



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

**ANÁLISIS Y ESTUDIO DE LAS INSTALACIONES
DE CLIMATIZACIÓN Y BOMBEO DEL CORTIJO
SANTA MATILDE**

Autor: Joaquín Sanz-Gadea Vivas
Director: Iñigo Sanz Fernández

Madrid
Junio de 2021

AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESINAS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor D. Joaquín Sanz-Gadea Vivas

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: ANÁLISIS Y ESTUDIO DE LAS INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN Y BOMBEO DEL CORTIJO SANTA MATILDE, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor CEDE a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducirla en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.

- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 10 de junio de 2021

ACEPTA



Fdo.: Joaquín Sanz-Gadea Vivas

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
ANÁLISIS Y ESTUDIO DE LAS INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN Y
BOMBEO DEL CORTIJO SANTA MATILDE
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2020/2021 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada
de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Joaquín Sanz-Gadea Vivas

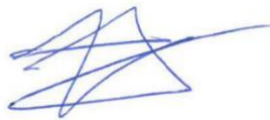
Fecha: 09/ 06/ 2021



Autorizada la entrega del proyecto
EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Iñigo Sanz Fernández

Fecha: 10/ 06/ 2021





GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

**ANÁLISIS Y ESTUDIO DE LAS INSTALACIONES
DE CLIMATIZACIÓN Y BOMBEO DEL CORTIJO
SANTA MATILDE**

Autor: Joaquín Sanz-Gadea Vivas
Director: Iñigo Sanz Fernández

Madrid
Junio de 2021

ANÁLISIS Y ESTUDIO DE LAS INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN Y BOMBEO DEL CORTIJO SANTA MATILDE

Autor: **Sanz-Gadea Vivas, Joaquín.**

Director: Sanz Fernández, Iñigo.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

Introducción

El propósito de este proyecto es analizar y estudiar las instalaciones de climatización y de bombeo de una casa unifamiliar situada en la provincia de Almería y que ha sido abandonada debido a la falta de reforma en la misma. Se encontrarán soluciones para mejorar el confort de los propietarios para que se pueda volver a habitar el domicilio, mejorando la autosuficiencia de la vivienda y satisfaciendo alguno de los objetivos y metas de desarrollo sostenible. En este proyecto se hará especial mención a los siguientes elementos:

- **Instalación de climatización.** En la actualidad no existe ningún tipo de instalación para la climatización de la vivienda. Será por ello importante encontrar un método que permita disfrutar a los propietarios de la vivienda cuando las condiciones meteorológicas sean desfavorables. Para ello, se analizarán los aislamientos de la vivienda y posibles soluciones como el suelo radiante, gas ciudad o el aire acondicionado.
- **Instalación de bombeo.** En este proyecto se han analizado las instalaciones de bombeo de la calefacción por suelo radiante, del sistema ACS y su circuito de recirculación, y finalmente, un circuito de agua reciclada diseñado por el autor del proyecto. Para cada caso, se ha estudiado el mercado y los diferentes proveedores y fabricantes, con el fin de encontrar las bombas óptimas para mejorar la eficiencia de la red.
- **Elementos adicionales.** Adicionalmente a lo mencionado antes, se ha estudiado la instalación de fototermia como fuente de generación principal, cuyo fin es mejorar la sostenibilidad del cortijo aprovechando el clima de la región. Además, se ha analizado la viabilidad de plantar un huerto de tomate raf utilizando el agua del circuito de agua reciclada.

Metodología

El procedimiento que se ha llevado a cabo a la hora de realizar el trabajo ha sido el siguiente:

- **Análisis y estudio de la vivienda.** El primer paso ha sido analizar y estudiar las condiciones en las que se encontraba la vivienda y cuáles eran las instalaciones y elementos que requerían de mayor reforma. Como se ha comentado, este proyecto se ha centrado en las instalaciones de climatización y de bombeo.

- **Desarrollo de las líneas de actuación.** Una vez encontradas las vertientes en las que se iba a trabajar, se han buscado los elementos y características de cada una de ellas, identificando los problemas concretos que se encontraban.
- **Proposición y elección de ideas.** Se ha realizado una serie de propuestas para cada posible problema, con el fin de analizar los puntos fuertes y débiles de cada una, seleccionando la mejor, de acuerdo con diversos factores como las necesidades del cliente, su presupuesto y la eficiencia del sistema.

Resultados

En la vertiente del sistema de bombeo se han dimensionado los diferentes circuitos presentes en la vivienda: ACS (principal y retorno), calefacción y un cuarto circuito de agua reciclada mediante el tratamiento de aguas grises. Para ello se han utilizado bombas de la marca Sulzer, y otros elementos como grupos de presión, para mantener la presión en la red y asegurar que el caudal y la altura manométrica crítica eran satisfechos.

En cuanto a la climatización, se han modificado los aislamientos de la vivienda y posteriormente se han hecho dos propuestas de reforma: la primera incluye la utilización del suelo radiante como método de calefacción, y la segunda el uso de aire acondicionado para llevar a cabo la misma función. En ambos casos, utilizando la fototermia como fuente de generación principal.

Finalmente, se han propuesto otras ideas como la plantación de un cultivo de tomate raf como mejora de la sostenibilidad de la vivienda.

El coste total del proyecto incluyendo la propuesta del suelo radiante asciende a 143.237,01€ y el coste total incluyendo la segunda propuesta asciende a 105.933,02€.

Conclusiones

Tras haber analizado los cambios propuestos y el coste total de la reforma, se concluye que ambas propuestas permiten alcanzar los objetivos designados en este trabajo, mejorando el confort y la habitabilidad de la vivienda, con el fin de que los propietarios puedan volver a disfrutar de ella. Debido al uso que se le va a dar a esta vivienda, se ha decidido utilizar la segunda opción por lo que el coste final será de 105.933,02 €, que podrá ser llevada a cabo en varias etapas, siendo la primera de ellas el cambio de los aislamientos.

ANALYSIS AND STUDY OF THE AIR-CONDITIONING SYSTEM AND THE PUMPING INSTALLATION AT CORTIJO SANTA MATILDE

Author: **Sanz-Gadea Vivas, Joaquín.**

Director: Sanz Fernández, Iñigo.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

PROJECT SUMMARY

Introduction

The aim of this project is to analyse and study the air-conditioning and pumping systems in a detached house located in the province of Almeria, which has been abandoned as the building hasn't been renovated. Solutions will be found to improve the owner's comfort so that they can return to the property, improving the home's self-sufficiency and fulfilling some of the objectives and the Sustainable Development Goals (SDGs). In this project, special reference will be made to the following elements:

- **Air-conditioning system.** Currently there no air-conditioning system in the home. Thus, it is important to find a method what will enable the owners to enjoy the property in adverse the weather conditions. The property's insulation will be analysed and possible solutions, such as under-floor heating, natural gas and air-conditioning.
- **Pumping installation.** This project has analysed the pumping installation for the under-floor heating, the hot-water system and its recirculation circuit, and lastly a recycled water circuit designed by the author of the project. For each of the above, the market, different suppliers and manufacturers have been studied, in order to find the optimum pumps and devices to improve the efficiency of the network.
- **Additional elements.** In addition to the already mentioned, photo-thermal solar units are used as the main generation source, aimed at improving the sustainability of the property, making the most of the climate in the region. Furthermore, the viability of planting Raf tomatoes in the garden, using water from the recycled water circuit.

Methodology

The procedure followed to carry out this project was as follows:

- **Analysis and study of the property.** The first step consisted of analysing and studying the current condition of the property and the installations and elements that needed major renovations. As stated, this project has focused on the air-conditioning and pumping installations.

- **Development of the lines of action.** Once the aspects to be worked on were detected, elements and characteristics of each one of them were developed and specific problems found.
- **Proposal and choice of ideas.** A series of proposals for each possible problem have been put forward, in order to analyse the strengths and weaknesses of each one, choosing the best, taking into account different factors including the customers' needs, budget and the efficiency of the system.

Results

On the side of the pumping system, the different circuits present in the house have been dimensioned: DHW (main and return), the heating, and a recycled water circuit which uses a grey-water treatment. For this purpose, Sulzer pumps have been used, along with other elements such as pressure groups to maintain the pressure in the network and ensure that the flow and the critical manometric head were satisfied.

Regarding the air-conditioning, the insulation of the house has been modified and two refurbishment proposals have been made: the first one includes the use of underfloor heating, and the second one uses air conditioners for the same function. In both cases, photo-thermal solar units are used as the main source of generation.

Finally, other ideas have been proposed, such as planting a tomato crop to improve the sustainability of the house.

The total cost of the project including the underfloor heating amounts to € 143,237.01 and the total cost of the second proposal amounts to € 105,933.02.

Conclusions

After having analysed the proposed changes and the total cost of the renovation, it is concluded that both proposals make it possible to achieve the objectives designated in this work, improving the comfort and habitability of the home, so that the owners can again enjoy it. Due to the use that it is going to be given to this house, it has been decided to apply the second proposal with a final cost of € 105,933.02, which can be carried out in several stages, being the first one the change of the insulation.

ÍNDICE GENERAL

- 1) MEMORIA
- 2) PRESUPUESTO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Clasificación Köppen en la Península Ibérica.	29
Ilustración 2. Mapa topográfico de Huércal de Almería.	29
Ilustración 3. Mapa geográfico con ubicación de la vivienda. (Fuente: Informe de tasación).....	30
Ilustración 4. Parcela y vivienda del proyecto. (Fuente: Informe de tasación)	31
Ilustración 5. Vista aérea de los lindes de la vivienda. (Fuente: Google Earth).....	31
Ilustración 6. Imagen de la fachada sur. (Fuente: Elaboración propia)	32
Ilustración 7. Plano de la vivienda. (Fuente: Informe de Tasación).....	32
Ilustración 8. Ventanal de la vivienda. (Fuente: Elaboración propia)	33
Ilustración 9. Entrada de tuberías a la vivienda. (Fuente: Google Earth).....	34
Ilustración 10. Consumo de agua por trimestre (Fuente: Elaboración propia).....	35
Ilustración 11. Termo eléctrico COINTRA TL Plus Slim 50L (Fuente: COINTRA)....	36
Ilustración 12. Tipos de bombilla según su casquillo. Fuente: La casa de las lámparas	37
Ilustración 13. Radiador eléctrico de aceite Olea. (Fuente: Leroy Merlín)	37
Ilustración 14. Ventilador de pie ALPINA (Fuente: Leroy Merlín).....	38
Ilustración 15. Conducción estacionaria en paredes planas. (Fuente: Documentos de la asignatura de Transmisión de Calor, ICAI).....	40
Ilustración 16. Plancha “Pladur” tipo N. (Fuente: Pladur)	42
Ilustración 17. Plancha Enairgy Isopop+ (Fuente: Pladur).....	44
Ilustración 18. Mortero adhesivo (Fuente: Pladur).....	45
Ilustración 19. Pasta de juntas JN (Fuente: Pladur)	45
Ilustración 20. Cinta de juntas. (Fuente: Pladur)	45
Ilustración 21. Pintura blanca Titanlux. (Fuente: Leroy Merlín)	46
Ilustración 22. Perfil de aluminio con RPT. (Fuente: Roto Frank)	48
Ilustración 23. Perfil EuroFutur Elegance de Kömmerling. (Fuente: Kömmerling)	51
Ilustración 24. Acabado de los perfiles de las ventanas (Fuente: Kömmerling)	52
Ilustración 25. Sistema de persianas RolaPlus. (Fuente: Kömmerling)	52
Ilustración 26. Esquema del suelo radiante (Fuente: Leroy Merlín)	57
Ilustración 27. Tipos de estructuras de suelo radiante. (Fuente: Fegeca).....	60
Ilustración 28. Termostato DUCASA TP520 (Fuente: Leroy Merlín).....	61
Ilustración 29. Distribución de tubos en espiral. (Fuente: Fegeca)	63
Ilustración 30. Tuberías de PEX. (Fuente: Leroy Merlin).....	64
Ilustración 31. Mortero de cemento. (Fuente: Bauhaus)	64
Ilustración 32. Revestimiento pétreo. (Fuente: PYMA).....	65
Ilustración 33. Curva básica para suelo radiante (Fuente: Elaboración propia)	72
Ilustración 34. Curvas características en modo calefacción. (Fuente: Elaboración propia)	75
Ilustración 35. Diagrama psicrométrico (Fuente: Elaboración propia)	79
Ilustración 36. Curvas características del modo refrigeración. (Fuente: Elaboración propia).....	81
Ilustración 37. Banda perimetral DUCASA (Fuente: Leroy Merlín)	82
Ilustración 38. Panel aislante. (Fuente: Elaboración Propia).....	83
Ilustración 39. Colector Baxi 77169XX (Fuente: Baxi).....	84
Ilustración 40. Aire acondicionado en la Vivienda (Fuente: DAIKIN)	84
Ilustración 41. Aire acondicionado Mono Split (Fuente: Caloryfrío.com)	85
Ilustración 42. Etiqueta eficiencia energética. (Fuente: ClimaPrecio)	86
Ilustración 43. A/C HTW modelo IX39B (Fuente: Leroy Merlín)	88
Ilustración 44. Calefactor de pie Delonghi (Fuente: Leroy Merlín).....	89

Ilustración 45. Elementos de la ecuación LCC. (Fuente: El coste del ciclo de vida de las bombas, Sanz Fernández, Iñigo).....	91
Ilustración 46. Coeficiente de fricción en el Diagrama de Moody. (Fuente: Elaboración propia).....	96
Ilustración 47. Bomba Sulzer MF 154 W (Fuente: Elaboración propia).....	98
Ilustración 48. Curvas de la bomba Sulzer MF 154 W (Fuente: Sulzer).....	98
Ilustración 49. Caudal para el circuito de retorno según la sección de tubería (Fuente: Documento Básico HS, CTE).....	99
Ilustración 50. Bomba EJ D-2 (Fuente: Sulzer)	99
Ilustración 51. Curvas de la bomba Sulzer EJ D-2 (Fuente: Sulzer)	100
Ilustración 52. Diagrama de Moody. (Fuente: Elaboración propia).....	102
Ilustración 53. Grupo de presión Saturn 4 04 18 M. (Fuente: ESPALeader).....	104
Ilustración 54. Curva de trabajo de la bomba (Fuente: ESPALeader)	104
Ilustración 55. Bomba Sulzer VMS 6H (Fuente: Sulzer).....	105
Ilustración 56. Curvas de la bomba Sulzer VMS 6H (Fuente: Sulzer).....	105
Ilustración 57. Sistema AquaServe 1000 (Fuente: Roth)	109
Ilustración 58. Depósito RothAgua RB700 (Fuente: Roth)	109
Ilustración 59. Instalación fototérmica en una vivienda. (Fuente: Infobae).....	114
Ilustración 60. Esquema de una instalación de fototermia (Fuente: Greenheiss).....	115
Ilustración 61. Sistema fototermia BAXI Solar Easy 1000 (Fuente: BAXI)	116
Ilustración 62. Termos eléctricos de 30 y 80L de izquierda a derecha. (Fuente: Leroy Merlín).....	117
Ilustración 63. Termo acumulador LAPESA Geiser GX750 M1 (Fuente: LAPESA) .	118
Ilustración 64. Panel fototérmico BAXI STS 300-2.0 (Fuente: BAXI)	118
Ilustración 65. Tomate raf. (Fuente: El huerto del abuelo)	119
Ilustración 66. Abono para la tierra. (Fuente: Leroy Merlín).....	120
Ilustración 67. Distribución del presupuesto para la Opción 1 (Fuente: Elaboración Propia)	135
Ilustración 68. Distribución del presupuesto para la Opción 2 (Fuente: Elaboración Propia)	135
Ilustración 69. Entorno de la Vivienda (Fuente: Informe de tasación)	147
Ilustración 70. Descripción de la Vivienda y superficie de la misma. (Fuente: Informe de tasación).....	148
Ilustración 71. Características constructivas de la Vivienda. (Fuente: Informe de tasación).....	148
Ilustración 72. Características constructivas, situación actual y urbanística. (Fuente: Informe de tasación)	149
Ilustración 73. Plano de situación. (Fuente: Informe de tasación)	150
Ilustración 74. Plano de emplazamiento. (Fuente: Informe de tasación)	151
Ilustración 75. Vista aérea de la Vivienda. (Fuente: Informe de tasación)	152
Ilustración 76. Información del Registro Catastral. (Fuente: Informe de tasación)	153
Ilustración 77. Plano general de la Vivienda. (Fuente: Elaboración propia).....	154
Ilustración 78. Vista 3D de la Vivienda. (Fuente: Elaboración Propia)	155
Ilustración 79. Valores de la transmitancia térmica (Fuente: Onventanas).....	156
Ilustración 80. Tabla 2.1 del CTE sobre el caudal instantáneo mínimo. (Fuente: Documento básico HS4 del CTE).	156
Ilustración 81. Objetivos de Desarrollo Sostenible (Fuente: Naciones Unidas)	158
Ilustración 82. Presupuesto de las puertas (Fuente: Carpintería Padilla)	174
Ilustración 83. Presupuesto Sistema AquaServe (Fuente: Roth)	175
Ilustración 84. Presupuesto Sistema Rothagua RB700 (Fuente: Roth)	176

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Listado de planchas para trasdosados. (Fuente: Pladur).....	44
Tabla 2. Cálculo de la superficie de pared de la vivienda. (Fuente: Elaboración Propia)	46
Tabla 3. Propiedades de los posibles materiales utilizados para los perfiles. (Fuente: Elaboración Propia)	50
Tabla 4. Listado del tipo de ventanas actuales en la vivienda. (Fuente: Elaboración propia)	53
Tabla 5. Propiedades de los posibles materiales usados para las puertas. (Fuente: Elaboración Propia)	55
Tabla 6. Listado del tipo de puertas actuales en la vivienda. (Fuente: Elaboración Propia)	56
Tabla 7. Zonas climáticas en España. (Fuente: Código Técnico de Edificación)	62
Tabla 8. Transmitancia límite y factor solar. (Fuente: Código Técnico de Edificación)	63
Tabla 9. Factor de corrección de la temperatura. (Fuente: Ingenieros Industriales)	66
Tabla 10. Resumen de los cerramientos de la HAB 1. (Fuente: Elaboración Propia)....	67
Tabla 11. Caudal mínimo según estancia. (Fuente: Documento básico HS)	68
Tabla 12. Factor de recalentamiento. (Fuente: Ingenieros Industriales)	69
Tabla 13. Cálculo de las cargas térmicas. (Fuente: Elaboración Propia)	71
Tabla 14. Temperatura máxima y de diseño interior, y flujo térmico máximo (Fuente: Elaboración propia)	72
Tabla 15. Ecuaciones que definen las curvas características (Fuente: Elaboración propia).....	73
Tabla 16. Ecuaciones de las curvas límites. (Fuente: Elaboración propia)	74
Tabla 17. Valores de temperatura de impulsión según el paso de la tubería. (Fuente: Elaboración Propia)	74
Tabla 18. Caudal de agua necesario por estancia. (Fuente: Elaboración Propia).....	77
Tabla 19. Longitud de tubería y número de circuitos necesarios. (Fuente: Elaboración Propia)	78
Tabla 20. Ecuaciones que definen las curvas características (Fuente: Fegeca).....	81
Tabla 21. Caudal de agua necesario por estancia. (Fuente: Elaboración Propia).....	82
Tabla 22. Frigorías necesarias por estancia (Fuente: Elaboración propia).....	87
Tabla 23. Caudal instantáneo de los elementos del domicilio. (Fuente: Elaboración Propia)	93
Tabla 24. Parámetros requeridos para las aguas depuradas (BOE RD 1620/2007)	106
Tabla 25. Capacidad de producción y demanda de aguas grises (Fuente: BOE RD 1620/2007).....	107
Tabla 26. Modificaciones hechas en el Sistema de bombeo (Fuente: Elaboración propia)	123
Tabla 27. Análisis de la red primaria de ACS (Fuente: Elaboración propia)	124
Tabla 28. Análisis de las redes de retorno de ACS y de calefacción (Fuente: Elaboración propia).....	125
Tabla 29. Análisis de la red de agua reciclada (Fuente: Elaboración propia)	127
Tabla 30. Análisis del Sistema de generación para ACS (Fuente: Elaboración propia)	128
Tabla 31. Resumen de los cambios propuestos en los aislamientos de la Vivienda. (Fuente: Elaboración propia)	129
Tabla 32. Análisis del Sistema de generación del suelo radiante. (Fuente: Elaboración propia).....	131

Tabla 33. Análisis del aire acondicionado propuesto. (Fuente: Elaboración propia)...	133
Tabla 34. Presupuestos parciales de la propuesta con suelo radiante (Fuente: Elaboración propia)	134
Tabla 35. Presupuestos parciales de la propuesta con aire acondicionado (Fuente: Elaboración propia)	134
Tabla 36. Cálculo de las cargas térmicas totales de la Vivienda. (Fuente: Elaboración propia).....	157
Tabla 37. Presupuesto de la reforma de muros y paredes. (Fuente: Elaboración propia)	165
Tabla 38. Presupuesto de la reforma de ventanas de la Vivienda. (Fuente: Elaboración propia).....	166
Tabla 39. Presupuesto de la reforma de las puertas. (Fuente: Elaboración propia).....	166
Tabla 40. Presupuesto de la reforma de suelo radiante. (Fuente: Elaboración propia)	167
Tabla 41. Presupuesto de la reforma del Sistema de ACS (Fuente: Elaboración propia)	168
Tabla 42. Presupuesto de la reforma del circuito de agua reciclada. (Fuente; Elaboración propia).....	169
Tabla 43. Presupuesto de la reforma de aire acondicionado. (Fuente: Elaboración propia).....	169
Tabla 44. Presupuesto de la plantación del huerto de tomate. (Fuente: Elaboración propia).....	170
Tabla 45. Presupuesto del Sistema de generación con suelo radiante. (Fuente: Elaboración propia)	170
Tabla 46. Presupuesto del Sistema de generación con aire acondicionado. (Fuente: Elaboración propia)	171
Tabla 47. Presupuesto final de la opción 1. (Fuente: Elaboración propia).....	172
Tabla 48. Presupuesto final de la opción 2. (Fuente: Elaboración propia).....	172

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Transferencia de calor por conducción.....	40
Ecuación 2. Resistencia térmica	44
Ecuación 3. Transferencia de calor por radiación	58
Ecuación 4. Caudal de agua usando el salto térmico.....	58
Ecuación 5. Transferencia de calor a través del suelo	61
Ecuación 6. Cargas térmicas por transmisión.....	66
Ecuación 7. Cargas térmicas de transmisión de los muros.....	67
Ecuación 8. Cargas térmicas de transmisión de las ventanas	67
Ecuación 9. Cargas térmicas de transmisión de las puertas	67
Ecuación 10. Cargas térmicas de transmisión del suelo.....	67
Ecuación 11. Cargas térmicas de transmisión del techo.....	67
Ecuación 12. Cargas térmicas de transmisión totales.....	67
Ecuación 13. Cargas térmicas por renovación.....	68
Ecuación 14. Caudal mínimo de ventilación	68
Ecuación 15. Cargas térmicas de renovación totales.....	68
Ecuación 16. Cargas térmicas por inercia térmica	69
Ecuación 17. Cargas térmicas de inercia térmica totales.....	69
Ecuación 18. Cargas térmicas totales	69
Ecuación 19. Sumatorio de las cargas térmicas totales	69
Ecuación 20. Salto térmico	70
Ecuación 21. Curva básica de suelo radiante	72
Ecuación 22. Curva característica para el modo calefacción.	73
Ecuación 23. Constante de la curva característica para el modo calefacción.....	73
Ecuación 24. Temperatura de impulsión del agua.....	75
Ecuación 25. Salto térmico entre la impulsión y la temperatura de diseño interior	75
Ecuación 26. Caudal de agua para el modo calefacción.....	76
Ecuación 27. Longitud de tubería de la instalación.....	78
Ecuación 28. Salto térmico entre el agua y el interior para el modo refrigeración	80
Ecuación 29. Cálculo del salto térmico para el modo refrigeración.....	80
Ecuación 30. Salto térmico máximo para el modo refrigeración	80
Ecuación 31. Cálculo de las frigorías.	86
Ecuación 32. Equivalencia entre frigoría y vatio	86
Ecuación 33. Caudal máximo de la red primaria de ACS	93
Ecuación 34. Cálculo del factor de simultaneidad de ACS.....	93
Ecuación 35. Cálculo del caudal crítico de la red primaria de ACS	94
Ecuación 36. Alturas manométricas	94
Ecuación 37. Cargas primarias y secundarias	94
Ecuación 38. Ecuación de Darcy-Weisbach.....	94
Ecuación 39. Velocidad del agua en la red primaria de ACS.....	95
Ecuación 40. Número de Reynolds en la red primaria de ACS	95
Ecuación 41. Rugosidad relativa del cobre	95
Ecuación 42. Cálculo de las cargas primarias de la red primaria de ACS	96
Ecuación 43. Cálculo de las cargas secundarias de la red primaria de ACS	96
Ecuación 44. Cálculo de la altura manométrica de la bomba para la red primaria de ACS	96
Ecuación 45. Factor de simultaneidad de la red de calefacción	101
Ecuación 46. Velocidad del agua en la red de calefacción.....	101
Ecuación 47. Número de Reynolds de la red de calefacción.....	102

Ecuación 48. Rugosidad relativa del polietileno reticulado	102
Ecuación 49. Cargas primarias de la red de calefacción	103
Ecuación 50. Cálculo de las pérdidas totales de la red de calefacción	103
Ecuación 51. Alturas manométricas de la red de calefacción	104
Ecuación 52. Altura manométrica de la bomba de la red de calefacción	104
Ecuación 53. Caudal captado por la red de reciclaje	107
Ecuación 54. Caudal consumido por la red de reciclaje	107
Ecuación 55. Caudal instantáneo de la red de reciclaje	110
Ecuación 56. Velocidad del agua en la red de reciclaje	110
Ecuación 57. Número de Reynolds de la red de reciclaje	110
Ecuación 58. Factor de fricción para flujo laminar	110
Ecuación 59. Cálculo de las cargas primarias de la red de reciclaje	110
Ecuación 60. Pérdidas totales de la red de reciclaje	111
Ecuación 61. Alturas manométricas de la red de reciclaje	111
Ecuación 62. Altura manométrica de la bomba de la red de reciclaje	111

1) MEMORIA

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN.....	28
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA Y CONTEXTO GEOGRÁFICO	28
1.2..... DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA	32
1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA HIDRÁULICO.....	34
1.4..... DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE AGUA CALIENTE	36
1.5 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LA VIVIENDA	36
1.6 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CLIMATIZACIÓN DE LA VIVIENDA	37
2 REVISIÓN Y ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN	40
2.1 AISLAMIENTOS.....	40
2.1.1 TEORÍA SOBRE TRANSFERENCIA DE CALOR	40
2.1.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LOS AISLAMIENTOS DE LA VIVIENDA	41
2.1.3 MUROS Y PAREDES	41
2.1.4 VENTANAS.....	47
2.1.5 PUERTAS	54
2.2 PROPUESTAS PARA LA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN.....	57
2.2.1 GAS CIUDAD E INSTALACIÓN DE RADIADORES.....	57
2.2.2 INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE	57
2.2.3 INSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO	84
3. REVISIÓN Y ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN DE BOMBEO.....	91
3.1 CIRCUITO PRINCIPAL DE AGUA CALIENTE SANITARIA.....	93
3.1.1 CÁLCULO DEL CONSUMO DIARIO	93
3.1.2 CÁLCULO DE ALTURAS MANOMÉTRICAS	94
3.1.3 SELECCIÓN DE LA BOMBA	97
3.2 RED DE RECIRCULACIÓN DE ACS.....	99
3.3 CIRCUITO DE CALEFACCIÓN.....	100
3.3.1 CÁLCULO PARA LA OBTENCIÓN DEL CAUDAL	101
3.3.2 CÁLCULO PARA LA OBTENCIÓN DE LAS ALTURAS MANOMÉTRICAS	101
3.3.3 COMPONENTES DE LOS GRUPOS DE PRESIÓN	103
3.3.4 SELECCIÓN DEL GRUPO DE PRESIÓN	103
3.3.5 SELECCIÓN DE LA BOMBA	105
3.4 CIRCUITO DE AGUA RECICLADA	106
3.4.1 CÁLCULO DEL CAUDAL	107
3.4.2 DEPÓSITO Y TRATAMIENTO	108
3.4.3 TUBERÍAS.....	109
3.4.4 CÁLCULO DE LAS ALTURAS MANOMÉTRICAS	110
3.4.5 SELECCIÓN DE LA BOMBA	111
4. IDEAS ADICIONALES	114
4.1 FOTOTERMIA.....	114
4.1.1 TEORÍA SOBRE LA FOTOTERMIA.....	114
4.1.2 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DE LA FOTOTERMIA	115
4.1.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN	116
4.2 HUERTO DE TOMATE “RAF”	119

4.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL HUERTO	119
4.2.2 MATERIALES NECESARIOS	119
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	122
5.1 ANÁLISIS DEL BOMBEO DE LA VIVIENDA	122
5.2 ANÁLISIS DEL CLIMATIZACIÓN DE LA VIVIENDA.....	129
5.3 ANÁLISIS ECONÓMICO	133
6. CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS	137
6.1 SISTEMA DE BOMBEO	137
6.2 SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN	137
6.3 COMENTARIOS FINALES	138
6.4 LINEAS FUTURAS	138
7. BIBLIOGRAFÍA.....	141
8. ANEXOS.....	145
ANEXO I. INFORMACIÓN SOBRE LA VIVIENDA	147
INFORME DE TASACIÓN	147
PLANOS DE ELABORACIÓN PROPIA	154
ANEXO II. INFORMACIÓN ADICIONAL DE INTERÉS	156
ANEXO III. ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS) 158	
OBJETIVO 6. AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO.....	158
OBJETIVO 7. ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE	159
OBJETIVO 8. TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	159
OBJETIVO 11. CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	159
OBJETIVO 12. PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES	159
OBJETIVO 13. ACCIÓN POR EL CLIMA	159

1. INTRODUCCIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA Y CONTEXTO GEOGRÁFICO

La vivienda que se va a analizar es conocida en la zona por “Cortijo Santa Matilde” o “Casa del fiscal”. Ubicada en la carretera nacional 340, a 7 kilómetros de la capital de provincia en el pueblo de Huércal de Almería, barrio de La Peinada.

A partir del año 2014 forma parte de la Urbanización Santa Matilde, complejo que se creó alrededor de la vivienda sobre lo que eran los jardines de la casa y que ha tomado su nombre por ello. Sigue guardando elementos restaurados propios de la época de construcción de la casa como el pozo o la balsa que antes pertenecían a la vivienda.

Para poder diseñar la mejor solución para nuestro proyecto es necesario conocer más sobre la ubicación en la que se encuentra el inmueble, por ello se pondrá en contexto la provincia de Almería y el pueblo en el que se encuentra la casa, Huércal de Almería.

Almería es una de las ocho provincias de la Comunidad Autónoma de Andalucía situada en el sur de España. Hace frontera con las provincias de Granada y Murcia. La ciudad de Almería se encuentra rodeada por tres sierras, al norte Sierra Alhamilla, al oeste la Sierra de Gádor, y al este, atravesando el desierto de Tabernas, se llega a la Sierra de Cabo de Gata, considerada Parque Natural. Al sur, el puerto y litoral se abren al mar Mediterráneo.

Su climatología está condicionada por su situación geográfica y por tener a Sierra Nevada y a las Alpujarras como barreras que impiden que lleguen los vientos húmedos del Atlántico.

Según la clasificación climática de Köppen el clima de la ciudad de Almería, situada en la zona de costa, es semiárido cálido (BWh) como se puede comprobar en la *Ilustración 1*. Estas siglas indican que es un clima seco, árido y cálido. Sin embargo, la provincia de Almería es tan grande que existen otros cuatro tipos más de clima. Es considerada la ciudad más árida de Europa y una de las más áridas de la cuenca del Mediterráneo con una precipitación anual inferior a los 200 mm. En cuanto a la temperatura, su proximidad al continente africano hace que goce de temperaturas altas durante todo el año. La temperatura mínima media es de 8°C y una máxima promedio de 30°C. Estos datos serán importantes a la hora de tomar decisiones durante el proyecto en la vertiente de climatización.

Almería es una de las ciudades más soleadas de Europa, este hecho hará que sea muy beneficioso instalar paneles solares en las viviendas de esta zona debido a su alta rentabilidad.



Ilustración 1. Clasificación Köppen en la Península Ibérica.

En referencia a la orografía, la provincia de Almería es una de las más montañosas de España lo que hace que le aíslen del resto de comunidades y tenga un clima muy particular. Las montañas se encuentran muy cerca del litoral y eso hace que la altitud aumente mucho a escasos kilómetros del mar. En el caso de la vivienda que se está estudiando la altitud es de 96 metros como se puede observar en el mapa topográfico de la Ilustración 2.

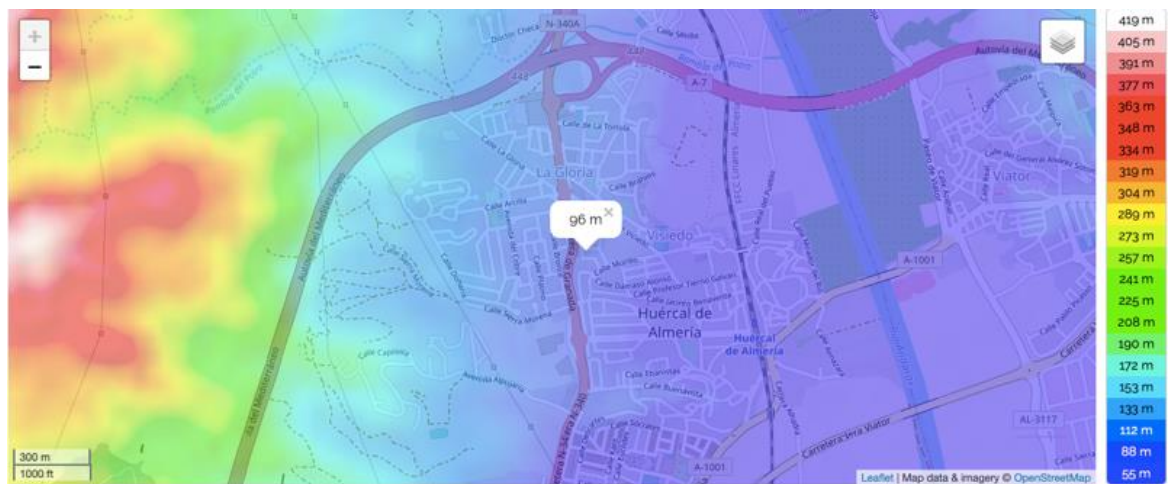


Ilustración 2. Mapa topográfico de Huércal de Almería.

El clima seco de Almería hace que no disponga de grandes accidentes hidrográficos, los únicos que podemos encontrar son las ramblas. Éstas se caracterizan porque el agua suele desaparecer bajo tierra y reaparece en las desembocaduras creando humedales.

Debido a esta climatología y a los accidentes hidrográficos que se encuentran en la provincia, Almería es en el sector agrícola, una de las zonas más importantes de

explotación agraria de toda Europa. Miles de hectáreas de invernaderos se localizan en esta zona que popularmente se conoce como “El mar de plástico”. Entre los cultivos que se pueden encontrar, resalta el tomate de la variedad “raf”. Este hecho se tendrá en cuenta más adelante en el proyecto como posibilidad para plantar un huerto.

Ahora que se ha contextualizado la provincia de Almería y las zonas cercanas a la capital, se hará un breve resumen del pueblo en el que se localiza la vivienda de estudio.

Huércal de Almería es un municipio pequeño de aproximadamente 20 km² y con una población según el INE (Instituto Nacional de Estadística) de 17.651 habitantes en el año 2019. El hecho de que esté a sólo 5 kilómetros de la capital hace que la mayor parte del municipio sea residencial, ya que mucha gente que trabaja en Almería prefiere vivir en una zona más tranquila, con tiendas y pequeños comercios alrededor.

A continuación, se puede ver en la *Ilustración 3*, a la izquierda, un mapa ubicando Huércal de Almería, y a la derecha, la localización de la vivienda dentro de este municipio.

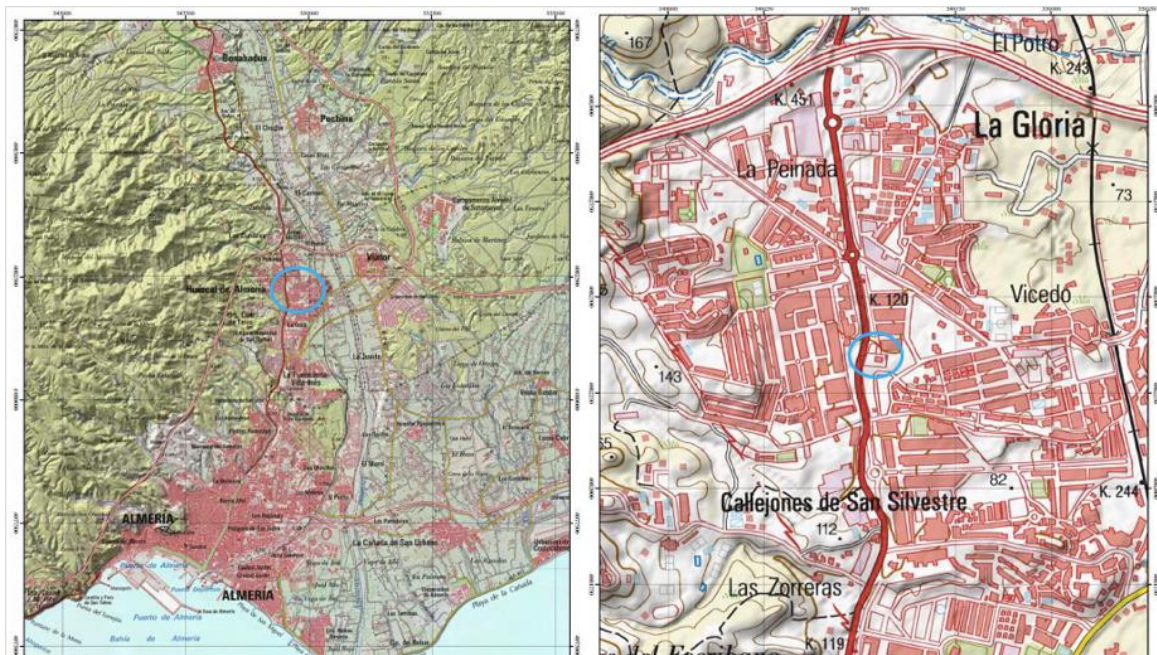


Ilustración 3. Mapa geográfico con ubicación de la vivienda. (Fuente: Informe de tasación)

Se adjunta anexo también el informe de tasación de la casa, realizado en Almería el 24 de junio de 2015, donde se muestra en la *Ilustración 4* que la casa tiene una parcela de 1.424 m².

La parcela presenta un terreno plano, con gran cantidad de árboles centenarios y numerosas plantas autóctonas de la provincia como son palmeras datileras o pitas. La mayor parte de la superficie sin construir no está asfaltada, sino que es de tierra compactada, que sirve de aparcamiento para familiares y amigos. Una pequeña parte, alrededor del 15% corresponde a zonas verdes que no dispone de un sistema de riego

instalado. Adicionalmente, en la parcela encontramos una terraza de baldosas, un almacén de 21 m², un área de barbacoa con una mesa de comedor y dos fuentes.



Ilustración 4. Parcela y vivienda del proyecto. (Fuente: Informe de tasación)

Por último, los lindes de la casa son los siguientes. Al norte, se encuentra la urbanización Santa Matilde y los antiguos jardines de la casa, al este, se encuentra una plaza pública con columpios y toboganes para los niños, así como bancos y un parque canino. Finalmente, al oeste y al sur, se ve rodeada por un parque público con una zona de gimnasia de reciente creación, tal como se muestra en la *Ilustración 5*. Por ello, ciertas decisiones como el horario de trabajo, o el ruido proveniente de las obras tendrán que ser tenidas en cuenta a la hora de preservar el bienestar de los vecinos.



Ilustración 5. Vista aérea de los lindes de la vivienda. (Fuente: Google Earth)

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA

En la parcela anteriormente mencionada se encuentra una vivienda de arquitectura ecléctica decimonónica. En la *Ilustración 6* se puede observar la fachada sur de la vivienda. Como se puede apreciar en la imagen, la vivienda construida en 1965 dispone de una sola planta con techos muy altos, sobre todo en el patio, como era habitual en las casas de la época. La vivienda además cuenta con siete grandes ventanales y numerosas ventanas, así como suelos de mármol, que harán más compleja la tarea de climatizarla.



Ilustración 6. Imagen de la fachada sur. (Fuente: Elaboración propia)

Los planos de la vivienda se encuentran en el Informe de Tasación que se anexa, pero para poder tener una idea general de la vivienda, se muestra la *Ilustración 7*, con la distribución de las habitaciones y el almacén.

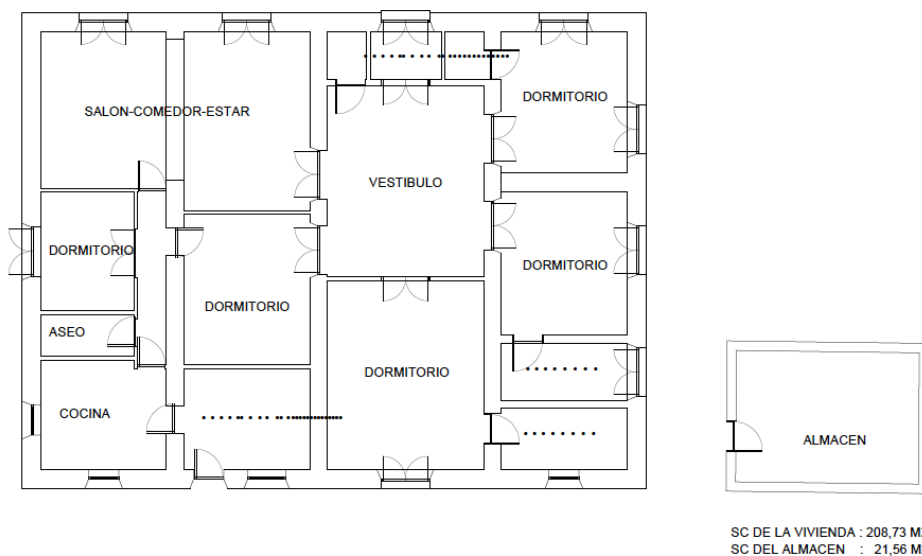


Ilustración 7. Plano de la vivienda. (Fuente: Informe de Tasación)

La planta del domicilio cuenta con una superficie de 208 m². En ella se encuentra un vestíbulo, 5 dormitorios, 3 baños en-suite y otro completo situado en el pasillo que lleva a la cocina, el salón, el comedor, la cocina y una antecocina con chimenea. Además, cuenta con un almacén de 21 m² situado en la parte oeste del jardín. Ninguna de estas habitaciones está climatizada por lo que será necesaria la instalación de un sistema de calefacción con el fin de aumentar el confort en la vivienda.

Como se podía apreciar en la *Ilustración 5*, que muestra la vista aérea del terreno, la vivienda cuenta con cuatro orientaciones distintas por lo que se deberá de tener en cuenta a la hora de tomar determinadas decisiones al estudiar la vertiente de climatización de este proyecto. Además, el tejado es plano, con una superficie lo suficientemente grande como para poder instalar paneles solares, pudiendo aprovechar las largas horas de sol de la provincia y así contribuir a la sostenibilidad de la vivienda.

En relación con los aislamientos y la climatización, la vivienda ha recibido poca reforma desde su fecha de construcción y por ello necesita de mejoras para garantizar la comodidad de los propietarios. Los muros exteriores son gruesos y están enlucidos pero los de las habitaciones no lo son tanto y dejan pasar frío y calor más fácilmente. Además, los ventanales tienen un perfil de madera muy deteriorado que con el paso de los años y el calor se han dilatado y ya no cierran bien, por lo que aíslan mal y es uno de los elementos que más perjudican a la climatización de la vivienda. En la *Ilustración 8*, se puede observar una fotografía tomada del ventanal del salón, donde se puede apreciar también el paso de los años en la zona del muro cercana al ventanal.



Ilustración 8. Ventanal de la vivienda. (Fuente: Elaboración propia)

En cuanto a las puertas, éstas son de madera ya muy degradada por el paso de los años y algunas no cierran bien. Además, el pestillo de las puertas es antiguo, requiere de una llave para abrirlo, y por ese orificio también pasa el aire, haciendo más difícil la correcta climatización de la habitación.

Como se puede comprobar, la vivienda carece de los requisitos mínimos como para poder ser habitada de forma confortable, sobre todo, en los meses fríos de invierno.

Tampoco dispone de aire acondicionado, salvo en el salón, lo que provoca que se caliente mucho la vivienda, algo importante sobre todo ahora que se ha explicado el clima de esta localidad. A parte de detalles como los muros, los ventanales o las puertas, también encontramos ventanas en la parte superior del patio con algunos cristales rotos. Por ello, como parte del sistema de climatización de la vivienda, se buscarán soluciones para mejorar los aislamientos con el fin de reducir las pérdidas de energía.

Finalmente, es importante destacar que este inmueble está protegido por el PGOU (Plan General de Ordenación Urbana). Esta legislación de Andalucía permite clasificar el suelo de cada comunidad en urbano, urbanizable o no urbanizable. Al tratarse de un bien protegido hay ciertas características del inmueble que no se pueden modificar y que deben ser tenidas en cuenta a la hora de diseñar e implementar la instalación de este proyecto. Antes de realizar cualquier modificación se deben solicitar los cambios en la Delegación Provincial a la que pertenece la vivienda.

1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA HIDRÁULICO

A través del servicio municipal de Aqualia, el agua entra en la parcela a través de dos tuberías distintas con una presión de 100 kPa. Pese a que años atrás existía un pozo en la vivienda, ahora toda el agua procede de la Red General. En la siguiente imagen, *Ilustración 9*, se puede apreciar marcada la entrada de tuberías a la vivienda donde se pueden encontrar dos circuitos distintos dentro de la casa.

El primer circuito se encarga de abastecer de agua a todas las habitaciones de la vivienda. A través de la Red General, el agua fría entra en el domicilio y fluye por la instalación hasta baños y cocina. No existe ahora mismo ninguna caldera en la vivienda, por lo que el sistema de agua caliente se reduce a la existencia de termos eléctricos en las habitaciones que requieren de ella.

El segundo circuito es exterior y se encuentra bordeando a la parcela. Este circuito dispone de tres tomas de agua, dos de ellas conectadas a mangueras para regar las zonas verdes y una tercera, utilizada como grifo, situada en la zona de la barbacoa. Además, abriendo una llave de paso se bifurca agua de este circuito a una de las fuentes del jardín. Ahora mismo la otra fuente se encuentra desconectada y es solo decorativa.



Ilustración 9. Entrada de tuberías a la vivienda. (Fuente: Google Earth)

La instalación actual es antigua por lo que se deberá analizar el estado de las tuberías de cobre y del resto de elementos, previamente a la instalación de otros sistemas.

En la actualidad no hay ninguna bomba de agua en la vivienda. Existen dos fuentes en el jardín, pero una de ellas está conectada a un circuito que proviene de la toma de la red general e impulsa directamente el agua, y la otra se encuentra desconectada y sin un circuito de tuberías instalado.

El proveedor de agua contratado es Aqualia. En la factura del último trimestre se puede comprobar que la vivienda dispone de un contador individual normal. El importe de la factura del tercer trimestre de 2020 fue de 51,38€ con un consumo de 36L. Como se puede observar, el uso de la vivienda es reducido, sobre todo en los meses que no son estivales, con este proyecto se pretende que los familiares vuelvan a acudir al domicilio, en consecuencia, hará que aumente el consumo de agua.

En el siguiente gráfico, *Ilustración 10*, se puede observar el consumo de agua interanual desde el tercer trimestre de 2019.

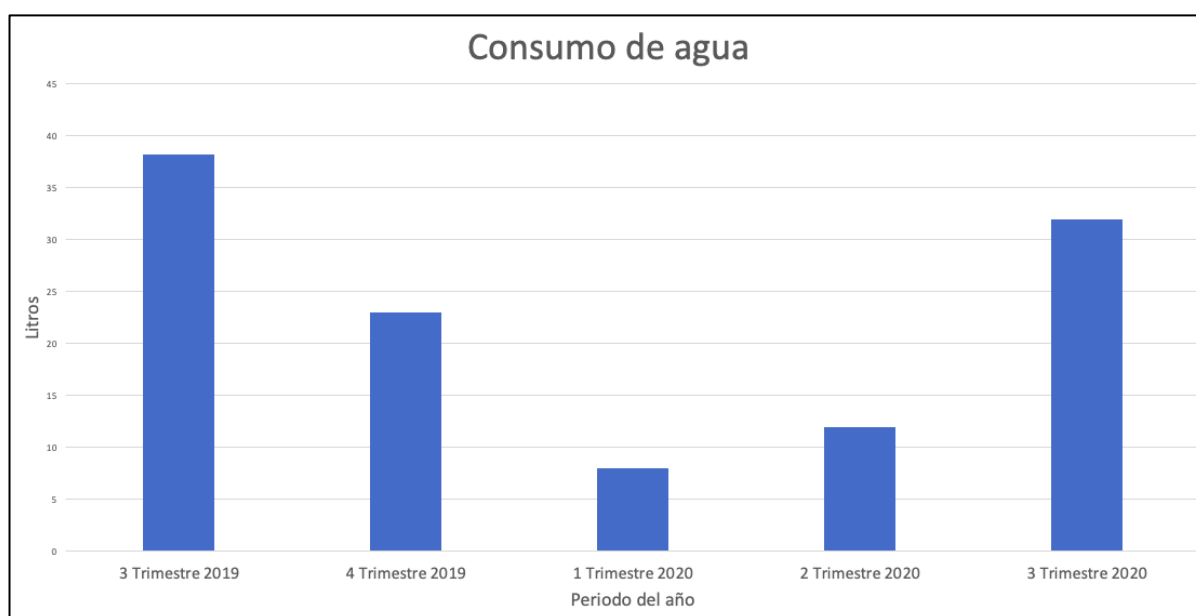


Ilustración 10. Consumo de agua por trimestre (Fuente: Elaboración propia)

Finalmente, es conveniente mencionar que existe un pozo negro situado en el lateral de la casa, cerca del almacén. El agujero subterráneo tiene forma prismática de base cuadrada de aproximadamente 1,5m² y 1,5 m de altura. En su día, antes de que la red general llegara a la casa, servía para almacenar las aguas residuales provenientes de la vivienda. En la reforma que se llevará a cabo se utilizará como parte de la instalación.

1.4 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE AGUA CALIENTE

En este apartado se hará referencia a la actual instalación de agua caliente, que comprende la instalación de agua caliente sanitaria (ACS) y la de calefacción. Como se ha comentado, no existe actualmente calefacción en la vivienda por lo que no se dedicará mucho tiempo a esta cuestión. Sin embargo, esto es una ventaja, ya que no limita las posibles soluciones que se pueden aplicar ya que en cualquiera de los casos se comienza de cero.

En el caso del ACS, cada uno de los baños dispone de un termo eléctrico que proporciona agua caliente a sus correspondientes lavabo y ducha. Existen tres termos eléctricos que se utilizan en la vivienda de la marca COINTRA de 30, 50 y 80 litros. De los tres termos sólo el de 50L es nuevo, se compró en agosto de 2020 y se trata del modelo COINTRA TL Plus Slim con una potencia de 1500W. El resto tiene más de 7 años y presentan óxido en la carcasa y tuberías y consume cada uno de ellos 1500W. Por último, un cuarto termo de 30L no funciona y está desconectado de la red, por lo que nadie se puede duchar en uno de los baños. A continuación, se muestra en la *Ilustración 11* el termo eléctrico de reciente adquisición.

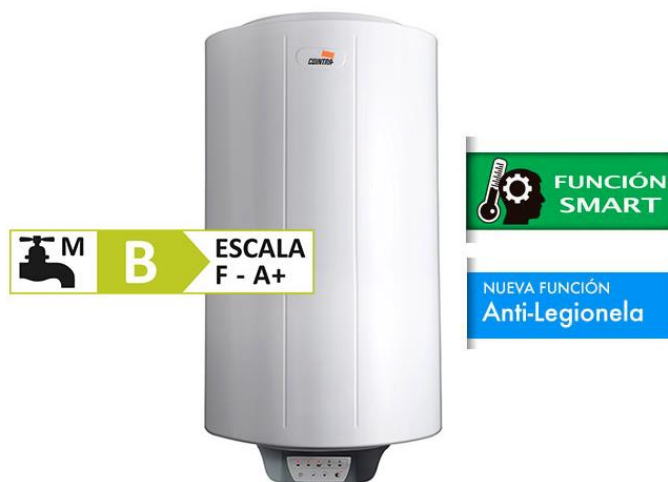


Ilustración 11. Termo eléctrico COINTRA TL Plus Slim 50L (Fuente: COINTRA)

1.5 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LA VIVIENDA

Aunque el objetivo de este proyecto es analizar y diseñar las instalaciones de bombeo y de climatización, también se hará una breve descripción del estado de la instalación de electricidad de la vivienda.

En cuanto a la electricidad, la vivienda no dispone de paneles solares como es de esperar debido a su antigüedad, pero el cableado y los casquillos son de reciente instalación por lo que no se modificarán en este proyecto. Además, en agosto de 2020 se ha renovado el circuito eléctrico del jardín. Sin embargo, las bombillas no son LED y consumen gran cantidad de electricidad. Se ha hecho un recuento de las bombillas que hay en la vivienda y es el siguiente: 27 bombillas tipo E27 de incandescencia de 100W de consumo, 10 bombillas de vela tipo E14 de incandescencia de 40W, 2 focos circulares empotrados tipo GU10 de 49W y 10 focos halógenos tipo R7S de 120W situados en el

jardín y en la fachada principal. A continuación, se muestra en la *Ilustración 12* los tipos de bombilla según su casquillo para hacerse una idea de cada una.



Ilustración 12. Tipos de bombilla según su casquillo. Fuente: La casa de las lámparas

El proveedor de electricidad es Endesa, a través de su comercializadora Energía XXI. La tarifa contratada es PVPC sin discriminación horaria, cuyo importe en la factura del mes de agosto es de 57,02€ consumiendo 364 kWh. En caso de utilizarse la vivienda, este es el mes en el que más gente reside en la casa, unas cinco personas. Para este número de personas y teniendo en cuenta que en esta época del año hay muchas horas de luz y no se hace mucho uso de la electricidad, se puede observar que el consumo energético es elevado. A parte de las bombillas, el hecho de que el agua caliente provenga de termos eléctricos también afecta, así como el uso de ventiladores de pie y un aire acondicionado. Sin embargo, en años en los que también se ha habitado la casa en temporadas más frías, el consumo también se ha disparado debido al uso de radiadores eléctricos.

1.6 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CLIMATIZACIÓN DE LA VIVIENDA

Actualmente, la vivienda no dispone de ninguna instalación de climatización. En los meses de invierno, cada dormitorio cuenta con un radiador eléctrico de aceite de la marca Olea de potencia 2000W, que se muestra en la *Ilustración 13*. El salón dispone de un aire acondicionado, que proporciona también aire caliente y que se mostrará más adelante en el trabajo; y un brasero debajo de una mesa de camilla para calentar a la gente que le rodea. Como se ha comentado, en la vivienda no hay ninguna toma de gas ciudad, ni ningún radiador de gas instalado por lo que todo elemento de climatización es eléctrico.



Ilustración 13. Radiador eléctrico de aceite Olea. (Fuente: Leroy Merlin)

En los meses de verano, se utilizan ventiladores de pie de la marca Alpina con tres velocidades y una potencia de 42W para cada habitación, como se muestra en la *Ilustración 14*.

Por todo lo explicado en este apartado, se estudiarán diversas maneras de climatizar la vivienda y se elegirá la que satisfaga de mejor manera los objetivos propuestos en este proyecto.



Ilustración 14. Ventilador de pie ALPINA (Fuente: Leroy Merlín)

2 REVISIÓN Y ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN

2.1 AISLAMIENTOS

2.1.1 TEORÍA SOBRE TRANSFERENCIA DE CALOR

El primer punto que se va a analizar de la climatización de la vivienda va a ser los aislamientos. Aunque parezca menos importante que la propia instalación en sí, se debe de tener en cuenta que, para que cualquier solución que se proponga sea válida, la vivienda debe de contar con un aislamiento correcto, pues de otra forma, los resultados de las opciones propuestas no serían del todo realistas.

Para poder entender cómo afecta el aislamiento a la transferencia de calor en una habitación, se explicará el concepto detrás de la ley de Fourier de conducción estacionaria en paredes planas. La ecuación se muestra debajo, donde k hace referencia a la conductividad del material, A es el área perpendicular al flujo de intercambio, L es el espesor de la pared, T_1 es la temperatura en uno de sus extremos y T_2 , la del extremo opuesto. En la *Ilustración 15* se muestra este proceso esquemáticamente.

$$Q = k \cdot \frac{A}{L} \cdot \Delta T = k \cdot \frac{A}{L} \cdot (T_{int} - T_{ext})$$

Ecuación 1. Transferencia de calor por conducción

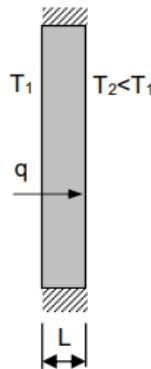


Ilustración 15. Conducción estacionaria en paredes planas. (Fuente: Documentos de la asignatura de Transmisión de Calor, ICAI)

Lo que quiere demostrar esta ley es que, cuando existe un gradiente de temperaturas, existe una transferencia de calor desde el lado cuya temperatura es más alta, hacia el lado cuya temperatura es más baja. Este hecho es muy importante por lo siguiente. En los meses fríos, el interior de la vivienda se encuentra a una temperatura mayor que en el exterior. Si el aislamiento no es correcto, habrá una transferencia de calor desde dentro hacia fuera, haciendo que la temperatura en la vivienda disminuya. Lo mismo ocurre en los meses de calor, pero de forma contraria. Además, esta transferencia de calor aumenta cuanto más alto sea la conductividad del material y, por tanto, peor aislante.

También es relevante comentar que la transferencia de calor es algo más compleja. En este caso se desprecian los fenómenos de radiación y convección en las paredes, pues su aportación es menor y, además, se está asumiendo un régimen estacionario.

2.1.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LOS AISLAMIENTOS DE LA VIVIENDA

La vivienda requiere de una reforma en temas de aislamiento, pues no se ha llevado a cabo ninguna desde su construcción. A continuación, estudiaremos por separado tres de los aislamientos más importantes en la vivienda, que son: muros y paredes, ventanas y puertas.

En relación con los muros y las paredes, se comentó anteriormente que los muros exteriores son gruesos y están enlucidos. No se aprecian grietas que puedan dar a entender que hay algún problema con la cimentación. Es importante comentar que, pese al buen estado de muros y paredes, estos elementos no tienen ningún tipo de aislamiento por lo que sería conveniente la instalación de un revestimiento.

En cuanto a las ventanas, se encuentran diversos defectos en estos elementos de la vivienda. Los ventanales, como se ha comentado ya, tienen un perfil de madera, pero ya está muy degradada por el tiempo. Además, debido a los cambios de temperatura, esa madera se ha dilatado y ya no cierran bien. También, en la *Ilustración 8*, mostrada anteriormente, se puede apreciar que las zonas cercanas del muro se están desconchando. En el patio se encuentran vidrieras transparentes con parte del cristal roto. Es por todo esto por lo que se considera necesario renovar este tipo de aislamientos si queremos mejorar la climatización de la vivienda.

Finalmente, las puertas son otro de los elementos que debemos modificar. Las puertas están fabricadas en madera. Aunque su condición es buena, se puede encontrar alguna muesca en los faldones de la puerta. Los materiales que se utilizaban en esa época no son los mismos que los que se utilizan ahora, pues la madera de hoy en día está compuesta por otros elementos que mejoran el aislamiento y protegen de la humedad, entre otras particularidades. Además, como se comentó en la descripción de la vivienda, las puertas cuentan con un pestillo antiguo, y por su amplia cerradura también pasa el aire.

2.1.3 MUROS Y PAREDES

Como se ha comentado en el apartado anterior, el estado de muros y paredes es bueno, pero no disponen de ningún aislamiento debido a la antigüedad que tienen. Se han presentado dos soluciones para mejorar el aislamiento. A continuación, se explican.

- La pintura térmica, es una solución que permite romper el “puente térmico”, es decir, aislar el material en aquellos puntos en los que se transmite el calor más fácilmente. Para poder llevar a cabo esta tarea, utilizando la ley de Fourier comentada anteriormente, comprobamos que para que de verdad pueda aislar, aplicando sólo ciertos milímetros de pintura, la conductividad térmica de la pintura debería ser tan baja que hace dudar del verdadero funcionamiento de esta aplicación. Por tanto, debido a la escasa contribución que haría a la climatización de la vivienda y su elevado coste (alrededor de 30€ por cada 2,5L de pintura) se ha desechado esta opción.

- La segunda opción planteada es instalar placas laminadas de yeso. Esta solución se desarrollará en profundidad en el siguiente apartado.

2.1.3.1 PLADUR

La marca más conocida de este tipo de materiales es Pladur y es la que se utilizará en este proyecto como aislante de muros y paredes. Este elemento es un material ligero fabricado por placas laminadas de yeso, separadas por dos planchas de celulosa o cartón, que varían en espesor y longitud. Este revestimiento permite mejorar las calidades de las paredes de la vivienda sin requerir de una reforma integral. Además, cumple con las exigencias del Código Técnico de Edificación y reúne los requisitos de resistencia mecánica de la norma de instalación UNE 102043.

2.1.3.2 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DEL PLADUR

A la hora de instalar este tipo de elemento en la vivienda hay que hacer acopio de distintos materiales, que varían dependiendo del uso que le vayamos a dar. A continuación, se explican los elementos necesarios para poder ser instalado y cómo afecta su elección a las propiedades de los muros de la vivienda.

- Planchas

Son el elemento más importante de este tipo de aislamiento. Se componen de un núcleo de yeso de origen natural y dos láminas de celulosa multihoja. Hay dos factores a tener en cuenta a la hora de elegir las planchas adecuadas.

- **Tipo de materiales.** Dependiendo de los materiales utilizados para su fabricación, los muros pueden mejorar sus propiedades en los siguientes aspectos: aislamiento térmico y acústico, protección frente a humedades, protección frente al fuego, mayor resistencia mecánica; o simplemente, para utilizarse como decoración. Dependiendo de la utilidad que se le vayan a dar, cada placa viene con un distintivo como N (aplicación estándar) o WA (resistencia a la humedad). Se incluye la *Ilustración 16*, en la que se puede observar una plancha N.



Ilustración 16. Plancha “Pladur” tipo N. (Fuente: Pladur)

- **Tipos de sistemas.** A parte del material, estos elementos pueden variar según el lugar donde se vayan a utilizar. Los trasdosados, que son los que utilizaremos nosotros en este proyecto, son placas que se fijan a los muros actuales de la vivienda con el fin de mejorar sus propiedades. También pueden utilizarse como tabiques para diferenciar estancias, o utilizarse para recubrir los techos.

- **Otros materiales**

En esta sección se presentarán otros materiales secundarios que son necesarios para la correcta instalación de las planchas. A continuación, se hará un breve resumen de cada uno de ellos y se explicará por qué son fundamentales para el correcto funcionamiento de la instalación.

- **Perfiles.** Hace referencia a los canales, montantes y todo tipo de accesorios para la perfilería. Estos elementos permiten mantener las planchas fijas y reducen al mínimo las vibraciones que puedan existir en el metal. Dependiendo del tipo de plancha utilizada y de su espesor, habrá que seleccionar unos perfiles u otros.
- **Pastas.** Al tratarse de una marca muy conocida y de gran calidad, se debe utilizar un tipo de pasta especial según el requerimiento. Existen pastas para el tratamiento de juntas, otras adhesivas, otras para el acabado, e incluso algunas que mejoran las propiedades de las planchas.
- **Accesorios.** En este último apartado, se incluye el resto de los elementos necesarios para la instalación. Las cintas, por ejemplo, tienen distintas composiciones según su finalidad. Éstas, por ejemplo, pueden servir para el tratamiento de juntas, remates, estanqueidad o refuerzo. Finalmente, existen otros soportes, trampillas y tornillos especiales que permiten el correcto aislamiento de las paredes.

2.1.3.3 ELECCIÓN DE LOS MATERIALES Y DEL FABRICANTE

A la hora de seleccionar los materiales que más nos convengan, debemos tener en cuenta sobre todo cuál es el propósito de esta reforma. Como queremos mejorar la climatización de la vivienda buscaremos planchas que mejoren el aislamiento térmico. También buscaremos que aíslen acústicamente, ya que en ventanas y puertas no nos centraremos en ese aspecto pues no es del todo necesario, como se explica en los apartados de ventanas y puertas.

Para poder seleccionar la plancha se debe de recordar un aspecto de la teoría explicada en el apartado “2.1.1 Teoría sobre la transferencia de calor” en el que se trata la conducción. En este caso nos centramos en la resistencia térmica. Este valor indica la capacidad aislante del material y depende del espesor de la pared y de la conductividad térmica (k) de la misma. Al aumentar esta resistencia, más complicada será la transferencia de calor y, por tanto, el material será mejor aislante. La ecuación pertinente se muestra a continuación.

$$R = \frac{L}{k \cdot A} \quad \left[\frac{^{\circ}K}{W} \right]$$

Ecuación 2. Resistencia térmica

Como se ha comentado a lo largo de este apartado, las planchas que se utilizarán son de la empresa Pladur debido a su gran calidad y experiencia en el mercado. A continuación, se muestra la *Tabla 1*, en la que se distinguen los dos tipos de planchas para trasdosados, que son las que nos interesan.

Tabla 1. Listado de planchas para trasdosados. (Fuente: Pladur)

Trasdosado	Resistencia térmica	Espesor placa + aislante (mm)	Placa	Ancho (mm)	Uso	
					Aislamiento térmico	Aislamiento acústico
Enairgy Isopop	R0.55	10 + 20	N/H1	1200	*	
	R0.65	13 + 20			*	
	R0.80	10 + 30			*	
	R1.10	10 + 40			*	
	R1.30	13 + 40			*	
	R1.60	10 + 60			*	
	R2.15	10/13 + 80			*	
	R2.55	10/13 + 80			**	
	R2.65	10/13 + 100			**	
	R3.15	10/13 + 100			***	
	R3.80	13 + 120			***	
	R4.40	13 + 140			***	
Enairgy Isopop+	R1.3	13 + 40	FONIC/ OMNIA	1200	*	*
	R1.9	13 + 60			*	*
	R2.55	13 + 80			**	**
	R3.15	13 + 100			***	***
	R3.8	13 + 120			***	***
	R4.40	13 + 140			***	***

En el caso que nos corresponde se quiere mejorar tanto el aislamiento térmico como el acústico, por ello, el modelo Enairgy Isopop+ será el que seleccionemos. Dentro de este modelo debemos elegir aquel que más nos convenga dependiendo del nivel de aislamiento que queramos. Como también vamos a sustituir las puertas y ventanas para mejorar considerablemente la instalación de climatización, optaremos por el modelo más sencillo de todos, que sin duda mejorará considerablemente la situación actual de la vivienda. Por lo tanto, se instalarán planchas Enairgy Isopop+ R1,3. Esta plancha se muestra debajo en la *Ilustración 17*. La diferencia entre placa Fonic y Omnia depende de la zona en la que se vaya a colocar, siendo las Fonic mejores para zonas secas y las Omnia para zonas húmedas. Por ello, se colocarán planchas Fonic en toda la vivienda salvo en los baños que se utilizarán planchas Omnia.

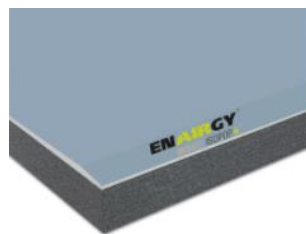


Ilustración 17. Plancha Enairgy Isopop+ (Fuente: Pladur)

Este tipo de trasdosados son de tipo directo por lo que van directamente adheridos a las paredes, sin necesidad de instalar canales ni ningún tipo de montajes. A continuación, se enumerarán otros materiales que debemos comprar para la reforma.

2.1.3.4 OTROS MATERIALES y CARACTERÍSTICAS ADICIONALES

Junto a las planchas, también se deben seleccionar otros materiales como las pastas y distintos accesorios como las cintas. Para la correcta instalación del Pladur, se deben adquirir los siguientes materiales.

- **Mortero adhesivo Pladur Enairgy MA.** Esta pasta de agarre permite adherir cualquier tipo de trasdosado directo a la pared, independientemente de si cuenta con una capa de aislante o no. Para la correcta instalación de las placas, se requiere de 5 kg/m^2 de pasta, según se afirma en la página oficial del fabricante. Existen paquetes de 10 y 25 kg. A continuación, se muestra este producto en la *Ilustración 18*.



Ilustración 18. Mortero adhesivo (Fuente: Pladur)

- **Pasta Juntas Pladur JN.** Esta pasta, contenida en un paquete de 8 kg, es utilizada para realizar el tratamiento de juntas. En este caso se utilizarán $0,34 \text{ kg/m}^2$. A continuación, se muestra la *Ilustración 19*, donde se puede observar el saco de pasta que se necesita.



Ilustración 19. Pasta de juntas JN (Fuente: Pladur)

- **Cinta de juntas Pladur.** Esta cinta de papel kraft antihumedad permite completar el tratamiento de juntas adicional a la pasta. En este caso se requiere de $1,3 \text{ m}$ de cinta por cada m^2 . La longitud de cada unidad de cinta puede ser de 23 m o 150 m . Se muestra esta cinta en la *Ilustración 20*.



Ilustración 20. Cinta de juntas. (Fuente: Pladur)

- **Pintura.** Tras finalizar la instalación de las planchas, se debe pintar el interior de la vivienda. Es importante no escatimar en ella pues, a parte de decorar, también favorece el aislamiento y previene tensiones en la pared. Para ello se utilizará

pintura de la marca Titanlux, empresa de gran experiencia en el sector, comprada en Leroy Merlín. Se necesitan de media unos 5 L de pintura por metro cuadrado. En esta *Ilustración 21*, se puede observar la cubeta de pintura que se utilizará.



Ilustración 21. Pintura blanca Titanlux. (Fuente: Leroy Merlín)

2.1.3.5 RESUMEN DEL PEDIDO

Para poder comprar todo el material necesario se debe medir primero la superficie de pared que se va a recubrir. Para ello, se tendrá en cuenta la superficie de la vivienda, y la altura de las paredes de cada habitación. Este cálculo será aproximado, pero no se alejará del todo de la realidad. Las planchas de Pladur se pueden cortar fácilmente, permitiendo utilizar este método, pues los huecos se podrán rellenar de forma sencilla y todo material sobrante se podrá utilizar para recubrir armarios o construir estanterías, por ejemplo.

Los materiales que se necesiten se comprarán a través del distribuidor más cercano a la vivienda, Techos Y Tabiques Modulares S.L. Esta empresa se localiza en Málaga, por lo que habrá que incluir también los gastos de transporte.

2.1.3.6 CÁLCULO DE MATERIAL

La vivienda dispone como se ha comentado de 208,73 m². En la tabla siguiente, *Tabla 2*, se muestra la longitud de pared y la altura de techos de cada habitación, así como la suma total de superficie requerida para la reforma.

Tabla 2. Cálculo de la superficie de pared de la vivienda. (Fuente: Elaboración Propia)

COD. ESP	DEPENDENCIA	LONGITUD DE PARED (m)	ALTURA DE TECHOS (m)	SUPERFICIE DE PARED (m²)
REC	RECIBIDOR	6,8	4	27,2
PAT	PATIO	28	7	196
ARM	ARMARIO ENTRADA	7	4	28
HAB1	HABITACIÓN 1	15,1	3	45,3
B1	BAÑO 1	3,2	3	9,6
HAB2	HABITACIÓN 2	15,1	3	45,3
B2	BAÑO 2	9,4	3	28,2
HAB3	HABITACIÓN 3	18,2	3	54,6
B3	BAÑO 3	9,4	3	28,2

SC	SALÓN-COMEDOR	27,6	3	82,8
HAB4	HABITACIÓN 4	12	3	36
B4	BAÑO 4	7	3	21
HAB5	HABITACIÓN 5	14	3	42
PAS	PASILLO	8	3	24
COC	COCINA	14,9	3	44,7
ATC	ANTECOCINA	14,4	3	44,1

Tras medir las estancias de la vivienda se ha obtenido la superficie de paredes que requieren de Pladur. Por lo tanto, la superficie requerida de Pladur Omnia para los baños es de 87 m². La superficie del resto de la vivienda que utiliza placas Fonic es 670 m². Podemos comprobar que el patio implica un gran coste a esta reforma debido a sus grandes dimensiones y a sus techos tan altos.

Con estos valores de superficie se ha calculado el número de planchas y la cantidad del resto de materiales necesarios para la reforma, así como los gastos de transporte e instalación.

Esta reforma la llevará a cabo un equipo de confianza de la familia que ha realizado también otras pequeñas obras en la vivienda y que cuenta con gran experiencia en este tipo de trabajos.

El coste de esta reforma asciende a 43.669,57 €. El presupuesto real y detallado se encuentra al final del trabajo en “*Documento 2: Presupuesto*”.

2.1.4 VENTANAS

Siguiendo la explicación de la ley de Fourier, debemos seleccionar un material para las ventanas y ventanales con la menor conductividad térmica (k) posible. Las unidades de esta magnitud son W/mK, nos interesa que sea lo menor posible para asegurar así que se mantiene el calor en el interior de la vivienda.

2.1.4.1 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DE LAS VENTANAS

A la hora de seleccionar una ventana u otra debemos tener en cuenta dos aspectos, uno es el tipo de perfil y el otro el acristalamiento. Antes de proceder a explicar estos aspectos, se debe introducir otro nuevo parámetro conocido como coeficiente de transmisión térmica U (W/m²K). A pesar de que se suele utilizar el factor de conductividad térmica (k) para medir el grado de aislamiento, éste no tiene en cuenta la sección de la ventana ni su geometría. Es por lo que para las ventanas se emplea el coeficiente U como medida más realista de la conductividad del material y se intentará también que sea lo más bajo posible.

- Perfiles

Es uno de los aspectos más importantes a la hora de decidimos por una ventana debido a su gran contribución al aislamiento del elemento en cuestión. Éstos son típicamente de madera, aluminio o PVC. El valor mínimo del coeficiente de transmisión térmico (U) viene definido por la norma UNE-EN ISO 10077-1. En el *Anexo II: Información adicional de interés*, se incluye una tabla con los valores mínimos.

A continuación, se explicarán cada uno de los diferentes materiales que se pueden utilizar.

- **Aluminio.** Este material es un buen conductor de la energía, por lo que su eficiencia energética y su capacidad de aislamiento son menores que las de las otras dos opciones. Por otro lado, el aluminio es un material ligero y de gran resistencia, con una amplia gama de colores y perfiles, y con facilidad para ser trabajado. Para suplir esta falta de aislamiento, y para aprovechar las cualidades que tiene este material, se introduce la rotura de puente térmico. Consiste en una separación de plástico o goma que se coloca entre los perfiles exterior e interior con el fin de reducir las pérdidas de calor. De esta forma, el aluminio que cuenta con un factor de aislamiento (k) alto, consigue obtener un reducido coeficiente de transmisión térmica U, permitiendo utilizar este material como una buena elección para los perfiles. En la siguiente imagen, *Ilustración 22*, se muestra un perfil de aluminio con el concepto explicado.

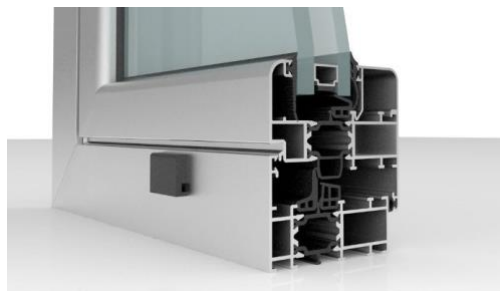


Ilustración 22. Perfil de aluminio con RPT. (Fuente: Roto Frank)

- **Madera.** Es el material más tradicional y permite ser trabajado fácilmente. Además, es un aislante natural y le da un toque atractivo a la ventana. Se puede disponer de distintos tonos y acabados de madera dependiendo de la composición con la que se haya hecho el perfil. Sin embargo, el coste de estos perfiles es elevado y requiere de mayor mantenimiento. También, al tratarse de un material natural, su elección contribuye a la tala de árboles, siendo perjudicial para el medio ambiente. Además, la madera puede perder sus propiedades aislantes por las inclemencias del tiempo. Esto lo hemos podido comprobar en nuestra vivienda de estudio, donde los ventanales, debido a los cambios de temperatura y a la humedad, al encontrarse en una ciudad de mar, han hecho que la madera de los perfiles se haya degradado de una forma considerable.
- **PVC.** Este material se ha consolidado como una de las mejores elecciones a la hora de elegir los perfiles de las ventanas. Su gran capacidad de aislamiento, debido a su muy reducido coeficiente de transmisión térmica U, y la posibilidad de añadir capas adicionales de aire, así como también su elevada durabilidad y su

reducido coste, han hecho que en la mayoría de los casos sea el ganador indiscutible. Además, no requiere apenas de mantenimiento y su impacto medioambiental es muy pequeño, pudiéndose reciclar el 100% del material.

- **Acristalamiento**

El acristalamiento es una parte fundamental de la ventana ya que supone la mayor parte de ésta. Existen distintos tipos de vidrio y además se pueden colocar de forma doble o triple con el fin de mejorar el aislamiento y reducir las pérdidas. A continuación, se explicarán en detalle dos factores a tener en cuenta a la hora de elegirlo.

- **Tipo de vidrio.** Cada vez hay más tipos de vidrio que se pueden utilizar. Dependiendo de las necesidades de cada cliente los vidrios pueden componerse de tal manera que se alcance el objetivo deseado. De esta manera, existen vidrios que filtran la radiación solar, vidrios que reducen la entrada de ruido, otros que añaden más seguridad y otros que reducen la emisividad. Además, también se pueden clasificar en vidrio simple, doble vidrio o triple, incorporando incluso cámaras de aire para mejorar las propiedades de aislamiento.
- **Climalit.** Se trata de una marca de la empresa Saint-Gobain Cristalería S.L. y que debido a su popularidad ha dado nombre a un tipo de acristalamiento concreto. Las ventanas Climalit se caracterizan por ser de vidrio doble con cámara de aire. Su principal ventaja es el aislamiento térmico y acústico que proporciona. Cuanto más amplia sea esta cámara de aire, mejores serán sus propiedades aislantes. Uniendo las propiedades de este tipo de acristalamiento junto a los tipos de vidrios explicados anteriormente se pueden conseguir cientos de combinaciones con el fin de elegir la más adecuada en cada caso.

2.1.4.2 ELECCIÓN DE LOS MATERIALES Y DEL FABRICANTE

A la hora de elegir los materiales, debemos tener en cuenta la durabilidad, así como los aislamientos térmicos y acústicos. En este caso, el aislamiento acústico es menos importante ya que debido al tamaño de la parcela y al barrio residencial en el que se encuentra no hay mucho ruido proveniente del exterior. Tampoco suele haber rachas de viento fuerte que puedan molestar y, además, ya se cubre este aspecto con el aislamiento acústico del Pladur, que ya se comentó. Por ello, nos centraremos en el aislamiento térmico con el fin de mejorar la instalación de climatización. Además, para elegir un buen aislante térmico, se suelen seleccionar ventanas de gran calidad que suelen tener buenas propiedades de aislamiento acústico y una buena durabilidad.

Para mostrar de una manera más visual las propiedades de cada material anteriormente mencionados, se muestra la *Tabla 3*. En ella se comparan los materiales de acuerdo con las características que se deben analizar para su elección, como el coste, mantenimiento, capacidad de aislamiento y durabilidad.

Tabla 3. Propiedades de los posibles materiales utilizados para los perfiles. (Fuente: Elaboración Propia)

	ALUMINIO	MADERA	PVC
<i>Aislamiento Acústico</i>	Elevado	Medio	Elevado
<i>Aislamiento Térmico</i>	Elevado	Muy elevado	Muy elevado
<i>Durabilidad</i>	Muy elevado	Medio	Elevado
<i>Mantenimiento</i>	Medio	Muy elevado	Bajo
<i>Coste</i>	Elevado	Muy elevado	Medio

Observando la tabla, se puede comprobar fácilmente que la mejor solución es utilizar PVC. Es un material con una gran capacidad de aislamiento térmico, de coste reducido en comparación con el resto, de bajo mantenimiento y con una durabilidad alta, condiciones ideales para el tipo de ventanas que estamos buscando.

En cuanto al tipo de acristalamiento, según la actual normativa al hacer una nueva instalación las ventanas deben contar con al menos vidrio doble. Por ello, siguiendo el cumplimiento de esta condición, seleccionaremos un vidrio doble con cámara de aire con el fin de cumplir la regulación y obtener buenos resultados aislantes, sin necesidad de recurrir a características más precisas que eleven el coste, pues no las necesitamos. Con los materiales y el tipo de acristalamiento elegidos conseguiremos mejorar notablemente el aislamiento de la vivienda.

A continuación, se debe buscar un proveedor que nos permita comprar material de calidad y al mejor precio posible. Aunque haya muchos proveedores y distribuidores en este sector, los fabricantes de ventanas de calidad suelen ser muy reducidos, por lo que cualquier empresa especializada dispondrá de soluciones que puedan servir para este proyecto. Por ello, centrando nuestra búsqueda en la provincia de Almería para abaratar costes de transporte, se ha seleccionado la empresa Decoración y Persianas Moreno S.L.

Esta empresa lleva más de 60 años en el sector y es una de las más grandes en Almería. Además, trabaja con los principales fabricantes de perfiles y acristalamiento y ofrece una gran relación calidad-precio. A continuación, se explicarán los productos que se han seleccionado para nuestra vivienda de estudio.

Perfil EuroFutur Elegance de KÖMMERLING

Este fabricante alemán es líder en el sector de los perfiles de PVC. Se ha seleccionado este fabricante por disponer de ventanas de alta calidad y sostenibles con el medio ambiente. Además, cuentan con un configurador de ventanas muy intuitivo que permite seleccionar el perfil y el acristalamiento que más conviene en cada caso. Según los datos del fabricante, con la selección de la gama EuroFutur Elegance, perfiles de última generación, junto con el acristalamiento que acompaña se reducen las pérdidas energéticas hasta en un 70%. La empresa a la que se le ha pedido presupuesto ha recomendado no cambiar el vidrio que viene incluido con este perfil pues es idóneo para las necesidades que se tienen en este proyecto.

Este sistema de perfiles cuenta con un perfil de 70 mm de profundidad y cinco cámaras de aire estanco, cierre hermético de doble junta y un galce inclinado para mejorar la evacuación. Con todas estas características el perfil dispone de un coeficiente de

transmisión térmico U de 1,3 W/m²K, por debajo de la media, garantizando buenas condiciones de aislamiento. Fuera del ámbito térmico, este perfil cuenta también con otras características significativas como una permeabilidad del aire (CLASE 4), aislamiento acústico con una reducción de hasta 47 dB y una gran resistencia contra el viento (CLASE 5).

A continuación, se muestra una imagen, *Ilustración 23*, en la que se observa el perfil descrito y el doble vidrio que incluye.



Ilustración 23. Perfil EuroFutur Elegance de Kömmerling. (Fuente: Kömmerling)

2.1.4.3 CARACTERÍSTICAS ADICIONALES

Además de los dos factores fundamentales que se han comentado, perfiles y tipo de vidrio, hay otras opciones que se presentan a la hora de elegir la ventana idónea. A continuación, se explicarán algunas de las cosas a tener en cuenta a la hora de realizar la selección.

- **Tipo de apertura.** Los perfiles que hemos estado analizando sirven tanto para puertas correderas como para cerramientos y ventanas. Además, se puede elegir la forma con la que se abren. Para nuestra vivienda no se requiere de nada especial por lo que se han pedido ventanas batientes de eje vertical que son las más básicas. Sin embargo, existen otras opciones como ventanas oscilobatientes, que pueden abrirse lateral y verticalmente, o también fijas, que no se abren.
- **Vano.** Hace referencia a las dimensiones del hueco donde va a ir colocada la ventana. Adicionalmente, habrá que indicar la forma de la ventana.
- **Acabados.** El PVC permite elegir dentro de una amplia gama de colores y acabados. La empresa Kömmerling dispone de decenas de opciones con el fin de seleccionar la que más le conviene a cada cliente. En nuestro caso se ha seleccionado “Foliado blanco efecto madera” con el fin de intentar reproducir de la manera más correcta posible el tipo de ventana que hay actualmente en la vivienda, preservando la esencia de la casa. A continuación, se muestra en la *Ilustración 24*, una imagen del acabado escogido.



Blanco Efecto Madera

Ilustración 24. Acabado de los perfiles de las ventanas (Fuente: Kömmerling)

2.1.4.4 PERSIANAS

Las persianas son un complemento de las ventanas y un elemento importante a la hora de climatizar la vivienda. Ahora mismo, no hay ninguna persiana en la vivienda, sino que se usan contraventanas. Este hecho, sumado a los problemas mencionados durante este proyecto, explican por qué la vivienda carece de confort. Las persianas son muy importantes, sobre todo durante la noche, cuando las temperaturas son las más bajas del día y el cuerpo no está tan activo, alcanzando su temperatura mínima. Es por ello, que se instalarán persianas sólo en los ventanales de las habitaciones, de esta forma se mejorará la habitabilidad de la vivienda y tampoco supondrá un desembolso muy grande.

Las persianas que se instalarán son Sistema RolaPlus de la empresa KÖMMERLING. El funcionamiento es similar al de otras persianas por lo que no se entrará en detalle. Sin embargo, es relevante mencionar que están totalmente fabricadas con PVC mejorando las características de la ventana, reduciendo el coeficiente U del ventanal a 1,12 W/m²K. Además, como ocurría con los perfiles de las ventanas, estas persianas se pueden reciclar completamente, ayudando a la sostenibilidad. A continuación, se muestra el sistema de la persiana en la *Ilustración 25*.



Ilustración 25. Sistema de persianas RolaPlus. (Fuente: Kömmerling)

2.1.4.5 RESUMEN DEL PEDIDO

Tabla 4. Listado del tipo de ventanas actuales en la vivienda. (Fuente: Elaboración propia)

DEPENDENCIA	TIPO	AISLAMIEN TO	PERSIAN A	ANCHO (cm)	LARGO (cm)
PATIO	Fija	No	No	100	150
	Fija	No	No	100	150
	Fija	No	No	100	150
	Fija	No	No	100	150
	Fija	No	No	100	150
	Fija	No	No	100	150
	Fija	No	No	100	150
	Fija	No	No	100	150
SALÓN- COMEDOR	Batiente	No	No	110	240
	Batiente	No	No	110	240
HABITACIÓN 1	Batiente	No	No	110	240
	Batiente	No	No	110	240
BAÑO 1	Fija	No	No	70	50
HABITACIÓN 2	Batiente	No	No	110	240
BAÑO 2	Batiente	No	No	110	240
HABITACIÓN 3	Batiente	No	No	110	240
BAÑO 3	Batiente	No	No	100	150
HABITACIÓN 4	Batiente	No	No	110	240
BAÑO 4	Batiente	No	No	140	150
HABITACIÓN 5	Fija	No	No	200	50
COCINA	Batiente	No	No	100	150
	Batiente	No	No	100	150
ANTECOCINA	Batiente	No	No	140	150

En esta *Tabla 4*, se ha hecho referencia a todas las ventanas que se encuentran ahora mismo en la vivienda, indicando su tipo, las dimensiones de sus respectivos vanos y si disponen de aislamiento y persianas. Como se ha comentado, las ventanas y ventanales son muy antiguos por lo que no cuentan con ningún tipo de aislamiento especial y no disponen de persianas. Se encuentran 23 ventanas y ventanales de las cuales 10 son fijas, y el resto son batientes verticales. En la reforma, los ventanales de las habitaciones incluirán persiana para mayor comodidad de los propietarios.

Todas las ventanas han de cambiarse y por ello se le ha pedido a la empresa Decoración y Persianas Moreno S.L un presupuesto real de la reforma. Éste se incluye al final del proyecto en “*Documento 2: Presupuesto*”. El coste de la reforma asciende a 18.195,99 €, contando con el IVA, los gastos de instalación y la hora de ingeniero.

2.1.5 PUERTAS

Una vez instaladas las ventanas, el siguiente punto en el que nos centraremos serán las puertas. Estas son otro de los aislamientos importantes que debemos tener en cuenta si queremos mejorar el confort en la vivienda.

2.1.5.1 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DE LAS PUERTAS

Cada vez son más los tipos de puertas y la cantidad de opciones y acabados que se pueden añadir a ellas con el fin de seleccionar la idónea para el interior de la vivienda. A continuación, se explicará el tipo de composición o materiales que se pueden encontrar a la hora de sustituir estos elementos de aislamiento.

- **Huecas.** Este tipo de puertas disponen de una estructura de “nido de abeja” fabricada con cartón dentro de un marco de madera y revestida con una chapa. Son el tipo de puertas más frecuentes, siendo ligeras y económicas. Hace años se rellenaban con paja, siendo ahora la espuma otro de los posibles sustitutos del cartón de estas puertas.
- **Chapadas.** Se trata de puertas fabricadas con materiales económicos como aglomerado o MDF (fibropanel de densidad media) que posteriormente se recubren con chapas. Para aligerar el peso en ocasiones se perfora el interior, conociéndose estas puertas como tubulares. En definitiva, estas puertas tienen un precio más elevado que las anteriores, pero presentan una buena calidad, garantizando un buen aislamiento térmico y acústico. Además, existen numerosos tonos y acabados con el fin de elegir la solución perfecta para la vivienda.
- **Macizas.** Como se puede deducir, este tipo de puertas están fabricadas con un material macizo que suele ser madera. Estas puertas tienen grandes propiedades aislantes, sin embargo, su precio suele ser muy elevado.
- **Aluminio.** Este tipo de puertas requieren de poco mantenimiento y tienen una gran durabilidad. Además, el precio del aluminio es inferior al de la madera, convirtiéndola en una solución más económica.

Estos materiales también se pueden combinar entre ellos en alguna ocasión, y también pueden incluir otros elementos como vidrios.

2.1.5.2 ELECCIÓN DE LOS MATERIALES Y DEL FABRICANTE

Al igual que para el caso de las ventanas, el aislamiento acústico nos importa menos ya que las habitaciones son grandes y apenas hay ruido proveniente de otras estancias de la vivienda por lo que no requerimos de mayor aislamiento que el obtenido con el Pladur. Nos centraremos, por tanto, en otros aspectos como la durabilidad y el aislamiento térmico.

Al igual que se ha hecho para las ventanas, se incluye a continuación una tabla, *Tabla 5*, mostrando las propiedades de cada material y las características relevantes que deben ser analizadas.

Tabla 5. Propiedades de los posibles materiales usados para las puertas. (Fuente: Elaboración Propia)

	ALUMINIO	HUECAS	CHAPADAS	MACIZAS
<i>Aislamiento Acústico</i>	Alto	Medio	Alto	Muy Alto
<i>Aislamiento Térmico</i>	Alto	Medio	Alto	Muy Alto
<i>Durabilidad</i>	Muy Alto	Medio	Alto	Muy Alto
<i>Mantenimiento</i>	Medio	Bajo	Bajo	Medio
<i>Coste</i>	Alto	Medio	Alto	Muy Alto

Como se puede comprobar al observar la tabla, el tipo de puertas que más nos convienen son las chapadas. Su precio es elevado, pero presentan buenas capacidades aislantes, tienen una gran resistencia y apenas requieren de mantenimiento. Además, como se ha explicado anteriormente, disponen de diferentes colores y acabados con el fin de elegir la puerta que más nos conviene. Con la instalación de nuevas puertas conseguiremos mejorar la climatización de la vivienda sustancialmente, reduciendo las pérdidas de energía entre habitaciones.

A continuación, se debe encontrar un proveedor que nos facilite las puertas deseadas y se encargue de la instalación. Para nuestro caso deberemos de buscar una empresa que haga las puertas a medida debido a que es una vivienda antigua con puertas de grandes dimensiones y no tienen el tamaño estándar. A diferencia de lo que nos ha pasado con las ventanas, hay muchos fabricantes que pueden hacer las puertas, por tanto, deberemos seleccionar con cautela aquel fabricante que nos proporcione confianza en el trabajo que hacen y que utilicen materiales de calidad para obtener las puertas requeridas. Para ello se le ha encargado la tarea a la empresa Carpintería Francisco Padilla, situada en la provincia de Almería. Esta compañía lleva varios años en el mercado y me sorprendió su trato tan formal y su gran eficacia, razones por las que se decidió elegirla para el trabajo.

2.1.5.3 CARACTERÍSTICAS ADICIONALES

- **Tipo de apertura.** Al igual que con las ventanas, existen diversas formas de apertura de las puertas. Algunas que las más utilizadas son las abatibles, las dobles y las correderas. Otras menos frecuentes son las pivotantes, que giran en torno a un eje vertical y permiten tener hojas de grandes dimensiones; y las plegables, que son un conjunto de lamas que se pliegan unas sobre otras permitiendo el paso. Para el caso que nos concierne, utilizaremos las abatibles, ya que no se requiere de ningún tipo de puerta especial en la vivienda.
- **Vano.** Al igual que con la ventana, hace referencia al hueco donde se instala la puerta.

- **Acabado.** Se presentan numerosas opciones a la hora de elegir el material, los tonos y los colores de estos elementos. Algunos de éstos son: en crudo, hace referencia a una puerta que carece de acabado; lacadas, que proveen a la puerta de un acabado resistente y duradero; barniz, que es muy común y aseguran la calidad y durabilidad de la madera; PVC y otros plastificados, que ofrecen un coste reducido y cierta calidad; y finalmente el cristal, que se combina con los tipos de puerta explicados para decorar y dejar pasar la luz, entre otros usos.

2.1.5.4 RESUMEN DEL PEDIDO

Tabla 6. Listado del tipo de puertas actuales en la vivienda. (Fuente: Elaboración Propia)

DEPENDENCIA	TIPO APERTURA	COMPOSICIÓN	ANCHO (cm)	LARGO (cm)
PATIO	Abatible/ Doble hoja	Maciza	110	210
SALÓN- COMEDOR	Abatible/ Doble hoja	Maciza	110	220
	Abatible	Maciza	100	200
HABITACIÓN 1	Abatible/ Doble hoja	Maciza	110	220
BAÑO 1	Abatible	Maciza	100	200
HABITACIÓN 2	Abatible/ Doble hoja	Maciza	110	220
BAÑO 2	Abatible	Maciza	100	200
HABITACIÓN 3	Abatible/ Doble hoja	Maciza	110	220
BAÑO 3	Abatible	Maciza	100	200
HABITACIÓN 4	Abatible/ Doble hoja	Maciza	110	220
BAÑO 4	Abatible	Maciza	100	200
HABITACIÓN 5	Abatible/ Doble hoja	Maciza	110	220
	Abatible	Maciza	100	200
ANTECOCINA	Abatible	Maciza	100	200

En esta *Tabla 6*, se ha hecho referencia a todas las puertas que se encuentran ahora mismo en el domicilio indicando su tipo de apertura, sus respectivos vanos y sus acabados. En la vivienda hay 14 puertas. De ellas, las puertas de las habitaciones y del patio son de doble hoja y el resto son de una sola. Todas ellas son de color blanco.

Todas las puertas interiores han de cambiarse y por ello se le ha pedido a la empresa Carpintería Francisco Padilla un presupuesto real de la reforma. Éste se encuentra anexo a este proyecto en el “*Documento 2: Presupuestos*”. Posteriormente, se ha añadido a ese presupuesto la hora de ingeniero para contar con el trabajo realizado por éste. En él se puede observar que el coste de la reforma asciende a 10.583,33 €.

2.2 PROPUESTAS PARA LA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN

2.2.1 GAS CIUDAD E INSTALACIÓN DE RADIADORES

La primera propuesta a la hora de llevar a cabo la instalación de climatización fue utilizar gas ciudad, una energía muy económica y con gran poder calorífico, utilizada de forma generalizada por la sociedad para calentar las viviendas en los meses fríos del año. Para ello se debía de instalar un sistema de radiadores para poder calentar las habitaciones. Sin embargo, analizando la zona en la que se encuentra la vivienda, y también investigando en las propiedades cercanas de reciente creación, no es posible disponer de una toma de gas, por lo no se podrá utilizar esta opción para aclimatar la casa. Las viviendas nuevas en esta área o no disponen de calefacción, o de hacerlo, utilizan aire acondicionado para ello. Además, en el informe de tasación que se anexa en este trabajo, se puede comprobar que en el apartado de “Entorno”, se hace referencia a que no existe ninguna toma de gas ciudad. Es por todo ello por lo que se descarta esta opción.

2.2.2 INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE

La segunda propuesta era la de instalar suelo radiante. La vivienda como se ha comentado anteriormente dispone de suelo de mármol en todas las estancias, y este tipo de suelos transmiten muy bien el calor, lo que hace que esta opción sea una solución muy buena. Este sistema se basa en una tecnología de reciente creación, en el que las tuberías radiantes trabajan a baja temperatura incrementando el rendimiento de las fuentes de generación de calor. Este sistema está regulado por la norma UNE EN ISO 7730, que garantiza las condiciones de un confort térmico.

En nuestro caso es muy útil porque debido a su versatilidad se puede instalar un sistema de climatización muy eficiente que mantiene la temperatura homogénea, sin necesidad de hacer una reforma integral y sin ningún impacto visual, lo que permite seguir manteniendo el estilo clásico de la vivienda. Además, al no añadir radiadores ni calderas, no habrá ruido alguno, pues como se explicará posteriormente, se emplearán paneles solares para su funcionamiento. A continuación, se muestra en la *Ilustración 26*, un esquema del suelo radiante.



Ilustración 26. Esquema del suelo radiante (Fuente: Leroy Merlin)

2.2.2.1 TEORÍA SOBRE TRANSFERENCIA DE CALOR

En este apartado se explicará brevemente parte de la teoría necesaria para entender este tipo de instalación. Para ello nos centraremos en dos temas distintos, la inercia térmica y la transferencia de calor por radiación.

- **Inercia térmica.** El concepto de inercia térmica es importante porque nos permite utilizar elementos de la vivienda como suelos y muros, con el fin de acumular y disipar el calor, minimizando el consumo de energía y mejorando las condiciones de climatización de la vivienda.

La inercia térmica es dependiente de factores como la masa de la superficie, su densidad y su calor específico; alterando la capacidad para conservar la energía térmica para su posterior liberación y, retardando y amortiguando la variación de temperatura a lo largo del día. El suelo es una de las mayores superficies de la vivienda sobre la que se puede actuar. Como se ha explicado, este hecho en nuestro caso es más favorable incluso, ya que el mármol es un buen conductor térmico y hará aún más sencilla la transferencia de calor.

- **Radiación.** La radiación es un tipo de energía térmica que se transmite en forma de ondas electromagnéticas y que afecta a cualquier objeto que se encuentre por encima del cero absoluto. Siendo el modo de transmisión del calor más rápido, permitiendo que la vivienda alcance temperaturas deseadas en menos tiempo. La potencia radiante, emitida por un cuerpo, viene dada por la ley de Stefan-Boltzmann, como se puede observar a continuación. En ella es importante entender que ε es la emitancia del material, σ la constante de Stefan-Boltzmann, A el área de la superficie del material y T la temperatura del cuerpo.

$$q = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T_s^4 \text{ [W]}$$

Ecuación 3. Transferencia de calor por radiación

- **Salto térmico.** Este concepto es importante a la hora de diseñar la instalación de climatización. Se trata de la diferencia entre la temperatura del agua que entra en el circuito, conocida como temperatura de impulsión, y la temperatura de salida, conocida como temperatura de retorno. Al trabajar a bajas temperaturas, el salto térmico en suelo radiante es de entre 5 y 10 °C, mientras que esta diferencia es de entre 15 y 20 °C para los radiadores. El caudal necesario para la instalación se calculará a partir de este salto térmico, de la siguiente forma.

$$Q \left[\frac{l}{h} \right] = \frac{P \left[\frac{kcal}{h} \right]}{\Delta T}$$

Ecuación 4. Caudal de agua usando el salto térmico

2.2.2.2 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DEL SUELO RADIANTE

Dependiendo del tipo de lugar en el que se vaya a instalar el suelo radiante y las condiciones en las que éste se encuentre, habrá diversas formas de llevar a cabo la reforma. A continuación, se explican brevemente estos aspectos.

- **Método constructivo.** Dependiendo del tipo de aplicación para el que se instala este tipo de climatización, los materiales utilizados y la forma en la que son colocados pueden variar. El hecho de emplear, por ejemplo, cemento tradicional o autonivelante; o un pavimento final de madera, cerámica o piedra, modificará totalmente las propiedades de la instalación y su comportamiento. En este apartado se incluye la elección de los materiales necesarios como tuberías, planchas aislantes o colectores, que se explicarán en detalle más adelante.
- **Clasificación de los sistemas de suelo radiante.** Según la tipología de la obra, se pueden encontrar sistemas tradicionales, aplicados normalmente en obra nueva y cuando se ha previsto el espesor ideal para el sistema; sistemas industriales y específicos para obra no residencial, en este caso se introduce otro componente para los aislamientos que es la resistencia a la compresión. En espacios industriales hay maquinaria pesada y otros elementos que deben ser tenidos en cuenta a la hora de diseñar la instalación. Finalmente, sistemas para renovación o reformas. Este es el caso que nos incumbe en este proyecto y que se caracteriza por utilizar materiales de un espesor reducido, debido a la existencia de un suelo ya instalado.

2.2.2.3 OTRAS CARACTERÍSTICAS ADICIONALES

- **Tipos de estructuras.** Según la norma UNE-EN 1264, en referencia a los sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en la superficie, existen distintos tipos de estructuras. Los tipos A y C hacen referencia a sistemas cuyos tubos se encuentran totalmente integrados en el pavimento. El tipo B, es un sistema cuyos tubos se sitúan con placas de difusión debajo del pavimento o en la capa de aislamiento térmico. Finalmente, el tipo D, son sistemas de placas con secciones huecas que actúan como canales de agua. A continuación, se incluye la *Ilustración 27*, donde se muestra esto de forma esquemática.

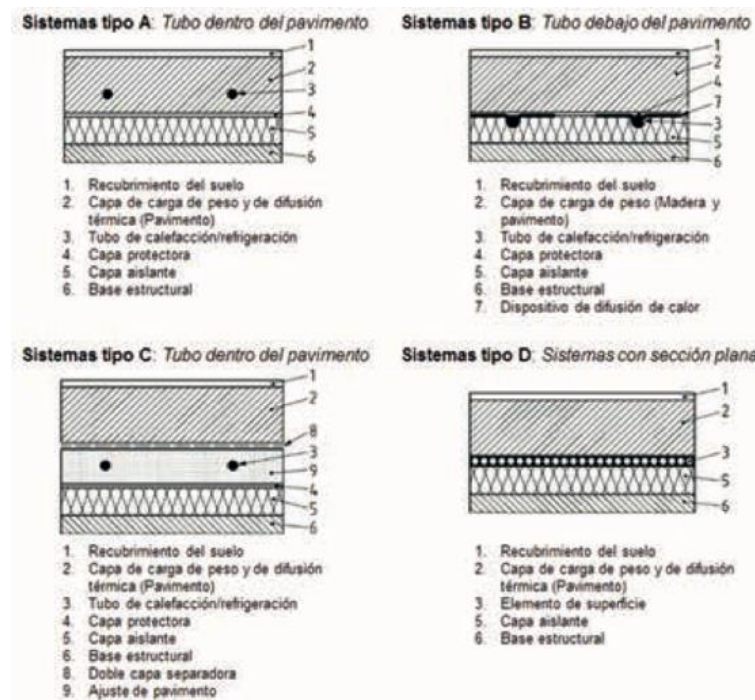


Ilustración 27. Tipos de estructuras de suelo radiante. (Fuente: Fegeca)

- **Fuente de generación.** Existen diversas fuentes de generación que pueden emplearse en la instalación de suelo radiante. Como se ha comentado, está basado en los sistemas de calefacción de circuito cerrado de agua. Este tipo de métodos de generación incluye calderas de gas, gasóleo y biomasa; aerotermia y geotermia; y energía solar térmica.

2.2.2.4 DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

En este proyecto se va a diseñar el sistema de suelo radiante para la vivienda, y posteriormente, se buscará una empresa que haga la instalación. Para poder diseñar este tipo de instalación hay que tener en cuenta numerosos factores. La ubicación de la vivienda, la geometría de la estancia y la humedad y temperatura en la misma, son algunas de las consideraciones que se estudiarán para obtener el resultado más eficiente. A continuación, se explican las características de la vivienda que deben ser estudiadas y las condiciones iniciales de nuestro sistema para poder a comenzar el dimensionamiento de la instalación.

2.2.2.4.1 CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA

En este apartado se explicarán ciertas propiedades de la vivienda que se necesitarán analizar para poder diseñar correctamente la instalación de suelo radiante. A continuación, se detallan las características con las que debemos comenzar la reforma.

- **Temperatura ambiente.** Se incluyen en el circuito termostatos ambiente que detectan la temperatura de cada estancia y la comparan con un valor de referencia establecido. En la vivienda se establecerá la temperatura interior en 20°C para todas las estancias, salvo para los baños que será de 24 °C para mayor confort,

como sugiere el Código Técnico de Edificación. A continuación, se muestra en la *Ilustración 28* el termostato que se instalará de la marca DUCASA modelo TP 520, especial para suelo radiante. Este dispositivo modifica la temperatura de cada habitación en base a la lectura de la temperatura del suelo de cada habitación.



Ilustración 28. Termostato DUCASA TP520 (Fuente: Leroy Merlín)

- **Temperatura exterior.** Según la norma UNE 100001, la temperatura seca exterior mínima recogida en la provincia de Almería es de 0,1 °C, siendo este el caso más desfavorable para el modo calefacción. Al mismo tiempo, la temperatura seca máxima más desfavorable en la ubicación de la vivienda es de 40,6 °C para el modo de refrigeración.
- **Temperatura del terreno.** Según la norma NBE-CT-79 la temperatura del terreno en la provincia de Almería es de 8°C. Esta temperatura se utilizará más adelante para calcular las cargas térmicas en la vivienda.
- **Temperatura de impulsión.** Se trata de la temperatura a la que el agua entra en el circuito de nuestra instalación. Para poder calcular la correcta temperatura de impulsión, se deben de tener en cuenta la demanda térmica de la vivienda, la conductividad térmica U y la temperatura de diseño interior. El salto térmico también debe ser establecido, en este caso utilizaremos un salto térmico de 5°C. Por ello, para poder calcular la temperatura media del agua se utilizará la siguiente expresión, donde U es la conductividad térmica, T_{ma} es la temperatura media del agua de las tuberías emisoras, T_i la temperatura de diseño interior y S la superficie de la habitación.

$$Q = U \cdot (T_{ma} - T_i) \cdot S$$

Ecuación 5, Transferencia de calor a través del suelo

- **Humedad.** En los casos en los que también se vaya a utilizar en modo refrigeración, se debe tener en cuenta la humedad para no provocar condensaciones dentro de la vivienda. La humedad es importante y está muy relacionada con la temperatura de impulsión. Esto se debe a que el sistema debe no sólo garantizar que no se llegue al punto de rocío, sino que, además, en vez de aumentar la temperatura de impulsión, ésta se pueda mantener estable o incluso bajar para no perder capacidad de enfriamiento. En nuestro caso, se utilizará una humedad específica del aire de 0,01 (kg vapor/kg aire húmedo) y una humedad relativa del 50%. Siendo estos valores habituales en una vivienda situada en zonas de calor, como es el caso de Almería.
- **Zona climática.** El Código Técnico de Edificación recoge las distintas zonas climáticas en las que se divide España para el control de la demanda energética, identificándolas con una letra y un número. La letra hace referencia a la severidad climática de invierno, y el número a la de verano. A continuación, se muestra la *Tabla 7*, donde se puede apreciar que, debido a la altitud de la vivienda de 96 m, la zona climática que corresponde es A4.

Tabla 7. Zonas climáticas en España. (Fuente: Código Técnico de Edificación)

Provincia	Altitud sobre el nivel del mar (h)																												
	≤ 50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	151 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m	801 - 850 m	851 - 900 m	901 - 950 m	951 - 1000 m	1001 - 1050 m	1051 - 1100 m	1101 - 1150 m	1151 - 1200 m	1201 - 1250 m	1251 - 1300 m	≥ 1300 m		
Albacete	C3									D3									E1										
Alicante/Alacant	B4					C3												D3											
Almería	A4		B4			B3			C3							D3													
Araba/Álava	D1												E1																
Asturias	C1	D1										E1																	
Ávila	D2												D1							E1									
Badajoz	C4								C3	D3																			
Balears, Illes	B3					C3													E1										
Barcelona	C2					D2				D1							E1												
Bizkaia	C1					D1													E1										
Burgos	D1												E1																
Cáceres	C4												D3																E1
Cádiz	A3			B3					C3				C2							D2									
Cantabria	C1			D1												E1													
Castellón/Castelló	B3		C3							D3				D2										E1					

A continuación, en la *Tabla 8*, se muestran los valores límites de transmitancia y de factor solar para la zona climática seleccionada.

Tabla 8. Transmitancia límite y factor solar. (Fuente: Código Técnico de Edificación)

ZONA CLIMÁTICA A4

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno $U_{Hlim}: 0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia límite de suelos $U_{Slim}: 0,53 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia límite de cubiertas $U_{Clim}: 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Factor solar modificado límite de lucernarios $F_{Lim}: 0,29$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	4,7 (5,8)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	4,1 (4,6)	5,5 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,56	-	0,57
de 31 a 40	3,8 (4,1)	5,2 (5,5)	5,7	5,7	0,57	-	0,58	0,43	0,59	0,44
de 41 a 50	3,5 (3,8)	5,0 (5,2)	5,7	5,7	0,47	-	0,48	0,35	0,49	0,37
de 51 a 60	3,4 (3,6)	4,8 (4,9)	5,7	5,7	0,40	0,55	0,42	0,30	0,42	0,32

⁽¹⁾ En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada U_{Hm} , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,67 se podrá tomar el valor de U_{Hm} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas A3 y A4.

2.2.2.4.2 COMPOSICIÓN DEL SISTEMA

En este apartado se establecerán ciertas características de la instalación que deben indicarse al inicio de la misma, así como la selección de algunos de los materiales que se necesitarán para comenzar el dimensionamiento. Es importante elegir correctamente estos valores ya que de ellos dependerá el correcto funcionamiento de la instalación de climatización. En caso de que se empleasen materiales que no tienen las características óptimas, podría haber fallas con el paso del tiempo que requieran de una sustitución o el rediseño de la instalación. A continuación, se detallan brevemente.

- **Tipo de estructura.** Antes de comenzar la reforma se debe seleccionar el tipo de sistema de suelo radiante que se empleará. En nuestro caso, el sistema que se instalará será de tipo A, siendo el más utilizado en la industria. Se recuerda que en este tipo de instalación los tubos se encuentran totalmente dentro del pavimento.
- **Distribución de los tubos.** En el caso de nuestra instalación se utilizará una distribución en forma de espiral, como se muestra en la *Ilustración 29*. Este tipo de distribución permite mantener una temperatura más homogénea a lo largo de la instalación. Se tendrá cuidado de no formar picos en los giros de tubería y de mantener las distancias de seguridad establecidas en la norma UNE-EN 1264.



Ilustración 29. Distribución de tubos en espiral. (Fuente: Fegeca)

- **Colector.** A él llegan las tuberías de entrada y salida de toda la instalación. Suele colocarse uno por planta, y se intenta situar lo más centrado posible en la instalación para evitar excesos de tubería. Se coloca dentro de una caja registrable dentro de la pared o armario, que luego se aísla para evitar la entrada de residuos al sistema. Posteriormente, una vez calculado el número de circuitos necesarios en nuestra instalación, se dará más información sobre el colector que se empleará.
- **Tipo de tuberías.** Es uno de los elementos más importantes de esta instalación. A diferencia de apartados anteriores, no se explicarán todos los tipos de materiales que hay, pero se mencionarán algunos de los más utilizados como son el metal-plástico, cobre, acero inoxidable, polipropileno y polietileno reticulado. En nuestro caso utilizaremos el polietileno reticulado. Este material se obtiene mediante el procesamiento de peróxidos de polietileno expuestos a rayos X y se conoce como PEX. Este tipo de tuberías se utiliza debido a su gran durabilidad, flexibilidad, y buena resistencia a los choques térmicos y a la corrosión.

Para nuestra instalación, se utilizarán tuberías de PEX de 16 mm de diámetro y 2 mm de espesor. Estas tuberías tienen una conductividad térmica (U) de 0,35 W/mK. A continuación, en la *Ilustración 30*, se muestra esta tubería que se comprará en Leroy Merlin.



Ilustración 30. Tuberías de PEX. (Fuente: Leroy Merlin)

- **Mortero de cemento.** El mortero se coloca encima de las tuberías y el aislante térmico. Permite dar solidez a la estructura y además facilita la cesión de calor al ambiente en modo calefacción, así como a su disipación en modo refrigeración al exterior de la vivienda. Encima del mortero se coloca el pavimento que se estime oportuno.

En nuestro caso se utilizará una capa de mortero de 0,045 m y una conductividad térmica de 1,2 W/mK. Se muestra en la *Ilustración 31* el producto de la marca Gecol seleccionado en la tienda Bauhaus.



Ilustración 31. Mortero de cemento. (Fuente: Bauhaus)

Sabiendo que la superficie de suelo radiante será de aproximadamente 200 m² y el espesor es de 0,045 m, se pueden calcular los metros cúbicos de mortero requeridos. Estos son 9 m³ que corresponden a 2250 cubetas de mortero.

- **Revestimiento pétreo.** Este material se utiliza para revestir la capa de mortero aplicada. Sus propiedades permiten que se mantenga el aislamiento, protegiendo la instalación y actuando en ocasiones también como método decorativo. A continuación, se muestra en la *Ilustración 32* el producto seleccionado de la marca PYMA.



Ilustración 32. Revestimiento pétreo. (Fuente: PYMA)

El revestimiento pétreo necesario será de 0.2 litros por cada metro cuadrado. Por lo tanto, sabiendo el tamaño de la cubeta, 15L, se obtiene que se requerirán 3 cubetas de revestimiento.

2.2.2.4.3 CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS PARA EL MODO CALEFACCIÓN

El segundo paso a la hora de diseñar el sistema es calcular las cargas térmicas en cada estancia de la vivienda. Las cargas térmicas indican las pérdidas de energía en una dependencia. Para poder disponer de la temperatura ideal, el sistema de suelo radiante tendrá que compensar esas pérdidas.

El cálculo de las cargas se ha realizado según determinación de la norma UNE-EN 12831 para Sistemas de calefacción en edificios. En nuestro caso, sólo se calcularán las cargas térmicas exteriores. Estas son las pérdidas térmicas por transmisión a través de los aislamientos, por renovación o ventilación del aire y finalmente, por inercia térmica. Para este cálculo, se asumirá que los aislamientos estudiados en este proyecto han sido previamente instalados.

A continuación, se mostrará como ejemplo el cálculo de las cargas térmicas de la habitación 1 (HAB1) al mismo tiempo que se explican cada uno de los tipos de cargas térmicas enumerados. El mismo procedimiento se empleará para el cálculo de todas las estancias en la vivienda.

A) CARGAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN

Este tipo de cargas son las que más influyen en nuestro sistema de climatización. Se deben al gradiente de temperaturas entre el exterior y el interior de la vivienda, así como a la diferencia de temperatura entre estancias calefactadas y no calefactadas. Por lo tanto, están totalmente relacionadas con los aislamientos que ya se han analizado previamente en este trabajo.

La expresión que se utilizará para calcularlas se encuentra debajo, donde f_k es el factor de corrección de la temperatura [-], A es la superficie del cerramiento [m^2], U es la conductividad térmica [W/m^2K], T_{int} es la temperatura del interior [$^{\circ}C$] y T_e es la temperatura exterior [$^{\circ}C$].

$$Q_T = f_k \cdot A \cdot U \cdot (T_{int} - T_e)$$

Ecuación 6. Cargas térmicas por transmisión

Para obtener el factor de corrección de la temperatura, f_k , se emplea la tabla D.11 de la norma UNE-EN 12831. A continuación, se muestra la *Tabla 9*, con un resumen de esta información.

Tabla 9. Factor de corrección de la temperatura. (Fuente: Ingenieros Industriales)

Pérdidas térmicas	f_k	Observaciones
Directamente al exterior	1,00	Puentes térmicos aislados
	1,40	Puentes térmicos sin aislamiento
	1,00	Puertas y ventanas
Hacia un espacio no calentado	0,80	Puentes térmicos aislados
	1,12	Puentes térmicos sin aislamiento
Hacia el terreno	0,30	Puentes térmicos aislados
	0,42	Puentes térmicos sin aislamiento
Hacia el espacio del tejado	0,90	Puentes térmicos aislados
	1,26	Puentes térmicos sin aislamiento
Suelo suspendido	0,90	Puentes térmicos aislados
	1,26	Puentes térmicos sin aislamiento
Hacia un edificio adyacente	0,50	Puentes térmicos aislados
	0,70	Puentes térmicos sin aislamiento
Hacia un edificio colectivo adyacente	0,30	Puentes térmicos aislados
	0,42	Puentes térmicos sin aislamiento

Utilizando los datos de los aislamientos que se han estudiado en este proyecto, se pueden encontrar los datos de la conductividad térmica para puertas, ventanas y muros y paredes. Para el caso de las planchas de Pladur que se instalarán en la vivienda, la transmitancia térmica es $0,77 W/m^2K$, para las ventanas este valor es de $1,3 W/m^2K$ y para las puertas chapadas es aproximadamente de $1,8 W/m^2K$. En cuanto al suelo, el mármol conduce muy bien el calor y por ello su U es muy alta, para un espesor de 3 cm ésta es aproximadamente $67 W/m^2K$. Finalmente, el techo es de cemento y tiene una transmitancia térmica de $7,4 W/m^2K$. A continuación, se muestra la *Tabla 10*, en la que se resumen las propiedades de cada cerramiento y las dimensiones de la estancia en estudio, HAB1.

Tabla 10. Resumen de los cerramientos de la HAB 1. (Fuente: Elaboración Propia)

Elemento	Factor de corrección [-]	Transmitancia térmica [W/m²k]	Superficie [m²]
Muros y paredes	1	0,77	45,3
Ventanas	1	1,3	5,28
Puertas	1	1,8	2,42
Suelo de mármol	0,42	67	13,6
Techo	1,26	7,42	13,6

A continuación, se calculan las cargas térmicas por transmisión para cada uno de estos elementos. Para las temperaturas se utilizarán los valores comentados, temperatura interior de 20° C para las estancias y de 24°C para los baños, y una temperatura exterior mínima de 0,31 °C. De esta forma se estudia el caso más desfavorable.

$$Q_{\text{muros}} = 1 \cdot 0,77 \cdot 45,3 \cdot (20 - 0,31) = 686,81 \text{ W}$$

Ecuación 7. Cargas térmicas de transmisión de los muros

$$Q_{\text{ventanas}} = 1 \cdot 1,3 \cdot 5,28 \cdot (20 - 0,31) = 135,15 \text{ W}$$

Ecuación 8. Cargas térmicas de transmisión de las ventanas

$$Q_{\text{puertas}} = 1 \cdot 1,8 \cdot 2,42 \cdot (20 - 0,31) = 85,77 \text{ W}$$

Ecuación 9. Cargas térmicas de transmisión de las puertas

$$Q_{\text{suelo}} = 0,42 \cdot 67 \cdot 13,6 \cdot (20 - 0,31) = 7535,44 \text{ W}$$

Ecuación 10. Cargas térmicas de transmisión del suelo

$$Q_{\text{techo}} = 1,26 \cdot 7,42 \cdot 13,6 \cdot (20 - 0,31) = 2503,57 \text{ W}$$

Ecuación 11. Cargas térmicas de transmisión del techo

$$Q_{\text{total/transmisión}} = \sum Q_{\text{elementos}} = 10946,74 \text{ W}$$

Ecuación 12. Cargas térmicas de transmisión totales

Como se puede observar la mayor parte de las pérdidas se van a través del suelo. Como se comentó, el mármol transmite muy bien el calor y es normal que así sea. Además, el suelo carece de aislamiento debido a su antigüedad lo que agrava este hecho.

B) CARGAS TÉRMICAS POR RENOVACIÓN

Las viviendas nuevas disponen de un sistema de ventilación que garantiza la calidad del aire interior. Esta ventilación genera una carga térmica que se ve reflejada en un incremento de la temperatura del aire exterior. Sin embargo, este tipo de cargas no son calculadas en baños y cocina.

Para encontrar el caudal mínimo en viviendas que no disponen de ventilación, este valor se puede calcular a partir de la norma Documento Básico HS de Salubridad. Por ello, para conocer el valor se adjunta la *Tabla 11*, donde se recoge la información de la sección H3 de la norma.

Tabla 11. Caudal mínimo según estancia. (Fuente: Documento básico HS)

Tipo de vivienda	Caudal mínimo q_v en l/s				
	Locales secos ^{(1) (2)}			Locales húmedos ⁽²⁾	
	Dormitorio principal	Resto de dormitorios	Salas de estar y comedores ⁽³⁾	Mínimo en total	Mínimo por local
0 ó 1 dormitorios	8	-	6	12	6
2 dormitorios	8	4	8	24	7
3 o más dormitorios	8	4	10	33	8

La expresión utilizada para el cálculo de la carga térmica se encuentra debajo, donde $\dot{q}_v$ es el caudal de ventilación mínimo exigido [$\frac{m^3}{s}$], c_p es el calor específico del aire [$\frac{J}{kgK}$], ρ_{aire} es la densidad del aire [$\frac{kg}{m^3}$] y el gradiente de temperaturas es el mismo de antes.

$$Q = \dot{q}_v \cdot c_p \cdot \rho_{aire} \cdot (T_{int} - T_{ext})$$

Ecuación 13. Cargas térmicas por renovación

A continuación, se calculará el caudal mínimo que se convertirá a $\frac{m^3}{s}$ y la carga térmica.

$$\dot{q}_v = 8 \frac{l}{s} \rightarrow 0,008 \frac{m^3}{s}$$

Ecuación 14. Caudal mínimo de ventilación

Se puede calcular la carga térmica con este resultado, sabiendo que la densidad del aire es de $1,2 \frac{kg}{m^3}$ y su calor específico de $1012 \frac{J}{kgK}$.

$$Q_{total/renovación} = 0,008 \cdot 1012 \cdot 1,2 \cdot (20 - 0,31) = \mathbf{191,29 W}$$

Ecuación 15. Cargas térmicas de renovación totales

C) CARGAS TÉRMICAS POR INERCIA TÉRMICA

El sistema de climatización de suelo radiante no va a estar encendido las 24 horas del día, por lo que en el momento que esté apagado la temperatura variará. Para poder cuantificar este fenómeno se introduce este tipo de carga térmica, que representa la potencia adicional necesaria para compensar esta parada del sistema.

De una forma simple se puede calcular la carga térmica utilizando la siguiente expresión, donde A es el área de la superficie del suelo de la estancia [m^2], y f_{RH} es el coeficiente de recalentamiento [$\frac{W}{m^2}$], que se obtiene de la tabla D10 de la norma UNE-EN 12831.

$$Q = A \cdot f_{RH}$$

Ecuación 16. Cargas térmicas por inercia térmica

A continuación, se muestra la *Tabla 12*, donde se muestra este factor de recalentamiento para cada tipo de edificio, según el tiempo de recalentamiento para una reducción de 2°C que es el valor típico en la mayoría de las situaciones.

Tabla 12. Factor de recalentamiento. (Fuente: Ingenieros Industriales)

Tiempo de recalentamiento (horas)	Edificios no residenciales			Edificios residenciales (masa alta)
	Masa del edificio			
	baja	media	alta	
1	18	23	25	22
2	9	16	22	11
3	6	13	18	9
4	4	11	16	7

Factor de recalentamiento f_k (W/m^2)

En nuestro caso, debido a las condiciones que se necesitan en la vivienda, seleccionaremos el factor de recalentamiento para un tiempo de recalentamiento de 2 horas, es decir, un valor de f_{RH} de 11.

A continuación, se calculará la carga térmica de inercia térmica para el caso de la habitación 1 (HAB1).

$$Q_{total-inercia} = 13,6 \cdot 11 = \mathbf{149,6 \text{ W}}$$

Ecuación 17. Cargas térmicas de inercia térmica totales

Con los valores de los tres tipos de cargas térmicas, se puede calcular el valor total de la carga térmica en la habitación 1 (HAB1), que se está utilizando como ejemplo.

$$Q_{total} = Q_{transmisión} + Q_{renovación} + Q_{inercia}$$

Ecuación 18. Cargas térmicas totales

$$Q_{total} = 10946,74 + 191,29 + 149,6 = \mathbf{11287,63 \text{ W}}$$

Ecuación 19. Sumatorio de las cargas térmicas totales

Como se puede observar, las cargas térmicas para la habitación 1 (HAB1) son 11.287, 63 W. Para el resto de las estancias de la vivienda se llevará a cabo los correspondientes cálculos, que se incluirán en el *Anexo II: Información adicional de interés*.

2.2.2.4.4 CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS PARA EL MODO REFRIGERACIÓN

El procedimiento para el cálculo de las cargas térmicas en modo refrigeración es muy similar al empleado para el modo de calefacción. Ahora, en vez de utilizar la temperatura seca mínima en Almería, se utilizará la temperatura seca máxima, diseñando así la instalación para el caso más desfavorable posible. Se recuerda que esta temperatura es de 40,6 °C según la norma UNE 100001. Cabe mencionar que, en esta ocasión, para que el gradiente de temperaturas sea positivo, el término de la temperatura interior se deberá sustraer de la temperatura exterior, como se muestra a continuación, y ese será el salto térmico utilizado para los cálculos de este apartado.

$$\Delta T = T_e - T_i$$

Ecuación 20. Salto térmico

Llevando a cabo este proceso para todas las estancias de la vivienda se puede rellenar la siguiente tabla de cargas térmicas, *Tabla 13*. Para calcular la potencia específica, se divide la carga térmica total por la superficie de la estancia. Además, al igual que para el modo calefacción, se incluye en el *Anexo II: Información adicional de interés*, la tabla en la que se muestran todos los cálculos de las cargas térmicas de la vivienda.

Tabla 13. Cálculo de las cargas térmicas. (Fuente: Elaboración Propia)

Cod. Esp.	Descripción	Zona	Superficie [m ²]	Calefacción		Refrigeración	
				Q[W]	q[W/m ²]	Q[W]	q[W/m ²]
REC	RECIBIDOR	CALEFACTADA	2,8	2.605,69	930,60	2.724,69	1.003,70
ARM	ARMARIO ENTRADA	CALEFACTADA	3	2.767,65	922,55	2.894,04	857,07
PAT	PATIO	CALEFACTADA	49	40.165,3	819,70	41.996,60	964,68
HAB1	HABITACIÓN 1	CALEFACTADA	13,6	11.287,4	829,97	11.453,10	867,82
B1	BAÑO 1	CALEFACTADA	0,66	864,6	1.310	608,01	921,23
HAB2	HABITACIÓN 2	CALEFACTADA	13,6	11.220,1	825,00	11.383,40	862,62
B2	BAÑO 2	CALEFACTADA	5,22	5.374,39	1.029,58	3.783,12	727,37
HAB3	HABITACIÓN 3	CALEFACTADA	16,3	13.383,8	821,09	13.576,70	858,53
B3	BAÑO 3	CALEFACTADA	5,22	5.339,29	1.022,85	3.758,52	720,02
SC	SALÓN-COMEDOR	CALEFACTADA	40,85	32.389,6	789,06	33.865,70	829,03
HAB4	HABITACIÓN 4	CALEFACTADA	9	7.632,91	848,10	7.981,10	886,79
B4	BAÑO 4	CALEFACTADA	3	3.230,38	1.076,79	2.273,46	757,82
HAB5	HABITACIÓN 5	CALEFACTADA	12,25	10.187,6	831,64	10.652,20	869,56
PAS	PASILLO	CALEFACTADA	6	4.954,49	825,75	5.180,42	863,40
COC	COCINA	CALEFACTADA	14,4	11.638,1	808,20	12.168,60	845,04
ATC	ANTECOCINA	CALEFACTADA	13,8	11.370,8	823,97	11.889,30	861,54

2.2.4.4 CONDICIONES LÍMITES PARA EL MODO CALEFACCIÓN

La norma UNE-EN 1264 “Calefacción por suelo radiante” establece las condiciones de diseño límites. Como se puede leer en ella, la temperatura máxima en las zonas ocupadas no puede superar los 29°C, y los 33°C en baños y zonas no ocupadas. Con esta información, y los datos de temperaturas de diseño interior de 20°C para todas las estancias y 24°C para los baños, se puede utilizar la curva básica para suelo radiante, cuya fórmula se presenta a continuación. Esta curva se empleará para calcular el flujo máximo de calor en la instalación por unidad de superficie, teniendo en cuenta la diferencia de temperatura máxima entre la superficie y la estancia, donde $\vartheta_{F,m}$ es la temperatura máxima y ϑ_i es la temperatura de diseño interior.

$$q = 8,92 \cdot (\vartheta_{F,m} - \vartheta_i)^{1,1}$$

Ecuación 21. Curva básica de suelo radiante

A continuación, se muestra la *Ilustración 33*, de la curva básica para suelo radiante.

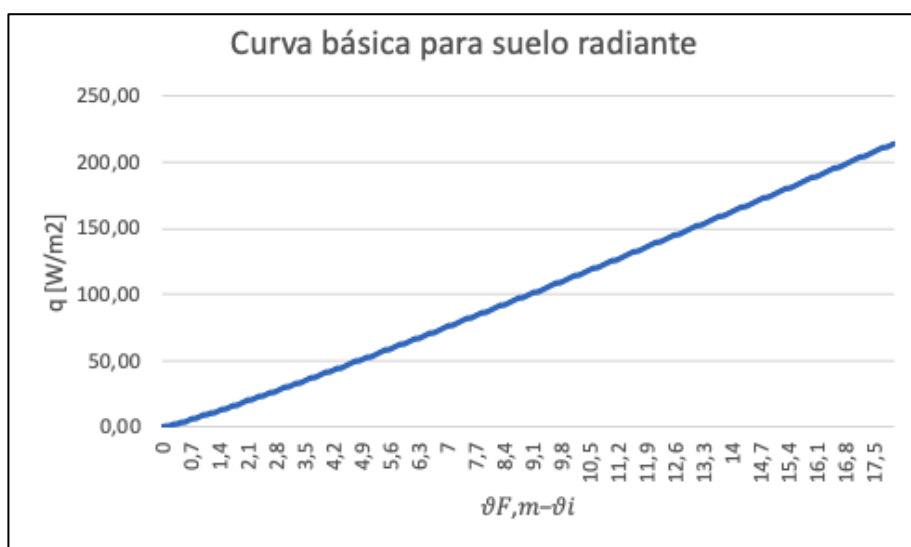


Ilustración 33. Curva básica para suelo radiante (Fuente: Elaboración propia)

En la siguiente tabla, *Tabla 14*, se muestran los datos de temperaturas de diseño interior y temperaturas máximas, y el resultado de aplicar la curva básica para hallar el flujo de calor máximo que no se podrá superar en nuestra instalación.

Tabla 14. Temperatura máxima y de diseño interior, y flujo térmico máximo (Fuente: Elaboración propia)

Estancia	$\vartheta_{F,m}$ (°C)	ϑ_i (°C)	q_G (W/m²)
Ocupada	29	20	100
Baño	33	24	100

En ambos casos, la resta de temperaturas tiene como resultado 9, que corresponde a un valor de flujo de calor de 100 W/m² en la *Ilustración 22*, siendo esto nuestro flujo máximo.

2.2.4.5 CÁLCULO DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS PARA EL MODO CALEFACCIÓN

La curva característica describe la relación entre el flujo de calor por unidad de superficie de la instalación, y la diferencia de temperaturas que se requiere entre el agua del circuito del suelo radiante y la estancia. Para poder realizar correctamente el cálculo de la curva, se debe de tener en cuenta el tipo de estructura. En nuestro caso, la instalación es tipo A, y por ello, la curva que se debe utilizar es la siguiente.

$$q = K_H \cdot \Delta\vartheta_H$$

Ecuación 22. Curva característica para el modo calefacción.

Donde $\Delta\vartheta_H$ es la diferencia de temperaturas, y K_H es el producto de constantes y exponentes que tienen en cuenta propiedades del sistema como son entre otras la resistencia térmica del revestimiento, el diámetro, el paso y el espesor de las tuberías. A continuación, se muestra la expresión de K_H .

$$K_H = B \cdot a_B \cdot a_T^{mT} \cdot a_U^{mU} \cdot a_D^{mD}$$

Ecuación 23. Constante de la curva característica para el modo calefacción

Según la norma UNE-EN 1264, las ecuaciones que se utilizarán para el cálculo de las curvas características de nuestro proyecto, de acuerdo con los parámetros anteriormente establecidos para el modo calefacción, se encuentran en la *Tabla 15*, donde T es el paso de la tubería en metros.

Tabla 15. Ecuaciones que definen las curvas características (Fuente: Elaboración propia)

T(m)	0,050	$q = 7,04 \cdot \Delta\vartheta_H$
	0,075	$q = 6,58 \cdot \Delta\vartheta_H$
	0,100	$q = 6,16 \cdot \Delta\vartheta_H$
	0,150	$q = 5,58 \cdot \Delta\vartheta_H$
	0,200	$q = 4,71 \cdot \Delta\vartheta_H$
	0,225	$q = 4,41 \cdot \Delta\vartheta_H$

2.2.4.6 CÁLCULO DE LAS CURVAS LÍMITES PARA EL MODO CALEFACCIÓN

Las curvas límites marcan el máximo flujo de calor que se puede obtener de acuerdo con los parámetros establecidos en el apartado “2.2.2.4.2 Composición del sistema”. Estas curvas van asociadas a las curvas características. A continuación, se muestran las ecuaciones de las curvas límites para distintos pasos de tubo en la *Tabla 16*.

Tabla 16. Ecuaciones de las curvas límites. (Fuente: Elaboración propia)

T(m)	Área Ocupada		Baños
0,050	$q = 100,00 \cdot \Delta\vartheta_H^{0,000}$		$q = 100,00 \cdot \Delta\vartheta_H^{0,000}$
0,075	$q = 96,30 \cdot \Delta\vartheta_H^{0,011}$		$q = 96,30 \cdot \Delta\vartheta_H^{0,011}$
0,100	$q = 89,30 \cdot \Delta\vartheta_H^{0,033}$		$q = 89,30 \cdot \Delta\vartheta_H^{0,033}$
0,150	$q = 76,30 \cdot \Delta\vartheta_H^{0,074}$		$q = 76,30 \cdot \Delta\vartheta_H^{0,074}$
0,200	$q = 63,10 \cdot \Delta\vartheta_H^{0,123}$		$q = 63,10 \cdot \Delta\vartheta_H^{0,123}$
0,225	$q = 56,40 \cdot \Delta\vartheta_H^{0,148}$		$q = 56,40 \cdot \Delta\vartheta_H^{0,148}$

2.2.4.7 CÁLCULO DE LA TEMPERATURA DE DISEÑO DEL FLUJO PARA EL MODO CALEFACCIÓN

Para poder llevar a cabo este cálculo, se debe encontrar la estancia, a excepción de baños, que tenga la mayor carga térmica específica, es decir, por unidad de superficie. En este caso, se trata del recibidor (REC) cuyo flujo térmico específico es de 930,60 W/m².

En este apartado se calculará la temperatura de impulsión ϑ_v con el salto térmico establecido anteriormente, $\Delta\vartheta \leq 5$, asumiendo que el flujo debe ser menor que el flujo máximo, q_G , calculado en la *Tabla 13*.

El procedimiento para hallar la temperatura de diseño del flujo es sencillo. Se establece un salto térmico, en este caso, $\Delta\vartheta = 5$ K, y se utilizan las curvas asociadas a ese salto de temperaturas. Posteriormente, se traza una línea horizontal a la altura de nuestro flujo térmico específico del recibidor, esto es, 930,60 W/m². Esta línea cortará cada curva característica, y se seleccionarán aquellas que cumplan la condición de que el flujo sea menor a $q_G = 100$ W/m². En nuestro caso, este límite es sobrepasado por mucho en todas las estancias, por lo que lo mejor que se puede hacer es utilizar el flujo máximo para diseñar la instalación. Por supuesto no dará unos resultados óptimos, pero mejorará sin lugar a duda la climatización actual de la vivienda, lo que mejorará el confort de los residentes, cumpliendo así nuestro objetivo fundamental de la reforma.

Para hallar la temperatura de diseño, se extrapolarán los valores de las curvas características para poder obtener los resultados necesarios para un flujo térmico de 100 W/m². La solución se encuentra en la *Tabla 17*, que se muestra a continuación.

Tabla 17. Valores de temperatura de impulsión según el paso de la tubería. (Fuente: Elaboración Propia)

T (m)	q(W/m ²)	q _G (W/m ²)	$\Delta\vartheta_{H,max}$ (°C)	$\Delta\vartheta$ (°C)	$\Delta\vartheta_{V,max}$ (°C)	$\vartheta_{V,max}$ (°C)
0,050	100	100	14,26	5	16,76	36,76
0,075	100	100	15,24	5	17,74	37,74
0,100	100	100	16,29	5	18,79	38,79
0,150	100	100	18,62	5	21,12	41,12
0,200	100	100	21,28	5	23,78	43,78
0,225	100	100	22,74	5	25,24	45,24

Para poder calcular la temperatura de impulsión, $\vartheta_{V,max}$, se han utilizado las siguientes expresiones recogidas en la norma UNE-EN 1264, donde $\Delta\vartheta_{H,des}$ es la diferencia de temperaturas entre el agua y la estancia, 6 es el salto térmico, y ϑ_V es la temperatura de impulsión del agua.

$$\vartheta_V = \Delta\vartheta_{V,des} + 20$$

Ecuación 24. Temperatura de impulsión del agua

$$\Delta\vartheta_{V,des} = \Delta\vartheta_{H,des} + \frac{6}{2}$$

Ecuación 25. Salto térmico entre la impulsión y la temperatura de diseño interior

Como se puede comprobar en la tabla, cualquier paso de tubería se puede utilizar ya que todos los puntos se encuentran debajo de la curva límite. En este proyecto utilizaremos un paso de 0,1 metros, por lo que la temperatura de impulsión del agua será de 38,79 °C, y será ésta, la que se utilizará en todas las estancias de la vivienda. A continuación, se muestra la *Ilustración 34*, en la que se pueden observar las curvas características para el modo calefacción, con la línea horizontal que marca el límite máximo de flujo de calor cedido en la instalación.

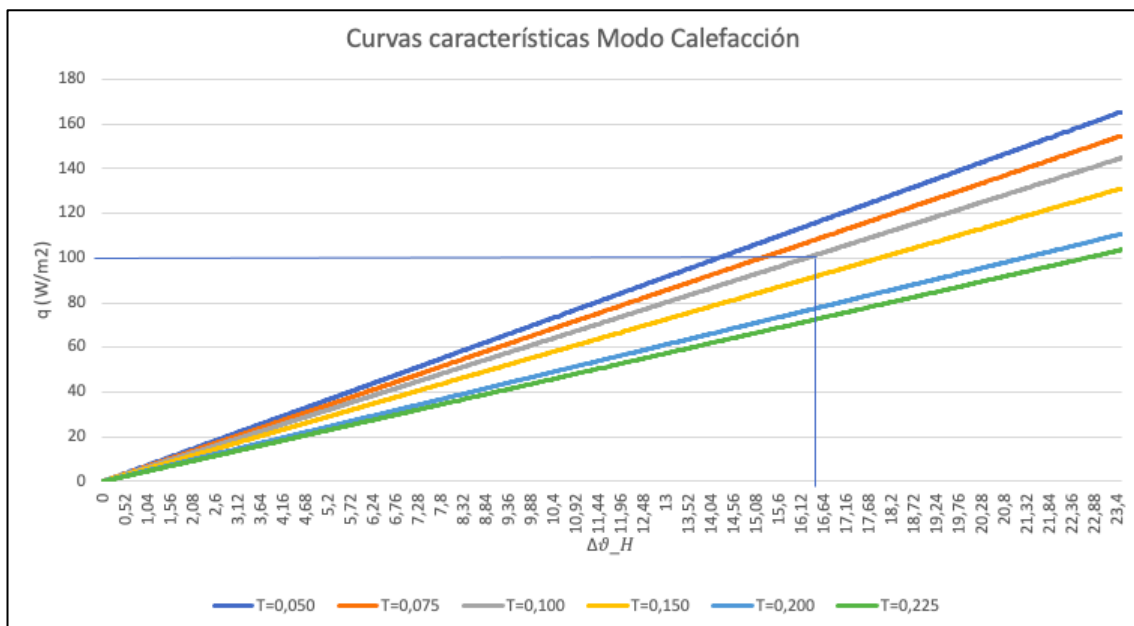


Ilustración 34. Curvas características en modo calefacción. (Fuente: Elaboración propia)

2.2.4.8 CÁLCULO DEL CAUDAL DEL AGUA PARA EL MODO CALEFACCIÓN

El siguiente paso es calcular el caudal de agua necesario en nuestro circuito. Para ello se hace uso de la siguiente expresión, en la que A_F es la superficie de la estancia calefactada, q es el flujo térmico calculado anteriormente, C_v es el calor específico del agua cuyo valor es 4,18 kJ/g°C, R_o es la resistencia a la transmisión por encima de la instalación y su valor en nuestra instalación es 0,06 m²K/W, y R_u el mismo concepto, pero por debajo de la estructura y su valor es 1,72 m²K/W; ϑ_i es la temperatura ambiente interior, establecida en 20 °C para zonas ocupadas y 24 °C para los baños; y finalmente, ϑ_u , es la temperatura interior de la habitación, que asumiremos que es de 8 °C.

$$m_H = A_F \cdot \frac{q}{6} \cdot C_v \cdot \left(1 + \frac{R_o}{R_u} + \frac{\vartheta_i - \vartheta_u}{R_u \cdot q}\right)$$

Ecuación 26. Caudal de agua para el modo calefacción

A continuación, en la página siguiente se muestra la *Tabla 18*, en la que se ha calculado el caudal necesario en cada estancia utilizando la expresión anterior.

Tabla 18. Caudal de agua necesario por estancia. (Fuente: Elaboración Propia)

Cod. Esp.	Descripción	q(W/m²)	Superficie (m²)	C_v (J/g°C)	ϑ_i	ϑ_u	Caudal m_H (l/s)
REC	RECIBIDOR	100	2,8	4180	20	8	0,015
ARM	ARMARIO ENTRADA	100	3	4180	20	8	0,016
PAT	PATIO	100	49	4180	20	8	0,259
HAB1	HABITACIÓN 1	100	13,6	4180	20	8	0,072
B1	BAÑO 1	100	0,66	4180	24	8	0,004
HAB2	HABITACIÓN 2	100	13,6	4180	20	8	0,072
B2	BAÑO 2	100	5,22	4180	24	8	0,028
<i>HAB3</i>	<i>HABITACIÓN 3</i>	100	16,3	4180	20	8	0,086
<i>B3</i>	<i>BAÑO 3</i>	100	5,22	4180	24	8	0,028
SC	SALÓN-COMEDOR	100	40,85	4180	20	8	0,216
<i>HAB4</i>	<i>HABITACIÓN 4</i>	100	9	4180	20	8	0,048
<i>B4</i>	<i>BAÑO 4</i>	100	3	4180	24	8	0,016
<i>HAB5</i>	<i>HABITACIÓN 5</i>	100	12,25	4180	20	8	0,065
PAS	PASILLO	100	6	4180	20	8	0,032
COC	COCINA	100	14,4	4180	20	8	0,076
ATC	ANTECOCINA	100	13,8	4180	20	8	0,073

2.2.4.9 CÁLCULO DE LA LONGITUD DE TUBERÍA

En este apartado se calculará la longitud de tubo necesaria. Para ello se hará uso de la siguiente expresión, en la que A_F es la superficie de la habitación, T es el paso de tubería, e I es la distancia entre el colector y la estancia. Esta longitud será la misma tanto para el modo calefacción como para el modo refrigeración.

$$L = \frac{A_F}{T} + 2I$$

Ecuación 27. Longitud de tubería de la instalación

Para poder mostrar la longitud necesaria en cada estancia, se incluye la *Tabla 19*. El colector se colocará en un armario empotrado de grandes dimensiones situado en la habitación 5 (HAB5), pues es la habitación más céntrica de la vivienda, lo que permite reducir la longitud entre el colector y cada estancia.

Tabla 19. Longitud de tubería y número de circuitos necesarios. (Fuente: Elaboración Propia)

Cod. Esp.	Descripción	Superficie	Distancia al colector (m)	Longitud de tubo (m)	Nº Circuitos
REC	RECIBIDOR	2,8	6	40	1
ARM	ARMARIO ENTRADA	3	5	40	1
PAT	PATIO	49	1	492	5
HAB1	HABITACIÓN 1	13,6	7	150	2
B1	BAÑO 1	0,66	9	24,6	1
HAB2	HABITACIÓN 2	13,6	4	144	2
B2	BAÑO 2	5,22	6	64,2	1
HAB3	HABITACIÓN 3	16,3	2	167	2
B3	BAÑO 3	5,22	5	62,2	1
SC	SALÓN-COMEDOR	40,85	2	412,5	4
HAB4	HABITACIÓN 4	9	2	94	1
B4	BAÑO 4	3	3	36	1
HAB5	HABITACIÓN 5	12,25	0,5	123,5	1

PAS	PASILLO	6	1	62	1
COC	COCINA	14,4	4	152	2
ATC	ANTECOCINA	13,8	5	148	2

Como se puede observar, la longitud de tubería en algunas de las estancias es muy grande. Cuando la longitud es superior a los 120 metros es recomendable dividir la instalación en varios circuitos. Por ello, se muestra la última columna en la que aparece el número de circuitos que hay por cada estancia. El número de circuitos determinará el número de vías que se necesitarán en el colector. En nuestra instalación habrá 28 circuitos.

2.2.4.10 CÁLCULO DEL PUNTO DE ROCÍO PARA EL MODO REFRIGERACIÓN

Como se ha explicado anteriormente en el apartado “2.2.4.1 Características de la vivienda”, la humedad es importante pues influye en la temperatura de impulsión de la instalación de suelo radiante y, además, se debe calcular la temperatura de punto de rocío para que no haya condensación en la vivienda y la temperatura interior se mantenga por encima de ésta. La norma UNE-EN 1264 indica que esta temperatura debe ser $\vartheta_{Dp,R}=18^{\circ}\text{C}$ para las condiciones iniciales establecidas en apartados anteriores. Además, establece que la temperatura interior nominal debe ser $\vartheta_i=26^{\circ}\text{C}$. Se recuerdan los datos anteriormente establecidos para la localización de la vivienda, una zona de calor y cercana al mar, de humedad específica de $0,01(\text{kg vapor/kg aire húmedo})$ y una humedad relativa del 50%. Con esta información se puede calcular la temperatura de punto de rocío con la ayuda de un diagrama psicrométrico. A continuación, se muestra la *Ilustración 35*, en la que se halla dicha temperatura.

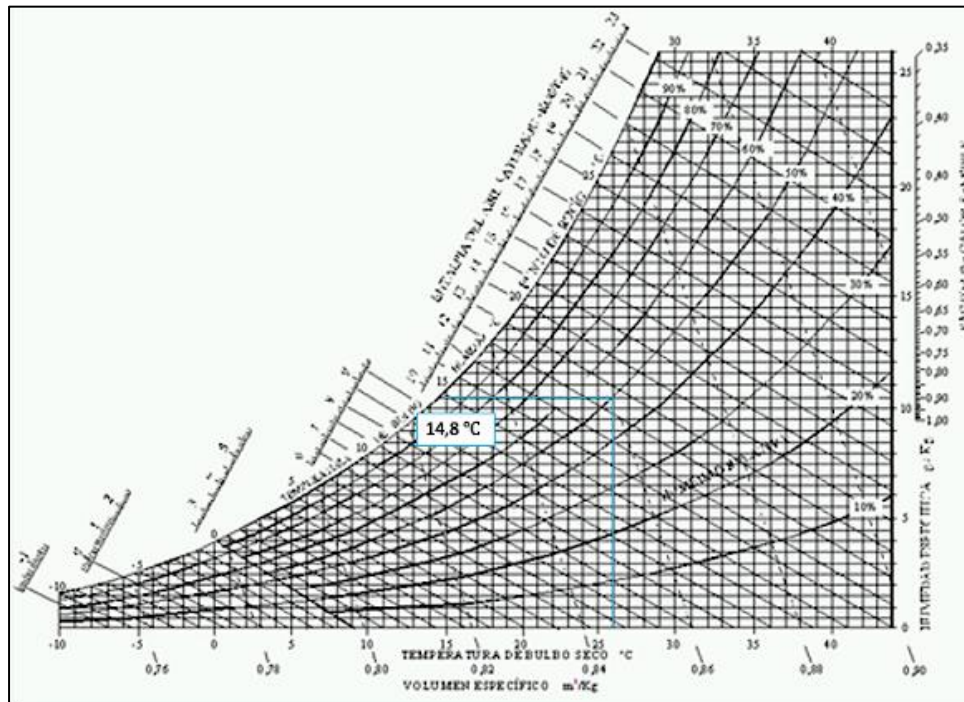


Ilustración 35. Diagrama psicrométrico (Fuente: Elaboración propia)

Se puede observar en el diagrama que se ha marcado el valor de la temperatura de punto de rocío en un cuadro de texto. Su valor es de 14,8 °C.

2.2.4.11 TEMPERATURA DEL AGUA PARA EL MODO REFRIGERACIÓN

Con la temperatura de punto de rocío, se calculará la diferencia de temperatura media logarítmica entre el agua y la habitación de estudio ($\Delta\vartheta_{C,des}$). Esta variación de temperatura indicará el rango en el que podremos trabajar cuando se calculen las curvas características. Para su cálculo se recurre a la siguiente expresión, donde 6_C es el salto térmico, $\vartheta_{C,entrada}$ es la temperatura de impulsión (entrada al circuito) y $\vartheta_{C,salida}$ es la temperatura de retorno.

$$\Delta\vartheta_C = \frac{6_C}{\ln\left(\frac{\vartheta_{C,entrada} - \vartheta_i}{\vartheta_{C,salida} - \vartheta_i}\right)}$$

Ecuación 28. Salto térmico entre el agua y el interior para el modo refrigeración

La temperatura de impulsión debe estar por encima de la temperatura de rocío, por lo que se establecerá en $\vartheta_{C,entrada}=15,8$ °C. La norma establece que el salto térmico en modo refrigeración sea de $6_C \leq 2$ y se mantendrá en $6_C=2$. Es por ello que la temperatura de retorno será de 17,8 °C. Finalmente, con estos datos se puede calcular la diferencia de temperatura media logarítmica, como se muestra a continuación.

$$\Delta\vartheta_C = \frac{2}{\ln\left(\frac{15,8 - 26}{17,8 - 26}\right)} = 9,16^\circ\text{C}$$

Ecuación 29. Cálculo del salto térmico para el modo refrigeración

Para el cálculo de las curvas características, la norma establece que se permite sobrepasar el valor de $\Delta\vartheta_C$ por una cantidad equivalente a $6_C/2$. Por lo que el valor límite será:

$$\Delta\vartheta_{C,max} = 10,16^\circ\text{C}$$

Ecuación 30. Salto térmico máximo para el modo refrigeración

2.2.4.12 CÁLCULO DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS PARA EL MODO REFRIGERACIÓN

El procedimiento de cálculo será el mismo que en el caso del modo calefacción. Sin embargo, en la situación actual, el coeficiente de revestimiento a_b que se comentó en el cálculo de las curvas características de calefacción es diferente, por lo que estas curvas varían un poco. Con esta información, se definen las curvas características para el modo refrigeración en la *Tabla 20* que se muestra a continuación.

Tabla 20. Ecuaciones que definen las curvas características (Fuente: Fegeca)

T(m)	0,050	$q = 5,34 \cdot \Delta\vartheta_C$
	0,075	$q = 5,07 \cdot \Delta\vartheta_C$
	0,100	$q = 4,81 \cdot \Delta\vartheta_C$
	0,150	$q = 4,53 \cdot \Delta\vartheta_C$
	0,200	$q = 3,90 \cdot \Delta\vartheta_C$
	0,225	$q = 3,70 \cdot \Delta\vartheta_C$

Para el límite de temperatura y un paso de tubo de 0,100 m como se seleccionó en el modo calefacción, el flujo de calor que se puede transferir es de 50 W/m², como se puede observar en la *Ilustración 36*, en la que se muestran las curvas características para el modo refrigeración. Este flujo de calor está muy por debajo del necesario en las estancias de nuestra vivienda. Como en el caso anterior, utilizaremos este valor para el dimensionamiento, aunque no sea el óptimo y se discutirá posteriormente en otro apartado si merece la pena su instalación.

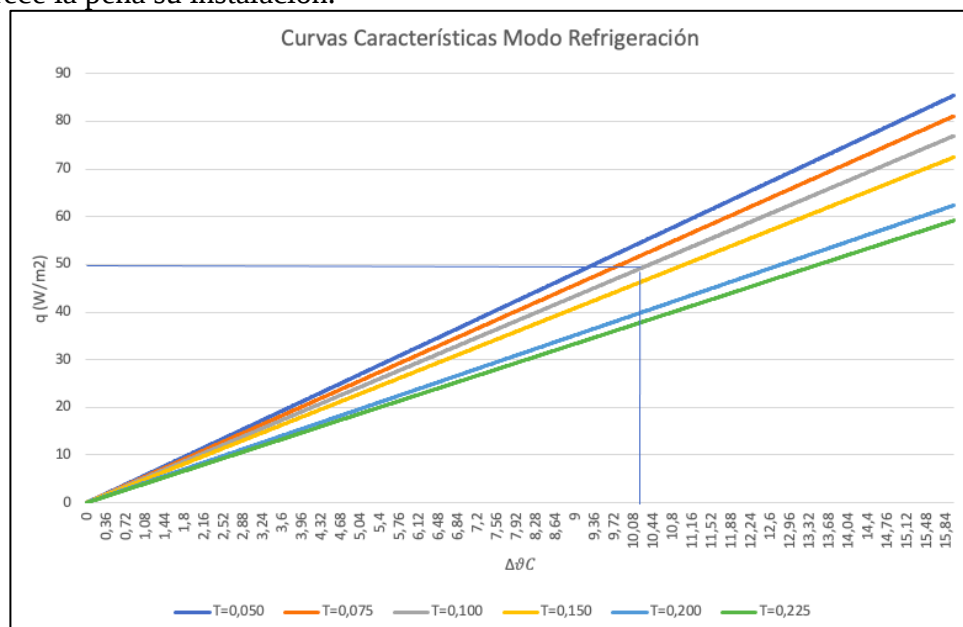


Ilustración 36. Curvas características del modo refrigeración. (Fuente: Elaboración propia)

2.2.4.13 CÁLCULO DEL CAUDAL DEL AGUA PARA EL MODO REFRIGERACIÓN

El procedimiento es el mismo que en el modo calefacción, por lo que se mostrará directamente la *Tabla 21*, en la que aparece el caudal de agua necesario por estancia para el modo refrigeración. Para su cálculo se ha utilizado una temperatura interior nominal de 18 °C para zonas ocupadas y de 22 °C para los baños, como establece la norma UNE-EN 1264 y una temperatura de la estancia de 26 °C.

Tabla 21. Caudal de agua necesario por estancia. (Fuente: Elaboración Propia)

Cod. Esp.	Descripción	$q(W/m^2)$	Superficie (m ²)	C_p (J/g°C)	ϑ_i	ϑ_u	Caudal m_H (l/s)
REC	RECIBIDOR	50	2,8	4180	18	26	0,006
ARM	ARMARIO ENTRADA	50	3	4180	18	26	0,007
PAT	PATIO	50	49	4180	18	26	0,110
HAB1	HABITACIÓN 1	50	13,6	4180	18	26	0,031
B1	BAÑO 1	50	0,66	4180	22	26	0,002
HAB2	HABITACIÓN 2	50	13,6	4180	18	26	0,031
B2	BAÑO 2	50	5,22	4180	22	26	0,012
HAB3	HABITACIÓN 3	50	16,3	4180	18	26	0,037
B3	BAÑO 3	50	5,22	4180	22	26	0,012
SC	SALÓN-COMEDOR	50	40,85	4180	18	26	0,092
HAB4	HABITACIÓN 4	50	9	4180	18	26	0,020
B4	BAÑO 4	50	3	4180	22	26	0,007
HAB5	HABITACIÓN 5	50	12,25	4180	18	26	0,028
PAS	PASILLO	50	6	4180	18	26	0,014
COC	COCINA	50	14,4	4180	18	26	0,032
ATC	ANTECOCINA	50	13,8	4180	18	26	0,031

2.2.4.14 ELECCIÓN DE LOS MATERIALES ADICIONALES Y DE LA EMPRESA INSTALADORA

Para poder finalizar la instalación del suelo radiante y poder obtener un presupuesto de su instalación y puesta a punto, hay una serie de materiales y dispositivos que se deben especificar previamente. A continuación, se presentan.

- **Banda perimetral.** Se coloca en el suelo a lo largo de todas las paredes de la estancia. Esta banda se utiliza para proteger el aislamiento de la instalación de agua o la condensación en modo refrigeración. En nuestro caso se necesitarán 184,8 metros de banda perimetral. Ésta se comprará en Leroy Merlín, de la marca DUCASA como se muestra en la *Ilustración 37*.



Ilustración 37. Banda perimetral DUCASA (Fuente: Leroy Merlín)

- **Panel aislante.** Se tratan de las planchas de material aislante que se colocan en la base de la instalación y a la que se sujetan los tubos por los que circula el caudal de agua. Se ha seleccionado un panel aislante de 3 mm de la marca AXTON con capa antihumedad, comprado en Leroy Merlín, como se muestra en la *Ilustración 38*. Para la superficie que se va a aclimatar recomiendan que se compren 20 cajas de producto.

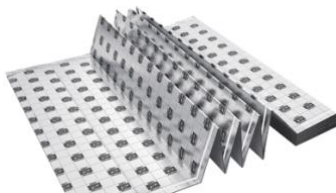


Ilustración 38. Panel aislante. (Fuente: Elaboración Propia)

- **Colector.** Como se comentó en el apartado “2.2.4.1 Composición de la instalación” el colector se instalará en el armario de la HAB5. A continuación, se explican algunas características que se deben tener en cuenta a la hora de seleccionar el colector correcto.
 - **Material.** El material en el que está hecho el colector determina algunas características y su desempeño durante su ciclo de vida. Los colectores metálicos, de acero inoxidable o latón, tienen un precio más reducido, pero tienen un número de salidas fijo y deben estar aislados para evitar la condensación. Por el contrario, los colectores de materiales sintéticos tienen un mejor aislamiento, son más ligeros y son modulares, lo que permiten añadir más vías. En nuestro caso, se requiere de un gran número de vías por lo que utilizaremos un colector de materiales sintéticos.
 - **Número de vías.** Se trata del número de tubos que entran y salen del colector. En nuestro caso nuestra instalación cuenta con 28 circuitos, por lo que se necesitarán al menos 28 vías.
 - **Elementos adicionales.** Para la correcta instalación del colector se requieren de otros elementos como termómetros; caudalímetro; el purgador, que permite desgasar el circuito; las válvulas de purga y llenado, que se encargan de llenar o vaciar los circuitos; y las fijaciones, que permiten asegurar la separación entre el colector superior e inferior.

Tras buscar el producto adecuado en empresas como Uponor, Giacomini, Baxi o Zehnder, se ha llegado a la conclusión de que el colector Baxi 7716932 es el adecuado para nuestra instalación. Se trata de un colector de material tecnopolímero, con un enchufe rápido para tubos de 16 mm de diámetro, y permite trabajar a la temperatura, presión y caudal requeridos por nuestra instalación. Es una buena elección también en el sentido de que es modular, lo que permite añadir más vías según sean necesarias. El hecho de que nuestra instalación requiera de un gran número de vías limita el número de modelos que se pueden seleccionar, pero con este colector podemos añadir dos módulos de 12 vías y otro de 4 para satisfacer nuestras necesidades. Además, por el precio de compra ya se incluye en el pack los elementos necesarios para su conexión y puesta a punto, como

válvulas, enchufes y tapones. A continuación, se muestra la *Ilustración 39*, con una imagen de un colector de Baxi.



Ilustración 39. Colector Baxi 77169XX (Fuente: Baxi)

Con toda esta información, se contratará a la empresa de confianza de la familia que se mencionó en este trabajo para llevar a cabo la reforma del suelo radiante. Calculan que les llevará unas 17 horas realizar todo, por lo que se añadirán unas horas más al presupuesto para evitar imprevistos. A este presupuesto se le añadirá la bomba necesaria que se calculará posteriormente en el apartado “3.3 *Circuito de calefacción*”. A falta de la bomba, el presupuesto de material necesario asciende a 21.746,24 €.

2.2.3 INSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO

La tercera opción para mejorar la climatización es la instalación de aires acondicionados con bomba de calor en cada estancia de la vivienda. Esta opción es la más sencilla de todas pues sólo requiere de la compra del producto y su instalación. Sin embargo, ésta requiere del cumplimiento de la legislación pertinente en referencia al espacio apropiado para la unidad exterior.

Para nuestra vivienda esta opción es aconsejable ya que no se cuenta con ninguna preinstalación en el domicilio y apenas requiere de obra. Además, se dispone de la azotea para colocar las unidades exteriores del equipo de manera que apenas tenga impacto visual.

Como se comentó anteriormente, hoy en día en la casa hay un aire acondicionado reversible en el salón-comedor (SC) de la marca DAIKIN modelo RX35J3V1B del año 2013, que permite mantener al menos la estancia en la que más tiempo pasa la gente durante el día, a una temperatura confortable. A continuación, en la *Ilustración 40*, se muestra el modelo instalado en la vivienda.



Ilustración 40. Aire acondicionado en la Vivienda (Fuente: DAIKIN)

Este aire acondicionado se sustituirá por uno más moderno que tenga mayor potencia y consuma menos energía.

2.2.3.1 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DEL AIRE ACONDICIONADO

- **Tipo de aire acondicionado.** Existen distintos tipos de equipos dependiendo del uso que se le vaya a dar y la ubicación del mismo. A continuación, se explicarán algunos de ellos.
 - **Portátil.** Son los más sencillos de todos. No requieren de instalación, pero disponen de menor potencia y peor eficiencia, además de ser muy ruidosos.
 - **Mono Split.** Son los dispositivos habituales en las viviendas, se componen de un equipo interior y otro exterior. Este será el tipo de dispositivo que se utilizará en nuestra vivienda de estudio. A continuación, en *Ilustración 41* se puede apreciar un modelo general.



Ilustración 41. Aire acondicionado Mono Split (Fuente: Caloryfrío.com)

- **Multi Split.** Este sistema es como el anterior, pero cuenta con más de una unidad interior por cada unidad exterior.
 - **Sistema de conductos.** Este sistema es el más sofisticado de todos y el más caro, pues requiere de una instalación previa de conductos, normalmente alojados en un falso techo. A través de un solo controlador se permite establecer la temperatura de todas las estancias.
 - **Fancoil.** Es otro dispositivo de aire-agua muy sencillo, compuesto por un ventilador y un intercambiador de calor. Su potencia es baja, como en el caso del sistema portátil.
- **Eficiencia.** La eficiencia energética es importante a la hora de elegir el producto ya que equipos muy eficientes tendrán un menor consumo de electricidad, y ayudarán a que se cumplan los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos en el proyecto.

Según la Agencia Internacional de la Energía, los aires acondicionados son la forma de tecnología más avanzada y con mayor eficiencia energética. Para saber si un equipo es eficiente, se deben consultar las etiquetas SEER (modo refrigeración) y SCOP (modo calefacción), como se muestra a continuación en la *Ilustración 42*.

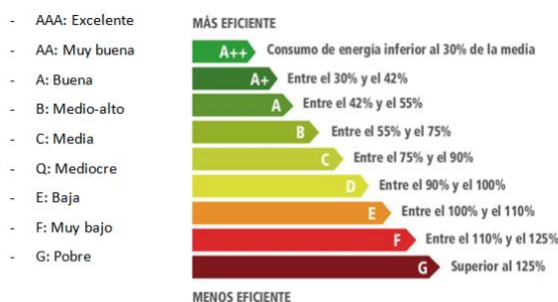


Ilustración 42. Etiqueta eficiencia energética. (Fuente: ClimaPrecio)

- **Reversibilidad.** La mayoría de los aires acondicionados actuales disponen de la capacidad de generar también calor en los meses fríos del año. Se conoce como aire acondicionado reversible, o aire acondicionado con bomba de calor. Este tipo será el que se utilice en la vivienda.

2.2.3.2 DIMENSIONAMIENTO

En este apartado se calculará la potencia en frigorías requerida por cada aire acondicionado en cada estancia de la vivienda. Para ello hay dos formas de llevarlo a cabo.

La primera es la más sencilla y es la empleada de forma general cuando se quiere dimensionar un espacio doméstico. El cálculo es el siguiente:

$$\text{Frigorías} = 80 \cdot \text{Superficie}$$

Ecuación 31. Cálculo de las frigorías.

Esta aproximación indica que por cada metro cuadrado de superficie se requieren 80 frigorías para enfriarlo. Como se puede comprobar, este método es muy sencillo, pero no deja de ser una aproximación, que puede servir para casos generales de espacio reducido pero que no tiene en cuenta los aislamientos de la habitación o la zona climática, por citar dos ejemplos.

La segunda opción, mucho más compleja, es calcular las cargas térmicas de cada estancia en la que se va a colocar un equipo de aire acondicionado y obtener las frigorías equivalentes utilizando la siguiente conversión.

$$\text{Frigoría} = \frac{\text{Vatio}}{1,163}$$

Ecuación 32. Equivalencia entre frigoría y vatio

Como para el apartado del suelo radiante se calcularon las cargas térmicas de cada habitación y se introdujeron en la *Tabla 22*, utilizaremos dicha información para obtener las frigorías necesarias a través de la conversión mostrada. Estos resultados se encuentran en las *Tabla 14*, en la última columna. Para ello se han utilizado las cargas térmicas más grandes entre el modo calefacción y el modo refrigeración de cada estancia. En esta tabla, aparecen sólo las estancias que se climatizarán con aire acondicionado.

Tabla 22. Frigorías necesarias por estancia (Fuente: Elaboración propia)

Cod. Esp.	Descripción	Zona	Superficie [m²]	Calefacción Q[W]	Refrigeración Q[W]	Frigorías
HAB1	HABITACIÓN 1	CALEFACTADA	13,6	11287,63	11453,13	9847,92
HAB2	HABITACIÓN 2	CALEFACTADA	13,6	11220,05	11383,43	9787,99
HAB3	HABITACIÓN 3	CALEFACTADA	16,3	13383,79	13576,65	11673,82
SC	SALÓN-COMEDOR	CALEFACTADA	40,85	32389,56	33865,72	29119,28
HAB4	HABITACIÓN 4	CALEFACTADA	9	7632,91	7981,1	6862,51
HAB5	HABITACIÓN 5	CALEFACTADA	12,25	10187,56	10652,16	9159,21
COC	COCINA	CALEFACTADA	14,4	11638,09	12168,63	10463,14
ATC	ANTECOCINA	CALEFACTADA	13,8	11370,81	11889,31	10222,97

2.2.3.3 ELECCIÓN DE LOS AIRES ACONDICIONADOS

Como se puede apreciar en la *Tabla 14*, las frigorías que se necesitan son muy altas. Esto conllevará tener que comprar equipos de aire acondicionado muy potentes que elevarán el gasto de la instalación. A partir de las 6000 frigorías, los equipos ya son de conductos y requieren de una mayor reforma pues también habría que instalar falsos techos. Por esta razón, se utilizarán aires acondicionados Split de la máxima potencia posible, 6000 frigorías, que están diseñados para superficies menores a 60 m², por lo que, sin duda alguna, seguirán mejorando sustancialmente la climatización de la vivienda, aunque no ofrezcan la potencia óptima requerida.

En la tabla hay ciertas estancias que no aparecen ya que no se van a climatizar. Por ejemplo, no se recomienda instalar aire acondicionado en los baños. Al tratarse de espacios tan reducidos, se pueden alcanzar temperaturas muy elevadas en modo calefacción, o sequedad en el ambiente en caso de usarlos en modo refrigeración. Por ello, se pondrá un aire acondicionado en el dormitorio, que acabará climatizando también su baño.

En el pasillo tampoco se instalará el aire acondicionado ya que es una zona de paso y da a varias habitaciones que suelen tener la puerta abierta y, por tanto, los aires acondicionados de esas habitaciones acabarán climatizando también el pasillo.

Finalmente, el patio es una zona de paso también en la que no suele haber gente. Debido a la gran cantidad de frigorías, aproximadamente 36000, necesarias para aclimatar la estancia y al poco uso que se le da durante el día, se descartará la instalación del aire acondicionado aquí tampoco. Lo mismo aplica para el recibidor.

Como se ha explicado en el apartado anterior, se utilizará un equipo mono Split, esto quiere decir que por cada unidad externa habrá otra unidad interna de aire acondicionado. Lo ideal habría sido utilizar un sistema multi Split, pero para esta potencia tan elevada el sistema tiene que ser mono. Para hacerlo más sencillo, se instalará el mismo modelo de aire acondicionado en cada estancia de la *Tabla 22*.

El modelo elegido es el aire acondicionado HTW IX39B de 6000 frigorías y se comprará en Leroy Merlín. El consumo energético es bueno, siendo A++ para el caso del modo refrigeración y A+ para el modo calefacción. La marca puede que no sea tan conocida como otras, pero pertenece al Grupo GIA, compañía española que nació en el 2010 y tiene presencia en 26 países. A continuación, en la *Ilustración 43* se muestra el modelo que se va a instalar.



Ilustración 43. A/C HTW modelo IX39B (Fuente: Leroy Merlín)

Para que en los baños durante la época de invierno no haga mucho frío, se colocarán unos pequeños calefactores que mejorarán el confort en estas estancias. Estos calefactores no serán muy potentes, ya que no se instalan con la intención de aclimatar el baño por completo, sino que permitan estar a una temperatura agradable el poco rato que se utilice el baño al día. Para ello se ha seleccionado la marca Delonghi, conocida mundialmente, y en especial, su modelo HVA 0220 de 2000W. A continuación, se muestra la *Ilustración 44*, con una imagen del calefactor.



Ilustración 44. Calefactor de pie De'Longhi (Fuente: Leroy Merlín)

En el *Documento 2: Presupuesto*, se incluye el presupuesto de los aires acondicionados y los calefactores, más la hora de ingeniero y la instalación de los aparatos. Aunque Leroy Merlín tiene un servicio de instalación, cuyo coste es de 274€ por equipo, la instalación la llevará a cabo el mismo grupo de 5 personas que se encargaban de la instalación de las planchas de Pladur y estiman que les tomará tres horas y media completar el trabajo completo, siendo éste un precio mucho más competitivo. El coste de la instalación de aire acondicionado y la compra de los calefactores asciende a 7.442,96 €.

3. REVISIÓN Y ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN DE BOMBEO

Después de haber finalizado la primera sección del trabajo, relacionada con la climatización de la vivienda, se comienza el análisis del sistema hidráulico de la vivienda en estudio. Se seguirá un procedimiento similar al utilizado en el anterior bloque, en el que se analizará la cuestión actual en la vivienda, se propondrán ideas de mejora y se comentará finalmente su implementación en un apartado de resultados al final del trabajo.

En el trabajo se tratarán los siguientes circuitos: red principal de ACS, red de recirculación de ACS, red de calefacción del suelo radiante, y un cuarto circuito que se diseñará en el trabajo con el fin de reutilizar el agua proveniente de grifos y duchas para llenar un depósito, que a través de una bomba provea de agua al riego y a un pequeño huerto de tomate “raf”. Debido a las diferentes soluciones que hay para cada tipo de circuito, se estudiarán por separado el circuito primario de ACS y el de recirculación, aunque ambos sean de agua caliente sanitaria.

Como se comentó al comienzo del proyecto, la instalación de agua de la vivienda es muy antigua y necesita de una reforma integral. Para cada circuito estudiado, el procedimiento de actuación será similar. En primer lugar, se calculará el caudal necesario, que vendrá dado por el consumo en el domicilio, y la altura manométrica en cada circuito. La forma de llevar a cabo estos cálculos será diferente para cada tipo de circuito, pero con estos resultados se asegurará el buen dimensionamiento de las redes y la mejora del confort en la vivienda.

En este apartado las bombas tendrán un papel muy importante. Por ello, es necesario conocer bien el ciclo de vida de estos equipos y cuáles son los costes durante todo el proceso. Todo este estudio se encuentra recogido en la obra del ingeniero del ICAI Iñigo Sanz Fernández, ‘El coste del ciclo de vida de las bombas’ (2003). A continuación, se muestra la *Ilustración 45*, en la que se observan los costes asociados al ciclo de vida de las bombas.

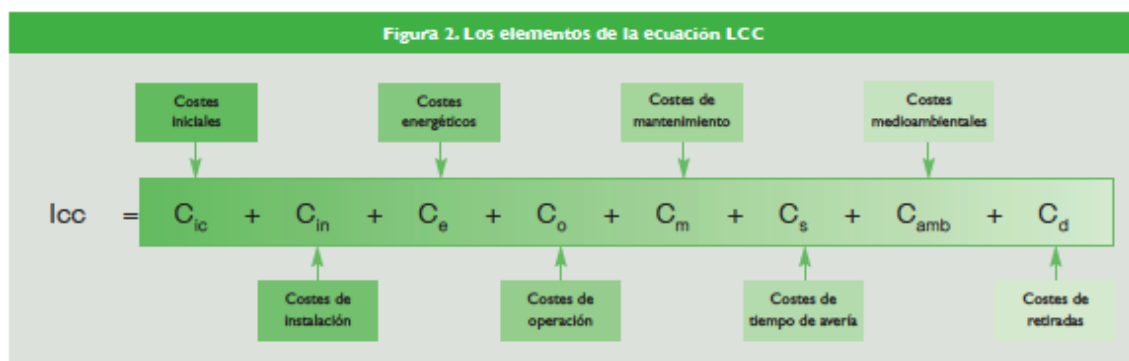


Ilustración 45. Elementos de la ecuación LCC. (Fuente: El coste del ciclo de vida de las bombas, Sanz Fernández, Iñigo)

Antes de comenzar con el estudio de nuestra instalación, se explicarán brevemente los costes de la ecuación de la *Ilustración 45*.

- **Costes iniciales.** En nuestra vivienda no hay actualmente ninguna bomba. Por lo tanto, los costes iniciales en nuestro caso hacen referencia al diseño del circuito de la bomba y a la propia compra del equipo necesario. Estos costes de adquisición representan una mínima parte del gasto total a lo largo del ciclo de vida de la bomba, por lo que intentaremos reducir el coste al máximo, pero no será la principal prioridad en este estudio.
- **Costes de instalación.** Como su nombre indica, hace referencia a la conexión de las bombas al circuito de la vivienda asegurando su correcto funcionamiento. Se deberá tener en cuenta este gasto a la hora de elegir el lugar donde se colocará la bomba, con el fin de minimizar los costes.
- **Costes energéticos.** Este es uno de los gastos más elevados en todo el ciclo de vida. Además, en nuestra vivienda nos interesa tener equipos que consuman lo mínimo posible, por lo que se intentará instalar bombas de gran eficiencia energética que nos permitan además colaborar con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.
- **Costes de operación y mantenimiento.** Anteriormente estos costes se encontraban divididos. Se relacionan con el uso del sistema de bombeo y su inspección y posterior revisión. En viviendas como la nuestra, estos costes no suelen ser elevados, sobre todo si se utilizan bombas modernas de alta eficiencia.
- **Costes por avería.** Se tratan de los costes ocasionados por dejar de tener en funcionamiento la instalación debido a una avería. En ellos se incluyen el coste de la sustitución de las piezas dañadas.
- **Costes medioambientales.** Este tipo de costes son muy reducidos debido a que las bombas no suelen contaminar mucho, sobre todo las de reciente fabricación cuya eficiencia es alta, como se ha explicado anteriormente.
- **Costes de retirada.** Son los gastos de retirada de la bomba y su puesta en un punto limpio. En nuestro caso no hay bombas anteriores por lo que sólo se tendrán en cuenta los costes de retirada de las bombas que se instalen, pero su retirada será a muy largo plazo.

Como se ha comentado en este apartado, el primer punto de estudio será el circuito principal ACS, que se detallará en el siguiente apartado.

3.1 CIRCUITO PRINCIPAL DE AGUA CALIENTE SANITARIA

Como se ha comentado a lo largo del proyecto, esta red es muy antigua y carece de la presión necesaria en alguno de los lavabos. Además, para calentar el agua, se utilizan termos eléctricos que consumen mucha energía y no son capaces de proveer agua caliente durante mucho tiempo.

3.1.1 CÁLCULO DEL CONSUMO DIARIO

Para poder dimensionar correctamente la red de agua caliente sanitaria se debe conocer el consumo de agua en la vivienda de estudio. Según el documento de Ahorro de Energía del CTE (Código Técnico de Edificación) el consumo de agua caliente sanitaria por persona cada día es de 28 litros. En nuestro caso se estudiarán todos los elementos que se encuentran en la vivienda con el fin de obtener el consumo instantáneo (Q_i) máximo en el domicilio.

Este cálculo se lleva a cabo siguiendo documento básico HS “Salubridad” del CTE. A continuación, se presenta la *Tabla 23*, que recoge los elementos de la vivienda y su correspondiente caudal instantáneo. Esta tabla es un resumen de la tabla 2.1 de la sección HS4 del documento, que se incluye anexada en el *Anexo II: Información adicional de interés*.

Tabla 23. Caudal instantáneo de los elementos del domicilio. (Fuente: Elaboración Propia)

ELEMENTOS	CANTIDAD	Q_i (l/s)
<i>Lavabos (1)</i>	4	0,065
<i>Duchas (2)</i>	4	0,1
<i>Bidés (3)</i>	0	0,065
<i>Fregadero (4)</i>	1	0,1
TOTAL	9	

Con los datos de esta tabla se puede calcular el consumo máximo en la instalación:

$$Q_{imax} = 4 \cdot 0,065 + 4 \cdot 0,1 + 1 \cdot 0,1 = 0,76 \frac{l}{s}$$

Ecuación 33. Caudal máximo de la red primaria de ACS

Aunque éste es teóricamente el caudal instantáneo máximo en la vivienda, no todos los elementos de la red se utilizan a la vez, por lo que en la realidad este caudal máximo es menor. Por ello, se utiliza el factor de simultaneidad de acuerdo con la norma francesa N.P. 41 204 para poder tener un resultado que se acerque más a la realidad. A continuación, se muestra la ecuación para calcular este coeficiente adimensional, donde “n” es el número total de elementos en la vivienda, como se ha mostrado en la *Tabla 15*.

$$F_s = \frac{1}{\sqrt{n-1}} = \frac{1}{\sqrt{9-1}} = 0,35$$

Ecuación 34. Cálculo del factor de simultaneidad de ACS

Conocido el factor de simultaneidad, se puede calcular el caudal crítico al que la instalación puede verse sometida.

$$Q_{\text{crítico}} = F_s \cdot Q_{\text{max}} = 0,35 \cdot 0,76 = 0,27 \frac{l}{s} \rightarrow 0,97 \frac{m^3}{h}$$

Ecuación 35. Cálculo del caudal crítico de la red primaria de ACS

Este resultado indica que, por ejemplo, dos duchas y un lavabo se están utilizando a la vez, o que el fregadero, una ducha y un lavabo están en uso simultáneamente, lo que es muy probable en una vivienda de este estilo.

3.1.2 CÁLCULO DE ALTURAS MANOMÉTRICAS

Tras calcular el caudal instantáneo en la vivienda, el siguiente paso es obtener las presiones a las que está sometida la instalación. Para diseñarla correctamente, se emplea el punto más crítico de la vivienda. Sin embargo, para nuestro caso todos los elementos se encuentran en la misma planta y aproximadamente a la misma altura. El análisis se llevará a cabo utilizando la Ecuación de Bernoulli entre la cota del punto crítico y la del depósito de agua. A continuación, se muestra la ecuación mencionada, sacada del repositorio de la Universidad Pontificia Comillas-ICAI.

$$h_{\text{entrada}} = h_{\text{pérdidas}} + h_{\text{salida}} + \Delta z$$

Ecuación 36. Alturas manométricas

Donde h_{entrada} es la presión de salida del depósito y entrada en el circuito, que debe ser igual a la diferencia de alturas entre los dos puntos mencionados antes, las pérdidas de carga $h_{\text{pérdidas}}$ que se explicarán posteriormente y la presión mínima requerida en el grifo del punto más crítico, que debe ser mínimo de 100 kPa.

Las pérdidas de cargas se dividen en dos, las primarias y las secundarias. Estas primeras (h_f) son provocadas por el rozamiento entre el fluido y la superficie interior de las tuberías. Por otro lado, las secundarias (h_k) ocurren en puntos en los que el fluido cambia su dirección. La suma de ambas da las pérdidas de carga totales en el sistema.

$$h_{\text{pérdidas}} = h_f + h_k$$

Ecuación 37. Cargas primarias y secundarias

Para calcular las cargas primarias, se suele utilizar la ecuación de Darcy-Weisbach. A continuación, se muestra esta ecuación donde f es el factor de fricción, l es la longitud de la tubería entre los puntos de estudio, D es el diámetro interno de la tubería, v es la velocidad del agua y g la aceleración de la gravedad.

$$h_f = f \cdot \frac{l}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Ecuación 38. Ecuación de Darcy-Weisbach

Como se ha explicado, esta es la ecuación que se utiliza para calcular las pérdidas de carga a lo largo de nuestra instalación. Para ello se debe utilizar esta expresión para cada tramo de tubería. Como puede haber numerosas combinaciones de caudales instantáneos en la vivienda, se utilizará el caudal crítico calculado anteriormente en la *Ecuación 35*. Por tanto, se considerará que por toda la vivienda circula el mismo caudal instantáneo de $0,27 \frac{l}{s}$. Para poder calcular la velocidad del agua por los conductos se debe conocer el diámetro de la tubería, que en nuestro caso será de 24 mm. No se tendrán en cuenta los cambios de diámetro en los extremos de los tramos de tubería para el cálculo. A continuación, se muestra el cálculo de la velocidad.

$$Q[\frac{m^3}{s}] = v \cdot A \rightarrow v = \frac{0,27 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot (12 \cdot 10^{-3})^2} \cong 0,59 \frac{m}{s}$$

Ecuación 39. Velocidad del agua en la red primaria de ACS

Para poder calcular las cargas primarias con la ecuación de Darcy-Weisbach se debe conocer la longitud del circuito en estudio. En nuestro caso se instalará fototermia como fuente de generación de calor. Se trata de paneles fotovoltaicos que utilizan la electricidad generada para calentar una resistencia que eleva la temperatura del agua de un depósito situado junto a ellos. Por tanto, a nuestro circuito hay que añadirle la longitud de tubería para llegar a la azotea, donde se sitúa este depósito. Se ha calculado esta distancia y es de 26 metros.

Finalmente, nos falta por determinar el coeficiente de fricción. Aunque existen diferentes formas de calcular este coeficiente, se utilizará el ábaco de Moody en este trabajo. Para poder obtenerlo, se debe conocer primero el número de Reynolds y la rugosidad relativa del material del que están hechas las tuberías. Por tanto, se obtiene el número de Reynolds con la expresión siguiente, que determinará si el flujo es laminar o turbulento. Los datos que se utilizarán en esta ecuación son los relativos al agua a una temperatura de 60 °C.

$$R_e = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} = \frac{983,13 \cdot 0,59 \cdot 0,024}{467 \cdot 10^{-6}} = 29809,68 > 2300$$

Ecuación 40. Número de Reynolds en la red primaria de ACS

Al ser mayor que 2300, el flujo es turbulento. El segundo cálculo que debemos llevar a cabo es el de la rugosidad relativa. Este valor se obtiene para un flujo turbulento dividiendo la rugosidad absoluta del material entre el diámetro de la tubería. Como se indica en el Informe de Tasación que se anexa, las tuberías son de cobre. Su rugosidad absoluta es $\varepsilon=0,0015$ mm, por lo que la rugosidad relativa es,

$$\varepsilon_r = \frac{0,0015}{24} = 62,5 \cdot 10^{-6}$$

Ecuación 41. Rugosidad relativa del cobre

Con esta información, se puede proceder al cálculo del coeficiente de fricción con el Diagrama de Moody, como se muestra en la *Ilustración 46*.

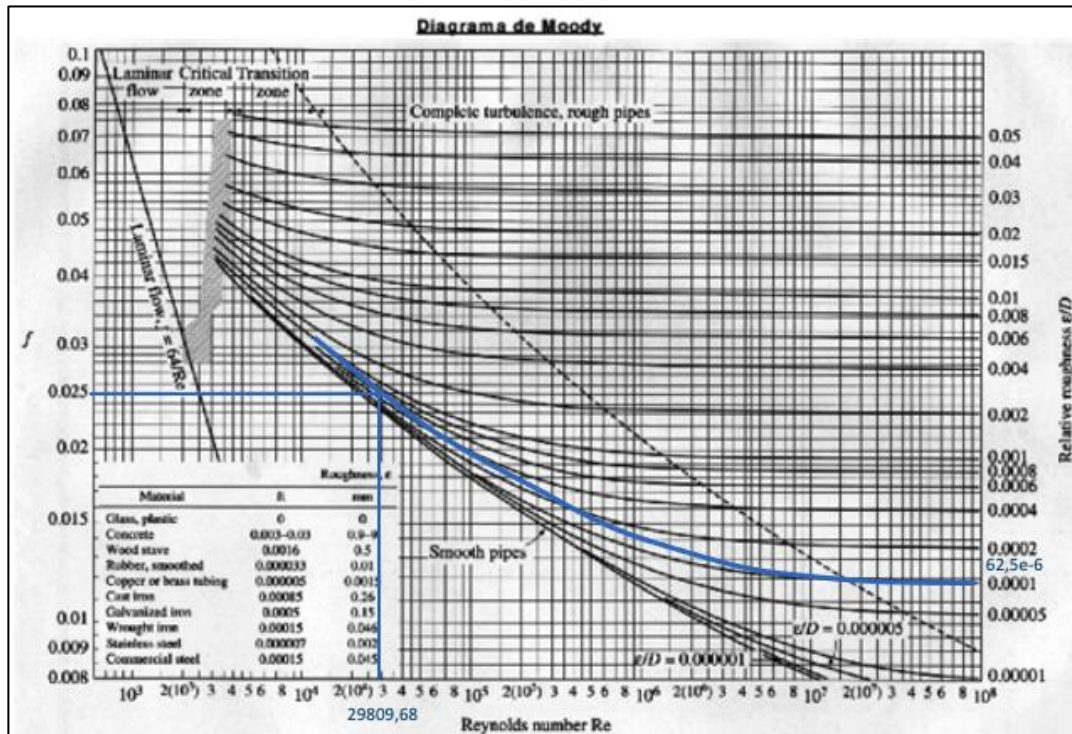


Ilustración 46. Coeficiente de fricción en el Diagrama de Moody. (Fuente: Elaboración propia)

Disponiendo de todos los datos necesarios se utiliza la expresión de Darcy-Weisbach para el cálculo de las pérdidas de carga primaria.

$$h_f = f \cdot \frac{l}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} = 0,025 \cdot \frac{26}{0,024} \cdot \frac{0,59^2}{2 \cdot 9,81} = 0,49 \text{ m. c. a.}$$

Ecuación 42. Cálculo de las cargas primarias de la red primaria de ACS

A continuación, se deben calcular las pérdidas de carga secundarias. Sin embargo, es complicado conocer todos los elementos que componen la instalación de tuberías, como recodos o válvulas, ya que no se ven a simple vista y no se dispone de los planos de su diseño. En este caso, lo que debe hacer es aplicar el método de la longitud equivalente, aprobado por la normativa. Para ello, se aumentarán las pérdidas de carga primaria un 30%, teniendo así en cuenta también la antigüedad de la instalación.

$$h_{p\acute{e}rdidas} = 1,3 \cdot h_f = 1,3 \cdot 0,49 = 0,64 \text{ m. c. a.}$$

Ecuación 43. Cálculo de las cargas secundarias de la red primaria de ACS

Finalmente, se calcula la altura que debe suministrar la bomba en este circuito. Para ello, se ha utilizado una diferencia de cotas (Δz) de 4 metros y una presión mínima en los grifos de 100 kPa, equivalente a 10,2 m.c.a.

$$h_{entrada} = h_{p\acute{e}rdidas} + h_{salida} + \Delta z = 0,64 + 10,2 + 4 = 14,84 \text{ m. c. a.}$$

Ecuación 44. Cálculo de la altura manométrica de la bomba para la red primaria de ACS

Este resultado, como se ha explicado es aproximado, pero permite tener una idea de las necesidades de la bomba que se necesitará en el circuito primario de ACS en condiciones normales.

3.1.3 SELECCIÓN DE LA BOMBA

Tras realizar los cálculos del caudal y de las alturas manométricas de la instalación, se debe proceder a la elección de la bomba. Hay numerosas compañías que ofrecen diversas soluciones de bombeo, por lo que se explicarán los criterios fundamentales que se deben de tener en cuenta a la hora de seleccionar la correcta.

- **Aplicación.** Debido a los avances tecnológicos, pese a que todas las bombas hacen la misma función en general, las bombas se han ido especializando según la naturaleza del circuito en cuestión. Es por ello que hay bombas que se han adaptado a las necesidades de un circuito de riego, por ejemplo, y otras que sólo deberían utilizarse en uno de recirculación. Para el circuito de agua caliente sanitaria se buscará una bomba especializada en circuitos de agua doméstica.
- **Temperatura del fluido.** Este criterio esta relacionado con el anterior. En casos en los que la bomba se utilice para un circuito de calefacción o de ACS, la temperatura será mayor que en aquellos de riego, por ejemplo. En este caso particular, se tendrán temperaturas de entre 45 y 60 °C, por lo que se deberá buscar una bomba que permita trabajar a estas temperaturas.
- **Caudal.** Es uno de los criterios más importantes. La bomba debe soportar el caudal máximo en la instalación. Para el dimensionamiento, las compañías fabricantes piden este valor en metros cúbicos por hora, por lo que la bomba deberá soportar un caudal de 0,97 m³/h, tal como se calculó en apartados anteriores.
- **Altura.** La altura que debe proporcionar la bomba es una de las variables más importantes junto al caudal. Como se ha explicado, la presión mínima en grifos es de 100 kPa, equivalente a 10,2 m.c.a., por lo que la bomba debe proporcionar esa altura extra que le separa del punto crítico de 14,84 m.c.a. Por tanto, la bomba debería proporcionar una altura de 4,7 metros para llegar al punto crítico. Sin embargo, se debe de tener en cuenta que la instalación es antigua, y que además se debe dejar un margen de seguridad para que la bomba funcione correctamente. Por ello, se aumentará esa altura necesaria por la bomba, necesitando entonces una bomba que suministre 8 metros.

Con estos datos, ya se puede buscar la bomba óptima para nuestro circuito. Para ello se han buscado bombas de diferentes fabricantes como Sulzer, KSB, Grundfos y Sterling Sihi. Algunos de estos fabricantes disponen de un software de análisis con el que estableciendo los datos necesarios y los requerimientos a los que debe estar sometida la bomba te recomienda qué bomba se debería elegir. Tras comparar todos los modelos que satisfacían los filtros, se decidió por la bomba Sulzer MF 154 W. Para poder decidimos por una, se han tenido en cuenta factores como la potencia consumida, el rendimiento, la

sección y el número de revoluciones. A continuación, en la *Ilustración 47*, se muestra la bomba seleccionada.



Ilustración 47. Bomba Sulzer MF 154 W (Fuente: Elaboración propia)

Esta bomba es sumergible y compacta, con un impulsor Vortex. El alojamiento del motor es totalmente hermético y hecho en acero inoxidable, lo que reduce la posibilidad de corrosión con el paso del tiempo y disminuye así el coste de mantenimiento y por tanto del ciclo de vida de la bomba. En cuanto al tipo de conexión, se trata de una conexión monofásica de 230V, mucho más cómoda que la trifásica. Al tratarse de una bomba que no requiere de una potencia alta y es para una vivienda donde la instalación es monofásica, la elección es correcta. Esta bomba tiene un coste de 4.000€. A continuación, se muestran las curvas de la bomba para nuestro punto de trabajo en la *Ilustración 48*.

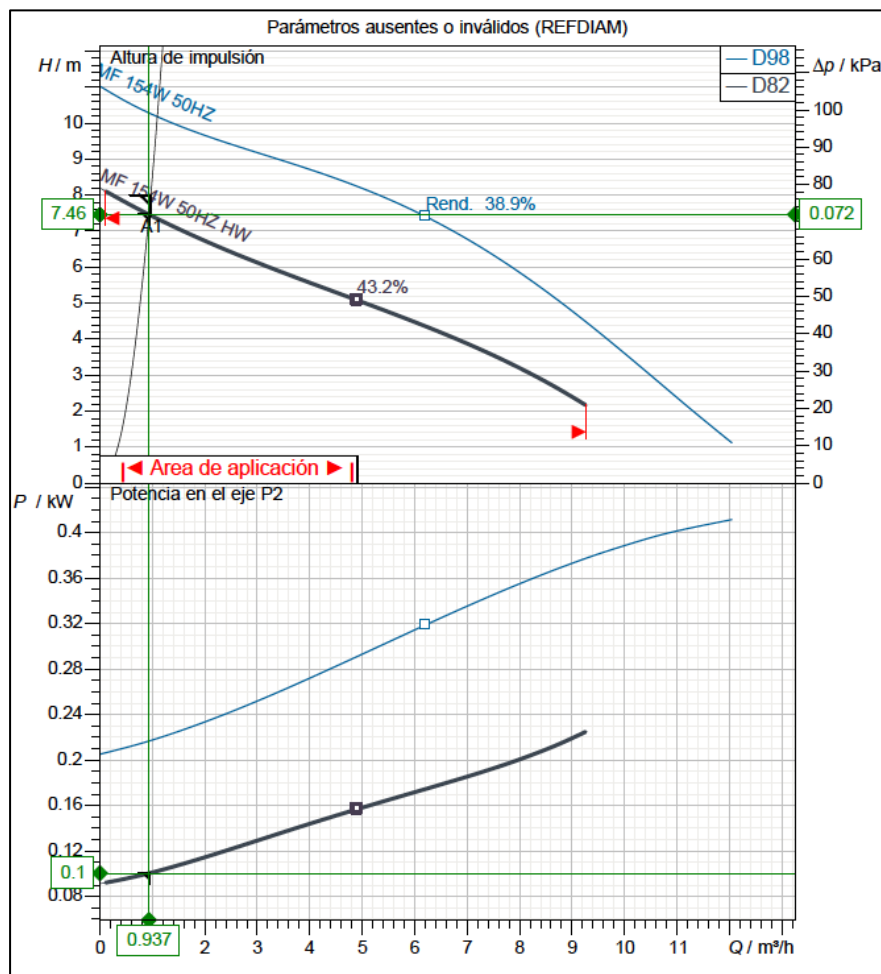


Ilustración 48. Curvas de la bomba Sulzer MF 154 W (Fuente: Sulzer)

3.2 RED DE RECIRCULACIÓN DE ACS

El propósito de este circuito es recircular el agua caliente sanitaria al depósito una vez se dejan de utilizar los grifos. Esto permite que se disponga de agua caliente de forma instantánea al abrir el grifo y además se reduce el consumo energético. Para que se entienda fácilmente, normalmente al abrir el grifo se deja fluir el agua hasta que comienza a salir agua caliente por él, siendo entonces cuando se comienza a utilizar. Esta cantidad de agua fría es desperdiciada varias veces al día, lo que aumenta considerablemente el consumo de agua. Para instalaciones cuya longitud es mayor a 15 metros, como es el caso de la nuestra, este tipo de circuito es obligatorio según se establece en el Código Técnico de Edificación.

En la instalación actual no existe un sistema de recirculación por lo que se tendrá que instalar uno desde cero. Para ello, se instalará una tubería paralela al circuito primario de ACS, por la que circulará una pequeña cantidad de agua con el fin de obtener agua caliente casi instantáneamente. Para ello, se necesitarán 26 metros de tubería de cobre y, además, se debe instalar una bomba que permita impulsar el agua de nuevo al depósito que se encuentra en la azotea. Sin embargo, esta longitud de circuito no será definitiva hasta que no se dé el visto bueno final, puesto que cada albañil prefiere llevar las tuberías por un sitio u otro, o utilizar más elementos de conexión que otros.

Para poder determinar el caudal necesario que debe circular por este circuito, se debe consultar el Documento Básico HS 4 del CTE. En la *Ilustración 49*, se puede observar una de las tablas del documento que indica el caudal de agua recomendado según el tamaño de la sección de tubería.

Diámetro nominal de la tubería	Caudal recirculado (l/h)
½	140
¾	300
1	600
1 ¼	1.100
1 ½	1.800
2	3.300

Ilustración 49. Caudal para el circuito de retorno según la sección de tubería (Fuente: Documento Básico HS, CTE)

Esta bomba no necesita impulsar mucha agua, el caudal que circula por el circuito primario es pequeño, de 0,97 m³/h, y no se recomienda tener un circuito de retorno de un más de un 10% de este caudal, por lo que la tubería de esta instalación nos interesa que sea de ½", circulando entonces por ella alrededor de 0,1 m³/h. El resto de las características serán iguales que para la bomba seleccionada para el circuito primario de ACS, ya que debe proporcionar la misma altura. Utilizando el software de análisis de la empresa Sulzer, se obtiene que una de las mejores bombas que se podrían utilizar para los datos introducidos, sería el modelo EJ D-2. Es similar a la MF 154 W, pero es de fundición, por lo que tiene un precio algo menor que la anterior, de 3500€. A continuación, en la *Ilustración 50*, se muestra la bomba seleccionada y en la *Ilustración 51*, la curva de la bomba para este punto de trabajo.



Ilustración 50. Bomba EJ D-2 (Fuente: Sulzer)

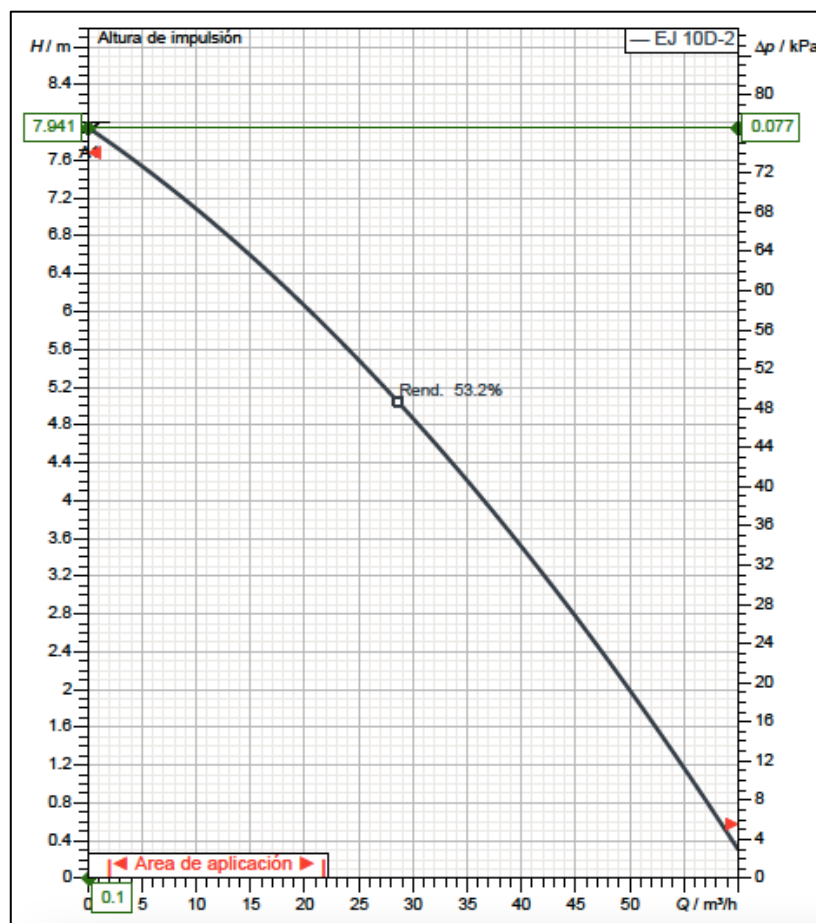


Ilustración 51. Curvas de la bomba Sulzer EJ D-2 (Fuente: Sulzer)

Se puede concluir entonces que la bomba instalada está bien dimensionada pues permite bombear un caudal de alrededor al 10% del caudal empleado en el circuito primario de ACS, y tiene capacidad suficiente para superar los 8 metros de altura manométrica necesarios. Además, esta bomba consume muy poco, lo que permite que, aunque esté moviendo el agua constantemente, su gasto sea menor al del agua desperdiciada cuando no se disponía de esta instalación. Finalmente, el hecho de que se hayan seleccionado bombas de la misma marca facilitará posteriormente el mantenimiento y la gestión del mismo.

Una vez finalizado el dimensionamiento de la red de ACS, el coste total de su instalación asciende a 8.050 €.

3.3 CIRCUITO DE CALEFACCIÓN

Actualmente, como se ha explicado en el proyecto no existe calefacción en la vivienda, por lo que este apartado sólo tendrá sentido si se lleva a cabo la instalación de suelo radiante diseñada en este trabajo. Por ello mismo, se realizará su dimensionamiento asumiendo que existe calefacción por suelo radiante en el domicilio. El proceso será similar al de los circuitos de agua caliente sanitaria, ya que se estudiará el caudal instantáneo necesario y la altura manométrica requerida, pero habrá ciertos cálculos que se llevarán a cabo de manera distinta. Además, el tipo de bomba que se utilice será diferente, donde habrá que analizar otras propiedades, así como su eficiencia y su ciclo de vida.

3.3.1 CÁLCULO PARA LA OBTENCIÓN DEL CAUDAL

A diferencia de otros circuitos ya estudiados, para la obtención del caudal de calefacción es necesario conocer la potencia calorífica requerida. En el apartado de suelo radiante ya se hizo este cálculo y se obtuvo el caudal necesario para cada circuito. Por ello, para obtener el caudal que necesita impulsar la bomba, se sumarán los caudales de todos los circuitos tanto para el modo calefacción como para el modo refrigeración, y se utilizará el resultado mayor de ellos como variable de diseño a la hora de seleccionar la bomba que mejor nos convenga. En el caso del modo refrigeración, el caudal necesario era de 1,7 m³/h ya que el flujo de calor específico se tuvo que establecer en 50 W/m². Sin embargo, para el caso del modo calefacción, se diseñó para el flujo máximo permitido de 100 W/m², y por ello, el caudal necesario aumentó considerablemente a 4 m³/h. Como no todas las habitaciones requieren de calefacción al mismo tiempo, se empleará un factor de simultaneidad utilizando la norma francesa, de la misma manera que se ha hecho en apartados anteriores, tomando como número de elementos (n) el número de habitaciones climatizadas.

$$F_s = \frac{1}{\sqrt{n-1}} = \frac{1}{\sqrt{16-1}} = 0,26$$

Ecuación 45. Factor de simultaneidad de la red de calefacción

Por ello, el caudal impulsado por la bomba será de 1,04 m³/h.

3.3.2 CÁLCULO PARA LA OBTENCIÓN DE LAS ALTURAS MANOMÉTRICAS

Para el circuito de calefacción se llevará a cabo el mismo proceso de cálculo que se realizó para el circuito primario de agua caliente sanitaria. La principal diferencia entre ambas redes es que ésta es cerrada, por lo que se intentará mantener una presión constante a lo largo de toda la instalación.

Lo primero que se calculará será la velocidad a la que circula el fluido por los tubos del suelo radiante. Como se hizo para el caso de ACS, se utilizará el caudal necesario calculado de 1,04 m³/h, ya que sería muy complejo el cálculo si se hiciera para cada uno de los 28 circuitos que hay en la instalación. Es importante recordar también que el tubo por el que circula el agua tiene un diámetro de 16 mm. Por tanto, se calcula la velocidad del fluido utilizando la siguiente expresión.

$$Q \left[\frac{m^3}{s} \right] = v \cdot A \rightarrow v = \frac{0,29 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot (8 \cdot 10^{-3})^2} \cong 1,44 \frac{m}{s}$$

Ecuación 46. Velocidad del agua en la red de calefacción

Como se hizo anteriormente, se calculará el número de Reynolds para determinar si el flujo es laminar o turbulento, aunque viendo la velocidad tan alta del fluido está muy claro que será turbulento.

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} = \frac{983,13 \cdot 1,44 \cdot 0,016}{467 \cdot 10^{-6}} = 48503,89 > 2300$$

Ecuación 47. Número de Reynolds de la red de calefacción

Como se predijo el flujo será turbulento. A continuación, se calculará la rugosidad relativa del material del tubo, para poder calcular el factor de fricción posteriormente. Para ello se debe mencionar que la tubería del suelo radiante tiene como material principal el polietileno reticulado cuya rugosidad es de $\varepsilon=0,007$ mm.

$$\varepsilon_r = \frac{0,007}{16} = 43,75 \cdot 10^{-5}$$

Ecuación 48. Rugosidad relativa del polietileno reticulado

Con toda esta información, se puede volver a utilizar el ábaco de Moody para conocer el factor de fricción. Este valor se puede observar en la *Ilustración 52*.

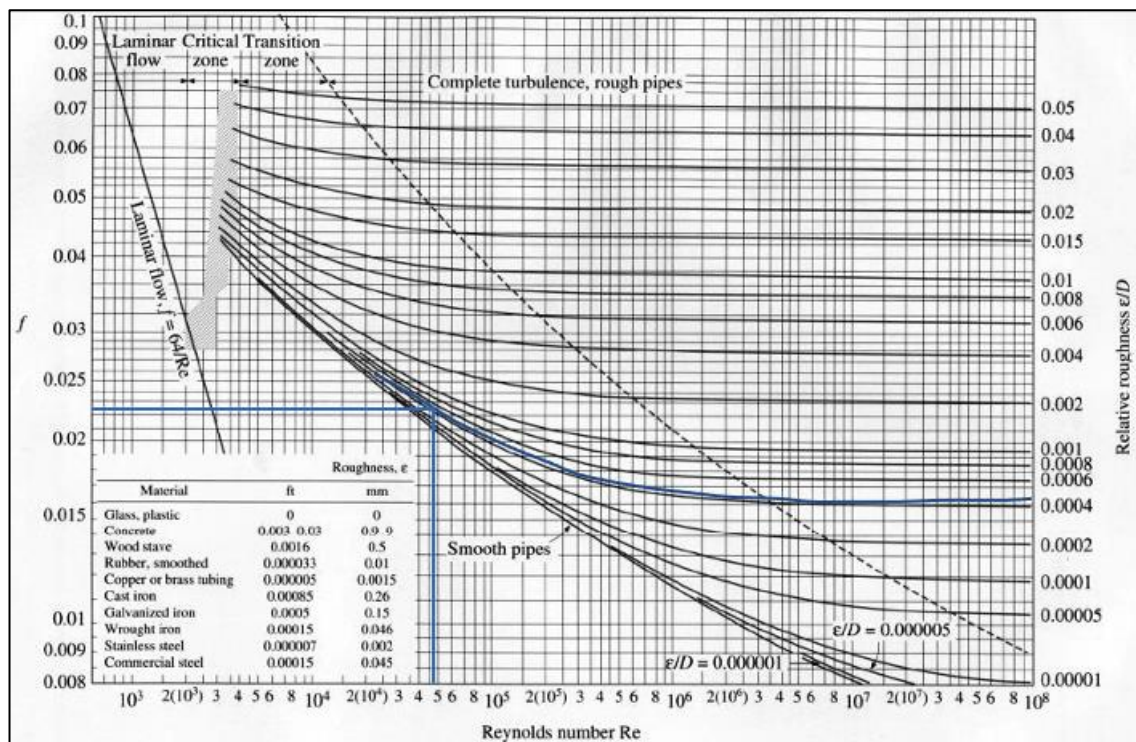


Ilustración 52. Diagrama de Moody. (Fuente: Elaboración propia)

Se puede apreciar que, para los valores introducidos de número de Reynolds y rugosidad relativa, se obtiene un factor de fricción de aproximadamente 0,022. Ya se pueden calcular las pérdidas de carga primaria, recordando que como se calculó en el apartado de suelo radiante, la longitud de tubo necesaria para esta instalación es de 2.212 m. Al igual que antes, esta longitud es la suma total de las longitudes de cada circuito por separado, pero que a efectos prácticos en estos cálculos se tomará como un solo circuito, de ahí su inmensa longitud. Se procede al cálculo, como se puede observar en la expresión siguiente.

$$h_f = f \cdot \frac{l}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} = 0,022 \cdot \frac{2212}{0,016} \cdot \frac{1,44^2}{2 \cdot 9,81} = 321,45 \text{ m. c. a}$$

Ecuación 49. Cargas primarias de la red de calefacción

A continuación, se deben de tener en cuenta las pérdidas de carga secundarias. Como se ha hecho anteriormente en el trabajo se aplicará un 20% de incremento pues hay que tener en cuenta las pérdidas de las tuberías, del colector y del grupo de presión como se explicará posteriormente, pero se trata de una nueva instalación por lo que serán menores que para el caso anterior.

$$h_{p\acute{e}rdidas} = 1,2 \cdot h_f = 385,74 \text{ m. c. a}$$

Ecuación 50. Cálculo de las pérdidas totales de la red de calefacción

Como se puede observar estas pérdidas son muy elevadas. Un resultado así era de esperar pues se está hablando de “un” circuito de 2.212 metros de longitud. Las bombas que pudieran elevar el agua esta cantidad de metros consumen mucha potencia y elevan el coste y el mantenimiento de la instalación. Por ello, antes de seguir con el calculo de las alturas manométricas, se debe introducir un nuevo elemento en la instalación, los grupos de presión. Éstos permiten elevar la presión del agua para que la bomba que se vaya a instalar no tenga que hacer todo el trabajo. Brevemente se explicará qué características se deben tener en cuenta a la hora de seleccionar un grupo de presión y cuál será el elegido por nosotros.

3.3.3 COMPONENTES DE LOS GRUPOS DE PRESIÓN

- **Bomba.**
- **Controladores de presión.** Se instalan en las bombas de presión de agua. A través de un manómetro regulan el paso del fluido.
- **Variadores de frecuencia eléctrica.** En el caso de nuestro grupo de presión el motor de la bomba es trifásico, por lo que estos variadores transforman la electricidad de la red general de monofásica a trifásica.
- **Cuadro de protección.** Su función es proteger a las bombas de posibles cortocircuitos u otras anomalías.
- **Sondas de nivel.** Se trata de otro elemento que identifica si la bomba cuenta con fluido dentro para que no trabaje en seco y se pueda estropear.

3.3.4 SELECCIÓN DEL GRUPO DE PRESIÓN

Tras haber estado estudiando el mercado de los grupos de presión, se ha decidido utilizar el modelo Saturn 4 04 18 M de la marca ESPALeader. Este grupo de presión permite impulsar el agua 130 metros, lo que reduce la altura requerida por la bomba de la instalación. Este grupo de presión está fabricado en acero inoxidable lo que prolongará la

vida del sistema. El precio de este modelo es de 551€ que se adjuntará en el presupuesto del suelo radiante en el *Documento 2: Presupuestos*. A continuación, se muestra en la *Ilustración 53* una imagen del grupo y en la *Ilustración 54* se muestra su curva de diseño.



Ilustración 53. Grupo de presión Saturn 4 04 18 M. (Fuente: ESPALeader)

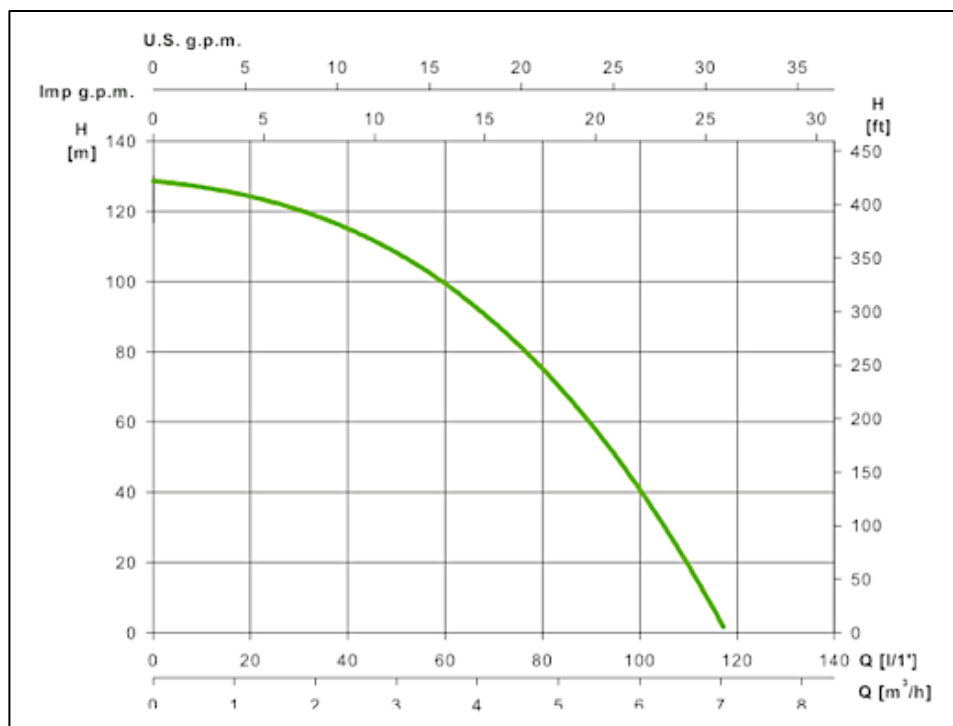


Ilustración 54. Curva de trabajo de la bomba (Fuente: ESPALeader)

Sabiendo la altura que puede proveer, 128 metros para nuestro punto de trabajo; y la diferencia de cotas entre la bomba y la instalación de fototermia, 4 metros; se puede calcular finalmente la altura requerida por la bomba de la instalación de calefacción. La expresión que se utilizará se encuentra a continuación.

$$h_{\text{entrada}} = h_{\text{pérdidas}} + h_{\text{salida}} - h_{\text{gr.presión}} + \Delta z$$

Ecuación 51. Alturas manométricas de la red de calefacción

$$h_{\text{entrada}} = 385,74 + 10,2 - 128 + 4 = \mathbf{271,94 \text{ m. c. a}}$$

Ecuación 52. Altura manométrica de la bomba de la red de calefacción

3.3.5 SELECCIÓN DE LA BOMBA

Una vez se ha calculado la altura manométrica de la bomba, se dispone a buscar en los programas de los distribuidores una bomba que cumpla los requisitos. En este caso, está claro que la bomba será de mayores dimensiones a las previamente seleccionadas y conllevará un mayor coste y una mayor potencia consumida. Finalmente, el modelo seleccionado de la marca Sulzer es el VMS 6H, que permite elevar el caudal de $1,04 \text{ m}^3/\text{h}$ a una altura de $271,94 \text{ m.c.a}$ con un rendimiento hidráulico del $20,4 \%$, un valor aceptable para las condiciones pedidas. Esta bomba está valorada en 9500€ . A continuación, se muestra el modelo elegido en la *Ilustración 55* y su curva de diseño en la *Ilustración 56*.



Ilustración 55. Bomba Sulzer VMS 6H (Fuente: Sulzer)

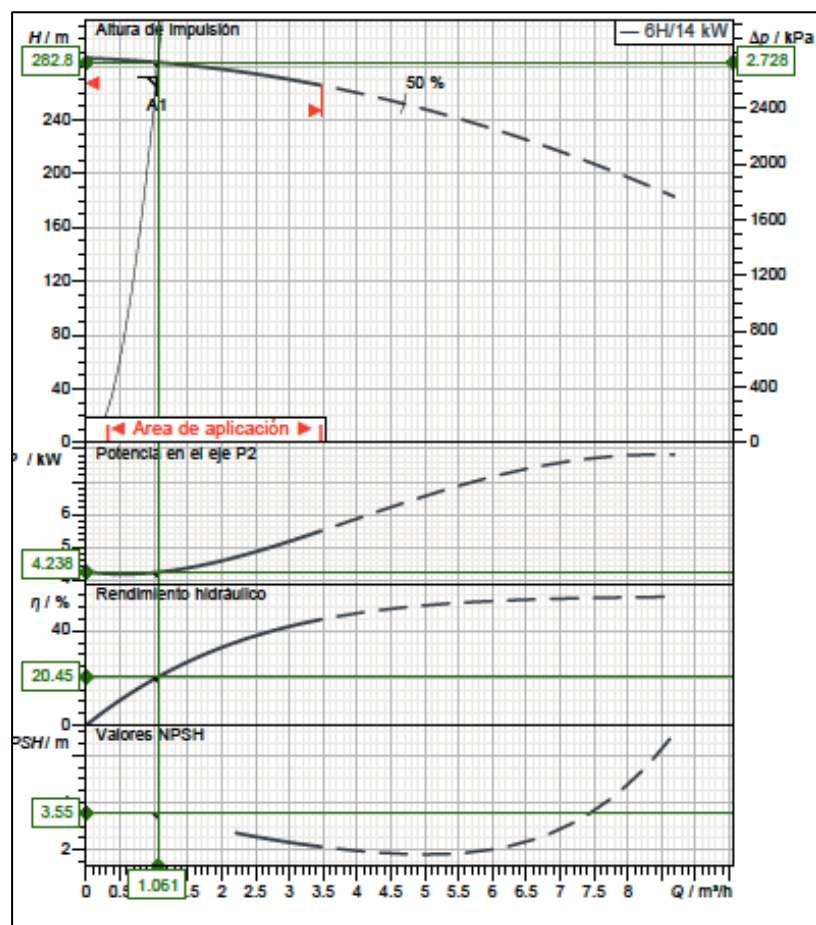


Ilustración 56. Curvas de la bomba Sulzer VMS 6H (Fuente: Sulzer)

Se puede concluir entonces el apartado de calefacción. Con estos valores se procederá en apartados posteriores al dimensionamiento de la fuente de generación para la calefacción y el ACS. Con esa información se hará un presupuesto del coste total de la calefacción por suelo radiante que se adjuntará en el *Documento 2: Presupuestos*. Esperando al dimensionamiento de la fuente de generación, se puede comentar que el coste actual para esta instalación de calefacción por suelo radiante es de 33.497,24 €.

3.4 CIRCUITO DE AGUA RECICLADA

Como se comentó en la introducción, se pretende instalar un circuito de agua reciclada que permita reducir el consumo en la vivienda y favorecer la preservación del medio ambiente. Para ello, se ha pensado utilizar las aguas grises, estas son las aguas residuales domésticas que no provienen del inodoro. En concreto, se utilizará el agua proveniente de grifos y duchas, con el fin de reutilizarla para el riego, el huerto que se plantará, y para la carga de las cisternas de los inodoros. Estas aguas grises tienen una carga contaminante mucho menor y, por tanto, no requieren de un gran tratamiento, lo que permite aplicar de manera sencilla este método en nuestra vivienda. Cabe mencionar que el riego deberá ser por micro goteo directamente a las raíces de las plantas para evitar generar posibles aerosoles con el riego por aspersión.

Actualmente, no existe una normativa que regule los requisitos necesarios de calidad para el agua reutilizada que se va a emplear tanto en riego como en cargas de cisterna, por lo que tendremos que valernos del Real Decreto 1620/2007 del Boletín Oficial del Estado (BOE) como referencia, en el que se establecen los parámetros para la reutilización de las aguas depuradas. Esta información se incluye en la *Tabla 24*.

Tabla 24. Parámetros requeridos para las aguas depuradas (BOE RD 1620/2007)

Aplicación	Residencial	Servicios
Control en el agua tratada	Resultados	
Turbidez (NTU)	<5	<10
E. Coli (UFC/100 ml)	No detectado	<200
Biocida. En el caso de cloro residual libre, si se adiciona cloro (Cl ₂ Mg/l)	0,5-2,0	0,5-2,0
pH, si se adiciona cloro	7,0-8,0	7,0-8,0

Como se ha comentado, para poder utilizar las aguas grises hay que emplear un tratamiento. Existen diversas tecnologías como tratamientos fisicoquímicos, biológicos, o una combinación de ambos. Adicionalmente, se deben de utilizar filtros para asegurar la calidad del agua.

3.4.1 CÁLCULO DEL CAUDAL

Para poder dimensionar correctamente la red, se debe conocer qué cantidad de agua somos capaces de captar de los elementos del circuito como lavamanos y duchas, y qué cantidad se necesitará para el huerto y el riego. Para ello, se incluye la *Tabla 25*.

Tabla 25. Capacidad de producción y demanda de aguas grises (Fuente: BOE RD 1620/2007)

Capacidad/Producción de captación	Origen	Volumen estimado al día
	Viviendas	50-100 l/persona
	Hoteles	50-100 l/persona
	Complejos deportivos	30-60 l/persona
Necesidad/Demanda de agua tratada	Aplicación	Volumen estimado al día
	Recarga de cisternas de inodoro	18-45 l/persona
	Riego de jardines	2-6 l/m ²
	Baldeo de pavimentos exteriores	2-6 l/m ²

Tomando como referencia esta información, se puede hacer una estimación de la cantidad de agua que podemos esperar disponer en nuestro depósito, y qué caudal saldrá de él. Para obtener el caudal de captación se tomará como referencia la media del volumen estimado al día, por tanto, se captarán diariamente 75 litros por persona. Al tratarse de una vivienda con capacidad de ocho personas, el caudal captado será de:

$$Q_{\text{captado}} = 75 \frac{l}{\text{persona}} \cdot 8 \text{ personas} = 600 \text{ litros/día}$$

Ecuación 53. Caudal captado por la red de reciclaje

Ahora determinaremos el caudal de salida del depósito. Al igual que antes, estableceremos el caudal medio para la recarga de cisternas de los inodoros y lo mismo para el riego de las zonas verdes y el baldeo de los pavimentos exteriores. En el caso del riego, la superficie de zonas verdes no es muy grande, ya que se trata de un clima seco y muy cálido, por lo que las plantas y árboles que se encuentran en la vivienda no requieren de riego constante pues están preparadas para estas temperaturas extremas. Sin embargo, el riego sería necesario para las plantas situadas a lo largo del muro principal, que comprenden alrededor de 20 m², y para el huerto de tomate que plantaremos que tendrá 10 m² de superficie. En cuanto al baldeo de pavimentos exteriores, se suele refrescar el ambiente echando algo de agua sobre el suelo de la terraza de unos 25 m² por lo que también se tendrá en cuenta para el cálculo.

$$Q_{\text{salida}} = 31,5 \cdot 8 + 4 \cdot 30 + 4 \cdot 25 = 472 \text{ litros/día}$$

Ecuación 54. Caudal consumido por la red de reciclaje

En vista de este resultado, la instalación funcionaría correctamente ya que, de media, el agua requerida sería menor que la captada de lavamanos y duchas.

3.4.2 DEPÓSITO Y TRATAMIENTO

El aljibe es el siguiente elemento de la instalación que debe ser dimensionado. Tanto el tamaño, los materiales y la ubicación deben ser seleccionados para poder continuar con el resto de los elementos como tuberías y bomba.

Para no tener que hacer más reforma de la necesaria, y así reducir su coste, se utilizará el hueco en el que se encontraba el pozo negro que se utilizaba años atrás, ubicado en el ala oeste del domicilio. El pozo negro era un agujero al que llegaban las aguas residuales y que con frecuencia se debía vaciar por empresas cualificadas. El tamaño de este pozo viene dado por una base cuadrada de 1,5 m² y una altura de 1,8 m. Por tanto, dispone de un volumen de 4,1 m³.

En estos casos, el procedimiento que se suele llevar a cabo para su instalación es el siguiente. Se utiliza una base de arena lavada de río sobre la que se nivela el depósito. Tras llenar un tercio de él con agua se aplica una losa de hormigón en la parte superior y se rellenan los huecos con zahorra.

El depósito contará con una electroválvula que se activará a través de una boya de nivel y permitirá o restringirá el paso de agua según el nivel de capacidad en el que se encuentre el aljibe. En caso de que no haya suficiente agua, el depósito tendrá una toma proveniente de la red general para llenarlo de manera normal, y cuando haya demasiada agua o se necesiten llevar a cabo tareas de mantenimiento tendrá otra toma de salida para la evacuación.

Para poder buscar un tratamiento adecuado de las aguas grises, se debe de conocer primero qué tipo de contaminantes contiene. En nuestro caso, sales, jabones y productos químicos y bacterias serán los más comunes en nuestra instalación. El hecho de tratar el agua permite que se pueda utilizar, como ya se ha explicado, para otros propósitos como pueden ser regar las plantas o baldear el pavimento.

El sistema que se usará para el tratamiento de las aguas grises será el AquaServe 1000 de la marca Roth que permite tratar hasta 1000 l/día. Este sistema dispone de dos depósitos de 700L en los que se realiza la filtración y la aireación, utilizando un biorreactor con membrana (MBR) que permite que el agua se filtre y alcance altas calidades para su posterior uso. Cada depósito mide 1,06x0,66 m de base y 1,4 m de altura, por lo que habrá que alargar un poco más el hueco que se tiene en una de las direcciones para que quepa el sistema. Además, cuenta ya con un sistema de desagüe y una entrada de agua potable de la red general, condiciones necesarias para nuestra instalación. Este sistema se muestra en la *Ilustración 57*, cuyo precio es de 8.725,91 €.

La única pega que se le encuentra es que no dispone de un depósito para el agua filtrada, por lo que se debe instalar el depósito ROTHAGUA RB 700 de la misma marca para que haga esta función. Se trata de un depósito de 700L enterrable, fabricado en polietileno de alta densidad y cuyas medidas son 1,06 x 0,66 metros de base y 1,4 metros de altura. A continuación, se muestra la *Ilustración 58*, en la que se muestra este depósito cuyo coste es de 319,67€.



Ilustración 57. Sistema AquaServe 1000 (Fuente: Roth)



Ilustración 58. Depósito RothAgua RB700 (Fuente: Roth)

3.4.3 TUBERÍAS

El circuito de tuberías se debe de diferenciar del resto de la instalación de bombeo para que no haya ningún problema a la hora de llevar a cabo el mantenimiento de las tuberías, ya que se tratan de aguas grises que no son para consumo humano.

Se deben diseñar dos circuitos de tuberías. El primero será el de captación, por el que el agua fluye de duchas y lavamanos al aljibe instalado. Como el depósito se encuentra a una cota inferior que la vivienda, no se necesitará instalar ninguna bomba, pues por la propia gravedad el agua caerá al depósito. En cuanto a la longitud de este, el circuito comprenderá todos los lavamanos y duchas de la vivienda y llegará al aljibe, cuya longitud calculada será de aproximadamente 28 metros. Para ello se emplearán tuberías de cobre, para así unificar el material de la instalación de bombeo de la vivienda, de 24 mm de diámetro.

El segundo de los circuitos es el que conducirá el agua al grifo del jardín y a las cisternas de los inodoros. En este caso sí se requerirá de una bomba debido a la diferencia de alturas y a las pérdidas de las tuberías. En cuanto a la longitud, ésta será muy similar a la de captación, pero habrá que añadirle la parte del grifo del jardín, donde se colocará una manguera para el riego. Por ello, su longitud será de 30 metros y el material empleado será también el cobre con un diámetro de 24 mm.

3.4.4 CÁLCULO DE LAS ALTURAS MANOMÉTRICAS

Al igual que se realizó para otros circuitos se deben calcular las pérdidas de carga primarias y secundarias.

Para ello, se conoce el caudal que circulará por la tubería a lo largo del día, por lo que con ciertos factores de conversión se puede obtener el caudal instantáneo, como se muestra en la siguiente expresión. En este caso no se ha utilizado el factor de simultaneidad ya que el caudal que estamos tratando es muy pequeño.

$$Q = 472 \frac{l}{día} \cdot \frac{1 m^3}{10^3 dm^3} \cdot \frac{1 día}{86400 s} = 5,46 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{s}$$

Ecuación 55. Caudal instantáneo de la red de reciclaje

Como se ha realizado anteriormente, se debe calcular la velocidad del fluido para conocer si se trata de un flujo laminar o turbulento, y poder utilizar el método adecuado para la obtención del factor de fricción.

$$Q = v \cdot A \rightarrow v = \frac{5,46 \cdot 10^{-6}}{\pi \cdot (12 \cdot 10^{-3})^2} = 0,012 \frac{m}{s}$$

Ecuación 56. Velocidad del agua en la red de reciclaje

A continuación, se calcula el número de Reynolds. La única diferencia con los circuitos anteriores es la temperatura del fluido. Ahora se utilizará la temperatura ambiente, 20 °C, lo que repercutirá en los valores de las propiedades del agua.

$$R_e = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} = \frac{998,21 \cdot 0,012 \cdot 0,024}{1003 \cdot 10^{-6}} = 286,62 < 2300$$

Ecuación 57. Número de Reynolds de la red de reciclaje

Como se puede comprobar el flujo es laminar. Esto quiere decir que el factor de fricción no depende de la rugosidad del material y se calculará utilizando la siguiente expresión.

$$f = \frac{64}{R_e} = \frac{64}{286,62} \approx 0,22$$

Ecuación 58. Factor de fricción para flujo laminar

Con toda esta información, se pueden calcular las pérdidas de carga primaria con la expresión de Darcy-Weisbach, como se muestra a continuación.

$$h_f = f \cdot \frac{l}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} = 0,022 \cdot \frac{30}{0,024} \cdot \frac{0,012^2}{2 \cdot 9,81} = 2,02 \cdot 10^{-4} m. c. a$$

Ecuación 59. Cálculo de las cargas primarias de la red de reciclaje

Al igual que se hizo para el circuito de ACS, las cargas totales se obtendrán aumentando las pérdidas de carga primaria en un 30%. Es cierto que esta instalación es nueva y por ello, se podría utilizar el límite inferior del 20%. Sin embargo, las pérdidas son muy pequeñas, por lo que el cambio será mínimo, y se aplica así un coeficiente de seguridad adicional.

$$h_{p\acute{e}rdidas} = 1,3 \cdot h_f = 1,3 \cdot 2,02 \cdot 10^{-4} = 2,62 \cdot 10^{-4} \text{ m. c. a}$$

Ecuación 60. Pérdidas totales de la red de reciclaje

Como se puede observar, estas pérdidas son minúsculas, por lo que se podrían despreciar. Finalmente, para obtener la altura que debe proporcionar la bomba, se debe conocer la presión mínima en el grifo del riego y en las cisternas, que será de 100 kPa (10,2 m) como establece la norma, y la altura de cotas de la instalación que será de 3 metros entre el aljibe y los elementos de estudio. Con ello, la altura del punto crítico es calculada como se muestra.

$$h_{entrada} = h_{p\acute{e}rdidas} + h_{salida} + \Delta z$$

Ecuación 61. Alturas manométricas de la red de reciclaje

$$h_{entrada} = h_{p\acute{e}rdidas} + h_{salida} + \Delta z = 2,62 \cdot 10^{-4} + 10,2 + 3 = 13,2 \text{ m. c. a}$$

Ecuación 62. Altura manométrica de la bomba de la red de reciclaje

La diferencia entre la altura de este punto crítico y la mínima requerida en grifos es la que la bomba debe proporcionar. Este valor es de 3 m. Como no se ha aplicado el factor de simultaneidad y el caudal en circulación es pequeño, el factor de seguridad que se aplicará será mucho menor que el que utilizamos para el circuito de ACS. Por ello, se buscará una bomba que pueda proporcionar 4 metros.

3.4.5 SELECCIÓN DE LA BOMBA

Conocidos los valores de caudal y altura manométrica se puede comenzar la búsqueda de la bomba óptima. En este caso tenemos un problema. Se trata de que el caudal que tenemos es tremendamente pequeño, por lo que, si buscamos una bomba para las características deseadas en los programas de los fabricantes, no se encuentra ninguna que sea ideal. La única opción que nos queda es encontrar una bomba de mayores dimensiones y que por tanto pueda llevar un mayor caudal, aunque después no se requiera de toda su potencia. Por ello se sigue el mismo proceso de búsqueda en los distribuidores habituales y se da preferencia a la marca Sulzer para reducir los costes de mantenimiento como se ha explicado en anteriores casos. Una recomendación de la empresa es utilizar la bomba que se seleccionó para la red de recirculación de ACS, por lo que conocidas ya sus características se optará por ella para esta instalación también. Se recuerda que se trata de la bomba Sulzer modelo EJ D-2.

Tras haber seleccionado la bomba y el sistema de depósitos y tratamiento de aguas, se puede calcular el presupuesto para este circuito de recirculación a expensas de calcular posteriormente la cantidad exacta de cobre que se necesita. En este caso sólo se requiere de mano de obra adicional para aumentar el tamaño del hueco y su posterior cerramiento, pues la empresa Roth se encarga de la instalación de su sistema y de la instalación de la bomba. Este presupuesto asciende entonces a 14.978,24 €.

4. IDEAS ADICIONALES

4.1 FOTOTERMIA

En este apartado, cambiamos el tema tratado y nos centramos en los paneles solares. En este trabajo se ha mencionado en numerosas ocasiones que el objetivo era instalar paneles solares que utilizasen la electricidad generada para calentar el agua necesaria para el circuito de ACS y la calefacción por suelo radiante. Este tipo de generación es muy útil porque requiere de poco mantenimiento y permite que la vivienda sea prácticamente autosuficiente. Se dice prácticamente ya que no hay luz durante el día entero y, por tanto, en días donde la demanda en el domicilio sea más alta de lo normal, probablemente se necesite una fuente de generación auxiliar. Como en nuestro caso ya se dispone de termos eléctricos en los baños, éstos serán una buena alternativa cuando no se pueda disponer de agua caliente a través de la fototermia.

Se explicará en qué consiste la fototermia y cuáles son sus características más importantes, finalmente dimensionando su instalación. A continuación, se muestra la *Ilustración 59*, en la que se puede apreciar una instalación de fototermia en una vivienda.



Ilustración 59. Instalación fototérmica en una vivienda. (Fuente: Infobae)

4.1.1 TEORÍA SOBRE LA FOTOTERMIA

Explicado de un modo sencillo, la fototermia es la combinación de paneles fotovoltaicos con un termo eléctrico de agua. El panel solar genera electricidad a través de la luz solar que recibe, y esa electricidad posteriormente calienta una resistencia eléctrica que se encuentra en el termo acumulador, calentando a su vez el agua contenida en éste.

Este tipo de tecnología está comenzando a ser muy utilizada últimamente ya que se presenta como una alternativa a los paneles solares térmicos, pero no requiere de tantos elementos que incluyan los otros como bombas o contadores. Tampoco se necesita la instalación de inversores o baterías para contener la electricidad como en el caso de los

paneles fotovoltaicos, lo que sin duda la hace una fuente de generación rentable y fácil de instalar. A continuación, se muestra la *Ilustración 60*, donde se puede observar el esquema de una instalación de fototermia.

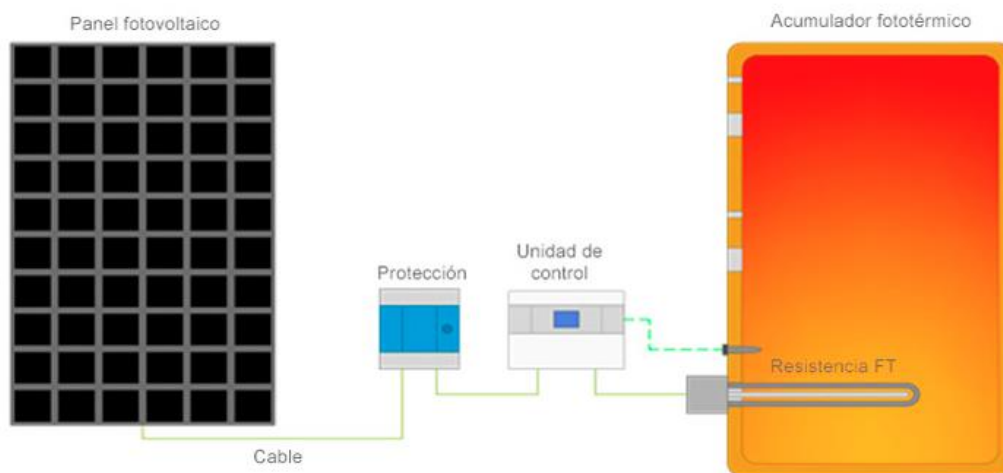


Ilustración 60. Esquema de una instalación de fototermia (Fuente: Greenheiss)

4.1.2 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DE LA FOTOTERMIA

- **Paneles solares fotovoltaicos.** Como se ha comentado, los paneles fotovoltaicos convierten la luz solar en electricidad. Existen distintos materiales que se pueden utilizar para la fabricación de sus celdas, que determinarán las características del panel. Otro aspecto que es importante mencionar, es la necesidad de orientar correctamente el panel. Para ello se debe hacer un estudio de radiación solar para conocer la orientación y la inclinación adecuadas para sacar el máximo rendimiento a la instalación. Finalmente, se pueden conectar los paneles en serie o en paralelo según las necesidades del cliente. En nuestro caso para la fototermia, los paneles se conectarán en paralelo pues aumenta el rendimiento. Sin embargo, incrementa la longitud y tamaño de las tuberías, pues se suma el caudal de todos los circuitos. Así es como se ha calculado en el apartado de calefacción.
- **Cuadro de protección de corriente continua.** El cuadro de protección es una medida protectora para personas y equipos que se encarga de asegurar la correcta circulación del sistema, previniendo también las incidencias.
- **Regulador de carga y control.** Este dispositivo se encarga de medir y controlar la cantidad de energía almacenada en los paneles, así como de agua caliente en el acumulador.
- **Termo eléctrico acumulador.** Se trata del depósito al que llega el agua fría para que a través de una resistencia que funciona con la electricidad generada se caliente el agua.

4.1.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

Lo primero que se indicará será la orientación y localización de los paneles. Este análisis es importante pues determinará la eficiencia de nuestra instalación, así como de la cantidad de luz que reciben los paneles cada día. Para la ciudad de Almería la orientación de los paneles debe ser SUR y con una inclinación de 29, 23°. Esta inclinación se basa en la latitud a la que se encuentra el domicilio. La localización de los paneles, como se comentó, será la azotea de la vivienda, donde hay espacio suficiente para su instalación.

En nuestro caso se deberá diferenciar entre la instalación que se utilizaría en caso de que no hubiese calefacción por suelo radiante y sólo se necesitase la fototermia para el ACS, y el caso en el que el suelo radiante también estuviese funcionando.

4.1.3.1 CASO 1: CON CALEFACCIÓN

En este caso se dispondrá de una instalación de fototermia de mayores dimensiones ya que la calefacción por suelo radiante requiere de un mayor caudal de agua caliente. Para este caso se ha pedido presupuesto en varios proveedores y se ha llegado a la conclusión de que los paneles fototérmicos de la marca BAXI modelo Solar Easy 1000 son una buena solución para nuestro trabajo. Se trata de 8 colectores con una superficie de absorción de 1,9 m² cada uno y un acumulador de agua de 1000L totales, pudiendo trabajar hasta una temperatura máxima de 90°C, superior a la que circula el agua de las redes de calefacción y ACS. Además, dispone de una centralita que permite el control de temperatura de cada circuito, y un acumulador único con dos compartimentos variables para ACS y calefacción, permitiendo así una mayor eficiencia según sea la necesidad en cada momento. A continuación, se muestra en la *Ilustración 61* el sistema que se va a emplear, cuyo coste es de 9.022,53 €.



Ilustración 61. Sistema fototermia BAXI Solar Easy 1000 (Fuente: BAXI)

4.1.3.1.1 GENERACIÓN AUXILIAR

Como la fototermia no es una fuente constante de generación debido a que depende en gran medida de la cantidad de luz recibida, se debe incluir una fuente de generación auxiliar, en caso de que hubiera que realizar mantenimiento de los paneles solares o el acumulador o la generación principal no sea suficiente.

Ya se ha estudiado que en la vivienda no hay tomas de gas ciudad, por lo que se utilizarán elementos eléctricos. En el caso de la red de ACS, se utilizarán termos eléctricos en los baños. Podemos recordar que uno de ellos se compró en agosto de 2020 por lo que sólo hará falta cambiar los tres restantes. Para el caso de la calefacción, se utilizará un termo acumulador eléctrico que haga la misma función que la instalación de fototermia, pero que reciba la electricidad de la red general.

Se necesita reemplazar dos termos eléctricos de 30L y un tercero de 80L. Para ello se ha hecho un estudio de los diferentes productos en mercado, y se ha decidido presupuestar lo siguiente. Como el otro termo es de la marca COINTRA, se comprará el termo eléctrico TNC Pro-c 30L de acero esmaltado y con protección anticorrosión, cuyo coste es de 95€, y el termo COINTRA TNC-PLUS 80L, que tiene las mismas propiedades que los anteriores pero un coste de 159€. Estos modelos se pueden ver en la *Ilustración 62*.



Ilustración 62. Termos eléctricos de 30 y 80L de izquierda a derecha. (Fuente: Leroy Merlín)

Como fuente de generación auxiliar para la calefacción se instalará un acumulador eléctrico de gran capacidad. Se trata de un acumulador de 750L de la marca LAPESA, modelo GEISER GX750 M1 de acero inoxidable. Su precio es de 4.103,14€ y se muestra en la *Ilustración 63*.



Ilustración 63. Termo acumulador LAPESA Geiser GX750 M1 (Fuente: LAPESA)

La instalación de estos elementos la llevará a cabo el mismo equipo de siempre, en aproximadamente 10 horas de trabajo. Con ello, el coste total de la instalación ascenderá a 14.124,67 €.

4.1.3.2 CASO 2: SIN CALEFACCIÓN

En este caso, se requerirá de una instalación de fototermia más pequeña y no se requerirá de un termo acumulador, pues sólo se reemplazarán los termos eléctricos. Se utilizarán paneles de la marca BAXI, similares a los utilizados en el caso anterior, pero con un número menor de colectores, en este caso dos. Se trata del modelo STS 300-2.0 con un acumulador de 300L, suficiente para la red de ACS. A continuación, en la *Ilustración 64* se muestran estos paneles cuyo coste asciende a 2.250,96€.



Ilustración 64. Panel fototérmico BAXI STS 300-2.0 (Fuente: BAXI)

Para la generación auxiliar se utilizarán únicamente los termos eléctricos utilizados en el apartado anterior, ya que sólo habría que buscar una fuente auxiliar para la red de ACS.

Su instalación requerirá de 4 horas de trabajo por parte del equipo de confianza de la familia propietaria y el coste total del presupuesto ascenderá a 2.874,96 €.

4.2 HUERTO DE TOMATE “RAF”

Como se ha comentado en ocasiones en este proyecto, se pretende acondicionar un huerto de tomate del tipo “raf”. Esta variedad de tomate está considerada como una de las más sabrosas y exclusivas y se cultiva en el levante almeriense. Por ello, se ha considerado una buena idea el hecho de plantar semillas de esta variedad, aprovechando que el agua utilizada para su riego provendrá del depósito diseñado en este trabajo. El objetivo de esta plantación es la obtención de un buen tomate para uso doméstico sin requerir de un gasto excesivo. A continuación, se explicarán los materiales que se necesitarán, así como las características a tener en cuenta.

4.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL HUERTO

- **Ubicación y dimensiones.** El huerto se cultivará en el ala oeste de la vivienda. Ahí hay terreno suficiente ya habilitado para su colocación. Como se comentó, el huerto tendrá 10 m² y sus dimensiones serán de 3,16x3,16 metros.
- **Mantenimiento.** Las tomatas requieren de gran mantenimiento, pues se deben cortar los laterales con frecuencia y se debe controlar el riego y la tierra utilizada. En la actualidad, una familia de la zona se encarga del mantenimiento del jardín de la vivienda desde hace más de treinta años, por lo que mantener el huerto no supondrá ningún coste adicional. Sí se deberá conocer bien el proceso del cultivo del tomate.

4.2.2 MATERIALES NECESARIOS

- **Semillas de tomate.** Se deben colocar dos o tres semillas por cada 50 cm. Sin embargo, no se requiere de tantas tomatas, por lo que, colocando 5 plantas sería más que suficiente para el consumo en el domicilio ya que cada una da alrededor de 4 kg de tomate. Para ello, se comprarán las semillas en Agrotterra, un proveedor que envía a Almería. A continuación, se muestra una imagen, *Ilustración 65*, de un tomate raf.



Ilustración 65. Tomate raf. (Fuente: El huerto del abuelo)

- **Cañas de acero.** Para dar estructura a las tomateras, se deben colocar unas cañas que las sostengan. La longitud habitual es de 2 metros, ya que parte de ellas se encontrará bajo tierra. Se comprarán 10 unidades de estas cañas en Leroy Merlín.
- **Abono.** Es importante utilizar un abono con muchos nutrientes para que el tomate salga sabroso. En nuestro caso se comprará un saco de abono de 20 kg en Leroy Merlín, de la conocida marca COMPO. Con este tamaño de saco se podrá ir añadiendo abono frecuentemente para mantener las propiedades nutritivas del suelo. En la siguiente imagen se muestra este producto.



Ilustración 66. Abono para la tierra. (Fuente: Leroy Merlín)

- **Fertilizante.** Este cultivo es muy agradecido pues no suele verse atacado por plagas. Aun así, sería conveniente comprar fertilizante en caso de que se viera que el oídio o el mildiu, enfermedades más comunes del tomate, comenzaran a verse en nuestras plantas.
- **Herramientas.** No se requiere de ninguna compra especial, pues con el material que se encuentra en la vivienda es suficiente.

Una vez se han establecido las características mencionadas y los materiales necesarios, se puede cultivar el huerto. El presupuesto total se puede consultar en el *Documento 2: Presupuestos* y su coste asciende a 147,9 €.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tras haber finalizado las posibles mejoras que se pueden hacer en la vivienda, se hará un análisis de los resultados y las decisiones tomadas para cada uno de los elementos planteados. Este apartado se dividirá entonces en las vertientes estudiadas de climatización y bombeo, y en una tercera división con ideas adicionales como la fototermia y el huerto de tomate. Posteriormente, se sacarán conclusiones en el apartado 6. *Conclusiones*, en base a este análisis de los resultados y en el que se estudiará, si se han cumplido los objetivos propuestos al comienzo del proyecto y de qué manera se ha hecho.

5.1 ANÁLISIS DEL BOMBEO DE LA VIVIENDA

En este apartado se analizarán los resultados obtenidos para cada uno de los circuitos que componen el sistema de bombeo de la vivienda. Para ello se explicarán los cambios realizados en cada uno de ellos y el motivo de llevarlos a cabo.

El sistema de bombeo de la vivienda era antiguo y requería de una reforma para mejorar el confort de los propietarios. Los objetivos fundamentales que se tenían para esa instalación eran los siguientes:

- **Mejora de la presión y de la cantidad de agua caliente.** En la vivienda no había suficiente presión en los grifos cuando más de uno estaba abierto. Por ello era necesario mejorar este aspecto si se pretendía que los propietarios volvieran a habitar la vivienda. En cuanto a la cantidad de agua caliente, los termos eléctricos daban suficiente agua como para satisfacer las necesidades durante un día normal, pero en ocasiones, donde la demanda aumentaba, se quedaban cortos. Para ello, se necesitaba dimensionar correctamente los circuitos de bombeo y seleccionar la bomba óptima, reduciendo los costes del ciclo de vida.
- **Calefacción.** La falta de calefacción es un aspecto importante que debía de ser solventado cuanto antes. En invierno es una casa muy fría debido a la falta de aislamientos y al suelo de mármol, y en verano muy calurosa debido a las extremas temperaturas de Almería, lo que condicionaba la estancia en la vivienda.

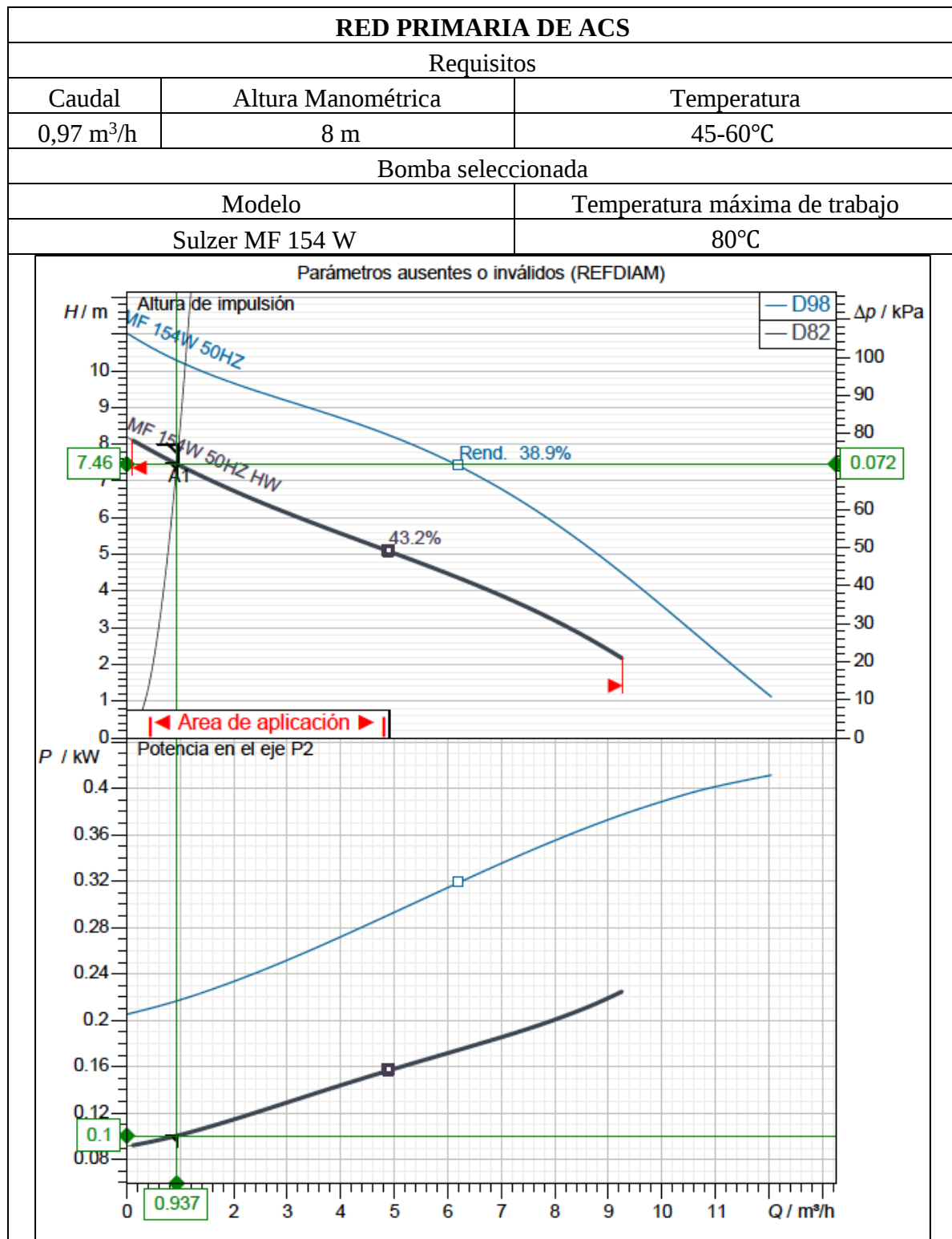
A continuación, en la *Tabla 26* se muestra un resumen de los cambios realizados.

Tabla 26. Modificaciones hechas en el Sistema de bombeo (Fuente: Elaboración propia)

RED	SITUACIÓN ACTUAL	CAMBIO	MOTIVO
PRINCIPAL ACS	Existen problemas de presión y debería haber más agua caliente disponible.	Se instala una bomba que permita llevar el agua a un termo acumulador que funciona gracias a la fototermia. Además, se instala una red de generación auxiliar con termos eléctricos.	Los termos eléctricos que se utilizaban son muy antiguos y presentan óxido. Con esta modificación se permite obtener más agua caliente reduciendo el consumo energético. Además, la bomba nueva permite mejorar la presión de la red.
RECIRCULACIÓN ACS	No existe red de retorno de ACS, por lo que se pierde mucha agua esperando a que se caliente.	Se dimensiona una red de retorno y se instala una bomba que devuelva el agua al termo acumulador de la azotea.	Se reduce el consumo de agua y se mejora el confort de los propietarios.
CALEFACCIÓN	No existe calefacción en la vivienda. Se utilizan ventiladores y radiadores eléctricos.	Se dimensiona un sistema de suelo radiante con modo calefacción y refrigeración. Para ello se utiliza la fototermia como fuente de generación principal y un termo acumulador como fuente auxiliar.	Mejora el confort de los propietarios permitiendo habitar la vivienda en los meses de temperaturas más extremas. Utiliza una fuente de generación renovable, mejorando la sostenibilidad de la vivienda.
RECICLAJE	No existe ningún sistema de renovación del agua.	Se dimensiona un sistema de reciclaje del agua con tratamiento de aguas grises.	Permite reducir el consumo de agua y emplear esa agua para riego, llenado de cisternas y baldeo de pavimentos.

Tras haber explicado brevemente cuál era la situación de cada circuito y las medidas que se han tomado para mejorarlo, se hará un análisis del dimensionamiento para ver si los requerimientos que se pedían han sido satisfechos. Para ello se mostrará una tabla por cada circuito, en la que se indica las necesidades de caudal y altura manométrica, y la bomba seleccionada y su punto de trabajo. Esta información ya se ha presentado en los respectivos apartados por lo que no es necesario referenciarla de nuevo.

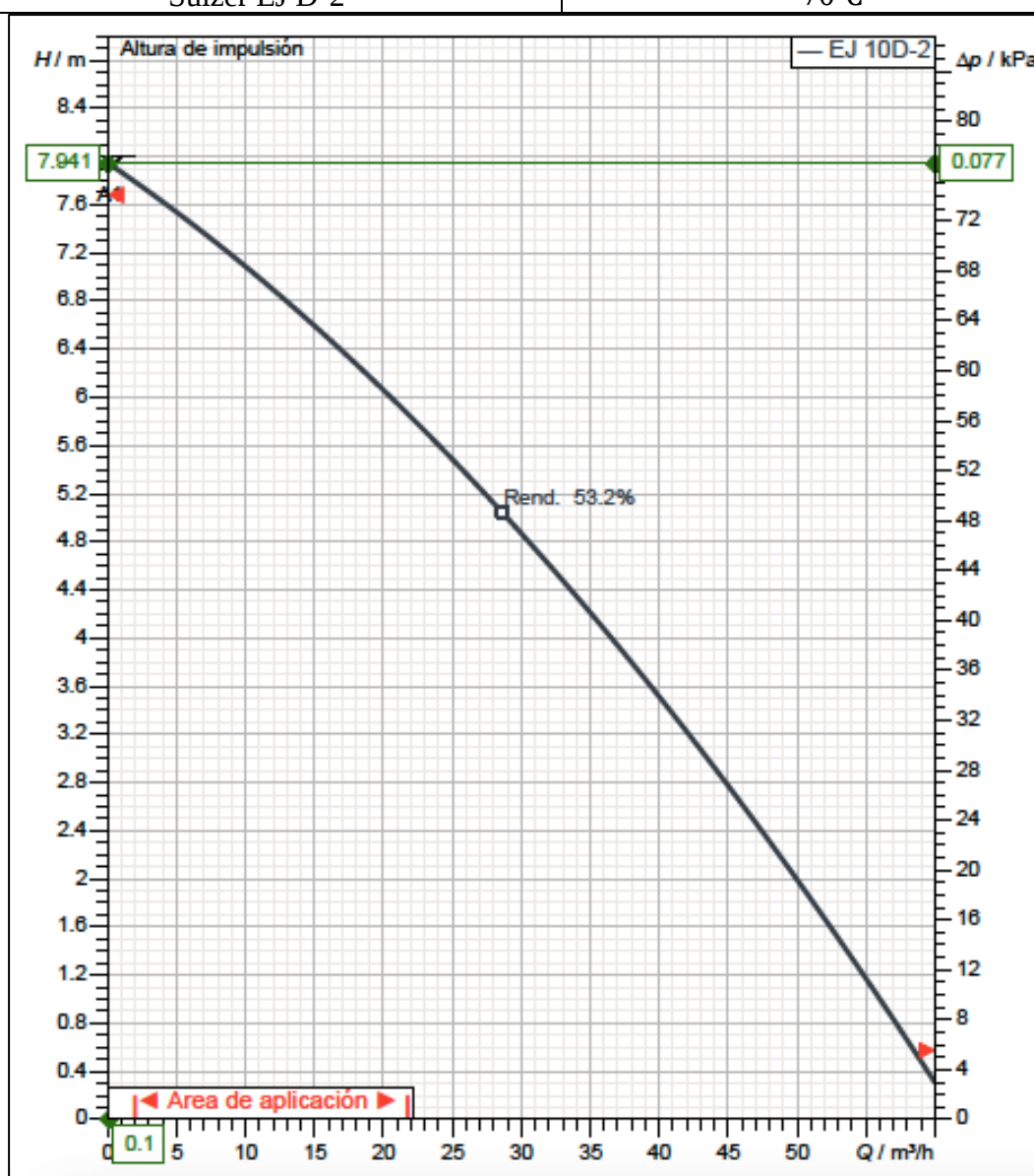
Tabla 27. Análisis de la red primaria de ACS (Fuente: Elaboración propia)



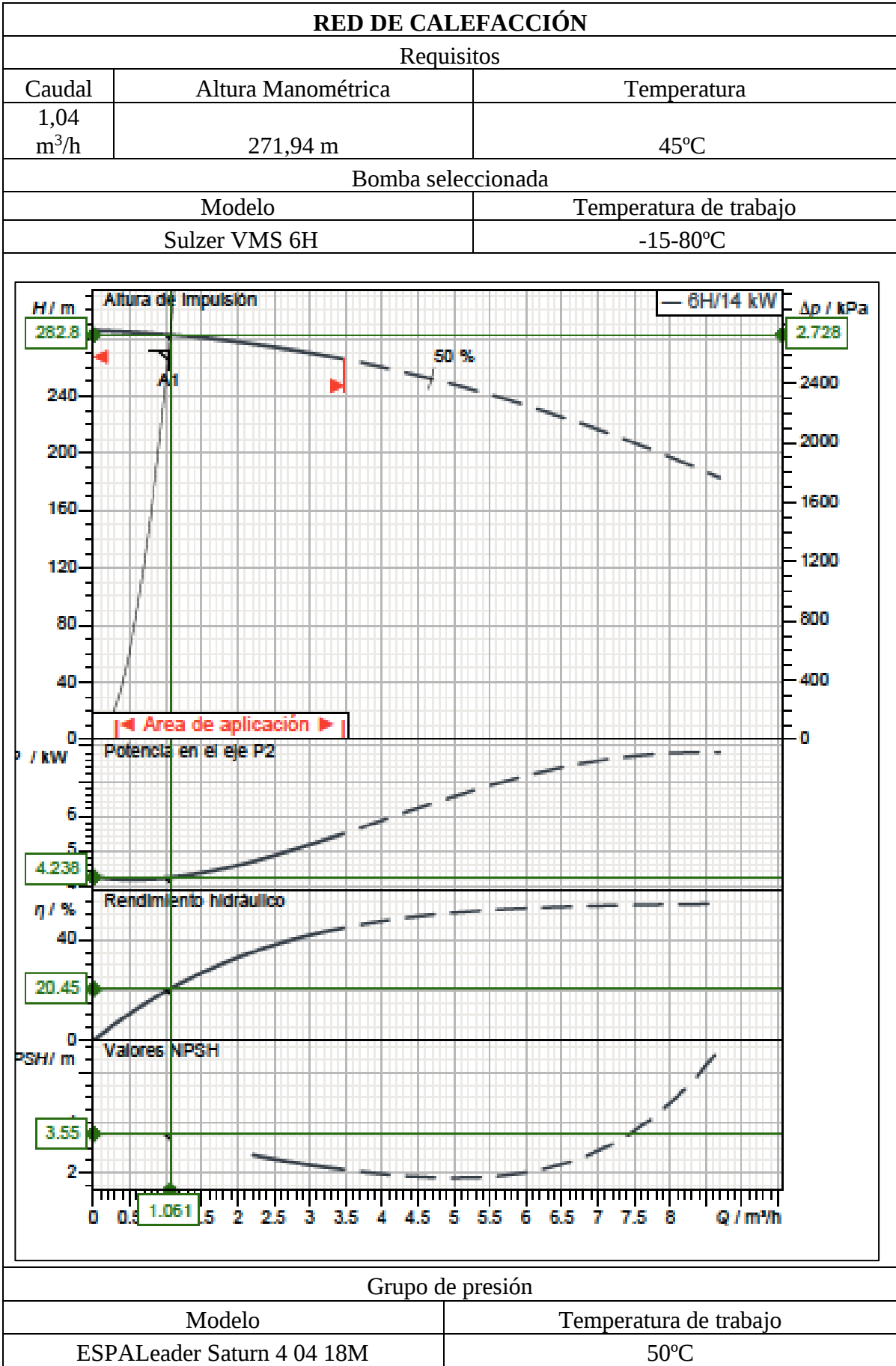
La bomba Sulzer MF 154 W permite elevar el caudal crítico a la altura necesaria de manera eficiente y con un bajo consumo. Además, no requiere de la potencia total por lo que tendrá un mejor ciclo de vida y será por tanto una buena elección.

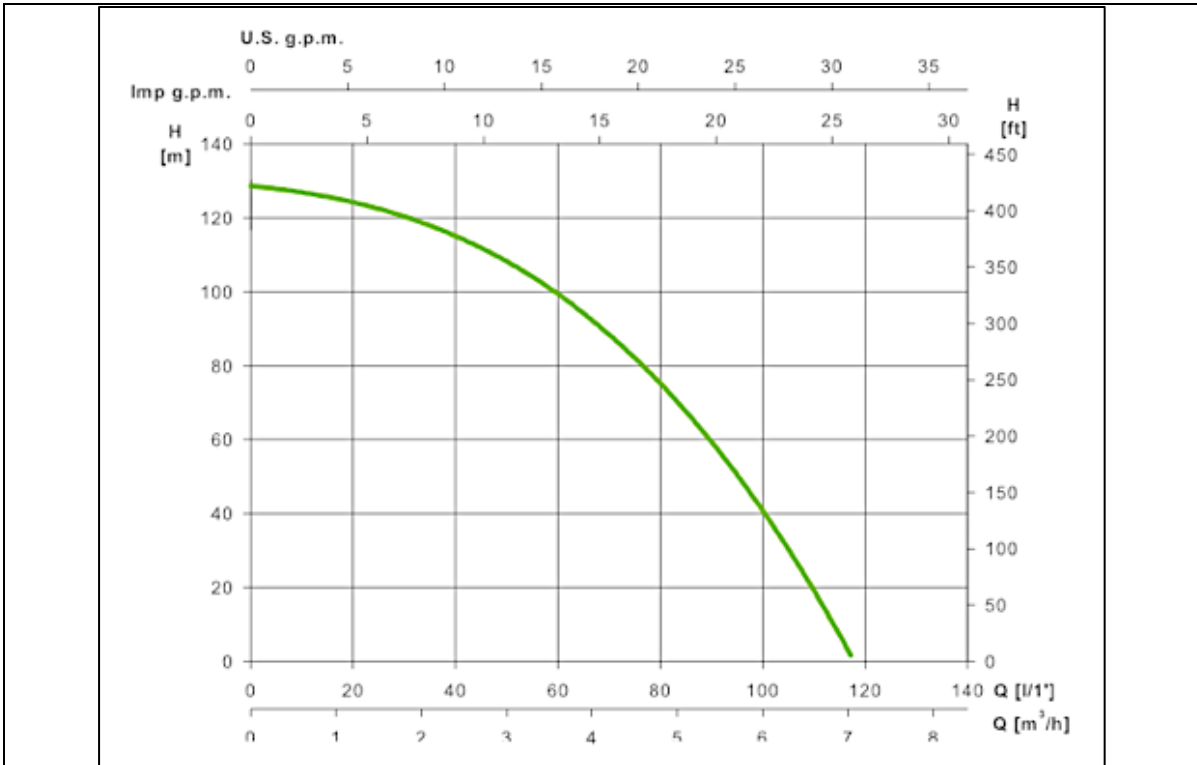
Tabla 28. Análisis de las redes de retorno de ACS y de calefacción (Fuente: Elaboración propia)

RED DE RETORNO DE ACS		
Requisitos		
Caudal	Altura Manométrica	Temperatura
0,1 m ³ /h	8 m	45-60°C
Bomba seleccionada		
Modelo	Temperatura de trabajo	
Sulzer EJ D-2	70°C	



Al igual que en el caso anterior, no se requiere de la potencia total para elevar el caudal. Si se recuerda, se seleccionó una bomba de mayores dimensiones que las necesarias para permitir una mayor estabilidad de la red por lo que es una buena elección también.





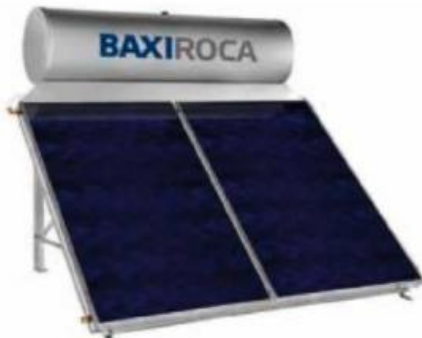
En este caso los requisitos eran grandes y se necesitaba la ayuda de un grupo de presión. Ambos elementos juntos permiten satisfacer las necesidades de la red de manera eficiente. Sin embargo, el consumo es más elevado que para el resto de circuitos ya que esta bomba es de grandes dimensiones, pero es la única forma de actuar por lo que la elección es correcta pese a esta desventaja.

Tabla 29. Análisis de la red de agua reciclada (Fuente: Elaboración propia)

RED DE AGUA RECICLADA		
Requisitos		
Caudal	Altura Manométrica	Temperatura
0,02 m³/h	4 m	20°C
Bomba seleccionada		
Modelo		Temperatura de trabajo
Sulzer EJ D-2		70°C
Este circuito requiere de un caudal muy pequeño de agua por lo que la bomba anteriormente utilizada para el circuito de retorno de ACS cumple con gran eficiencia y bajo consumo los requisitos.		

Finalmente, se debe hacer mención del sistema de fototermia y de la fuente de generación auxiliar que se utilizará para el sistema de ACS. Para este caso se presenta la *Tabla 30* en la que se resumen las características básicas de este sistema y un breve comentario sobre su elección.

Tabla 30. Análisis del Sistema de generación para ACS (Fuente: Elaboración propia)

Fototermia para ACS		
Paneles BAXI STS 300-2.0		
Capacidad del termo	Temperatura máxima	Superficie de absorción
300L	90°C	3,78 m ²
		
Generación auxiliar (Termos eléctricos) para ACS		
COINTRA TNC Pro-c 30L		COINTRA TNC-PLUS 80L
		
La solución seleccionada se complementa bien ya que durante la mayor parte del tiempo la instalación es totalmente sostenible pues utiliza la energía solar para calentar el agua del sistema de agua caliente sanitaria. Sin embargo, en momentos de alta demanda o cuando no hay luz suficiente para utilizar la fototermia, los termos eléctricos hacen su función, lo que mejora el consumo y la eficiencia de la red actual ya que son modelos similares a los utilizados actualmente, pero totalmente nuevos lo que mejora las características de la red. Por ello, se concluye que, en cualquiera de los casos, la red se mejora sustancialmente.		

5.2 ANÁLISIS DEL CLIMATIZACIÓN DE LA VIVIENDA

Al igual que para el apartado anterior, primero se expondrán los objetivos que se intentaban alcanzar con la mejora de la climatización y, posteriormente, se hará un resumen de los cambios propuestos y un comentario sobre cada uno de ellos. A continuación, se muestran los principales objetivos en esta vertiente del proyecto.

- **Mejora de los aislamientos.** Para poder asegurar el confort de los propietarios era necesario cambiar totalmente los aislamientos de la vivienda pues requerían de una reforma integral y contribuían a grandes pérdidas de calor. Con esta mejora se reducía sustancialmente el consumo.
- **Calefacción.** Este objetivo es compartido con el sistema de bombeo para el caso del suelo radiante. Sin embargo, también se ha propuesto la climatización de la vivienda por aire acondicionado, algo que es necesario si se quiere mejorar el confort y se quiere que los propietarios vuelvan a utilizar la vivienda.

A continuación, se presenta la *Tabla 31* en la que se resumen los cambios realizados en cuestión de aislamientos en la vivienda.

Tabla 31. Resumen de los cambios propuestos en los aislamientos de la Vivienda. (Fuente: Elaboración propia)

Elementos	Situación actual	Propuesta de mejora
Muros y paredes	Muros enlucidos de gran antigüedad y sin aislamiento 	Aislamiento con planchas de Pladur 
Ventanas	Perfiles de madera degradada y vidrio simple	Perfil de PVC en blanco madera con vidrio doble Climalit de la marca KÖMMERLING

		
Persianas	Sin persianas. Sólo había contraventanas para tapar la luz 	Sistema RolaPlus de KÖMMERLING 
Puertas	Puertas de madera maciza antiguas 	Puertas chapadas en color blanco

Una vez se han mostrado los cambios en los aislamientos, se hará lo mismo para el sistema de suelo radiante, como se muestra en la *Tabla 32*.

Tabla 32. Análisis del Sistema de generación del suelo radiante. (Fuente: Elaboración propia)

Fototermia para Calefacción (Suelo radiante)		
Paneles BAXI SolarEasy 1000		
Capacidad del termo	Temperatura máxima	Superficie de absorción colector
885L	90	1,89
		
Generación auxiliar (Termos eléctricos)		
COINTRA TNC Pro-c 30L		COINTRA TNC-PLUS 80L
		
Generación auxiliar (Termo acumulador)		
Modelo	Capacidad	Temperatura máxima
LAPESA Geiser GX750 M1	750L	90 °C



Elementos adicionales: Colector

Modelo	Temperatura máxima	Nº vías / Material
77169XX	90 °C	28 / Tecnopolímero



En este caso se puede observar que la instalación de suelo radiante requiere de un gran número de elementos para su correcto funcionamiento. La fototermia funciona muy bien con este tipo de climatización por lo que es una gran candidata, sin embargo, las dimensiones de los paneles solares son grandes pues se requiere de un gran caudal de agua. Para hacer circular el agua se utiliza el colector de la marca BAXI, que es una buena elección ya que es modular y permite adaptarse a la gran cantidad de vías que se requieren. Finalmente, la fuente de generación auxiliar se compone de dos elementos principales. Los termos actúan de igual manera que para el sistema de ACS. La diferencia se encuentra en el termo acumulador que permite calentar el agua con electricidad para aportar agua caliente al suelo radiante cuando la fototermia no puede trabajar de forma óptima. De esta forma, se considera que la instalación está bien equilibrada, de forma que se han tenido en cuenta los escenarios más desfavorables.

Finalmente, se muestra la *Tabla 33* con información sobre el aire acondicionado, siendo ésta la última propuesta de climatización en la vivienda.

Tabla 33. Análisis del aire acondicionado propuesto. (Fuente: Elaboración propia)

Aire acondicionado		
HTW IX39B		
Frigorías	Superficie máxima	Consumo energético Frío / Calor
6000	60 m ²	A++ / A+
		
Calefactores Baños		
DeLonghi HVA 0220		
Potencia	Superficie máxima	
2000 W	10 m ²	
		
Se trata de la otra propuesta de climatización para la vivienda. Este aire acondicionado permite mantener la temperatura de la estancia en valores confortables para los propietarios y no requiere de gran reforma. Es una propuesta a meditar ya que, con la existencia de los calefactores en los baños, se satisfacen todas las necesidades en la vivienda por un coste más reducido que el suelo radiante.		

5.3 ANÁLISIS ECONÓMICO

En este apartado se hará un resumen del coste de cada vertiente de este trabajo y se hará un breve análisis de los mismos, ya que posteriormente en el apartado de conclusiones se comentará de nuevo. Al comenzar el proyecto se describieron las condiciones en las que se encontraba la vivienda, y debido a su antigüedad y las grandes dimensiones de las estancias se estimaba que el presupuesto de la reforma iba a ser elevado. Pese a ello, el hecho de haber propuesto mejoras de consumo y de eficiencia energética hará que se reduzca el gasto en los años venideros, y se mejore sustancialmente el confort.

A continuación, se mostrarán la *Tabla 34* y la *Tabla 35*, en la que se muestran el desembolso total por cada elemento instalado, incluyendo las diferentes casuísticas que se pueden dar, esto quiere decir que, si se decide instalar el suelo radiante, o por el contrario, se instala el aire acondicionado, decisión que modificaría también el sistema de fototermia y de generación auxiliar.

- **Opción 1**

Tabla 34. Presupuestos parciales de la propuesta con suelo radiante (Fuente: Elaboración propia)

Elemento	Presupuesto (€)
Muros y paredes	43.669,57
Ventanas	18.185,99
Puertas	10.583,40
Suelo Radiante	33.497,24
Sistema de bombeo de ACS	8.050,00
Circuito de agua reciclada	14.978,24
Fototermia y generación aux.	14.124,67
Huerto de tomate	147,90
Total	143.237,01

- **Opción 2**

Tabla 35. Presupuestos parciales de la propuesta con aire acondicionado (Fuente: Elaboración propia)

Elemento	Presupuesto (€)
Muros y paredes	43.669,57
Ventanas	18185,99
Puertas	10.583,40
Aire acondicionado	7.442,96
Sistema de bombeo de ACS	8.050,00
Circuito de agua reciclada	14.978,24
Fototermia y generación aux.	2.874,96
Huerto de tomate	147,90
Total	105.933,02

Como se esperaba, el gasto de la reforma es elevado y es complicado que se pueda hacer toda a la vez. Sin embargo, no hay ningún problema en que la reforma se realice en diferentes etapas, siempre y cuando los aislamientos sean los primeros elementos en ser instalados, ya que la climatización ha sido dimensionada utilizando las cargas térmicas calculadas para la vivienda con los aislamientos ya instalados.

Es sorprendente el coste de la reforma de muros y paredes, y es debido a unos elevados costes de transporte, y a la gran superficie de pared que se encuentra en la vivienda. También destaca el coste del suelo radiante, pero al igual que para los muros y paredes,

la gran superficie que hay que aclimatar, con techos tan altos y el gran número de circuitos presentes, hacen que el presupuesto no sea exagerado.

A continuación, para mostrar la distribución del presupuesto, se incluye la *Ilustración 67* y la *Ilustración 68*.

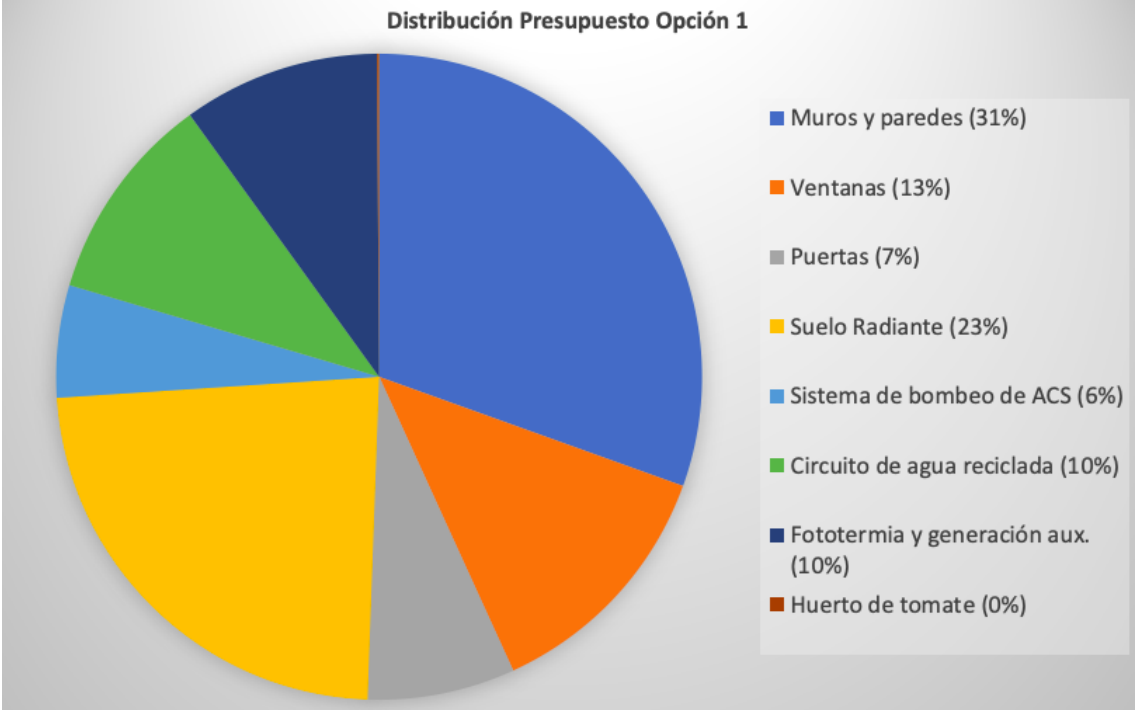


Ilustración 67. Distribución del presupuesto para la Opción 1 (Fuente: Elaboración Propia)

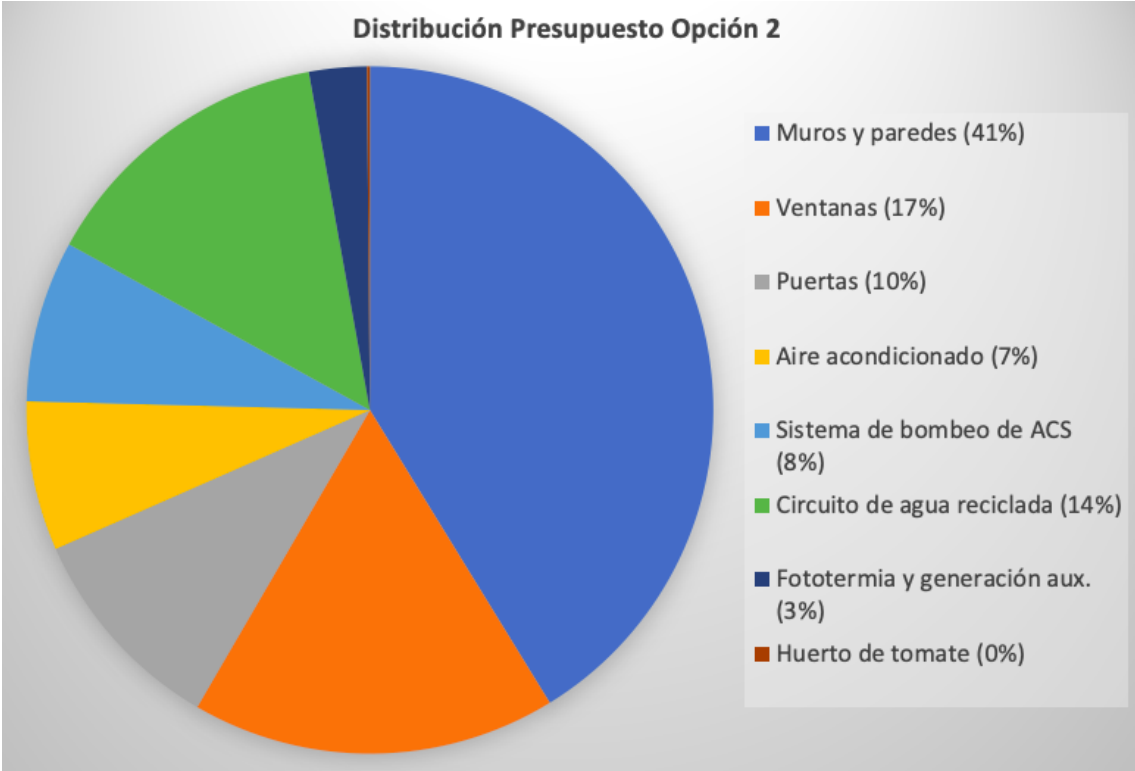


Ilustración 68. Distribución del presupuesto para la Opción 2 (Fuente: Elaboración Propia)

6. CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS

En este apartado se llevará a cabo una reflexión sobre el cumplimiento de los objetivos propuestos en este trabajo. Para ello, al igual que se hizo para la Memoria descriptiva del proyecto, se dividirán las conclusiones en dos, de acuerdo con las vertientes de bombeo y de climatización de la vivienda. No será un apartado extenso, ya que a lo largo del proyecto se ha ido comentando cada medida tomada y, además, se ha incluido un apartado previo de análisis de resultados.

6.1 SISTEMA DE BOMBEO

Como se ha comentado en varias ocasiones a lo largo del proyecto, los objetivos que se planteaban para el sistema de bombeo eran mejorar la eficiencia y el consumo de la vivienda, aumentando su autosuficiencia y planteando soluciones que permitiesen de alguna forma el reciclaje y la reutilización del agua. En particular, se pretendía encontrar un sistema sencillo y económico que permitiese mantener la presión tanto en el interior como en el exterior del domicilio y que permitiese disponer de agua caliente en más de dos baños a la vez.

Para alcanzar estos objetivos, se ha dimensionado, de la mejor manera posible, todos los circuitos de bombeo de la vivienda, permitiendo así conocer el caudal crítico y las alturas manométricas necesarias para cada bomba, asegurando una presión mínima de 100kPa en grifos y duchas como establece la norma. Además, se ha confirmado que hay fuente de generación suficiente para asegurar el agua caliente en varios elementos a la vez, mejorando el confort al crear un sistema de recirculación, incluso en el peor escenario, en el que la fototerminia no aportara nada de electricidad a la instalación. Finalmente, se ha dimensionado un circuito de agua reciclada que permite reutilizar las aguas grises de la vivienda para el llenado de cisternas y el uso y disfrute de los propietarios, optimizando la autosuficiencia de la vivienda.

Sin embargo, el coste del circuito de calefacción es más elevado de lo que nos hubiera gustado, aunque siempre se puede elegir la segunda propuesta de climatización, mucho más económica.

Por todo ello, parece claro que se han alcanzado los objetivos propuestos para la vertiente de bombeo. A continuación, analizaremos la vertiente de climatización.

6.2 SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

Los objetivos que se pretendían alcanzar se centraban en la mejora de la calidad de vida de los propietarios, aumentando la eficiencia de la vivienda y utilizando fuentes de energía renovable. En concreto, se buscaba diseñar un sistema sencillo, eficiente y económico, que permitiese mantener una temperatura agradable a lo largo del año, y, sobre todo, en los meses calurosos del verano, época en la que se solía habitar la vivienda. Además, el hecho de que esta temperatura pudiese ser regulable para cada estancia era uno de los requisitos adicionales.

Siguiendo estas premisas el primer elemento que se decidió cambiar fue el aislamiento. Además de dar una imagen más moderna a la vivienda, mejora sustancialmente su eficiencia energética pues permite que haya menos pérdidas de calor, aumentando también el confort de los propietarios. Tras este paso previo, se propusieron dos mejoras de climatización que cumplían los objetivos. El suelo radiante permitía de una manera más silenciosa y con muy poco impacto visual actuar tanto en verano como en invierno

como fuente principal de climatización en la vivienda. Sin embargo, con esta propuesta no se ha cumplido el objetivo de sistema económico y sencillo, pues sin lugar a duda, debido a la antigüedad y tamaño de la vivienda, ha sido complejo y costoso. Por otro lado, utiliza fuentes de energía renovable y mejora la calidad de vida de los usuarios. La segunda propuesta era mucho más simple, y aunque no utiliza fuentes de energía renovable, permite la instalación de paneles fotovoltaicos en un futuro, y debido a su reducido coste, poco impacto visual y fácil instalación, cumple con los objetivos planteados. En mi opinión, debido a los pocos meses que se va a disfrutar la vivienda, por ser una segunda residencia, no merece la pena por ahora la costosa instalación del suelo radiante. Con el aire acondicionado, que permite aclimatar correctamente la casa e instalar paneles fotovoltaicos, el presupuesto total sería mucho menor. Por ello, la propuesta de suelo radiante se volverá a analizar en un futuro, en caso de que las necesidades cambien o el coste del uso de esta tecnología se reduzca.

En cuanto a esta vertiente del proyecto, cabe decir que ha sido más compleja de diseñar por los motivos ya comentados, pero en todo momento se han intentado optimizar al máximo los objetivos propuestos, los que se consideran haber sido alcanzados con los cambios presentados.

6.3 COMENTARIOS FINALES

Tras haber analizado los resultados y las propuestas de reforma y cómo han contribuido a la consecución de los objetivos planteados, se harán unos comentarios finales sobre el trabajo realizado.

Como se ha explicado, el uso que se le da a la vivienda no justifica una inversión tan elevada para la instalación de suelo radiante. Teniendo dos propuestas que proporcionan condiciones de habitabilidad similares y teniendo como objetivo reducir el coste de la reforma, está claro que se debe seleccionar la opción 2. Por tanto, el desembolso final sería de 105.933,02€. Pese a ser esta una elevada cantidad, las reformas se pueden ir haciendo poco a poco para que la vivienda pueda volver a ser habitada. Además, el hecho de aplicar esta reforma también aumenta el valor del domicilio en cuestión, por lo que en caso de que al final se decidiera vender, la reforma sería un factor positivo por añadir.

Finalmente, el hecho de que la vivienda estuviese prácticamente abandonada y que muchos elementos propuestos no existiesen, hacen complicada la comparación energética y de consumo en la vivienda antes y después de la reforma, ya que el consumo actual no muestra el consumo real que habría con la casa llena de gente y en pleno funcionamiento. Sin embargo, se puede concluir que cualitativamente, se han cumplido todos los objetivos planteados, de mejora energética y autosuficiencia de la vivienda, así como de confort de los propietarios con un presupuesto de:

Presupuesto final: 105.933,02 €

Fdo.: Joaquín Sanz-Gadea Vivas



6.4 LINEAS FUTURAS

Tras haber analizado las instalaciones de climatización y bombeo, se presentarán ciertas ideas que pueden llevarse a cabo en el futuro con el fin de mejorar completamente la vivienda. Estas ideas no requerían de tanta importancia como las tratadas en este proyecto, de ahí que no se hayan analizado ni estudiado. A continuación, se explican algunas de ellas.

- **Construcción de un pozo.** Con el fin de mejorar aún más la sostenibilidad de la vivienda, se plantea la construcción de un pozo de agua como disponía años atrás el domicilio, permitiendo obtener cierta cantidad de agua utilizable para distintos fines.
- **Adecentamiento de las zonas verdes.** El jardín está muy descuidado y hay una gran superficie con rastrojos y plantas sin regar. Una vez haya concluido la reforma del interior de la vivienda el siguiente paso sería rediseñar el jardín e instalar un riego apropiado para sus dimensiones, con el fin de aumentar la eficiencia y reducir el consumo de agua.
- **Reforma de baños y cocina.** Aunque no se trata de mobiliario ni de elementos muy antiguos, ya están algo anticuados. La tecnología y el diseño avanza a pasos agigantados y nuevos inodoros, lavabos, hornos, etc. son más eficientes hoy en día y mejorarán el consumo y darán un toque más moderno y limpio a la vivienda.
- **Piscina.** Uno de los mayores inconvenientes que tiene esta vivienda es que no dispone de una piscina. En su día existió, pero formaba parte de las tierras que se vendieron años atrás. Con el clima de la provincia de Almería es necesaria la instalación de una piscina para poder refrescarse durante los calurosos meses de verano.
- **Iluminación.** Hay numerosos focos y apliques en la vivienda muy antiguos y que además utilizan bombillas de gran consumo. En el futuro se deberá volver a diseñar la instalación de electricidad y se deberán comprar bombillas de bajo consumo con el fin de reducir la factura.
- **Paneles fotovoltaicos.** En este trabajo se ha dimensionado la instalación de fototermia, pero también sería interesante para la sostenibilidad de la vivienda instalar paneles fotovoltaicos que permitan generar electricidad para el consumo de los aparatos del domicilio, reduciendo así el gasto de la factura.

Como se ha comentado, son ideas de menor importancia pero que con el paso del tiempo deberían ir llevándose a cabo para tener una vivienda puesta a punto y sin gastos y consumos innecesarios. Además, aumentarán su valor económico y el confort de los propietarios, principal objetivo de este trabajo.

7. BIBLIOGRAFÍA

[AGRI89] Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Caracterización agroclimática de la provincia de Almería. 1989.

[Caracterización agroclimática de la provincia de Almería](#)

[ALME19] Excto. Ayuntamiento de Almería. Plan General de Ordenación Urbana. Diciembre de 2019.

[Plan General de Ordenación Urbana](#)

[APEL21] APELSA ESPALeader. Catálogo de grupos de presión. Febrero de 2021.

[Catálogo de grupos de presión \(Apelsa.es\)](#)

[AQUA] Aqualia. Abastecimiento de agua en Almería.

[Abastecimiento de agua en Almería \(Aqualia.com\)](#)

[ARCO19] Arco. Pérdida de carga en tuberías. Agosto de 2019

[Pérdida de carga en tuberías](#)

[ARIS17] Arístegui Maquinaria. Diferencias entre cobre y plástico en instalaciones domésticas. Febrero de 2018.

[Diferencias entre cobre y plástico en instalaciones domésticas \(Aristegui.info\)](#)

[BAXI] Baxi. Catálogo de colectores.

[Catálogo de colectores](#)

[ECOV] Ecoven Plus. “Elige tus ventanas”.

[“Elige tus ventanas”](#)

[ENTR20] Entresemillas. Guía para cultivar tomates desde semilla. Junio de 2020.

[Guía para cultivar tomates desde semilla](#)

[FEGE17] Asociación de Fabricantes de Generadores y Emisores de calor. Guía para suelo radiante. Año 2017.

[Guía para suelo radiante \(Fegeca.com\)](#)

[FOME19] Ministerio de Fomento. Documento Básico HE Ahorro de Energía. CTE. Diciembre de 2019.

[Documento Básico HE Ahorro de Energía](#)

[FOME19] Ministerio de Fomento. Documento Básico HS Salubridad. CTE. Diciembre de 2019.

[Documento Básico HS Salubridad](#)

[HISP] Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Confederación hidrográfica del sur. (Sin fecha)

[Confederación hidrográfica del sur](#)

[HUER14] Huércal de Almería. Cortijos destacables, Cortijo Santa Matilde. Marzo de 2014.

[Cortijos destacables, Cortijo Santa Matilde \(Huercaldealmeria.es\)](#)

[ICAI19] Universidad Pontificia Comillas (ICAI). Apuntes de la asignatura de Mecánica de fluidos.

[ICAI20] Universidad Pontificia Comillas (ICAI). Apuntes de la asignatura de Transmisión de Calor.

[INGE19] Ingenieros Industriales. Cálculo de cargas térmicas de calefacción. Junio de 2019.

[Cálculo de cargas térmicas de calefacción \(Ingenierosindustriales.com\)](#)

[INGE19] Ingenieros Industriales. Cálculo del caudal simultáneo de agua en un edificio de viviendas. Junio de 2019.

[Cálculo del caudal simultáneo de agua en un edificio de viviendas \(Ingenierosindustriales.com\)](#)

[LACA19] La casa de la lámpara. Tipos de bombillas. Marzo de 2019.

[Tipos de bombillas \(Lacasadelalampara.com\)](#)

[MADE20] Maderame. Guía de selección de puertas. Junio de 2020.

[Guía de selección de puertas \(Maderame.com\)](#)

[PLAD18] Pladur. Tarifas de envío. Agosto de 2018.

[Tarifas de envío Pladur](#)

[ROTO17] Roto Frank. Perfil de Aluminio con Rotura de puente térmico. Marzo de 2017.

[Perfil de Aluminio con Rotura de puente térmico](#)

[SANZ03] Sanz Fernández, Iñigo. El coste del ciclo de vida de las bombas. Octubre de 2003

[SIGM] Sigma Enginyeria. “¿Qué es la fototermia?”
[“¿Qué es la fototermia?”](#)

[UPON13] Uponor. Manual técnico de Climatización Invisible. Septiembre de 2013.
[Manual técnico de Climatización Invisible](#)

[URBI] Urbipedia. Psicrometría.
[Psicrometría](#)

[VIVI14] Vivienda saludable. Tipos de ventana: Climalit. Noviembre de 2014.
[Tipos de ventana: Climalit](#)

8. ANEXOS

ÍNDICE DEL ANEXO

ANEXO I. INFORMACIÓN SOBRE LA VIVIENDA.....	147
INFORME DE TASACIÓN	147
PLANOS DE ELABORACIÓN PROPIA	154
ANEXO II. INFORMACIÓN ADICIONAL DE INTERÉS	156
ANEXO III. ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS) ..	158
OBJETIVO 6. AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO.....	158
OBJETIVO 7. ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE	159
OBJETIVO 8. TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	159
OBJETIVO 11. CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	159
OBJETIVO 12. PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES	159
OBJETIVO 13. ACCIÓN POR EL CLIMA	159

ANEXO I. INFORMACIÓN SOBRE LA VIVIENDA

En este anexo se muestra el informe de tasación que se realizó de la vivienda, en el que se incluye su localización, las características de la misma y también datos sobre el entorno que le rodea. Esta información es de utilidad para entender un poco más qué elementos se deben de modificar y cuáles son sus propiedades. Posteriormente, se mostrarán una serie de planos y croquis de elaboración propia.

INFORME DE TASACIÓN

A continuación, se mostrarán una serie de ilustraciones tomadas del informe de tasación original. No se mostrará el informe completo, sino aquella información que se ha tenido en cuenta en el proyecto.

3.2 Entorno

Rasgos básicos:

Tipología del entorno:	Urbano	Usos dominantes:	Residencial
Nivel de renta:	Medio	Densidad:	Baja
Ordenación:	Vivienda Unifamiliar	Zonas peatonales:	Si tiene
Existencia de locales:	Baja	Parques y jardines:	Si tiene
Destino viviendas:	1ª Residencia	Calidad constructiva:	Media

Desarrollo edificatorio:

Grado de Consolidación:	> 75%	Potencial edificatorio:	< 25%
Desarrollo:	Rápido	Antigüedad (años):	10 años
Nivel de Ocupación:	Alto	Renovación:	< 10%

Infraestructuras y grado de conservación:

Pavimentación:	Suficiente	Alumbrado público:	Existe
Abastecimiento de agua:	Red General	Teléfono:	Si tiene
Saneamiento:	Por Red General	Gas ciudad:	No tiene
Electricidad:	Red General	Grado conservación:	Normal

Equipamiento del entorno:

Comercial:	Suficiente	Administrativo:	Bajo
Escolar:	Bajo	Deportivo:	Bajo
Asistencial:	Bajo	Lúdico:	Suficiente

Servicios existentes:	Centros Comerciales
Equipamientos positivos:	COMERCIOS, JARDINES

Comunicaciones, transporte y aparcamiento:

Comunicaciones:	buenas por viario
Accesibilidad:	Buena
Transporte público:	Taxis, Autobuses

Aparcamiento:	Existe.
---------------	---------

Ilustración 69. Entorno de la Vivienda (Fuente: Informe de tasación)

5.1 Descripción

El inmueble que se valoran en el presente Informe es una vivienda y un pequeño almacén auxiliar, siendo su uso predominante de vivienda y Almacén, y su equipamiento:

Aparcamiento edificio:	No tiene	Portería:	No tiene
Aparcamiento en parcela:	Si tiene		
Jardines privados:	Si tiene	Patio de parcela:	Si tiene
Pistas deportivas:	No tiene	Piscina:	No tiene

Las viviendas que se valoran tienen las siguientes características:

<u>Programa funcional:</u>			
Dormitorios:	5	Despachos:	No tiene
Salones-comedor:	1	Baños/Aseos:	4
Cocina/oficio:	1	Terrazas:	1
Nº de dependencias:	14		
<u>Condiciones de habitabilidad:</u>			
Orientación:	Todas	Solarium:	
Vistas:	Normal	Iluminación:	Buena
Nivel de ruidos:	Aceptable/malo	Ventilación:	Suficiente

5.2 Superficies

La superficie del inmueble, en m2 es la siguiente:

Finca Almacén	Almacén
Sup. Construida comprobada.....	21,56 m2
Sup. Registral construida.....	¿? m2
Sup. s/ Proyecto reparcelación.....	00,00 m2(*)
Superficie construida adoptada.....	00,00 m2(*)
Finca Vivienda	Vivienda
Sup. Construida comprobada.....	208,73 m2
Sup. Registral construida.....	¿? m2
Sup. s/ Proyecto reparcelación.....	208,00 m2
Superficie construida adoptada.....	208,00 m2

(*) No se considera esta superficie, porque no figura la posibilidad de considerarla en el Proyecto de reparcelación, que le adjudica exclusivamente 208,00 m2 para el total.

Observaciones:

A efectos de la presente valoración solamente consideramos la superficie asignada por el proyecto de reparcelación aprobado y que considera:

- 1.- Superficie de Parcela: 1.362,00 m2
- 2.- Superficie Edificación: 208,00 m2

Ilustración 70. Descripción de la Vivienda y superficie de la misma. (Fuente: Informe de tasación)

5.3 Características constructivas

Elementos fundamentales de la edificación

Cimentación:	Corrida	Estructura:	Muros carga mampostería.
Cubierta:	Plana	Cerramiento:	Muros carga mampostería
Aislamiento:	No tiene	Carpintería exterior:	Madera
Nº de Ascensores:	No	Acabado zonas comunes:	No procede

Acabados del inmueble

	Suelos	Paredes	Techos
Zonas de estancia:	Mármol	Enlucido	Yeso
Dormitorios:	Mármol	Enlucido	Yeso
Locales Húmedos:	Cerámica	Cerámica	Escayola
Carpintería interior:	Madera		

Ilustración 71. Características constructivas de la Vivienda. (Fuente: Informe de tasación)

Acristalamiento:	Sencillo	Frentes de armario:	Si tiene
Persianas:	Contraventanas	Aparatos sanitarios:	Calidad Baja

Instalaciones del inmueble

Fontanería:	Cobre	Calefacción:	No
Aire Acondicionado:	Si individual	Electricidad:	Si
Gas ciudad:	No	Teléfono:	Si
Seguridad:	No		

5.4 Situación actual: antigüedad y estado de conservación

En la fecha de la visita 03/06/2015, el inmueble se encuentran terminados y acondicionados pero no albergan ninguna actividad económica.

Tienen una antigüedad superior a los 50 años aproximadamente y su estado de conservación es adecuado a su edad. Se precisa de una rehabilitación funcional y de materiales integral.

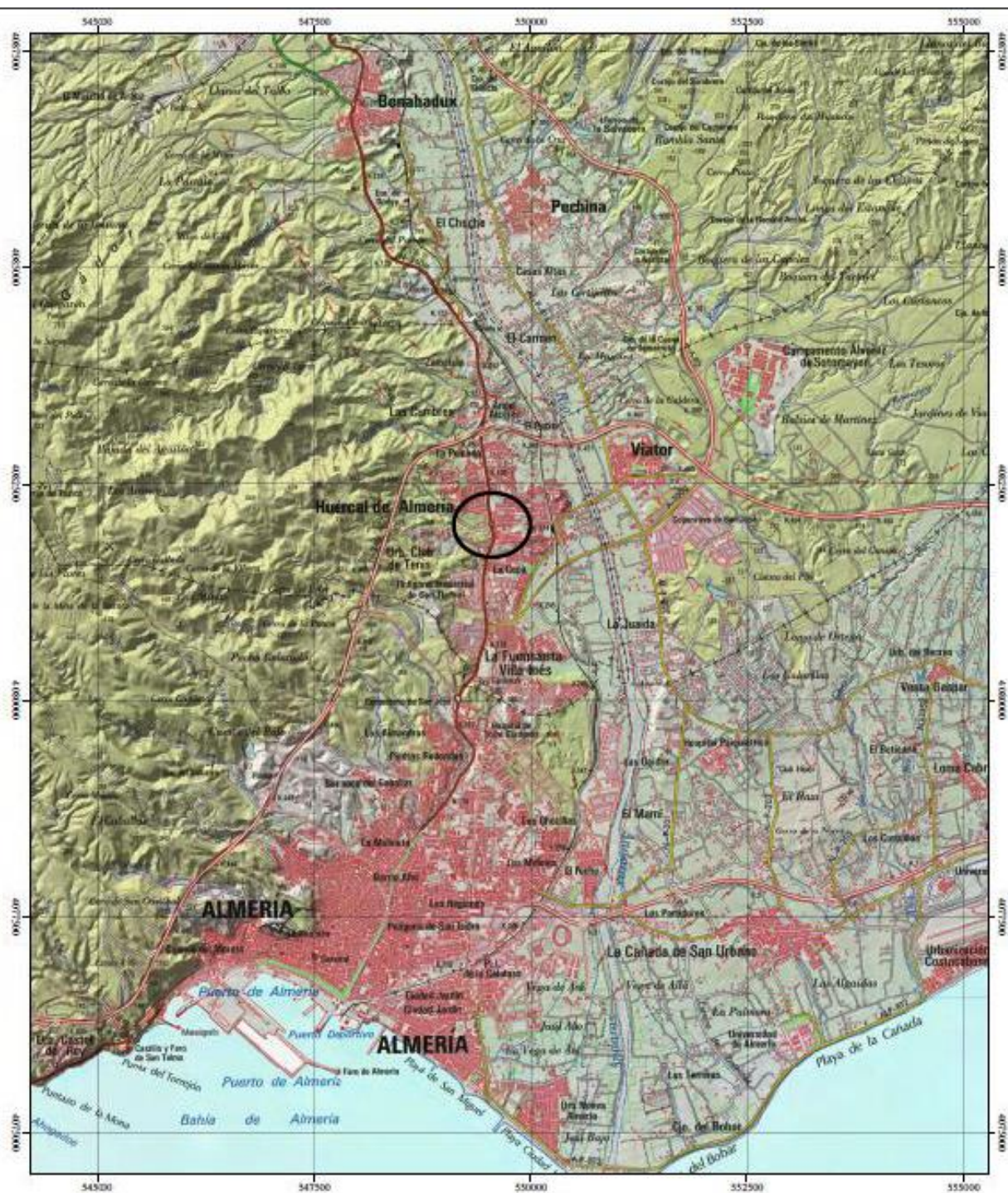
Se ha estimado que la vida útil restante del inmueble sería de 50 años y la depreciación actual es del 60% sobre el coste de construcción a nuevo y gastos necesarios.

6. Situación urbanística

De acuerdo con el Planeamiento urbanístico vigente que es aplicable al inmueble:

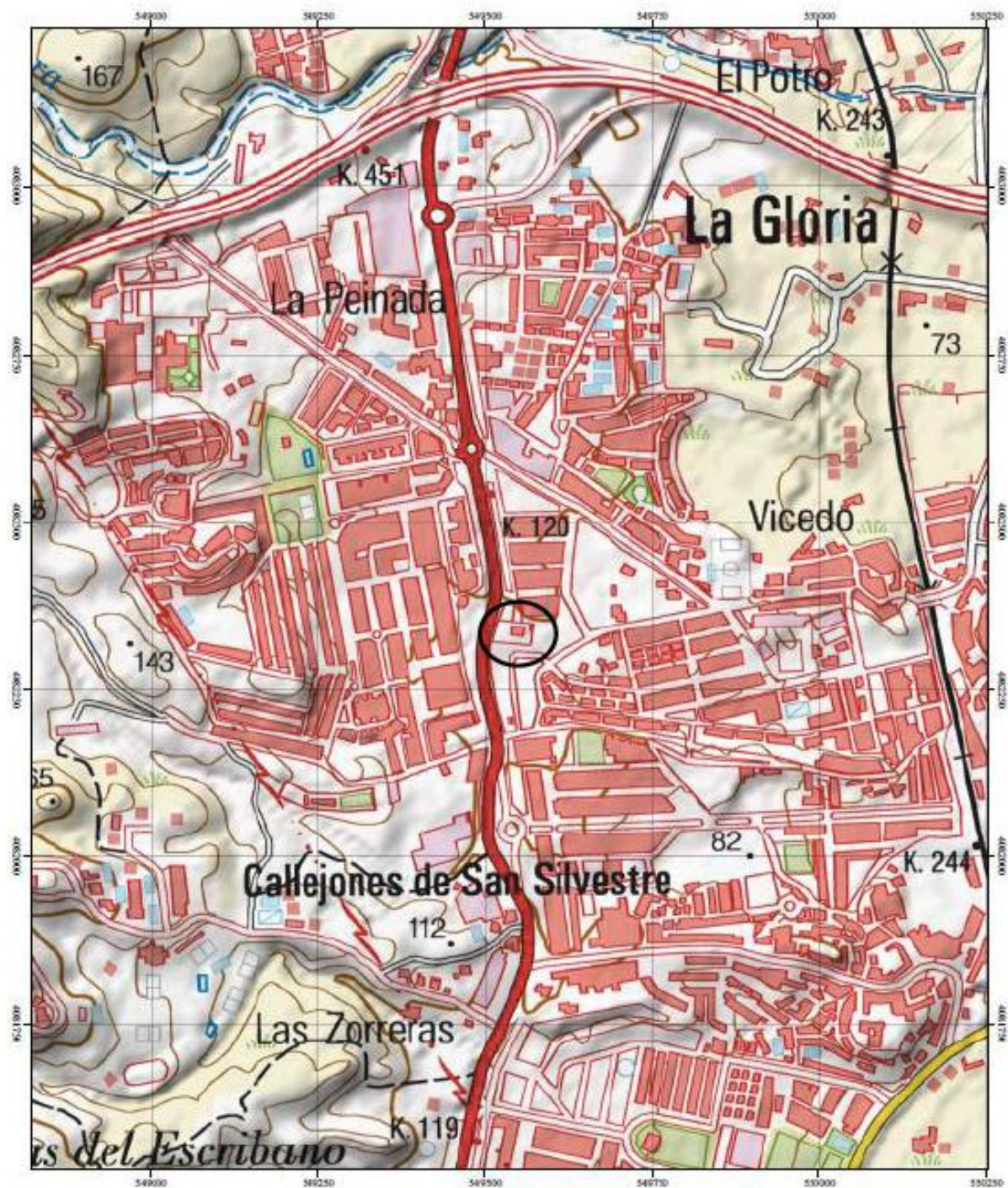
- Las características físicas de la edificación se adecuan a la normativa urbanística vigente.
- El inmueble están destinados al uso de VIVIENDA, autorizado por la normativa urbanística vigente.
- No obstante este inmueble se encuentra protegido por el PGOU vigente, teniendo que mantener su estructura y su forma.

Ilustración 72. Características constructivas, situación actual y urbanística. (Fuente: Informe de tasación)



PLANO DE SITUACION

Ilustración 73. Plano de situación. (Fuente: Informe de tasación)



PLANO DE EMPLAZAMIENTO

Ilustración 74. Plano de emplazamiento. (Fuente: Informe de tasación)



Ilustración 75. Vista aérea de la Vivienda. (Fuente: Informe de tasación)

GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE HACIENDA Y ADMINISTRACIONES PÚBLICAS

SECRETARÍA DE ESTADO DE HACIENDA

DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO

Sede Electrónica del Catastro

CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES

BIENES INMUEBLES DE NATURALEZA URBANA

Municipio de HUERCAL DE ALMERIA Provincia de ALMERÍA

REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE

9626604WF4892N0001MB

E: 1/600

DATOS DEL INMUEBLE

LOCALIZACIÓN: CR NACIONAL 340

04230 HUERCAL DE ALMERIA [ALMERÍA]

NATURALEZA: Residencial

COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN: 100,000000

ANO CONSTRUCCIÓN: 1965

SUPERFICIE CONSTRUIDA: 205

DATOS DE LA FINCA A LA QUE PERTENECE EL INMUEBLE

SEÑALACIÓN: CR NACIONAL 340

HUERCAL DE ALMERIA [ALMERÍA]

SUPERFICIE CONSTRUIDA (m²): 205

SUPERFICIE SUELO (m²): 1.894

TODOS DE FINCA: Parcela construida sin división horizontal

INFORMACIÓN GRÁFICA

Este documento no es una certificación catastral, pero sus datos pueden ser verificados a través del 'Acceso a datos catastrales no protegidos' de la SEC.

549 549 Coordenada UTM Norte 44630110548

— Límite de Masozar

— Límite de Pascual

— Límite de Construcción

— Mobiliario y aceras

— Límite zona verde

— Hidrografía

Lunes, 1 de Junio de 2015

Ilustración 76. Información del Registro Catastral. (Fuente: Informe de tasación)

PLANOS DE ELABORACIÓN PROPIA



Ilustración 77. Plano general de la Vivienda. (Fuente: Elaboración propia)



Ilustración 78. Vista 3D de la Vivienda. (Fuente: Elaboración Propia)

ANEXO II. INFORMACIÓN ADICIONAL DE INTERÉS

En este anexo se incluirán tablas e información que sean de cierto interés y que no se hayan incluido en la memoria como tal.

Material del perfil	Transmitancia térmica U (W/m ² K)
Poliuretano con núcleo metálico. Espesor de PUR ≥ 5 mm	2,80
Perfiles huecos de PVC (2 cámaras)	2,20
Perfiles huecos de PVC (3 cámaras)	2,00
Madera dura ($\rho = 700 \text{ kg/m}^3$, $\lambda = 0,18 \text{ W/m K}$), espesor del perfil 50 mm.	2,20
Madera blanda ($\rho = 500 \text{ kg/m}^3$, $\lambda = 0,13 \text{ W/m K}$), espesor del perfil 50 mm.	2,00
Metálico sin RPT (rotura de puente térmico)	5,70
Metálico con rotura de puente térmico, rotura: $4 \text{ mm} \leq d < 12 \text{ mm}$.	4,00
Metálico con rotura de puente térmico, rotura: $d \geq 12 \text{ mm}$.	3,20

Ilustración 79. Valores de la transmitancia térmica (Fuente: Onventanas)

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm ³ /s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm ³ /s]
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

Ilustración 80. Tabla 2.1 del CTE sobre el caudal instantáneo mínimo. (Fuente: Documento básico HS4 del CTE).

Tabla 36. Cálculo de las cargas térmicas totales de la Vivienda. (Fuente: Elaboración propia)

Co d. Esp.	Descripción	Salt a térmico Invierno	Salt o térmico verano	Superficie [m²]	Volumen [m3]	Puertas						Muros y paredes						Ventanas						Techo				Suelo				Cargas térmicas					Cargas térmicas totales		
						Ancho (cm)	Largo (cm)	Superficie	U	Carga transmisión Calefacción	Carga transmisión Refrigeración	Longitud Pared	Altura techos	Superficie	U	Carga transmisión Calefacción	Carga transmisión Refrigeración	Unidades	Ancho (cm)	Largo (cm)	Superficie (m²)	U	Carga transmisión Calefacción	Carga transmisión Refrigeración	factor techo	U techo	Carga transmisión Calefacción	Carga transmisión Refrigeración	factor suelo	U suelo	Carga transmisión Calefacción	Carga transmisión Refrigeración	Transmisión calefacción total	Transmisión refrigeración total	Renovación calefacción	Renovación refrigeración	Inercia térmica cal./ ref.	Calefacción	Refrigeración
REC	RECIBIDOR	19,7	20,6	2,8	11,2	-	-	-	-	-	-	6,8	4	27,2	0,77	412,39	431,45	-	-	-	-	-	-	1,3	7,4	515,4	539,3	0,4	67	1551,4	1623,12	2479,2	2593,8	95,65	100,07	30,8	2605,7	2724,69	
ARM	ARMARIO ENTRADA	19,7	20,6	3	12	-	-	-	-	-	-	7	4	28	0,77	424,52	444,14	-	-	-	-	-	-	1,3	7,4	552,3	577,8	0,4	67	1662,2	1739,05	2639,0	2760,9	95,65	100,07	33	2767,7	2894,04	
PAT	PATIO	19,7	20,6	49	343	110	210	2,31	1,8	81,87	85,65	28	7	196	0,77	2971,6	3108,95	8	100	150	1,5	1,3	307,2	321,4	1,3	7,4	9020,2	9437,1	0,4	67	27150	28404,5	39531	41358	95,65	100,07	539	40165	41996,6
HAB1	HABITACIÓN 1	19,7	20,6	13,6	40,8	110	220	2,42	1,8	85,77	89,73	15,1	3	45,3	0,77	686,81	718,55	2,00	110	240	2,64	1,3	135,2	141,4	1,3	7,4	2503,6	2619,3	0,4	67	7535,4	7883,70	10947	11105	191,29	200,13	150	11287	11454,1
B1	BAÑO 1	23,7	16,6	0,66	1,98	100	200	2	1,8	85,28	59,76	3,2	3	9,6	0,77	175,12	122,71	1,00	70	50,00	0,35	1,3	10,8	7,5	1,3	7,4	146,2	102,4	0,4	67	439,9	308,30	857,3	600,8	-	-	7,26	864,60	608,01
HAB2	HABITACIÓN 2	19,7	20,6	13,6	40,8	110	220	2,42	1,8	85,77	89,73	15,1	3	45,3	0,77	686,81	718,55	1,00	110	240	2,64	1,3	67,6	70,7	1,3	7,4	2503,6	2619,3	0,4	67	7535,4	7883,70	10879	11034	191,29	200,13	150	11220	11383,4
B2	BAÑO 2	23,7	16,6	5,22	15,66	100	200	2	1,8	85,28	59,76	9,4	3	28,2	0,77	514,40	360,45	1,00	110	240	2,64	1,3	81,3	56,9	1,3	7,4	1156,2	810,1	0,4	67	3479,8	2438,39	5316,9	3725,7	-	-	57,4	5374,4	3783,12
HAB3	HABITACIÓN 3	19,7	20,6	16,3	48,9	110	220	2,42	1,8	85,77	89,73	18,2	3	54,6	0,77	827,81	866,07	1,00	11	240	2,64	1,3	67,6	70,7	1,3	7,4	3000,6	3139,3	0,4	67	9031,5	9448,85	13013	13197	191,29	200,13	179	13384	13576,7
B3	BAÑO 3	23,7	16,6	5,22	15,66	100	200	2	1,8	85,28	59,76	9,4	3	28,2	0,77	514,40	360,45	1,00	100	150	1,50	1,3	46,2	32,37	1,3	7,4	1156,1	810,1	0,4	67	3479,8	2438,39	5281,9	3701,1	-	-	57,4	5339,3	3758,52
SC	SALÓN-COMEDOR	19,7	20,6	40,85	122,55	110	220	2,42	1,8	85,77	89,73	27,6	3	82,8	0,77	1255,4	1313,37	2,00	110	240	2,64	1,3	135,2	141,4	1,3	7,4	7519,9	7867,5	0,4	67	22634	23680,1	31701	33166	239,12	250,17	449	32390	33865,7
						100	200	2	1,8	70,88	74,16																												
HAB4	HABITACIÓN 4	19,7	20,6	9	27	110	220	2,42	1,8	85,77	89,73	12	3	36	0,77	545,81	571,03	1,00	110	240	2,64	1,3	67,6	70,7	1,3	7,4	1656,8	1733,3	0,4	67	4986,7	5217,16	7342,6	7682	191,29	200,13	99	7632,9	7981,10
B4	BAÑO 4	23,69	16,6	3	9	100	200	2	1,8	85,28	59,76	7	3	21	0,77	383,07	268,42	1,00	140	150	2,10	1,3	64,7	45,318	1,3	7,42	664,5	465,6	0,4	67	1999,9	1401,37	3197,4	2240,5	-	-	33	3230,4	2273,46
HAB5	HABITACIÓN 5	19,7	20,6	12,25	36,75	110	220	2,42	1,8	85,77	89,73	14	3	42	0,77	636,77	666,20	1,00	200	50	1,00	1,3	25,6	26,78	1,3	7,4	2255,1	2359,3	0,4	67	6787,4	7101,13	9861,5	10317	191,29	200,13	135	10188	10652,2
						100	200	2	1,8	70,88	74,16																												
PAS	PASILLO	19,7	20,6	6	18	-	-	-	-	-	-	8	3	24	0,77	363,87	380,69	-	-	-	-	-	-	-	1,3	7,4	1104,5	1155,6	0,4	67	3324,5	3478,10	4792,9	5014,3	95,65	100,07	66	4954,5	5180,42
COC	COCINA	19,7	20,6	14,4	43,2	-	-	-	-	-	-	14,9	3	44,7	0,77	677,71	709,03	2,00	100	150	1,50	1,3	76,8	80,34	1,3	7,4	2650,8	2773,4	0,4	67	7978,7	8347,5	11384	11910	95,65	100,07	158	11639	12168,6
ATC	ANTECOCINA	19,7	20,6	13,8	41,4	100	200	2	1,8	70,88	74,16	14,4	3	44,1	0,77	668,61	699,51	1,00	140	150	210	1,3	53,7	56,238	1,3	7,4	2540,4	2657,8	0,4	67	7646,3	7999,6	10980	11487	239,12	250,17	152	11371	11889,3

ANEXO III. ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

Uno de los aspectos fundamentales de este trabajo es diseñar una instalación para una vivienda que se alinee con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Estos objetivos son promovidos por las Naciones Unidas y pretenden ser cumplidos antes del año 2030. Entre otros, tratan temas como el cambio climático, la desigualdad económica y el consumo sostenible. En la *Ilustración 81* se muestran estos 17 objetivos y rodeados se encuentran los que hemos intentado cumplir con este trabajo.



Ilustración 81. Objetivos de Desarrollo Sostenible (Fuente: Naciones Unidas)

Pese al pequeño impacto que tiene este proyecto a nivel mundial, se explicará cómo se ha alineado nuestro proyecto con los objetivos mencionados anteriormente.

OBJETIVO 6. AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO

Este objetivo pretende que disminuya la cantidad de gente que no dispone de agua limpia, así como de una gestión sostenible de ella. En este trabajo, se han tomado las medidas necesarias para reducir el consumo de agua tanto en la instalación de bombeo como en la de climatización, con el fin de utilizar eficientemente los recursos hídricos a nuestro alcance, permitiendo así que otros puedan disfrutar de ellos también. Además, se han buscado maneras de reutilizar el agua contaminada mejorando así la calidad del agua y reduciendo el vertimiento y eliminando la emisión de productos químicos y materiales perjudiciales para el medio ambiente a mares y ríos de la zona.

OBJETIVO 7. ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE

Este objetivo se centra en el acceso universal a una energía limpia, sostenible y asequible para todo tipo de públicos. En este trabajo se ha buscado desde un principio mejorar la sostenibilidad de la vivienda utilizando paneles solares para la generación de electricidad, así como de la mejora de aislamientos para aumentar la eficiencia energética de la vivienda. Incluso el suelo radiante también utiliza la fototermia como fuente de generación. En cuanto a las bombas, se han seleccionado aquellas que tenían un mayor rendimiento y menor consumo, dentro de las opciones posibles. En el resto de los elementos, se han buscado aquellos que estaban compuestos por materiales que podían ser posteriormente reutilizados.

OBJETIVO 8. TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO

El octavo objetivo se enmarca en el crecimiento económico sostenido por una mayor disponibilidad de empleo y unas mejores condiciones de trabajo. Aunque nuestro trabajo no tiene un gran impacto se ha intentado promover el uso de distribuidores y proveedores locales a la hora de comprar el material y pedir presupuestos. Además, la mayoría de las instalaciones las realizará un equipo de cinco personas con gran experiencia de la zona. En todo momento se promoverán los descansos, la flexibilidad y la alimentación debida para el confort de los obreros.

OBJETIVO 11. CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES

Al igual que para el anterior objetivo, este trabajo no tiene un gran impacto, pero el hecho de que se haya intentado mejorar las instalaciones de la vivienda aumentando su sostenibilidad utilizando energías renovables y reutilizando el agua, permite que otros vecinos de la zona se sumen a esta propuesta y poco a poco se mejore la sostenibilidad de la comunidad.

OBJETIVO 12. PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES

Con este objetivo se pretende promover la gestión eficiente de los recursos naturales, reduciendo el consumo y gestionando el uso responsable de los productos químicos. En este trabajo, se ha pretendido reducir el desperdicio de agua con la instalación de un tratamiento de aguas grises, que a su vez reduce el vertimiento de químicos a la red general. Lo mismo se ha hecho con la instalación de paneles fototérmicos, que permiten mejorar el estilo de vida manteniendo la armonía con la naturaleza.

OBJETIVO 13. ACCIÓN POR EL CLIMA

Este objetivo se enmarca en la lucha por el cambio climático y la reducción de gases contaminantes. En la vivienda de estudio no se utiliza gas en ningún caso por lo que se contribuye a la mejora del cambio climático, empleando fuentes de energía renovables e instalaciones que permiten una mayor sostenibilidad. Los propietarios están concienciados con esta labor y por eso deciden invertir gran parte del capital destinado a esta vivienda en tecnología que fomente este objetivo.

2) PRESUPUESTOS

ÍNDICE DE LOS PRESUPUESTOS

1. PRESUPUESTOS PARCIALES.....	165
1.1 MUROS Y PAREDES	165
1.2 VENTANAS	166
1.3 PUERTAS	166
1.4 SUELO RADIANTE	167
1.5 SISTEMA COMPLETO DE AGUA CALIENTE SANITARIA	168
1.6 CIRCUITO DE AGUA RECICLADA	169
1.7 AIRE ACONDICIONADO.....	169
1.8 HUERTO DE TOMATE	170
1.9 FUENTE DE GENERACIÓN	170
1.9.1 FUENTE DE GENERACIÓN CON SUELO RADIANTE	170
1.9.2 FUENTE DE GENERACIÓN CON AIRE ACONDICIONADO	171
2. PRESUPUESTO FINAL	172
2.1 PRESUPUESTO FINAL OPCIÓN 1	172
2.2 PRESUPUESTO FINAL OPCIÓN 2	172
3. ANEXO IV: PRESUPUESTOS REALES	174
3.1 PRESUPUESTO DE LAS PUERTAS DE LA EMPRESA FRANCISCO PADILLA	174

1. PRESUPUESTOS PARCIALES

1.1 MUROS Y PAREDES

Tabla 37. Presupuesto de la reforma de muros y paredes. (Fuente: Elaboración propia)

Descripción	Unidades	Precio (€)	Importe (€)
Pladur Enairgy Isopop+ R1.3 13+40x1200x2600 Fonic Código de artículo 162232	215	20,41	4388,15
Pladur Enairgy Isopop+ R1.3 13+40x1200x2600 Omnia Código de artículo 162243	28	25,01	700,28
Pladur Enairgy MA x25kg Código de artículo 162165	151	9,6	1449,6
Pladur Enairgy MA (Mortero de agarre) x10kg Código de artículo 162166	1	3,84	3,84
Pasta Juntas Pladur JN x18kg Código de artículo: 161691	33	12,78	421,78
Cinta de Juntas Pladur x150M Código de artículo 4070640	6	3,69	22,14
Cinta de Juntas Pladur x23M Código de artículo 4070818	4	1,27	5,08

Pintura Triple acción TITANLUX 4L blanco Ref: 82495237	947	26,99	25559,53
<i>Gastos de Transporte</i>			10469,17
<i>Hora de Mano de obra</i>	24	50	1200
<i>Hora de Ingeniero</i>	7	50	350
Total con Impuestos			43.669,57

1.2 VENTANAS

Tabla 38. Presupuesto de la reforma de ventanas de la Vivienda. (Fuente: Elaboración propia)

Descripción	Unidades	Precio (€)	Importe (€)
<i>Presupuesto ventanas Persianas Moreno SL</i>	1	1	17.885,99
<i>Hora de ingeniero</i>	6	50	300
Total ventanas			18.185,99

1.3 PUERTAS

Tabla 39. Presupuesto de la reforma de las puertas. (Fuente: Elaboración propia)

Descripción	Unidades	Precio (€)	Importe (€)
<i>Presupuesto puertas Carpintería Francisco Padilla</i>	1	10.333,40	10.333,40
<i>Hora de ingeniero</i>	5	50	250
Total puertas			10.583,40

1.4 SUELO RADIANTE

Tabla 40. Presupuesto de la reforma de suelo radiante. (Fuente: Elaboración propia)

Descripción	Unidades	Precio (€)	Importe (€)
Rollo de tubo multicapa Ø16 mm Leroy Merlin x25M Ref: 82069866	88	15,4	1355,2
Rollo de tubo multicapa Ø16 mm Leroy Merlin x10M Ref: 82069864	2	7,99	15,98
Mortero de cemento Gecol x6 kg Ref: 24429368	2249	7,89	17.744,61
Mortero de cemento Gecol x2kg Ref: 24432205	1	3,39	3,39
Revestimiento pétreo PYMA x15L Gris acero Ref: 100912	3	60,38	181,14
Banda perimetral DUCASA x25m Ref: 16691535	8	40,99	327,92
Panel aislante de 3mm AXTON Caja de 10m ² Ref: 82282778	20	25,9	518,00
Colector modular de plástico Baxi x12 vías Ref: 7716932	2	648	1296,00
Colector modular de plástico Baxi	1	304	304

x4 vías Ref: 7716924			
Grupo de presión Saturn 4 04 18 M ESPALeader Ref: 203137	1	551	551
Bomba Sulzer VMS 6H	1	9500	9500
Hora de Mano de obra	20	50	1000
Hora de Ingeniero	14	50	700
Total con Impuestos			33.497,24

1.5 SISTEMA COMPLETO DE AGUA CALIENTE SANITARIA

Tabla 41. Presupuesto de la reforma del Sistema de ACS (Fuente: Elaboración propia)

Descripción	Unidades	Precio (€)	Importe (€)
Bomba Sulzer MF 154W	1	4000	4.000,00
Bomba Sulzer EJ-D2	1	3500	3.500,00
Mano de obra	7	50	350
Hora de Ingeniero	4	50	200
Total con Impuestos			8.050,00

1.6 CIRCUITO DE AGUA RECICLADA

Tabla 42. Presupuesto de la reforma del circuito de agua reciclada. (Fuente: Elaboración propia)

Descripción	Unidades	Precio (€)	Importe (€)
Sistema Roth <i>AquaServe 1000</i>	1	10.558,35	10.558,35
Sistema Roth <i>Rothagua RB 700</i>	1	386,80	386,80
Conexión entre sistemas Roth	1	208,08	208,08
Bomba Sulzer <i>EJ-D2</i>	1	3500	3500
Mano de obra	4	50	200
Hora de Ingeniero	2,5	50	125
Total con Impuestos			14.978,24

1.7 AIRE ACONDICIONADO

Tabla 43. Presupuesto de la reforma de aire acondicionado. (Fuente: Elaboración propia)

Descripción	Unidades	Precio (€)	Importe (€)
Aire acondicionado <i>HTW IX39B 1X1 6000FG</i> <i>Ref: 82198937</i>	8	879	7.032,00
Calefactor <i>Delonghi HVA 0220 2000W</i> <i>Ref: 81900941</i>	4	33,99	135,96
Hora de Mano de obra	3,5	50	175
Hora de Ingeniero	2	50	100
Total con Impuestos			7.442,96

1.8 HUERTO DE TOMATE

Tabla 44. Presupuesto de la plantación del huerto de tomate. (Fuente: Elaboración propia)

Descripción	Unidades	Precio (€)	Importe (€)
Semillas Tomate RAF Fitó x 3 Gr Ref.: 3139222	4	2,51	10,05
Abono azul universal COMPO Novatec para todo tipo de plantas x20kg Ref: 16331476	1	32,95	32,95
Soporte para plantar de acero 2.1m de alto y Ø 16 mm Ref: 12328610	10	2,99	29,90
Hora de Ingeniero	1,5	50	75
Total con Impuestos			147,90

1.9 FUENTE DE GENERACIÓN

1.9.1 FUENTE DE GENERACIÓN CON SUELO RADIANTE

Tabla 45. Presupuesto del Sistema de generación con suelo radiante. (Fuente: Elaboración propia)

Descripción	Unidades	Precio (€)	Importe (€)
Placa Solar Baxi Solar Easy 1000 Ref.: 144811029	1	9.022,53	9.022,53
Termo eléctrico COINTRA TNC Pro-c 30L Ref: 84789610	2	95	190
Termo eléctrico COINTRA TNC- PLUS 80L Ref:19835921	1	159	159

Termo acumulador LAPESA Geiser GX750 M1	1	4.103,14	4.103,14
Mano de obra	10	50	500
Hora de Ingeniero	3	50	150
Total con Impuestos			14.124,67

1.9.2 FUENTE DE GENERACIÓN CON AIRE ACONDICIONADO

Tabla 46. Presupuesto del Sistema de generación con aire acondicionado. (Fuente: Elaboración propia)

Descripción	Unidades	Precio (€)	Importe (€)
Placa Solar Baxi STS 300-2.0 Ref.: 720353101	1	2.250,96	2.250,96
Termo eléctrico COINTRA TNC Pro-c 30L Ref: 84789610	2	95	190
Termo eléctrico COINTRA TNC- PLUS 80L Ref:19835921	1	159	159
Mano de obra	4	50	200
Hora de Ingeniero	1,5	50	75
Total con Impuestos			2.874,96

2. PRESUPUESTO FINAL

2.1 PRESUPUESTO FINAL OPCIÓN 1

Tabla 47. Presupuesto final de la opción 1. (Fuente: Elaboración propia)

Elemento	Presupuesto (€)
Muros y paredes	43.669,57
Ventanas	18.185,99
Puertas	10.583,40
Suelo Radiante	33.497,24
Sistema de bombeo de ACS	8.050,00
Circuito de agua reciclada	14.978,24
Fototermia y generación aux.	14.124,67
Huerto de tomate	147,90
Total	143.237,01

2.2 PRESUPUESTO FINAL OPCIÓN 2 (SELECCIONADO)

Tabla 48. Presupuesto final de la opción 2. (Fuente: Elaboración propia)

Elemento	Presupuesto (€)
Muros y paredes	43.669,57
Ventanas	18185,99
Puertas	10.583,40
Aire acondicionado	7.442,96
Sistema de bombeo de ACS	8.050,00
Circuito de agua reciclada	14.978,24
Fototermia y generación aux.	2.874,96
Huerto de tomate	147,90
Total	105.933,02

3. ANEXO IV: PRESUPUESTOS REALES

3.1 PRESUPUESTO DE LAS PUERTAS DE LA EMPRESA FRANCISCO PADILLA

N.I.F.		AGENTE		FORMA DE PAGO				
				ES41 2100 4019 1322 0019 9893				
ARTÍCULO		DESCRIPCIÓN		CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	SUBTOTAL	DTO.	TOTAL
PUERTAS HUECO	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PUERTAS DE PASO ABATIBLES, HUECO SENCILLO, FABRICADAS EN MDF LACADO EN BLANCO CON 4 FRESADOS HORIZONTALES, INCLUYE: - PREMARCO DE 9x3.5 - GALCE EN MDF LACADO EN BLANCO DE 90x20 - TAPETA EN MDF LACADO EN BLANCO DE 90x10 - HERRAJES CROMADOS.			7,00	417,00	2.919,00		2.919,00
PUERTAS HUECO	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PUERTAS DE PASO ABATIBLES, HUECO DOBLE, FABRICADAS EN MDF LACADO EN BLANCO CON 4 FRESADOS HORIZONTALES, INCLUYE: - PREMARCO HUECO DOBLE. - GALCE EN MDF LACADO EN BLANCO DE 90x20. - TAPETA EN MDF LACADO EN BLANCO DE 90x10 - HERRAJES CROMADOS.			7,00	803,00	5.621,00		5.621,00
	** PRESUPUESTO VÁLIDO 3 MESES**			1,00				
TIPO	IMPORTE	DESCUENTO	PRONTO PAGO	PORTES	FINANCIACIÓN	BASE	I.V.A.	R.E.
21,00 10,00 4,00	8.540,00					8.540,00	1.793,40	
OBSERVACIONES: Forma de pago: En caso de aceptación del presupuesto, se entregará el 50% por adelantado y el restante 50% a la finalización del trabajo.						TOTAL: 10.333,40		

Ilustración 82. Presupuesto de las puertas (Fuente: Carpintería Padilla)

3.2 PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES DE LA EMPRESA ROTH

Roth Ibérica, S.A.



Valoración	Pag. 1 de 2
Nº Documento 10194043	Fecha documento 04.06.2021
	Delegado 2201
	Su solicitud 04.06.2021
Nº Valoración U-5393-I	
Plazo de validez 04.06.2021 hasta 04.07.2021	
Persona de contacto Departamento Técnico	Teléfono 622 591 264

Roth Ibérica, S.A. Apdo Correos 75 31500-Tudela

Valoración Económica

Los precios que aparecen en esta valoración económica son meramente orientativos, siendo en todo caso de aplicación los precios de las Tarifas, Condiciones de Venta y/u Ofertas Especiales vigentes en el momento del suministro de cada pedido.

La presente valoración económica, que hace referencia al cálculo técnico del mismo número, exime de cualquier responsabilidad a Roth.

PRESUPUESTO EN PVP

Pos.	Referencia	Cantidad	Precio UN	Total EUR
0010	1221200326	1,00 UN	8.271,00	8.271,00
	AquaServe 1000			
	Sus datos de pedido /Pos U-5393I			
	SUPLEMENTO MAT PRIMA		5,50 €	454,91
	Neto posición		8.725,91	8.725,91

Sistema de reutilización de aguas grises domésticas.

El conjunto AquaServe está diseñado para la reutilización de aguas grises domésticas provenientes de duchas y bañeras en la descarga de inodoros, riego de jardines, lavado de vehículos, etc., con bajo consumo energético. El equipo AquaServe por medio de su sistema de filtración por membranas biológicas (MBR) separa los sólidos suspendidos, materia orgánica, jabones, etc., de las aguas grises. El paso de membrana del equipo AquaServe es de 40 nm, lo que le otorga al equipo un rendimiento del 99,9% de eliminación de E. coli y huevos de nemátodos. Especialmente diseñado para viviendas unifamiliares. El equipo incluye:

- Armario de control IP66: 400 x 600 x 300 mm.
 - Depósito de aireación Rothagua RB700 (1.060 x 660 x 1.395 mm).
 - Depósito de filtración Rothagua RB700 (1.060 x 660 x 1.395 mm).
 - Reactor biológico.
 - Sistema automático de entrada de agua de red (que permite el suministro de agua potable en caso de déficit de agua gris)
- Capacidad producción: 1.000 L/día. Caudal: 50 L/h.
Certificado con el marcado CE.

Roth Ibérica, S.A., Polígono Industrial Montes de Clerzo A-68 KM. 86, E-31500 Tudela (Navarra)
Inscrita en el R. Mercantil de Navarra, tomo 645, folio 49, hoja NA-13.377 inscripción 33, C.I.F. E5A31639792

Ilustración 83. Presupuesto Sistema AquaServe (Fuente: Roth)

Valoración Económica

N° Documento: 10194043

Pag.

Fecha: 04.06.2021

2

Divisa: EUR

Pos.	Referencia	Cantidad	Precio UN	Total EUR
0020	1520700041	1,00 UN	303,00	303,00
	ROTHAGUA cerrado RB-700 L			
	SUPLEMENTO MAT PRIMA			
			5,50 €	16,67
	Neto posición			319,67
	Depósito cerrado de polietileno de alta densidad que incorpora un tinte anti UVA de color verde. Medidas: 1060x660x1395 mm. Dispone en su parte superior de 2 bocas de 72 mm y de una boca de hombre circular de 400 mm. En su parte inferior dispone de una brida para su vaciado o conexión con otros depósitos formando baterías. Primer depósito certificado por Applus con registro sanitario para uso alimentario.			
0030	1240600180	1,00 UN	163,00	163,00
	Conjunto acc. conex. AquaServe 400-1000			
	SUPLEMENTO MAT PRIMA			
			5,50 €	8,97
	Neto posición			171,97
Total posiciones				9.217,55
IVA repercutido				21,000 €
Total:				11.153,24

Ilustración 84. Presupuesto Sistema Rothagua RB700 (Fuente: Roth)