 8,09 kW, caudal de aire de 950 m³/h, presión disponible 30 Pa y potencia de 52 dBA.	1,00	440,00	440,00
3	Agua caliente sanitaria				3.475,00
3.1	Producción				3.475,00
3.1.1	ud	Pack sistema fotovoltaico prefabricado Helioset 1.150 de la compañías Saunier Duval. Consta de acumulador de 150 litros, grupo hidráulico y centralita programable, captadores solares de alto rendimiento con 2,33 m2 y soportes instalación en cubierta plana.	1,00	1.345,00	1.345,00
3.1.2	ud	Caldera de condensación de Gas Natural THEMA Condens 25 de la compañías Saunier Duval. Potencia para ACS regulable entre 5,1 y 25,5 kW.	1,00	1.930,00	1.930,00
3.1.3	ud	Interacumulador de acero con tratamiento vitrificado AMUT002 de la empresa Chromaguen para instalaciones de ACS. Capacidad de acumulación de 100 litros. Temperatura máxima de trabajo 60° C. Presión máxima de trabajo 8 bar.	1,00	200,00	200,00
4	Sistema fotovoltaico				4.311,59

4.1		Generación			4.311,59
4.1.1	ud	Panel fotovoltaico Atersa A 310P GSE. Cristalino 310 Wp, 72 células de 6". Marco anodizado, caja de conex. IP65. Tolerancia 0/+5Wp.	7,00	378,20	2.647,40
4.1.2	ud	Inversor Sunny boy 3000	1,00	1.664,19	1.664,19
5		Sistema ventilación			2.986,00
5.1		Recuperador entálpico			2.986,00
5.1.1	ud	Central de ventilación mecánica controlada doble flujo DF EXCELLENT 4 de la compañía Siber.Caudal máximo de aire de 400 m3/h. Rendimiento certificado por el Passivhaus Institute del 84%.	1,00	2.986,00	2.986,00
MATERIAL CONSTRUCTIVO					11.923,80
6		Construcción. Aislamiento			11.923,80
6.1		Aislamiento muro a exterior			5.965,20
6.1.1	m ²	Panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, de superficie lisa y mecanizado lateral recto, de 30 cm de espesor, color gris, conductividad térmica 0,036 W/(mK), densidad 20 kg/m ³ , Euroclase E de reacción al fuego.	132,56	45,00	5.965,20
6.2		Aislamiento cubierta			5.958,60
6.2.1	m ²	Panel rígido de lana de roca volcánica de alta densidad, no revestido, panel rígido de lana de roca volcánica de alta densidad, no revestido de 30 cm de espesor, según UNE-EN 13162, conductividad térmica 0,04 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego, de aplicación como aislante térmico y acústico en sistemas compuestos de aislamiento por el exterior de fachadas.	99,31	60,00	5.958,60
TOTAL PASSIVHAUS CON AEROTERMIA					33.808,56

5 . PRESUPUESTO PASSIVHAUS CON BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA

NºOrden	Uds.	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
SISTEMAS					22.160,51
1	Climatización Generación				11.319,00
1.1	Producción-Sistema bomba calor				11.319,00
1.1.1	ml	Perforación de 150 mm de diámetro, incluida tubería de revestimiento en caso de ser necesaria. Suministro y colocación de sonda geotérmica simple U PE 100 de 32 mm de diámetro, 2,9 mm de espesor y longitud 120, incluidos accesorios necesarios para su colocación. Relleno por inyección con lechada de conductividad térmica ($k \geq 2$ W/mK). Pruebas hidráulicas según UNE 100751-1	105,00	40,00	4.200,00
1.1.2	ud	Suministro e instalación de bomba de calor geotérmica AGEO 50 HT de la empresa CIAT. Potencia calefacción 15,9 kW, COP conforme EN 14511, 0/-3 – 30/35 °C, 5,7, potencia refrigeración 13,1 kW, EER conforme EN 14511, 7/12 – 30/35 °C, 4,7. Alimentación eléctrica monofásica.	1,00	7.119,00	7.119,00
2	Climatización Distribución				4.952,17
2.1	Suelo radiante vivienda				4.043,17
2.1.1	m	Tubería de polietileno reticulado PEX-a con barrera antidifusión de oxígeno, SAUNIER DUVAL o equivalente, unión con anillo de retención, de 16 mm de diámetro exterior y 1,8 mm de espesor, suministrada en rollos, para instalaciones de suelo radiante.	1.822,36	0,99	1.804,13
2.1.2	m2	Elemento base termomoldeado de célula cerrada POL-PLUS. Uso sobre locales no calefactados. Plastificado según Norma UNE 1264 y certificado por AENOR.	94,34	9,95	938,68
2.1.3	m2	Elemento base termomoldeado de célula cerrada POL-PLUS. Uso sobre locales calefactados. Plastificado según Norma UNE 1264 y certificado por AENOR.	91,82	8,85	812,61
2.1.4	ud	Bomba de agua Etherma 3-72-2	1,00	487,75	487,75
2.2	Fancoils vivienda				909,00
2.2.1	ud	Fancoil horizontal modelo FWB 09 JT de la marca DAIKIN. Rango de potencia frigorífica total nominal 7,26 kW, rango de potencia calorífica nominal de 9,64 kW, caudal de aire de 1066 m³/h, presión disponible 30 Pa y potencia de 55 dBA.	1,00	469,00	469,00
2.2.2	ud	Fancoil horizontal modelo FWB 08 JT de la marca DAIKIN. Rango de potencia frigorífica total nominal 6,16 kW, rango de potencia calorífica nominal de 8,09 kW, caudal de aire de 950 m³/h, presión disponible 30 Pa y potencia de 52 dBA.	1,00	440,00	440,00
3	Agua caliente sanitaria				200,00
3.1	Producción				200,00
3.1.1	ud	Interacumulador de acero con tratamiento vitrificado AMUT002 de la empresa Chromaguen para instalaciones de ACS. Capacidad de acumulación de 100 litros. Temperatura máxima de trabajo 60° C. Presión máxima de trabajo 8 bar.	1,00	200,00	200,00
4	Sistema fotovoltaico				2.703,34
4.1	Generación				2.703,34

4.1.1	ud	Panel fotovoltaico Atersa A 310P GSE. Cristalino 310 Wp, 72 células de 6". Marco anodizado, caja de conex. IP65. Tolerancia 0/+5Wp.	4,00	378,20	1.512,80
4.1.2	ud	Inversor Sunny boy 2100	1,00	1.190,54	1.190,54
5		Sistema ventilación			2.986,00
5.1		Recuperador entálpico			2.986,00
5.1.1	ud	Central de ventilación mecánica controlada doble flujo DF EXCELLENT 4 de la compañía Siber.Caudal máximo de aire de 400 m3/h. Rendimiento certificado por el Passivhaus Institute del 84%.	1,00	2.986,00	2.986,00
MATERIAL CONSTRUCTIVO					11.923,80
6		Construcción. Aislamiento			11.923,80
6.1		Aislamiento muro a exterior			5.965,20
6.1.1	m ²	Panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, de superficie lisa y mecanizado lateral recto, de 30 cm de espesor, color gris, conductividad térmica 0,036 W/(mK), densidad 20 kg/m ³ , Euroclase E de reacción al fuego.	132,56	45,00	5.965,20
6.2		Aislamiento cubierta			5.958,60
6.2.1	m ²	Panel rígido de lana de roca volcánica de alta densidad, no revestido, panel rígido de lana de roca volcánica de alta densidad, no revestido de 30 cm de espesor, según UNE-EN 13162, conductividad térmica 0,04 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego, de aplicación como aislante térmico y acústico en sistemas compuestos de aislamiento por el exterior de fachadas.	99,31	60,00	5.958,60
TOTAL PASSIVHAUS CON GEOTERMIA					34.084,31

ANEXO I.

CÁLCULO DE SISTEMAS

ANEXO 1. AGUA CALIENTE SANITARIA

La caracterización de la demanda de agua caliente sanitaria (ACS) se lleva a cabo apoyándose en las especificaciones técnicas de diseño del apartado HE4 del Documento básico HE de ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación.

El edificio objeto de estudio es una vivienda unifamiliar, por lo que siguiendo la normativa del citado documento le corresponde una demanda de ACS de 28 litros/ día por persona.

Para el uso residencial privado el cálculo del número de personas por vivienda debe realizarse utilizando los valores mínimos que se muestran en la figura A1. En este caso se dispone de 4 dormitorios, por tanto, se considerará el cálculo para 5 personas.

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	≥6
Número de Personas	1,5	3	4	5	6	6	7

Figura A1. Valores mínimos de ocupación en uso residencial privado. Fuente: Código técnico de la Edificación.

El cálculo final de la demanda será pues la demanda diaria por persona por el número mínimo de personas que ocupan la vivienda según los dormitorios existentes, quedando del siguiente modo:

$$\begin{aligned} \text{Demanda total} &= \text{Demanda por persona} \times \text{Personas} = \frac{28 \text{ l}}{\text{día} \times \text{persona}} \times 5 \text{ personas} \\ &= 140 \frac{\text{litros}}{\text{día}}. \end{aligned}$$

Por tanto la demanda de agua caliente sanitaria se establece en 140 litros/día, lo que se traduce en 2.799 kWh/año obtenidos con el software CHEQ4.2 con una temperatura de distribución de 60 °C y una temperatura media de red de 12,8 °C.

Todos los resultados obtenidos en el cálculo de ACS mediante CHEQ 4.2 se muestran al final de este apartado en el formato de informe que genera el programa informático.

- **Configuración de la instalación**

Al tratarse de una vivienda unifamiliar se dispone de un consumo único, por lo que es posible emplear una instalación con sistema prefabricado y sistema de apoyo formado por una caldera de Gas Natural y un interacumulador auxiliar.

- **Sistema ACS**

Una vez se tiene correctamente caracterizada la demanda de agua caliente sanitaria, se procede a la realización del diseño de la instalación.

En primer lugar, es necesario conocer las exigencias normativas de dicha instalación. La vivienda se emplaza en San Sebastián de los Reyes (Madrid), que corresponde con la zona climática IV, y al tener una demanda de 140 litros/día, la contribución solar mínima anual exigida es del 50%.

Mediante el programa PVGIS se calculan la orientación e inclinación óptimas para los colectores solares, encontrándose estos valores en una orientación de 0º y una inclinación de 36º.

Teniendo en cuenta la demanda diaria calculada, será necesario un volumen de acumulación de, al menos, 150 litros. Tomando este valor para el volumen, se exige ahora el cumplimiento de la relación entre este valor y el área de captación de manera que $50 < V/A < 180$.

Para ello se busca el modelo de panel solar disponible que permite cumplir con la fracción solar mínima y que la maximice, planteando también que cumpla con la relación anteriormente citada. Para lograr este objetivo se selecciona el captador solar Helioset 1.150 de la empresa Sunier Duval, que lleva el tanque de acumulación incorporado.

El área útil del captador seleccionado es de 2,33 m² por lo que solo será necesario emplear un captador, comprobando que se cumple la normativa del CTE ($50 < V/A < 180$)

$$\frac{V}{A} = \frac{150}{2,33} = 64,38$$

Mediante el empleo de este sistema solar de generación de ACS se obtiene en el cálculo realizado con el CHEQ 4.2 una contribución solar del 70%, superando el mínimo normativo establecido.

El sistema cumple el CTE en todos los aspectos evaluados; relación entre volumen de acumulación y superficie de captación, contribución solar mínima anual y ningún mes con contribución solar mayor de 110% ni más de tres meses con contribución solar mayor del 100%.

Como la instalación solo estará formada por 1 captador no es necesario plantearse los posibles tipos de conexión entre captadores ni realizar retorno invertido para asegurar el equilibrio hidráulico.

- **Sistema de energía auxiliar**

En cuanto al sistema de energía auxiliar se elige la opción de sistema de apoyo con acumulación, cuyo dimensionamiento es independiente del tipo de tecnología empleada.

Posteriormente se plantean dos posibles opciones: caldera de condensación de Gas Natural o caldera de biomasa.

- a. En primer lugar se debe calcular el volumen del interacumulador auxiliar.

Se emplea un interacumulador para facilitar la transferencia de calor entre el agua en el depósito y la caldera de apoyo.

Para el dimensionado de este elemento se usa la hipótesis de que el volumen de acumulación auxiliar debe ser el 70% del consumo diario. Por tanto:

$$\text{Volumen acumulador} = 0,7 \times 140 \text{ litros} = 98 \text{ litros}$$

A la luz de este resultado, se tomará un interacumulador auxiliar de 100 litros.

b. Dimensionado de la caldera de apoyo.

Para la elección de la caldera de apoyo es necesario, en primer lugar, decidir en qué condiciones va a trabajar para así poder calcular la potencia de la misma. Para este proyecto se imponen las siguientes condiciones:

El tiempo en el que se debe calentar el agua del interacumulador debe ser de 60 minutos (3600 segundos). Se adopta este criterio debido a que se trata de una vivienda y debemos tener una rápida y buena disponibilidad de ACS.

La temperatura hasta la que se calienta el agua, que viene definida por el tipo de instalación anti-Legionelosis, es de 70 °C en el interacumulador.

Para el cálculo de la potencia de la caldera es necesario conocer el volumen del acumulador auxiliar, el Cp del agua y la temperatura media del agua de red en San Sebastián de los Reyes:

- Vacumulador = 100 litros.
- Cp = 4.18 kJ/(kg*K).
- Tª media de red = 12,8 °C. (Fuente: software CHEQ4).

Resultando el cálculo de la potencia de caldera necesaria del siguiente modo:

$$\begin{aligned} \text{Potencia caldera} &= \frac{\text{Vol. interacumulador} \times Cp \times \Delta T}{\text{tiempo para calentar el agua}} = \frac{100 \times 4,18 \times (70 - 12,8)}{3600} \\ &= 6,64 \text{ kW.} \end{aligned}$$

c. Selección de la tecnología empleada

Se estudia en esta alternativa la opción de instalar un interacumulador y un quemador por separado, ajustándonos al dimensionado obtenido en los apartados anteriores.

Con estos requisitos, elegimos el interacumulador AMUT002 (vertical) de la compañía Chromagen con un volumen de 100 litros.

Se elige entonces una caldera de Gas Natural que cubra esta potencia como es la THEMA Condens 25 de la empresa Sunier Duval con potencia regulable entre 5,4 y 19,6 kW.

Por último, se ha evaluado la opción de instalar una caldera de biomasa para cubrir esta demanda auxiliar de ACS, encontrando como opción la caldera VITOLIGNO 300-C. Caldera de pellets de madera de 6 a 48 kW.

Comparando los precios de las dos alternativas para el sistema auxiliar de ACS se ha llegado a la conclusión de instalar la caldera de condensación THEMA Condens 25-Saunier Duval debido a que es notablemente más económica que la de biomasa y no supone una gran penalización en términos de consumo de energía primaria del edificio ya que debe cubrir únicamente el 30% de la demanda de ACS.

La instalación solar térmica especificada **CUMPLE** los requerimientos mínimos especificados por el HE4

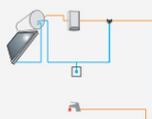
Datos del proyecto

Nombre del proyecto	
Comunidad	
Localidad	
Dirección	

Datos del autor

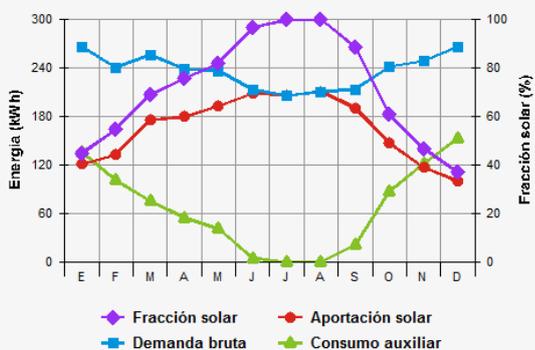
Nombre	
Empresa o institución	
Email	
Teléfono	

Características del sistema solar



Localización de referencia	San Sebastián de los Reyes (Madrid)											
Altura respecto la referencia [m]	0											
Sistema seleccionado	Instalación consumo único sistema prefabricado											
Demanda [l/día a 60°C]	140											
Ocupación %	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Resultados



Fracción solar [%]	70
Demanda neta [kWh]	2.799
Demanda bruta [kWh]	2.844
Aporte solar [kWh]	1.986
Consumo auxiliar [kWh]	807
Reducción de emisiones de [kg de CO2]	377

La instalación solar térmica especificada CUMPLE los requerimientos mínimos especificados por el HE4

Parámetros del sistema		Verificación en obra
Campo de captadores		
Captador seleccionado	Helioset 1.150 (Saunier Duval)	<input type="checkbox"/>
Contraseña de certificación	SST-0212 - Verificar vigencia	<input type="checkbox"/>
Número de captadores	1,0	<input type="checkbox"/>
Pérdidas por sombras (%)	0,0	<input type="checkbox"/>
Orientación [°]	0,0	<input type="checkbox"/>
Inclinación [°]	36,0	<input type="checkbox"/>
Sistema de apoyo		
Tipo de sistema	Caldera de condensación	<input type="checkbox"/>
Tipo de combustible	Gas natural	<input type="checkbox"/>
Distribución		
Longitud del circuito de distribución [m]	6,0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	20,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	25,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	genérico	<input type="checkbox"/>
Temperatura de distribución [°C]	60,0	<input type="checkbox"/>

ANEXO 2. SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para realizar el estudio entre la cantidad de paneles a instalar, el número de baterías y la electricidad comprada a red se usará el programa HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources) con tal de obtener mediante distintas simulaciones la configuración más adecuada para cumplir con el criterio de consumo de energía primaria establecido. Este criterio es el de que cada conjunto de sistemas implementado en ambas viviendas tenga un consumo de energía primaria total situado entre 40 y $45 \frac{kWh}{m^2 \times año}$, es decir, considerando todos los consumos existentes en la vivienda (climatización, ACS, iluminación, aparatos eléctricos).

Para realizar el cálculo de las simulaciones para cada uno de los sistemas y viviendas estudiadas es necesario introducir una serie de parámetros en el software de cálculo. En primer lugar se debe definir la ubicación en la que se encuentra la instalación, de modo que se utilice la base de datos de irradiación solar y factor de nubosidad del que dispone el programa, así como la demanda eléctrica del edificio que varía dependiendo del sistema de climatización que se emplea, valores definidos en el Capítulo 4, apartado 3 “Sistemas del edificio”.

A continuación se requiere la implementación en el programa de las características técnicas y precios de las tecnologías de generación energética (paneles fotovoltaicos), inversores y baterías que se van a considerar en el diseño de los sistemas y el precio de la electricidad comprada a red.

Los paneles fotovoltaicos que se emplean pertenecen al modelo A-310P de la empresa ATERSA cuyas características se recogen a continuación:

Tabla A1. Características módulo ATERSA A-310P

	Módulo A-310P
Potencia	310 W
Eficiencia	16%
Precio	378,20 €

Además, se fija la inclinación y orientación de los módulos solares a 36º y 0º respectivamente puesto que estos son los valores obtenidos como óptimos mediante el programa PVGIS, (Photovoltaic Geographical Information System).

Por último se introduce el precio por kW de potencia de los inversores y el precio por capacidad de almacenamiento de las baterías para poder realizar simulaciones con distinto número de elementos en el sistema y estudiar el comportamiento del mismo.

Tras el estudio en el mercado de distintos modelos de batería se ha optado una batería de plomo ácido en lugar de una de litio, en primer lugar por el coste y por la dificultad de encontrar ésta última en la actualidad. El modelo seleccionado para la batería es un modelo de HOPPEPCKE OPzS, 24 OPzS 3000, al tener una relación precio-calidad elevada, permitiendo llegar hasta el 30-40% de descarga total de la batería sin sacrificar significativamente su vida útil.

El precio de la energía comprada a red se fija en 0,17 €, valor en el que se considera de manera aproximada el precio medio diario de la energía y el término de potencia.

Tras haber implementado todos estos datos en HOMER se realizan todas las simulaciones de sistemas que se pueden diseñar con los parámetros indicados, optimizándolas desde un punto de vista económico. Para ello se tiene en cuenta el precio de cada uno de los componentes de los sistemas, el precio de red y la energía generada y comprada y se calcula el coste final de cada kWh que se consumirá en la vivienda, también conocido como “coste normalizado de la energía”.

A la luz de los resultados obtenidos en dichas simulaciones se aprecia que la mejor opción desde el punto de vista económico es no utilizar baterías en la instalación fotovoltaica ya que su uso produce un aumento de la inversión inicial del sistema y esto se traduce en un incremento en el coste normalizado de la energía.

Por tanto, se concluye que la mejor opción en términos económicos para el diseño del sistema fotovoltaico es prescindir de elementos de almacenamiento y comprar a red aquella fracción de energía que no pueda ser cubierta por los paneles fotovoltaicos.

Al final del cálculo de la distancia entre paneles se muestran las hojas de resultados obtenidos en las simulaciones de los cuatro casos que han resultado viables y que se han elegido para el diseño final de cada uno de los sistemas mediante el software HOMER.

DISTANCIA ENTRE PANELES

Para poder realizar una correcta distribución de los paneles solares a instalar sobre una superficie limitada es necesario calcular la distancia mínima que debe haber entre paneles, y para ello es necesario conocer el tamaño de los paneles, el menor ángulo de la posición del sol respecto al observador (valor que se da el 21 de diciembre) y de la inclinación del panel solar.

Las dimensiones de los paneles son de 1955 x 995 x 50 mm. El valor w de la figura que se muestra abajo será de 995 mm.

El menor ángulo de la posición del sol respecto al observador viene definido por la siguiente relación

$$\gamma = 90 - \delta - L$$

donde,

δ es la inclinación de la tierra respecto al sol el día de menor ángulo y toma un valor de $23,5^\circ$.

L es la latitud a la que se encuentran los paneles y para San Sebastián de los Reyes es de $40,559^\circ$.

Así pues, en este proyecto tomará un valor de $\gamma = 25,941^\circ$.

Por último, como se ha comentado en la memoria del proyecto, la inclinación óptima de los paneles solares en esta localidad es de 36° . Con todo esto se puede pasar a calcular la distancia entre paneles siguiendo el siguiente esquema.

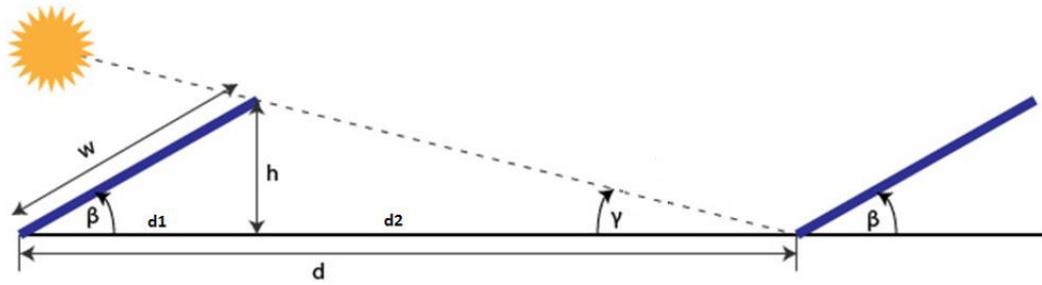


Figura A2. Cálculo distancia entre paneles.

$$\cos\beta = \frac{d1}{w} \rightarrow d1 = \cos\beta \times w = 0,805 \text{ m}$$

$$\tan\beta = \frac{h}{d1} \rightarrow h = \tan\beta \times d1 = 0,585 \text{ m}$$

$$\tan\gamma = \frac{h}{d2} \rightarrow d2 = \frac{h}{\tan\gamma} = 1,2 \text{ m}$$

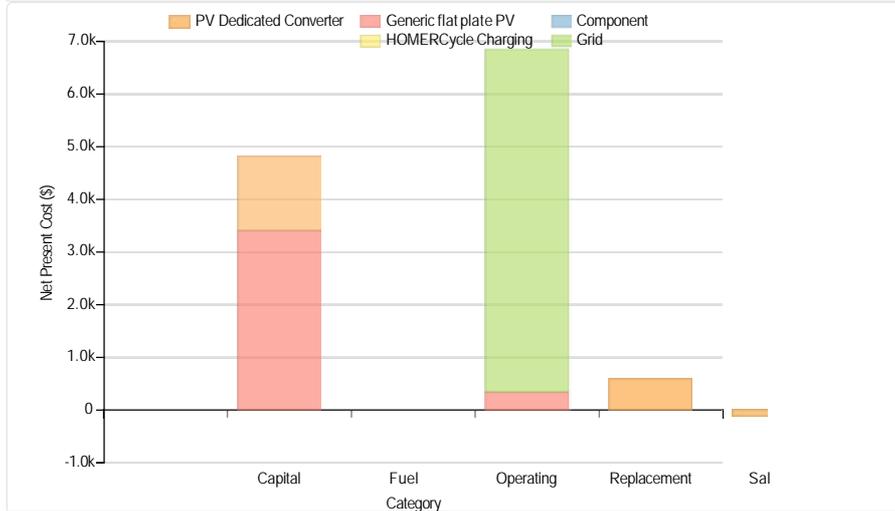
Resultando finalmente una distancia mínima entre paneles $d = d1 + d2 = 2,005 \text{ m}$.

System Report

System architecture

PV	Generic flat plate PV	3	kW
Grid	Grid	999,999	kW
Dispatch Strategy	HOMER Cycle Charging		

Cost summary



Cost Summary

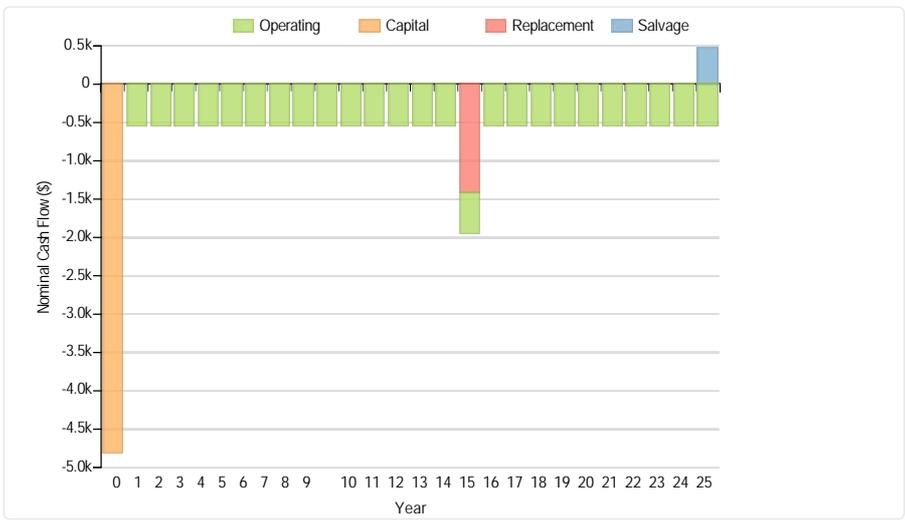
Total net present cost	12143	\$
Levelized cost of energy	0.190	\$/kWh

Net Present Costs

Component	Capital	Replacement	O&M	Fuel	Salvage	Total
Generic flat plate PV	3,404	0	357	0	0	3,760
PV Dedicated Converter	1,408	587	0	0	-109	1,885
Grid	0	0	6,497	0	0	6,497
HOMER Cycle Charging	0	0	0	0	0	0
System	4,811	587	6,853	0	-109	12,143

Annualized Costs

Component	Capital	Replacement	O&M	Fuel	Salvage	Total
Generic flat plate PV	266	0	28	0	0	294
PV Dedicated Converter	110	46	0	0	-9	147
Grid	0	0	508	0	0	508
HOMER Cycle Charging	0	0	0	0	0	0
System	376	46	536	0	-9	950

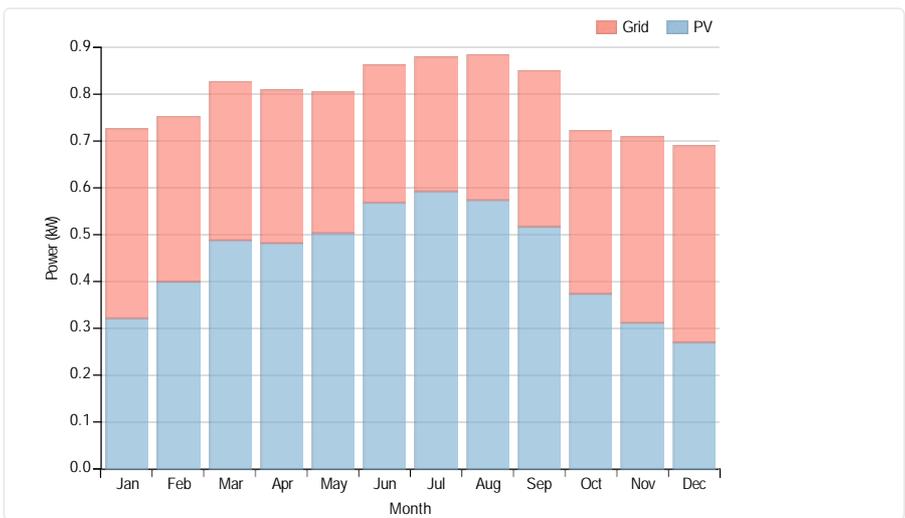


Electrical

Quantity	Value	Units
Excess electricity	1945	kWh/yr
Unmet load	0	kWh/yr
Capacity shortage	0	kWh/yr
Renewable fraction	0	

Component	Production(kWh/yr)	Fraction (%)
PV	3,952	57
Grid Purchases	3,152	43
Total	6,942	100

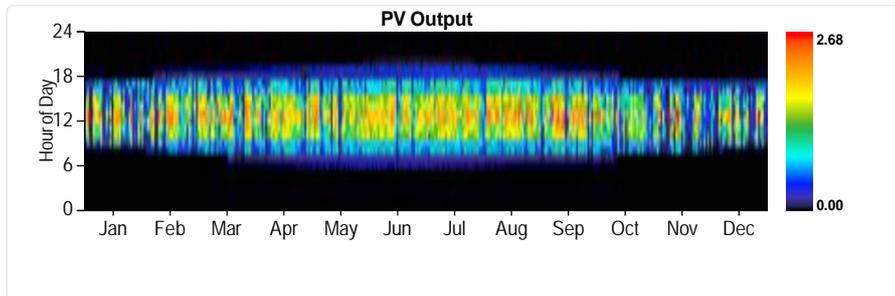
Load	Consumption(kWh/yr)	Fraction (%)
AC primary load	5,159	100
DC primary load	0	0
Total	5,159	100



PV:Generic flat plate PV

Quantity	Value	Units
Rated capacity	3	kW
Mean output	0	kW
Mean output	10.83	kWh/d

Quantity factor	Value	Units
Total production	3952	kWh/yr
Minimum output	0.00	kW
Maximum output	2.68	kW
PV penetration	79.09	%
Hours of operation	4386	hrs/yr
Levelized cost	0.112	\$/kWh



Grid

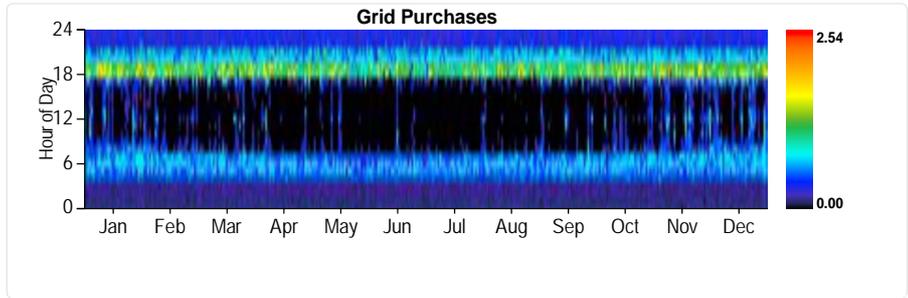
Rate: Demand 1

Resources.ReportingService_GenerateInputsReport_Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Purchases (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge (\$)	Demand Charge (\$)
January	0	0	0	2	0	0
February	0	0	0	2	0	0
March	0	0	0	2	0	0
April	0	0	0	2	0	0
May	0	0	0	2	0	0
June	0	0	0	2	0	0
July	0	0	0	2	0	0
August	0	0	0	2	0	0
September	0	0	0	2	0	0
October	0	0	0	2	0	0
November	0	0	0	3	0	0
December	0	0	0	2	0	0
Annual	0	0	0	3	0	0

Rate: Rate 1

Resources.ReportingService_GenerateInputsReport_Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Purchases (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge (\$)	Demand Charge (\$)
January	299	0	299	0	51	0
February	236	0	236	0	40	0
March	251	0	251	0	43	0
April	235	0	235	0	40	0
May	223	0	223	0	38	0
June	211	0	211	0	36	0

Resources.ReportingService_GenerateInputsReport_Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Purchases (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge (\$)	Demand Charge (\$)
July	212	0	212	0	36	0
September	238	0	238	0	40	0
October	258	0	258	0	44	0
November	285	0	285	0	48	0
December	311	0	311	0	53	0
Annual	2,990	0	2,990	0	508	0



Emissions

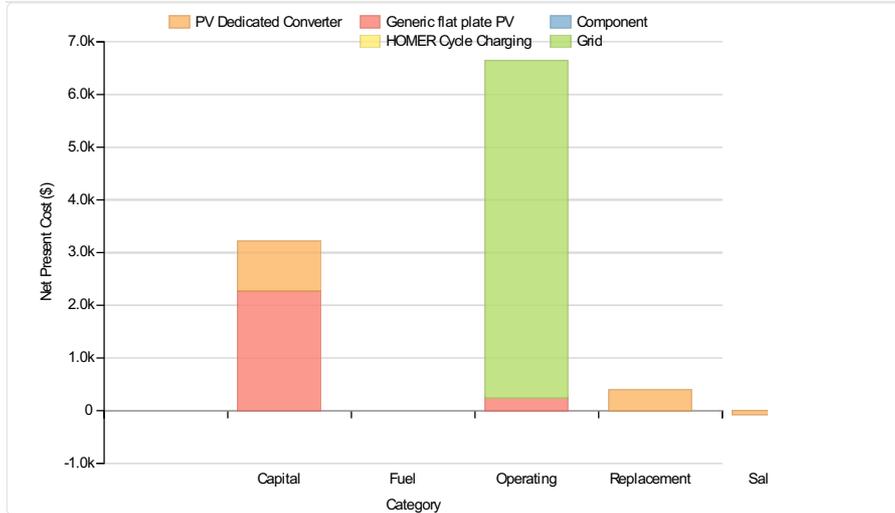
Pollutant	Emissions	Units
Carbon dioxide	1889	kg/yr
Carbon monoxide	0	kg/yr
Unburned hydrocarbons	0	kg/yr
Particulate matter	0	kg/yr
Sulfur dioxide	8	kg/yr
Nitrogen oxides	4	kg/yr

System Report

System architecture

PV	Generic flat plate PV	2	kW
Grid	Grid	999,999	kW
Dispatch Strategy	HOMER Cycle Charging		

Cost summary



Cost Summary

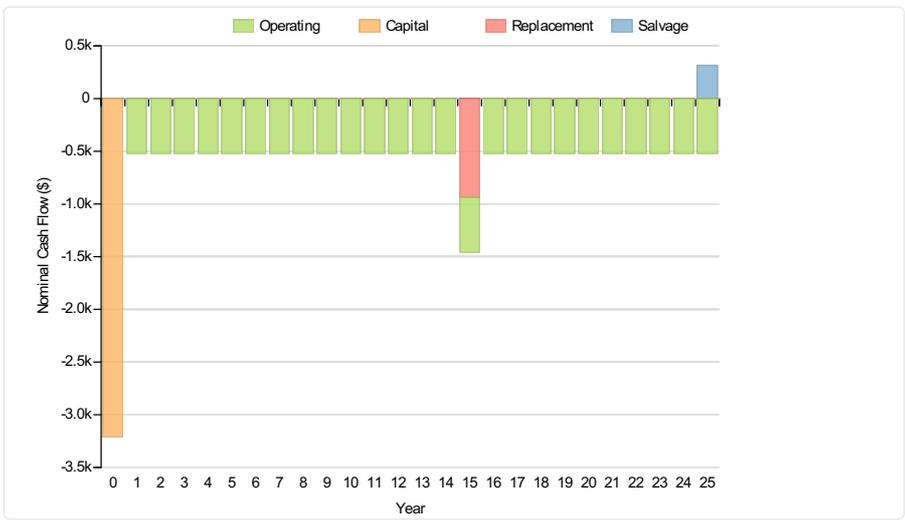
Total net present cost	10160	\$
Levelized cost of energy	0.171	\$/kWh

Net Present Costs

Component	Capital	Replacement	O&M	Fuel	Salvage	Total
Generic flat plate PV	2,269	0	238	0	0	2,507
PV Dedicated Converter	938	392	0	0	-73	1,257
Grid	0	0	6,396	0	0	6,396
HOMER Cycle Charging	0	0	0	0	0	0
System	3,208	392	6,634	0	-73	10,160

Annualized Costs

Component	Capital	Replacement	O&M	Fuel	Salvage	Total
Generic flat plate PV	178	0	19	0	0	196
PV Dedicated Converter	73	31	0	0	-6	98
Grid	0	0	500	0	0	500
HOMER Cycle Charging	0	0	0	0	0	0
System	251	31	519	0	-6	795

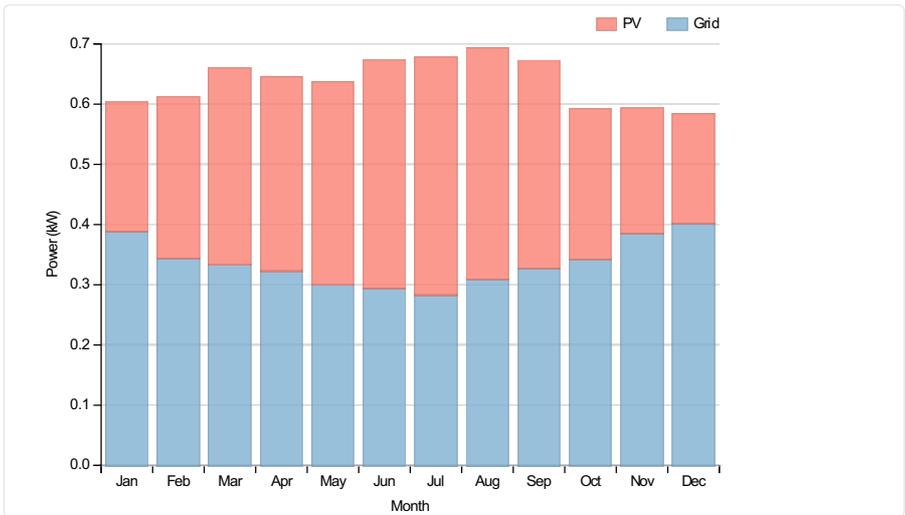


Electrical

Quantity	Value	Units
Excess electricity	942	kWh/yr
Unmet load	0	kWh/yr
Capacity shortage	0	kWh/yr
Renewable fraction	0	

Component	Production(kWh/yr)	Fraction (%)
PV	2,635	47
Grid Purchases	2,943	53
Total	5,578	100

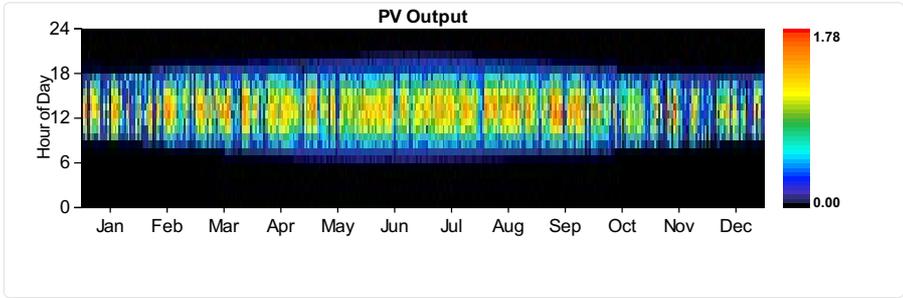
Load	Consumption(kWh/yr)	Fraction (%)
AC primary load	4,636	100
DC primary load	0	0
Total	4,636	100



PV:Generic flat plate PV

Quantity	Value	Units
Rated capacity	2	kW
Mean output	0	kW
Mean output	7.22	kWh/d

Capacity factor	Value	16.17	Units
Total production		2635	kWh/yr
Minimum output		0.00	kW
Maximum output		1.78	kW
PV penetration		56.84	%
Hours of operation		4386	hrs/yr
Levelized cost		0.112	\$/kWh



Grid

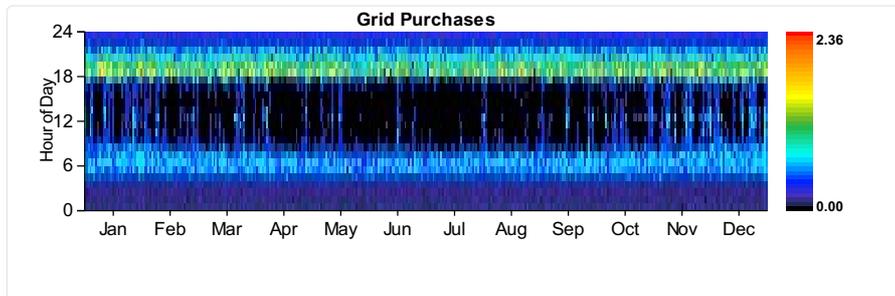
Rate: Demand 1

Resources.ReportingService_GenerateInputsReport_Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Purchases (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge (\$)	Demand Charge (\$)
January	0	0	0	2	0	0
February	0	0	0	2	0	0
March	0	0	0	2	0	0
April	0	0	0	2	0	0
May	0	0	0	2	0	0
June	0	0	0	2	0	0
July	0	0	0	2	0	0
August	0	0	0	2	0	0
September	0	0	0	2	0	0
October	0	0	0	2	0	0
November	0	0	0	2	0	0
December	0	0	0	2	0	0
Annual	0	0	0	2	0	0

Rate: Rate 1

Resources.ReportingService_GenerateInputsReport_Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Purchases (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge (\$)	Demand Charge (\$)
January	289	0	289	0	49	0
February	231	0	231	0	39	0
March	248	0	248	0	42	0
April	233	0	233	0	40	0
May	224	0	224	0	38	0
June	212	0	212	0	36	0

Resources.ReportingService_GenerateInputsReport_Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Purchases (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge (\$)	Demand Charge (\$)
July	211	0	211	0	36	0
September	235	0	235	0	40	0
October	255	0	255	0	43	0
November	277	0	277	0	47	0
December	299	0	299	0	51	0
Annual	2,943	0	2,943	0	500	0



Emissions

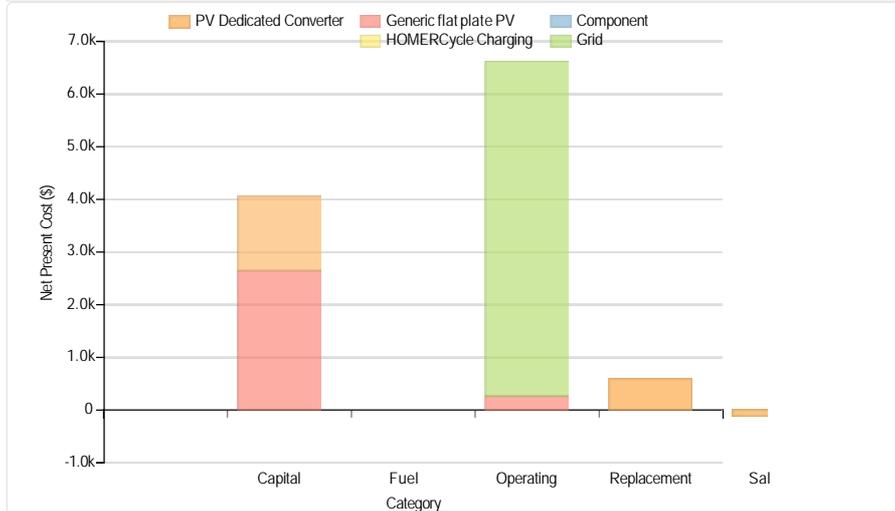
Pollutant	Emissions	Units
Carbon dioxide	1860	kg/yr
Carbon monoxide	0	kg/yr
Unburned hydrocarbons	0	kg/yr
Particulate matter	0	kg/yr
Sulfur dioxide	8	kg/yr
Nitrogen oxides	4	kg/yr

System Report

System architecture

PV	Generic flat plate PV	2	kW
Grid	Grid	999,999	kW
Dispatch Strategy	HOMER Cycle Charging		

Cost summary



Cost Summary

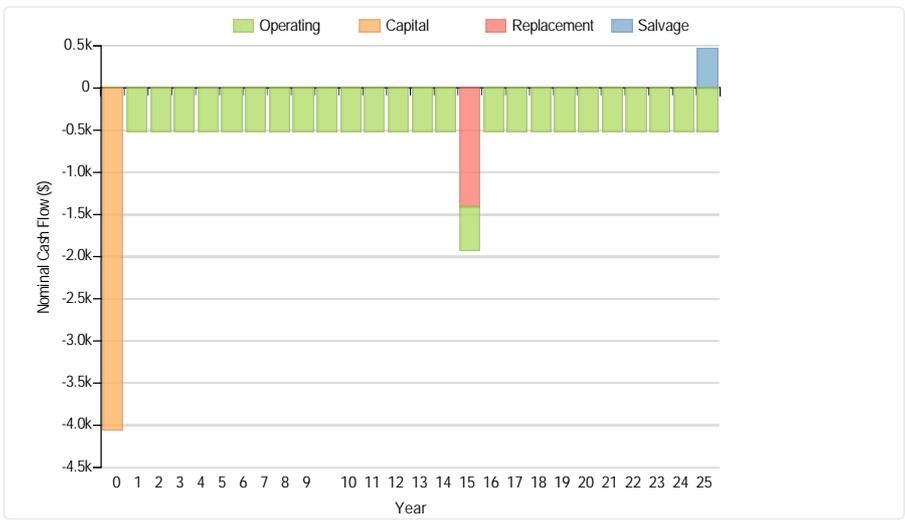
Total net present cost	11149	\$
Levelized cost of energy	0.185	\$/kWh

Net Present Costs

Component	Capital	Replacement	O&M	Fuel	Salvage	Total
Generic flat plate PV	2,647	0	277	0	0	2,925
PV Dedicated Converter	1,408	587	0	0	-109	1,885
Grid	0	0	6,339	0	0	6,339
HOMER Cycle Charging	0	0	0	0	0	0
System	4,055	587	6,616	0	-109	11,149

Annualized Costs

Component	Capital	Replacement	O&M	Fuel	Salvage	Total
Generic flat plate PV	207	0	22	0	0	229
PV Dedicated Converter	110	46	0	0	-9	147
Grid	0	0	496	0	0	496
HOMER Cycle Charging	0	0	0	0	0	0
System	317	46	518	0	-9	872

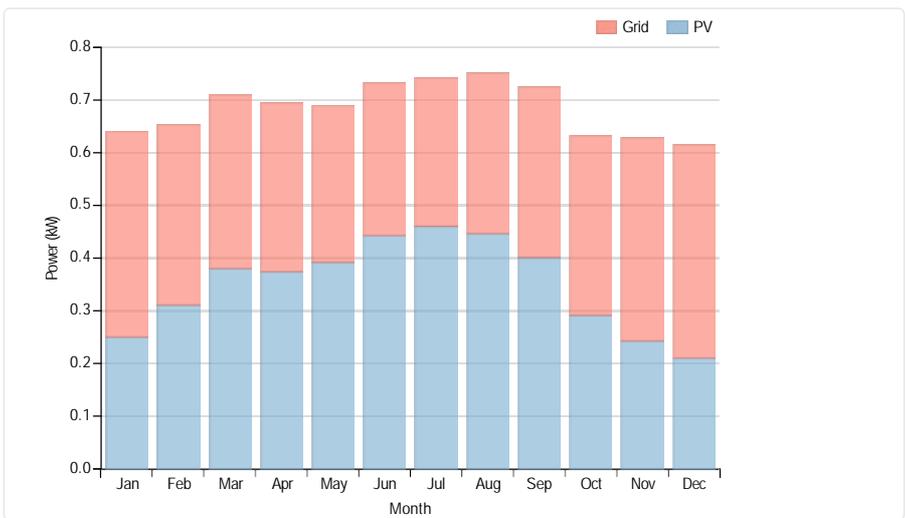


Electrical

Quantity	Value	Units
Excess electricity	1279	kWh/yr
Unmet load	0	kWh/yr
Capacity shortage	0	kWh/yr
Renewable fraction	0	

Component	Production(kWh/yr)	Fraction (%)
PV	3,074	51
Grid Purchases	3,009	49
Total	5,991	100

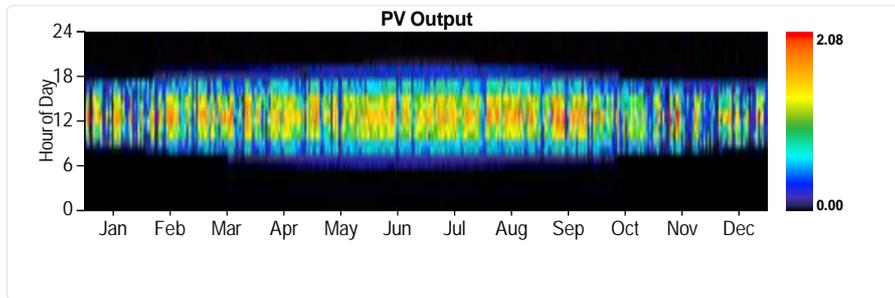
Load	Consumption(kWh/yr)	Fraction (%)
AC primary load	4,804	100
DC primary load	0	0
Total	4,804	100



PV:Generic flat plate PV

Quantity	Value	Units
Rated capacity	2	kW
Mean output	0	kW
Mean output	8.42	kWh/d

Quantity factor	Value	Units
Total production	3074	kWh/yr
Minimum output	0.00	kW
Maximum output	2.08	kW
PV penetration	65.23	%
Hours of operation	4386	hrs/yr
Levelized cost	0.122	\$/kWh



Grid

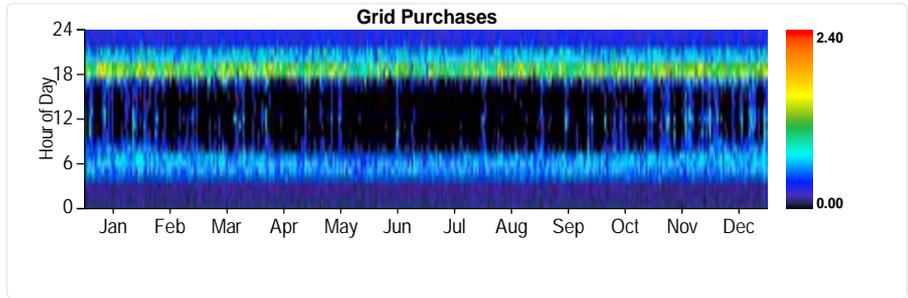
Rate: Demand 1

Resources.ReportingService_GenerateInputsReport_Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Purchases (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge (\$)	Demand Charge (\$)
January	0	0	0	2	0	0
February	0	0	0	2	0	0
March	0	0	0	2	0	0
April	0	0	0	2	0	0
May	0	0	0	2	0	0
June	0	0	0	2	0	0
July	0	0	0	2	0	0
August	0	0	0	2	0	0
September	0	0	0	2	0	0
October	0	0	0	2	0	0
November	0	0	0	2	0	0
December	0	0	0	2	0	0
Annual	0	0	0	2	0	0

Rate: Rate 1

Resources.ReportingService_GenerateInputsReport_Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Purchases (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge (\$)	Demand Charge (\$)
January	289	0	289	0	49	0
February	229	0	229	0	39	0
March	245	0	245	0	42	0
April	230	0	230	0	39	0
May	220	0	220	0	37	0
June	208	0	208	0	35	0

Resources.ReportingService_GenerateInputsReport_Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Purchases (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge (\$)	Demand Charge (\$)
July	226	0	226	0	35	0
September	233	0	233	0	40	0
October	252	0	252	0	43	0
November	276	0	276	0	47	0
December	300	0	300	0	51	0
Annual	2,917	0	2,917	0	496	0



Emissions

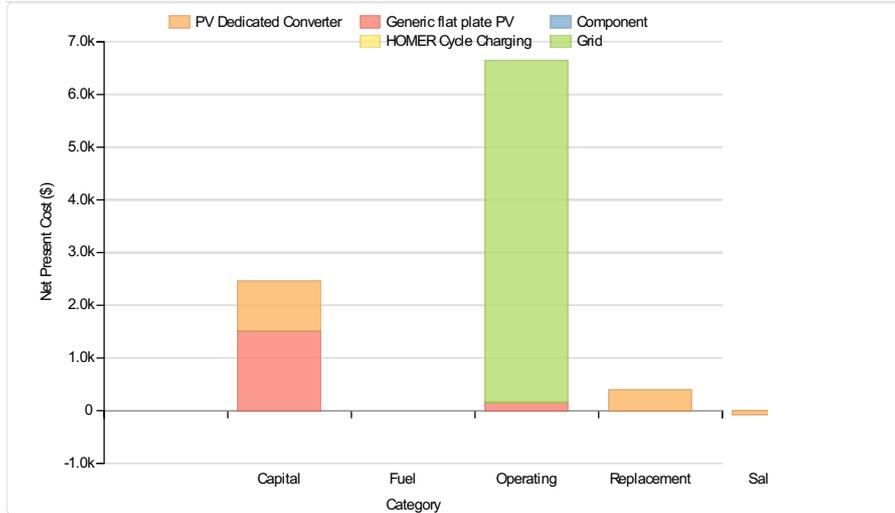
Pollutant	Emissions	Units
Carbon dioxide	1843	kg/yr
Carbon monoxide	0	kg/yr
Unburned hydrocarbons	0	kg/yr
Particulate matter	0	kg/yr
Sulfur dioxide	8	kg/yr
Nitrogen oxides	4	kg/yr

System Report

System architecture

PV	Generic flat plate PV	1	kW
Grid	Grid	999,999	kW
Dispatch Strategy	HOMER Cycle Charging		

Cost summary



Cost Summary

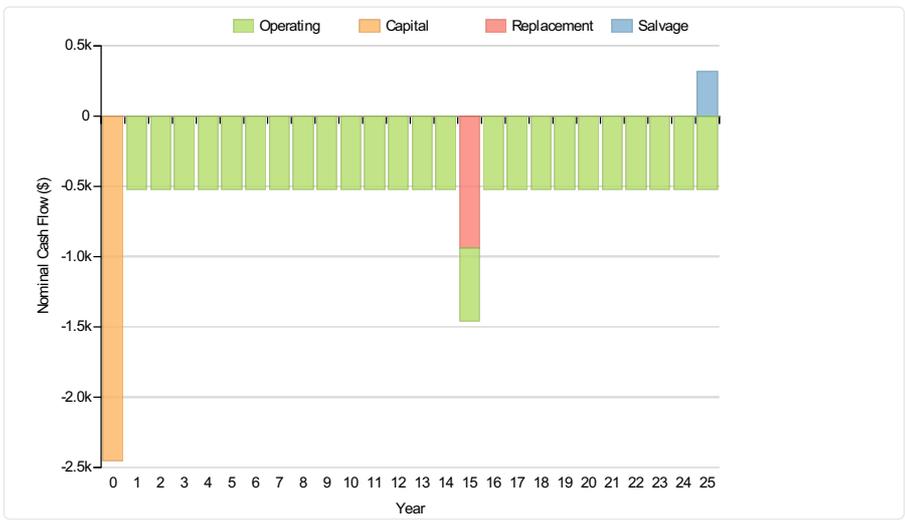
Total net present cost	9416	\$
Levelized cost of energy	0.168	\$/kWh

Net Present Costs

Component	Capital	Replacement	O&M	Fuel	Salvage	Total
Generic flat plate PV	1,513	0	159	0	0	1,671
PV Dedicated Converter	938	392	0	0	-73	1,257
Grid	0	0	6,487	0	0	6,487
HOMER Cycle Charging	0	0	0	0	0	0
System	2,451	392	6,646	0	-73	9,416

Annualized Costs

Component	Capital	Replacement	O&M	Fuel	Salvage	Total
Generic flat plate PV	118	0	12	0	0	131
PV Dedicated Converter	73	31	0	0	-6	98
Grid	0	0	507	0	0	507
HOMER Cycle Charging	0	0	0	0	0	0
System	192	31	520	0	-6	737

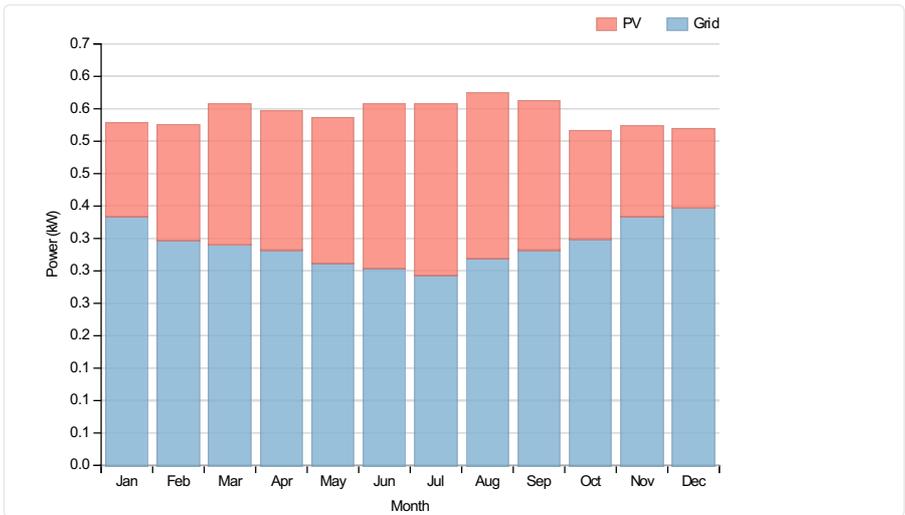


Electrical

Quantity	Value	Units
Excess electricity	354	kWh/yr
Unmet load	0	kWh/yr
Capacity shortage	0	kWh/yr
Renewable fraction	0	

Component	Production(kWh/yr)	Fraction (%)
PV	1,757	37
Grid Purchases	2,985	63
Total	4,742	100

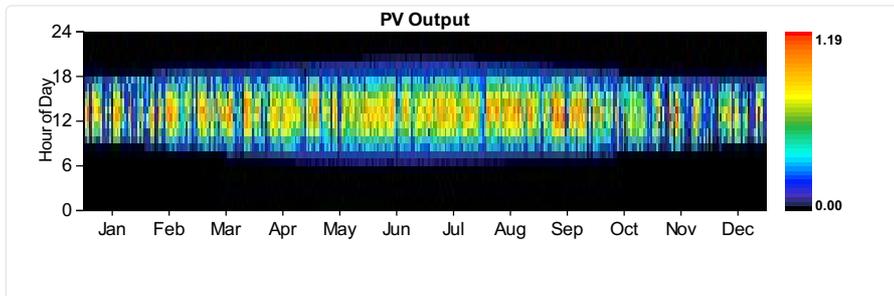
Load	Consumption(kWh/yr)	Fraction (%)
AC primary load	4,387	100
DC primary load	0	0
Total	4,387	100



PV:Generic flat plate PV

Quantity	Value	Units
Rated capacity	1	kW
Mean output	0	kW
Mean output	4.81	kWh/d

Quantity	Value	Units
Capacity factor	16.17	%
Total production	1757	kWh/yr
Minimum output	0.00	kW
Maximum output	1.19	kW
PV penetration	40.04	%
Hours of operation	4386	hrs/yr
Levelized cost	0.130	\$/kWh



Grid

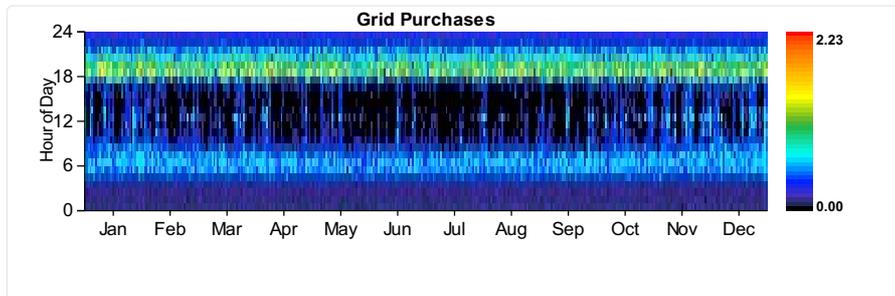
Rate: Demand 1

Resources.ReportingService_GenerateInputsReport_Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Purchases (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge (\$)	Demand Charge (\$)
January	0	0	0	2	0	0
February	0	0	0	2	0	0
March	0	0	0	2	0	0
April	0	0	0	2	0	0
May	0	0	0	2	0	0
June	0	0	0	2	0	0
July	0	0	0	2	0	0
August	0	0	0	2	0	0
September	0	0	0	2	0	0
October	0	0	0	2	0	0
November	0	0	0	2	0	0
December	0	0	0	2	0	0
Annual	0	0	0	2	0	0

Rate: Rate 1

Resources.ReportingService_GenerateInputsReport_Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Purchases (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge (\$)	Demand Charge (\$)
January	285	0	285	0	49	0
February	233	0	233	0	40	0
March	253	0	253	0	43	0
April	239	0	239	0	41	0
May	231	0	231	0	39	0
June	219	0	219	0	37	0

Resources.ReportingService_GenerateInputsReport_Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Purchases (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge (\$)	Demand Charge (\$)
July	218	0	218	0	37	0
September	239	0	239	0	41	0
October	259	0	259	0	44	0
November	276	0	276	0	47	0
December	296	0	296	0	50	0
Annual	2,985	0	2,985	0	507	0



Emissions

Pollutant	Emissions	Units
Carbon dioxide	1887	kg/yr
Carbon monoxide	0	kg/yr
Unburned hydrocarbons	0	kg/yr
Particulate matter	0	kg/yr
Sulfur dioxide	8	kg/yr
Nitrogen oxides	4	kg/yr

ANEXO 3. GEOTERMIA

COMPOSICIÓN Y PROPIEDADES DEL TERRENO

Con el objetivo de conocer la composición del suelo de la zona en la que se va a construir la vivienda y conocer su conductividad térmica, para conseguir una precisión máxima sería necesario realizar un Test de Respuesta Térmica (TRT). Se trata de un procedimiento en el que se inyecta (o extrae) calor en el pozo en bucle cerrado a una tasa constante por metro perforado de manera que, conociendo la temperatura del terreno sin perturbar y la temperatura del fluido circulante, es posible conocer la conductividad térmica del pozo.

Sin embargo, no es posible realizar un TRT en este proyecto por lo que se realiza el estudio del terreno a partir del Mapa Geológico a escala 1:50.000 de la serie MAGNA, Hoja 534 (19-21, Colmenar Viejo), en el que el término municipal de San Sebastián de los Reyes se encuentra localizado.

Como se puede observar en dicho mapa, San Sebastián de los Reyes se ubica mayoritariamente sobre materiales detríticos terciarios, los cuales se encuentran cubiertos parcialmente por los depósitos cuaternarios asociados a la red fluvial actual y a procesos gravitacionales. Las diferentes unidades cartográficas existentes en el municipio se muestran en la figura 3, y se describen a continuación.

Las unidades terciarias presentes en el municipio son, de muro a techo, las siguientes:

- 11: Arenas con lutitas pardas y verdosas; ocasionalmente, niveles discontinuos de carbonatos, de edad Orleaniense - Astaraciense. Conjunto litológico de naturaleza arcósica predominante, aunque algo heterogénea, representado dentro del municipio en la margen derecha del Río Jarama. También se reconocen afloramientos puntuales en las márgenes de los Arroyos de la Vega, Zorreras y Valdebebas. En general, los afloramientos se encuentran ocultos bajo depósitos cuaternarios de diferente naturaleza (conos de deyección, coluviones, terrazas, fondo de valle, etc.). Se trata de los sedimentos terciarios más antiguos aflorantes, incluyéndose en el ciclo inferior de la Unidad Intermedia de la Cuenca de Madrid. En cuanto al techo, está representado por la brusca aparición de arcosas y arcillas pardas que desarrollan un destacado resalte morfológico en el terreno.

Litológicamente, se caracteriza por las variaciones laterales existentes entre arenas de grano medio a fino y lutitas de color pardo o verdoso. Ocasionalmente, aparecen niveles carbonatados discontinuos intercalados. Las arenas son de naturaleza arcósica y poseen colores pardos, verdosos y a veces blancos, con un contenido variable en arcilla, organizándose en secuencias granodecrecientes; con niveles de cantos de naturaleza metamórfica y, en menor proporción, cuarzo.

Los niveles arcillosos de tonos verdosos, muestran evidencias de edafizaciones, con tramos bioturbados por raíces. Presentan un alto contenido en esmectitas, con illita y caolinita en menor proporción.

Los escasos niveles de carbonatos intercalados, corresponden a calcretas y dolomías de base y techo irregulares, de tono gris blanquecino y estructura interna nodular o poliédrica, siendo frecuentes las huellas de desecación y bioturbación por raíces.

- 15: Arenas arcósicas con cantos, alternando con limos y arcillas ocreas, de edad Astaraciense. Desde el punto de vista litológico consiste en un conjunto homogéneo de arenas arcósicas de colores ocreos y pardos, de tamaño grueso a medio, con intercalaciones de niveles conglomeráticos de cantos de rocas metamórficas y graníticas. Los niveles arenosos alcanzan espesores de orden métrico (4-5 m) y alternan con niveles de lutitas ocreas, en ocasiones edafizadas, con una proporción limo/arcilla muy variable, de espesor cercano al metro.

La reactivación asociada se pone también de manifiesto por la presencia de arcosas con abundantes cantos y, a veces, bloques. El techo de la unidad aparece asociado con una nueva entrada de materiales detríticos en la cuenca, desprovistos de fracción fina. Las arenas se organizan en secuencias granodecrecientes con base erosiva neta y lags; con frecuencia estos cuerpos se amalgaman dando un aspecto potente y masivo a las arcosas. Suelen presentar estratificación cruzada a mediana y gran escala, con una sedimentación de origen fluvial.

Sedimentológicamente, las arcosas de esa unidad corresponden a un sistema fluvial relacionado con sistemas de abanicos aluviales.

18: Arenas arcósicas blancas de grano grueso con cantos y a veces bloques. de edad astaraciense. Litológicamente, se trata un conjunto detrítico de naturaleza arcósica, poco cementado, siendo asimilable a la tradicional "arena de miga" de los estudios geotécnicos del ámbito de Madrid. El tamaño de grano es grueso, incluyendo muchas veces cantos de distinta naturaleza.

El contacto erosivo de la base de la unidad representa una discontinuidad que resulta difícil de reconocer, debido a su similitud litológica con las arcosas de la serie sobre la que se apoya; su situación topográfica, junto con la desaparición de arcilla, constituye los dos criterios principales para su reconocimiento que causan el leve resalte morfológico que producen en el terreno.

Las arenas arcósicas se organizan en ciclos o secuencias granodecrecientes con predominio de cantos en la base. También se observa estratificación cruzada a mediana y gran escala, laminación cruzada y paralela.

Los depósitos cuaternarios tienen gran representatividad, estando asociados al río Jarama y sus afluentes. Las unidades cuaternarias presentes en el municipio son las siguientes:

- 21 y 22: Gravas y arenas con cantos (Terrazas medias y bajas), del Pleistoceno Holoceno. Litológicamente, están constituidas por gravas y arenas que incluyen cantos y bloques de naturaleza diversa.

- 23: Arenas cuarzo-feldespáticas con gravas y cantos (Glacis), del Pleistoceno Holoceno. Litológicamente, se trata de arenas gruesas de naturaleza arcósica, que incluyen niveles de cantos y gravas de rocas graníticas. Se trata de formas y depósitos que contribuyen al modelado actual de los sedimentos terciarios.
- 24 y 25: Arenas, limos y arcillas con cantos (Coluviones y conos aluviales), del Holoceno. Se trata de depósitos arenosos con un contenido en arcilla y limo variable, así como niveles de cantos dispuestos de forma discontinua.
- 27: Arenas, arcillas y limos con gravas (Fondos de valle), del Holoceno. Se trata de uno de los depósitos más característicos. La naturaleza de estos depósitos cuaternarios es similar a la del sustrato, predominando las arenas con cantos, con un contenido variable de la fracción lutítica de procedencia aluvial-coluvial.

Dentro del término municipal de San Sebastián de los Reyes, no existen puntos de interés geológico, según el Catálogo creado por el I.G.M.E.

Todo lo anterior deja al descubierto que el suelo de la localidad está compuesto principalmente por conglomerados, areniscas, arcillas y calizas, por lo que se puede catalogar como suelo arenoso y arcilloso.

Con esto será posible realizar una estimación de las propiedades térmicas del terreno, para lo que es necesario apoyarse en las tablas de materiales y propiedades, como a que se muestra a continuación.

Tabla A2. Propiedades según tipos de suelo.

TIPO DE SUELO	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/mK)	DIFUSIVIDAD TÉRMICA (cm ² /s)
Arena (o grava)	0,77	0,0045
Marga	0,91	0,0049
Arena saturada	2,2	0,0093
Arcilla	1,4	0,006

Suponiendo una composición del suelo formada en un 30% por arenas saturadas y un 70% por arcillas, se obtiene una conductividad térmica del terreno estimada igual a $1,6 \frac{W}{m \times K}$ y una conductividad de $0,056 \frac{m^2}{dia}$, valores que coinciden con los encontrados en bibliografía.

CÁLCULO DE LOS SISTEMAS GEOTÉRMICOS

SISTEMA GEOTÉRMICO DEL EDIFICIO NZEB

a) Sistema de climatización. Geotermia.

Cálculo empleando el método

Una vez halladas las cargas térmicas del edificio y caracterizado el terreno mediante el valor de su conductividad (λ) y su capacidad calorífica (Cp) se procede a realizar el cálculo del diseño en estacionario del sistema geotérmico necesario para satisfacer la demanda de climatización del recinto. Por restricciones de espacio en la vivienda se plantea emplear la configuración de intercambiador enterrado vertical de simple U.

Como se ha indicado en apartados anteriores, la máxima potencia de calefacción requerida es de 11 kW mientras que la de refrigeración es algo superior, 13 kW. En cuanto a las condiciones ambientales a tener en cuenta, se conoce que la temperatura ambiente media anual ($T_{\text{media anual}}^a$) es de 13,6 °C, la temperatura máxima anual ($T_{\text{max anual}}^a$) es de 30,8 °C y la mínima ($T_{\text{min anual}}^a$) de 1,2 °C.

Conocido todo lo anterior se procede a seguir el método para calcular el sistema necesario, en el que el primer paso es seleccionar la bomba de calor geotérmica a emplear. Para el presente proyecto se seleccionará la bomba AGEO 50H de la empresa CIAT cuyas características se muestran a continuación:

- Potencia calefacción=15,9 kW , COP=5,7 y consumo=2,8 kW.
- Potencia refrigeración=13,1 kW, EER=4,7 y consumo=2,8 kW.
- Caudal nominal= 2,72 m³/h = 0,76 l/s.

A continuación se calcula la evolución de la temperatura con el terreno, es decir, la temperatura máxima (T_H) y mínima (T_L) del terreno definidas por la localización y profundidad del intercambiador, valores definidos por las siguientes expresiones:

$$T_H(X_S) = T_M + A_S \times e^{-X_S \times \sqrt{\pi/365 \times \alpha}}$$

$$T_L(X_S) = T_M - A_S \times e^{-X_S \times \sqrt{\pi/365 \times \alpha}}$$

donde

T_M es la temperatura ambiente media anual especificada anteriormente,

A_S es la amplitud de la oscilación de la temperatura en la superficie, que se calcula como

$$A_S = \frac{T_{\text{max anual}}^a - T_{\text{min anual}}^a}{2} = 16^\circ\text{C}.$$

α es la difusividad térmica del terreno que en el caso que se está tratando es de 0,056 m²/dia,

X_S es la profundidad del intercambiador que será de 50 metros puesto que se emplea un sistema de tipo vertical.

De esto se obtiene que al ser el valor de la profundidad tan grande, la exponencial tiende a 0 de manera que se obtiene que:

$$T_H = T_L = T_M = 13,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Empleando ahora las tablas de “Resistencia térmica del suelo para sistema vertical” y “Resistencia térmica del tubo” y sabiendo el diámetro interior a emplear de tubo, que en este caso será de 32 mm, se obtienen los dos valores que dan nombre a las tablas comentadas. De este modo la resistencia del suelo (R_s) es de $0,55 \frac{ft \times F}{BTU/h} = 0,318 \frac{m \times K}{W}$ y la resistencia del tubo (R_p) es de $0,0814 \frac{m \times K}{W}$.

El siguiente punto a realizar es el cálculo de la temperatura media máxima y mínima del fluido caloportador en el intercambiador enterrado. Primero se calculan las temperaturas de entrada del agua a la bomba de calor en refrigeración y calefacción.

$$T_{in \text{ refrigeración}} = T_M + 14^* = 27,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{in \text{ calefacción}} = T_M - 8,5^* = 5,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

(*) valores de compromiso entre COP y coste según ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers).

Ahora se hallan las temperaturas a la salida teniendo en cuenta que se emplea como fluido de trabajo agua con propilenglicol al 25% de manera que el C_p del fluido es de 3,93 y el punto de congelación es $-10 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$$\begin{aligned} T_{out \text{ refrigeración}} &= T_{in \text{ refrigeración}} + \frac{Q_{terreno}}{Caudal \times C_p} \\ &= T_{in \text{ refrigeración}} + \frac{P_{ref \text{ bomba}} + Consumo_{electrico \text{ bomba}}}{Caudal \times C_p} \\ &= 27,6 + \frac{13,1 + 2,8}{0,76 \times 3,93} = 32,9 \text{ } ^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{out \text{ calefacción}} &= T_{in \text{ calefacción}} - \frac{Q_{terreno}}{Caudal \times C_p} \\ &= T_{in \text{ calefacción}} - \frac{P_{ref \text{ bomba}} - Consumo_{electrico \text{ bomba}}}{Caudal \times C_p} \\ &= 5,1 - \frac{15,9 - 2,8}{0,76 \times 3,93} = 0,02 \text{ } ^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

Conociendo estos valores es posible calcular ahora la temperatura media máxima (T_{max}) y mínima (T_{min}) del fluido caloportador en el intercambiador enterrado.

$$T_{MAX} = \frac{T_{in \text{ refrigeración}} + T_{out \text{ refrigeración}}}{2} = 30,25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{MIN} = \frac{T_{in \text{ calefacción}} + T_{out \text{ calefacción}}}{2} = 2,56 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Se puede apreciar que no existirán problemas de congelación del fluido caloportador en la instalación ya que la temperatura mínima que se alcanza es muy superior al punto de congelación de -10 °C.

A continuación se evalúan los factores de utilización (F) de la bomba de calor para los meses de máxima demanda de calefacción (enero) y de refrigeración (agosto).

$$Horas_{refrigeración} = \frac{\text{Máxima demanda refrigeración}}{\text{Potencia refrigeración bomba calor}} = \frac{658,86 \text{ kWh}}{13,1 \text{ kW}} = 50,3 \text{ h}$$

$$F_{refrigeración} = \frac{Horas_{refrigeración}}{\text{Horas del mes}} = \frac{50,3}{24 \times 30} = 0,07$$

$$Horas_{calefacción} = \frac{\text{Máxima demanda calefacción}}{\text{Potencia calefacción bomba calor}} = \frac{1066,48 \text{ kWh}}{15,9 \text{ kW}} = 67,07 \text{ h}$$

$$F_{calefacción} = \frac{Horas_{calefacción}}{\text{Horas del mes}} = \frac{67,07}{24 \times 30} = 0,09$$

Por último se calculan las longitudes de intercambiador enterrado necesarias para satisfacer calefacción ($L_{refrigeración}$) y refrigeración ($L_{calefacción}$), resultando:

$$L_{refrigeración} = \frac{P_{refrigeración \text{ bomba calor}} \times \frac{EER + 1}{EER} \times (R_p + R_s \times F_{refrigeración})}{T_{MAX} - T_H}$$

$$= 98,9 \text{ metros.}$$

$$L_{calefacción} = \frac{P_{calefacción \text{ bomba calor}} \times \frac{COP_{calef} - 1}{COP_{calef}} \times (R_p + R_s \times F_{calefacción})}{T_L - T_{MIN}}$$

$$= 130 \text{ metros.}$$

Cálculo empleando software Geo2 de CIAT

El cálculo que se ha mostrado anteriormente del sistema geotérmico se realiza también mediante el software Geo2 de la empresa CIAT con el que se van a obtener valores más precisos de la longitud de pozos necesaria y de COP y EER estacionales que se consiguen con las características implementadas para dichos pozos. El hecho de realizar el cálculo empleando dos metodologías distintas nos permitirá contrastar resultados y comprobar la coherencia de los mismos.

La primera información a implementar en el programa es la localización de nuestra instalación, que es Madrid. A continuación se requieren las características del terreno donde se realizarán las perforaciones de los pozos que, al igual que antes, son conductividad térmica (λ) de $1,6 \frac{W}{m \times K}$ y una capacidad calorífica (C_p) de $2,5 \frac{MJ}{K \times m^3}$.

El siguiente paso es introducir las cargas térmicas del edificio, 11 kW para calefacción y 13 kW para refrigeración, y definir el tipo de edificio, en este caso viviendas. Además se elige el modelo de bomba de calor necesario para satisfacer la demanda térmica implementada en el

software, en este proyecto se selecciona la bomba de calor AGEO-50H de la compañía CIAT que trabajará con agua con propilenglicol (25%) como fluido caloportador.

A continuación se debe especificar la configuración del intercambiador enterrado, será intercambiador vertical de simple U, con 3 pozos y una separación de 5 metros entre pozos. Además se tienen que definir el material, diámetro y presión nominal del intercambiador enterrado y de los colectores, en el presente proyecto ambos serán polietileno 100 de 32 mm de diámetro nominal y una presión nominal de 16 bar. La longitud del colector es de 10 metros.

Con todo esto se realiza el cálculo final de la instalación para hallar la longitud de excavación necesaria del intercambiador enterrado y los datos de funcionamiento del sistema. Se toma finalmente la longitud de 120 metros, traduciéndose en 3 pozos de 40 metros cada uno, y se obtiene un SCOP=4,58 y un ESEER=6,27 para el funcionamiento de todo el sistema.

El informe de resultados obtenido del programa Geo2 se encuentra al final de este apartado.

SISTEMA GEOTÉRMICO Y FOTOVOLTAICA. EDIFICIO PASIVHAUS

a) Sistema de climatización. Geotermia.

Cálculo empleando el método

Como se ha expuesto anteriormente, debido a restricciones de espacio en la vivienda se plantea emplear la configuración de intercambiador enterrado vertical de simple U.

La condiciones de partida para el cálculo de la instalación son la máxima potencia de calefacción requerida que es de 9,3 kW, la de refrigeración que es de 12,8 kW y una conductividad térmica del terreno (λ) de $1,6 \frac{W}{m \times K}$ y las propiedades del terreno estimadas anteriormente. En cuanto a las condiciones ambientales a tener en cuenta, se conoce que la temperatura ambiente media anual ($T_{\text{media anual}}^a$) es de 13,6 °C, la temperatura máxima anual ($T_{\text{max anual}}^a$) es de 30,8 °C y la mínima ($T_{\text{min anual}}^a$) de 1,2 °C.

El primer paso del método utilizado para calcular el sistema necesario es seleccionar la bomba de calor geotérmica a emplear. Para el presente proyecto se seleccionará la bomba AGEO 50H de la empresa CIAT cuyas características se muestran a continuación:

- Potencia calefacción=15,9 kW , COP=5,7 y consumo=2,8 kW.
- Potencia refrigeración=13,1 kW, EER=4,7 y consumo=2,8 kW.
- Caudal nominal= 2,72 m³/h = 0,76 l/s.

A continuación se calcula la evolución de la temperatura con el terreno, es decir, la temperatura máxima (T_H) y mínima (T_L) del terreno definidas por la localización y profundidad del intercambiador, valores definidos por las siguientes expresiones:

$$T_H(X_S) = T_M + A_S \times e^{-X_S \times \sqrt{\frac{\pi}{365 \times \alpha}}}$$

$$T_L(X_S) = T_M - A_S \times e^{-X_S \times \sqrt{\pi/365 \times \alpha}}$$

donde

T_M es la temperatura ambiente media anual especificada anteriormente,

A_S es la amplitud de la oscilación de la temperatura en la superficie, que se calcula como

$$A_S = \frac{T^{\text{a max anual}} - T^{\text{a min anual}}}{2} = 16^{\circ}\text{C}.$$

α es la difusividad térmica del terreno que, en el caso que se está tratando, es de $0,056 \text{ m}^2/\text{dia}$,

X_S es la profundidad del intercambiador, tomándose un valor de 50 metros.

De esto se obtiene que al ser el valor de la profundidad tan grande, la exponencial tiende a 0 de manera que se obtiene que:

$$T_H = T_L = T_M = 13,6^{\circ}\text{C}$$

Empleando ahora las tablas de “Resistencia térmica del suelo para sistema vertical” y “Resistencia térmica del tubo” y sabiendo el diámetro interior a emplear de tubo, que en este caso será de 32 mm, se obtienen los dos valores que dan nombre a las tablas comentadas. De este modo la resistencia del suelo (R_s) es de $0,55 \frac{\text{ft} \times \text{F}}{\text{BTU/h}} = 0,318 \frac{\text{m} \times \text{K}}{\text{W}}$ y la resistencia del tubo (R_p) es de $0,0814 \frac{\text{m} \times \text{K}}{\text{W}}$.

El siguiente punto a realizar es el cálculo de la temperatura media máxima y mínima del fluido caloportador en el intercambiador enterrado, que será igual que para el edificio NZEB. Primero se calculan las temperaturas de entrada del agua a la bomba de calor en refrigeración y calefacción.

$$T_{in \text{ refrigeración}} = T_M + 14^* = 27,6^{\circ}\text{C}$$

$$T_{in \text{ calefacción}} = T_M - 8,5^* = 5,1^{\circ}\text{C}$$

(*) valores de compromiso entre COP y coste según ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers).

Ahora se hallan las temperaturas a la salida teniendo en cuenta que se emplea como fluido de trabajo agua con propilenglicol al 25% de manera que el C_p del fluido es de 3,93 y el punto de congelación es -10°C .

$$\begin{aligned} T_{out \text{ refrigeración}} &= T_{in \text{ refrigeración}} + \frac{Q_{\text{terreno}}}{\text{Caudal} \times C_p} \\ &= T_{in \text{ refrigeración}} + \frac{P_{\text{ref bomba}} + \text{Consumo}_{\text{electrico bomba}}}{\text{Caudal} \times C_p} \\ &= 27,6 + \frac{13,1 + 2,8}{0,76 \times 3,93} = 32,9^{\circ}\text{C}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_{out \text{ calefacción}} &= T_{in \text{ calefacción}} - \frac{Q_{terreno}}{Caudal \times C_p} \\
&= T_{in \text{ calefacción}} - \frac{P_{ref \text{ bomba}} - Consumo_{electrico \text{ bomba}}}{Caudal \times C_p} \\
&= 5,1 - \frac{15,9 - 2,8}{0,76 \times 3,93} = 0,02 \text{ } ^\circ C.
\end{aligned}$$

Conociendo estos valores es posible calcular ahora la temperatura media máxima (Tmax) y mínima (Tmin) del fluido caloportador en el intercambiador enterrado.

$$\begin{aligned}
T_{MAX} &= \frac{T_{in \text{ refrigeración}} + T_{out \text{ refrigeración}}}{2} = 30,25^\circ C \\
T_{MIN} &= \frac{T_{in \text{ calefacción}} + T_{out \text{ calefacción}}}{2} = 2,56^\circ C
\end{aligned}$$

Se puede apreciar que no existirán problemas de congelación del fluido caloportador en la instalación ya que la temperatura mínima que se alcanza es muy superior al punto de congelación de $-10 \text{ } ^\circ C$.

A continuación se evalúan los factores de utilización (F) de la bomba de calor para los meses de máxima demanda de calefacción (diciembre) y de refrigeración (agosto).

$$Horas_{refrigeración} = \frac{Máxima \text{ demanda refrigeración}}{Potencia \text{ refrigeración bomba calor}} = \frac{674,55 \text{ kWh}}{13,1 \text{ kW}} = 51,5 \text{ h}$$

$$F_{refrigeración} = \frac{Horas_{refrigeración}}{Horas \text{ del mes}} = \frac{51,5}{24 \times 30} = 0,072$$

$$Horas_{calefacción} = \frac{Máxima \text{ demanda calefacción}}{Potencia \text{ calefacción bomba calor}} = \frac{829,73 \text{ kWh}}{15,9 \text{ kW}} = 52,18 \text{ h}$$

$$F_{calefacción} = \frac{Horas_{calefacción}}{Horas \text{ del mes}} = \frac{67,07}{24 \times 30} = 0,072$$

Por último se calculan las longitudes de intercambiador enterrado necesarias para satisfacer calefacción ($L_{refrigeración}$) y refrigeración ($L_{calefacción}$), resultando:

$$\begin{aligned}
L_{refrigeración} &= \frac{P_{refrigeración \text{ bomba calor}} \times \frac{EER + 1}{EER} \times (R_p + R_s \times F_{refrigeración})}{T_{MAX} - T_H} \\
&= 99,52 \text{ metros.}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
L_{calefacción} &= \frac{P_{calefacción \text{ bomba calor}} \times \frac{COP_{calef} - 1}{COP_{calef}} \times (R_p + R_s \times F_{calefacción})}{T_L - T_{MIN}} \\
&= 123 \text{ metros.}
\end{aligned}$$

Cálculo empleando software Geo2 de CIAT

Se realiza el mismo cálculo mediante el software Geo2 de la empresa CIAT en el que se debe introducir toda la información perteneciente a la instalación. Junto a la localización se deben

implementar la conductividad térmica (λ) de $1,6 \frac{W}{m \times K}$ y una capacidad calorífica (C_p) de $2,5 \frac{MJ}{K \times m^3}$, así como las cargas térmicas del edificio, 9,3 kW para calefacción y 12,8 kW para refrigeración. También se elige el modelo de bomba de calor, siendo en este caso la bomba AGEO-50H de la compañía CIAT que trabajará con agua con propilenglicol (25%) como fluido caloportador. Por último se especifica la configuración del intercambiador enterrado de simple U con 3 pozos y una separación de 5 metros entre pozos que será de polietileno 100 de 32 mm de diámetro nominal y una presión nominal de 16 bar.

Con todo esto se realiza el cálculo final de la instalación para hallar la longitud de excavación necesaria del intercambiador enterrado y los datos de funcionamiento del sistema. Se toma finalmente la longitud de 105 metros, traducándose en 3 pozos de 35 metros cada uno, y se obtiene un SCOP=4,58 y un SEER=6,27 para el funcionamiento de todo el sistema.

El informe de resultados obtenido del programa Geo2 se encuentra a continuación.

INFORME DE RESULTADOS

Nombre Dirección
Teléfono e-mail

1. LOCALIDAD

Ciudad: Madrid; País: España

2. TERRENO

Tipo de suelo: -; Conductividad: 1,60 W/m.K; Cp: 2,50 MJ/K.m3

3. EDIFICIO Y CARGAS TÉRMICAS

Máxima carga en calefacción: 11,00 kW Máxima carga en refrigeración: 13,00 kW

4. BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA

AGEO - 50H; Fluido de trabajo: Propilenglicol (25,00 %)

5. DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR

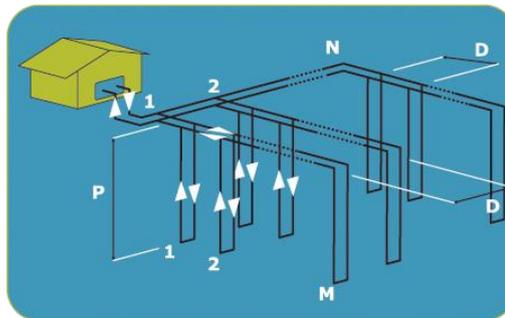
Configuración: Vertical 1

M: 3

N: 1

D: 5,00 m

Double U: No



6. TUBERÍAS Y COLECTORES

Material del intercambiador enterrado

Estándar: Polietileno 100; PN 16bar; \varnothing_{NOM} : 32 mm

No estándar: Conductividad: - W/m/K; Rugosidad: - mm; PN: - bar; \varnothing_{INT} : - mm; \varnothing_{EXT} : - mm

Material del colector

Estándar: Polietileno 100; PN 16bar; \varnothing_{NOM} : 32 mm; Longitud: 10,00m

No estándar: Rugosidad: - mm; PN: - bar; \varnothing_{INT} : - mm; Longitud: - m



INFORME DE RESULTADOS

7. ACCESORIOS

Pérdidas detalladas

Colector: 5 codos de 90°, 1 codos de 45°, 0 reducciones, 2 T's, 5 válvulas

Circuitos enterrados: 0 codos de 90°, 0 codos de 45°, 0 reducciones, 5 T's, 0 válvulas, 5 U's

Pérdidas con cálculo de longitud equivalente

Colector: - m de longitud equivalente;

Circuitos enterrados: - m de longitud equivalente

8. RESULTADOS.

Longitud seleccionada: 120 m

Refrigeración → **EER_{min}: 6,27;**

Calefacción → **COP_{min}: 4,58, 78,17 %_{min} de contribución renovable**

INFORME DE RESULTADOS

Calefacción

Datos del intercambiador		Datos de funcionamiento						Otros	
Nº de sondeos	Profundidad (m)	COP	Pc (kW)	Pa (kW)	T Sal (°C)	Caudal(m ³ /h)	Pérd.(mca)	Área (m ²)	Volumen (m ³)
3	36,92	3,45	11,03	3,20	-4,00	2,79	8,65	10,00	1,96
3	44,26	3,66	11,72	3,20	-2,00	2,79	8,78	10,00	2,35
3	54,45	3,88	12,41	3,20	0,00	2,79	8,98	10,00	2,89
3	69,24	4,06	13,00	3,20	2,00	2,79	9,27	10,00	3,67
3	114,90	4,56	14,58	3,20	5,00	2,79	10,34	10,00	6,09
3	144,22	4,68	14,97	3,20	6,00	2,79	10,95	10,00	7,65
3	191,57	4,77	15,27	3,20	7,00	2,79	11,94	10,00	10,16
3	280,04	4,89	15,66	3,20	8,00	2,79	13,79	10,00	14,85
3	4991,67	5,20	16,65	3,20	10,00	2,79	113,03	10,00	264,63
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Refrigeración

Datos del intercambiador		Datos de funcionamiento						Otros	
Nº de sondeos	Profundidad (m)	EER	Pf (kW)	Pa (kW)	T Sal (°C)	Caudal(m ³ /h)	Pérd.(mca)	Área (m ²)	Volumen (m ³)
3	95,29	6,27	15,67	2,50	30,00	2,75	9,09	10,00	5,05
3	63,21	5,10	14,80	2,90	35,00	2,75	8,48	10,00	3,35
3	47,50	4,41	14,13	3,20	40,00	2,75	8,17	10,00	2,52
3	38,67	3,61	13,35	3,70	45,00	2,75	8,00	10,00	2,05
3	32,52	3,02	12,38	4,10	50,00	2,75	7,87	10,00	1,72
3	28,41	2,50	11,51	4,60	55,00	2,75	7,79	10,00	1,51

INFORME DE RESULTADOS

Nombre Dirección
Teléfono e-mail

1. LOCALIDAD

Ciudad: Madrid; País: España

2. TERRENO

Tipo de suelo: -; Conductividad: 1,60 W/m.K; Cp: 2,50 MJ/K.m3

3. EDIFICIO Y CARGAS TÉRMICAS

Máxima carga en calefacción: 9,30 kW Máxima carga en refrigeración: 12,80 kW

4. BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA

AGEO - 50H; Fluido de trabajo: Propilenglicol (25,00 %)

5. DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR

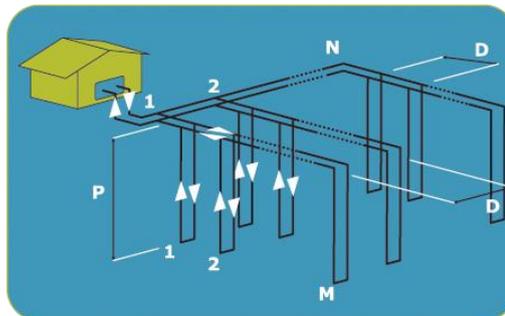
Configuración: Vertical 1

M: 3

N: 1

D: 5,00 m

Double U: No



6. TUBERÍAS Y COLECTORES

Material del intercambiador enterrado

Estándar: Polietileno 100; PN 16bar; \varnothing_{NOM} : 32 mm

No estándar: Conductividad: - W/m/K; Rugosidad: - mm; PN: - bar; \varnothing_{INT} : - mm; \varnothing_{EXT} : - mm

Material del colector

Estándar: Polietileno 100; PN 16bar; \varnothing_{NOM} : 32 mm; Longitud: 10,00m

No estándar: Rugosidad: - mm; PN: - bar; \varnothing_{INT} : - mm; Longitud: - m



INFORME DE RESULTADOS

7. ACCESORIOS

Pérdidas detalladas

Colector: 5 codos de 90°, 1 codos de 45°, 0 reducciones, 2 T's, 5 válvulas

Circuitos enterrados: 0 codos de 90°, 0 codos de 45°, 0 reducciones, 5 T's, 0 válvulas, 5 U's

Pérdidas con cálculo de longitud equivalente

Colector: - m de longitud equivalente;

Circuitos enterrados: - m de longitud equivalente

8. RESULTADOS.

Longitud seleccionada: 105 m

Refrigeración → **EER_{min}: 6,27;**

Calefacción → **COP_{min}: 4,58, 78,17 %_{min} de contribución renovable**

INFORME DE RESULTADOS

Calefacción

Datos del intercambiador		Datos de funcionamiento						Otros	
Nº de sondeos	Profundidad (m)	COP	Pc (kW)	Pa (kW)	T Sal (°C)	Caudal(m ³ /h)	Pérd.(mca)	Área (m ²)	Volumen (m ³)
3	31,91	3,45	11,03	3,20	-4,00	2,79	8,52	10,00	1,69
3	38,29	3,66	11,72	3,20	-2,00	2,79	8,64	10,00	2,03
3	47,17	3,88	12,41	3,20	0,00	2,79	8,81	10,00	2,50
3	60,04	4,06	13,00	3,20	2,00	2,79	9,06	10,00	3,18
3	99,89	4,56	14,58	3,20	5,00	2,79	10,01	10,00	5,30
3	125,47	4,68	14,97	3,20	6,00	2,79	10,54	10,00	6,65
3	166,73	4,77	15,27	3,20	7,00	2,79	11,40	10,00	8,84
3	243,88	4,89	15,66	3,20	8,00	2,79	13,02	10,00	12,93
3	4353,79	5,20	16,65	3,20	10,00	2,79	99,58	10,00	230,81
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Refrigeración

Datos del intercambiador		Datos de funcionamiento						Otros	
Nº de sondeos	Profundidad (m)	EER	Pf (kW)	Pa (kW)	T Sal (°C)	Caudal(m ³ /h)	Pérd.(mca)	Área (m ²)	Volumen (m ³)
3	94,18	6,27	15,67	2,50	30,00	2,75	9,07	10,00	4,99
3	62,51	5,10	14,80	2,90	35,00	2,75	8,46	10,00	3,31
3	46,99	4,41	14,13	3,20	40,00	2,75	8,16	10,00	2,49
3	38,28	3,61	13,35	3,70	45,00	2,75	7,99	10,00	2,03
3	32,22	3,02	12,38	4,10	50,00	2,75	7,87	10,00	1,71
3	28,17	2,50	11,51	4,60	55,00	2,75	7,78	10,00	1,49

ANEXO 4. SUELO RADIANTE

Como sistema de calefacción se empleará el suelo radiante, que consiste en una tubería instalada en la capa de mortero que se distribuye por toda la superficie del local calefactable, a través de la que se conduce el agua caliente a baja temperatura.

La elección de esta tecnología se fundamenta en el hecho de que la distribución vertical de temperaturas que se consigue con el suelo radiante es la más parecida a la distribución ideal. A continuación se muestran una serie de imágenes donde se compara la distribución de temperaturas para diferente tipo de sistemas de calefacción.

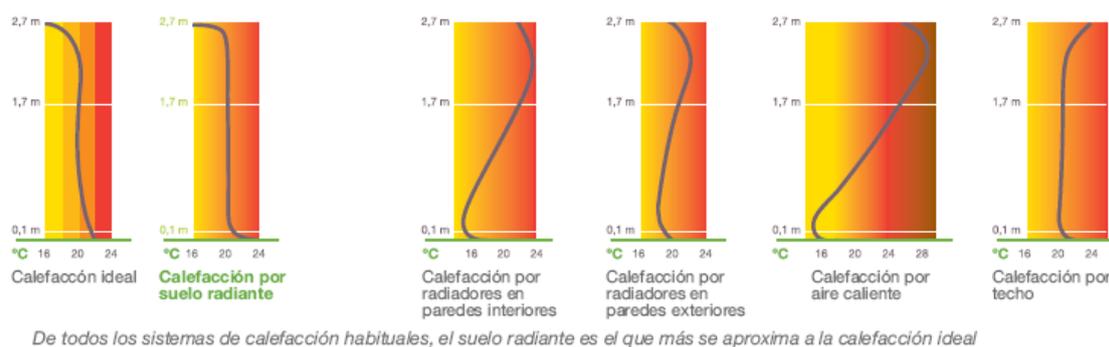


Figura A3. Comparativa de confort entre los diferentes tipos de calefacción.

Estas gráficas se denominan curvas de confort fisiológico y que la del suelo radiante sea la más cercana a la ideal se explica por:

- Se consigue una distribución óptima de la temperatura en el espacio a calentar.
- Mejor conservación de la humedad relativa.

Además dispone de otras ventajas como una gran inercia térmica del sistema y la autorregulación, debida a que si la temperatura ambiente es igual a la del foco caliente deja de producirse intercambio de calor.

Instalación de suelo radiante

Una vez calculadas las necesidades de calefacción del edificio se procede al dimensionado de la instalación de suelo radiante necesaria, calculando el número de circuitos para cada sector de la vivienda, distancia entre tubos, temperatura máxima de superficies...

Para llevar a cabo el diseño del sistema se debe cumplir la norma UNE-EN 1264, en la que se especifica la potencia máxima permitida por la instalación, así como la temperatura máxima de la superficie del suelo. Esta temperatura máxima se fijará en 29°C para zonas habitualmente habitadas de un edificio residencial y en 33°C para baños y cocinas.

Por último, es necesario realizar la sectorización del edificio a climatizar para ajustar el cálculo del suelo radiante a las necesidades de cada espacio a calefactar. En el presente proyecto se

toman cada uno de los espacios de la vivienda como sectores independientes sobre los que dimensionar el sistema de suelo radiante, quedando de esta forma las siguientes zonas:

- Planta 1: Sala de estar 1, sala de estar 2, cocina, sala de estar 3, baño, pasillo.
- Planta 2: Habitación 1, baño 1, habitación 2, habitación 3, baño 2, baño 3, habitación 4, pasillo.

Método de cálculo

El cálculo del sistema se lleva a cabo siguiendo el manual técnico para instalación de suelo radiante clásico de Polytherm.

El punto de partida se sitúa en conocer para cada una de las sectorizaciones la superficie de los espacios definidos y la potencia de calefacción requerida. Con esto se calculará el denominado calor específico, es decir, la potencia calorífica que se debe emitir en cada sector por metro cuadrado.

El valor calculado de calor específico y el tipo de suelo de la estancia permite entrar a la Figura A4 (Método Polytherm, sistema clásico) para obtener el valor de temperatura de entrada del agua al colector, temperatura del suelo, distancia entre tubos en cm (RA) y metros cuadrados de superficie admisibles en cada circuito.

Calor Específico q (W/m²)		35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170			
Temperatura media en superficie de suelo		23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35																		
Temperatura de entrada 40°C en colectores Temperatura ambiente 20 °C	R _{sa} = 0,01 m²K/W Cerámico / Patecos elevados	33	33	33	33	33	25	25	16	16	16	16	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	RA Recom. m² max.	
	R _{sa} = 0,05 m²K/W Madera fina y linóleo	40,0	35,0	30,0	25,0	20,0	20,0	16,0	20,0	17,0	13,0	11,0	10,0	10,0	9,0	8,0	7,0	5,5													RA Recom. m² max.	
	R _{sa} = 0,10 m²K/W Madera espesor medio y moquetas finas	33	33	25	25	25	16	16	16	8	8	8																			RA Recom. m² max.	
	R _{sa} = 0,15 m²K/W Maderas gruesas y moquetas	40,0	20,0	22,0	20,0	16,0	11,0	9,0	7,0																						RA Recom. m² max.	
Temperatura de entrada 45°C en colectores Temperatura ambiente 20 °C	R _{sa} = 0,01 m²K/W Cerámico / Patecos elevados		33	33	33	33	25	25	25	25	25	16	16	16	16	16	16	16	16	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	RA Recom. m² max.	
	R _{sa} = 0,05 m²K/W Madera fina y linóleo	33	33	30	25,0	20,0	24,0	22,0	18,0	20,0	18,0	17,0	13,0	9,0	9,0	8,0	7,0	6,0	5,5												RA Recom. m² max.	
	R _{sa} = 0,10 m²K/W Madera espesor medio y moquetas finas	33	33	33	25	25	25	16	16	16	16	8	8	8																	RA Recom. m² max.	
	R _{sa} = 0,15 m²K/W Maderas gruesas y moquetas	40,0	35,0	30,0	25,0	22,0	20,0	18,0	16,0	11,0	11,0	10,0	9,0																		RA Recom. m² max.	
Temperatura de entrada 50°C en colectores Temperatura ambiente 20 °C	R _{sa} = 0,01 m²K/W Cerámico / Patecos elevados			33	33	33	25	25	25	25	25	25	25	25	25	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	8	8	8	8	8	RA Recom. m² max.	
	R _{sa} = 0,05 m²K/W Madera fina y linóleo			33	33	33	33	25	25	25	22,0	20,0	16,0	20,0	18,0	16,0	12,5	8,0	11,0	10,0	9,0	8,0	7,2	6,0							RA Recom. m² max.	
	R _{sa} = 0,10 m²K/W Madera espesor medio y moquetas finas	33	33	33	25	25	25	16	16	16	16	16	8	8	8	8															RA Recom. m² max.	
	R _{sa} = 0,15 m²K/W Maderas gruesas y moquetas	40,0	35,0	30,0	28,0	25,0	22,0	18,0	20,0	17,0	14,0	10,0	9,0	8,0	7,5	7,0															RA Recom. m² max.	
Temperatura de entrada 55°C en colectores Temperatura ambiente 20 °C	R _{sa} = 0,01 m²K/W Cerámico / Patecos elevados					33	33	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	RA Recom. m² max.	
	R _{sa} = 0,05 m²K/W Madera fina y linóleo					33	33	33	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	RA Recom. m² max.
	R _{sa} = 0,10 m²K/W Madera espesor medio y moquetas finas	33	33	33	33	33	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	RA Recom. m² max.
	R _{sa} = 0,15 m²K/W Maderas gruesas y moquetas	40,0	30,0	30,0	30,0	30,0	25,0	25,0	24,0	22,0	20,0	20,0	18,0	18,0	16,0	16,0	15,0	14,0	13,0	10,0	9,0	8,0	6,4								RA Recom. m² max.	

Figura A4. Tabla Método Polytherm sistema clásico.

A continuación se procede a calcular el número de circuitos necesarios en cada región aplicando la fórmula siguiente:

$$n^{\circ} \text{ circuitos} = \frac{\text{Superficie}}{m^2 \text{ admisibles en cada circuito}}$$

Posteriormente se calcularán los metros lineales de circuito que debe tener cada sección empleando los datos de la tabla que, en función del valor RA (distancia entre tubos), fija los metros lineales por superficie a emplear.

Tabla A3. Valores para el cálculo de suelo radiante.

Distancia entre tubos RA (cm)	RA8	RA16	RA25	RA33
Necesidad lineal tubo (m lineales/m ²)	11	6	4,25	3

La expresión empleada para obtener dicha longitud lineal de tubos para cada zona es,

$$\text{Longitud lineal} = 2 \times S \times L$$

donde:

2 considera el circuito de ida y retorno,

S es la superficie del espacio en el que se instalará el sistema,

L son los metros lineales de tubo por superficie.

Una vez se han obtenido los anteriores parámetros con el fin de dimensionar los distintos circuitos, se procederá a calcular el caudal y las pérdidas de carga del circuito más desfavorable para poder seleccionar el grupo el bombeo necesario para mover el agua en la instalación.

El caudal total será la suma de los caudales de cada uno de los circuitos de la instalación y se halla según la expresión:

$$M = \frac{Q}{Cp \times (Te - Ts)}$$

donde,

M es el caudal en litros/hora

Q es la potencia térmica en kcal/hora (1kcal/hora=1,163 W)

Cp es el calor específico del agua

Te es temperatura del agua a la entrada

Ts es la temperatura del agua a la salida del circuito.

Ahora para hallar la pérdida de carga que tendrá que ser capaz de superar la bomba de agua se tiene que considerar el tramo entre la bomba de calor ya sea aerotérmica o geotérmica y el colector, y el circuito de suelo radiante más desfavorable.

El diámetro de tubería desde el generador de calor hasta el colector deberá tener un valor que produzca una caída de presión que no supere la máxima permitida, fijada en 0,4 kPa/m. Se empleará una tubería de polietileno reticulado con lo que, sabiendo el caudal total de la instalación calculado anteriormente, empleando el “Diagrama de pérdidas de carga de tubería de polietileno reticulado” (Figura A5), se seleccionará el diámetro a emplear para no superar dicho límite.

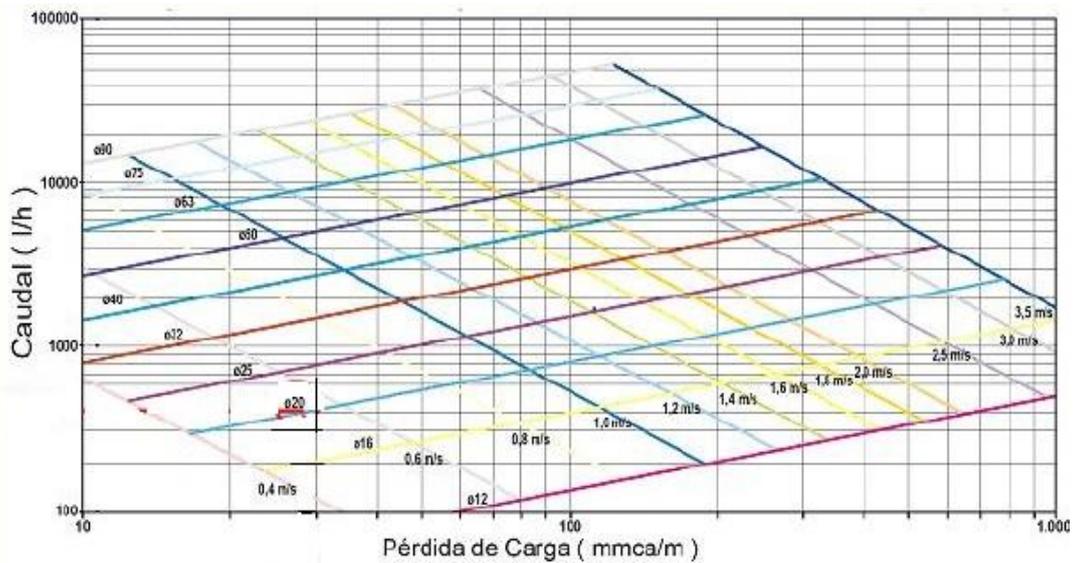


Figura A5. Diagrama de pérdidas de carga para tuberías de polietileno reticulado.

Para la selección del diámetro del tubo y de la pérdida de presión del circuito de suelo radiante más desfavorable se siguen los mismos pasos que en el tubo de polietileno reticulado pero utilizando en “Diagrama pérdida de presión para tubos de polietileno Wirsbo” (Figura A6). Sabiendo el caudal anteriormente calculado del circuito más desfavorable, se selecciona el diámetro que conduzca a una pérdida de carga en el tubo por debajo del valor límite de 0,4 kPa/m.

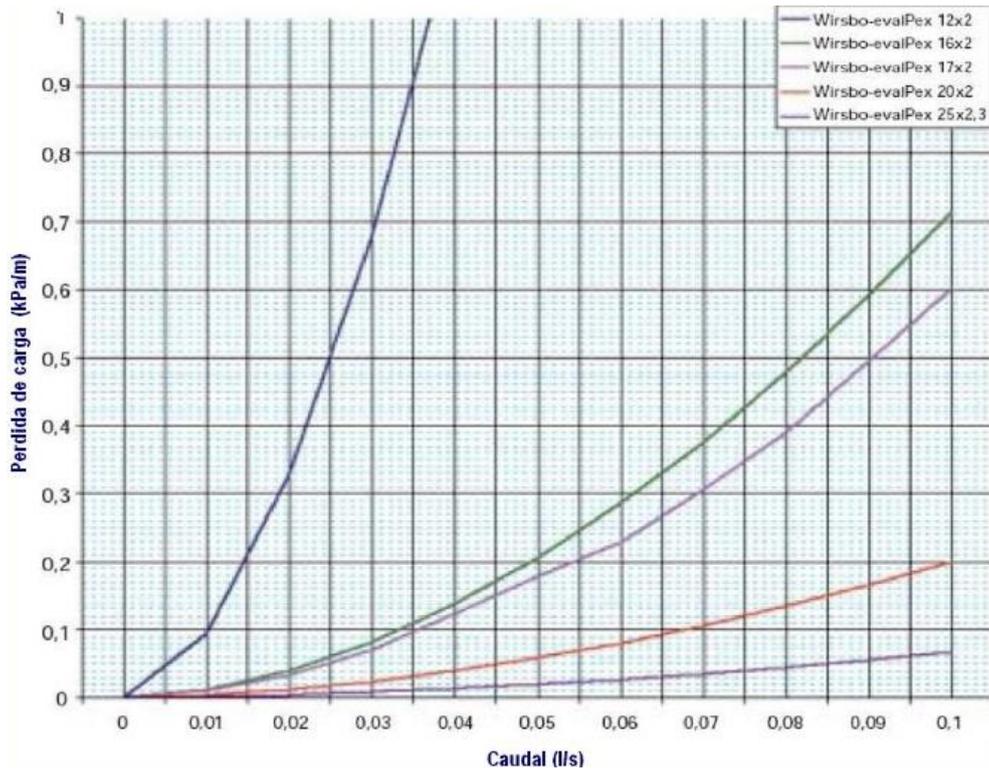


Figura A6. Diagrama pérdida de presión para tubos de polietileno Wirsbo.

Por último, para calcular la caída de presión total en el circuito más desfavorable se seguirá el siguiente procedimiento:

Se calcula la pérdida de carga total del tramo generador-colector y la pérdida de carga en el circuito más desfavorable por separado, empleando para ello la expresión abajo representada.

$$\Delta P = \Delta p \times L \times 2$$

donde

ΔP es la pérdida de carga total

Δp es la pérdida de carga por metro de tubería obtenida en los diagramas anteriores

L es la longitud del circuito

2 se emplea para tener en cuenta la ida y el retorno del circuito.

Una vez obtenidos, la pérdida de carga total será 1,2 veces la suma de los dos valores obtenidos mediante la expresión anterior.

Dimensionado suelo radiante para el edificio de consumo casi cero (NZEB)

En este apartado se muestra el resultado de la aplicación del método de cálculo anteriormente presentado sobre el edificio de consumo de energía casi cero (NZEB).

Como se explica anteriormente, para el cálculo se ha analizado cada una de las habitaciones de la vivienda como un sector independiente al que instalar el suelo radiante. En los cuartos de baño se ha de tener en cuenta que la superficie ocupada por lavabo, inodoro, bañera y/o plato de ducha no se puede considerar superficie útil en la que instalar el suelo radiante y además se trata de zonas en las que se requiere una temperatura algo superior al resto de la casa, de modo que se selecciona una separación entre tubos (RA) de 8 cm para satisfacer todas las restricciones comentadas.

Por último comentar que se emplea para el cálculo de los caudales una diferencia de temperatura entre entrada y salida del agua al circuito de 10°C, de manera que se han obtenido los siguientes valores.

Tabla A4. Cálculos del suelo radiante para la planta 1 del NZEB.

PLANTA 1						
Espacio	Sala estar 1	Sala estar 2	Cocina	Sala estar 3	Baño	Pasillo
Superficie	8,27	53,79	18,47	7,93	4,52	1,36
Potencia térmica, Q (W)	698,07	3403,69	767,92	418,64	297,6	35,62
Calor específico (q)	84,41	63,28	41,58	52,79	65,84	26,19
Tª media suelo (°C)	27,5	26	24	25	28,5	23
RA (cm)	16	25	33	33	8	33
m2/circuito	13	20	30	20	10	40
Tª agua (°C)	40	40	40	40	40	40
Nº circuitos	0,636	2,690	0,616	0,397	0,452	0,034
Nº circuitos	1	3	1	1	1	1
Necesidad lineales de tubo (m lineales/m2)	6	4,25	3	3	11	3
Longitud lineal (m)	99,24	457,215	110,82	47,58	99,44	8,16
Potencia térmica por circuito (Kcal/h)	600,23	975,55	660,29	359,97	255,89	30,63
Caudal por circuito (l/h)	60,02	97,55	66,03	36,00	25,59	3,06
Caudal total (l/h)	417,34					

Tabla A5. Cálculos del suelo radiante para la planta 2 del NZEB.

PLANTA 2								
Espacio	Habitación 1	Baño	Habitación 2	Habitación 3	Baño	Baño	Habitación 4	Pasillo
Superficie (m ²)	12,85	4,66	12,49	14,47	14,17	4,82	11,91	16,45
Potencia térmica (W)	931,89	397,77	918,47	1140,02	584,87	104,77	658,77	423,02
Calor específico(W/m ²)	72,52	85,36	73,54	78,79	41,28	21,74	55,31	25,72
Tª media suelo (°C)	26,5	28,5	26,5	27	28,5	28,5	25	23
RA (cm)	16	8	16	16	8	8	33	33
m ² /circuito	20	10	20	17	10	10	20	40
Tª agua (°C)	40	40	40	40	40	40	40	40
Nº circuitos	0,64	0,47	0,62	0,85	1,42	0,48	0,60	0,41
Nº circuitos	1	1	1	1	2	1	1	1
Necesidad lineales de tubo (m lineales/m ²)	6	11	6	6	11	11	3	3
Longitud lineal	154,2	102,52	149,88	173,64	311,74	106,04	71,46	98,7
Potencia térmica por circuito (Kcal/h)	801,28	342,02	789,74	980,24	251,45	90,09	566,44	363,73
Caudal (l/h)	80,13	34,20	78,97	98,02	25,14	9,01	56,64	36,37
Caudal total (l/h)	443,64							

Una vez se dispone de toda esta información se pasa a calcular la caída de presión del circuito más desfavorable, que en este caso es el correspondiente a la habitación 3 de la segunda planta.

La caída de presión del tramo generador-colector queda definida por el caudal total de la instalación calculado anteriormente, que es de 860 l/h, el diámetro del tubo que se selecciona mediante el diagrama de la Figura con el propósito de conseguir una pérdida de carga menor a 0,4 kPa/m y la longitud de tubo del tramo que será de 10 metros.

Así pues, se selecciona un diámetro de 25 mm con el que se tiene una pérdida de carga máxima (ΔP) de 0,23 kPa/m, quedando definida la pérdida de presión como:

$$\Delta P1 = 0,23 \frac{kPa}{m} \times 10 m \times 2 = 4,6 kPa$$

La caída de presión en el circuito de la habitación 3 de la segunda planta estará a su vez definida por el caudal que circula por él, 98 l/h, y el diámetro del tubo que se selecciona mediante el diagrama de la Figura con el propósito de conseguir una pérdida de carga menor a 0,4 kPa/m y la longitud de tubo del tramo que será de 173,64 metros.

Se selecciona un diámetro de 16 mm con el que finalmente se consigue una pérdida de carga máxima (ΔP) de 0,07 kPa/m, quedando definida la pérdida de presión como:

$$\Delta P2 = 0,07 \frac{kPa}{m} \times 173,64 m \times 2 = 24,3 kPa$$

Así pues la pérdida de presión total del sistema será la suma de las dos pérdidas parciales calculadas anteriormente de modo que,

$$\Delta P total = \Delta P1 + \Delta P2 = 28,9 kPa$$

Y para tener en cuenta las caídas de presión provocadas por los accesorios de la instalación (codos, válvulas...) se supone un aumento del 20% sobre las pérdidas totales calculadas, resultando:

$$\Delta P_{final} = 1,2 \times \Delta P_{total} = 34,68 \text{ kPa}$$

Por último se selecciona el grupo de bombeo necesario para hacer circular el agua a través de los circuitos, conociendo el caudal total y la altura manométrica que se debe superar, siendo este último concepto la suma de la pérdida de presión de la instalación y la altura geométrica a la que debe llegar el agua, en este caso los 3 metros en los que se sitúa la segunda planta de la vivienda. De este modo se precisará de una bomba de agua que pueda trabajar con un caudal de 860 l/h y proporcione una altura manométrica de 6,54 m. Se selecciona la bomba de agua de la compañía Ebara, modelo LPS 25/08.

Dimensionado suelo radiante para el edificio PASIVHAUS

En este apartado se muestra el resultado obtenido al aplicar el método de cálculo explicado al inicio de este apartado sobre el edificio PASIVHAUS.

Como se explica anteriormente, para el cálculo se ha analizado cada una de las habitaciones de la vivienda como un sector independiente al que instalar el suelo radiante. En los cuartos de baño se ha de tener en cuenta que la superficie ocupada por lavabo, inodoro, bañera y/o plato de ducha no se puede considerar superficie útil en la que instalar el suelo radiante y además se trata de zonas en las que se requiere una temperatura algo superior al resto de la casa, de modo que se selecciona una separación entre tubos (RA) de 8 cm para satisfacer todas las restricciones comentadas.

Por último comentar que también se emplea para el cálculo de los caudales una diferencia de temperatura entre entrada y salida del agua al circuito de 10°C, de manera que se han obtenido los siguientes valores.

Tabla A6. Cálculos del suelo radiante para la planta 1 de la vivienda Passivhaus.

PLANTA 1						
Espacio	Sala estar 1	Sala estar 2	Cocina	Sala estar 3	Baño	Pasillo
Superficie (m2)	8,27	53,79	18,47	7,93	4,52	1,36
Potencia térmica (W)	574,5	3051,46	725,81	381,41	264,51	32,84
Calor específico (W/m2)	69,47	56,73	39,30	48,10	58,52	24,15
Tª media suelo (°C)	26	25	24	24,5	28,5	23
RA (cm)	25	25	33	33	8	33
m2/circuito	16	26	30	25	10	40
Tª agua (°C)	40	40	40	40	40	40
Nº circuitos	0,52	2,07	0,62	0,32	0,45	0,03
Nº circuitos	1	3	1	1	1	1
Necesidad lineales de tubo (m lineales/m2)	4,25	4,25	3	3	11	3
Longitud lineal (m)	70,30	457,22	110,82	47,58	99,44	8,16
Potencia térmica por circuito (Kcal/h)	493,98	874,59	624,08	327,95	227,44	28,24
Caudal por circuito (l/h)	49,40	87,46	62,41	32,80	22,74	2,82
Caudal total (l/h)	370,14					

Tabla A7. Cálculos del suelo radiante para la planta 2 de la vivienda Passivhaus.

PLANTA 2								
Espacio	Habitación 1	Baño	Habitación 2	Habitación 3	Baño	Baño	Habitación 4	Pasillo
Superficie (m2)	12,85	4,66	12,49	14,47	14,17	4,82	11,91	16,45
Potencia térmica (W)	707,82	333,63	779,85	904,12	470,08	75,01	531,17	309,1
Calor específico (W/m2)	55,083	71,594	62,438	62,482	33,174	15,562	44,599	18,790
Tª media suelo (°C)	25	28,5	26	26	28,5	28,5	24	23
RA (cm)	25	8	25	25	8	8	33	33
m2/circuito	26	10	20	20	10	10	30	40
Tª agua (°C)	40	40	40	40	40	40	40	40
Nº circuitos	0,49	0,47	0,62	0,72	1,42	0,48	0,40	0,41
Nº circuitos	1	1	1	1	2	1	1	1
Necesidad lineales de tubo (m lineales/m2)	4,25	11	4,25	4,25	11	11	3	3
Longitud lineal	109,23	102,52	106,17	123,00	311,74	106,04	71,46	98,70
Potencia térmica por circuito (Kcal/h)	608,62	286,87	670,55	777,40	202,10	64,50	456,72	265,78
Caudal (l/h)	60,86	28,69	67,06	77,74	20,21	6,45	45,67	26,58
Caudal total (l/h)	353,46							

Una vez se ha calculado toda esta información se procede a hallar la caída de presión del circuito más desfavorable, que corresponde esta vez con la sala de estar 2 de la primera planta ya que, con el cambio de demandas térmicas y por tanto de separación entre tubos, se convierte en el circuito de mayor longitud y más caudal.

Como se ha especificado en el caso anterior, la caída de presión del tramo generador-colector queda definida por el caudal total de la instalación calculado anteriormente, siendo ahora de 723,6 l/h, el diámetro del tubo que se selecciona mediante el diagrama de la Figura con el propósito de conseguir una pérdida de carga menor a 0,4 kPa/m y la longitud de tubo del tramo que será de 10 metros.

Así pues, se selecciona un diámetro de 32 mm con el que se tiene una pérdida de carga máxima (ΔP) de 0,11 kPa/m, quedando definida la pérdida de presión como:

$$\Delta P1 = 0,11 \frac{kPa}{m} \times 10 m \times 2 = 2,2 kPa$$

La caída de presión en el circuito de la sala de estar 2 estará a su vez definida por el caudal que circula por él, 87,5 l/h, y el diámetro del tubo que se selecciona mediante el diagrama de la Figura con el propósito de conseguir una pérdida de carga menor a 0,4 kPa/m y la longitud de tubo del tramo que será de 152,3 metros.

Se selecciona un diámetro de 16 mm con el que finalmente se consigue una pérdida de carga máxima (ΔP) de 0,05 kPa/m, quedando definida la pérdida de presión como:

$$\Delta P2 = 0,05 \frac{kPa}{m} \times 152,3 m \times 2 = 15,23 kPa$$

Así pues la pérdida de presión total del sistema será la suma de las dos pérdidas parciales calculadas anteriormente de modo que

$$\Delta P total = \Delta P1 + \Delta P2 = 17,43 kPa$$

Y para tener en cuenta las caídas de presión provocadas por los accesorios de la instalación (codos, válvulas...) se supone un aumento del 20% sobre las pérdidas totales calculadas, resultando:

$$\Delta P final = 1,2 \times \Delta P total = 20,92 kPa$$

Por último se selecciona el grupo de bombeo necesario para hacer circular el agua a través de los circuitos, conociendo el caudal total y la altura manométrica que se debe superar, siendo este último concepto la suma de la pérdida de presión de la instalación y la altura geométrica a la que debe llegar el agua, en este caso los 3 metros en los que se sitúa la segunda planta de la vivienda. De este modo se precisará de una bomba de agua que pueda trabajar con un caudal de 723,6 l/h y proporcione una altura manométrica de 5,13 m. Se selecciona una bomba de agua de la compañía Ebara, en concreto, el modelo Etherma 3-72-2.

ANEXO 5. ILUMINACIÓN

La tecnología seleccionada para la iluminación se ha seleccionado basándonos en los datos mostrados en la Figura A8. Se ha seleccionado la tecnología LED por requerir menos potencia que el resto de opciones y tener una vida útil media mayor.

						
FEATURES	Incandescent	Fluorescent	CFL	HID	LED	Halogen
Rated Avg. Life	750-1000	20,000	10,000	20,000	45,000	3,000
Watts	3 – 500	4 – 215	3 – 120	35 – 1500	2.5 – 16	5 – 500
Cost to Operate	High	Low	Low	Lowest	Low	Medium
Price of Product	Low	Medium	Medium	High	High	Medium
Lumens per Watt (LPW)	15	60 – 100	60	Up to 120	45	25

Figura A7. Características tecnologías de iluminación.

Los consumos de iluminación de la vivienda se han calculado mediante el software DIALUX, que simula a partir de catálogos de fabricantes de luminarias el reparto del flujo lumínico, los lúmenes por zona y la potencia instalada de cada espacio del edificio.

En primer lugar se ha diseñado la vivienda en el programa, respetando los espacios en los que se divide la vivienda y los elementos que realizan esta separación, así como muebles y elementos que puedan tener efectos sobre la repartición de la iluminación. Además se introducen los huecos de cada cerramiento de manera que el programa tenga en cuenta la iluminación diurna en función de la ubicación y orientación de la construcción.

Tras el diseño del edificio se seleccionan las luminarias a instalar en cada zona con el objetivo de obtener un flujo lumínico adecuado por área.

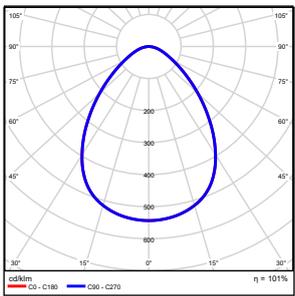
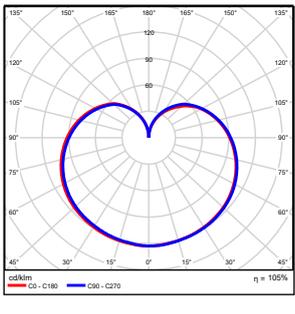
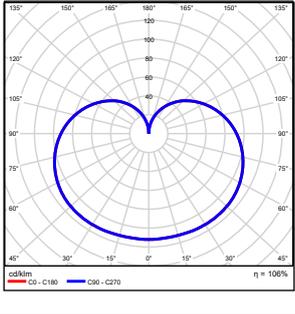
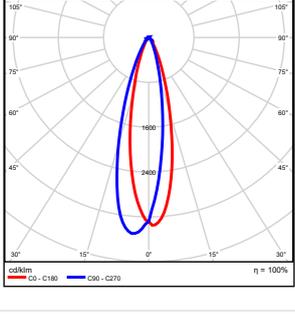
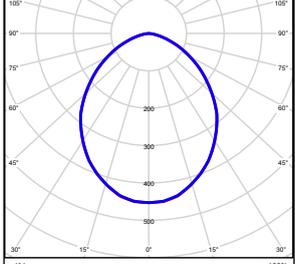
Una vez terminado el cálculo de iluminación se obtienen las potencias a instalar que se muestran en la tabla A8. Esto supone una potencia a instalar por unidad de superficie de $5 \frac{W}{m^2}$.

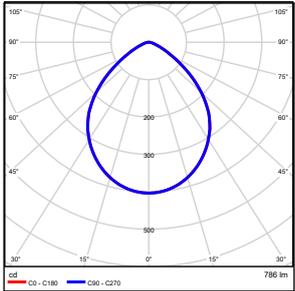
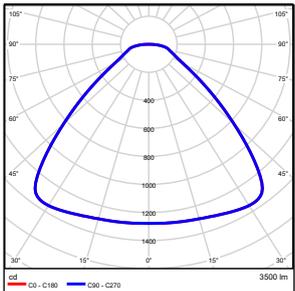
Tabla A8. Potencias instaladas en la vivienda

Potencia instalada en planta baja y alta	862,6 W
Potencia instalada en sótano	104 W

A continuación se muestra la lista de luminarias empleadas y la distribución del flujo lumínico en cada una de las estancias de la vivienda. Los informes titulados “Proyecto 0” pertenecen a las estancias de la primera y segunda planta, mientras que los del “Proyecto 1” pertenecen al sótano.

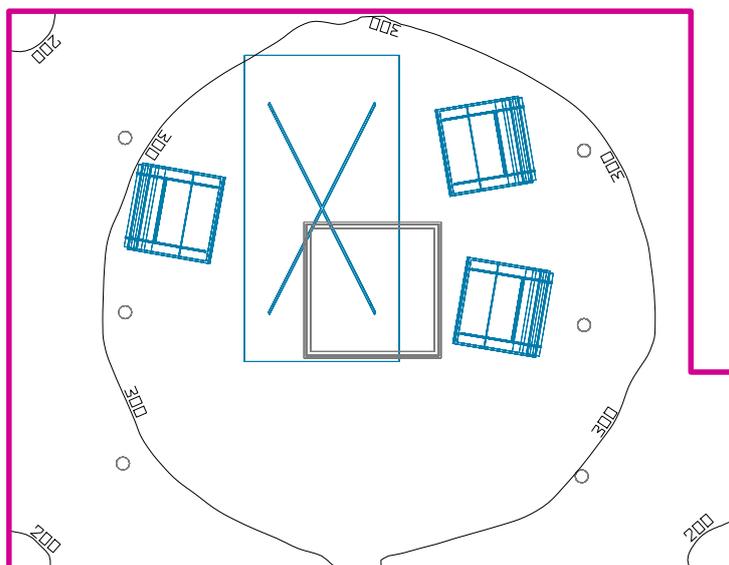
Proyecto 0

Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)		
4	LG Electronics Spain A2530TE10BA CE_LG LED SlimART Blade Eye 25W 3000K (0-10V) Emisión de luz 1 Lámpara: 1xCE_LG LED SlimART Blade Eye 25W 3000K Grado de eficacia de funcionamiento: 101.31% Flujo luminoso de lámparas: 1600 lm Flujo luminoso de las luminarias: 1621 lm Potencia: 25.4 W Rendimiento lumínico: 63.8 lm/W Indicaciones colorimétricas 1xCE_LG LED SlimART Blade Eye 25W 3000K: CCT 2901 K, CRI 80		
18	LG Electronics Spain B0727EB4n71 CE_LG LED Bulb 6.5W 2700K 240D (Lamp Only) Emisión de luz 1 Lámpara: 1xCE_LG LED Bulb 6.5W 2700K 240D Grado de eficacia de funcionamiento: 105.49% Flujo luminoso de lámparas: 470 lm Flujo luminoso de las luminarias: 496 lm Potencia: 6.5 W Rendimiento lumínico: 76.3 lm/W Indicaciones colorimétricas 1xCE_LG LED Bulb 6.5W 2700K 240D: CCT 3464 K, CRI 80		
4	LG Electronics Spain B0927EB7N01 CE_LG LED Bulb 9W 2700K 270D (Lamp Only) Emisión de luz 1 Lámpara: 1xCE_LG LED Bulb 9W 2700K 270D Grado de eficacia de funcionamiento: 106.09% Flujo luminoso de lámparas: 810 lm Flujo luminoso de las luminarias: 859 lm Potencia: 9.0 W Rendimiento lumínico: 95.5 lm/W Indicaciones colorimétricas 1xCE_LG LED Bulb 9W 2700K 270D: CCT 2749 K, CRI 80		
8	LG Electronics Spain P0627G25T11 CE_LG LED PAR16 6W 2700K 25D (Lamp Only) Dimmable Emisión de luz 1 Lámpara: 1xCE_LG LED PAR16 6W 2700K 25D Grado de eficacia de funcionamiento: 100% Flujo luminoso de lámparas: 310 lm Flujo luminoso de las luminarias: 310 lm Potencia: 6.0 W Rendimiento lumínico: 51.7 lm/W Indicaciones colorimétricas 1xCE_LG LED PAR16 6W 2700K 25D: CCT 3445 K, CRI 80		
13	Linea Light Group 85059W00 Nitum Emisión de luz 1 Lámpara: 1x2W_powerLED_3000K Grado de eficacia de funcionamiento: 100% Flujo luminoso de lámparas: 208 lm Flujo luminoso de las luminarias: 208 lm Potencia: 2.0 W Rendimiento lumínico: 104.0 lm/W Indicaciones colorimétricas 1x2W_powerLED_3000K: CCT 3259 K, CRI 80		

Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)		
16	<p>Performance in Lighting 810710963002 DL100 superbasic Einbau-Downlight LED 9W mit Konverter / DALi / mit Notlicht 3h Emisión de luz 1 Lámpara: 1xLED Fotometría absoluta Flujo luminoso de las luminarias: 786 lm Potencia: 10.0 W Rendimiento lumínico: 78.7 lm/W</p> <p>Indicaciones colorimétricas 1xLED: CCT 3150 K, CRI 80</p>		
11	<p>RZB Rudolf Zimmermann, Bamberg GmbH 672195.002 Sidelite Eco prisma Emisión de luz 1 Lámpara: 1x1xLED Modul 830 34 W Fotometría absoluta Flujo luminoso de las luminarias: 3500 lm Potencia: 34.0 W Rendimiento lumínico: 102.9 lm/W</p> <p>Indicaciones colorimétricas 1x1xLED Modul 830 34 W: CCT 3259 K, CRI 80</p>		

Flujo luminoso total de lámparas: 74360 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 75108 lm, Potencia total: 862.6 W, Rendimiento lumínico: 87.1 lm/W

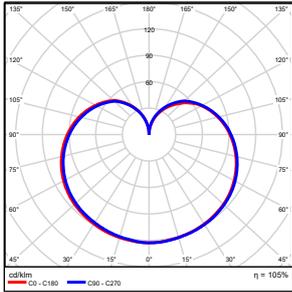
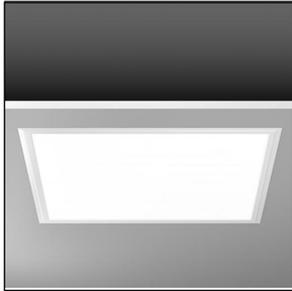
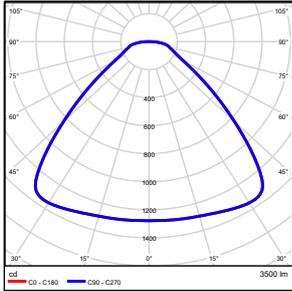
Local 1



Altura del local: 2.900 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

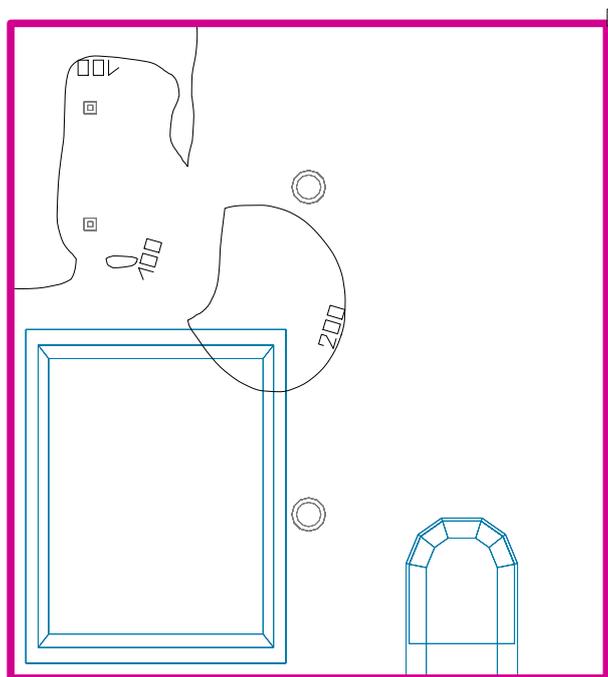
Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil 1	Intensidad lumínica perpendicular [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	308 (300)	187	383	0.61	0.49

N°	Número de unidades			
1	6	LG Electronics Spain B0727EB4n71 CE_LG LED Bulb 6.5W 2700K 240D (Lamp Only) Grado de eficacia de funcionamiento: 105.49% Flujo luminoso de lámparas: 470 lm Flujo luminoso de las luminarias: 496 lm Potencia: 6.5 W Rendimiento lumínico: 76.3 lm/W Indicaciones colorimétricas CE_LG LED Bulb 6.5W 2700K 240D: CCT 3464 K, CRI 80		
2	1	RZB Rudolf Zimmermann, Bamberg GmbH 672195.002 Sidelite Eco prisma Fotometría absoluta Flujo luminoso de las luminarias: 3500 lm Potencia: 34.0 W Rendimiento lumínico: 102.9 lm/W Indicaciones colorimétricas 1xLED Modul 830 34 W: CCT 3259 K, CRI 80		

Flujo luminoso total de lámparas: 6320 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 6476 lm, Potencia total: 73.0 W, Rendimiento lumínico: 88.7 lm/W

Potencia específica de conexión: $9.04 \text{ W/m}^2 = 2.94 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base 8.08 m^2)

Local 2



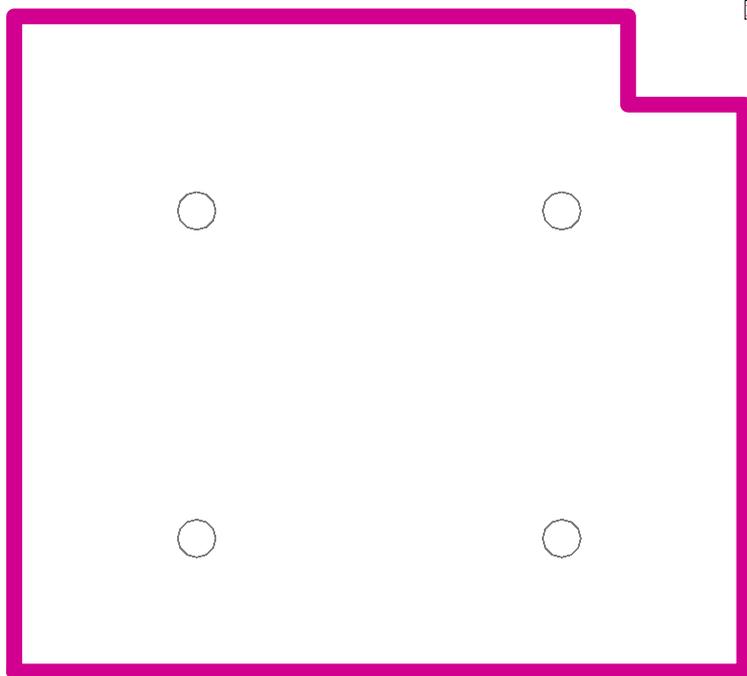
Altura del local: 2.900 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil 2	Intensidad lumínica perpendicular [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	158 (150)	2.02	205	0.01	0.01

N°	Número de unidades			
1	2	Linea Light Group 85059W00 Nitum Grado de eficacia de funcionamiento: 100% Flujo luminoso de lámparas: 208 lm Flujo luminoso de las luminarias: 208 lm Potencia: 2.0 W Rendimiento lumínico: 104.0 lm/W Indicaciones colorimétricas 2W_powerLED_3000K: CCT 3259 K, CRI 80		
2	2	Performance in Lighting 810710963002 DL100 superbasic Einbau-Downlight LED 9W mit Konverter / DALi / mit Notlicht 3h Fotometría absoluta Flujo luminoso de las luminarias: 786 lm Potencia: 10.0 W Rendimiento lumínico: 78.6 lm/W Indicaciones colorimétricas LED: CCT 3150 K, CRI 80		

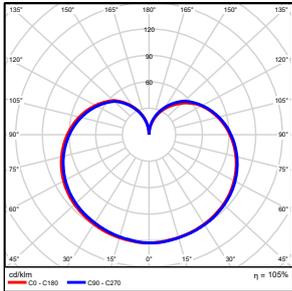
Local 3



Altura del local: 2.900 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil 3	Intensidad lumínica perpendicular [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	125 (100)	105	134	0.84	0.78

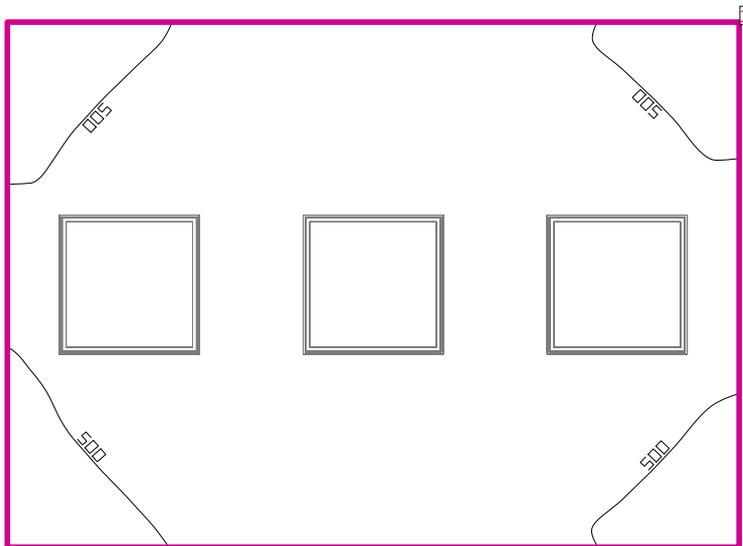
N°	Número de unidades		
1	4	LG Electronics Spain B0727EB4n71 CE_LG LED Bulb 6.5W 2700K 240D (Lamp Only) Grado de eficacia de funcionamiento: 105.49% Flujo luminoso de lámparas: 470 lm Flujo luminoso de las luminarias: 496 lm Potencia: 6.5 W Rendimiento lumínico: 76.3 lm/W Indicaciones colorimétricas CE_LG LED Bulb 6.5W 2700K 240D: CCT 3464 K, CRI 80	 

Flujo luminoso total de lámparas: 1880 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 1984 lm, Potencia total: 26.0 W, Rendimiento lumínico: 76.3 lm/W

Potencia específica de conexión: 22.22 W/m² = 17.77 W/m²/100 lx (Base 1.17 m²)

Consumo: 72 kWh/a de un máximo de 50 kWh/a

Local 4

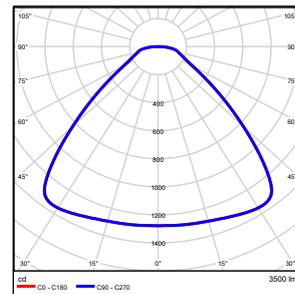


Altura del local: 2.900 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1	Plano útil 4 Intensidad lumínica perpendicular [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	582 (500)	411	712	0.71	0.58

N°	Número de unidades	
1	3	RZB Rudolf Zimmermann, Bamberg GmbH 672195.002 Sidelite Eco prisma Fotometría absoluta Flujo luminoso de las luminarias: 3500 lm Potencia: 34.0 W Rendimiento lumínico: 102.9 lm/W Indicaciones colorimétricas 1xLED Modul 830 34 W: CCT 3259 K, CRI 80

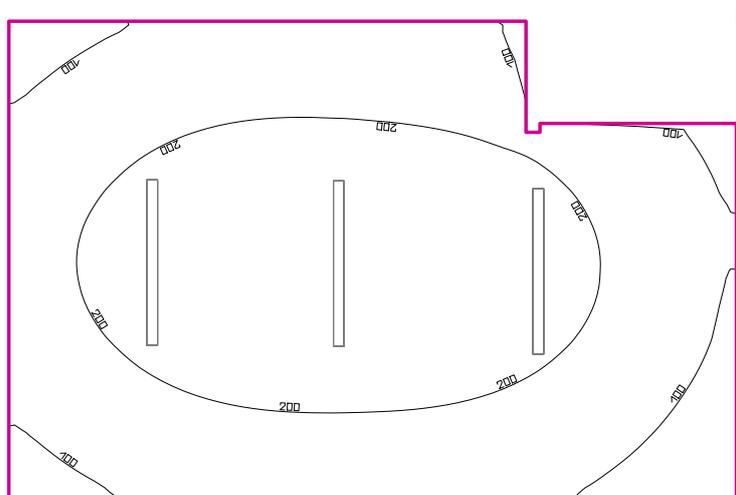


Flujo luminoso total de lámparas: 10500 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 10500 lm, Potencia total: 102.0 W, Rendimiento lumínico: 102.9 lm/W

Potencia específica de conexión: 13.36 W/m² = 2.29 W/m²/100 lx (Base 7.64 m²)

Consumo: 180 - 280 kWh/a de un máximo de 300 kWh/a

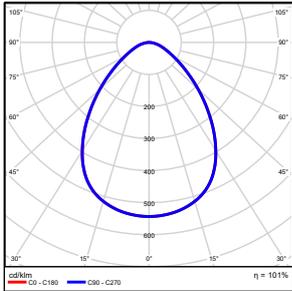
Local 5



Altura del local: 2.900 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil 5	Intensidad lumínica perpendicular [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	183 (150)	54.5	299	0.30	0.18

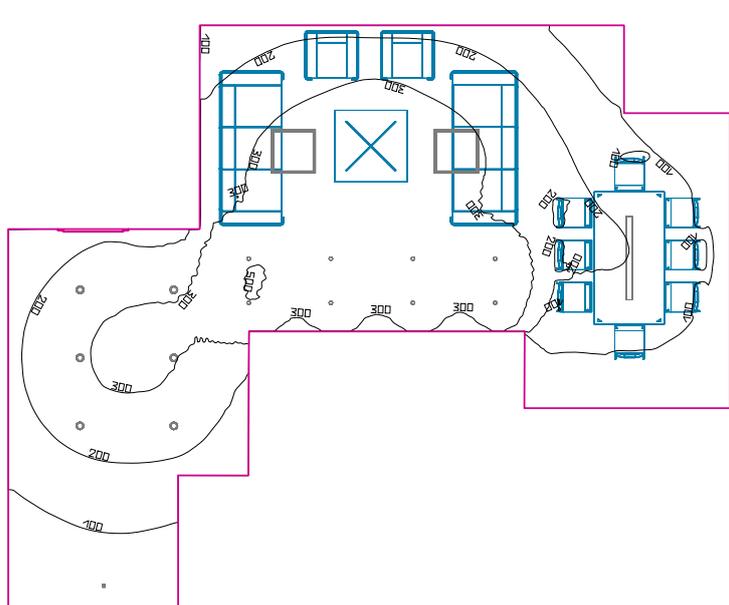
N°	Número de unidades		
1	3	LG Electronics Spain A2530TE10BA CE_LG LED SlimART Blade Eye 25W 3000K (0-10V) Grado de eficacia de funcionamiento: 101.31% Flujo luminoso de lámparas: 1600 lm Flujo luminoso de las luminarias: 1621 lm Potencia: 25.4 W Rendimiento lumínico: 63.8 lm/W Indicaciones colorimétricas CE_LG LED SlimART Blade Eye 25W 3000K: CCT 2901 K, CRI 80	 

Flujo luminoso total de lámparas: 4800 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 4863 lm, Potencia total: 76.2 W, Rendimiento lumínico: 63.8 lm/W

Potencia específica de conexión: $4.54 \text{ W/m}^2 = 2.48 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base 16.78 m²)

Consumo: 220 - 300 kWh/a de un máximo de 600 kWh/a

Local 6

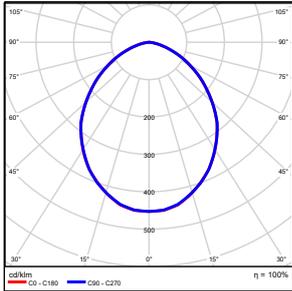
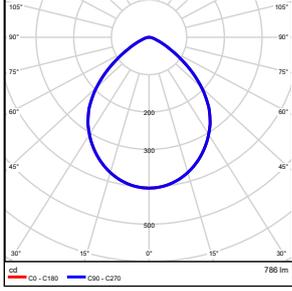
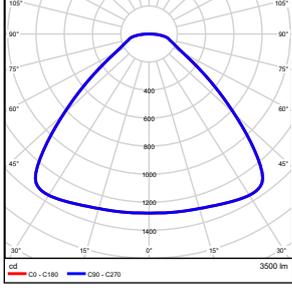


Altura del local: 2.900 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil 6	Intensidad lumínica perpendicular [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	227 (200)	32.7	521	0.14	0.06

N°	Número de unidades			
1	1	LG Electronics Spain A2530TE10BA CE_LG LED SlimART Blade Eye 25W 3000K (0-10V) Grado de eficacia de funcionamiento: 101.31% Flujo luminoso de lámparas: 1600 lm Flujo luminoso de las luminarias: 1621 lm Potencia: 25.4 W Rendimiento lumínico: 63.8 lm/W Indicaciones colorimétricas CE_LG LED SlimART Blade Eye 25W 3000K: CCT 2901 K, CRI 80		
2	8	LG Electronics Spain P0627G25T11 CE_LG LED PAR16 6W 2700K 25D (Lamp Only) Dimmable Grado de eficacia de funcionamiento: 100% Flujo luminoso de lámparas: 310 lm Flujo luminoso de las luminarias: 310 lm Potencia: 6.0 W Rendimiento lumínico: 51.7 lm/W Indicaciones colorimétricas CE_LG LED PAR16 6W 2700K 25D: CCT 3445 K, CRI 80		

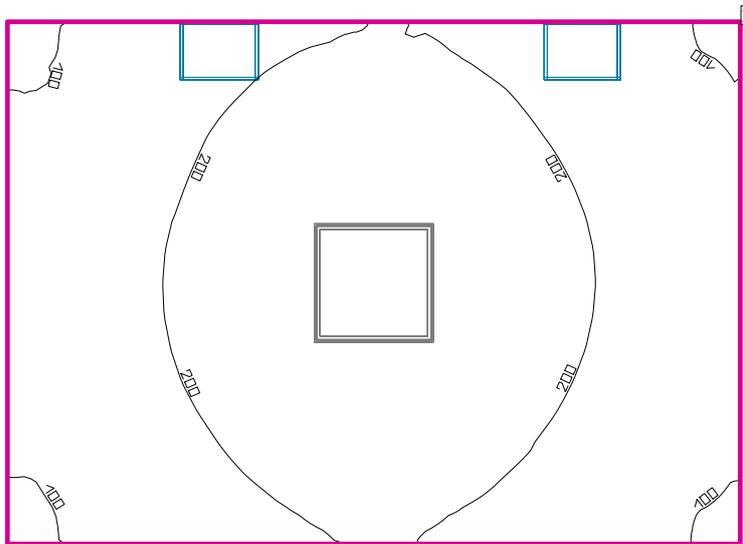
N°	Número de unidades			
3	1	<p>Linea Light Group 85059W00 Nitum Grado de eficacia de funcionamiento: 100% Flujo luminoso de lámparas: 208 lm Flujo luminoso de las luminarias: 208 lm Potencia: 2.0 W Rendimiento lumínico: 104.0 lm/W</p> <p>Indicaciones colorimétricas 2W_powerLED_3000K: CCT 3259 K, CRI 80</p>		
4	6	<p>Performance in Lighting 810710963002 DL100 superbasic Einbau-Downlight LED 9W mit Konverter / DALi / mit Notlicht 3h Fotometría absoluta Flujo luminoso de las luminarias: 786 lm Potencia: 10.0 W Rendimiento lumínico: 78.6 lm/W</p> <p>Indicaciones colorimétricas LED: CCT 3150 K, CRI 80</p>		
5	2	<p>RZB Rudolf Zimmermann, Bamberg GmbH 672195.002 Sidelite Eco prisma Fotometría absoluta Flujo luminoso de las luminarias: 3500 lm Potencia: 34.0 W Rendimiento lumínico: 102.9 lm/W</p> <p>Indicaciones colorimétricas 1xLED Modul 830 34 W: CCT 3259 K, CRI 80</p>		

Flujo luminoso total de lámparas: 16004 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 16025 lm, Potencia total: 203.4 W, Rendimiento lumínico: 78.8 lm/W

Potencia específica de conexión: $4.12 \text{ W/m}^2 = 1.81 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base 49.41 m²)

Consumo: 350 - 560 kWh/a de un máximo de 1750 kWh/a

Local 7



Altura del local: 2.900 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil 7	Intensidad lumínica perpendicular [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	186 (150)	84.6	266	0.45	0.32

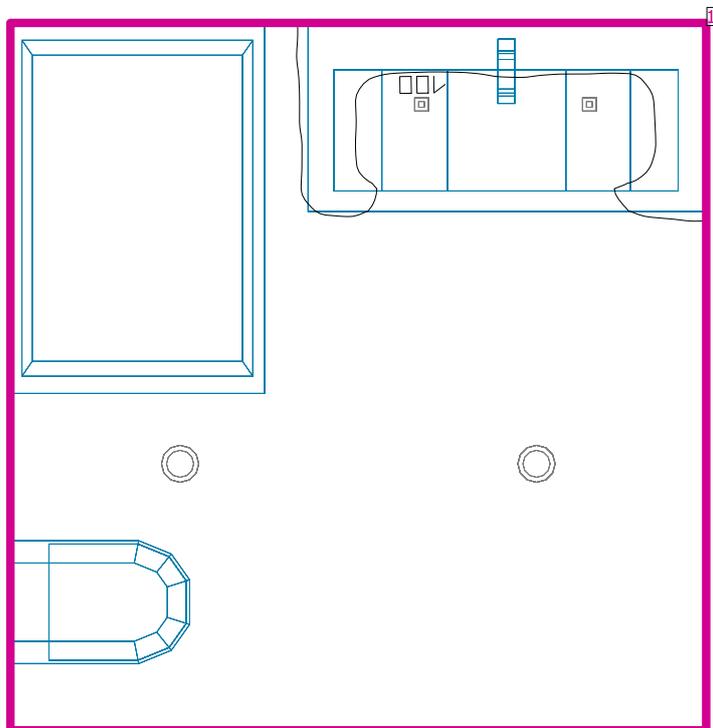
N°	Número de unidades			
1	1	RZB Rudolf Zimmermann, Bamberg GmbH 672195.002 Sidelite Eco prisma Fotometría absoluta Flujo luminoso de las luminarias: 3500 lm Potencia: 34.0 W Rendimiento lumínico: 102.9 lm/W Indicaciones colorimétricas 1xLED Modul 830 34 W: CCT 3259 K, CRI 80		

Flujo luminoso total de lámparas: 3500 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 3500 lm, Potencia total: 34.0 W, Rendimiento lumínico: 102.9 lm/W

Potencia específica de conexión: 3.23 W/m² = 1.73 W/m²/100 lx (Base 10.53 m²)

Consumo: 18 - 28 kWh/a de un máximo de 400 kWh/a

Local 8

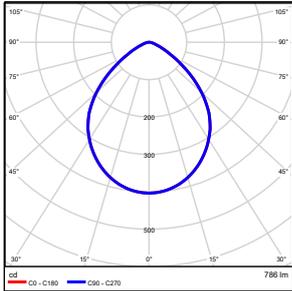


Altura del local: 2.900 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1	Plano útil 8 Intensidad lumínica perpendicular [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	153 (150)	0.00	200	0.00	0.00

N°	Número de unidades			
1	2	Línea Light Group 85059W00 Nitum Grado de eficacia de funcionamiento: 100% Flujo luminoso de lámparas: 208 lm Flujo luminoso de las luminarias: 208 lm Potencia: 2.0 W Rendimiento lumínico: 104.0 lm/W Indicaciones colorimétricas 2W_powerLED_3000K: CCT 3259 K, CRI 80		

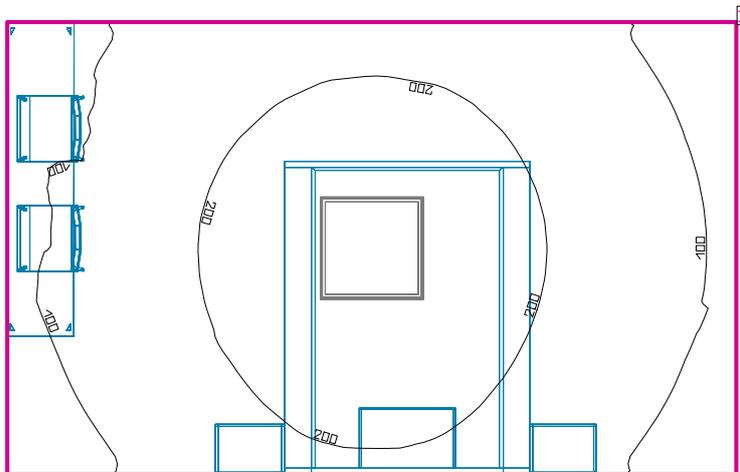
N°	Número de unidades	<p>Performance in Lighting 810710963002 DL100 superbasic Einbau-Downlight LED 9W mit Konverter / DALi / mit Notlicht 3h Fotometría absoluta Flujo luminoso de las luminarias: 786 lm Potencia: 10.0 W Rendimiento lumínico: 78.6 lm/W</p> <p>Indicaciones colorimétricas LED: CCT 3150 K, CRI 80</p>		
2	2			

Flujo luminoso total de lámparas: 1988 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 1988 lm, Potencia total: 24.0 W, Rendimiento lumínico: 82.8 lm/W

Potencia específica de conexión: $5.57 \text{ W/m}^2 = 3.63 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base 4.31 m²)

Consumo: 46 - 66 kWh/a de un máximo de 200 kWh/a

Local 9

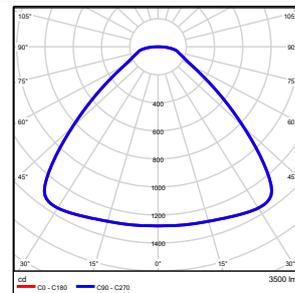


Altura del local: 2.900 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil 9	Intensidad lumínica perpendicular [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	165 (150)	62.8	258	0.38	0.24

N°	Número de unidades	Descripción
1	1	RZB Rudolf Zimmermann, Bamberg GmbH 672195.002 Sidelite Eco prisma Fotometría absoluta Flujo luminoso de las luminarias: 3500 lm Potencia: 34.0 W Rendimiento lumínico: 102.9 lm/W Indicaciones colorimétricas 1xLED Modul 830 34 W: CCT 3259 K, CRI 80

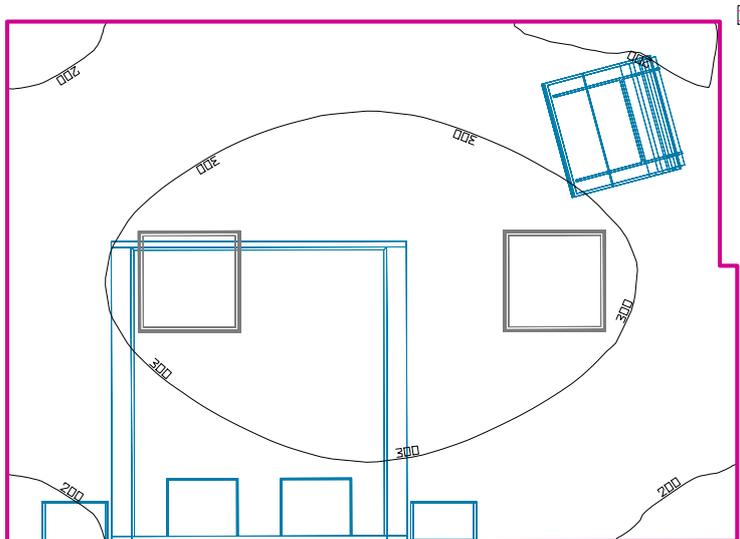


Flujo luminoso total de lámparas: 3500 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 3500 lm, Potencia total: 34.0 W, Rendimiento lumínico: 102.9 lm/W

Potencia específica de conexión: 2.81 W/m² = 1.70 W/m²/100 lx (Base 12.10 m²)

Consumo: 59 - 94 kWh/a de un máximo de 450 kWh/a

Local 10



Altura del local: 2.900 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil 10	Intensidad lumínica perpendicular [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	281 (150)	160	386	0.57	0.41

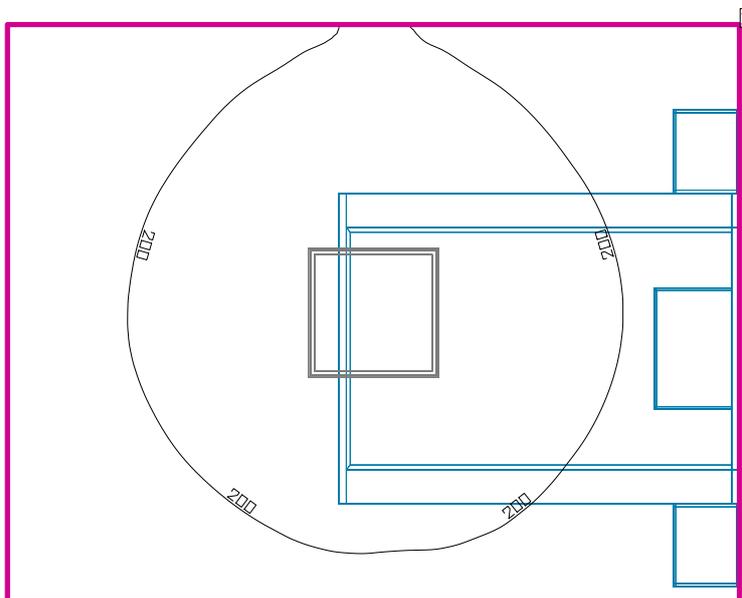
N°	Número de unidades			
1	2	RZB Rudolf Zimmermann, Bamberg GmbH 672195.002 Sidelite Eco prisma Fotometría absoluta Flujo luminoso de las luminarias: 3500 lm Potencia: 34.0 W Rendimiento lumínico: 102.9 lm/W Indicaciones colorimétricas 1xLED Modul 830 34 W: CCT 3259 K, CRI 80		

Flujo luminoso total de lámparas: 7000 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 7000 lm, Potencia total: 68.0 W, Rendimiento lumínico: 102.9 lm/W

Potencia específica de conexión: 4.84 W/m² = 1.72 W/m²/100 lx (Base 14.06 m²)

Consumo: 120 - 190 kWh/a de un máximo de 500 kWh/a

Local 11



Altura del local: 2.900 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Min./medio	Min./máx.
1 Plano útil 11	Intensidad lumínica perpendicular [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	195 (150)	101	266	0.52	0.38

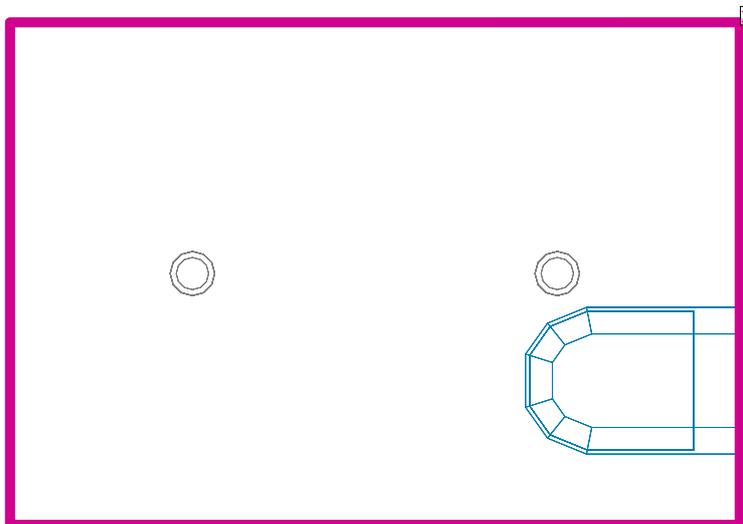
N°	Número de unidades			
1	1	RZB Rudolf Zimmermann, Bamberg GmbH 672195.002 Sidelite Eco prisma Fotometría absoluta Flujo luminoso de las luminarias: 3500 lm Potencia: 34.0 W Rendimiento lumínico: 102.9 lm/W Indicaciones colorimétricas 1xLED Modul 830 34 W: CCT 3259 K, CRI 80		

Flujo luminoso total de lámparas: 3500 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 3500 lm, Potencia total: 34.0 W, Rendimiento lumínico: 102.9 lm/W

Potencia específica de conexión: 3.50 W/m² = 1.80 W/m²/100 lx (Base 9.72 m²)

Consumo: 59 - 94 kWh/a de un máximo de 350 kWh/a

Local 12



Altura del local: 2.900 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil 12	Intensidad lumínica perpendicular [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	168 (150)	131	191	0.78	0.69

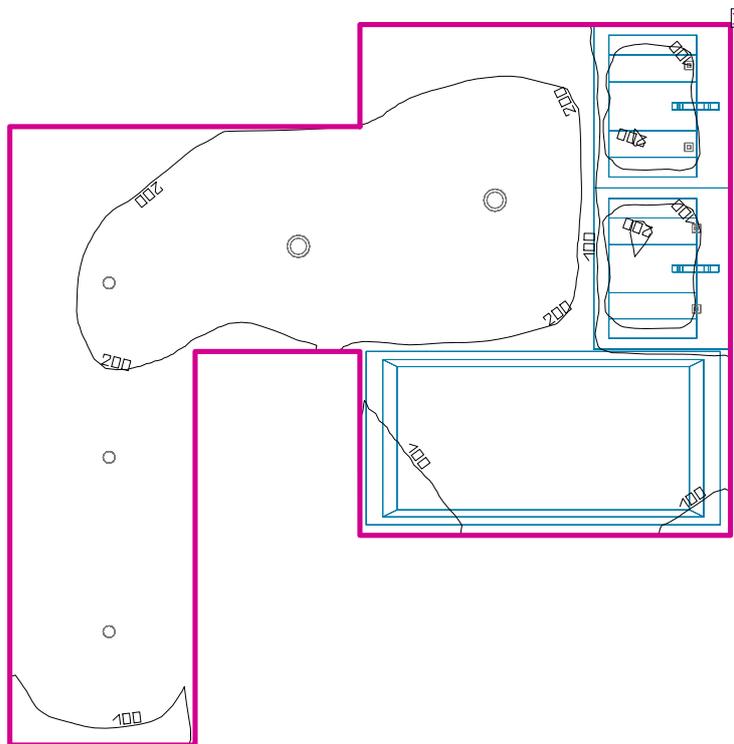
N°	Número de unidades			
1	2	Performance in Lighting 810710963002 DL100 superbasic Einbau-Downlight LED 9W mit Konverter / DALi / mit Notlicht 3h Fotometría absoluta Flujo luminoso de las luminarias: 786 lm Potencia: 10.0 W Rendimiento lumínico: 78.6 lm/W Indicaciones colorimétricas LED: CCT 3150 K, CRI 80		

Flujo luminoso total de lámparas: 1572 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 1572 lm, Potencia total: 20.0 W, Rendimiento lumínico: 78.6 lm/W

Potencia específica de conexión: $8.89 \text{ W/m}^2 = 5.31 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base 2.25 m²)

Consumo: 35 - 55 kWh/a de un máximo de 100 kWh/a

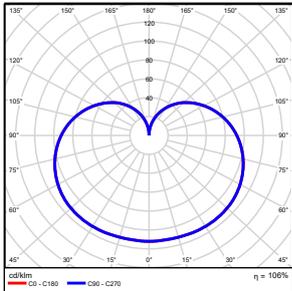
Local 16

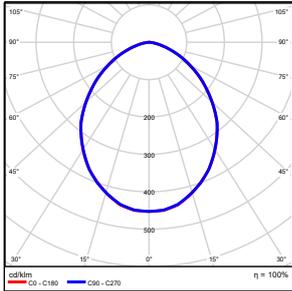
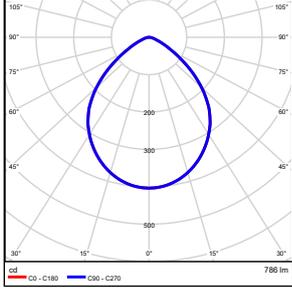


Altura del local: 2.900 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil 16	Intensidad lumínica perpendicular [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	162 (150)	1.91	235	0.01	0.01

N°	Número de unidades		
1	3	LG Electronics Spain B0927EB7N01 CE_LG LED Bulb 9W 2700K 270D (Lamp Only) Grado de eficacia de funcionamiento: 106.09% Flujo luminoso de lámparas: 810 lm Flujo luminoso de las luminarias: 859 lm Potencia: 9.0 W Rendimiento lumínico: 95.5 lm/W Indicaciones colorimétricas CE_LG LED Bulb 9W 2700K 270D: CCT 2749 K, CRI 80	 

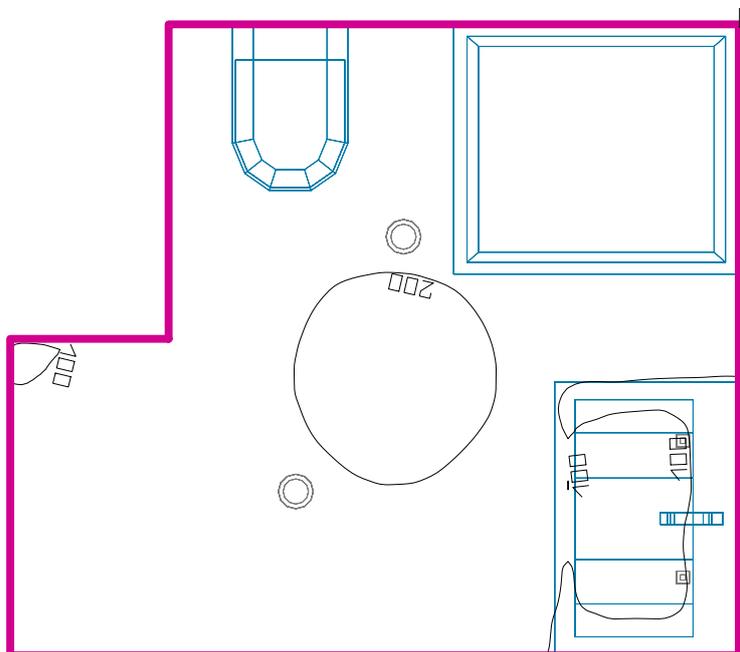
N°	Número de unidades	<p>Linea Light Group 85059W00 Nitum Grado de eficacia de funcionamiento: 100% Flujo luminoso de lámparas: 208 lm Flujo luminoso de las luminarias: 208 lm Potencia: 2.0 W Rendimiento lumínico: 104.0 lm/W</p> <p>Indicaciones colorimétricas 2W_powerLED_3000K: CCT 3259 K, CRI 80</p>		
2	4			
3	2	<p>Performance in Lighting 810710963002 DL100 superbasic Einbau-Downlight LED 9W mit Konverter / DALi / mit Notlicht 3h Fotometría absoluta Flujo luminoso de las luminarias: 786 lm Potencia: 10.0 W Rendimiento lumínico: 78.6 lm/W</p> <p>Indicaciones colorimétricas LED: CCT 3150 K, CRI 80</p>		

Flujo luminoso total de lámparas: 4834 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 4981 lm, Potencia total: 55.0 W, Rendimiento lumínico: 90.6 lm/W

Potencia específica de conexión: $6.79 \text{ W/m}^2 = 4.18 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base 8.10 m^2)

Consumo: 150 kWh/a de un máximo de 300 kWh/a

Local 17



Altura del local: 2.900 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil 17	Intensidad lumínica perpendicular [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	159 (150)	2.00	206	0.01	0.01

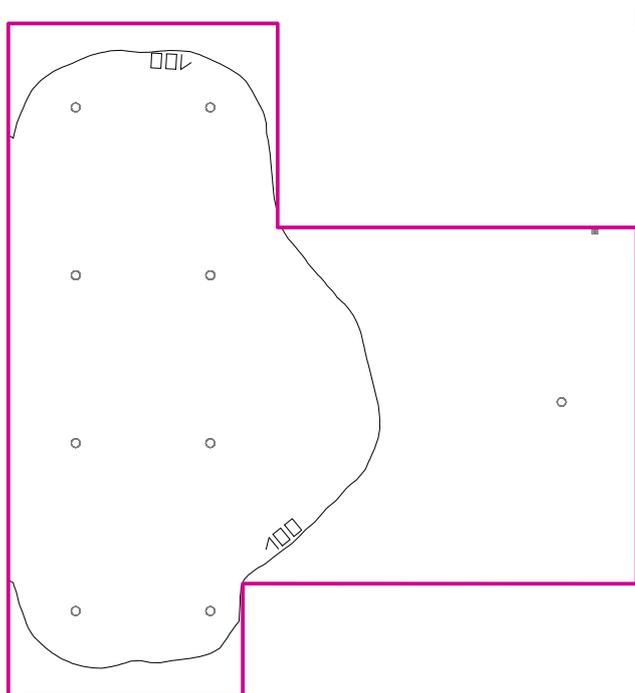
N°	Número de unidades			
1	2	Linea Light Group 85059W00 Nitum Grado de eficacia de funcionamiento: 100% Flujo luminoso de lámparas: 208 lm Flujo luminoso de las luminarias: 208 lm Potencia: 2.0 W Rendimiento lumínico: 104.0 lm/W Indicaciones colorimétricas 2W_powerLED_3000K: CCT 3259 K, CRI 80		
2	2	Performance in Lighting 810710963002 DL100 superbasic Einbau-Downlight LED 9W mit Konverter / DALi / mit Notlicht 3h Fotometría absoluta Flujo luminoso de las luminarias: 786 lm Potencia: 10.0 W Rendimiento lumínico: 78.6 lm/W Indicaciones colorimétricas LED: CCT 3150 K, CRI 80		

Flujo luminoso total de lámparas: 1988 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 1988 lm, Potencia total: 24.0 W, Rendimiento lumínico: 82.8 lm/W

Potencia específica de conexión: $5.83 \text{ W/m}^2 = 3.67 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base 4.11 m^2)

Consumo: 66 kWh/a de un máximo de 150 kWh/a

Local 18

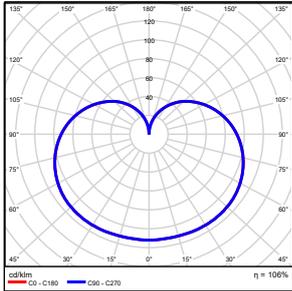
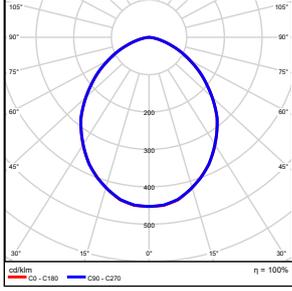


Altura del local: 2.900 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil 18	Intensidad lumínica perpendicular [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	104 (100)	51.9	140	0.50	0.37

N°	Número de unidades			
1	8	LG Electronics Spain B0727EB4n71 CE_LG LED Bulb 6.5W 2700K 240D (Lamp Only) Grado de eficacia de funcionamiento: 105.49% Flujo luminoso de lámparas: 470 lm Flujo luminoso de las luminarias: 496 lm Potencia: 6.5 W Rendimiento lumínico: 76.3 lm/W Indicaciones colorimétricas CE_LG LED Bulb 6.5W 2700K 240D: CCT 3464 K, CRI 80		

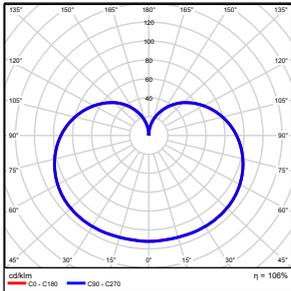
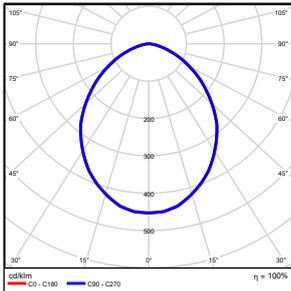
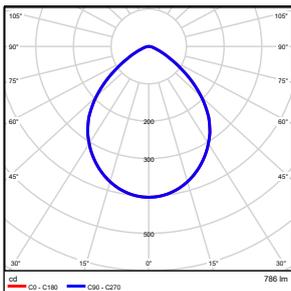
N°	Número de unidades	<p>LG Electronics Spain B0927EB7N01 CE_LG LED Bulb 9W 2700K 270D (Lamp Only) Grado de eficacia de funcionamiento: 106.09% Flujo luminoso de lámparas: 810 lm Flujo luminoso de las luminarias: 859 lm Potencia: 9.0 W Rendimiento lumínico: 95.5 lm/W</p> <p>Indicaciones colorimétricas CE_LG LED Bulb 9W 2700K 270D: CCT 2749 K, CRI 80</p>		
2	1			

Flujo luminoso total de lámparas: 4778 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 5035 lm, Potencia total: 63.0 W, Rendimiento lumínico: 79.9 lm/W

Potencia específica de conexión: $4.59 \text{ W/m}^2 = 4.42 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base 13.73 m^2)

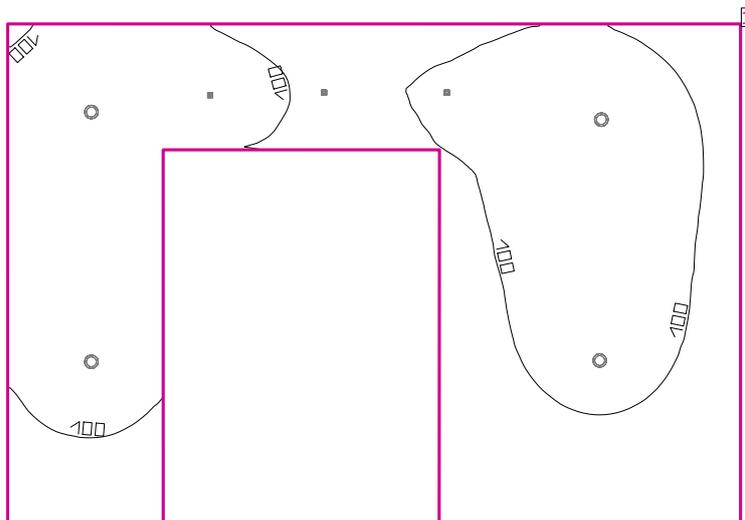
Consumo: 170 kWh/a de un máximo de 500 kWh/a

Proyecto 1

Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)		
2	LG Electronics Spain B0927EB7N01 CE_LG LED Bulb 9W 2700K 270D (Lamp Only) Emisión de luz 1 Lámpara: 1xCE_LG LED Bulb 9W 2700K 270D Grado de eficacia de funcionamiento: 106.09% Flujo luminoso de lámparas: 810 lm Flujo luminoso de las luminarias: 859 lm Potencia: 9.0 W Rendimiento lumínico: 95.5 lm/W Indicaciones colorimétricas 1xCE_LG LED Bulb 9W 2700K 270D: CCT 2749 K, CRI 80		
3	Linea Light Group 85059W00 Nitum Emisión de luz 1 Lámpara: 1x2W_powerLED_3000K Grado de eficacia de funcionamiento: 100% Flujo luminoso de lámparas: 208 lm Flujo luminoso de las luminarias: 208 lm Potencia: 2.0 W Rendimiento lumínico: 104.0 lm/W Indicaciones colorimétricas 1x2W_powerLED_3000K: CCT 3259 K, CRI 80		
8	Performance in Lighting 810710963002 DL100 superbasic Einbau-Downlight LED 9W mit Konverter / DALi / mit Notlicht 3h Emisión de luz 1 Lámpara: 1xLED Fotometría absoluta Flujo luminoso de las luminarias: 786 lm Potencia: 10.0 W Rendimiento lumínico: 78.7 lm/W Indicaciones colorimétricas 1xLED: CCT 3150 K, CRI 80		

Flujo luminoso total de lámparas: 8532 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 8630 lm, Potencia total: 104.0 W, Rendimiento lumínico: 83.0 lm/W

Local 1



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil 1	Intensidad lumínica perpendicular [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	103 (100)	39.3	151	0.38	0.26

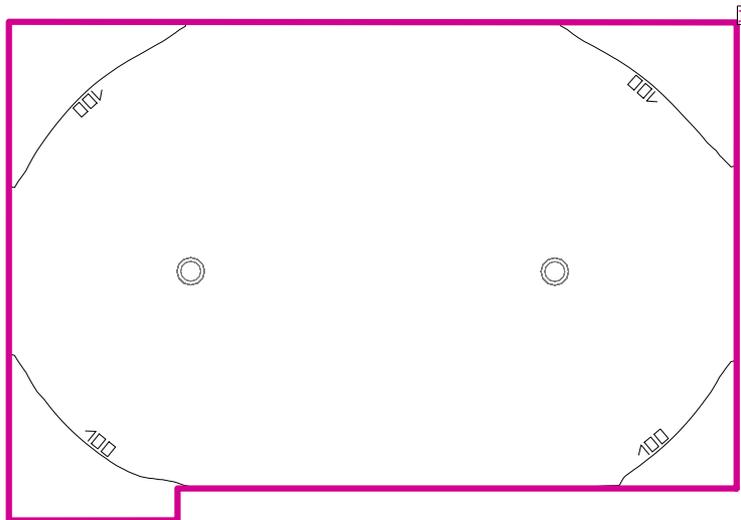
N°	Número de unidades			
1	3	Linea Light Group 85059W00 Nitum Grado de eficacia de funcionamiento: 100% Flujo luminoso de lámparas: 208 lm Flujo luminoso de las luminarias: 208 lm Potencia: 2.0 W Rendimiento lumínico: 104.0 lm/W Indicaciones colorimétricas 2W_powerLED_3000K: CCT 3259 K, CRI 80		
2	4	Performance in Lighting 810710963002 DL100 superbasic Einbau-Downlight LED 9W mit Konverter / DALi / mit Nottlicht 3h Fotometría absoluta Flujo luminoso de las luminarias: 786 lm Potencia: 10.0 W Rendimiento lumínico: 78.6 lm/W Indicaciones colorimétricas LED: CCT 3150 K, CRI 80		

Flujo luminoso total de lámparas: 3768 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 3768 lm, Potencia total: 46.0 W, Rendimiento lumínico: 81.9 lm/W

Potencia específica de conexión: $2.73 \text{ W/m}^2 = 2.65 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base 16.83 m²)

Consumo: 130 kWh/a de un máximo de 600 kWh/a

Local 2



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil 2	Intensidad lumínica perpendicular [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	122 (100)	72.0	152	0.59	0.47

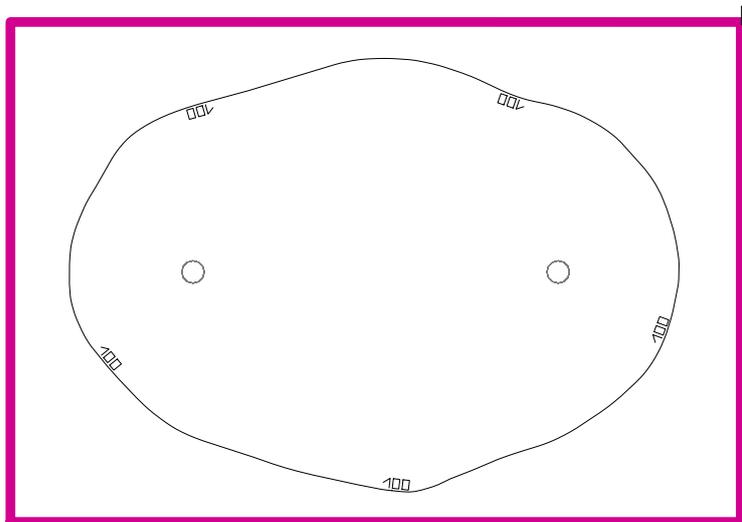
N°	Número de unidades		
1	2	Performance in Lighting 810710963002 DL100 superbasic Einbau-Downlight LED 9W mit Konverter / DALi / mit Notlicht 3h Fotometría absoluta Flujo luminoso de las luminarias: 786 lm Potencia: 10.0 W Rendimiento lumínico: 78.6 lm/W Indicaciones colorimétricas LED: CCT 3150 K, CRI 80	

Flujo luminoso total de lámparas: 1572 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 1572 lm, Potencia total: 20.0 W, Rendimiento lumínico: 78.6 lm/W

Potencia específica de conexión: $3.63 \text{ W/m}^2 = 2.97 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base 5.52 m^2)

Consumo: 55 kWh/a de un máximo de 200 kWh/a

Local 3

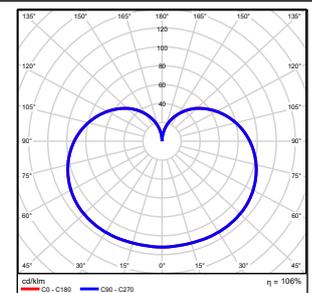


Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil 3	Intensidad lumínica perpendicular [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	102 (100)	77.2	120	0.76	0.64

N°	Número de unidades	
1	2	LG Electronics Spain B0927EB7N01 CE_LG LED Bulb 9W 2700K 270D (Lamp Only) Grado de eficacia de funcionamiento: 106.09% Flujo luminoso de lámparas: 810 lm Flujo luminoso de las luminarias: 859 lm Potencia: 9.0 W Rendimiento lumínico: 95.5 lm/W Indicaciones colorimétricas CE_LG LED Bulb 9W 2700K 270D: CCT 2749 K, CRI 80

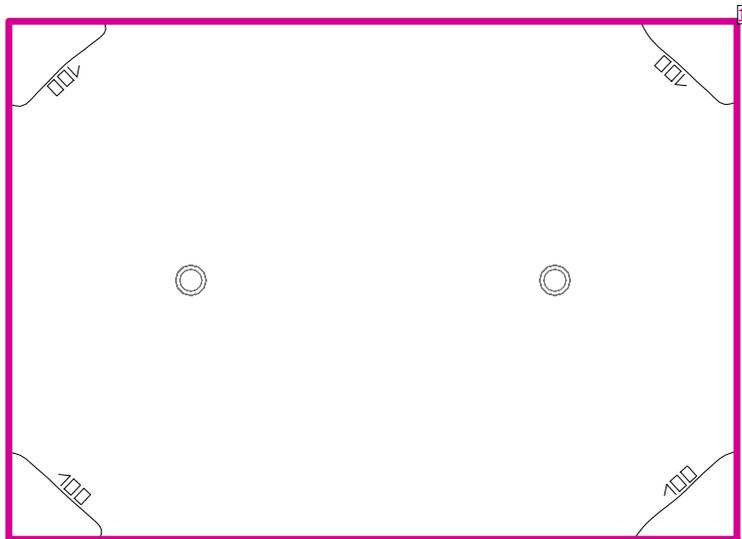


Flujo luminoso total de lámparas: 1620 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 1718 lm, Potencia total: 18.0 W, Rendimiento lumínico: 95.4 lm/W

Potencia específica de conexión: $7.41 \text{ W/m}^2 = 7.28 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base 2.43 m²)

Consumo: 50 kWh/a de un máximo de 100 kWh/a

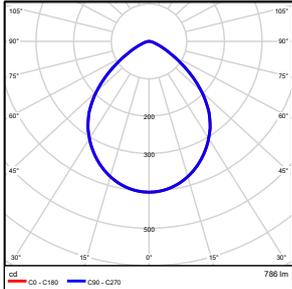
Local 4



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil 4	Intensidad lumínica perpendicular [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	132 (100)	85.0	163	0.64	0.52

N°	Número de unidades		
1	2	Performance in Lighting 810710963002 DL100 superbasic Einbau-Downlight LED 9W mit Konverter / DALi / mit Notlicht 3h Fotometría absoluta Flujo luminoso de las luminarias: 786 lm Potencia: 10.0 W Rendimiento lumínico: 78.6 lm/W Indicaciones colorimétricas LED: CCT 3150 K, CRI 80	 

Flujo luminoso total de lámparas: 1572 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 1572 lm, Potencia total: 20.0 W, Rendimiento lumínico: 78.6 lm/W

Potencia específica de conexión: $4.07 \text{ W/m}^2 = 3.10 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base 4.91 m²)

Consumo: 55 kWh/a de un máximo de 200 kWh/a

ANEXO II.
RESULTADOS HULC

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Viviendas San Sebastián de los Re es - N EB con bomba de calor aerotérmica		
Dirección	C/ - - - - -		
Municipio	San Sebastián de los Re es	Código Postal	-
Provincia	Madrid	Comunidad Autónoma	Madrid
Zona climática	D3	Año construcción	Posterior a 2013
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	CTE HE 2013		
Referencia/s catastral/es	ninguno		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input checked="" type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input type="checkbox"/> Edificio Existente
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <input checked="" type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Bloque <input type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual	<input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Guillem Romero Ar mbul	NIF/NIE	CIF
Razón social	Ra ón Social	NIF	-
Domicilio	Nombre calle - - - - -		
Municipio	Localidad	Código Postal	Codigo postal
Provincia	- Seleccione de la lista -	Comunidad Autónoma	- Seleccione de la lista -
e-mail:	-	Teléfono	-
Titulación habilitante según normativa vigente	-		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE CEE Versión 1.0.1539.1124, de fecha 9-nov-2016		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
54.20 A	1,79 A	12.20 A	0,52 A
54.20-87.8 B		12.20-19.9 B	
87.80-136.10 C		19.90-30.80 C	
136.10-209.30 D		30.80-47.30 D	
209.30-375.60 E		47.30-83.70 E	
375.60-473.20 F		83.70-100.40 F	
473.20 G		100.40 G	

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha reali ado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, sus anexos:

Fecha 06/06/2017

Firma del técnico certificador:

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.
- Anexo II.** Calificación energética del edificio.
- Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.
- Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Organo Territorial Competente:

ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento ocupación demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable (m²)	193,65
---	--------

Imagen del edificio	Plano de situación

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie (m ²)	Transmitancia (W/m ² K)	Modo de obtención
Muros exteriores	Fachada	40,27	0,24	Usuario
Muros exteriores	Fachada	65,81	0,24	Usuario
Muros exteriores	Fachada	30,57	0,24	Usuario
Muros exteriores	Fachada	8,70	0,24	Usuario
Cubiertas	Cubierta	99,31	0,21	Usuario
Suelos	Suelo	94,34	0,23	Usuario
Suelos	Fachada	4,96	0,23	Usuario
Muros terreno	Suelo	12,06	0,59	Usuario
Muros terreno	Suelo	22,68	0,59	Usuario
Muros terreno	Suelo	12,06	0,59	Usuario

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie (m ²)	Transmitancia (W/m ² K)	Factor Solar	Modo de obtención transmitancia	Modo de obtención factor solar
Ventana 3 acceso baja	Hueco	3,38	0,75	0,46	Usuario	Usuario
Ventana 2 acceso bajo	Hueco	1,04	0,74	0,48	Usuario	Usuario
Ventana acceso alta	Hueco	4,61	0,73	0,49	Usuario	Usuario
Puerta 1	Hueco	1,85	0,71	0,51	Usuario	Usuario
Ventana 1 posterior baja	Hueco	6,82	0,67	0,56	Usuario	Usuario
Vent 2 post baja	Hueco	1,53	0,73	0,49	Usuario	Usuario
Puerta 2 posterior baja	Hueco	1,93	0,71	0,51	Usuario	Usuario
Vent 2 posterior alta	Hueco	4,80	0,69	0,53	Usuario	Usuario
Vent 1 posterior alta	Hueco	1,82	0,74	0,47	Usuario	Usuario
Vent 1 lateral baja	Hueco	2,81	0,73	0,48	Usuario	Usuario

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie (m ²)	Transmitancia (W/m ² K)	Factor Solar	Modo de obtención transmitancia	Modo de obtención factor solar
Puerta lateral baja	Hueco	2,10	0,68	0,55	Usuario	Usuario
Vent 3 lateral baja	Hueco	2,10	0,71	0,51	Usuario	Usuario
Ventana 2 lateral alta	Hueco	1,02	0,74	0,48	Usuario	Usuario
Ventana 1 lateral alta	Hueco	5,00	0,72	0,49	Usuario	Usuario

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal (kW)	Rendimiento Estacional (%)	Tipo de Energía	Modo de obtención
BC AERO P2E1	Rendimiento Constante	-	307,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
BC AERO P2E2	Rendimiento Constante	-	307,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
BC AERO P2E3	Rendimiento Constante	-	307,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
BC AERO P2E4	Rendimiento Constante	-	307,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
BC AERO P2E5	Rendimiento Constante	-	307,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
BC AERO P2E6	Rendimiento Constante	-	307,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
BC AERO P3E1	Rendimiento Constante	-	307,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
BC AERO P3E2	Rendimiento Constante	-	307,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
BC AERO P3E3	Rendimiento Constante	-	307,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
BC AERO P3E4	Rendimiento Constante	-	307,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
BC AERO P3E5	Rendimiento Constante	-	307,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
BC AERO P3E6	Rendimiento Constante	-	307,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
BC AERO P3E7	Rendimiento Constante	-	307,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
BC AERO P3E8	Rendimiento Constante	-	307,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
Sistema de sustitución	Sistema de rendimiento estacional constante	-	307,00	GasNatural	PorDefecto
TOTALES		0,00			

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal (kW)	Rendimiento Estacional (%)	Tipo de Energía	Modo de obtención
BC AERO P2E1	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
BC AERO P2E2	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
BC AERO P2E3	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
BC AERO P2E4	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
BC AERO P2E5	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario

Generadores de refrigeración

BC AERO P2E6	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
BC AERO P3E1	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
BC AERO P3E2	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
BC AERO P3E3	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
BC AERO P3E4	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
BC AERO P3E5	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
BC AERO P3E6	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
BC AERO P3E7	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
BC AERO P3E8	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
Sistema de sustitución	Sistema de rendimiento estacional constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	PorDefecto
TOTALES		0,00			

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° C (litros/día)	140,00
---	--------

Nombre	Tipo	Potencia nominal (kW)	Rendimiento Estacional (%)	Tipo de Energía	Modo de obtención
SIS EQ1 EQ Caldera-Condensacion-Defecto	Caldera eléctrica o de combustible	7,00	108,00	GasNatural	Usuario

4. INSTALACIÓN DE ILUMINACION

(No aplicable)

5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN

(No aplicable)

6. ENERGÍAS RENOVABLES

Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado (%)			Demanda de ACS cubierta (%)
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Sistema solar térmico	-	-	-	70,00
TOTALES	0,00	0,00	0,00	70,00

Eléctrica

Nombre	Energía eléctrica generada y autoconsumida (kWh/año)
Panel fotovoltaico	2007,00
TOTALES	2007

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D3	Uso	CertificacionVerificacionNuevo
-----------------------	----	------------	--------------------------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN		ACS	
	<i>Emisiones calefacción (kgCO₂/m² año)</i>	A	<i>Emisiones ACS (kgCO₂/m² año)</i>	A
	2,20		1,01	
<i>Emisiones globales (kgCO₂/m² año)¹</i>	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
	<i>Emisiones refrigeración (kgCO₂/m² año)</i>	A	<i>Emisiones iluminación (kgCO₂/m² año)</i>	-
	0,74		-	

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 ₂ /m ² .año	kgCO ₂ /año
<i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i>	2,85	552,62
<i>Emisiones CO₂ por combustibles fósiles</i>	1,10	213,18

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 ning n proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN		ACS	
	<i>Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m²año)</i>	A	<i>Energía primaria no renovable ACS (kWh/m²año)</i>	A
	12,87		4,79	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m²año)¹</i>	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
	<i>Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m²año)</i>	A	<i>Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m²año)</i>	-
	4,39		-	

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

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

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
<i>Demanda de calefacción (kWh/m²año)</i>	<i>Demanda de refrigeración (kWh/m²año)</i>

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

ANEXO III

RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² •año)	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² •año)
54.20 A	12.20 A
54.20-87.8 B	12.20-19.9 B
87.80-136.10 C	19.90-30.80 C
136.10-209.30 D	30.80-47.30 D
209.30-375.60 E	47.30-83.70 E
375.60-473.20 F	83.70-100.40 F
473.20 G	100.40 G

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS

DEMANDA DE CALEFACCIÓN (kWh/m ² •año)	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN (kWh/m ² •año)
28.90 A	10.00 A
28.90-46.8 B	10.00-14.3 B
46.80-72.60 C	14.30-20.40 C
72.60-111.60 D	20.40-29.70 D
111.60-178.30 E	29.70-36.70 E
178.30-208.60 F	36.70-45.10 F
208.60 G	45.10 G

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior
Consumo Energía primaria (kWh/m ² •año)										
Consumo Energía final (kWh/m ² •año)										
Emisiones de CO ₂ (kgCO ₂ /m ² •año)										
Demanda (kWh/m ² •año)					[Hatched area]					

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE MEDIDA DE MEJORA

Características técnicas de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)
Coste estimado de la medida
Otros datos de interés

ANEXO IV

PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL TÉCNICO CERTIFICADOR

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

Fecha de realización de la visita del técnico certificador	18/10/16
--	----------

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Viviendas San Sebastián de los Re es - N EB con bomba de calor geotérmica		
Dirección	C/ - - - - -		
Municipio	San Sebastián de los Re es	Código Postal	-
Provincia	Madrid	Comunidad Autónoma	Madrid
Zona climática	D3	Año construcción	Posterior a 2013
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	CTE HE 2013		
Referencia/s catastral/es	ninguno		

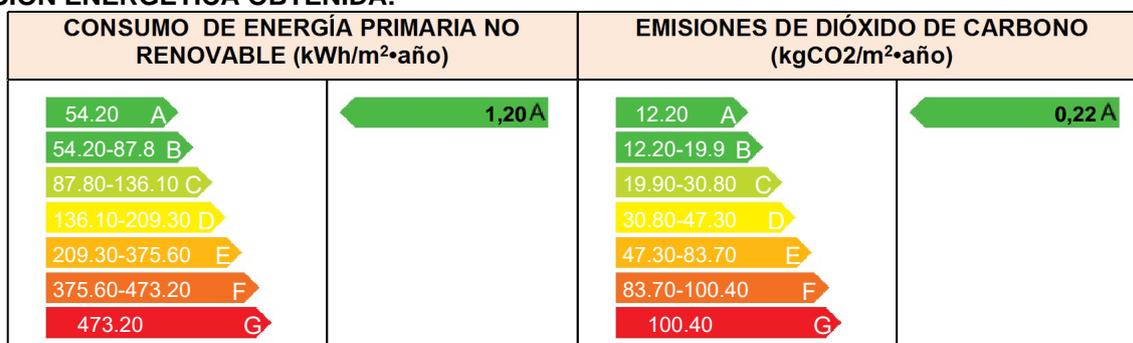
Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input checked="" type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input type="checkbox"/> Edificio Existente
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <input checked="" type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Bloque <input type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual	<input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Guillem Romero Ar mbul	NIF/NIE	CIF
Razón social	Ra ón Social	NIF	-
Domicilio	Nombre calle - - - - -		
Municipio	Localidad	Código Postal	Codigo postal
Provincia	- Seleccione de la lista -	Comunidad Autónoma	- Seleccione de la lista -
e-mail:	-	Teléfono	-
Titulación habilitante según normativa vigente	-		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE CEE Versión 1.0.1539.1124, de fecha 9-nov-2016		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:



El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha reali ado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, sus anexos:

Fecha 06/06/2017

Firma del técnico certificador:

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.
- Anexo II.** Calificación energética del edificio.
- Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.
- Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Organo Territorial Competente:

ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento ocupación demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable (m²)	193,65
---	--------

Imagen del edificio	Plano de situación

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie (m ²)	Transmitancia (W/m ² K)	Modo de obtención
Muros exteriores	Fachada	40,27	0,24	Usuario
Muros exteriores	Fachada	65,81	0,24	Usuario
Muros exteriores	Fachada	30,57	0,24	Usuario
Muros exteriores	Fachada	8,70	0,24	Usuario
Cubiertas	Cubierta	99,31	0,21	Usuario
Suelos	Suelo	94,34	0,23	Usuario
Suelos	Fachada	4,96	0,23	Usuario
Muros terreno	Suelo	12,06	0,59	Usuario
Muros terreno	Suelo	22,68	0,59	Usuario
Muros terreno	Suelo	12,06	0,59	Usuario

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie (m ²)	Transmitancia (W/m ² K)	Factor Solar	Modo de obtención transmitancia	Modo de obtención factor solar
Ventana 3 acceso baja	Hueco	3,38	0,75	0,46	Usuario	Usuario
Ventana 2 acceso bajo	Hueco	1,04	0,74	0,48	Usuario	Usuario
Ventana acceso alta	Hueco	4,61	0,73	0,49	Usuario	Usuario
Puerta 1	Hueco	1,85	0,71	0,51	Usuario	Usuario
Ventana 1 posterior baja	Hueco	6,82	0,67	0,56	Usuario	Usuario
Vent 2 post baja	Hueco	1,53	0,73	0,49	Usuario	Usuario
Puerta 2 posterior baja	Hueco	1,93	0,71	0,51	Usuario	Usuario
Vent 2 posterior alta	Hueco	4,80	0,69	0,53	Usuario	Usuario
Vent 1 posterior alta	Hueco	1,82	0,74	0,47	Usuario	Usuario
Vent 1 lateral baja	Hueco	2,81	0,73	0,48	Usuario	Usuario

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie (m ²)	Transmitancia (W/m ² K)	Factor Solar	Modo de obtención transmitancia	Modo de obtención factor solar
Puerta lateral baja	Hueco	2,10	0,68	0,55	Usuario	Usuario
Vent 3 lateral baja	Hueco	2,10	0,71	0,51	Usuario	Usuario
Ventana 2 lateral alta	Hueco	1,02	0,74	0,48	Usuario	Usuario
Ventana 1 lateral alta	Hueco	5,00	0,72	0,49	Usuario	Usuario

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal (kW)	Rendimiento Estacional (%)	Tipo de Energía	Modo de obtención
SIS15 EQ16 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	432,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS16 EQ17 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	432,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS17 EQ18 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	432,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS18 EQ19 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	432,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS19 EQ20 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	432,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS20 EQ21 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	432,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS21 EQ22 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	432,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS8 EQ9 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	432,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS9 EQ10 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	432,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS10 EQ11 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	432,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS11 EQ12 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	432,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS12 EQ13 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	432,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS13 EQ14 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	432,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS14 EQ15 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	432,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
Sistema de sustitución	Sistema de rendimiento estacional constante	-	432,00	GasNatural	PorDefecto
TOTALES		0,00			

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal (kW)	Rendimiento Estacional (%)	Tipo de Energía	Modo de obtención
SIS15 EQ16 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	620,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS16 EQ17 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	620,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS17 EQ18 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	620,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS18 EQ19 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	620,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS19 EQ20 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	620,00	ElectricidadPeninsular	Usuario

Generadores de refrigeración

SIS20 EQ21 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	620,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS21 EQ22 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	620,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS8 EQ9 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	620,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS9 EQ10 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	620,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS10 EQ11 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	620,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS11 EQ12 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	620,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS12 EQ13 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	620,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS13 EQ14 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	620,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS14 EQ15 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	620,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
Sistema de sustitución	Sistema de rendimiento estacional constante	-	620,00	ElectricidadPeninsular	PorDefecto
TOTALES		0,00			

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° C (litros/día)	140,00
---	--------

Nombre	Tipo	Potencia nominal (kW)	Rendimiento Estacional (%)	Tipo de Energía	Modo de obtención
SIS EQ1 EQ Caldera-ACS-Eléctrica-Defecto	Caldera eléctrica o de combustible	7,00	100,00	ElectricidadPeninsular	Usuario

4. INSTALACIÓN DE ILUMINACION

(No aplicable)

5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN

(No aplicable)

6. ENERGÍAS RENOVABLES

Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado (%)			Demanda de ACS cubierta (%)
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Sistema solar térmico	-	-	-	78,00
TOTALES	0,00	0,00	0,00	78,00

Eléctrica

Nombre	Energía eléctrica generada y autoconsumida (kWh/año)
Panel fotovoltaico	1693,00
TOTALES	1693

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D3	Uso	CertificacionVerificacionNuevo
-----------------------	----	------------	--------------------------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN		ACS	
	0,22 A	<i>Emisiones calefacción (kgCO₂/m² año)</i>	A	<i>Emisiones ACS (kgCO₂/m² año)</i>
	1,56		1,05	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones globales (kgCO₂/m² año)¹</i>	<i>Emisiones refrigeración (kgCO₂/m² año)</i>	A	<i>Emisiones iluminación (kgCO₂/m² año)</i>	-
	0,50		-	

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 ₂ /m ² .año	kgCO ₂ /año
<i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i>	3,03	586,26
<i>Emisiones CO₂ por combustibles fósiles</i>	0,09	16,86

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 ning n proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN		ACS	
	1,20 A	<i>Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m²año)</i>	A	<i>Energía primaria no renovable ACS (kWh/m²año)</i>
	9,09		6,23	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m²año)¹</i>	<i>Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m²año)</i>	A	<i>Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m²año)</i>	-
	2,97		-	

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

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

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
20,66 A	9,42 A
<i>Demanda de calefacción (kWh/m²año)</i>	<i>Demanda de refrigeración (kWh/m²año)</i>

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

ANEXO III

RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² •año)	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² •año)
54.20 A	12.20 A
54.20-87.8 B	12.20-19.9 B
87.80-136.10 C	19.90-30.80 C
136.10-209.30 D	30.80-47.30 D
209.30-375.60 E	47.30-83.70 E
375.60-473.20 F	83.70-100.40 F
473.20 G	100.40 G

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS

DEMANDA DE CALEFACCIÓN (kWh/m ² •año)	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN (kWh/m ² •año)
28.90 A	10.00 A
28.90-46.8 B	10.00-14.3 B
46.80-72.60 C	14.30-20.40 C
72.60-111.60 D	20.40-29.70 D
111.60-178.30 E	29.70-36.70 E
178.30-208.60 F	36.70-45.10 F
208.60 G	45.10 G

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior
Consumo Energía primaria (kWh/m ² •año)										
Consumo Energía final (kWh/m ² •año)										
Emisiones de CO ₂ (kgCO ₂ /m ² •año)										
Demanda (kWh/m ² •año)					[Hatched area]					

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE MEDIDA DE MEJORA

Características técnicas de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)
Coste estimado de la medida
Otros datos de interés

ANEXO IV

PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL TÉCNICO CERTIFICADOR

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

Fecha de realización de la visita del técnico certificador	18/10/16
--	----------

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Viviendas San Sebastián de los Re es - Passivhaus con bomba de calor		
Dirección	C/ - - - - -		
Municipio	San Sebastián de los Re es	Código Postal	-
Provincia	Madrid	Comunidad Autónoma	Madrid
Zona climática	D3	Año construcción	Posterior a 2013
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	CTE HE 2013		
Referencia/s catastral/es	ninguno		

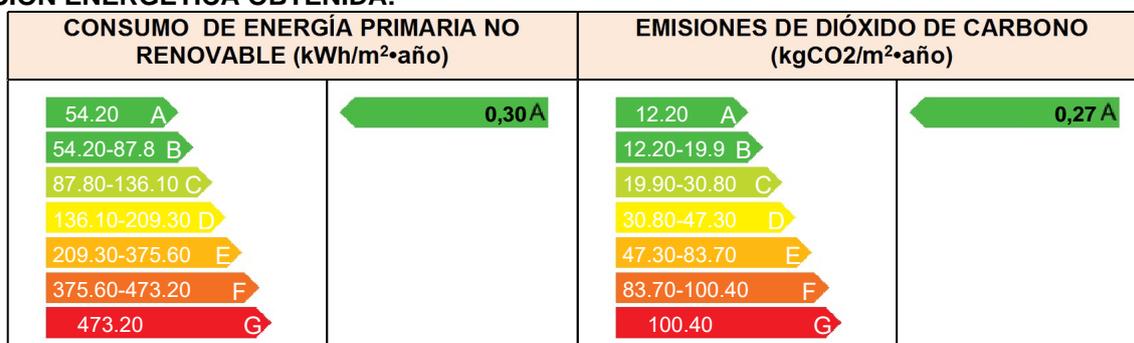
Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input checked="" type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input type="checkbox"/> Edificio Existente
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <input checked="" type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Bloque <input type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual	<input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Guillem Romero Ar mbul	NIF/NIE	CIF
Razón social	Ra ón Social	NIF	-
Domicilio	Nombre calle - - - - -		
Municipio	Localidad	Código Postal	Codigo postal
Provincia	- Seleccione de la lista -	Comunidad Autónoma	- Seleccione de la lista -
e-mail:	-	Teléfono	-
Titulación habilitante según normativa vigente	-		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE CEE Versión 1.0.1539.1124, de fecha 9-nov-2016		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:



El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha reali ado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, sus anexos:

Fecha 07/06/2017

Firma del técnico certificador:

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.
- Anexo II.** Calificación energética del edificio.
- Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.
- Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Organo Territorial Competente:

ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento ocupación demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable (m²)	193,65
---	--------

Imagen del edificio	Plano de situación

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie (m ²)	Transmitancia (W/m ² K)	Modo de obtención
Muros exteriores	Fachada	40,27	0,12	Usuario
Muros exteriores	Fachada	65,81	0,12	Usuario
Muros exteriores	Fachada	30,57	0,12	Usuario
Muros exteriores	Fachada	8,70	0,12	Usuario
Cubiertas	Cubierta	99,31	0,13	Usuario
Suelos	Suelo	94,34	0,23	Usuario
Suelos	Fachada	4,96	0,23	Usuario
Muros terreno	Suelo	12,06	0,59	Usuario
Muros terreno	Suelo	22,68	0,59	Usuario
Muros terreno	Suelo	12,06	0,59	Usuario

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie (m ²)	Transmitancia (W/m ² K)	Factor Solar	Modo de obtención transmitancia	Modo de obtención factor solar
Ventana 3 acceso baja	Hueco	3,38	0,75	0,46	Usuario	Usuario
Ventana 2 acceso bajo	Hueco	1,04	0,74	0,48	Usuario	Usuario
Ventana acceso alta	Hueco	4,61	0,73	0,49	Usuario	Usuario
Puerta 1	Hueco	1,85	0,71	0,51	Usuario	Usuario
Ventana 1 posterior baja	Hueco	6,82	0,67	0,56	Usuario	Usuario
Vent 2 post baja	Hueco	1,53	0,73	0,49	Usuario	Usuario
Puerta 2 posterior baja	Hueco	1,93	0,71	0,51	Usuario	Usuario
Vent 2 posterior alta	Hueco	4,80	0,69	0,53	Usuario	Usuario
Vent 1 posterior alta	Hueco	1,82	0,74	0,47	Usuario	Usuario
Vent 1 lateral baja	Hueco	2,81	0,73	0,48	Usuario	Usuario

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie (m ²)	Transmitancia (W/m ² K)	Factor Solar	Modo de obtención transmitancia	Modo de obtención factor solar
Puerta lateral baja	Hueco	2,10	0,68	0,55	Usuario	Usuario
Vent 3 lateral baja	Hueco	2,10	0,71	0,51	Usuario	Usuario
Ventana 2 lateral alta	Hueco	1,02	0,74	0,48	Usuario	Usuario
Ventana 1 lateral alta	Hueco	5,00	0,72	0,49	Usuario	Usuario

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal (kW)	Rendimiento Estacional (%)	Tipo de Energía	Modo de obtención
SIS EQ16 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	306,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS15 EQ17 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	306,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS16 EQ18 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	306,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS17 EQ19 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	306,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS18 EQ20 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	306,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS19 EQ21 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	306,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS20 EQ22 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	306,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS21 EQ23 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	306,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS22 EQ24 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	306,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS23 EQ25 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	306,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS24 EQ26 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	306,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS25 EQ27 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	306,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS26 EQ28 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	306,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS27 EQ29 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	306,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
Sistema de sustitución	Sistema de rendimiento estacional constante	-	306,00	GasNatural	PorDefecto
TOTALES		0,00			

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal (kW)	Rendimiento Estacional (%)	Tipo de Energía	Modo de obtención
SIS EQ16 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS15 EQ17 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS16 EQ18 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS17 EQ19 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS18 EQ20 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario

Generadores de refrigeración

SIS19 EQ21 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS20 EQ22 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS21 EQ23 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS22 EQ24 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS23 EQ25 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS24 EQ26 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS25 EQ27 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS26 EQ28 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS27 EQ29 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
Sistema de sustitución	Sistema de rendimiento estacional constante	-	420,00	ElectricidadPeninsular	PorDefecto
TOTALES		0,00			

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° C (litros/día)	140,00
---	--------

Nombre	Tipo	Potencia nominal (kW)	Rendimiento Estacional (%)	Tipo de Energía	Modo de obtención
SIS1 EQ1 EQ Caldera-Condensación-Defecto	Caldera eléctrica o de combustible	7,00	108,00	GasNatural	Usuario

4. INSTALACIÓN DE ILUMINACION

(No aplicable)

5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN

(No aplicable)

6. ENERGÍAS RENOVABLES

Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado (%)			Demanda de ACS cubierta (%)
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Sistema solar térmico	-	-	-	70,00
TOTALES	0,00	0,00	0,00	70,00

Eléctrica

Nombre	Energía eléctrica generada y autoconsumida (kWh/año)
Panel fotovoltaico	1795,00
TOTALES	1795

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D3	Uso	CertificacionVerificacionNuevo
----------------	----	-----	--------------------------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES				
	0,27 A		CALEFACCIÓN		
	<i>Emisiones calefacción (kgCO₂/m² año)</i>		A	ACS	
		1,54	<i>Emisiones ACS (kgCO₂/m² año)</i>		
				1,01	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones globales (kgCO₂/m² año)¹</i>		<i>Emisiones refrigeración (kgCO₂/m² año)</i>		<i>Emisiones iluminación (kgCO₂/m² año)</i>	
		A		-	
		0,78		-	

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 ₂ /m ² .año	kgCO ₂ /año
<i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i>	2,25	436,29
<i>Emisiones CO₂ por combustibles fósiles</i>	1,08	209,51

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 ning n proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES				
	0,30 A		CALEFACCIÓN		
	<i>Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m²año)</i>		A	ACS	
		9,02	<i>Energía primaria no renovable ACS (kWh/m²año)</i>		
				4,79	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m²año)¹</i>		<i>Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m²año)</i>		<i>Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m²año)</i>	
		A		-	
		4,61		-	

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

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

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
<i>Demanda de calefacción (kWh/m²año)</i>	<i>Demanda de refrigeración (kWh/m²año)</i>

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

ANEXO III

RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² •año)	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² •año)
54.20 A	12.20 A
54.20-87.8 B	12.20-19.9 B
87.80-136.10 C	19.90-30.80 C
136.10-209.30 D	30.80-47.30 D
209.30-375.60 E	47.30-83.70 E
375.60-473.20 F	83.70-100.40 F
473.20 G	100.40 G

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS

DEMANDA DE CALEFACCIÓN (kWh/m ² •año)	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN (kWh/m ² •año)
28.90 A	10.00 A
28.90-46.8 B	10.00-14.3 B
46.80-72.60 C	14.30-20.40 C
72.60-111.60 D	20.40-29.70 D
111.60-178.30 E	29.70-36.70 E
178.30-208.60 F	36.70-45.10 F
208.60 G	45.10 G

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior
Consumo Energía primaria (kWh/m ² •año)										
Consumo Energía final (kWh/m ² •año)										
Emisiones de CO ₂ (kgCO ₂ /m ² •año)										
Demanda (kWh/m ² •año)					[Hatched area]					

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE MEDIDA DE MEJORA

Características técnicas de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)
Coste estimado de la medida
Otros datos de interés

ANEXO IV

PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL TÉCNICO CERTIFICADOR

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

Fecha de realización de la visita del técnico certificador	18/10/16
--	----------

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Viviendas San Sebastián de los Re es - Passivhaus con bomba de calor		
Dirección	C/ - - - - -		
Municipio	San Sebastián de los Re es	Código Postal	-
Provincia	Madrid	Comunidad Autónoma	Madrid
Zona climática	D3	Año construcción	Posterior a 2013
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	CTE HE 2013		
Referencia/s catastral/es	ninguno		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input checked="" type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input type="checkbox"/> Edificio Existente
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <input checked="" type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Bloque <input type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual	<input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Guillem Romero Ar mbul	NIF/NIE	CIF
Razón social	Ra ón Social	NIF	-
Domicilio	Nombre calle - - - - -		
Municipio	Localidad	Código Postal	Codigo postal
Provincia	- Seleccione de la lista -	Comunidad Autónoma	- Seleccione de la lista -
e-mail:	-	Teléfono	-
Titulación habilitante según normativa vigente	-		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE CEE Versión 1.0.1539.1124, de fecha 9-nov-2016		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)
54.20 A 54.20-87.8 B 87.80-136.10 C 136.10-209.30 D 209.30-375.60 E 375.60-473.20 F 473.20 G	12.20 A 12.20-19.9 B 19.90-30.80 C 30.80-47.30 D 47.30-83.70 E 83.70-100.40 F 100.40 G
1,56 A	0,28 A

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha reali ado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, sus anexos:

Fecha 07/06/2017

Firma del técnico certificador:

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.
- Anexo II.** Calificación energética del edificio.
- Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.
- Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Organo Territorial Competente:

ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento ocupación demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable (m²)	193,65
---	--------

Imagen del edificio	Plano de situación

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie (m ²)	Transmitancia (W/m ² K)	Modo de obtención
Muros exteriores	Fachada	40,27	0,12	Usuario
Muros exteriores	Fachada	65,81	0,12	Usuario
Muros exteriores	Fachada	30,57	0,12	Usuario
Muros exteriores	Fachada	8,70	0,12	Usuario
Cubiertas	Cubierta	99,31	0,13	Usuario
Suelos	Suelo	94,34	0,23	Usuario
Suelos	Fachada	4,96	0,23	Usuario
Muros terreno	Suelo	12,06	0,59	Usuario
Muros terreno	Suelo	22,68	0,59	Usuario
Muros terreno	Suelo	12,06	0,59	Usuario

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie (m ²)	Transmitancia (W/m ² K)	Factor Solar	Modo de obtención transmitancia	Modo de obtención factor solar
Ventana 3 acceso baja	Hueco	3,38	0,75	0,46	Usuario	Usuario
Ventana 2 acceso bajo	Hueco	1,04	0,74	0,48	Usuario	Usuario
Ventana acceso alta	Hueco	4,61	0,73	0,49	Usuario	Usuario
Puerta 1	Hueco	1,85	0,71	0,51	Usuario	Usuario
Ventana 1 posterior baja	Hueco	6,82	0,67	0,56	Usuario	Usuario
Vent 2 post baja	Hueco	1,53	0,73	0,49	Usuario	Usuario
Puerta 2 posterior baja	Hueco	1,93	0,71	0,51	Usuario	Usuario
Vent 2 posterior alta	Hueco	4,80	0,69	0,53	Usuario	Usuario
Vent 1 posterior alta	Hueco	1,82	0,74	0,47	Usuario	Usuario
Vent 1 lateral baja	Hueco	2,81	0,73	0,48	Usuario	Usuario

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie (m ²)	Transmitancia (W/m ² K)	Factor Solar	Modo de obtención transmitancia	Modo de obtención factor solar
Puerta lateral baja	Hueco	2,10	0,68	0,55	Usuario	Usuario
Vent 3 lateral baja	Hueco	2,10	0,71	0,51	Usuario	Usuario
Ventana 2 lateral alta	Hueco	1,02	0,74	0,48	Usuario	Usuario
Ventana 1 lateral alta	Hueco	5,00	0,72	0,49	Usuario	Usuario

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal (kW)	Rendimiento Estacional (%)	Tipo de Energía	Modo de obtención
SIS EQ16 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	429,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS15 EQ17 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	429,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS16 EQ18 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	429,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS17 EQ19 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	429,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS18 EQ20 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	429,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS19 EQ21 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	429,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS20 EQ22 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	429,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS21 EQ23 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	429,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS22 EQ24 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	429,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS23 EQ25 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	429,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS24 EQ26 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	429,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS25 EQ27 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	429,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS26 EQ28 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	429,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS27 EQ29 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	429,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
Sistema de sustitución	Sistema de rendimiento estacional constante	-	429,00	GasNatural	PorDefecto
TOTALES		0,00			

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal (kW)	Rendimiento Estacional (%)	Tipo de Energía	Modo de obtención
SIS EQ16 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	621,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS15 EQ17 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	621,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS16 EQ18 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	621,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS17 EQ19 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	621,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS18 EQ20 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	621,00	ElectricidadPeninsular	Usuario

Generadores de refrigeración

SIS19 EQ21 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	621,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS20 EQ22 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	621,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS21 EQ23 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	621,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS22 EQ24 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	621,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS23 EQ25 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	621,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS24 EQ26 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	621,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS25 EQ27 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	621,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS26 EQ28 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	621,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
SIS27 EQ29 Equipo ideal	Rendimiento Constante	-	621,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
Sistema de sustitución	Sistema de rendimiento estacional constante	-	621,00	ElectricidadPeninsular	PorDefecto
TOTALES		0,00			

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° C (litros/día)	140,00
---	--------

Nombre	Tipo	Potencia nominal (kW)	Rendimiento Estacional (%)	Tipo de Energía	Modo de obtención
SIS14 EQ1 EQ Caldera-ACS-Eléctrica-Defecto	Caldera eléctrica o de combustible	7,00	100,00	ElectricidadPeninsular	Usuario

4. INSTALACIÓN DE ILUMINACION

(No aplicable)

5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN

(No aplicable)

6. ENERGÍAS RENOVABLES

Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado (%)			Demanda de ACS cubierta (%)
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Sistema solar térmico	-	-	-	78,00
TOTALES	0,00	0,00	0,00	78,00

Eléctrica

Nombre	Energía eléctrica generada y autoconsumida (kWh/año)
Panel fotovoltaico	1403,00
TOTALES	1403

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D3	Uso	CertificacionVerificacionNuevo
-----------------------	----	------------	--------------------------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	0,28 A		CALEFACCIÓN	
	<i>Emisiones calefacción (kgCO₂/m² año)</i>	A	ACS	
	1,09		<i>Emisiones ACS (kgCO₂/m² año)</i>	
			1,05	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones globales (kgCO₂/m² año)¹</i>	<i>Emisiones refrigeración (kgCO₂/m² año)</i>		<i>Emisiones iluminación (kgCO₂/m² año)</i>	
	A		-	
	0,53		-	

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 ₂ /m ² .año	kgCO ₂ /año
<i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i>	2,61	505,04
<i>Emisiones CO₂ por combustibles fósiles</i>	0,07	13,20

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 ning n proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	1,56 A		CALEFACCIÓN	
	<i>Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m²año)</i>	A	ACS	
	6,38		<i>Energía primaria no renovable ACS (kWh/m²año)</i>	
			6,23	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m²año)¹</i>	<i>Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m²año)</i>		<i>Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m²año)</i>	
	A		-	
	3,12		-	

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

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

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
<i>Demanda de calefacción (kWh/m²año)</i>	<i>Demanda de refrigeración (kWh/m²año)</i>

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

ANEXO III

RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² •año)	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² •año)
54.20 A	12.20 A
54.20-87.8 B	12.20-19.9 B
87.80-136.10 C	19.90-30.80 C
136.10-209.30 D	30.80-47.30 D
209.30-375.60 E	47.30-83.70 E
375.60-473.20 F	83.70-100.40 F
473.20 G	100.40 G

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS

DEMANDA DE CALEFACCIÓN (kWh/m ² •año)	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN (kWh/m ² •año)
28.90 A	10.00 A
28.90-46.8 B	10.00-14.3 B
46.80-72.60 C	14.30-20.40 C
72.60-111.60 D	20.40-29.70 D
111.60-178.30 E	29.70-36.70 E
178.30-208.60 F	36.70-45.10 F
208.60 G	45.10 G

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior
Consumo Energía primaria (kWh/m ² •año)										
Consumo Energía final (kWh/m ² •año)										
Emisiones de CO ₂ (kgCO ₂ /m ² •año)										
Demanda (kWh/m ² •año)					[Hatched area]					

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE MEDIDA DE MEJORA

Características técnicas de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)
Coste estimado de la medida
Otros datos de interés

ANEXO IV

PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL TÉCNICO CERTIFICADOR

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

Fecha de realización de la visita del técnico certificador	18/10/16
--	----------