



**COMILLAS**  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS  
INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

**PROPUESTA DE INSTALACIONES DE  
BOMBEO Y SUELO RADIANTE-REFRESCANTE  
PARA UN EDIFICIO DE VIVIENDAS**

Autor: Íñigo Rodríguez Armajach

Director: Íñigo 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. IÑIGO RODRIGUEZ ARMAJACH

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: PROPUESTA DE INSTALACIONES DE BOMBEO Y SUELO RADIANTE-REFRESCANTE PARA UN EDIFICIO DE VIVIENDAS, 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) Reproducir la 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 8 de junio de 2021

**ACEPTA**



Fdo: Iñigo Rodríguez Armajach



Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título  
**PROPUESTA DE INSTALACIONES DE BOMBEO Y SUELO RADIANTE-  
REFRESCANTE PARA UN EDIFICIO DE VIVIENDAS** 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.: Íñigo Rodríguez Armajach

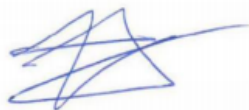
Fecha: 07/06/2021



Autorizada la entrega del proyecto  
**EL DIRECTOR DEL PROYECTO**

Fdo.: Íñigo Sanz Fernández

Fecha: 09/06/2021







**COMILLAS**  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

# GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

## **PROPUESTA DE INSTALACIONES DE BOMBEO Y SUELO RADIANTE-REFRESCANTE PARA UN EDIFICIO DE VIVIENDAS**

Autor: Íñigo Rodríguez Armajach

Director: Íñigo Sanz Fernández

Madrid

Junio de 2021





## **PROPUESTA DE INSTALACIONES DE BOMBEO Y SUELO RADIANTE-REFRESCANTE PARA UN EDIFICIO DE VIVIENDAS**

Autor: **Rodríguez Armajach, Íñigo.**

Director: Sanz Fernández, Íñigo.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas.

### **RESUMEN DEL PROYECTO**

#### **- INTRODUCCIÓN**

Este trabajo de fin de grado, pretende llevar a cabo el diseño de las instalaciones de bombeo y suelo radiante-refrescante para un edificio de viviendas de obra nueva, situado en el barrio de Castillejos, en Madrid. La parcela en la que se ubica es de 219m<sup>2</sup>, siendo la edificabilidad máxima de 742,61m<sup>2</sup>. El edificio constará de cuatro plantas habitables, además de un sótano, entreplanta, planta baja cubierta y cubierta. El total de viviendas básicas habitables es de 9, compuestas cada una de ellas por 2 baños completos y una cocina, salvo el 3ºA que sólo tiene 1 baño. Además, se llevará a cabo la construcción de dos áticos con un baño y una cocina cada uno, también completos. En la planta baja se encuentra el local de 35m<sup>2</sup> de planta, que constará de un baño dividido por sexos. El edificio dispondrá de un grifo aislado para la limpieza de las zonas comunes o jardinería, que se localizará en el portal.

Las tres primeras plantas están compuestas de 3 viviendas cada una, mientras que en la cuarta planta se encuentran los dos áticos. Cada vivienda tiene un dormitorio simple y uno doble excepto los áticos, siendo la superficie media de esta 55.2m<sup>2</sup>. El ático A, tiene un dormitorio doble, el ático B, tiene un dormitorio simple y otro doble, siendo la superficie de estos 37.71m<sup>2</sup>. El total de personas viviendo en el edificio se estima en 32, teniendo en cuenta lo comentado anteriormente acerca de las disposiciones de las viviendas. Para el local se estiman 8 trabajadores, teniendo en cuenta sus dimensiones, ya comentadas.

El suministro de agua, y las instalaciones de climatización y calefacción, son requerimientos básicos para la vida de las personas. Al ser una obra nueva, se trata de realizar una propuesta desde cero de las instalaciones antes mencionadas. El proyecto de edificación ha sido llevado a cabo por GREEN SOLID S.L, autor además de los planos utilizados en este proyecto, con la correspondiente autorización de su uso.

Se han empleado nociones básicas de las asignaturas de transmisión de calor y mecánica de fluidos para el diseño de las instalaciones. Por otro lado, se ha puesto especial atención a la normativa existente en estos campos, en los que destaca el Código Técnico de Edificación (CTE) y en algunas ocasiones el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). Dado que es un tema de actualidad, se ha utilizado la información de las páginas webs de los principales fabricantes y expertos del sector, para que el proyecto esté actualizado a los últimos avances.

El objetivo principal de este trabajo consiste en diseñar las instalaciones de bombeo de agua, climatización y suelo radiante, que hagan posible la vida en el edificio. De esta forma, se tratará de maximizar la eficiencia de las instalaciones y el confort de los residentes en conjunción con los últimos avances de la sociedad. Se perseguirá que dichas instalaciones sean persistentes, sostenibles y lo más eficientes posible. De acuerdo con esta línea de actuación, se proponen una serie de objetivos.

- **Garantizar la presión y el caudal adecuados en todo el sistema de agua fría y agua caliente sanitaria.** El objetivo es diseñar dichas instalaciones de manera adecuada y óptima, para que en un futuro no existan problemas de presión o caudal en el edificio. A su vez, de acuerdo con la teoría LCC de bombas, se pretende elegir todas las bombas a instalar del mismo fabricante para así abaratar el coste de mantenimiento. Para ello se utilizará el software ABSEL de Sulzer.
- **Ahorro y eficiencia energética.** Sin duda alguna, es de los objetivos más importantes del proyecto. Para lograr dicho ahorro energético, se planteará el uso de la aerotermia como fuente de energía, para la producción de ACS y para el suelo radiante-refrescante. Se buscará diseñar un sistema con la máxima eficiencia energética, tanto para las instalaciones de bombeo como para la climatización y calefacción.
- **Diseño de un aljibe.** Una de las novedades que introduce este proyecto es la instalación de un aljibe que recoja el agua de lluvia para después impulsarla hacia las cisternas de los baños. Se tratará de diseñar el aljibe, de forma que su funcionamiento sea óptimo y su instalación asequible económicamente.
- **Maximización del confort.** Uno de los pilares principales del proyecto. Todas las instalaciones se diseñarán para lograr un confort máximo en las viviendas. Se indagará sobre cuáles son los sistemas que consiguen maximizar el confort y se planteara su implantación en las viviendas.

#### - **METODOLOGÍA**

Se ha llevado a cabo una investigación exhaustiva sobre cuáles son las mejores opciones para lograr los objetivos anteriormente comentados. Desde un primer momento, se decidió que los ámbitos de trabajo del proyecto serían las instalaciones de bombeo, calefacción y climatización. Además de analizar por separado cada uno de estos sistemas, se pretendió estudiarlos como un conjunto, ya que se encuentran estrechamente relacionados.

Tras tener claros los diferentes apartados que el proyecto tendría, se comenzó por diseñar la instalación de agua fría. En este punto se planteó la instalación del aljibe. Al llegar al apartado de agua caliente, se barajaron diferentes formas de producir dicha agua, pero dado que la aerotermia iba a ser empleada para el suelo radiante, se optó por esta opción para así unificar ambos sistemas y aumentar la eficiencia y el ahorro energético. A la hora de elegir dichos equipos para las dos instalaciones, surgió la posibilidad de utilizar la instalación de suelo radiante como suelo refrescante en verano, y así obtener calefacción y climatización en un mismo sistema. Para ello, era necesario un equipo reversible. Posteriormente fue necesario el cálculo de las potencias frigoríficas y caloríficas para cada vivienda.

- **RESULTADOS**

Los resultados y decisiones tomadas acerca de las diferentes instalaciones han sido las siguientes:

- **Instalación de agua fría:** primero se calculó el caudal de cálculo del edificio, gracias a los datos de los aparatos instalados y al procedimiento expuesto por la norma UNE 149201. Dicho caudal resultó ser de 2,13 l/s, utilizado para posteriormente diseñar el depósito auxiliar de alimentación de 4m<sup>3</sup>, para poder suministrar durante 30 minutos el caudal de cálculo, en caso de que se produzca una avería en el Canal de Isabel II. Después, se realizó un análisis exhaustivo de la altura manométrica que la bomba debía salvar. Se obtuvo un valor de 28,51 metros y tras meter en el software de selección de bombas ambos datos, ninguna bomba de la serie más adecuada para este tipo de instalación era capaz de funcionar en ese punto de trabajo. En este momento se plantearon dos opciones, utilizar una bomba de otra serie con un precio elevado o instalar dos bombas en serie del modelo más óptimo. Se optó por la segunda opción y se planteó la instalación de dos bombas AS 0631 D. De esta forma, se garantiza perfectamente el caudal de cálculo, así como la presión necesaria en el punto más elevado del edificio.
- **Instalación del aljibe:** en cuanto a la instalación del aljibe, se realizó un análisis de las precipitaciones del lugar en el que se encuentra el edificio, para así poder diseñar el sistema y estimar la cantidad de agua recogida por el depósito. Se decidió aprovechar tres faldones de la cubierta para recoger el agua de lluvia, y gracias al procedimiento indicado por el Anexo B sección HS5 del CTE, se obtuvo un diámetro de la bajante de 50 mm. Tras calcular la cantidad de agua del mes con más precipitaciones, se diseñó un depósito de 16m<sup>3</sup> para que en ningún caso este desbordara. De igual manera que para el agua fría, se obtuvo el caudal de cálculo, 0,9263 l/s, y una altura manométrica de 12,18 metros. Del software de selección de bombas se escogió la bomba AS 0530 D.
- **Instalación de agua caliente:** la primera decisión a tomar en este ámbito, era elegir que unidad interior era la idónea para la producción de ACS, estas se diferenciaban únicamente en la capacidad del tanque de ACS. Para ello, se consultó una página web en la que se estimaba un consumo diario de 28 litros, siendo las viviendas de 3 personas, se obtiene un consumo cercano a 90 litros/día. De esta forma, se pudo escoger el Hydrobox Duo con la capacidad más pequeña, 170 litros. Para escoger la unidad exterior, era necesario calcular una serie de potencias que se analizarán en el siguiente punto. Cabe destacar que se escogió un equipo reversible para poder ofrecer suelo refrescante. El equipo elegido es el ERST17D-VM2D. No se ha diseñado red de recirculación para esta instalación, dado que las características de la misma permiten no hacerlo.
- **Instalación de suelo radiante-refrescante:** en este epígrafe lo más importante era calcular las potencias frigoríficas y caloríficas necesarias para cada vivienda. Una vez calculadas, se pudo elegir para las viviendas de la primera, segunda y tercera planta la unidad exterior SUZ-SWM60VA, y para los áticos una con menor potencia, la SUZ-SWM40VA. Dado que anteriormente en la instalación de agua caliente se había elegido un equipo reversible, se pudo ofrecer climatización en

los meses más cálidos a través de suelo refrescante. Además, se ha decidido incluir un control remoto y receptor inalámbrico para poder modificar la temperatura del agua que circula por los tubos del suelo, desde diferentes lugares de la vivienda. Por otra parte, se planteó la posibilidad de instalar fancoils de techo como apoyo para la climatización, pero ante la falta de espacio para instalar los compresores de descartó.

- **CONCLUSIONES**

El proyecto realizado, ha superado con creces los objetivos planteados al inicio, de hecho, se ha conseguido unificar en un mismo sistema dos instalaciones que aparentemente son completamente opuestas, climatización y calefacción. En el ámbito de instalaciones de bombeo, se ha conseguido diseñar unos sistemas muy consistentes, gracias a los que se suministra sin problemas el caudal y la presión necesaria en el punto más crítico. Al escoger todas las bombas del mismo fabricante, se consigue reducir el coste de mantenimiento, cumpliendo con la teoría LCC de las bombas. Al producir el agua caliente sanitaria con aerotermia, se logra un rendimiento cercano al 700% y una catalogación de A+ en dicha producción. Gracias al aljibe, se logra ahorrar 100m<sup>3</sup> de agua anuales, lo que significa el 57% del consumo de agua en las cisternas al año. Económicamente, dicho ahorro supone un importe cercano a los 400€/año. En cuanto a la instalación de suelo radiante-refrescante, se consigue un ahorro energético del 65% al combinarlo con la aerotermia, respecto a los métodos tradicionales como los radiadores y aires acondicionados. A su vez, se consigue utilizar las tecnologías más novedosas de hoy en día, en la búsqueda de unas instalaciones sostenibles y muy eficientes. Gracias a la aerotermia se consigue que el consumo eléctrico, el que se paga, se reduzca a un 25% de la energía producida.

El presupuesto total del proyecto ha sido de 150.932,35 €, IVA incluido. En dicho importe se han incluido las horas de ingeniería y mano de obra. Si se analiza la inversión por vivienda, esta resulta ser de 13.721 €, cifra que puede parecer elevada, pero se debe recordar que las instalaciones diseñadas, exigen un mantenimiento mínimo, y una vida útil elevada. Además, en dicho importe, se incluyen todas las instalaciones necesarias para garantizar una calidad de vida alta en el hogar, suministro de agua fría y caliente, calefacción y climatización.

## **PROPOSAL OF PUMPING AND UNDERFLOOR HEATING-COOLING FACILITIES FOR A RESIDENTIAL BUILDING**

Author: **Rodríguez Armajach, Íñigo.**

Director: Sanz Fernández, Íñigo.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas.

### **PROJECT SUMMARY**

#### **- INTRODUCTION:**

This final degree project seeks to develop the pumping and underfloor heating-cooling's installation for a building of new construction homes, situated about Castillejos, in Madrid. The plot in which is located is 219m<sup>2</sup>, while the maximum building land is 742,61 m<sup>2</sup>. The building consists of 4 floors, as well as a basement, mezzanine, a covered base floor and rooftop. The sum of basic living homes is 9, where each one has 2 complete bathrooms and a kitchen, except 3<sup>o</sup>A which it only has 1 bathroom. In addition, the construction of two attics with one full bathroom and kitchen each will take place. In the lowest floor you will find a 35 m<sup>2</sup> establishment, which will have two bathrooms, one for each sex. The building will have an isolated water hose for the cleaning and maintenance of the communal areas and gardening, which will be located in the entrance of the building.

The first three floors have 3 apartments each, while the fourth one has two attics. Each apartment has a single room and a double except from the two attics. Attic A has just a double room, while attic B has a single and a double room. The average area of the apartments is 55.2 m<sup>2</sup> while the average area of the two attics is 37.71 m<sup>2</sup>. The average area of the apartments is 55.2 m<sup>2</sup>. The total capacity of the building is estimated to be 32, as previously mentioned before about the setup of the homes. As for the establishment in the lowest floor, accounting for the dimensions of such, an estimated 8 people will be able to work there.

The water supply, air conditioning and heating, are basic necessities for a normal living. Since it is a new construction, a proposal must be made from the start of the installations previously mentioned. The edification project has been carried by GREEN SOLID S.L, who also created the blueprints of the building that were used in this project, with the corresponding authorization for its use.

Basic elements of the classes heat transmissions and fluid mechanics were used for the installations' design. In addition, special attention was put to the current regulations in this field, where must be highlighted the “Código Técnico de Edificación (CTE)” and on some occasions the “Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). Since it is a current issue, information from the main manufacturers' websites was used, so that the project was up to date with the new events.

The main objective of this project consists of designing the pumping water's installation, air conditioning and radiant floor, to make living in the building possible. This way, it is important to maximize the efficiency of the installations and the comfort of the residents in conjunction with the new advances in society

The installations designed would try to be persistent, sustainable and as most efficient as possible. According to this, a series of objectives are proposed:

- Guarantee the adequate pressure and flow in the whole system of cold and hot water. The goal is to design such installations in an optimum and adequate manner, so that in the future there will not exist any problems of pressure or flow in the building. Simultaneously, according to the LCC pumps theory, it is pretended to choose all the pumps to install from the same manufacturer in order to lower the cost of maintenance. To achieve this, the software ABSEL of Sulzer will be used.
- Savings and energetic efficiency. Without a doubt, this is one of the most important goals of this project. In order to accomplish such energy saving, it is proposed the use of aerothermal as an energy source, to produce DHW and for the radiant-refreshing floor. The project will be based on designing a system with maximum energetic efficiency for the pumping installations as well as for the air conditioning and heating systems.
- Design of a deposit. One of the novelties that this project introduces is the installation of a deposit that collects water from the rain to later send it to the bathroom pipes system. The reservoir will be designed in a way that its performance its optimal and its installation is affordable.
- Comfort maximization. This is one of the main pillars of this project. All the installations will be designed to achieve the maximum level of comfort for the homes. A deep look will be taken into which are the systems that maximize the comfort for the residents, and their implementation in every house will be carried out.

- ***METHODOLOGY:***

Extensive research has been carried out into what are the best options for achieving the above-mentioned objectives. From the outset, it was decided that the areas of work of the project would be the pumping, heating and air conditioning systems. In addition to analyzing each of these systems separately, it was intended to study them as a whole, since they are closely linked.

After having clear the different sections that the project would have, the first task was designing the cold-water installation. At this point the installation of the deposit was raised. Later, different ways of producing hot water were considered, but since aerothermal energy was going to be used for the underfloor heating, this option was chosen to unify both systems and increase efficiency and energy savings. When choosing such equipment for the two plants, the possibility arose of using the underfloor heating system as a cooling floor in summer, thus obtaining heating and air conditioning in the same system. Reversible equipment was required for this purpose. Subsequently, it was necessary to calculate the cooling and heating capacities for each dwelling.

- **RESULTS:**

The results and decisions reached about the different installations were the following:

- **Installation of cold water:** first, calculus flow of the building was calculated, thanks to the data collected from the flow installed devices and to the procedure exposed by the Norma UNE 149201. Such flow was 2,13 l/s, used to design the auxiliary deposit of 4m<sup>3</sup>, in order to administrate for 30 minutes, the calculus flow, in case there was a failure or leak in the Canal de Isabel II. Later, an exhaustive analysis was conducted of the height that the pump would have to reach. A value of 28,51 meters was obtained and after inputting those values in the software of pumps selection, none of the pumps of the most adequate series for this type of installation were able to function for that spot. At this stage, two options were considered: to use a pump of another series at a high price or to install two pumps in series of the most optimal model. The second option was chosen and the installation of two AS 0631 D pumps was considered. In this way, the design flow and pressure required at the highest point of the building are perfectly guaranteed.
- **Installation of the deposit:** as for the installation of the reservoir, an analysis of the precipitation of the site where the building is located was carried out, in order to design the system and estimate the quantity of water collected by the reservoir. It was decided to use three skirts of the roof to collect rainwater, and thanks to the procedure indicated in Annex B section HS5 of the CTE, a drop-down diameter of 50 mm was obtained. After calculating the amount of water of the month with the most precipitation, a reservoir of 16m<sup>3</sup> was designed so that it never overflowed. As for cold water, the design flow rate was 0. 9263 l/s and a manometric height of 12. 18 meters. The AS 0530 D pump was selected from the pump selection software.
- **Hot water installation:** the first decision to be made in this area was to choose which indoor unit was suitable to produce DHW, which differed only in the capacity of the DHW tank. For this purpose, a website was consulted which estimated a daily consumption of 28 liters, with dwellings of 3 people, yielding a consumption of close to 90 liters/day. Thus, it was possible to choose the Hydrobox Duo with the smallest capacity, 170 liters. In order to choose the external unit, it was necessary to calculate a series of powers which will be analyzed in the next section. It should be noted that a reversible equipment was chosen to provide refreshing flooring. The equipment chosen is the ERST17D-VM2D. No recirculation network has been designed for this installation since the characteristics of the system do not allow it to be used.
- **Installation of underfloor heating-cooling:** in this section the most important thing was to calculate the cooling and heating capacity needed for each dwelling. Once calculated, it was possible to choose the SUZ-SWM60VA outdoor unit for the first, second and third floor homes, and the SUZ-SWM40VA for the penthouses. Since in the DHW system a reversible unit was chosen, cooled floor



can be offered in the warmest months of the year. As well, a remote control and a wireless receiver have been included to modify the temperature of the water moving through the tubes, from different places of the apartments. On the other hand, the possibility of installing air conditioning splits was considered, but due to a lack of space, it was discarded.

- **CONCLUSIONS:**

This project has far exceeded the initial objectives considered, in fact, two systems apparently opposite have been unified only in one, climatization and heating. About the pumping, the systems designed are very solid, providing the flow and pressure necessary to the most critical point of the building. Because of choosing all the pumps from the same manufacturer, the maintenance cost is reduced, in agreement of the LCC pumps theory. By producing the DHW (domestic hot water) by aerothermal, a 700% performance is achieved with a cataloging of A+ in the production. Thanks to the deposit, a saving of 100m<sup>3</sup> of water is reached annually, which represent the 57% of the toilet's tank consumption each year. Economically, this saving means 400€/annually. For the underfloor heating-cooled floor system, an energetic saving of 65% is managed because of combining it with aerothermal, in comparison to the traditional heaters and air conditioning. Also, the newest technologies are used in the search for sustainable and highly efficient systems. Thanks to aerothermal, the electric consumption is reduced to a 25% of the energy produced, which is the part to be paid.

The budget of the project is 150.932,35€, including taxes and labor hours. Analyzing each household individually, the amount needed is 13.721€, which might seem high, but these units require a minimum maintenance level and have a long lifetime. As well, all the necessary systems to guarantee a high quality of life in the household are included, cold water, DHW, climatization and heating.



## **ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

<b>Ilustración 1.</b> Localización del barrio de Castillejos dentro de la ciudad de Madrid. (Fuente: Wikipedia) .....	34
<b>Ilustración 2.</b> Determinación del caudal de cálculo según apartado 5 de la Norma UNE 149201. (Fuente: Apartado 5 Norma UNE 149201).....	38
<b>Ilustración 3.</b> Cálculo del factor de fricción a través del ábaco de Moody. (Fuente: Elaboración propia).....	41
<b>Ilustración 4.</b> Selección de bombas en serie a través del software ABSEL. (Fuente: Elaboración propia mediante ABSEL Sulzer’s Wastewater Pump Selection Tool) .....	42
<b>Ilustración 5.</b> Esquema del sistema hidráulico primario. (Fuente: Elaboración propia mediante Epanet) .....	45
<b>Ilustración 6.</b> Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas (Fuente: Anexo B sección HS5 del CTE) .....	50
<b>Ilustración 7.</b> Tabla de intensidades pluviométricas (Fuente: Anexo B sección HS5 del CTE).....	50
<b>Ilustración 8.</b> Tabla de diámetros de las bajantes de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h (Fuente: Apartado 4.2.3 de la sección HS 5 del CTE) .....	51
<b>Ilustración 9.</b> Esquema del sistema hidráulico del aljibe. (Fuente: Elaboración propia mediante Epanet) .....	53
<b>Ilustración 10.</b> Cálculo del factor de fricción a través del ábaco de Moody. (Fuente: Elaboración propia).....	55
<b>Ilustración 11.</b> Selección de bomba del aljibe a través del software ABSEL. (Fuente: Elaboración propia mediante ABSEL Sulzer’s Wastewater Pump Selection Tool) .....	56
<b>Ilustración 12.</b> Curva de funcionamiento de la bomba AS 0530 D del fabricante SULZER-SPIRL. (Fuente: Elaboración propia mediante ABSEL Sulzer’s Wastewater Pump Selection Tool).....	57
<b>Ilustración 13.</b> Unidad interior Hydrobox Duo del sistema ECODAN. (Fuente: Mitsubishi Electric).....	61
<b>Ilustración 14.</b> Especificaciones del Hydrobox ERST17D-VM2D0. (Fuente: Mitsubishi Electric).....	62
<b>Ilustración 15.</b> Ciclo termodinámico de la aerotermia. (Fuente: Sanigrif) .....	63
<b>Ilustración 16.</b> Funcionamiento sistema ECODAN. (Fuente: Gasfriocalor) .....	64
<b>Ilustración 17.</b> Esquema del sistema hidráulico de ACS. (Fuente: Elaboración propia mediante Epanet) .....	66
<b>Ilustración 18.</b> Función de autoadaptación de la tecnología ECODAN. (Fuente: Mitsubishi Electric).....	70
<b>Ilustración 19.</b> Instalación de los tubos hídricos del suelo radiante-refrescante. (Fuente: Instalaciones y eficiencia energética).....	71
<b>Ilustración 20.</b> Elementos de un sistema radiante-refrescante. (Fuente: Akiter)....	72
<b>Ilustración 21.</b> Zonas climáticas en invierno según el CTE. (Fuente: Caloryfrio). 74	
<b>Ilustración 22.</b> Calefacción por sistema ECODAN individualizado. (Fuente: Mitsubishi Electric).....	93
<b>Ilustración 23.</b> Calefacción por caldera de gasoil colectiva. (Fuente: Mitsubishi Electric) .....	93
<b>Ilustración 24.</b> Imagen del plano del sótano. (Fuente: GREEN SOLID S.L) .....	125

<b>Ilustración 25.</b> Imagen del plano de la planta baja y entreplanta. (Fuente: GREEN SOLID S.L) .....	126
<b>Ilustración 26.</b> Imagen del plano de la primera y segunda planta. (Fuente: GREEN SOLID S.L) .....	127
<b>Ilustración 27.</b> Imagen del plano de la tercera planta. (Fuente: GREEN SOLID S.L) .....	128
<b>Ilustración 28.</b> Imagen del plano de la planta ático. (Fuente: GREEN SOLID S.L) .....	129
<b>Ilustración 29.</b> Imagen del plano de la planta bajo cubierta. (Fuente: GREEN SOLID S.L).....	130
<b>Ilustración 30.</b> Imagen del plano de la planta cubierta. (Fuente: GREEN SOLID S.L) .....	131
<b>Ilustración 31.</b> Imagen del alzado a calle Lérida. (Fuente: GREEN SOLID S.L) .....	132
<b>Ilustración 32.</b> Imagen del alzado a calle Huesca. (Fuente: GREEN SOLID S.L) .....	133
<b>Ilustración 33.</b> Imagen de la sección D-D. (Fuente: GREEN SOLID S.L) .....	134
<b>Ilustración 34.</b> Imagen de la sección C-C. (Fuente: GREEN SOLID S.L).....	135
<b>Ilustración 35.</b> Imagen de la sección B-B. (Fuente: GREEN SOLID S.L).....	136
<b>Ilustración 36.</b> Imagen de la sección A-A. (Fuente: GREEN SOLID S.L) .....	137
<b>Ilustración 37.</b> Imagen del plano de superficie construida de planta baja, entreplanta y sótano. (Fuente: GREEN SOLID S.L).....	138
<b>Ilustración 38.</b> Imagen del plano de superficie construida de la primera, segunda y tercera planta. (Fuente: GREEN SOLID S.L) .....	139
<b>Ilustración 39.</b> Imagen del plano de superficie construida de la planta ático y bajo cubierta. (Fuente: GREEN SOLID S.L) .....	140
<b>Ilustración 40.</b> Depósito auxiliar de alimentación de 4000 litros. (Fuente: Aquaenergy) .....	141
<b>Ilustración 41.</b> Bomba Sulzer AS 0631 D. (Fuente: Sulzer).....	142
<b>Ilustración 42.</b> Tubería de PPR multicapa. (Fuente: Fittingstandar) .....	143
<b>Ilustración 43.</b> Válvula de presión RS. (Fuente: RS Online) .....	144
<b>Ilustración 44.</b> Depósito vertical de 10m <sup>3</sup> . (Fuente: Aquaenergy) .....	145
<b>Ilustración 45.</b> Depósito horizontal de 6m <sup>3</sup> . (Fuente: Aquaenergy) .....	146
<b>Ilustración 46.</b> Depósito GRG de 1m <sup>3</sup> . (Fuente: Manomano).....	147
<b>Ilustración 47.</b> Sensor electromagnético de nivel de agua. (Fuente: Manomano) .....	147
<b>Ilustración 48.</b> Sensor de funcionamiento mecánico. (Fuente: Manomano).....	148
<b>Ilustración 49.</b> Lana de vidrio ISOVER. (Fuente:ISOVER).....	148
<b>Ilustración 50.</b> Bomba Sulzer AS 0530 D. (Fuente: SULZER) .....	149
<b>Ilustración 51.</b> Tubería de PVC. (Fuente: Bricomart) .....	150
<b>Ilustración 52.</b> Hydrobox Duo ERST17D-VM2D.....	150
<b>Ilustración 53.</b> Unidades exteriores SUZ-SWM60VA y SUZ-SWM40VA. (Fuente: Mitsubishi Electric).....	151
<b>Ilustración 54.</b> Especificaciones unidades exteriores. (Fuente: Mitsubishi Electric) .....	151
<b>Ilustración 55.</b> ECODAN PAR-WT51R-E. (Fuente: Mitsubishi Electric).....	151
<b>Ilustración 56.</b> ECODAN PAR-WT50R-E. (Fuente: Mitsubishi Electric).....	151
<b>Ilustración 57.</b> Objetivos de Desarrollo Sostenible (Fuente: Corresponsables) ...	153

## **ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Datos de los aparatos y cálculo de caudales. (Fuente: Elaboración propia) .....	37
<b>Tabla 2.</b> Cálculo de metros cúbicos de agua pluvial almacenados en el aljibe por mes. (Fuente: Elaboración propia) .....	48
<b>Tabla 3.</b> Cálculo de potencia calorífica necesaria en las viviendas de la primera y segunda planta. (Fuente: Elaboración propia) .....	78
<b>Tabla 4.</b> Cálculo de la potencia calorífica necesaria en las viviendas de la tercera planta. (Fuente: Elaboración propia) .....	81
<b>Tabla 5.</b> Cálculo de la potencia calorífica necesaria en los áticos. (Fuente: Elaboración propia) .....	83
<b>Tabla 6.</b> Resumen de la potencia calorífica necesaria en cada vivienda. (Fuente: Elaboración propia) .....	84
<b>Tabla 7.</b> Tabla orientativa para el cálculo de la potencia refrigerante de un aparato de aire acondicionado. (Fuente: Elaboración propia) .....	85
<b>Tabla 8.</b> Superficies a climatizar de las viviendas. (Fuente: Elaboración propia) ...	85
<b>Tabla 9.</b> Unidades exteriores y sus características. (Fuente: Elaboración propia) ...	87
<b>Tabla 10.</b> Mediciones de metros de tubería basadas en planos. (Fuente: Elaboración propia) .....	97
<b>Tabla 11.</b> Resumen de válvulas de presión necesarias para las instalaciones de bombeo (Fuente: Elaboración propia) .....	98
<b>Tabla 12.</b> Presupuesto del proyecto, importes con IVA incluido. (Fuente: Elaboración propia) .....	103
<b>Tabla 13.</b> Resumen del presupuesto. (Fuente: Elaboración propia) .....	112

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

<b>Gráfico 1.</b> Distribución del consumo de agua por horas en España. (Fuente: Universidad de Granada).....	36
<b>Gráfico 2.</b> Curva de funcionamiento de la bomba AS 0631 D del fabricante SULZER- SPIRL. (Fuente: Elaboración propia mediante ABSEL Sulzer's Wastewater Pump Selection Tool).....	43
<b>Gráfico 3.</b> Promedio de días de lluvia en Madrid por meses. (Fuente: Weather Atlas) .....	46
<b>Gráfico 4.</b> Precipitación media por meses en Madrid (Fuente: Weather Atlas) .....	47
<b>Gráfico 5.</b> Distribución de agua de lluvia por mes (Fuente: Elaboración propia) ..	48
<b>Gráfico 6.</b> Comparativa rendimientos de diferentes sistemas de producción de ACS. (Fuente: Elaboración propia) .....	68
<b>Gráfico 7.</b> Presupuesto total del proyecto. (Fuente: Elaboración propia) .....	103
<b>Gráfico 8.</b> Presupuesto total del proyecto. (Fuente: Elaboración propia) .....	111

## **ÍNDICE DE PLANOS**

<b>Plano 1.</b> Plano de la cubierta del edificio. (Fuente: Modificado de original de GREEN SOLID S.L) .....	47
<b>Plano 2.</b> Orientación y distribución de la primera y segunda planta. (Fuente: Modificado de original de GREEN SOLID S.L).....	74
<b>Plano 3.</b> Orientación y distribución de la tercera planta. (Fuente: Modificado de original de GREEN SOLID S.L) .....	78
<b>Plano 4.</b> Orientación y distribución de los dos áticos. (Fuente: Modificado de original de GREEN SOLID S.L).....	82
<b>Plano 5.</b> Plano en el que se muestra la galería de instalaciones utilizada. (Fuente: GREEN SOLID SL) .....	95

# **MEMORIA**



## ÍNDICE DE LA MEMORIA

<b>1. DEFINICIÓN DEL TRABAJO .....</b>	<b>28</b>
1.1. INTRODUCCIÓN .....	28
1.2. ESTADO DE LA CUESTIÓN .....	29
1.3. MOTIVACIÓN.....	30
1.4. OBJETIVOS.....	31
1.4.1. OBJETIVO DE LAS INSTALACIONES DE BOMBEO.....	31
1.4.2. OBJETIVO DE LA ISNTALACIÓN DE SUELO RADIANTE.....	31
1.4.3. OBJETIVO DE LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN .....	31
1.5. RECURSOS A EMPLEAR.....	32
<b>2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SITUACIÓN GEOGRÁFICA.....</b>	<b>34</b>
<b>3. INSTALACIONES DE BOMBEO.....</b>	<b>36</b>
3.1. AGUA FRÍA .....	37
3.1.1. CÁLCULO DE CAUDALES .....	37
3.1.2. OBTENCIÓN DEL CAUDAL DE CÁLCULO .....	38
3.1.3. DIMENSIONAMIENTO DE LOS DEPÓSITOS AUXILIARES DE ALIMENTACIÓN .....	39
3.1.4. ANÁLISIS DE ALTURAS MANOMÉTRICAS.....	39
3.1.5. SISTEMA HIDRÁULICO PRIMARIO.....	44
3.1.6. REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA ANUAL .....	46
3.2. AGUA CALIENTE .....	58
3.2.1. INTRODUCCIÓN A LA AEROTERMIA.....	58
3.2.2. CONSUMO DIARIO DE ACS POR VIVIENDA.....	59
3.2.3. SELECCIÓN DE EQUIPO INTERIOR.....	60
3.2.4. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA .....	63
3.2.5. SISTEMA HIDRÁULICO .....	65
3.2.6. COMPARATIVA PRODUCCIÓN ACS CON AEROTERMIA O CON MÉTODOS TRADICIONALES .....	67
<b>4. SUELO RADIANTE Y REFRESCANTE .....</b>	<b>70</b>
4.1. SISTEMA HIDRÓNICO .....	71
4.2. CÁLCULO DE LA POTENCIA CALORÍFICA NECESARIA .....	73
4.3. CÁLCULO DE LA POTENCIA FRIGORÍFICA NECESARIA .....	85
4.4. ELECCIÓN UNIDAD EXTERIOR .....	87
4.5. DECISIÓN TOMADA ACERCA DE LOS FANCOILS .....	89
4.6. COMPARATIVA SUELO RADIANTE-REFRESCANTE FRENTE A RADIADORES CONVENCIONALES Y AIRE ACONDICIONADO .....	90
4.7. COMPARATIVA ECODAN FRENTE A CALDERA COLECTIVA.....	92

<b>5. MEDICIONES</b> .....	<b>95</b>
<b>6. PRESUPUESTO</b> .....	<b>99</b>
<b>7. ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	<b>105</b>
7.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS INSTALACIÓN AGUA FRÍA.....	105
7.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS INSTALACIÓN AGUA CALIENTE.....	107
7.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS INSTALACIÓN SUELO RADIANTE-REFRESCANTE .....	108
7.4. ANÁLISIS DEL PRESUPUESTO .....	111
<b>8. CONCLUSIONES</b> .....	<b>114</b>
<b>9. LÍNEAS FUTURAS</b> .....	<b>117</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>119</b>
<b>11. ANEXOS</b> .....	<b>124</b>
11.1. ANEXO I: PLANOS DEL EDIFICIO .....	124
11.2. ANEXO II: DATOS DETALLADOS DE LOS APARATOS .....	141
11.3. ANEXO III: OTROS DATOS DE INTERÉS .....	152
11.4. ANEXO IV: ALIENACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE .....	153

**Íñigo Rodríguez Armajach**  
*MEMORIA*

## **1. DEFINICIÓN DEL TRABAJO**

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

La propuesta de este proyecto se realizará sobre un edificio de viviendas ubicado en Madrid, en la calle Huesca Nº15, en el barrio de Castillejos del Distrito Tetuán. Actualmente la parcela está ocupada por un edificio por lo que se procederá al derribo. La parcela consta de 219m<sup>2</sup>, siendo la edificabilidad total máxima de 742.61m<sup>2</sup>. El edificio constará de cuatro plantas.

Este edificio se sitúa en una zona de Madrid, que en su origen se configuró como periferia de carácter residencial. A lo largo de los años, esta zona ha ido ganando atractivo debido a su localización urbana y su fácil accesibilidad. Estos motivos han provocado que se considere una zona residencial de primer orden de forma que el edificio a construir sea considerado una pieza residencial de gran calidad en el sector urbano.

El total de viviendas básicas habitables es de 9, compuestas cada una de ellas por 2 baños completos y una cocina. Además, se llevará a cabo la construcción de dos áticos con un baño y una cocina cada uno, también completos. En la planta baja se encuentra el local de 35m<sup>2</sup> de planta, que constará de un baño dividido por sexos. El edificio dispondrá de un grifo aislado para la limpieza de las zonas comunes o jardinería, que se localizará en el portal.

Las tres primeras plantas están compuestas de 3 viviendas cada una, mientras que en la cuarta planta se encuentran los dos áticos. Cada vivienda tiene un dormitorio simple y uno doble excepto los áticos, siendo la superficie media de esta 55.2m<sup>2</sup>. El ático A, tiene un dormitorio doble, el ático B, tiene un dormitorio simple y otro doble, siendo la superficie de estos 37.71m<sup>2</sup>. El total de personas viviendo en el edificio se estima en 32, teniendo en cuenta lo comentado anteriormente acerca de las disposiciones de las viviendas. Para el local se estiman 8 trabajadores, teniendo en cuenta sus dimensiones, ya comentadas.

El proyecto de edificación ha sido llevado a cabo por el promotor GREEN SOLID S.L, los datos presentados anteriormente han sido facilitados por ellos con la correspondiente autorización de uso.

Por lo tanto, el objetivo principal de este trabajo consiste en diseñar las instalaciones de bombeo de agua, climatización y suelo radiante, que hagan posible la vida en el edificio. De esta forma, se tratará de maximizar la eficiencia de las instalaciones y el confort de los residentes en conjunción con los últimos avances de la sociedad.

## **1.2. ESTADO DE LA CUESTIÓN**

Hoy en día, no se concibe la vida sin las facilidades que son puestas a nuestra disposición pero que en el principio de los tiempos parecían impensables. En este caso, se hace referencia a disponer en los hogares de agua fría y sanitaria, de suelo radiante y de climatización. Es difícil imaginar una vida sin estos tres recursos y por lo tanto hace más que necesaria las instalaciones a estudiar comentadas en la introducción.

Según fuentes externas, en España se construyen alrededor de 100.000 viviendas al año. En todas ellas son necesarias las instalaciones a diseñar en este proyecto, para hacer más cómoda y fácil la vida de las personas. Además, cabe destacar que cualquier otra actividad comercial o profesional también requiere de estas instalaciones para que esta, se pueda realizar de la manera correcta. Se trata por lo tanto de un tema presente en el día a día, que hace que sea necesario estar al tanto de los nuevos avances tecnológicos para ponerlos en práctica.

En cuanto a las instalaciones de bombeo de agua fría y sanitaria, este proyecto buscará resolver algunos problemas comunes en las viviendas de hoy en día como puede ser la falta de presión del agua en los últimos pisos o la imposibilidad de usar agua caliente si otra persona está haciendo uso de esta. Estos problemas se deben a un mal dimensionamiento de las instalaciones. También se pretende reducir el coste de mantenimiento de los equipos y sistemas a instalar, de forma que se consiga abaratar dicho coste y reducir en lo máximo posible el mantenimiento de las bombas, gracias a los nuevos avances desarrollados por los fabricantes, que hacen que dichas bombas sean más duraderas. La normativa acerca del agua en general es muy extensa, y siempre se tratará de cumplirla minuciosamente para que no ocurran los problemas ya comentados. En este caso el CTE (Código Técnico de Edificación) recoge dentro del documento básico HS, en el apartado de Salubridad algunos requisitos sobre el dimensionamiento y suministro de agua para redes y de recirculación de agua sanitaria.

En las instalaciones de climatización y suelo radiante, se busca también resolver algunos problemas comunes como puede ser la falta de eficiencia de los equipos instalados, el mal aislamiento térmico de las viviendas y el más importante, el cambio climático. Este tipo de instalaciones ofrece un abanico de posibilidades a la hora de proceder a la instalación. En este caso se opta por la aerotermia, de manera que se cumple con el requisito de utilizar los nuevos avances que están a nuestra disposición y además se trata de una fuente de energía catalogada como renovable y sostenible. Con los equipos de aerotermia se logra maximizar la eficiencia energética hasta en un 600% más que los equipos convencionales que se pueden ver hoy en día. En cuanto a la normativa, se actuará siempre en concordancia con lo estipulado en el RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios) en el que quedan reflejadas las principales exigencias en eficiencia energética y diferentes guías para la optimización de las instalaciones a desarrollar, en este caso, climatización y suelo radiante. Además, también se consultará el CTE para temas de instalación en la cubierta del edificio

### **1.3. MOTIVACIÓN**

La motivación personal del proyecto procede de la asignatura de Turbomáquinas. La materia de estudio de este campo, ha sido una motivación desde el primer día que empezó a cursarse, resultando ser un mundo apasionante y que está presente en el día a día de las personas. A raíz de esto, nace una motivación extra en el sector de cara al futuro, en el que se plantea la dedicación profesional al mundo de las turbomáquinas.

La idea de este trabajo, nace de la necesidad de hacer una reforma en mi vivienda. Este piso llevaba 30 años sin reformarse y las instalaciones estaban quedando obsoletas. En un primer momento se planteó que el objetivo de este trabajo fuera realizar la reforma de la vivienda. Tras analizar las alternativas que la reforma ofrecía, se llegó a la conclusión de que eran insuficientes para un Trabajo de Fin de Grado de un alumno del Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales. Tras un tiempo de reflexión, se planteó la idea final del proyecto siguiendo la línea de lo comentado anteriormente.

La motivación del proyecto como tal consiste como se ha comentado en la introducción, en la maximización del confort de los residentes. A su vez, existe una fuerte motivación para realizar este trabajo en consonancia con el medio ambiente. Dada la creciente preocupación en la sociedad sobre el medio ambiente, existe un afán de hacer este trabajo lo más sostenible y menos perjudicial posible gracias a los nuevos avances de la sociedad. Otra motivación es poder participar en un proyecto aplicable a la vida real, en el que existe colaboración con otros profesionales y que en un futuro quizás pueda implementarse. Como alumnos, escasean las oportunidades de salir al mundo laboral mientras se estudia la carrera, por lo que, gracias a este trabajo, se establece una primera toma de contacto con la vida profesional para poner en práctica todo lo aprendido de manera teórica.

## **1.4. OBJETIVOS**

El objetivo de este proyecto consiste en el diseño de las instalaciones de bombeo de agua, la instalación de suelo radiante en las viviendas y el diseño del sistema de climatización de las mismas. En este proyecto, se persigue que las instalaciones a diseñar, sean persistentes, es decir, que no queden obsoletas en un futuro cercano. El objetivo reside en diseñar los sistemas de la manera más eficiente y sostenible posible, utilizando las nuevas tecnologías y recursos.

Para ello se tendrán en cuenta los Objetivos de Desarrollo Sostenible, atendiendo a su vez a buscar la mejor propuesta económicamente posible.

### **1.4.1. OBJETIVO DE LAS INSTALACIONES DE BOMBEO**

Dentro del sistema de bombeo de agua, se elegirán las bombas necesarias para el suministro de las viviendas, así como el diseño del sistema de tuberías necesario. El objetivo consiste en garantizar el suministro tanto de agua fría como de agua sanitaria a todas las viviendas con la presión necesaria para hacer fácil y cómoda la vida de los residentes. De acuerdo con la teoría LCC de bombas, se pretende elegir todas las bombas a instalar del mismo fabricante para así abaratar el coste de mantenimiento. Para ello se utilizará el software ABSEL de Sulzer.

Se planteará la construcción de un aljibe aprovechando el agua de lluvia para bombearlo a las cisternas y así reducir el consumo de agua potable.

### **1.4.2. OBJETIVO DE LA ISNTALACIÓN DE SUELO RADIANTE**

Con la instalación de suelo radiante en las viviendas, se pretende mejorar la sensación de confort dentro de las mismas sin la necesidad de usar radiadores. El objetivo reside en diseñar que tipo de suelo radiante es necesario teniendo en cuenta el aislante térmico del edificio. Además, se buscará reducir el ahorro energético lo máximo posible a través de aislantes térmicos, la aerotermia y dicho suelo radiante.

### **1.4.3. OBJETIVO DE LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN**

Se diseñará el sistema de climatización del edificio, con la instalación de máquinas de aire acondicionado en la cubierta del mismo. Se estudiará que tipo de máquinas son necesarias y la red de conductos por los que circula el aire, para conseguir el máximo confort de los residentes. Además, se buscará reducir el ahorro energético lo máximo posible a través de la aerotermia y el correcto diseño y elección de las máquinas de aire y conductos de ventilación.

En todos los objetivos expuestos, se tendrá en cuenta la viabilidad económica del proyecto, así como facilitar y mejorar la vida de las personas que vivirán en el edificio a estudiar.

## **1.5. RECURSOS A EMPLEAR**

La recopilación de datos se apoyará fundamentalmente en el proyecto de edificación del edificio llevado a cabo por el promotor GREEN SOLID S.L. De este proyecto, se sacará la información necesaria para realizar los cálculos y los planos del edificio y de las viviendas para analizar la situación y viabilidad de las instalaciones a realizar. En estos planos, figuran todas las dimensiones necesarias que servirán de apoyo para los posteriores cálculos.

En cuanto a los recursos a utilizar de manera teórica, se hará uso del conocimiento adquirido por la asignatura Turbomáquinas, cursada en el primer cuatrimestre. A su vez, tanto para la instalación de climatización como para la de suelo radiante, se hará uso del conocimiento adquirido por la asignatura Transmisión de Calor, cursada en el tercer año del Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales.

En cuanto al marco normativo, se empleará el estudio y análisis del Código Técnico de Edificación en lo que sea necesario, como también el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).

Se hará uso de distintas plataformas tanto para el apoyo como para la elaboración de aportaciones propias. Entre ellas se encuentran:

- **Epanet (Software libre):** en la que se realizarán los circuitos hidráulicos de interés. Esta plataforma está especializada en análisis de redes y modelaje de sistemas de distribución de agua.
- **AutoCAD:** servirá de apoyo para la visualización de los planos comentados anteriormente en los que todas las dimensiones quedan perfectamente especificadas. Se trata de una herramienta de CAD, diseñada para crear dibujos precisos en 2D y 3D. Será útil, para estudiar la viabilidad de las instalaciones de agua y climatización y por donde deben ir estas teniendo en cuenta los planos del edificio.
- **ABSEL Sulzer's Wastewater Pump Selection Tool:** se hará uso de esta herramienta para selección de bombas en la instalación. Se trata de un software hecho por uno de los principales fabricantes de bombas mundiales, Sulzer. Es una herramienta muy completa, en la que figura todas las propiedades de las bombas. Además, ofrece muchas variantes dentro de los sistemas de bombeo que se requiera implementar. Desde bombas que impulsan agua limpia para consumo, hasta las que impulsan aguas sucias con residuos. Por estos motivos, se utilizará este software y no otro.





## 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SITUACIÓN GEOGRÁFICA

Se trata de una parcela de 219 m<sup>2</sup> ubicada en la calle Huesca N.º 15, en el barrio de Castillejos del Distrito Tetuán, en la Comunidad de Madrid. Dicho barrio está situado en la zona noroeste de la almendra central de la ciudad de Madrid y tiene una superficie de 0,708501 km<sup>2</sup>. En la Ilustración 1, se muestra una imagen de la localización del barrio Castillejos dentro de la ciudad de Madrid.



*Ilustración 1. Localización del barrio de Castillejos dentro de la ciudad de Madrid. (Fuente: Wikipedia)*

En cuanto a las características geográficas de la zona (Madrid), se encuentra a una altura media de aproximadamente 667 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura media anual entre 14,5 y 15°C. La temperatura media en el mes más frío (enero) alcanza los 6°C con heladas frecuentes. En verano la temperatura media está entre los 32 y 33,5°C, siendo julio el mes más caluroso. La media de precipitación anual alcanza los 400 mm, con un claro mínimo en verano mientras que el máximo de precipitación se da en otoño. Estas características jugarán un papel fundamental en la toma de decisiones tanto en las instalaciones de bombeo, en particular en la instalación del aljibe, como en la climatización y suelo radiante.

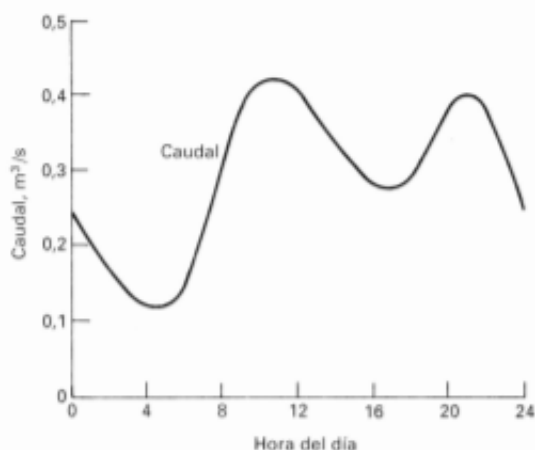
Actualmente el terreno se encuentra ocupado por un edificio residencial que posteriormente se derribará.

**Íñigo Rodríguez Armajach**  
*DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SITUACIÓN GEOGRÁFICA*

### 3. INSTALACIONES DE BOMBEO

Cada vivienda dispondrá de contador individual de agua. Tanto los grifos como las duchas del edificio cumplirán con la normativa expuesta en los artículos 11 y 12 de la Ordenanza de Gestión y Uso Eficiente del Agua (Ver Anexo III). Estarán equipados con dispositivos economizadores de agua de modo que, para una presión de  $2,5 \text{ kg/cm}^2$ , el caudal máximo suministrado sea de 6 litros/minuto. En ningún caso el caudal aportado por los grifos podrá ser superior a 10 litros/minuto. Al igual que en las duchas, incluirán obligatoriamente economizadores de chorro o similares y un sistema de reducción de caudal de modo que, para una presión de  $2,5 \text{ kg/cm}^2$ , el caudal máximo suministrado sea de 10 litros/minuto. En cuanto a los inodoros, contarán con el mecanismo de accionamiento de la descarga de las cisternas. De tal modo que consumirán un volumen máximo de 6 litros por descarga y dispondrá de un dispositivo de interrupción de la misma o de un sistema doble de pulsación.

En el siguiente gráfico se muestra el consumo diario de agua en España por horas. En él, se puede apreciar como las horas punta de consumo de agua son de 7 a 11 aproximadamente y desde las 18 hasta las 21. También se observan dos valles, uno de madrugada y otro a mediodía.



**Gráfico 1.** Distribución del consumo de agua por horas en España. (Fuente: Universidad de Granada)

### 3.1. AGUA FRÍA

En el sótano del edificio, se localizarán el equipo de bombeo de agua fría y los contadores de agua. En cuanto al consumo instantáneo de agua fría se realizan los siguientes cálculos para obtener el caudal total del edificio con la posterior contratación del suministro. El edificio consta de 8 viviendas básicas con 2 baños (completos) y una cocina (completa) por vivienda. Una vivienda de la tercera planta, tiene un baño completo y una cocina completa. Además, se construirán dos áticos con un baño y una cocina cada uno, también completos. El local constará de un baño dividido por sexos, en el masculino habrá 2 urinarios con cisterna, 2 inodoros con cisterna y 2 lavabos. El aseo femenino, tendrá 3 inodoros con cisterna y 2 lavabos. Por último, se añade un grifo aislado para la limpieza de las zonas comunes o jardinería, que se localizará en el portal.

#### 3.1.1. CÁLCULO DE CAUDALES

Para calcular el caudal total consumido por día, se tendrá en cuenta que cada vivienda del edificio tiene un dormitorio simple y uno doble, excepto los áticos. El ático A, tiene un dormitorio doble, el ático B, tiene un dormitorio simple y otro doble. Por lo tanto, el total de personas viviendo en el edificio se estima en 32, teniendo en cuenta lo comentado anteriormente acerca de las disposiciones de las viviendas. Para el local se estiman 8 trabajadores, teniendo en cuenta sus dimensiones, 35 m<sup>2</sup> de planta. Los cálculos de tiempo de funcionamiento al día, se han realizado de manera estándar, sobredimensionando levemente los valores.

Tipo de aparato	Caudal por unidad (l/s)	Número de aparatos	Caudal total instalado (l/s)	Tiempo de funcionamiento/consumo	Caudal consumido por día (m <sup>3</sup> )
Lavavajillas doméstico	0,15	11	1,65	18 litros por uso	0,198
Fregadero doméstico	0,2	11	2,2	10 minutos	1,32
Lavadora doméstica	0,2	11	2,2	62 litros por uso	0,682
Ducha	0,167	19	3,2	10 minutos/pax	3,206
Inodoro con cisterna	0,1	24	2,4	5 usos/pax 3 litros/uso	0,552
Lavabo	0,1	23	2,3	10 minutos	1,44
Urinario con grifo temporizado	0,15	2	0,30	3 usos/pax 4 litros/uso	0,048
Grifo aislado	0,15	1	0,15	10 minutos	0,09
<b>TOTAL</b>			<b>14,4</b>		<b>7,54</b>

*Tabla 1. Datos de los aparatos y cálculo de caudales. (Fuente: Elaboración propia)*

Se puede apreciar cómo para las duchas se ha seleccionado un caudal instantáneo mínimo de 0,167 l/s en vez de 0,2 l/s, valor que aparece en el documento básico HS Salubridad, del Código Técnico de la Edificación. El porqué de seleccionar 0,167 l/s se expone en el Apartado 3, donde los artículos 11 y 12 de la Ordenanza de Gestión y Uso Eficiente del Agua dictan que el caudal máximo de las duchas debe ser 10 litros/minuto, de ahí que se obtengan 0,167 l/s. Se ha considerado más importante lo expuesto en dicha ordenanza, aunque cabe resaltar que la diferencia en cuanto a cálculo es inexistente.

En cuanto al consumo diario del edificio, para lo inodoros con cisterna se establecen 5 usos por persona, un caudal de 3 litros por uso. Resultando así, un consumo de 0,48 m<sup>3</sup>. De igual forma, el local consumirá 0,072 m<sup>3</sup>, teniendo en cuenta 3 usos por persona y el caudal comentado anteriormente. El total es 0,552 m<sup>3</sup>.

Para los urinarios, se establecen 3 usos por persona y un caudal de 4 litros por uso. Siendo 4 las personas que utilizarán este aparato, se obtiene un caudal consumido de 0,048 m<sup>3</sup>.

$$Q_T = 0,198 + 1,32 + 0,682 + 3,206 + 1,44 + 0,09 + 0,552 + 0,048 = 7,54 \text{ m}^3$$

Tras todos los cálculos, el caudal consumido al día por el edificio y el local es de 7,54 m<sup>3</sup>. En un año, el edificio consumirá 2752,1 m<sup>3</sup>. Este consumo de agua lleva incluido el agua sanitaria, ya que se calentará a través de equipos de aerotermia.

### 3.1.2. OBTENCIÓN DEL CAUDAL DE CÁLCULO

Para la obtención del caudal de cálculo, se utiliza la Norma UNE 149201 sobre “Dimensionamiento de instalaciones de agua para consumo humano dentro de los edificios”, revisada y actualizada en 2017 por el Comité Técnico de AENOR CTN 149. Esta norma, es un documento de referencia en España que puede ser utilizado como guía para el diseño de instalaciones de agua. Al no existir ningún tipo de reglamentación nacional que ordene su uso, no tiene carácter obligatorio. Se ha optado por este documento, ya que se considera de mayor relevancia Una Norma Española que cualquier otro tipo de método tradicional de cálculo.

Determinación del caudal de cálculo o caudal simultáneo según apartado 5 de la Norma UNE 149201:2017				
Tipo de edificación	Q <sub>i</sub> > 20 l/s	Q <sub>i</sub> ≤ 20 l/s		
		Si todo Q <sub>min</sub> < 0,5 l/s	Si algún Q <sub>min</sub> ≥ 0,5 l/s	
			Q <sub>i</sub> ≤ 1 l/s	Q <sub>i</sub> > 1 l/s
Edificios de viviendas	Q <sub>i</sub> = 1,7 x (Q <sub>i</sub> ) <sup>0,21</sup> - 0,7	Q <sub>c</sub> = 0,682 x (Q <sub>i</sub> ) <sup>0,45</sup> - 0,14	Q <sub>c</sub> = Q <sub>i</sub>	Q <sub>c</sub> = 1,7 x (Q <sub>i</sub> ) <sup>0,21</sup> - 0,7
Edificios de oficinas, estaciones, aeropuertos	Q <sub>i</sub> = 0,4 x (Q <sub>i</sub> ) <sup>0,54</sup> + 0,48		Q <sub>c</sub> = (Q <sub>i</sub> ) <sup>0,366</sup>	
Edificios de hoteles, discotecas, museos	Q <sub>i</sub> = 1,08 x (Q <sub>i</sub> ) <sup>0,5</sup> - 1,83	Q <sub>c</sub> = 0,692 x (Q <sub>i</sub> ) <sup>0,5</sup> - 0,12	Q <sub>c</sub> = Q <sub>i</sub>	
Edificios de centros comerciales	Q <sub>i</sub> = 4,3 x (Q <sub>i</sub> ) <sup>0,27</sup> - 6,65			
Edificios de hospitales	Q <sub>i</sub> = 0,25 x (Q <sub>i</sub> ) <sup>0,46</sup> + 1,25			
Tipo de edificación	Q <sub>i</sub> > 20 l/s	Q <sub>i</sub> ≤ 20 l/s		
		Q <sub>i</sub> ≤ 1,5 l/s	Q <sub>i</sub> > 1,5 l/s	
Edificios de escuelas, polideportivos	Q <sub>i</sub> = -22,5 x (Q <sub>i</sub> ) <sup>0,5</sup> + 11,5	Q <sub>c</sub> = Q <sub>i</sub>	Q <sub>c</sub> = 4,4 x (Q <sub>i</sub> ) <sup>0,27</sup> - 3,41	

Donde:  
 Q<sub>i</sub> es el caudal total instalado (suma de los caudales mínimos de cada aparato Q<sub>min</sub> según la tabla 2.1 del DB HS4)  
 Q<sub>c</sub> es el caudal simultáneo de cálculo

**Ilustración 2.** Determinación del caudal de cálculo según apartado 5 de la Norma UNE 149201. (Fuente: Apartado 5 Norma UNE 149201)

El procedimiento indicado por dicha norma, exige calcular el caudal total instalado del edificio, cuyo cálculo se ha realizado en la Tabla 1. Por último, se debe aplicar una de las expresiones recogidas en el apartado 5 de la propia norma. Para escoger dicha expresión, se debe tener en cuenta el valor de  $Q_t$ , en este caso 14,4 l/s y si alguno de los aparatos del edificio tiene un consumo puntual mayor a 0,5 l/s. En el edificio de estudio, ningún aparato supera dicho consumo puntual por lo que se utilizarán las expresiones correspondientes a  $Q_{\min} < 0,5$  l/s. Teniendo en cuenta todo lo comentado anteriormente y tras consultar la Ilustración 2, se elige la siguiente expresión para un edificio de viviendas:

$$Q_c = 0,682 \times (Q_t)^{0,45} - 0,14$$

Siendo:

$Q_t$ : Caudal total instalado.

$Q_c$ : Caudal de cálculo.

Aplicando la fórmula, se obtiene un caudal de cálculo de 2,13 l/s.

Esta solución es equivalente a que se estén utilizando a la vez cuatro duchas, dos lavavajillas, dos lavadoras y haya abiertos dos lavabos y dos fregaderos. Situación más que probable teniendo en cuenta el número de personas viviendo en el edificio.

### **3.1.3. DIMENSIONAMIENTO DE LOS DEPÓSITOS AUXILIARES DE ALIMENTACIÓN**

Para dimensionar los depósitos donde se almacenará el agua procedente del Canal de Isabel II, se hace la siguiente consideración. Se establece que estos depósitos deben tener un volumen mínimo tal que se podrá suministrar el caudal de cálculo del edificio durante aproximadamente 30 minutos. Esto se hace para que el edificio no se quede sin suministro de agua si se produjese algún tipo de corte en las líneas por parte del Canal. Un tiempo de 30 minutos, es más que suficiente para reparar averías o solucionar dicho problema.

Dicha agua, se acumulará en unos depósitos situados en el sótano conectados a las bombas y tuberías para la posterior impulsión de agua. Estos depósitos también son necesarios si la presión a la que el Canal de Isabel II suministra el agua no es suficiente para abastecer de manera correcta al consumo de las viviendas. De esta forma, el agua almacenada en dichos tanques, es impulsada a través de las bombas dándole así la presión necesaria.

Por lo tanto, el volumen mínimo que deben tener los depósitos para suministrar el caudal de cálculo durante 30 minutos es de 4 m<sup>3</sup>. Teniendo en cuenta las dimensiones del sótano (6,21 m<sup>2</sup>), que es donde estará alojado dicho depósito, es un volumen razonable y posible a nivel urbanístico.

### **3.1.4. ANÁLISIS DE ALTURAS MANOMÉTRICAS**

Para realizar el cálculo de la altura manométrica, dato requerido por el software mediante el cual se elegirá la bomba, es necesario estimar las pérdidas hidráulicas. Por lo tanto, la altura manométrica que debe salvar la bomba, se calcula como la diferencia de cotas entre el punto más crítico y la bomba, aproximadamente 18 metros de altura, más

las pérdidas de carga, tanto primarias, como secundarias ( $h_{pérdidas}$ ), más la mínima presión que tiene que proporcionar el grifo en el punto más crítico, lo cual debe ser un mínimo de 100 kPa ( $h_{out} = 10,2$  m)

$$h_{in} = \Delta z + h_{pérdidas} + h_{out}$$

Las pérdidas de carga se dividen en dos tipos, las pérdidas de carga primarias ( $h_f$ ) que vienen dadas por el rozamiento del fluido con las tuberías, y las pérdidas de carga secundarias ( $h_k$ ) que se dan en determinados puntos en los que el fluido cambia de dirección.

$$h_{pérdidas} = h_f + h_k$$

Para las pérdidas primarias, el método de cálculo más recomendado es la ecuación de Darcy-Weisbach. A continuación, se presenta dicha ecuación en la que  $f$  representa el factor de fricción,  $l$  la longitud total de la tubería entre los dos puntos en los que se aplica la ecuación de Bernoulli,  $D$  el diámetro interior de la tubería,  $v$  la velocidad del fluido y  $g$  la aceleración de la gravedad que se tomara como  $9,81$  m/s<sup>2</sup>.

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

En realidad, esta ecuación habría que dividirla por tramos ya que el caudal que llega al punto más crítico (ducha del ático B) no es el mismo que el que sale de la bomba, debido a que este se va bifurcando en las diferentes plantas. Dada la complicación de este procedimiento, se estima la instalación con un solo tramo por el que circula el mismo caudal de 2,13 l/s.

Tras consultar el software de selección de bombas ABSEL Sulzer's Wastewater Pump Selection Tool, se observa que para esta aplicación la serie idónea es la AS, diseñada para bombas domésticas. Para el caudal requerido y sabiendo que la altura que la bomba debe suministrar es cercana a los 28 metros, el software no ofrece ninguna bomba de esta serie capaz de trabajar en este punto de funcionamiento. Este punto se encuentra muy a la izquierda del diagrama H-Q de las bombas, por eso es difícil encontrar una que trabaje en él. Por lo tanto, se plantean diferentes soluciones que se exponen a continuación:

- Elegir una única bomba de otra serie distinta que sea capaz de trabajar en el punto mencionado anteriormente.
- Instalar dos bombas en serie cuyo caudal sea el obtenido en el Apartado 3.1.2 y cuya altura sea la mitad de la altura manométrica calculada.

Tras analizar ambas soluciones, la primera de ellas se descarta ya que el coste de una bomba de estas características es muy elevado para una instalación de este tipo, lo que no compensa desde un punto de vista ingenieril, teniendo en cuenta que el coste de mantenimiento también es superior, así como el consumo energético. De forma que, la solución óptima es la segunda propuesta, ya que la suma del precio de cada una de estas bombas es menor que el de la primera solución. Además, es una solución perfectamente aplicable desde el punto de vista ingenieril, como se ha visto en la asignatura de Turbomáquinas impartida en el último curso del Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales.



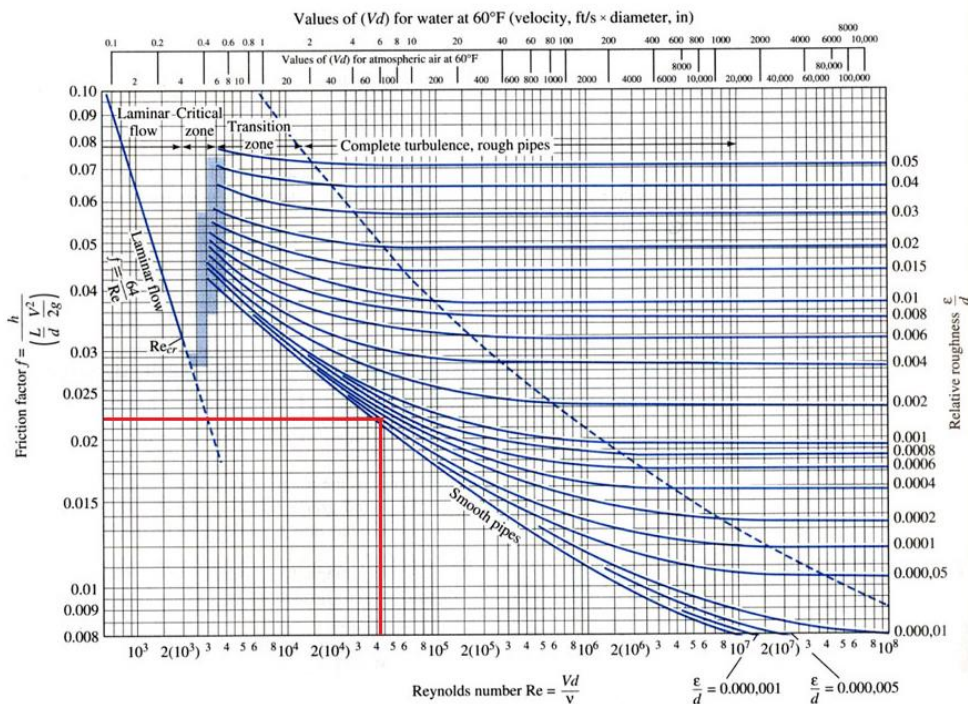
De esta forma, se introduce un caudal de 2,13 l/s y una altura de 15 metros. Para estas características, el software ofrece dos bombas AS, ambas con un diámetro nominal de 65 mm, que se utilizará para calcular las pérdidas. El diámetro de las tuberías de polipropileno elegido es de 63 mm, ya que no existen de 65 mm. Dado que el diámetro nominal de la brida de la bomba es de 65 mm, se debe poner un anillo de ajuste para poder conectar la tubería con la bomba. La longitud de la tubería hasta la ducha del ático B se estima en aproximadamente 28,5 metros basándose en los planos. De este modo, la velocidad del fluido es:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{2,13 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot (31,5 \cdot 10^{-3})^2} = 0,6832 \text{ m/s}$$

El único parámetro que falta por determinar es el factor de fricción. Hay diversas formas de calcular dicho parámetro, en este trabajo se utilizará el ábaco de Moody para ello. Este diagrama es la expresión gráfica del factor de fricción en función de diferentes valores del número de Reynolds y de la rugosidad relativa del material de la tubería. Por tanto, lo primero es calcular el número de Reynolds para conocer si el flujo es laminar o turbulento, teniendo en cuenta que  $Re > 2300$  se considera flujo turbulento. Dado que el fluido es agua a una temperatura de 20 °C:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} = \frac{998,2 \cdot 0,6832 \cdot 0,063}{1 \cdot 10^{-3}} = 42964,12$$

De igual forma, se debe calcular la rugosidad relativa de la tubería dividiendo la rugosidad absoluta entre el diámetro de la tubería. Se selecciona polipropileno como material de la tubería ya que, hoy en día es de los más utilizados para este tipo de instalaciones, siendo la rugosidad ( $\epsilon$ ) de 0,007 mm. De esta forma, la rugosidad relativa es de 0,0001. Con estos dos valores, se dispone de datos suficientes para entrar en la Ilustración 4 y obtener un factor de fricción de 0,022.



**Ilustración 3.** Cálculo del factor de fricción a través del ábaco de Moody. (Fuente: Elaboración propia).

Finalmente, se aplica la ecuación de Darcy-Weisbach y se obtienen unas pérdidas de carga primarias de:

$$h_f = f \cdot \frac{l \cdot v^2}{D \cdot 2g} = 0,022 \cdot \frac{28,5 \cdot 0,6832^2}{0,063 \cdot 2 \cdot 9,81} = 0,24 \text{ m. c. a}$$

En lo que respecta a las pérdidas secundarias, para emplear los diferentes factores de pérdida de carga en los puntos de interés (codos, tes, válvulas...) se debería conocer el diseño exacto del sistema hidráulico, que es algo complicado ya que depende de la arquitectura y escapa del objetivo de este trabajo. Por ello, se aplica el método de la longitud equivalente, más sencillo y también admitido por la normativa. Consiste en aumentar entre un 20 o 30% las pérdidas de carga primarias. Se utilizará un 30% por motivos de seguridad ya que es preferible sobredimensionar levemente la instalación. De esta forma, se obtienen unas pérdidas totales de:

$$h_{p\acute{e}rdidas} = 1,3 \cdot h_f = 0,31 \text{ m. c. a}$$

Por tanto, se dispone de todas las alturas necesarias para calcular la altura manométrica que debe suministrar la bomba:

$$h_{in} = \nabla z + h_{p\acute{e}rdidas} + h_{out} = 18 + 0,31 + 10,2 = \mathbf{28,51 \text{ m. c. a}}$$

El procedimiento llevado a cabo para el cálculo de las pérdidas, está basado en los documentos de la materia Mecánica de Fluidos impartida en la Universidad Pontificia de Comillas.

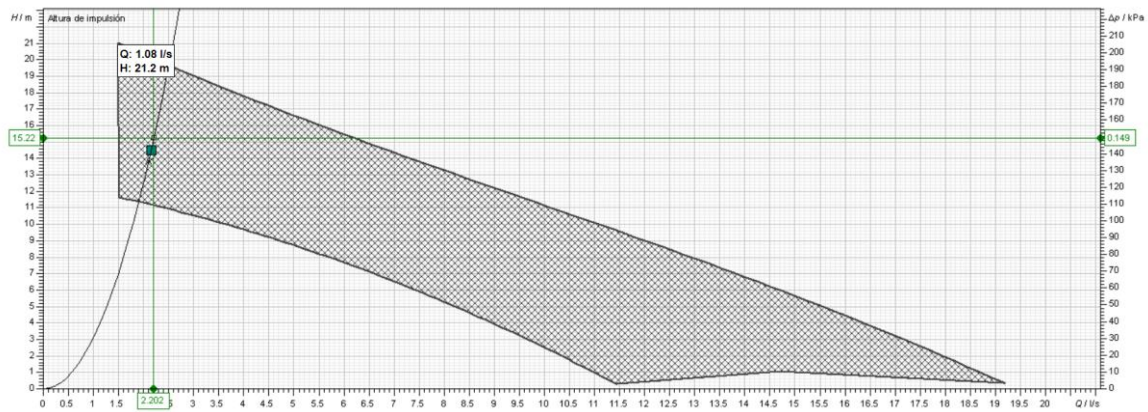
Tras introducir en ABSEL Sulzer's Wastewater Pump Selection Tool un caudal de 2,13 l/s y una altura manométrica de 29 metros para asegurarse un buen funcionamiento, el software ofrece dos bombas de la misma serie, pero con pequeñas diferencias.



**Ilustración 4.** Selección de bombas en serie a través del software ABSEL. (Fuente: Elaboración propia mediante ABSEL Sulzer's Wastewater Pump Selection Tool)

Se puede apreciar cómo las dos bombas cumplen las especificaciones indicadas anteriormente, por lo que para decantarse por una de ellas habrá que fijarse tanto en la potencia como en el coste energético. En este caso, se opta por la bomba AS 0631 D, ya que estas dos últimas especificaciones son menores en comparación con la AS 0631 W (1744,33 €/anuales frente a 2335,60 y 0,9543 kW frente a 1,29 kW) lo que significa un ahorro energético y una potencia necesaria menor, siendo el rendimiento igual en ambas. Cabe destacar que cualquiera de las dos bombas funcionaría perfectamente en el sistema hidráulico.

En conclusión, la bomba elegida es la AS 0631 D con un DN 65, caudal de 2,202 l/s y una altura manométrica de 15,22 metros. El coste energético de la bomba es de 1744,33 €/anuales y su rendimiento de 25,66%, llama la atención este rendimiento tan bajo, pero al tratarse de una bomba doméstica entra dentro de unos valores aceptables. Como se ha mencionado previamente, se instalarán dos bombas en serie para poder garantizar el suministro en el punto más crítico.



**Gráfico 2.** Curva de funcionamiento de la bomba AS 0631 D del fabricante SULZER- SPIRL.  
(Fuente: Elaboración propia mediante ABSEL Sulzer's Wastewater Pump Selection Tool)

En la imagen anterior, se muestra el área de funcionamiento de la bomba elegida para la impulsión del agua del sistema primario. En ella, se puede ver representado por un rectángulo azul, el punto de funcionamiento mencionado previamente. Se observa como este, está dentro del área y por tanto la bomba trabaja de manera adecuada.

### **3.1.5. SISTEMA HIDRÁULICO PRIMARIO**

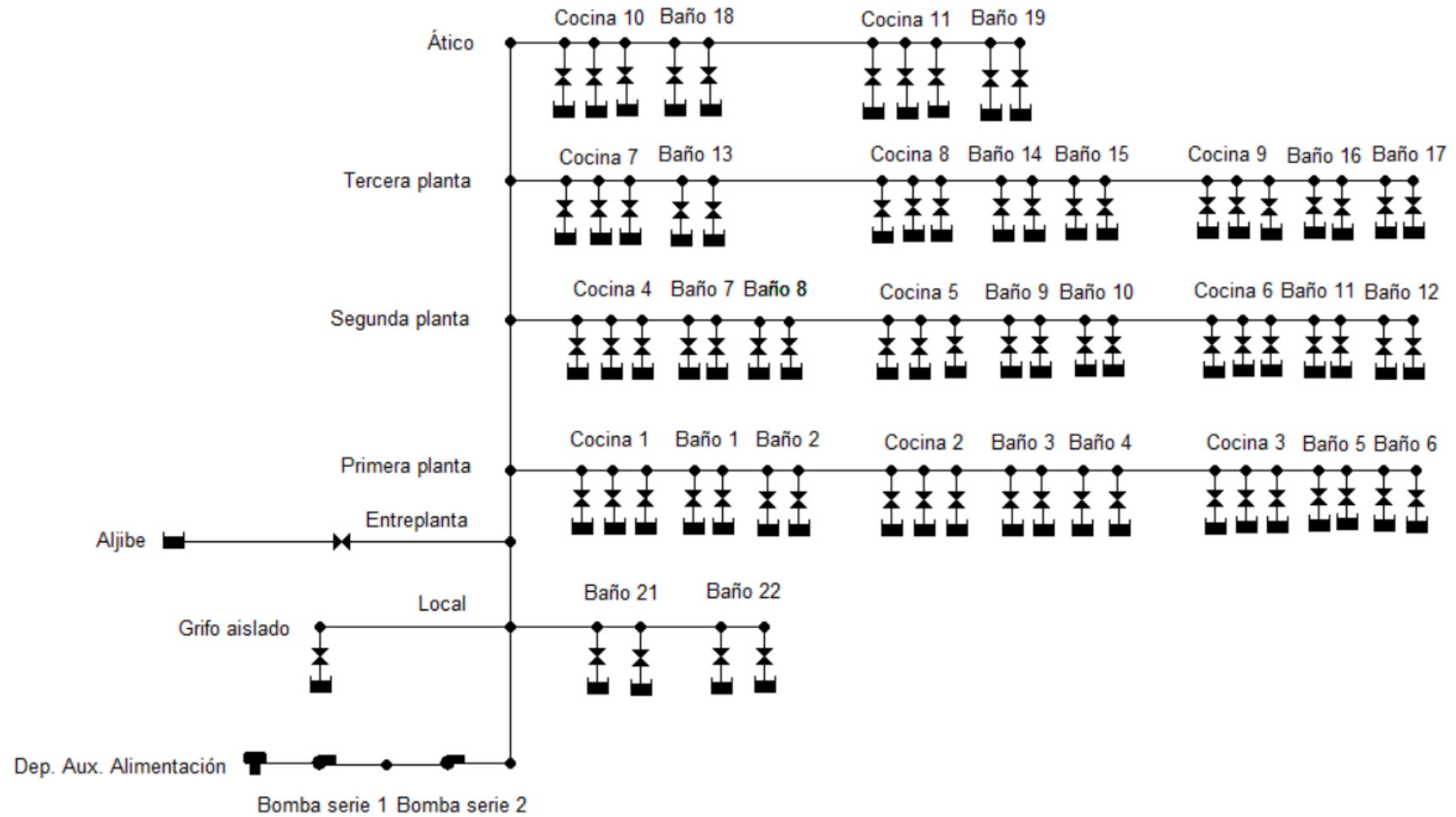
En lo que al sistema hidráulico respecta, se procede a diseñar el sistema de tuberías, desde el punto de partida, las bombas, hasta el suministro en las viviendas con Epanet. Como se ha comentado anteriormente, el equipo de bombeo y los depósitos estarán situados en el sótano del edificio. El espacio reservado para los grupos de presión es de 6,21 m<sup>2</sup>.

En el sistema hidráulico inferior, puede observarse la instalación de las dos bombas en serie comentadas en el apartado anterior. Además, se puede apreciar la división por viviendas de los aparatos, ya que las viviendas básicas cuentan con una cocina completa (fregadero, lavavajillas, lavadora) y dos baños compuestos por ducha y lavabo, debido a que los inodoros forman parte del sistema hidráulico del aljibe. Los áticos, cuentan con cocina completa y un baño cada uno, con los mismos aparatos que las viviendas básicas. En cuanto al local, queda representado por sus dos baños formados por dos lavabos cada uno. Se añade el grifo aislado para la limpieza de zonas comunes. A su vez, se incorpora el sistema de soporte al aljibe para el agua de las cisternas en caso de que este no cuente con agua suficiente, representado en la entreplanta del edificio. Todos los aparatos cuentan con una válvula para regular el paso de agua. Se trata de un diseño sencillo e ilustrativo de la realidad, ya que deberían contemplarse aspectos arquitectónicos para poder realizar el circuito real con otras herramientas.

No es casualidad que el sistema se haya representado de esta forma, ya que, se ha intentado hacerlo de manera que queden claras visualmente las alturas a la que se encuentra cada planta del edificio, como los diferentes niveles de interés que este tiene. Siendo el punto más bajo el sótano, y el más alto el ático. De esta forma, puede apreciarse como el punto más crítico para el que se ha diseñado la instalación es la ducha del baño 20, siendo esta el punto más alejado de las bombas.

A pesar de que en el diseño del sistema parece que las viviendas de una misma planta se encuentran conectadas en serie a la bomba, estas lo hacen de forma paralela, es decir, a cada vivienda llega una tubería derivada de la línea común. El funcionamiento es igual para la planta de los áticos.

Todas las tuberías del circuito son de PPR (polipropileno) de 63 mm diámetro. Más adelante se seleccionará el tipo de tubería ya que puede ser monocapa o multicapa.



*Ilustración 5. Esquema del sistema hidráulico primario. (Fuente: Elaboración propia mediante Epanet)*

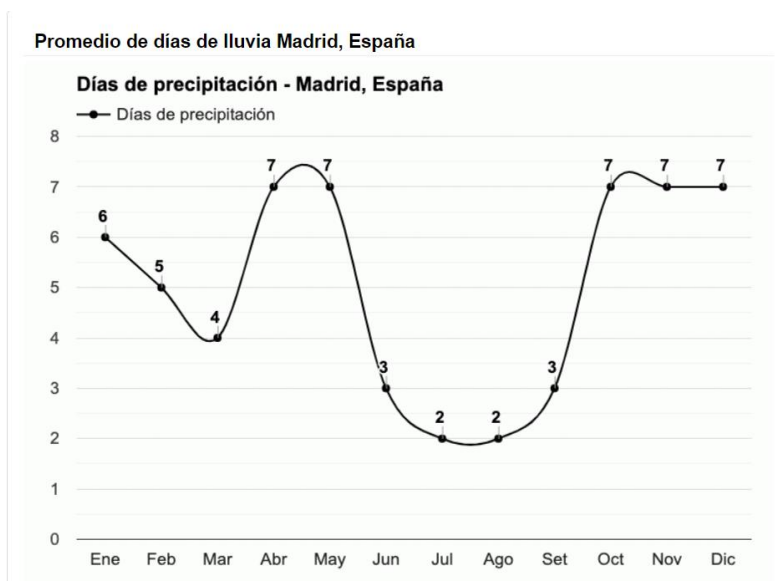
### 3.1.6. REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA ANUAL

Aunque el consumo anual de agua del edificio ( $2752,1 \text{ m}^3$ ) se encuentra dentro de unos márgenes razonables y asequibles en términos económicos, se va a estudiar la reducción de dicho consumo a través de una alternativa. Se debe tener en cuenta que el edificio, ya pertenece al grupo de consumidores por debajo de los  $10000 \text{ m}^3$ , lo que hace que el precio del  $\text{m}^3$  de agua sea el menor posible dentro de las tarifas del Canal de Isabel II. Además, se trata de un edificio de 11 viviendas y un local, por lo que verdaderamente es un consumo válido.

#### 3.1.6.1. INSTALACIÓN DE UN ALJIBE PARA BOMBEAR EL AGUA DE LLUVIA A LAS CISTERNAS

Se plantea la instalación de un aljibe para bombear el agua de lluvia a las cisternas. Este aljibe, no es más que un depósito en el que se acumulará el agua de lluvia para la posterior distribución a las cisternas de los aparatos. En cuanto a la distribución del agua de lluvia, también se diseñará la red de tuberías que conecta el depósito con las cisternas.

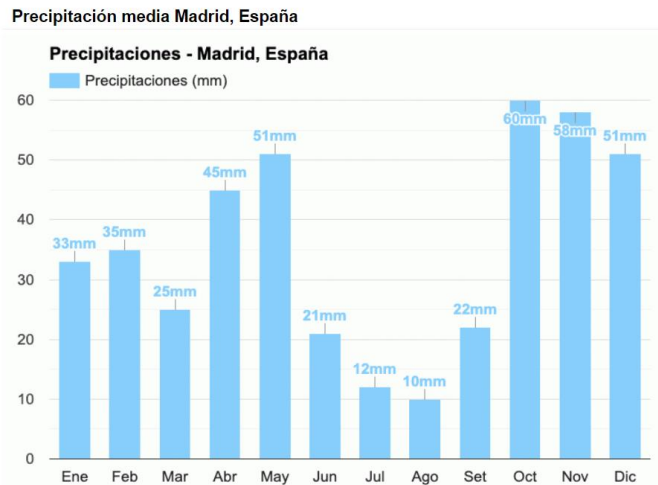
El aljibe en cuestión, se localizará en la entreplanta del edificio, espacio reservado para las máquinas de aerotermia y en este caso para el aljibe. Se ha elegido este lugar, por su fácil acceso en caso de necesitar mantenimiento y a la hora de realizar la instalación, además de por ser una planta muy bien localizada dentro del edificio que facilita la distribución a las cisternas de las viviendas. Cabe destacar que el aljibe supondrá un ahorro de agua en los meses en los que la precipitación es mayor, ya que, en los meses más secos, estará mayoritariamente seco con posibles llenados esporádicos debido a tormentas veraniegas. Se consideran meses lluviosos aquellos con más de 5 días de lluvia, estos son enero, febrero, abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre. Se adjunta gráfico con dicha información.



**Gráfico 3.** Promedio de días de lluvia en Madrid por meses. (Fuente: Weather Atlas)



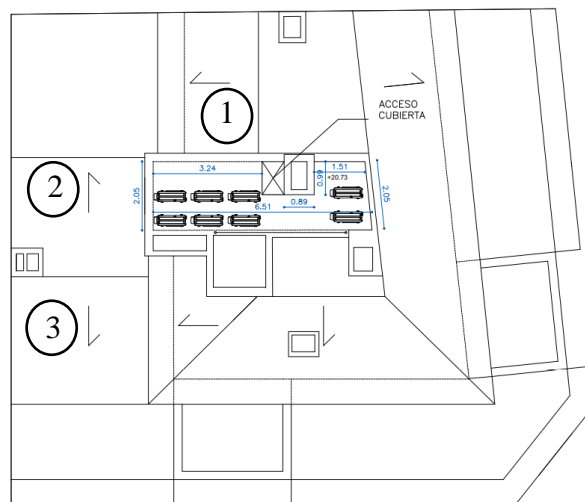
De cara al estudio y análisis del aljibe, es interesante conocer la cantidad de lluvia que cae en cada mes. Se muestra en el Gráfico 4.



**Gráfico 4.** Precipitación media por meses en Madrid (Fuente: Weather Atlas)

Hay que destacar el hecho de que todos los cálculos se basarán en previsiones meteorológicas y que, por lo tanto, escapan del control del ser humano. Lo primero a tener en cuenta es el consumo diario de agua por parte de las cisternas. Gracias a la información recogida en la Tabla 1, se obtiene un consumo diario de  $0,6 \text{ m}^3$ . Lo ideal sería satisfacer durante todos los días del año este consumo a través del aljibe, pero cuando este no disponga de agua suficiente, el grupo de presión del sótano, inyectará agua al aljibe. Al tener el depósito un volumen limitado, habrá ocasiones en las que el depósito se haya llenado y siga lloviendo por lo que no se aprovechará dicha agua.

Lo segundo a resaltar es, la superficie de la cubierta inclinada que se aprovecharía para recoger el agua de lluvia y dirigirla a través de una bajante al depósito. Esta superficie es de  $38,12 \text{ m}^2$ , ya que solo se recogerá el agua de los faldones 1, 2, y 3 mostrados en el Plano 1.



**Plano 1.** Plano de la cubierta del edificio. (Fuente: Modificado de original de GREEN SOLID S.L)

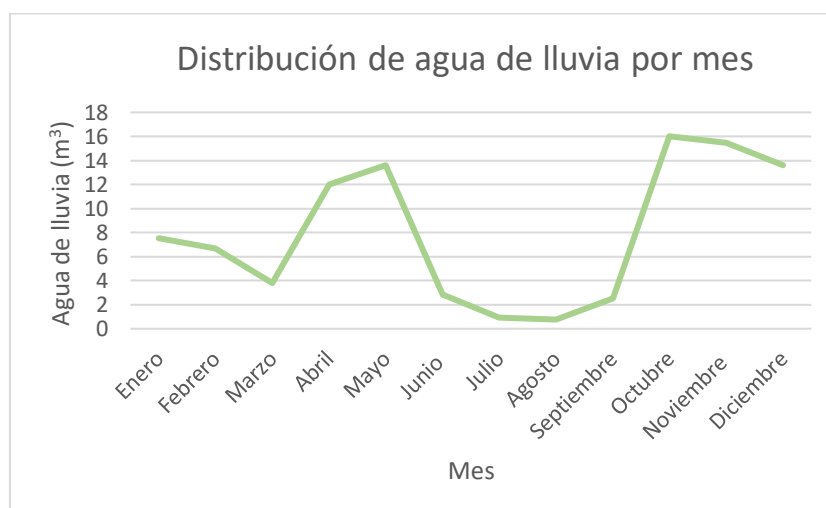
**Íñigo Rodríguez Armajach**  
**INSTALACIONES DE BOMBEO**

Por último, se establece un volumen para el aljibe de 16 m<sup>3</sup> que, como se ha comentado anteriormente, se ubicará en la entreplanta. A continuación, se hallan los litros de agua recogidos en el aljibe para cada mes.

Mes	Días de lluvia	Precipitación media por día (l/m <sup>2</sup> )	Litros de agua de lluvia	Metros cúbicos de agua almacenados en el aljibe (Ahorro)
Enero	6	33	7547,76	7547,76
Febrero	5	35	6671	6671
Marzo	4	25	3812	3812
Abril	7	45	12007,8	12007,8
Mayo	7	51	13608,84	13608,84
Junio	3	25	2859	2859
Julio	2	12	914,88	914,88
Agosto	2	10	762,4	762,4
Septiembre	3	22	2515,92	2515,92
Octubre	7	60	16010,4	16010,4
Noviembre	7	58	15476,72	15476,72
Diciembre	7	51	13608,84	13608,84
<b>TOTAL</b>				<b>95795,56</b>

*Tabla 2. Cálculo de metros cúbicos de agua pluvial almacenados en el aljibe por mes. (Fuente: Elaboración propia)*

Se adjunta un gráfico en el que se puede ver la distribución y tendencia de la precipitación de agua de lluvia en cada mes del año.



*Gráfico 5. Distribución de agua de lluvia por mes (Fuente: Elaboración propia)*

Resulta un total de 95795,56 litros de agua ahorrados anualmente, lo que equivale al consumo de agua en un día, de un pueblo de 500 habitantes como Patones ubicado al



nordeste de la Comunidad de Madrid. Otra comparación que se puede realizar para ver el ahorro es, que este equivale al consumo de agua de una persona durante aproximadamente 500 días. De ambas formas puede verse el considerable ahorro conseguido gracias al aljibe.

De esta forma se consigue reducir el consumo de agua a 2656,3 m<sup>3</sup> anuales, lo que supone un ahorro de aproximadamente 100 m<sup>3</sup>. En el apartado de resultados se verá con más detalle.

Al diseñar el aljibe con una capacidad de 16 m<sup>3</sup>, en cada mes, se aprovechará toda el agua de lluvia recogida en los faldones. Las dimensiones del aljibe podrían ser similares a las de una plaza de garaje estándar (4,5 metros de largo por 2,2 de ancho) pero con una altura de 1,616 metros. Mediante esta referencia, se puede apreciar cómo el volumen del aljibe entra dentro de unos valores razonables.

Además del grupo de presión necesario para conducir el agua desde el depósito hasta las cisternas, será necesaria una bomba dosificadora que añada un líquido limpiador. Al tratarse de agua de lluvia generalmente sucia, se requiere la adición de un líquido llamado, LADI, limpiador automático de inodoros. Se trata de un líquido higienizante que se diluye en el agua, entre sus características destacan las siguientes:

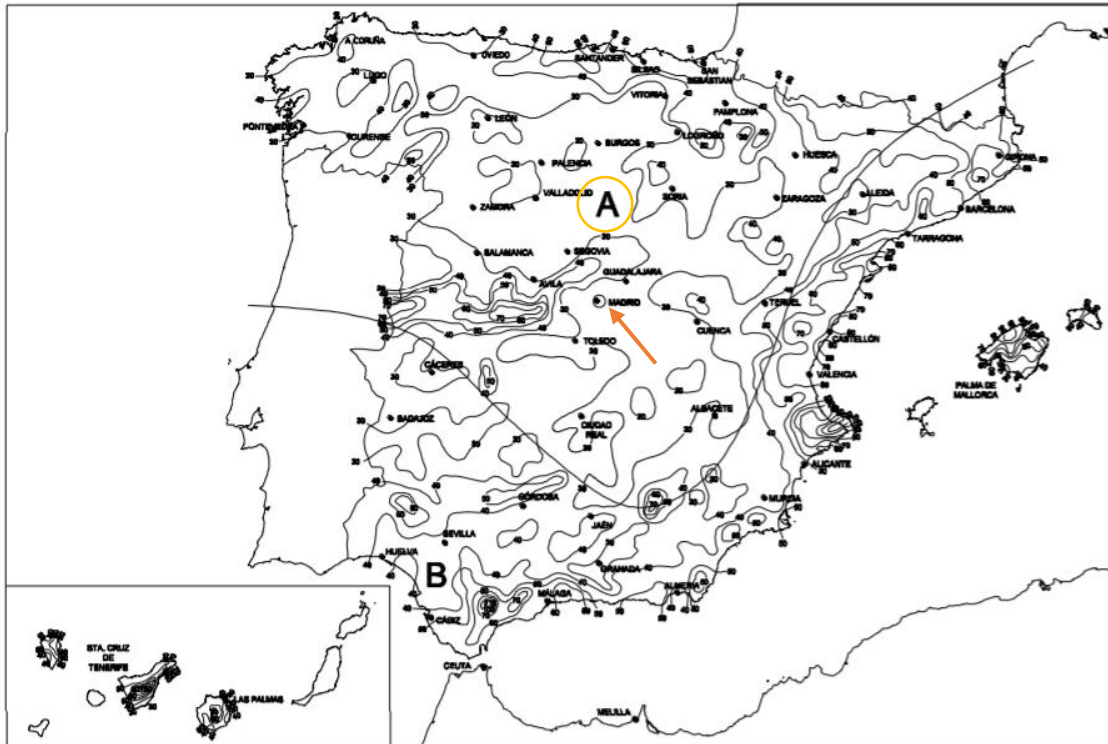
1. Es antivandálico.
2. Elimina residuos.
3. Contribuye a la limpieza de las tuberías de bajada.
4. Elimina la cal y las habituales manchas amarillas.

LADI es un sistema patentado por la empresa Lomeda, establecida en España y realiza la instalación y reposición de detergente.

En cuanto a la bomba dosificadora, es necesario un elemento que añada el líquido en caso de que no haya suficiente disuelto en el agua del depósito. El objetivo de la bomba es que se cumpla la proporción de 4 ml de LADI por cada 4 litros de agua. De esta forma, el agua de lluvia estará lo suficientemente limpia como para poder usarla en las cisternas. Se selecciona una bomba dosificadora de cloro del fabricante Aguamarket. Equipada con un solo control para salida de bomba, el control de caudal externo (potenciómetro) le permite ajustar el porcentaje de 0 al 100% de su capacidad.

Para recoger el agua de lluvia, los faldones estarán conectados mediante un mismo canalón a una bajante común. Se propone este diseño, ya que la superficie de cubierta que se va a aprovechar no es excesivamente grande, y con una sola bajante es suficiente.

Para diseñar el diámetro de las bajantes, se emplea el método de cálculo propuesto en el apartado 4.2.3 de la sección HS 5 del CTE. Lo primero es obtener la superficie, en proyección horizontal, de los faldones. Al tratarse de cubiertas inclinadas, habría que multiplicar la superficie por el coseno del ángulo que forma con la horizontal, pero al no disponer de esta información en los planos, se desprecia, quedando así un área mayor que favorecerá a la seguridad. A continuación, el CTE introduce un término de corrección de la superficie para aquellos lugares donde el régimen de intensidad pluviométrica es diferente de 100 mm/h. Se debe consultar en el Anexo B de este mismo documento el lugar donde se realiza la instalación.



*Ilustración 6. Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas (Fuente: Anexo B sección HS5 del CTE)*

En la Ilustración 6, se señala Madrid y se puede observar cómo pertenece a la zona A. En cuanto a la Isoyeta que pasa por Madrid, no queda clara en el mapa, por lo que se adopta el valor de los alrededores (Toledo, Guadalajara...), siendo esta la Isoyeta 30. Entrando en la Ilustración 7, para la zona A con la Isoyeta 30, se obtiene una intensidad pluviométrica de 90 mm/h.

	Intensidad Pluviométrica $i$ (mm/h)											
Isoyeta	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Zona A	30	65	90	125	155	180	210	240	275	300	330	365
Zona B	30	50	70	90	110	135	150	170	195	220	240	265

*Ilustración 7. Tabla de intensidades pluviométricas (Fuente: Anexo B sección HS5 del CTE)*

Resultando así el factor de corrección  $f = i/100 = 90/100 = 0,9$ . Con este factor se corregirá la superficie calculada anteriormente.

$$S_c = f \times A = 0,9 \times 38,12 = 34,308 \text{ m}^2$$

Gracias a la superficie corregida, se consulta la Ilustración 8, en la que se obtiene finalmente el diámetro nominal de la bajante.

**Íñigo Rodríguez Armajach**  
*INSTALACIONES DE BOMBEO*

Superficie en proyección horizontal servida (m <sup>2</sup> )	Diámetro nominal de la bajante (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1.544	160
2.700	200

**Ilustración 8.** *Tabla de diámetros de las bajantes de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h (Fuente: Apartado 4.2.3 de la sección HS 5 del CTE)*

Se puede observar como para una superficie de 34,308 m<sup>2</sup>, el diámetro nominal de la bajante es 50 mm. Se elige este valor ya que el CTE no contempla superficies menores de 65 m<sup>2</sup> por lo que se escoge el diámetro más cercano a la superficie calculada. Se selecciona por lo tanto para la bajante, una tubería de PVC DN 50 de una longitud aproximada de 14,7 metros. Así, el agua baja por la bajante gracias a la gravedad, siendo la diferencia de alturas entre el canalón y el aljibe de aproximadamente 15 metros. Por lo tanto, no es necesario ningún mecanismo de impulsión de dicha agua pluvial.

Se recuerda que el grupo de presión del sótano, inyectará agua al aljibe cuando este no disponga de agua suficiente para el suministro. Para realizar este control, el aljibe se equipará con dos sensores de nivel de agua de funcionamiento distinto, uno tipo mecánico y otro electromagnético.

En cuanto al sensor electromagnético, se trata de un transmisor de nivel hidrostático sumergible diseñado para monitorear el nivel de líquido de tanques, pozos, reservorios, etc. Este dispositivo es capaz de transmitir con precisión el nivel de líquido medido, gracias a la unidad sumergible de que dispone. Esta, detecta la presión hidrostática en el fondo del líquido, transmitiendo una señal de corriente proporcional a la columna de agua medida anteriormente. Así, cuando el nivel de agua del aljibe este por debajo de 1 m<sup>3</sup>, el transmisor mandará una señal y se abrirá la válvula que conecta el grupo de presión primario con el depósito.

Además, se añade el sensor de tipo mecánico ya que tiene un funcionamiento muy sencillo y su coste es bajo, por lo que se utilizará como elemento de seguridad redundante que, en ningún caso, penaliza la instalación, si no que la hace más segura. Este dispositivo consta de una boya con una bola metálica dentro, que cuando la lámina de agua se encuentra por debajo de un nivel establecido, en este caso 1 m<sup>3</sup>, la boya queda colgando y la bola baja dentro de esta, dando un aviso mediante un switch para que la bomba primaria se ponga en funcionamiento.

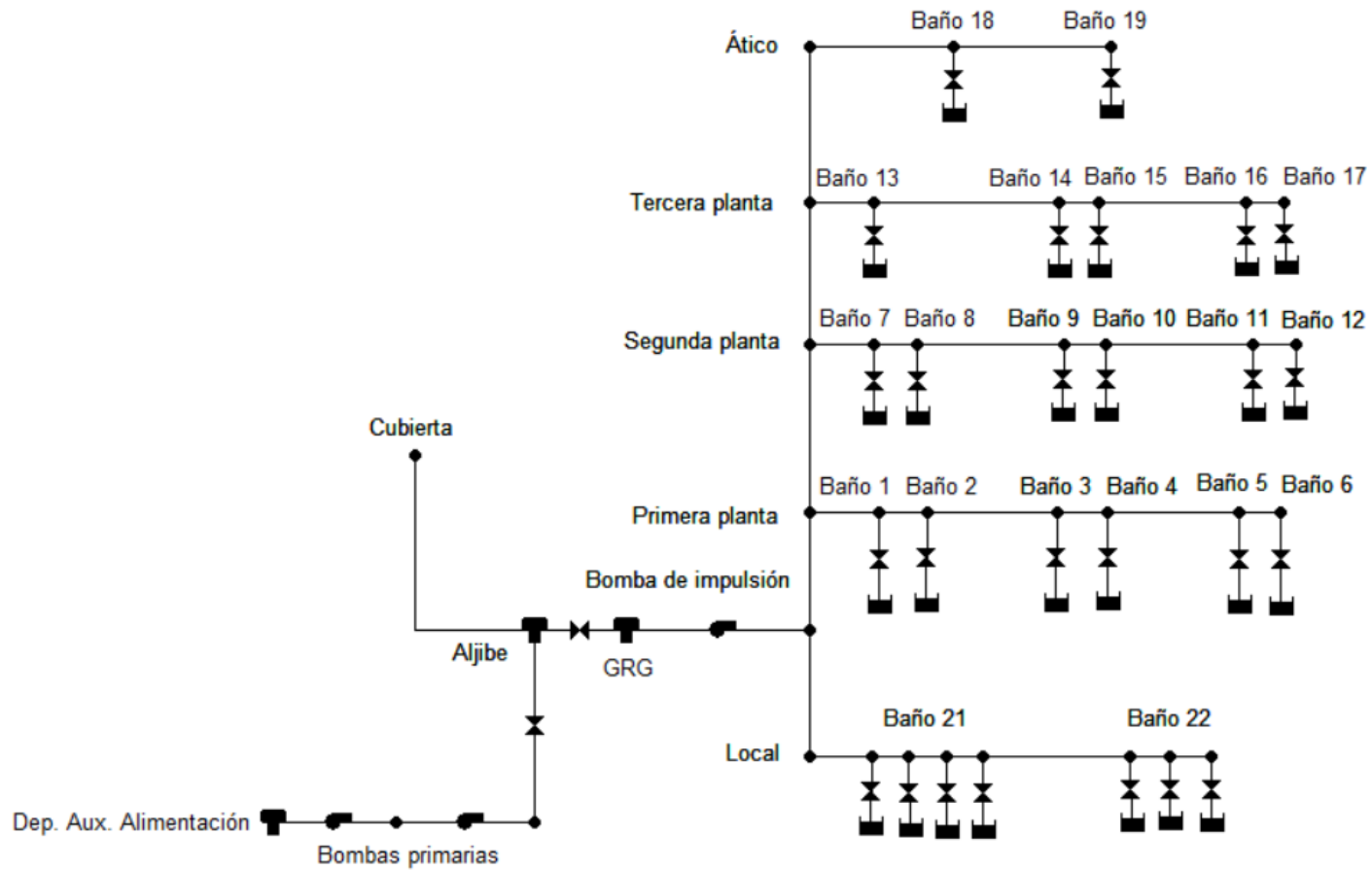
El sistema hidráulico consta de las siguientes partes. La bajante que conecta la cubierta del edificio con el aljibe, por donde circula el agua pluvial. Es preferible que esta bajante sea vertical siempre y cuando la arquitectura lo haga posible. La entrada de la bajante al aljibe se realizará a través de un codo de 30° para suavizar la descarga del agua pluvial y reducir así también los golpes de ariete, producidos en los codos. A continuación del aljibe, se encuentra un pequeño depósito comúnmente denominado GRG, de 1 m<sup>3</sup> donde se instala la bomba dosificadora con el líquido LADI. Este pequeño depósito es esencial para añadir el líquido limpiador, ya que resulta más fácil y práctico mantener la proporción indicada anteriormente en un volumen pequeño. Además, dado que el consumo diario de las cisternas es de 0,6 m<sup>3</sup>, tiene la capacidad óptima para hacer frente a la demanda. La bomba de impulsión está conectada al GRG y a la demanda de los baños mediante tuberías. Se puede apreciar el sistema de inyección de agua comentado previamente en el que figura, el depósito auxiliar de alimentación, el grupo de presión

primario y la conexión con el aljibe. A su vez, puede observarse la distinción de aparatos por viviendas formadas por dos baños cada una (1 inodoro por baño) y los áticos que cuentan con un baño cada uno. El local se ha dividido también por baños, uno masculino con 2 inodoros y 2 urinarios, y uno femenino con tres inodoros.

No es casualidad que el sistema se haya representado de esta forma, ya que, se ha intentado hacerlo de manera que queden claras visualmente las alturas a las que se encuentran cada planta del edificio, como los diferentes niveles de interés que este tiene. Siendo el punto más bajo el sótano, y el más alto el ático.

Al igual que en el circuito del sistema primario, a pesar de que en el diseño del sistema parece que las viviendas de una misma planta se encuentran conectadas en serie a la bomba, estas lo hacen de forma paralela, es decir, a cada vivienda llega una tubería derivada de la línea común. El funcionamiento es igual para la planta de los áticos.

Para este circuito se utilizarán tuberías de PPR (polipropileno) de 50 mm de diámetro. También se seleccionará más adelante el tipo de tubería.



*Ilustración 9. Esquema del sistema hidráulico del aljibe. (Fuente: Elaboración propia mediante Epanet)*

Debido a que la bajante está expuesta a temperaturas exteriores es, importante tener en cuenta que en invierno las temperaturas pueden bajar de los 0 °C, y por lo tanto el agua se congelaría como ha pasado en algunos edificios durante la última borrasca Filomena. Para prevenir la congelación del agua que circula por la bajante y se almacena en el depósito, se opta por calorifugar la bajante con lana de vidrio de la marca ISOVER. Se trata de uno de los materiales de construcción mejor documentado y probado del mundo, fabricado a base de una combinación de arena y vidrio reciclado, en ocasiones hasta en un 80%. De esta forma, se contribuye con el medioambiente ya que dichos residuos irían a vertedero en caso de no reutilizarlos. Dada la aplicación y que se trata de una tubería que se encuentra en el exterior del edificio, tras consultar diferentes catálogos, se determina que este aislamiento debe tener un espesor mínimo de 40 milímetros.

Por último, se debe diseñar tanto la bomba como las tuberías que suministran a las viviendas. En cuanto al caudal de cálculo, se repite el procedimiento seguido en el Apartado 3.1.2, pero en este caso teniendo en cuenta únicamente los inodoros y urinarios con cisternas, ya que son los únicos aparatos que forman parte del sistema hidráulico. Siendo así el caudal total instalado de 2,7 l/s. Las condiciones para la expresión a utilizar, son las mismas que en dicho apartado, por lo tanto, se utiliza la fórmula:

$$Q_c = 0,682 \times (Q_t)^{0,45} - 0,14$$

Se obtiene un caudal de cálculo de 0,9263 l/s. Para realizar el cálculo de la altura manométrica, dato requerido por el software mediante el cual se elegirá la bomba, es necesario estimar las pérdidas hidráulicas. Al tratarse de inodoros, no se requiere ninguna presión en la salida del circuito, ya que esta agua se acumulará en las cisternas. Por lo tanto, la altura manométrica que debe salvar la bomba, se calcula como la diferencia de cotas entre el punto más crítico y la bomba, 12 metros de altura, más las pérdidas de carga, tanto primarias, como secundarias ( $h_{pérdidas}$ ).

$$h_{in} = \Delta z + h_{pérdidas}$$

Las pérdidas de carga se dividen en dos tipos, las pérdidas de carga primarias ( $h_f$ ) que vienen dadas por el rozamiento del fluido con las tuberías, y las pérdidas de carga secundarias ( $h_k$ ) que se dan en determinados puntos en los que el fluido cambia de dirección.

$$h_{pérdidas} = h_f + h_k$$

Para las pérdidas primarias, el método de cálculo más recomendado es la ecuación de Darcy-Weisbach. A continuación, se presenta dicha ecuación en la que  $f$  representa el factor de fricción,  $l$  la longitud total de la tubería entre los dos puntos en los que se aplica la ecuación de Bernoulli,  $D$  el diámetro interior de la tubería,  $v$  la velocidad del fluido y  $g$  la aceleración de la gravedad que se tomara como 9,81 m/s<sup>2</sup>.

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

En realidad, esta ecuación habría que dividirla por tramos ya que el caudal que llega al punto más crítico (baño del ático B) no es el mismo que el que sale de la bomba, debido a que este se va bifurcando en las diferentes plantas. Dada la complicación de este

procedimiento, se estima la instalación con un solo tramo por el que circula el mismo caudal de 0,9263 l/s.

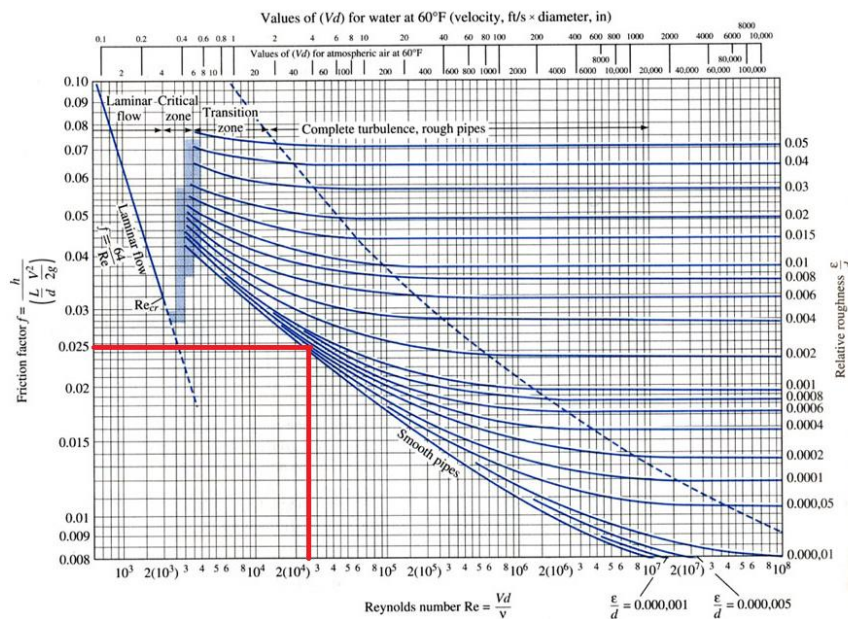
Tras consultar el software de selección de bombas ABSEL Sulzer's Wastewater Pump Selection Tool, se observa que para esta aplicación la serie idónea es la AS, diseñada para bombas domésticas. Para el caudal requerido y sabiendo que la altura que la bomba debe suministrar es algo superior a 12 metros, el software ofrece diferentes bombas dependiendo de la altura, pero todas ellas DN50. Por lo tanto, para calcular las pérdidas, se toma como diámetro de la tubería 50 mm. La longitud de la tubería hasta el inodoro del ático B se estima en 23 metros basándose en los planos. De este modo, la velocidad del fluido es:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,9263 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot (25 \cdot 10^{-3})^2} = 0,4717 \text{ m/s}$$

El único parámetro que falta por determinar es el factor de fricción. Hay diversas formas de calcular dicho parámetro, en este trabajo se utilizará el ábaco de Moody para ello. Este diagrama es la expresión gráfica del factor de fricción en función de diferentes valores del número de Reynolds y de la rugosidad relativa del material de la tubería. Por tanto, lo primero es calcular el número de Reynolds para conocer si el flujo es laminar o turbulento, teniendo en cuenta que  $Re > 2300$  se considera flujo turbulento. Dado que el fluido es agua a una temperatura de 20 °C:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} = \frac{998,2 \cdot 0,4717 \cdot 0,05}{1 \cdot 10^{-3}} = 23542,54$$

De igual forma, se debe calcular la rugosidad relativa de la tubería dividiendo la rugosidad absoluta entre el diámetro de la tubería. Se selecciona polipropileno como material de la tubería ya que, hoy en día es de los más utilizados para este tipo de instalaciones, siendo la rugosidad ( $\epsilon$ ) de 0,007 mm. De esta forma, la rugosidad relativa es de 0,0014. Con estos dos valores, se dispone de datos suficientes para entrar en la Ilustración y obtener un factor de fricción de 0,025.



**Ilustración 10.** Cálculo del factor de fricción a través del ábaco de Moody. (Fuente: Elaboración propia).



Finalmente, se aplica la ecuación de Darcy-Weisbach y se obtienen unas pérdidas de carga primarias de:

$$h_f = f \cdot \frac{l \cdot v^2}{D \cdot 2g} = 0,025 \cdot \frac{23 \cdot 0,4717^2}{0,05 \cdot 2 \cdot 9,81} = 0,14 \text{ m. c. a}$$

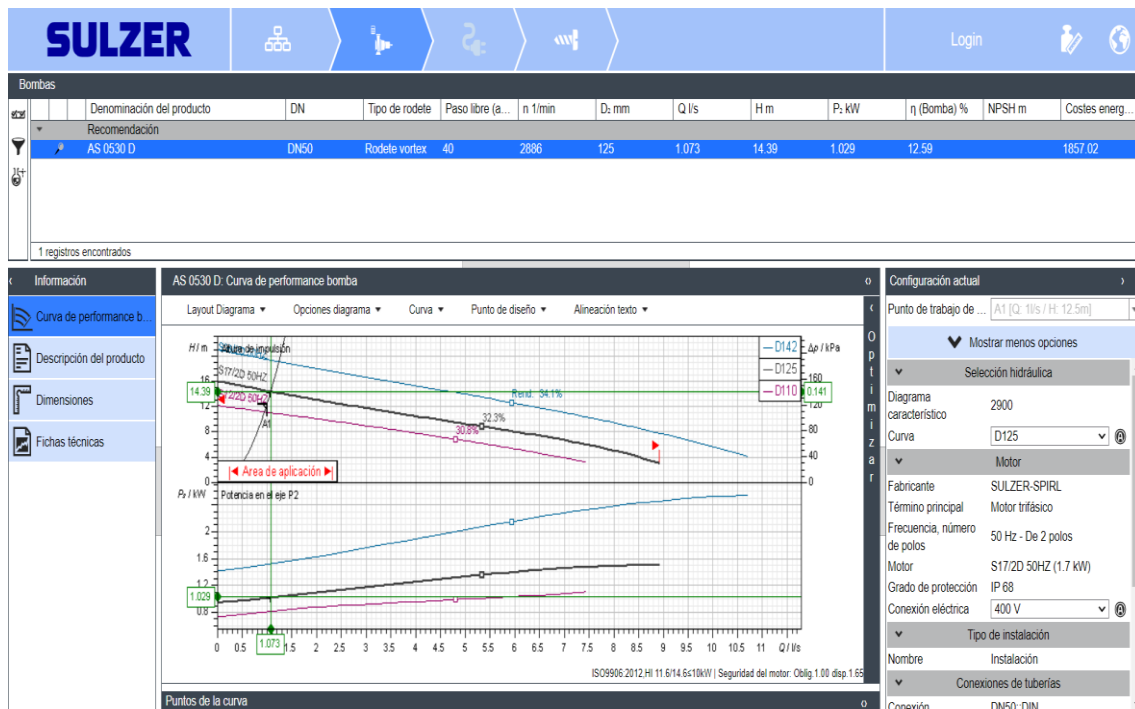
En lo que respecta a las pérdidas secundarias, para emplear los diferentes factores de pérdida de carga en los puntos de interés (codos, tes, válvulas...) se debería conocer el diseño exacto del sistema hidráulico, que es algo complicado ya que depende de la arquitectura y escapa del objetivo de este trabajo. Por ello, se aplica el método de la longitud equivalente, más sencillo y también admitido por la normativa. Consiste en aumentar entre un 20 o 30% las pérdidas de carga primarias. Se utilizará un 30% por motivos de seguridad ya que es preferible sobredimensionar levemente la instalación. De esta forma, se obtienen unas pérdidas totales de:

$$h_{p\acute{e}rdidas} = 1,3 \cdot h_f = 0,18 \text{ m. c. a}$$

Por tanto, se dispone de todas las alturas necesarias para calcular la altura que debe suministrar la bomba:

$$h_{in} = \nabla z + h_{p\acute{e}rdidas} = 12 + 0,18 = \mathbf{12,18 \text{ m. c. a}}$$

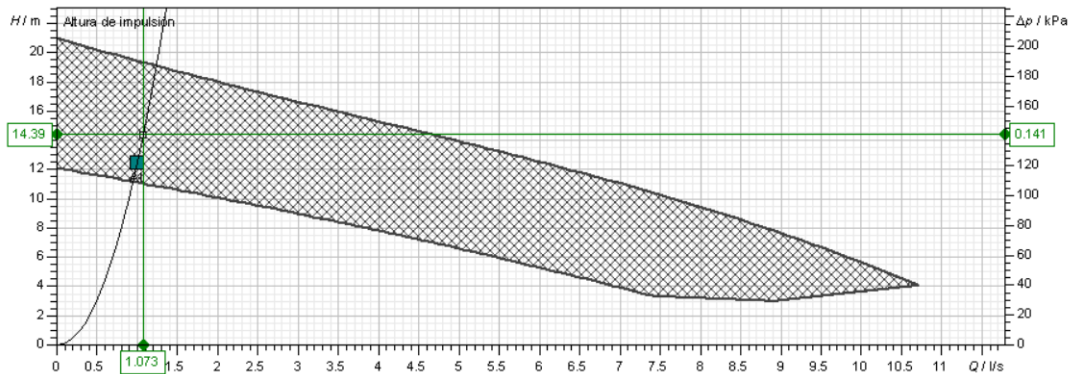
El procedimiento llevado a cabo para el cálculo de las pérdidas, está basado en los documentos de la materia Mecánica de Fluidos impartida en la Universidad Pontificia de Comillas.



**Ilustración 11.** Selección de bomba del aljibe a través del software ABSEL. (Fuente: Elaboración propia mediante ABSEL Sulzer's Wastewater Pump Selection Tool)



Tras introducir en ABSEL Sulzer's Wastewater Pump Selection Tool un caudal de 0,9263 l/s y una altura manométrica de 12,5 metros, para asegurarse un buen funcionamiento, se selecciona la bomba AS 0530 D con un DN50, un caudal de 1,073 l/s y una altura manométrica de 14,39 metros. El coste energético de la bomba es de 1857,02 €/anuales y su rendimiento de 12,59%, llama la atención este rendimiento tan bajo, pero al tratarse de una bomba doméstica entra dentro de unos valores aceptables.



**Ilustración 12.** Curva de funcionamiento de la bomba AS 0530 D del fabricante SULZER-SPIRL. (Fuente: Elaboración propia mediante ABSEL Sulzer's Wastewater Pump Selection Tool)

En la imagen anterior, se muestra el área de funcionamiento de la bomba elegida para la impulsión del agua del aljibe. En ella, se puede ver representado por un rectángulo azul, el punto de funcionamiento mencionado previamente. Se observa como este, está dentro del área y por tanto la bomba trabaja de manera adecuada.

## **3.2. AGUA CALIENTE**

Para la instalación de ACS se ha optado por equipos de aerotermia que calienten el agua caliente sanitaria. Estos equipos se ubicarán en cada vivienda. El edificio consta de 8 viviendas básicas con 2 baños (completos) y una cocina (completa) por vivienda. Una vivienda de la tercera planta tiene 1 baño completo y 1 cocina completa. Además, se construirán dos áticos con un baño y una cocina cada uno, también completos. El local constará de un baño dividido por sexos, en el masculino habrá 2 urinarios con cisterna, 2 inodoros con cisterna y 2 lavabos. El aseo femenino, tendrá 3 inodoros con cisterna y 2 lavabos. Por último, se añade un grifo aislado para la limpieza de las zonas comunes o jardinería, que se localizará en el portal. Para la instalación en cuestión, solo se tendrán en cuenta los aparatos que necesiten agua caliente, obviando los inodoros y urinarios.

Tras un estudio de las diferentes posibilidades, se ha decidido no dotar de sistema de producción de ACS al local debido a que no se conoce el tipo de actividad a desarrollar en él. Sin embargo, el local cuenta con toma de agua fría como se puede apreciar en el sistema hidráulico de la Ilustración 5. Si en un futuro, el local requiere de un sistema para producir ACS, la opción más económica y eficiente sería la instalación de un calentador para calentar el agua fría. Debido a la incertidumbre existente acerca del local, simplemente se menciona la solución ya que no se va a desarrollar en este proyecto.

### **3.2.1. INTRODUCCIÓN A LA AEROTERMIA**

La aerotermia es un tipo de energía que está certificada por la Unión Europea como renovable y sostenible, pues la temperatura ambiental no se consume. Es una energía que genera calor a partir de la temperatura ambiental, incluso cuando ésta es de 20°C bajo cero, a través de un circuito frigorífico con gas comprimido a temperaturas mucho más bajas, y así ofrecer calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) para ducharnos, para nuestros radiadores, para suelo radiante y/o para la climatización por conductos.

Los datos son innegables. Es un sistema más barato que las calderas de gas o el gasoil o las antiguas bombas de calor. Su consumo eléctrico se reduce a mover el sistema, no a generar el calor, que, por termodinámica, se transmite del aire. Al no producir combustión, la instalación de la energía aerotérmica es tan rápida y sencilla como la de un aire acondicionado tradicional; no requiere tomar medidas de seguridad especiales. No requiere casi mantenimiento, es como un electrodoméstico más. Es una tecnología que une electricidad, mecánica y química para aprovechar la energía ambiental del aire exterior en climatización. Utiliza el ciclo frigorífico directo en refrigeración y el inverso para producir calefacción y agua caliente (ACS). En la línea del tratado del clima de París de 2016, adoptado por más de 170 países, podemos afirmar que la aerotermia se seguirá imponiendo como sistema de calefacción y será una de las claves en la descarbonización del planeta.

No multiplicamos la energía, eso no es posible, simplemente la extraemos de forma eficiente del aire exterior con muy bajo consumo: El consumo eléctrico se emplea en hacer funcionar el motor del compresor de la unidad. Gracias a la tecnología Inverter y a los compresores Twin Rotary de Toshiba o similar, los equipos pueden trabajar con velocidad variable muy por debajo y por encima de su capacidad nominal, ajustándose en

cada momento a la demanda de refrigeración, energía calorífica o agua caliente necesaria lo que genera condiciones de confort, gestión y ahorro inalcanzables para una caldera tradicional. La eficiencia energética en calefacción la mide el estándar europeo SCOP. Un SCOP de 4 quiere decir que por cada kW de electricidad consumido ha generado 4 kW de calor (el tope del gas es 1 gastar lo mismo que ofrece).

El rendimiento en equipos con energía aerotérmica Toshiba o similar llega al 488% (Estía Beta) o del 520% (Daiseikai 10) en splits de pared (bombas de calor) o superior a 700% en algunas combinaciones de Mini SMMSe (Volumen de refrigerante variable) para oficinas o grandes residencias) y en nuestros equipos VRF para edificios. El resto de sistemas de calefacción queman cosas para calentar aprovechando el poder calorífico de cada material, líquido, sólido o gaseoso. Nunca consiguen llegar a un rendimiento del 100% pues generan residuos o contienen partículas no combustibles que pagas, pero no quemas. En la instalación aerotérmica, las bombas de calor, ya hemos visto que llegan en Toshiba o similar hasta rendimientos del 700%.

Cualquier forma de calentar por combustión genera gases de efecto invernadero o contaminan el ambiente de nuestras ciudades. La energía aerotérmica no, es una energía limpia. No contamina localmente. Es una tecnología que aprovecha la naturaleza. El consumo eléctrico elimina las tradicionales emisiones de CO<sub>2</sub> en las instalaciones.

Hasta el 78% de la energía que ofrece, se extrae de forma gratuita de la temperatura ambiental. Es la calefacción con menor consumo energético. Es una energía renovable, recogida como tal en el CTE (Código Técnico de la Edificación). Sólo se paga por el consumo eléctrico, que puede llegar a ser tan solo el 22% de la energía aportada para una máquina con rendimiento de 4,5 (como por ejemplo el sistema aerotermia Estía Gamma de Toshiba o similar).

La aerotermia para calentar agua es una opción modular, las unidades exteriores se pueden adaptar a cualquier instalación, pues tan solo hay que ir añadiendo unidades exteriores según su tamaño. Se pueden combinar sus salidas (radiadores tradicionales, suelo radiante, bombas de calor, etc.)

Su coste inicial suele ser más alto (aunque se compensa a lo largo de los años con el ahorro en consumo). Requiere de una unidad en el exterior de la vivienda.

***Fuente: Manual de Toshiba sobre la Aerotermia***

### **3.2.2. CONSUMO DIARIO DE ACS POR VIVIENDA**

Es necesario conocer el consumo diario de ACS por vivienda para la posterior selección del equipo de aerotermia. El nuevo documento de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación realizado en 2019, estima que la demanda diaria de ACS para una persona en una vivienda es de 28 litros/día. Se estiman 3 personas por vivienda básica, al igual que en el ático B, mientras que en el ático A solo hay un dormitorio doble, preparado para 2 personas. Por lo tanto, las viviendas con más consumo de agua caliente sanitaria serán las básicas con un consumo aproximado de 90 litros/día por vivienda. Este consumo procede principalmente de las duchas puesto que el agua caliente utilizada en lavabos o fregaderos es mucho menor que la utilizada en las duchas.

### **3.2.3. SELECCIÓN DE EQUIPO INTERIOR**

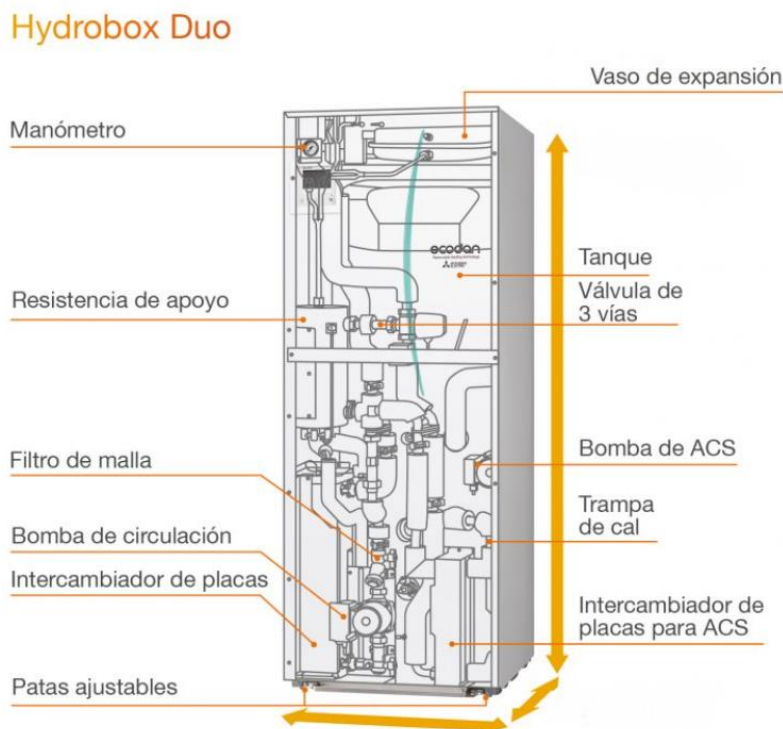
Tras un estudio de las diferentes marcas que ofrecen el sistema de aerotermia, se ha optado por la instalación de equipos individuales para cada vivienda de la marca Mitsubishi Electric. Se trata de los sistemas ECODAN, que permiten tener calefacción y agua caliente sanitaria en un único sistema compuesto por una unidad exterior y una interior. Estos sistemas suponen un ahorro en el consumo de luz de más de un 50%. La energía que se necesita para calentar un hogar, procede de dos fuentes, un 25% del suministro eléctrico y el 75% que resta, proviene del aire exterior, por lo que sólo se paga lo correspondiente al suministro eléctrico. Todos los equipos de la gama ECODAN, utilizan el gas refrigerante R32, que limita el daño a la atmósfera al reducir notablemente el índice Potencial de Calentamiento Atmosférico. Además, gracias a este gas, se ha podido mejorar la eficiencia en casi todos los sistemas, haciendo que Mitsubishi sea la marca líder del mercado. Estos sistemas incorporan una gran variedad de extras como la conexión a internet, a otros aparatos, sistemas fotovoltaicos, etc. Se estima que el importe de la inversión se recupera en aproximadamente 4 años, comparándola con otras fuentes de calor tradicionales basadas en la combustión.

Otro dato a resaltar acerca de estos equipos es que, si se obtienen 4 kWh de capacidad calorífica, 3 de ellos se obtienen gratuitamente del aire exterior mientras que sólo 1 kWh es la energía eléctrica consumida.

Dentro de ECODAN, existen distintas opciones, con tanque de ACS incorporado o con tanque de ACS externo. Como en esta instalación se pretende calentar el agua y ofrecer calefacción con el mismo equipo, se debe seleccionar aquel que incorpora los dos circuitos. Así, se elige la unidad interior Hydrobox Duo, que dispone de todos los elementos necesarios para gestionar los circuitos de calefacción más habituales y que incorpora distintas opciones de tanque de ACS, de 170, 200 y 300 litros.

Tras obtener el consumo diario de ACS por vivienda, se puede seleccionar uno de los mencionados anteriormente. Debido a que el consumo máximo es de 90 litros/vivienda al día, se elige el Hydrobox Duo con 170 litros de capacidad. Al tener el doble de volumen que el consumo, se considera más que suficiente y aceptable. Se recuerda que la capacidad del Hydrobox, hace referencia al agua caliente almacenada en el equipo y por lo tanto el volumen de agua que se podría gastar si todos los grifos estuviesen abiertos. Además, el equipo de aerotermia en cuanto se gasta agua del tanque, comienza a calentar más. A pesar de que es muy difícil que en una vivienda se gasten los 90 litros a la vez, requiere un factor de simultaneidad igual a 1, lo que es verdaderamente improbable, este contaría con agua suficiente para hacer frente a tal situación. Este sistema cuenta con la clasificación energética A+ en la producción de ACS. Dado que este mismo equipo, se quiere utilizar para suelo radiante y refrescante, el tipo de máquina debe ser reversible para poder absorber el calor de la estancia, haciendo que circule agua fría por los tubos del suelo radiante. Esto se explicará con detalle en el apartado de suelo radiante y refrescante.

A continuación, se adjunta una imagen del equipo.



**Ilustración 13.** Unidad interior Hydrobox Duo del sistema ECODAN. (Fuente: Mitsubishi Electric)

Se trata de un equipo de fácil acceso, debido a que las partes principales se sitúan en la parte frontal. Además, incorpora placa de intercambio diseñada por el propio fabricante, Mitsubishi Electric. Esta unidad, ofrece un sistema de producción de agua caliente sanitaria nuevo. Se dejan de lado los sistemas que utilizaban un serpentín en el interior del depósito para realizar por convección el intercambio de calor. Hydrobox utiliza un intercambiador de placas externo con circulación forzada, para poder obtener una mayor diferencia de temperaturas entre la zona superior e inferior del depósito. De esta forma, cuando hay consumo de ACS, se puede calentar y recuperar la temperatura del tanque a una velocidad mayor. Como se puede apreciar en la Ilustración 13, cuenta con una trampa de sedimentos, que captura la cal y otros elementos nocivos para así evitar la aparición de sarro e incrustaciones. Por tanto, se asegura su rendimiento por más de 10 años, aunque se utilice en zonas de agua dura. Se compone de un vaso de expansión de 12 litros, una resistencia de apoyo de 12 kW, un purgador manual y automático y una válvula de seguridad de 3 y 10 bares, además de una bandeja de condensados integrada en el chasis para poder ofrecer refrigeración. Cabe destacar que es un kit hidráulico, concepto a desarrollar en el apartado de suelo radiante-refrescante.

Como se ha comentado anteriormente hay varios modelos de Hydrobox Duo, ya que este puede proporcionar solo calor o ser reversible, para poder ofrecer a la vez refrigeración. Como en este caso se requiere una unidad reversible, y teniendo en cuenta el volumen del depósito seleccionado anteriormente, el modelo elegido es el ERST17D-VM2D.

**Íñigo Rodríguez Armajach**  
*INSTALACIONES DE BOMBEO*

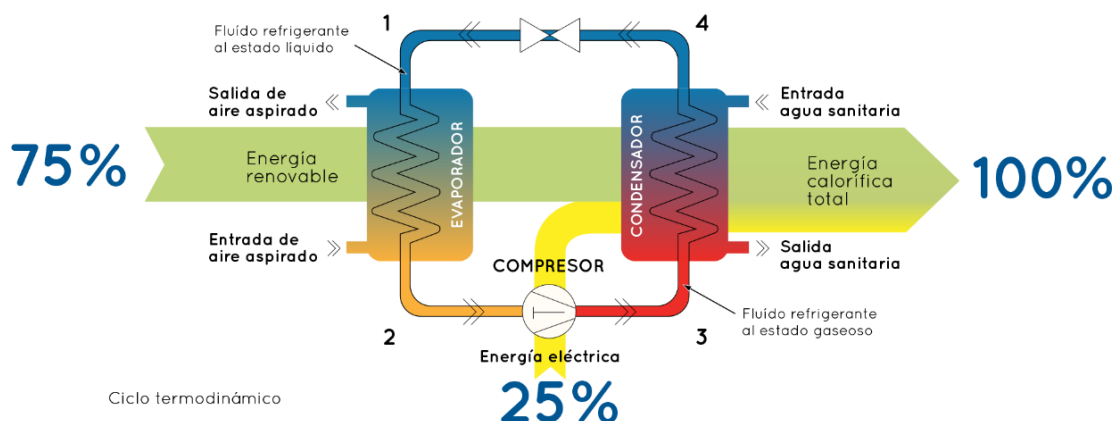
A continuación, se adjunta una tabla en la que se pueden observar las especificaciones del Hydrobox elegido.

	<b>Tipo</b>		Reversible
<b>Dimensiones</b>	<b>Al. x An. X Fo.</b>	<b>mm</b>	1400 x 595 x 680
	<b>Peso vacío/lleño</b>	<b>kg</b>	93 / 269
<b>Nivel sonoro (PWL)</b>		<b>dB(A)</b>	41
<b>Vaso expansión</b>	<b>Vol. / Presión carga</b>		12L / 0,1MPa
<b>Conexión tubería de agua</b>	<b>Circuito primario</b>	<b>mm</b>	Ø28 mm
	<b>Circuito ACS</b>	<b>mm</b>	Ø22 mm
<b>Tuberías refriger.</b>	<b>Ø Líquido / Gas</b>	<b>mm</b>	6,35 (¼») / 12,7 (½»)
<b>Bomba</b>	<b>Modelo</b>		Grundfos UPM3K 15-75 130
<b>Resist. apoyo</b>	<b>Fase / Potencia / Corriente (PIA)</b>		1~ / 2kW / 9A (PIA: 16A)
<b>Tanque ACS</b>	<b>Volumen</b>	<b>L</b>	170
	<b>Material</b>		Acero Inoxidable

*Ilustración 14. Especificaciones del Hydrobox ERST17D-VM2D0. (Fuente: Mitsubishi Electric)*

### 3.2.4. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

A continuación, se expone el funcionamiento de estos equipos y cómo logran calentar el agua. En la unidad exterior, el evaporador absorbe la energía termodinámica que contiene el aire y la traslada a un gas refrigerante. Este gas atraviesa el compresor, donde aumenta su temperatura para cederla después en el condensador. El calor almacenado en el condensador, se traslada al agua mediante un intercambiador. Finalmente, el agua se almacena en el tanque, donde se encuentra lista para su uso antes de que se enfríe. El ciclo se reinicia cuando el refrigerante atraviesa la válvula de expansión, en la que se expande y se enfría, y vuelve al evaporador en la unidad exterior. En la Ilustración 15, se puede observar el ciclo termodinámico seguido por el gas refrigerante, así como las distintas etapas por las que este pasa para lograr calentar el agua fría que entra en el condensador. Se trata de un ciclo termodinámico sencillo en el que el 75% de la energía es renovable mientras que como ya se ha comentado anteriormente, sólo se paga la energía eléctrica consumida.

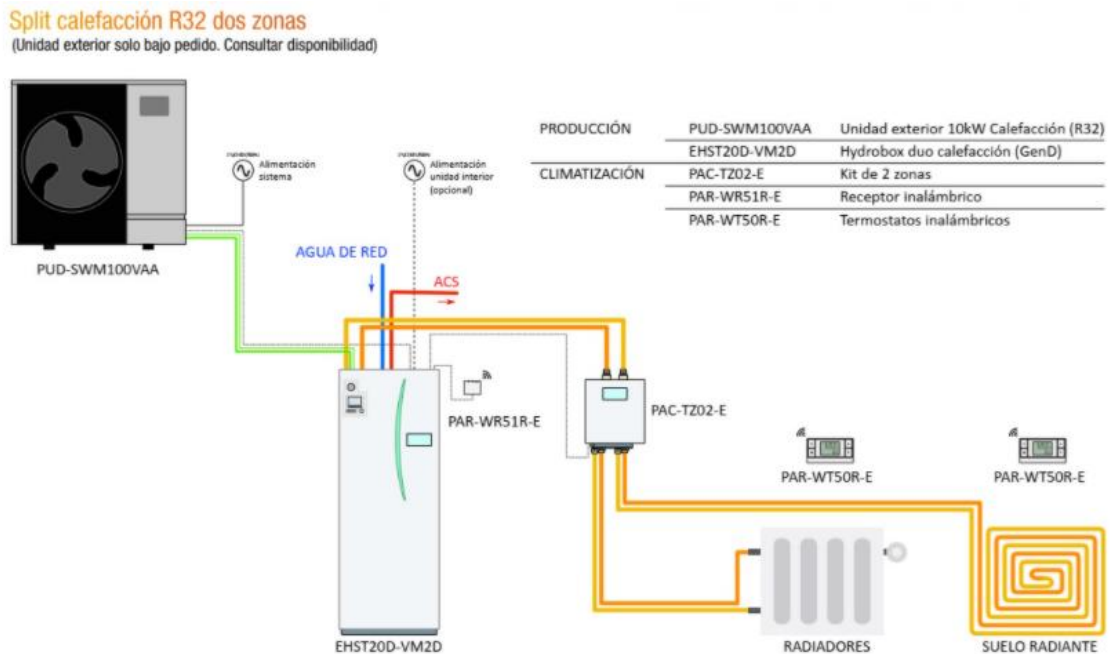


*Ilustración 15. Ciclo termodinámico de la aerotermia. (Fuente: Sanigrif)*

Además, el equipo seleccionado al ser reversible debe contar con una válvula de inversión o de 4 vías, para permitir invertir el sentido del flujo del gas refrigerante y, por lo tanto, el del calor de la estancia.

Para impulsar el agua desde el equipo hasta los aparatos de las viviendas, este cuenta con una bomba del fabricante Grundfos, modelo UPM3K 15-75 130. Este tipo de bombas no suministra una gran altura, ya que, cada vivienda dispone de un equipo de estos. La brida de salida de estas bombas tiene un diámetro de aproximadamente 40 mm. No se dispone del dato exacto, ya que en la página web de Grundfos no aparece, pero se ha aproximado con otras medidas que si se pueden determinar. Estas bombas son perfectas para el tipo de aplicación que se está diseñando puesto que admiten una temperatura del fluido de 60°C y en este caso Mitsubishi Electric ha comprobado de antemano que son capaces de suministrar un caudal razonable a una presión adecuada para las viviendas.

Para hacerse una idea del funcionamiento explicado anteriormente, se adjunta la Ilustración 16, en la que se expone el esquema de un sistema ECODAN, con distintas unidades de las elegidas en este proyecto, pero que resume perfectamente lo comentado y se puede apreciar de una manera más visual. En este caso cuenta con un kit de dos zonas, para poder instalar radiadores y suelo radiante y algunos extras como receptores y termostatos inalámbricos. Dado que el Hydrobox que figura en la imagen no es reversible, este no puede ofrecer suelo refrescante mientras que el seleccionado en el anterior apartado sí. En cuanto al kit de dos zonas, se planteará más adelante su instalación, para poder así incorporar fancoils de suelo o de pared.



*Ilustración 16. Funcionamiento sistema ECODAN. (Fuente: Gasfriocalor)*



### **3.2.5. SISTEMA HIDRÁULICO**

En cuanto al sistema hidráulico del agua caliente sanitaria, es muy similar al del agua fría, añadiendo una máquina de aerotermia en cada vivienda. El agua fría es impulsada por las bombas primarias hacia el equipo de aerotermia, donde es calentada hasta la temperatura requerida. A continuación, el agua caliente sanitaria es impulsada a través de la bomba del Hydrobox hasta los diferentes aparatos.

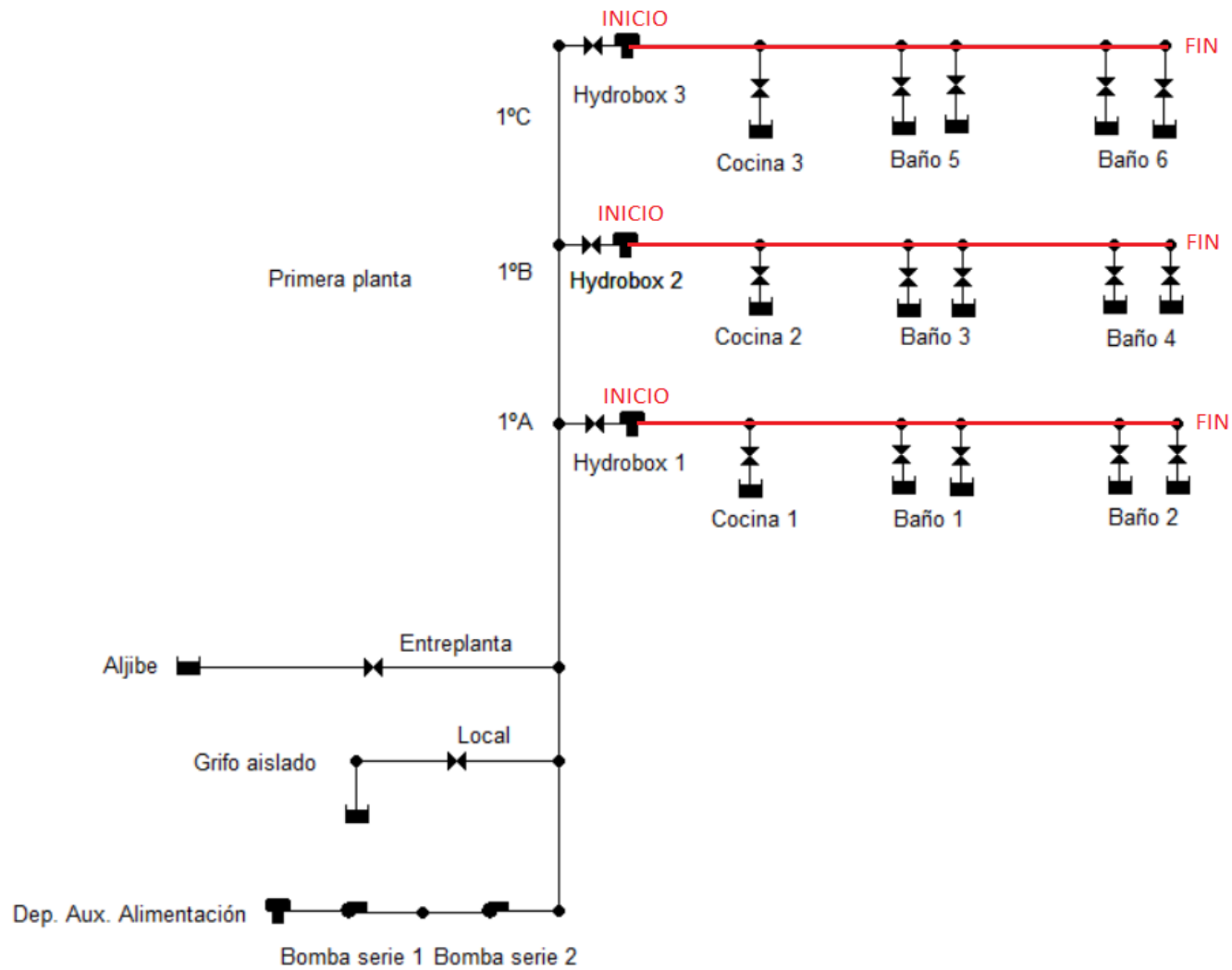
Se puede observar como en las cocinas solo hay un elemento, el fregadero doméstico, ya que tanto el lavavajillas como la lavadora se han excluido del circuito.

Para el material de las tuberías, se elige polipropileno como en el resto de la instalación. Este material es capaz de soportar una temperatura máxima de fluido de 95°C, por lo tanto, es ideal para este tipo de instalaciones. El diámetro de la tubería escogida es de 40 mm, siendo aproximadamente el mismo que el de la brida de salida de la bomba. De no ser iguales, se empleará un anillo de ajuste para que coincidan. El esquema se ha realizado de la siguiente forma:

Se ha detallado únicamente el esquema de una planta ya que en todas ellas el funcionamiento es el mismo. En este caso, se detallará la primera planta. Se recuerda que en la tercera planta una de las viviendas tiene únicamente un baño.

Según el CTE, en aquellos lugares en los que hay más de 15 metros de tubería entre el inicio y el punto más alejado de consumo, la instalación de una red de recirculación, se hace obligatoria. El objetivo de esta red es, recircular el agua caliente al depósito una vez se apaga el grifo. Así, se produce un ahorro energético y se evita tener que esperar mucho tiempo a que salga el agua caliente cuando se abre el grifo. Esto ocurre porque al cerrar un grifo, el agua caliente que no ha salido, se acumula en la tubería en la que pierde temperatura con el tiempo y se enfría. Tras comprobar en los planos de las plantas y viviendas que en ningún caso existen los 15 metros de tubería entre inicio y punto más alejado de consumo, se concluye que esta red de recirculación no es de carácter obligatorio en este sistema. Además, en caso de querer instalarla, presenta una gran dificultad debido a la individualización de la red de ACS. Habría que instalar una bomba por vivienda que llevase el agua acumulada en las tuberías hasta el Hydrobox. El coste de este tipo de bombas más la instalación de la red, no es interesante desde un punto de vista ingenieril, ya que el tamaño de las viviendas no es excesivamente grande y la red de ACS cuenta con pocos aparatos. En un edificio con red de ACS centralizada, sería obligatoria y muy interesante este tipo de red de recirculación, ya que contaría con una única bomba para todo el edificio.

Se ha dibujado en rojo aquellas líneas de tuberías por las que circula el agua caliente sanitaria. Estas líneas, tiene como principio el Hydrobox Duo, encargado de calentar el agua y como fin, el aparato más alejado de este equipo. Se ha descartado la recirculación por los motivos expuestos anteriormente.



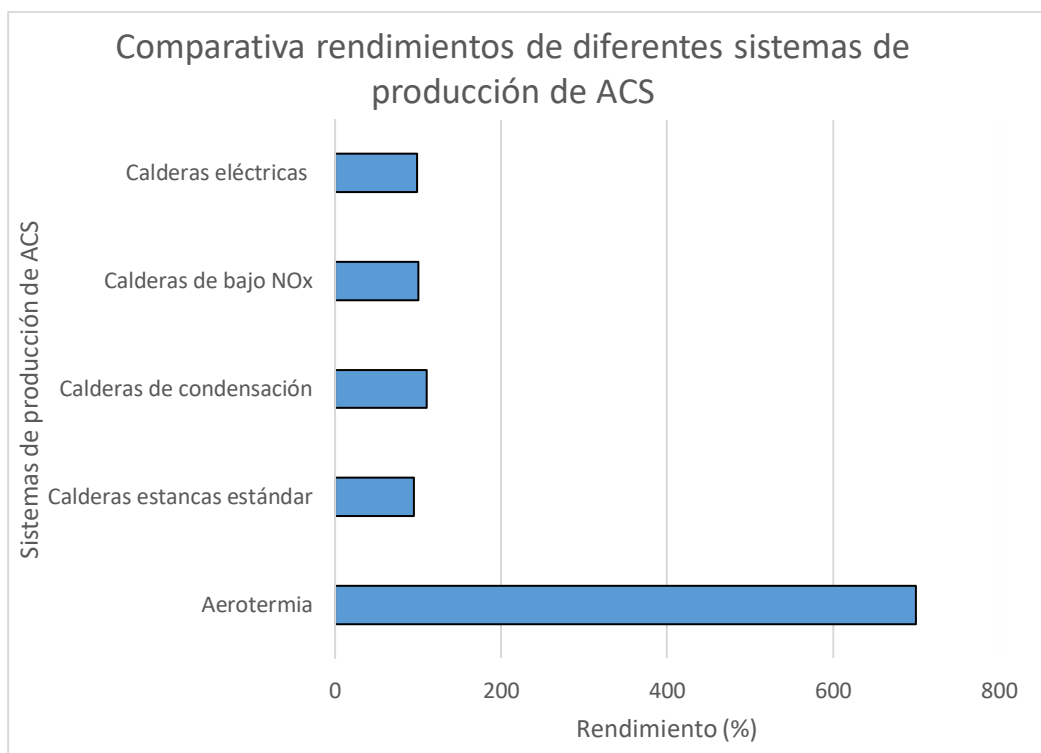
*Ilustración 17. Esquema del sistema hidráulico de ACS. (Fuente: Elaboración propia mediante Epanet)*

### **3.2.6. COMPARATIVA PRODUCCIÓN ACS CON AEROTERMIA O CON MÉTODOS TRADICIONALES**

A la hora de comparar la producción de ACS mediante aerotermia frente a los métodos tradicionales que todavía se usan en los edificios, existen grandes diferencias, cuyo análisis y estudio ha sido clave para la elección del proceso de producción de ACS. A continuación, se exponen las que se han considerado más importantes y con mayor peso en este proyecto.

- **Impacto medioambiental:** los métodos tradicionales de producción de ACS, en su mayoría se caracterizan por la quema de combustibles y por lo tanto en la producción de humos expulsados a la atmósfera. Estos humos, son uno de los principales culpables del agujero de la capa de ozono y del cambio climático. En los últimos años, se ha intentado reducir el número de calderas de este tipo, prohibiendo su uso y promoviendo otro tipo de calderas de gas. Las más novedosas son las calderas de gas de condensación, de bajo NOx y las estancas estándar. Aunque se ha logrado reducir enormemente la emisión de los gases de efecto invernadero comentados anteriormente, estas siguen utilizando la combustión como método de producción. Por lo tanto, la contaminación del aire ha mejorado, pero sigue siendo latente. Por otro lado, hoy en día existen calderas eléctricas que utilizan la electricidad para calentar el agua, pero el rendimiento, analizado próximamente, es menor. En este último tipo de calderas, el uso indiscriminado de la electricidad es un hecho innegable y, por lo tanto, otro de los factores que han llevado a descartar su instalación. La aerotermia, está calificada como una fuente de energía renovable y sostenible, por lo tanto, no es dañina para el medioambiente. El uso de la electricidad desciende hasta el 25% de la energía necesaria para calentar el agua, reduciendo en gran medida los valores de electricidad usados por las calderas eléctricas. No emite gases de contaminación, ya que no se quema ningún tipo de sustancia, simplemente utiliza la energía termodinámica del aire exterior para que, a través de un gas refrigerante y una serie de procesos, se logre calentar el agua. Además, se ha comentado anteriormente que todos los sistemas de ECODAN, utilizan el gas refrigerante R32, que limita el daño a la atmósfera al reducir notablemente el índice Potencial de Calentamiento Atmosférico. Contribuye en la descarbonización del planeta, intentando frenar de la mejor forma posible el cambio climático. Esto hace de la aerotermia, una fuente de energía comprometida con el medioambiente y actualizada a las nuevas tecnologías.
  
- **Rendimiento y eficiencia:** Los equipos de aerotermia de la gama ECODAN, al utilizar el gas refrigerante R32, consiguen mejorar de manera considerable la eficiencia de todos los equipos. En cuanto al rendimiento, estos equipos alcanzan valores del 500% incluso llegando a poder obtener un rendimiento del 700%. Estos rendimientos en calderas de gas, descienden hasta el 95% en las estancas estándar, el 110% en calderas de condensación y de bajo NOx

inferiores al 110%. Las calderas eléctricas de bajo consumo, pueden trabajar a un rendimiento del 99%. Se puede ver claramente como, la aerotermia logra unos rendimientos cinco o incluso siete veces mayores que cualquier otro método de producción. Se adjunta un gráfico donde se puede apreciar la diferencia de rendimientos de los diferentes sistemas de producción de ACS analizados, en el que queda claramente evidenciado que la aerotermia es el sistema con mayor rendimiento.



**Gráfico 6.** Comparativa rendimientos de diferentes sistemas de producción de ACS.  
(Fuente: Elaboración propia)

- **Precio y costes:** aunque la inversión inicial a realizar en los equipos de aerotermia es mayor que en las calderas, se estima que se recupera a los 4 años, comparándola con la inversión en la compra de una caldera. En cuanto a los costes, la aerotermia logra reducir hasta un 50% el consumo eléctrico en una vivienda. Dada el creciente e inestable precio de la luz en España, es un factor clave a tener en cuenta, debido a que, para disponer de calderas eléctricas, en muchos casos, se debe aumentar la potencia contratada. El 75% de la energía utilizada para calentar tanto el agua como el hogar, se extrae del aire, mientras que únicamente el 25% restante procede del suministro eléctrico, siendo este pequeño porcentaje el importe a pagar. El mantenimiento de estos equipos, es como el realizado en un electrodoméstico, es decir, mínimo, debido a la simpleza en su mecánica. En cambio, las calderas están sujetas a un mantenimiento más exhaustivo y costoso.

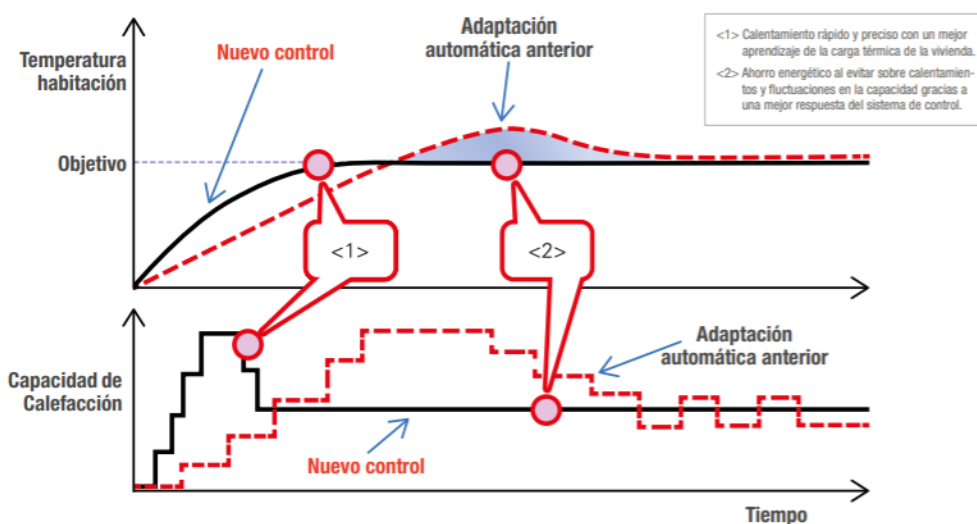
Además, la idea de unificar en un mismo equipo calefacción, climatización y suministro de ACS, ha sido primordial en la elección.



#### 4. SUELO RADIANTE Y REFRESCANTE

Para la climatización y calefacción de las viviendas se ha optado por la instalación de suelo radiante y refrescante. Se trata de un mismo sistema hidráulico que se explicará en profundidad en el siguiente apartado. La aerotermia, es el sistema de calefacción con menor consumo energético. Al instalarse un Hydrobox Duo para cada vivienda, se consigue la individualización del sistema de calefacción que tantos problemas da en los edificios con caldera común y que se expondrán en el apartado de comparativa ECODAN frente a caldera de gasoil. Como se ha comentado en la elección de la unidad interior, existe la posibilidad de agrupar en un mismo equipo calefacción y climatización gracias al Hydrobox Duo, ya que cuentan con un modo reversible de forma que son capaces de hacer circular agua fría en vez de caliente.

El kit hidráulico Hydrobox Duo, viene equipado con el sistema de control FTC6 de sexta generación, para asegurar el máximo confort con el menor consumo, regulando así la producción de calor del sistema. ECODAN, cuenta con la tecnología exclusiva de autoadaptación de Mitsubishi Electric. Esta, es capaz de ajustar la temperatura del circuito de agua (conductos por los que circula el agua de suelo radiante-refrescante) gracias a que registra de forma automática los cambios de la temperatura de la estancia y del exterior. En otras palabras, mide la temperatura de la estancia y del exterior, y calcula la capacidad térmica requerida para la vivienda. Por tanto, para prevenir posibles derroches de energía, se controla automáticamente la temperatura de dicho circuito en función de la demanda térmica. Además, es capaz de estimar los futuros cambios de temperatura que se puedan producir en el interior, trabajando para prevenir incrementos y decrementos inútiles de la temperatura del agua que circula por el circuito. Se adjunta la Ilustración 18, para comprender de una forma más visual y a modo de resumen de esto último.



*Ilustración 18. Función de autoadaptación de la tecnología ECODAN. (Fuente: Mitsubishi Electric)*

## 4.1. SISTEMA HIDRÓNICO

El suelo radiante y refrescante se caracteriza por formar parte de un sistema hidrónico. Este tipo de sistemas, distribuyen la energía térmica y frigorífica para la calefacción y el aire acondicionado mediante tubos hídricos, por los que circula agua caliente o fría, dependiendo de lo que el usuario demande. Esta agua, procede de una unidad de producción termo-frigorífica, en este caso el Hydrobox Duo, dotada además de un compresor exterior, cuya selección se hará posteriormente. Se trata de un sistema cerrado ya que el agua que circula por las tuberías no se vierte al exterior si no que se devuelve al Hydrobox y este vuelve a hacerla circular. Gracias a esto, el consumo de agua es mínimo.

Los tubos de la instalación están hechos generalmente de polietileno reticulado o polibutileno, se instalan debajo del pavimento y de una capa de mortero autonivelante. Dependiendo de si el usuario demanda climatización o calefacción, el agua puede circular por estos tubos a una temperatura entre 15°C y 45°C. Las instalaciones de radiadores tradicionales, utilizan una temperatura de impulsión de agua de unos 70°C, mientras que el suelo radiante es el sistema de calefacción con la temperatura de impulsión de agua más baja. La disposición de los tubos hídricos, generalmente es en forma de serpentín, doble serpentín o espiral. En la Ilustración 19, se puede ver lo comentado acerca del pavimento y una de las posibles formas de los tubos.

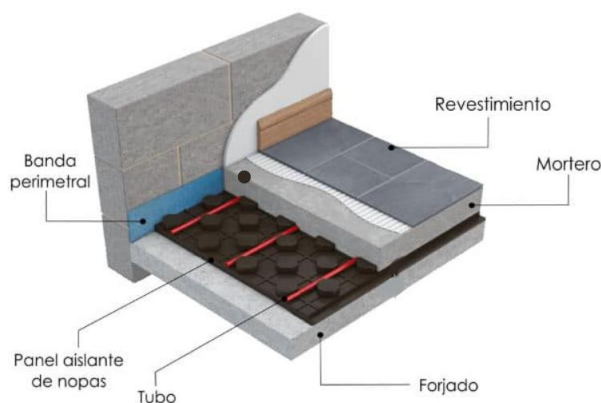


*Ilustración 19. Instalación de los tubos hídricos del suelo radiante-refrescante. (Fuente: Instalaciones y eficiencia energética)*

Elementos principales de una instalación de suelo radiante:

- **Caja de colectores:** son los elementos de donde parten los circuitos de suelo radiante-refrescante de cada estancia a calefactar, suelen estar empotrados en los tabiques.
- **Banda perimetral:** se trata de una banda de espuma de polietileno cuya función es absorber las dilataciones producidas por el mortero de cemento colocado sobre los tubos hídricos, debido a su calentamiento y enfriamiento. Genera un aislamiento lateral del sistema ya que se fija a las paredes de todas las áreas a calefactar, desde el suelo hasta el pavimento.
- **Film polietileno:** no es estrictamente necesario, ya que se suele instalar únicamente cuando existe riesgo de humedad en el forjado.
- **Panel aislante:** es el aislamiento térmico del sistema. Sobre él se instalan las tuberías, sujetando por los tanto los circuitos y facilitando su tendido con la separación entre tubos proyectada.

- **Tuberías de suelo radiante:** son los tubos por los que circula el agua, ya comentados. Generalmente son tuberías de plástico con barrera de difusión de oxígeno.
- **Mortero de cemento:** se recomienda un espesor de 5 cm medidos a partir de la generatriz superior de la tubería. Se debe añadir un aditivo al agua de amasado de la mezcla de mortero, para evitar inclusiones de aire que aumentan la resistencia térmica del sistema.



*Ilustración 20. Elementos de un sistema radiante-refrescante. (Fuente: Akiter)*

Cuando el sistema funciona como calefacción, el calor se transmite principalmente por radiación, pero también lo hace por conducción y mínimamente por convección. En cambio, cuando este se encuentra en modo refrigeración, el exceso de calor contenido en la estancia, se absorbe a través del pavimento y de la capa de mortero, donde se localizan las tuberías por las que circula el agua fría. Además, el suelo refrescante requiere de un sistema de regulación y control para poder seleccionar y regular la temperatura de impulsión del agua en el sistema primario. Debe tenerse en cuenta que el límite de enfriamiento del suelo refrescante se encuentra en la temperatura de rocío del aire ambiente, que depende de su contenido en humedad. En este proyecto se opta por instalar fancoils de techo, cuyo funcionamiento es idéntico al de los splits de aire acondicionado, cuyo objetivo es la emisión de aire frío a la estancia en la que se encuentran. Estos, servirán de apoyo en caso de que se necesite mayor capacidad de refrigeración en la estancia, aumentando así el confort de las personas de la vivienda si consideran insuficiente la climatización proporcionada por el suelo refrescante. Además, se trata de una forma de evitar que la condensación de agua aparezca en las superficies más frías. Por lo tanto, gracias a los fancoils, se logra aumentar el confort en caso de ser necesario y evitar el principal inconveniente del suelo refrescante. Se debe destacar el hecho de que la condensación es más propicia a aparecer en lugares con elevada humedad o altas temperaturas. La ciudad de Madrid, en los meses de verano no suele superar el 50% de humedad, por lo que no debería haber problema alguno, siendo muy excepcional la aparición de condensación en las estancias. Otra forma de asegurar que no se produce dicha condensación, es colocar una sonda de humedad relativa en el suelo que permita parar el flujo de agua fría antes de llegar a una humedad cercana al 100%, y evitar así cualquier riesgo de condensación. Dada la complejidad de esta instalación y que este tipo de sondas son propensas a fallar, se descarta ya que se considera perfectamente abordado y previsto el problema de la condensación, gracias a los fancoils.



## 4.2. CÁLCULO DE LA POTENCIA CALORÍFICA NECESARIA

Para seleccionar la unidad exterior, es necesario conocer tanto la potencia calorífica como la capacidad de refrigeración de dicha unidad. En este apartado se realizarán los cálculos necesarios para hallar dicha potencia calorífica. Como se ha comentado anteriormente, el principal fenómeno por el cual se transmite calor a la estancia es por radiación. Se trata de una energía en forma de ondas electromagnéticas, emitida por la materia que está por encima del cero absoluto. De los tres métodos vistos en la asignatura de Transmisión de Calor impartida en la Escuela Pontificia de Comillas ICAI, este resulta ser el más complejo de utilizar, ya que la mayoría de superficies no se comportan como el cuerpo negro y, por lo tanto, la radiación se puede emitir y reflejar en ciertas direcciones preferentes, dotando de gran dificultad a los problemas de radiación. Este fenómeno está gobernado por una gran cantidad de leyes que dotan de una elevada complejidad al cálculo de la potencia calorífica necesaria para cada estancia.

Para ello, se hace uso de la ecuación propuesta por el portal sectorial de instalaciones de climatización caloryfrio.com, que simplifica enormemente los cálculos y problemas, siendo aplicable para cualquier método de transmisión de calor. Además, es aplicada en los proyectos industriales reales, ya que permite realizar una estimación correcta acerca de la potencia calorífica necesaria y supone un ahorro de tiempo considerable. La fórmula que propone esta página web, es una ecuación muy sencilla aceptada por los profesionales en la que entran en juego varios parámetros:

- **Orientación de la estancia a calentar (A):** de la orientación de la vivienda depende que reciba una mayor o menor cantidad de luz solar. De manera ilustrativa, una vivienda con orientación Sur, siempre será más calurosa que una con orientación norte. Este parámetro vale 1 cuando la orientación es Este u Oeste, cuando es Sur vale 0,92 y 1,12 cuando es Norte.
- **Aislamiento (B):** el aislamiento es un parámetro básico que determina una mejor o peor eficiencia energética de un edificio. Un aislamiento bajo, significa pérdidas de calefacción y por lo tanto de energía. Cuanto menor es el aislamiento, mayor es el consumo de calefacción y, al contrario. De esta forma se establecen tres posibilidades:
  - Buen aislamiento: Doble ventanal y doble tabique, con un valor de 0,93.
  - Aislamiento sencillo: Ventanal sencillo y tabique doble o ventanal doble y tabique sencillo, con un valor de 1.
  - Sin aislamiento: Ventanal sencillo y tabique sencillo, valor 1,10.
- **Zona climática (C):** el Código Técnico de la Edificación establece en el DB H1 las zonas climáticas en las que se divide España. Este código, establece una letra para la división de invierno y un número para verano. Dado que se está realizando el estudio de calefacción, se utilizará lo respectivo a las zonas climáticas en invierno. La Comunidad de Madrid pertenece a la zona D, que corresponde a un valor de 1,12.

**Íñigo Rodríguez Armajach**  
**INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE-REFRESCANTE**

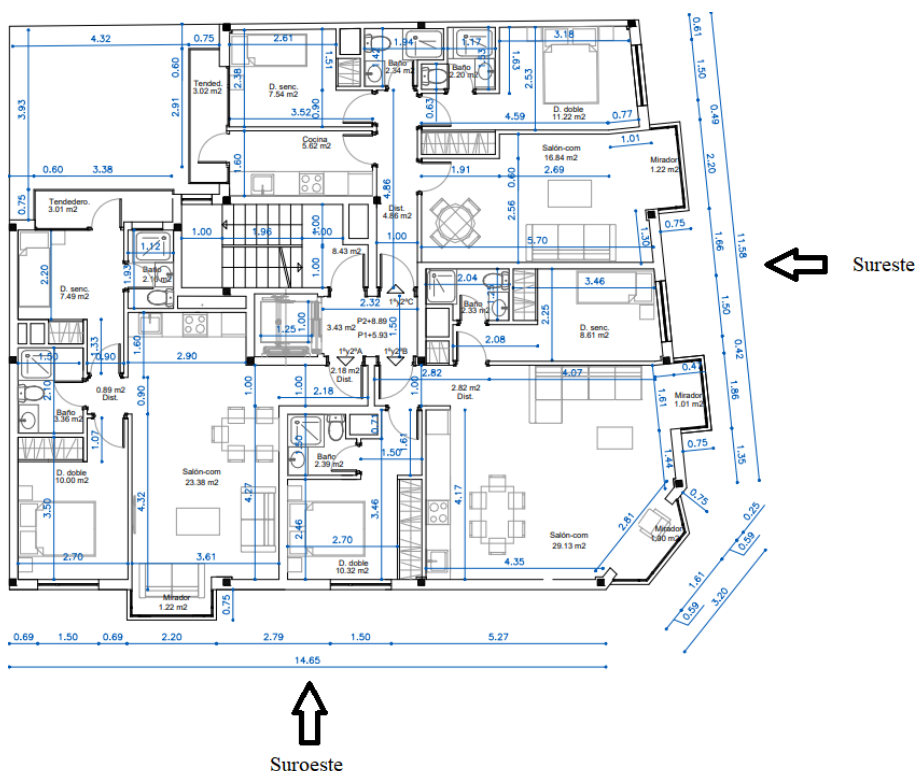


*Ilustración 21. Zonas climáticas en invierno según el CTE. (Fuente: Caloryfrio)*

De esta forma, la ecuación propuesta por caloryfrio.com para calcular la potencia calorífica necesaria por m<sup>2</sup> es la siguiente:

$$P = A \times B \times C \times 85$$

En cuanto a la orientación de las estancias, se adjunta el Plano 2, donde se muestra la orientación. Cabe destacar que, tanto por el norte como por el oeste, el edificio se encuentra rodeado por bloques de viviendas y, por lo tanto, el factor de orientación en aquellas estancias situadas en esas direcciones se tomará como 1. Además, puede verse como sólo hay ventanas en las fachadas indicadas.



*Plano 2. Orientación y distribución de la primera y segunda planta. (Fuente: Modificado de original de GREEN SOLID S.L)*

**Íñigo Rodríguez Armajach**  
**INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE-REFRESCANTE**

El valor del coeficiente de orientación del suroeste se obtiene haciendo la media entre los coeficientes de sur y de oeste, de esta forma,  $(1+0,92) / 2 = 0,96$ . En cuanto al valor del coeficiente de orientación del sureste, se obtiene de igual forma,  $(1+0,92) / 2 = 0,96$ .

Dado que las plantas 1 y 2 del edificio son exactamente iguales en cuanto a superficie y distribución de las estancias, se analizarán las tres viviendas de las plantas, estancia por estancia. Al ser obra nueva, el aislamiento de todas las estancias se considera bueno y por tanto este tiene un valor de 0,93 en todas ellas.

<b>PRIMERA Y SEGUNDA PLANTA</b>				
<b><i>VIVIENDA A – DISTRIBUIDOR PRINCIPAL</i></b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	2,18 m <sup>2</sup>	193 W
<b><i>VIVIENDA A – SALÓN COMEDOR COCINA</i></b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Suroeste = 0,96	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	23,38 m <sup>2</sup>	1987,2 W
<b><i>VIVIENDA A – MIRADOR</i></b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Suroeste = 0,96	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	1,22 m <sup>2</sup>	103,7 W
<b><i>VIVIENDA A – DORMITORIO DOBLE</i></b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Suroeste = 0,96	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	10 m <sup>2</sup>	850 W
<b><i>VIVIENDA A – BAÑO 1</i></b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	3,36 m <sup>2</sup>	297,5 W
<b><i>VIVIENDA A – DISTRIBUIDOR 2</i></b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	0,89 m <sup>2</sup>	79 W
<b><i>VIVIENDA A – DORMITORIO SENCILLO</i></b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	7,49 m <sup>2</sup>	663,13 W

**Íñigo Rodríguez Armajach**  
**INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE-REFRESCANTE**

<b>VIVIENDA A – BAÑO 2</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	2,16 m <sup>2</sup>	191,24 W
<b>VIVIENDA A – TENEDERO</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	3 m <sup>2</sup>	265,6 W
<b>POTENCIA CALORÍFICA TOTAL NECESARIA VIVIENDA A = 4630,38 W</b>				
<b>VIVIENDA B – DISTRIBUIDOR PRINCIPAL</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	2,82 m <sup>2</sup>	249,7 W
<b>VIVIENDA B – BAÑO 1</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	2,39 m <sup>2</sup>	211,6 W
<b>VIVIENDA B – DORMITORIO DOBLE</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Suroeste = 0,96	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	10,32 m <sup>2</sup>	877,15 W
<b>VIVIENDA B – SALÓN COMEDOR COCINA</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Sureste = 0,96	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	29,13 m <sup>2</sup>	2475,9 W
<b>VIVIENDA B – MIRADOR 1</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Sureste = 0,96	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	1,3 m <sup>2</sup>	110,5 W
<b>VIVIENDA B – MIRADOR 2</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Sureste = 0,96	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	1,01 m <sup>2</sup>	85,85 W
<b>VIVIENDA B – DORMITORIO SENCILLO</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Sureste = 0,96	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	8,61 m <sup>2</sup>	731,8 W

**Íñigo Rodríguez Armajach**  
**INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE-REFRESCANTE**

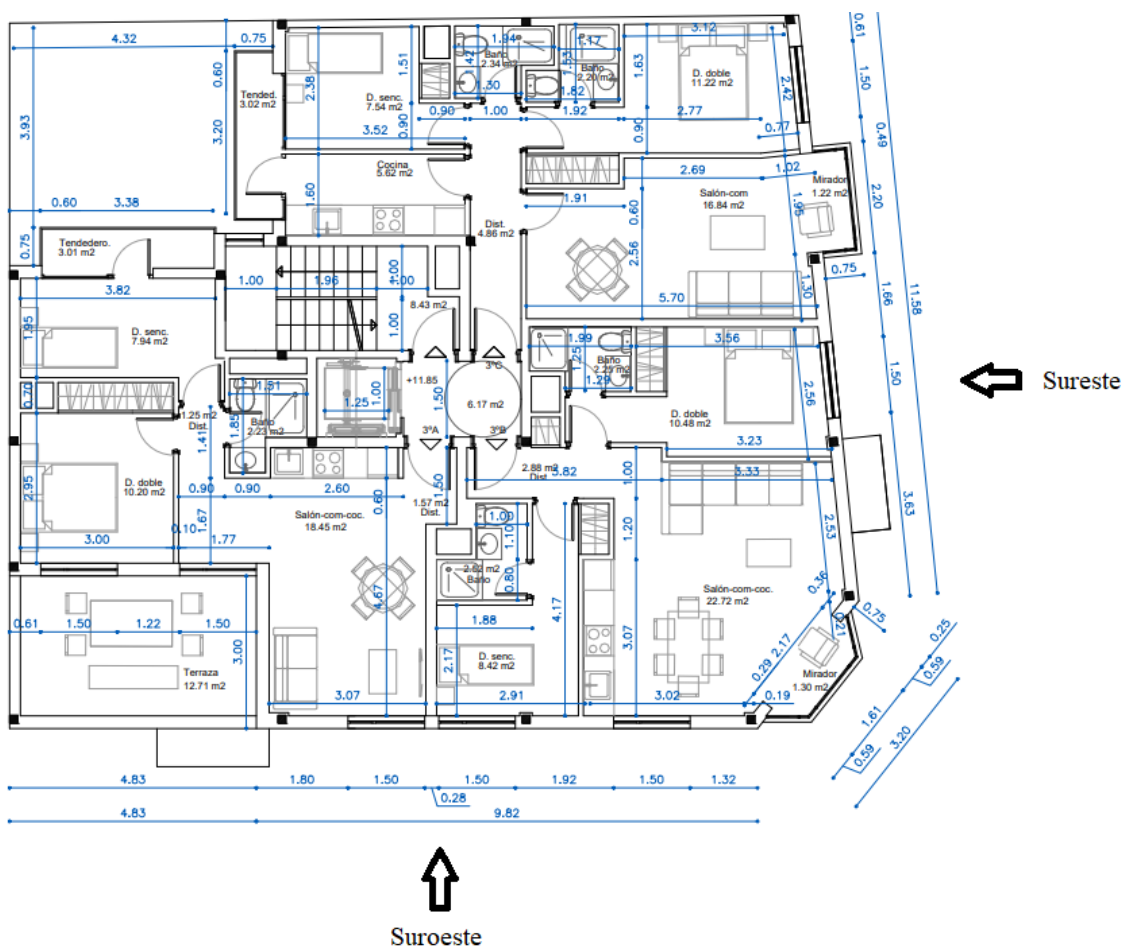
<b>VIVIENDA B – BAÑO 2</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	2,33 m <sup>2</sup>	206,3 W
<b>POTENCIA CALORÍFICA TOTAL NECESARIA VIVIENDA B = 4948,8 W</b>				
<b>VIVIENDA C – DISTRIBUIDOR PRINCIPAL</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	4,86 m <sup>2</sup>	430,3 W
<b>VIVIENDA C – SALÓN COMEDOR</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Sureste = 0,96	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	16,84 m <sup>2</sup>	1431,3 W
<b>VIVIENDA C – MIRADOR</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Sureste = 0,96	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	1,22 m <sup>2</sup>	103,7 W
<b>VIVIENDA C – COCINA</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	5,62 m <sup>2</sup>	497,6 W
<b>VIVIENDA C – TENDEDERO</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	3,02 m <sup>2</sup>	267,4 W
<b>VIVIENDA C – DORMITORIO SENCILLO</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	7,54 m <sup>2</sup>	667,6 W
<b>VIVIENDA C – BAÑO 1</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	2,34 m <sup>2</sup>	207,2 W
<b>VIVIENDA C – BAÑO 2</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	2,20 m <sup>2</sup>	194,8 W

**Íñigo Rodríguez Armajach**  
**INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE-REFRESCANTE**

<b>VIVIENDA C – DORMITORIO DOBLE</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Sureste = 0,96	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	11,22 m <sup>2</sup>	953,7 W
<b>POTENCIA CALORÍFICA TOTAL NECESARIA VIVIENDA C = 4753,6 W</b>				

**Tabla 3.** Cálculo de potencia calorífica necesaria en las viviendas de la primera y segunda planta. (Fuente: Elaboración propia)

A continuación, se adjunta el plano de la tercera planta donde se mantiene la orientación del edificio establecida en el Plano 2. Al igual que en la primera y segunda planta, sólo hay ventanas en las fachadas indicadas, estando las demás rodeadas de bloques de viviendas. La vivienda 3ªA, tiene una terraza que no entrará dentro del cálculo, ya que las terrazas ni se calefactan ni se climatizan, por estar en contacto directo con el exterior.



**Plano 3.** Orientación y distribución de la tercera planta. (Fuente: Modificado de original de GREEN SOLID S.L)

**Íñigo Rodríguez Armajach**  
**INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE-REFRESCANTE**

Al igual que en la primera y segunda planta, se realiza el cálculo de la potencia calorífica necesaria de las tres viviendas de la planta, estancia por estancia. Al ser obra nueva, el aislamiento de todas las estancias se considera bueno y por tanto este tiene un valor de 0,93 en todas ellas.

<b>TERCERA PLANTA</b>				
<b>VIVIENDA A – DISTRIBUIDOR PRINCIPAL</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	1,57 m <sup>2</sup>	139 W
<b>VIVIENDA A – SALÓN COMEDOR COCINA</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Suroeste = 0,96	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	18,45 m <sup>2</sup>	1568,2 W
<b>VIVIENDA A – DORMITORIO DOBLE</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Suroeste = 0,96	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	10,20 m <sup>2</sup>	867 W
<b>VIVIENDA A – BAÑO</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	2,23 m <sup>2</sup>	197,4 W
<b>VIVIENDA A – DISTRIBUIDOR 2</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	1,25 m <sup>2</sup>	110,7 W
<b>VIVIENDA A – DORMITORIO SENCILLO</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	7,94 m <sup>2</sup>	703 W
<b>VIVIENDA A – TENDEDERO</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	3 m <sup>2</sup>	265,6 W
<b>POTENCIA CALORÍFICA TOTAL NECESARIA VIVIENDA A = 3850,9 W</b>				
<b>VIVIENDA B – DISTRIBUIDOR PRINCIPAL</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria

**Íñigo Rodríguez Armajach**  
**INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE-REFRESCANTE**

Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	2,88 m <sup>2</sup>	255 W
<b>VIVIENDA B – BAÑO 1</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	2,52 m <sup>2</sup>	223,1 W
<b>VIVIENDA B – DORMITORIO SENCILLO</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Suroeste = 0,96	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	8,42 m <sup>2</sup>	715,7 W
<b>VIVIENDA B – SALÓN COMEDOR COCINA</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Suroeste = 0,96	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	22,72 m <sup>2</sup>	1931,1 W
<b>VIVIENDA B – MIRADOR</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Suroeste = 0,96	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	1,3 m <sup>2</sup>	110,5 W
<b>VIVIENDA B – DORMITORIO DOBLE</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Sureste = 0,96	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	10,48 m <sup>2</sup>	890,8 W
<b>VIVIENDA B – BAÑO 2</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	2,25 m <sup>2</sup>	199,2 W
<b>POTENCIA CALORÍFICA TOTAL NECESARIA VIVIENDA B = 4325,4 W</b>				
<b>VIVIENDA C – DISTRIBUIDOR PRINCIPAL</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	4,86 m <sup>2</sup>	430,3 W
<b>VIVIENDA C – SALÓN COMEDOR</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Sureste = 0,96	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	16,84 m <sup>2</sup>	1431,3 W
<b>VIVIENDA C – MIRADOR</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria



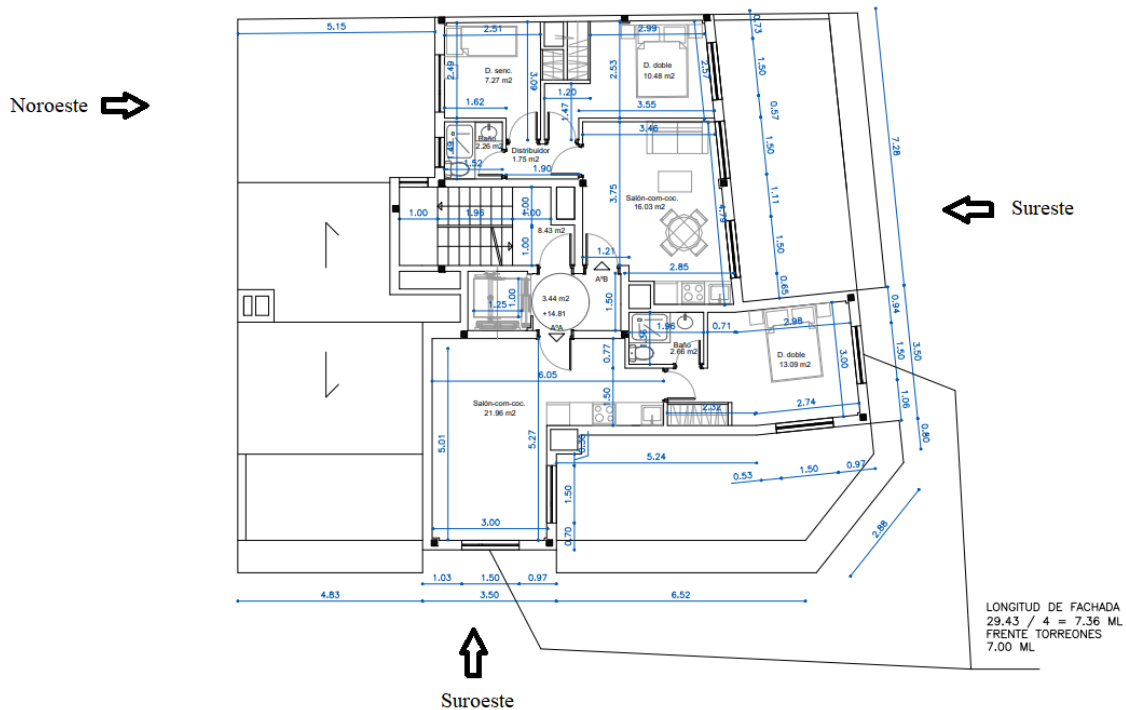
**Íñigo Rodríguez Armajach**  
**INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE-REFRESCANTE**

Sureste = 0,96	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	1,22 m <sup>2</sup>	103,7 W
<b>VIVIENDA C – COCINA</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	5,62 m <sup>2</sup>	497,6 W
<b>VIVIENDA C – TENEDERO</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	3,02 m <sup>2</sup>	267,4 W
<b>VIVIENDA C – DORMITORIO SENCILLO</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	7,54 m <sup>2</sup>	667,6 W
<b>VIVIENDA C – BAÑO 1</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	2,34 m <sup>2</sup>	207,2 W
<b>VIVIENDA C – BAÑO 2</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	2,20 m <sup>2</sup>	194,8 W
<b>VIVIENDA C – DORMITORIO DOBLE</b>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Sureste = 0,96	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	11,22 m <sup>2</sup>	953,7 W
<b>POTENCIA CALORÍFICA TOTAL NECESARIA VIVIENDA C = 4753,6 W</b>				

**Tabla 4.** Cálculo de la potencia calorífica necesaria en las viviendas de la tercera planta.  
(Fuente: Elaboración propia)

**Íñigo Rodríguez Armajach**  
*INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE-REFRESCANTE*

Por último, se debe calcular la potencia calorífica necesaria para calentar los dos áticos. Se añade el Plano 4, donde se puede ver la orientación de las estancias, así como su distribución. Se debe tener en cuenta que dos estancias del ático B tienen ventanas orientadas hacia el noroeste, debido a que la altura del ático es superior a la del bloque de viviendas con el que linda.



**Plano 4.** Orientación y distribución de los dos áticos. (Fuente: Modificado de original de GREEN SOLID S.L)

El valor del coeficiente de orientación del noroeste se obtiene haciendo la media entre los coeficientes de sur y de oeste, de esta forma,  $(1+1,12) / 2 = 1,06$ .

**Íñigo Rodríguez Armajach**  
**INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE-REFRESCANTE**

<b>PLANTA ÁTICOS</b>				
<i>ÁTICO A – SALÓN COMEDOR COCINA</i>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Suroeste = 0,96	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	21,96 m <sup>2</sup>	1866,5 W
<i>ÁTICO A – BAÑO</i>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	2,66 m <sup>2</sup>	235,5 W
<i>ÁTICO A – DORMITORIO DOBLE</i>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Sureste = 0,96	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	13,09 m <sup>2</sup>	1112,6 W
<b>POTENCIA CALORÍFICA TOTAL NECESARIA VIVIENDA A = 3214,6</b>				
<i>ÁTICO B – DISTRIBUIDOR</i>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Ninguna = 1	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	1,75 m <sup>2</sup>	155 W
<i>ÁTICO B – BAÑO</i>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Noroeste = 1,06	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	2,26 m <sup>2</sup>	212,1 W
<i>ÁTICO B – DORMITORIO SENCILLO</i>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Noroeste = 1,06	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	7,27 m <sup>2</sup>	682,3 W
<i>ÁTICO B – SALÓN COMEDOR COCINA</i>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Sureste = 0,96	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	16,03 m <sup>2</sup>	1362,5 W
<i>ÁTICO B – DORMITORIO DOBLE</i>				
Orientación	Aislamiento	Zona climática	Superficie	Potencia necesaria
Sureste = 0,96	Buen aislamiento = 0,93	D = 1,12	10,48 m <sup>2</sup>	890,8 W
<b>POTENCIA CALORÍFICA TOTAL NECESARIA VIVIENDA B = 3302,7 W</b>				

*Tabla 5. Cálculo de la potencia calorífica necesaria en los áticos. (Fuente: Elaboración propia)*

**Íñigo Rodríguez Armajach**  
*INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE-REFRESCANTE*

Se ha realizado una última tabla a modo de resumen, en la que se recogen los cálculos de la potencia calorífica necesaria para cada vivienda.

<i>PRIMERA Y SEGUNDA PLANTA</i>		
1ºA Y 2ºA	1ºB Y 2ºB	1ºC Y 2ºC
<b>4630,38 W</b>	<b>4948,8 W</b>	<b>4753,6</b>
<i>TERCERA PLANTA</i>		
3ºA	3ºB	3ºC
<b>3850,9 W</b>	<b>4325,4 W</b>	<b>4753,6 W</b>
<i>ÁTICOS</i>		
ÁTICO A	ÁTICO B	
<b>3214,6 W</b>	<b>3302,7 W</b>	

*Tabla 6. Resumen de la potencia calorífica necesaria en cada vivienda. (Fuente: Elaboración propia)*

### 4.3. CÁLCULO DE LA POTENCIA FRIGORÍFICA NECESARIA

En cuanto a la potencia frigorífica necesaria para climatizar las viviendas, existen diferentes métodos de cálculo. La ecuación propuesta por el portal sectorial de instalaciones de climatización caloryfrio.com, exige conocer una serie de parámetros de los que no se dispone como por ejemplo la superficie de las ventanas de cada vivienda, o la superficie de las paredes, ya que se desconoce la altura de estas. Por lo tanto, este método se considera de elevada complejidad y se procedió a buscar otros más sencillos. Tras realizar una búsqueda de métodos más ilustrativos y simples, se encontró una tabla en el mismo portal sectorial, elaborada por la «Guía de la energía» del IDAE, Instituto de la Diversificación del Ahorro y de la Energía, en la que se recoge de manera orientativa la potencia que se necesita en el aparato de aire acondicionado en función de los metros cuadrados a refrigerar. En la tabla se muestra la potencia eléctrica del aparato, que es siempre mayor que la potencia térmica debido al rendimiento de los equipos. Se muestra dicha información en la siguiente tabla.

Superficie a refrigerar en m <sup>2</sup>	Potencia refrigerante en kW
9-15	1,5
15-20	1,8
20-25	2,1
25-30	2,4
30-35	2,7
35-40	3
40-50	3,6
50-60	4,2

*Tabla 7. Tabla orientativa para el cálculo de la potencia refrigerante de un aparato de aire acondicionado. (Fuente: Elaboración propia)*

Gracias a los planos proporcionados por GREEN SOLID S.L, se dispone de la información necesaria para calcular la superficie a climatizar de las viviendas. En Tabla 7, se recogen las superficies calculadas de cada vivienda.

PRIMERA Y SEGUNDA PLANTA		
1ºA Y 2ºA	1ºB Y 2ºB	1ºC Y 2ºC
<b>53,68 m<sup>2</sup></b>	<b>57,9 m<sup>2</sup></b>	<b>54,84 m<sup>2</sup></b>
TERCERA PLANTA		
3ºA	3ºB	3ºC
<b>44,64 m<sup>2</sup></b>	<b>50,67 m<sup>2</sup></b>	<b>54,84 m<sup>2</sup></b>
ÁTICOS		
ÁTICO A	ÁTICO B	
<b>37,71 m<sup>2</sup></b>	<b>37,79 m<sup>2</sup></b>	

*Tabla 8. Superficies a climatizar de las viviendas. (Fuente: Elaboración propia)*

De esta forma, las viviendas de la primera, segunda y tercera planta, al tener una superficie entre 50 y 60 m<sup>2</sup>, se estima una potencia frigorífica necesaria de alrededor de 4,2 kW. En cuanto al 3ºA, la potencia necesaria está alrededor de los 3,6 kW, ya que no se ha tenido en cuenta la terraza. Para los áticos, hace falta una potencia de 3 kW, debido a la menor superficie de estos en comparación con las viviendas básicas. Por lo tanto, se tiene toda la información necesaria para elegir la unidad exterior del sistema.

**Íñigo Rodríguez Armajach**  
**INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE-REFRESCANTE**

Se recuerda que estos cálculos son orientativos y que no suponen más que una estimación aceptada y utilizada por diferentes organismos, debido a la complejidad que supone el cálculo realista de estas instalaciones.

<i>PRIMERA Y SEGUNDA PLANTA</i>		
1ºA Y 2ºA	1ºB Y 2ºB	1ºC Y 2ºC
<b>4,2 kW</b>	<b>4,2 kW</b>	<b>4,2 kW</b>
<i>TERCERA PLANTA</i>		
3ºA	3ºB	3ºC
<b>3,6 kW</b>	<b>4,2 kW</b>	<b>4,2 kW</b>
<i>ÁTICOS</i>		
ÁTICO A	ÁTICO B	
<b>3 kW</b>	<b>3 kW</b>	

**Tabla 8.** Resumen de la potencia frigorífica necesaria en cada vivienda. (Fuente: Elaboración propia)

#### 4.4. ELECCIÓN UNIDAD EXTERIOR

Como se ha comentado anteriormente, es necesario un equipo exterior que recoja el calor latente del exterior y lo traslade al refrigerante, para que después la unidad interior caliente el agua sanitaria. Dado el Hydrobox elegido, Mitsubishi Electric ofrece diferentes combinaciones con distintas unidades exteriores. Estas unidades tienen algunas características diferentes como: monofásicas o trifásicas, algunas son compatibles con la tecnología ECO Inverter y otras con la tecnología Power Inverter y Zubadan, y la capacidad Calor/Frío. Ya que se instalará una unidad exterior por cada vivienda, parece lógico pensar que debido a la superficie de estas (ninguna superior a los 60 m<sup>2</sup>), en cuanto a la capacidad de suministrar calor o frío, con el equipo con menores valores, 4 kW de calor y 5,6 kW de frío será suficiente para cada vivienda, siendo este el más barato de todos. No obstante, se tendrá que comprobar en el apartado de suelo radiante y climatización.

Dadas las distintas normativas de la Comunidad de Madrid, en los edificios de nueva planta como el estudiado en este proyecto, las unidades exteriores de ser posible, deben ubicarse en cubierta, correctamente insonorizadas y aisladas. Una de las ventajas de las unidades desarrolladas por Mitsubishi es, que no existen limitaciones de distancia entre el equipo interior y el exterior. De esta forma, se puede trabajar en condiciones óptimas hasta a 75 metros de distancia frigorífica total. Por lo tanto, se simplifica la instalación de aerotermia, pudiéndose instalar la unidad interior o exterior en cualquier parte de la vivienda.

A continuación, se adjunta una tabla comparativa de las diferentes unidades exteriores y sus características.

Modelo	UNIDADES EXTERIORES MONOFÁSICAS			TRIFÁSICA	
	ECO INVERTER			POWER INVERTER	
	SUZ-SWM40VA	SUZ-SWM60VA	SUZ-SWM80VA	PUHZ-SW75VAA	PUHZ-SW75YAA
Capacidad Calor/Frío	4 kW/5,6 kW	6 kW/6 kW	7,5 kW/6,3 kW	8 kW/7,1 kW	8 kW/7,1 kW
PVR	1800 €	2020 €	2571 €	2833 €	3090 €

*Tabla 9. Unidades exteriores y sus características. (Fuente: Elaboración propia)*

Como se puede ver en la Tabla 9, existen diferentes posibilidades a la hora de combinar el Hydrobox Duo con una unidad exterior o compresor.

Tras haber realizado el cálculo de potencia calorífica necesaria para calentar de manera óptima cada vivienda, mostrado en la Tabla 6, se concluye que, en cuanto a potencia calorífica, el equipo idóneo para las viviendas de la primera y segunda planta es el SUZ-SWM60VA. Este equipo tiene una capacidad de suministrar calor de 6 kW, superior a las potencias caloríficas necesarias para estas viviendas. Dado que estas son superiores a 4 kW, se comprueba que el equipo SUZ-SWM40VA no es capaz de dar la potencia requerida, por lo tanto, la hipótesis de partida inicial es incorrecta. En cuanto a la potencia necesaria para calefactar la vivienda 3ªA, se ha calculado que es 3850,9 W, lo que a priori parece indicar que, en este caso, sí que es válido el equipo con menor potencia. La diferencia con respecto a las otras viviendas, es que en esta se construye una terraza que no se tiene en cuenta a la hora del cálculo por ser innecesaria la calefacción en este

tipo de estancias. A pesar de esto, para el 3ºA también se ha decidido elegir la unidad exterior SUZ-SWM60VA por dos motivos: se da la posibilidad a futuros inquilinos de poder cerrar la terraza y convertirla en un estudio o dormitorio extra con suelo radiante, ya que, se dispondrá gracias a la unidad exterior elegida, de potencia calorífica de sobra, siendo la total de la vivienda incluyendo la superficie de la terraza similar a la de las otras viviendas, en torno a los 4,8 kW. Esto no es posible en caso de elegir el SWM40VA, ya que el margen sería de 150 W, mientras que se necesitarían 1080 W para calefactar dicha estancia. El otro motivo es que, dada la escasa diferencia de precio respecto del equipo de 4 kW, 220€, si los inquilinos deciden no cerrar la terraza, el margen de potencia disponible sería de 150 W y por motivos de seguridad y confort, se considera escaso. De esta forma las 9 viviendas básicas se equiparán con la unidad exterior SUZ-SWM60VA.

En cuanto a las viviendas situadas en la planta ático, las potencias calculadas son de 3214,6 W para el ático A y 3302,7 W para el ático B. Dado que estos valores no se encuentran demasiado cercanos a los 4 kW, en estas viviendas será suficiente con el compresor SUZ-SWM40VA ya que, en el peor de los casos, existe un margen de 700 W para el ático B. La principal diferencia entre las viviendas básicas y los áticos es la superficie, siendo los áticos más pequeños, con una superficie máxima de 37,79 m<sup>2</sup> mientras que en las viviendas básicas es cercana a los 60 m<sup>2</sup> en todos los casos. De ahí que se necesite menor potencia para calefactar la vivienda, ya que la superficie juega un papel muy importante.

Dado que la potencia calorífica necesaria para calentar las viviendas marca la elección de la unidad exterior, se procede a comprobar que estos compresores ofrecen la potencia frigorífica necesaria calculada en el Apartado 4.3. Para las 9 viviendas básicas, se ha elegido el SUZ-SWM60VA que dispone de una capacidad frigorífica de 6 kW. Se ha supuesto que la información recogida en la Tabla 9, acerca de la capacidad calor/frío es potencia térmica y por lo tanto la potencia eléctrica de estos equipos será mayor que dichos valores. En base a esto, dado que ninguna de las potencias frigoríficas térmicas calculadas (menores que las expuestas en el Apartado 4.3, ya que se calcularon las eléctricas) es superior a los 6 kW ofrecidos por la unidad exterior, se concluye que el equipo elegido es idóneo para la climatización de las viviendas. De hecho, el margen de reserva de potencia en la estimación es superior a 1,8 kW, por lo comentado acerca de la potencia eléctrica y térmica, lo que se considera suficiente en cuanto a seguridad y confort, en el caso de que se necesitase más potencia al llevarlo a la práctica.

En cuanto a los áticos, el compresor elegido en este caso, SUZ-SWM40VA, tiene una capacidad frigorífica de 5,6 kW, mayor que la potencia frigorífica calculada para los áticos en el anterior apartado, 3 kW. De esta manera, se comprueba que los equipos cuentan con potencia suficiente para climatizar las viviendas, teniendo también un amplio rango de potencia disponible en caso de error en la estimación, en este caso superior a 2,6 kW, debido al rendimiento de las unidades exteriores y las diferencias entre potencia térmica y eléctrica.

Como se ha comentado previamente, la elección del equipo viene fijada por la potencia calorífica necesaria, por ser esta el valor más elevado y restrictivo en cuanto a los compresores.



## **4.5. DECISIÓN TOMADA ACERCA DE LOS FANCOILS**

Tras elegir la unidad exterior, se procede a la búsqueda de información y elección de los fancoils que sirven de apoyo al suelo refrescante en la climatización y también como elemento de prevención de la condensación de agua, en las zonas más húmedas. Tras recabar información en la página web de Mitsubishi Electric, se realizan las siguientes conclusiones.

En un principio se pensó que, al sobrar capacidad refrigerante en la unidad elegida, los splits podían utilizar dicha unidad para funcionar, pero tras investigar acerca de esta posibilidad, se concluye que, si se desea instalar fancoils de techo o de suelo, estos deben ir equipados con un compresor específico para el fancoil elegido.

Esto implica la instalación de 11 compresores adicionales en el edificio, en el que la normativa prohíbe la instalación en las fachadas. Dado que el espacio reservado en la cubierta y en la planta bajo cubierta, es para las unidades exteriores del Hydrobox Duo, no se dispone de espacio suficiente en el edificio para instalar los compresores del aire acondicionado cumpliendo con la normativa. Por lo tanto, ante la falta de espacio, se decide no instalar fancoils.

Por otra parte, en base a lo comentado en el Apartado 4.1, tras no poder instalar los fancoils que servían como elemento de prevención ante la aparición de condensación de agua, se llega a la conclusión de que la posibilidad de que aparezca este fenómeno en las viviendas es muy remota y, por lo tanto, no hay preocupación alguna. A pesar de esto, se indica que se instalarán termostatos en la vivienda, en los que figurará la humedad en la vivienda, pudiendo así los inquilinos apagar el suelo refrescante cuando la humedad sea cercana al 100% y de esta forma evitar la condensación. Se debe destacar otra vez que, la humedad relativa de Madrid en los meses de verano, que es cuando el suelo refrescante estará puesto, no es normal que supere en ninguno de los tres meses el 50%, salvo en contadas ocasiones, como, por ejemplo, tormentas veraniegas en las que no hará falta el suelo refrescante para climatizar las viviendas puesto que la temperatura baja durante estos periodos de precipitación.

Para terminar, se considera cubierta la aparición de humedad en el suelo cuando este se encuentra en modo refrescante y también se ha comprobado en el apartado anterior como, las unidades exteriores cuentan con capacidad de sobra para climatizar las viviendas, sobrando en todos los casos potencia refrigerante disponible. De esta manera, la imposibilidad de instalar fancoils afecta minúsculamente al confort de los inquilinos, aunque se debe destacar que, si se hubiese dispuesto de espacio suficiente, se habrían instalado ya que siempre que se puede aumentar el confort de las personas, se debe hacer.

#### 4.6. COMPARATIVA SUELO RADIANTE-REFRESCANTE FRENTE A RADIADORES CONVENCIONALES Y AIRE ACONDICIONADO

Aunque el uso de radiadores para calefactar las viviendas está muy establecido hoy en día, siendo la mayoría de edificios los que optan por este método de calefacción, últimamente la instalación de suelo radiante se implementa más, a pesar de ser todavía un método poco conocido. En este apartado se expondrán diferentes motivos por los cuales se ha optado por el suelo radiante en vez de por radiadores para la calefacción de las viviendas. También se harán distinciones entre la climatización por suelo refrescante en vez de por aire acondicionado, ocurriendo lo mismo que para el suelo radiante, el suelo refrescante cada vez se utiliza más, aunque todavía no son muchas las personas que lo conocen.

- **Estética:** los radiadores convencionales son elementos visibles y dependiendo de su tamaño se necesitan unas dimensiones específicas, por lo tanto, se necesitará un espacio en las estancias para su instalación, por ejemplo, para un comedor, normalmente el radiador tiene una altura cercana a un metro, dependiendo la longitud del número de módulos necesarios. De esta forma, los radiadores limitan el diseño interior de las estancias, así como su uso, el de las paredes donde se colocan y lo que hay delante del radiador. Por el contrario, el suelo radiante se caracteriza por no ser un elemento visible, ya que la instalación se realiza por debajo del suelo, pudiéndose así optimizar los pequeños espacios de las zonas habitables. Cuando las viviendas no cuentan con una gran superficie, como es este caso, se agradece el poder disponer de cada metro cuadrado habitable y aunque la estética de los radiadores se ha modernizado, todavía estos dan sensación de antigüedad. Por lo tanto, una vivienda con suelo radiante, dará una imagen más moderna y menos cargada, dos aspectos que hoy en día suelen buscarse en las casas.
- **Temperatura:** una de las diferencias más claras es la temperatura a la que operan cada uno de estos dos sistemas. Mientras que el agua que utilizan los radiadores suele estar a una temperatura de 70°C, el suelo radiante utiliza agua a una temperatura en torno a los 40°C, pudiendo así caminar por el suelo sin ningún tipo de problema. Por el contrario, debido a la alta temperatura de los radiadores, en caso de tocarlos se pueden producir quemaduras. Así, se reducen las emisiones de CO<sub>2</sub> al no tener que calentar el agua a una temperatura tan elevada.
- **Confort:** los radiadores convencionales solo calientan la capa de aire en contacto con su superficie. El aire caliente como es habitual, al ser más ligero, se eleva y acumula en el techo de las estancias. Así, cada vez hay más aire acumulado en la parte alta de las estancias y la frontera entre aire frío y aire caliente se desplaza hacia abajo. Por eso, suele decirse que los radiadores calientan de arriba hacia abajo. En cambio, el suelo radiante al estar distribuido por toda la superficie de la vivienda, reparte el calor de manera uniforme, calentando de abajo hacia arriba. El suelo refrescante proporciona una temperatura uniforme en toda la estancia, por lo tanto, la sensación térmica es igual en cualquier parte de esta, mientras que, con los aires

acondicionados, el frío se nota más cuando se está cerca de uno o en la dirección del flujo. De esta forma, se consigue no crear corrientes de aire que disminuyen el bienestar de los usuarios, así como un ambiente más saludable, ya que el movimiento de partículas se reduce enormemente. Además, se evita la frialdad del suelo en invierno, de manera que se elimina la sensación de “pies fríos/cabeza caliente”, lo que conlleva un aumento del confort.

- **Radiación frente a convección:** como se ha comentado anteriormente los radiadores calientan únicamente la masa de aire frío en contacto con su superficie, de manera que este se eleva hacia el techo de las estancias. Por el contrario, el suelo radiante utiliza mayoritariamente la radiación y conducción para transmitir el calor desde el suelo. El fenómeno de radiación se basa en que el cuerpo emisor, envía la energía en forma de ondas infrarrojas, que se transforman en calor únicamente cuando alcanzan un cuerpo sólido. Por lo tanto, no se calienta el aire si no, paredes, suelos y objetos. De manera indirecta el aire se calentará por estar en contacto con las personas.
- **Eficiencia energética:** debido a que el suelo radiante trabaja con un circuito a baja temperatura, este tipo de sistema logra consumir entre un 10% y 20% menos de energía que los radiadores tradicionales. Se reducen las pérdidas en las conducciones al trabajar con temperaturas más próximas a la del ambiente. Además, el suelo radiante ofrece la posibilidad de trabajar con fuentes de energía renovable, lo que aumenta la calificación energética de las viviendas y lo convierte en uno de los sistemas de calefacción más respetuosos con el medio ambiente. En este proyecto, al combinarlo con la aerotermia fuente de energía sostenible y renovable, y elegir la opción de Hydrobox Duo reversible, se puede utilizar como suelo refrescante en verano. Al combinarlo con la aerotermia, se convierte en un sistema de altísima eficiencia energética, adquiriendo el ahorro valores en torno al 65%.
- **Económica:** la instalación de suelo radiante tiene un coste elevado si se compara con la instalación de radiadores, sin embargo, el ahorro energético comentado anteriormente, hace que la inversión tenga sentido recuperándola en pocos años. Además, el hecho de unificar en un sistema calefacción y climatización, hace de este sistema más económico que una vivienda con radiadores y aire acondicionado, ya que son máquinas e instalaciones totalmente distintas. Por lo tanto, el suelo radiante-refrescante es a la larga más económico que una instalación de radiadores y aire acondicionado.

## **4.7. COMPARATIVA ECODAN FRENTE A CALDERA COLECTIVA**

En este epígrafe se tratará de exponer las diferencias entre dos posibles sistemas para la calefacción de un edificio, como son, el sistema ECODAN de Mitsubishi Electric y las convencionales calderas de gasoil.

Una de las diferencias más importantes, es sin duda que, gracias al sistema ECODAN, se consigue individualizar el sistema de producción de agua caliente tanto para ACS como para la calefacción. Es muy habitual que cuando el sistema es centralizado, como en la mayoría de edificios, se llegue a un consenso entre los vecinos para decidir el horario de calefacción y fuera de ese horario, la calefacción no se puede poner. Al hacer el sistema individualizado, cada vivienda decide cuando poner su propia calefacción, y, por lo tanto, los inquilinos no deben esperar a que llegue la hora de la calefacción para calentar sus casas. Esto, aumenta enormemente el bienestar y confort, ya que cada uno decide cuando poner la calefacción. Incluso en días calurosos de invierno, con un sistema centralizado, los radiadores seguirán funcionando sin ser necesarios, mientras que con ECODAN, ese día la calefacción se apaga y el ahorro energético aumenta de manera considerable. Pasa lo mismo cuando se acerca la primavera, los días comienzan a ser más calurosos y las calderas siguen calentando agua para los radiadores. Es habitual que, en estos días, debido al calor que estos producen, se habrán las ventanas por exceso de calor en el interior, malgastando energía en calentar dicha agua de los radiadores, que son en muchas ocasiones innecesarios. Por lo tanto, además, de un aumento significativo en el confort de los inquilinos de las viviendas, se produce un ahorro energético palpable en el consumo de la luz. Otro de los motivos es que, en temporada de vacaciones, si se tiene un sistema colectivo con radiadores, estos siguen calentando la casa, aunque nadie la habite, malgastando energía, con la consecuente factura de luz. Gracias a un sistema individual, la calefacción se puede apagar en este tipo de épocas, consiguiendo un gasto 0. A día de hoy, en edificios más modernos, se cuenta con una caldera colectiva, pero se puede individualizar el uso de la calefacción, aunque los horarios de esta, siguen estando presentes y, por lo tanto, los vecinos deben amoldarse a ellos.

Otra de las diferencias es que, es habitual que, en grandes edificios, se produzcan desequilibrios hidráulicos en la instalación de calefacción de los pisos más alejados de la caldera. Estos desequilibrios suelen producirse debido a errores en el dimensionamiento de la instalación o pérdidas de potencia en calderas o bombas. Con un sistema individualizado, se consigue reducir al mínimo este tipo de errores ya que se trata de instalaciones más sencillas y que requieren menos cálculos que las colectivas.

Por último, como se ha comentado anteriormente, los sistemas individualizados son más eficientes que las calderas colectivas debido al ahorro que se produce al poder apagar la calefacción cuando esta no es necesaria.

En términos de calefacción, el sistema ECODAN es capaz de extraer del aire el 80% del calor necesario para la instalación, mientras que, únicamente el 20% de aportación restante es electricidad. Además, el calor útil es el 100% del aportado, ya que no existen pérdidas de combustión o de otro tipo.

En cambio, las tradicionales calderas de gasoil, necesitan una aportación del 100% de combustible para quemar y así obtener la energía necesaria para calentar el agua. De esta energía generada, solo el 70% resulta calor útil para la calefacción, ya que el 30% restante al tratarse de humos y demás, no se puede aprovechar. A su vez, puede apreciarse que gracias a ECODAN se consigue una calificación energética de A+++ en suelo radiante y en radiadores de A++. Por el contrario, con las calderas de gasoil, la eficiencia de los radiadores está catalogada como D, existiendo una diferencia abismal entre ambos sistemas. Esta información queda recogida en las siguientes ilustraciones de forma más visual.



*Ilustración 22. Calefacción por sistema ECODAN individualizado. (Fuente: Mitsubishi Electric)*

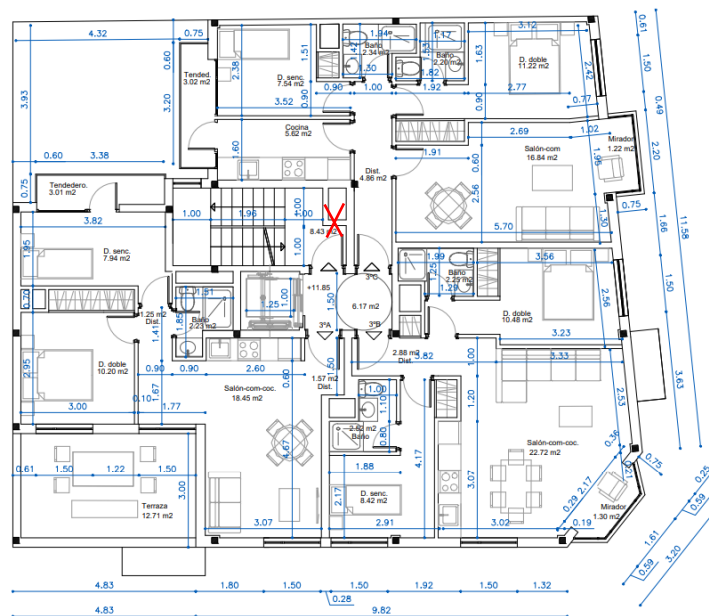


*Ilustración 23. Calefacción por caldera de gasoil colectiva. (Fuente: Mitsubishi Electric)*



## 5. MEDICIONES

Este apartado tiene como objetivo realizar las mediciones de longitud de tubería necesaria para cada instalación. Dado que se han realizado tres instalaciones distintas, dicha información se resumirá en una tabla dividida por instalación, en la que se pueda apreciar de manera visual longitudes necesarias. Se debe destacar que, para obtener estas longitudes, se trabajará sobre los planos proporcionados por GREEN SOLID SL y que, por lo tanto, son medidas orientativas ya que, el sistema de tuberías, depende en gran parte de temas arquitectónicos que se desconocen por el momento. Se buscará siempre realizar las medidas en línea recta, para así obtener la menor longitud posible y de esta forma el menor precio de metros de tubería. Las conducciones generales se han llevado por una galería de servicio existente en el edificio, que se encuentra en el descansillo de las plantas. No son muchos los edificios que hoy en día disponen de estas galerías, que solucionan muchos inconvenientes cuando hay un problema de humedades, ya que, gracias a ellas, se puede saber perfectamente si las cañerías que dan el problema son de la comunidad o del particular, porque están completamente separadas unas de otras. En cuanto al Hydrobox, se ha colocado en el tendedero de aquellas viviendas que disponen de uno, por ser el sitio perfecto ya que no molesta visualmente. En las otras viviendas, se coloca en la cocina como si de un electrodoméstico más se tratase. De no quererlo así el arquitecto, se colocará en otro sitio diferente. Se trata por lo tanto de un plano de proyecto no definitivo. Se recuerda que no se dispone de conocimientos arquitectónicos suficientes como para realizar el diseño real del sistema de tuberías, y que este tema escapa de los objetivos del proyecto. En el plano As-Built se encontrará dicho sistema real, una vez se haya visto con el arquitecto el sitio correcto por donde llevar las tuberías. De esta forma, se podrá saber los metros de tuberías reales y no de una forma orientativa como se ha hecho en este proyecto. Se adjunta una imagen de un plano, en el que puede apreciarse la galería de instalaciones (marcada por una cruz roja) utilizada para llevar las conducciones de agua generales.



*Plano 5. Plano en el que se muestra la galería de instalaciones utilizada. (Fuente: GREEN SOLID SL)*

En cuanto al local, ya que se desconoce la distribución de este, no se puede diseñar la red de tuberías que abastecerían los aparatos. A pesar de esto, se ha tenido en cuenta en todos los cálculos de caudales, haciendo una estimación, ya que, para cumplir con el proyecto, no se puede dejar sin abastecimiento. El agua caliente no tiene línea común, debido a que se ha incluido dentro de la red de agua fría. Los metros de tubería que se han tenido en cuenta para el cálculo de esta instalación, son simplemente las líneas individuales desde la producción de ACS (Hydrobox Duo), hasta los distintos aparatos de cada vivienda. Se incluye a su vez una tabla a modo resumen de las válvulas de presión necesarias para las instalaciones de bombeo. Como se ha comentado previamente, ya que se desconoce la distribución del local, tampoco se tienen en cuenta las válvulas de presión necesarias para el suministro.



**Íñigo Rodríguez Armajach**  
*MEDICIONES*

<b>INSTALACIÓN DE AGUA FRÍA</b>														
Diámetro tubería	Línea común	Línea local	Línea 1ªA	Línea 1ªB	Línea 1ºC	Línea 2ªA	Línea 2ªB	Línea 2ºC	Línea 3ªA	Línea 3ªB	Línea 3ºC	Línea ático A	Línea ático B	TOTAL
63 mm	22,5 metros	-	17,5 metros	24,7 metros	13,7 metros	17,5 metros	24,7 metros	13,7 metros	15 metros	25 metros	13,7 metros	13,6 metros	19,7 metros	<b>225 metros</b>
<b>INSTALACIÓN DE AGUA CALIENTE</b>														
Diámetro tubería	Línea común	Línea local	Línea 1ªA	Línea 1ªB	Línea 1ºC	Línea 2ªA	Línea 2ªB	Línea 2ºC	Línea 3ªA	Línea 3ªB	Línea 3ºC	Línea ático A	Línea ático B	TOTAL
40 mm	-	-	8,2 metros	14,5 metros	12 metros	8,2 metros	14,5 metros	12 metros	7 metros	13,3 metros	12 metros	6,9 metros	11,5 metros	<b>120 metros</b>
<b>INSTALACIÓN ALJIBE</b>														
Diámetro tubería	Línea común	Línea local	Línea 1ªA	Línea 1ªB	Línea 1ºC	Línea 2ªA	Línea 2ªB	Línea 2ºC	Línea 3ªA	Línea 3ªB	Línea 3ºC	Línea ático A	Línea ático B	TOTAL
50 mm	19,2 metros	-	14 metros	23 metros	10 metros	14 metros	23 metros	10 metros	9 metros	24 metros	10 metros	9,7 metros	15,5 metros	<b>182 metros</b>

*Tabla 10. Mediciones de metros de tubería basadas en planos. (Fuente: Elaboración propia)*

**Íñigo Rodríguez Armajach**  
*MEDICIONES*

<b>INSTALACIÓN DE AGUA FRÍA</b>														
Número válvulas de presión	Grifo aislado	Conexión con aljibe	Vivienda 1ªA	Vivienda 1ªB	Vivienda 1ºC	Vivienda 2ªA	Vivienda 2ªB	Vivienda 2ºC	Vivienda 3ªA	Vivienda 3ªB	Vivienda 3ºC	Vivienda ático A	Vivienda ático B	TOTAL
	1	1	7	7	7	7	7	7	5	7	7	5	5	<b>73</b>
<b>INSTALACIÓN DE AGUA CALIENTE</b>														
Número válvulas de presión	Línea local	Vivienda 1ªA	Vivienda 1ªB	Vivienda 1ºC	Vivienda 2ªA	Vivienda 2ªB	Vivienda 2ºC	Vivienda 3ªA	Vivienda 3ªB	Vivienda 3ºC	Vivienda ático A	Vivienda ático B	TOTAL	
	-	6	6	6	6	6	6	4	6	6	4	4	<b>60</b>	
<b>INSTALACIÓN ALJIBE</b>														
Número válvulas de presión	Línea común	Línea local	Vivienda 1ªA	Vivienda 1ªB	Vivienda 1ºC	Vivienda 2ªA	Vivienda 2ªB	Vivienda 2ºC	Vivienda 3ªA	Vivienda 3ªB	Vivienda 3ºC	Vivienda ático A	Vivienda ático B	TOTAL
	1	-	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	1	<b>20</b>

*Tabla 11. Resumen de válvulas de presión necesarias para las instalaciones de bombeo (Fuente: Elaboración propia)*

## 6. PRESUPUESTO

En todo proyecto es importante realizar un buen análisis económico de los equipos que se pretenden instalar, para ver si la implementación de este es económicamente viable. Dado que se trata de un proyecto que no producirá ningún tipo de ingreso, se trata de analizar los precios de los equipos elegidos, para después poder elaborar un presupuesto ajustado a la realidad. Para que después se pueda analizar que parte del presupuesto pertenece a cada una de las instalaciones, este se dividirá por instalaciones. De esta forma, se consigue un buen análisis individualizado del coste de cada instalación. Anteriormente se comentó que el material elegido para las tuberías sería PPR, pero no se concretó que tipo de tuberías se iba a utilizar. Tras consultar los diferentes tipos, se ha optado por utilizar tuberías de PPR multicapa, ya que ofrecen una mayor resistencia que las demás, por un precio no muy superior. En este caso, el fabricante Fittingsestándar vende las tuberías en tramos de 4 metros de longitud, con un coste de 13,45€/tramo para el diámetro de 63 mm. El precio para las de 50 mm es de 7,90€/tramo y las de 40 mm valen 5,45€/tramo. En cuanto a las válvulas de presión, se ha elegido el fabricante RS, empresa con mucha experiencia en el sector. El precio por unidad de las válvulas es de 9,34€. Para una mejor comprensión del presupuesto, este se desglosa entre los siguientes subapartados. Debe tenerse en cuenta que todos los importes calculados son con el IVA incluido.

- **Instalación de agua fría:** se ha escogido un depósito auxiliar de alimentación horizontal de poliéster reforzado con fibra de vidrio, con unas medidas de diámetro 1,5m y longitud 2,75m, de 4 m<sup>3</sup>, con un precio de 1650€ y se comercializa a través de la empresa AquaEnergy. Se incluye la compra de dos bombas AS 0631 D del fabricante Sulzer, con un precio de 2900€ cada una. Tras realizar las mediciones de los metros de tubería necesarios para esta instalación, se calculan 225 metros, que con un precio de 13,45€ cada 4 metros, se obtiene un total de 756,6€. Además, se requieren dos anillos de ajuste, dado que las bridas de las bombas son de diámetro 65mm y la tubería es de 63mm. Estos anillos, son mecanizados a mano con torno, ya que se necesitan unas tolerancias dimensionales finas para que no se produzcan fugas de agua y quede bien estanco. El precio por anillo es de 290€. Dicho precio ha sido determinado por el director de este proyecto, como el precio de todas las bombas del mismo. Las 73 válvulas de presión suman un importe total de 682€.
- **Instalación del aljibe:** en cuanto al depósito del aljibe, en el Apartado 3.1.6.1. se calculó que este debía tener un volumen de 16 m<sup>3</sup> de acuerdo a la cantidad de agua que se aprovechará para las cisternas. Para conseguir abaratar costes, se trató de conseguir un tanque con este volumen de la misma empresa que el otro depósito propuesto, pero AquaEnergy no comercializa depósitos tan grandes. Analizando diferentes opciones, se ha optado por la instalación de dos depósitos en serie, uno vertical tipo botellón de 10 m<sup>3</sup>, de polietileno, con unas medidas de diámetro 2,46m y altura 4,42m, y otro horizontal de poliéster reforzado con fibra de vidrio, con unas medidas de diámetro 1,725m y longitud 3m, de 6 m<sup>3</sup>, quedando así un volumen total de 16 m<sup>3</sup>, como se indicaba. El precio de estos depósitos es de 3025€ para el vertical y 1920€ para el horizontal. Se elige un depósito GRG de 1 m<sup>3</sup> con palet híbrido, con

unas medidas de, alto 1,17m y base 1 x 1,2 metros, con un precio de 250€, de la empresa Manomano. La bomba dosificadora comercializada por AguaMarket, tiene un precio de 350€. Como se ha comentado en apartados anteriores, hace falta dos sensores para medir la cantidad de agua en el aljibe, el electromagnético de Manomano tiene un precio de 45€, mientras que el mecánico del mismo vendedor, cuesta 12€. La bomba utilizada para esta instalación, es fabricada por la misma empresa que las del sistema de agua fría, Sulzer. De esta forma, se consigue abaratar los costes de mantenimiento de las bombas, al unificar el fabricante. En este caso particular, la bomba AS 0530 D tiene un precio de 2700€. De acuerdo con las mediciones de tubería de PPR realizadas para esta instalación, se necesitan 182 metros, con un precio en total de 359,5€. En cuanto a la bajante, se necesitan 15 metros de tubería de PVC de diámetro 50 mm, cuyo importe total es de 31,5€, vendido por Bricomart. Para calcular el precio del LADI, se debe hacer una estimación sobre la cantidad de agua que se utilizará para las cisternas. Siguiendo la lógica explicada en el Apartado 3.1.1, en el que se establece un promedio al día de 5 usos por persona con un caudal de 3 litros por uso y un total de 32 personas, se obtiene una media de 480 litros al día. Se ha optado por realizar el cálculo anualmente por comodidad y simplicidad. Por lo tanto, se tienen 175200 litros anuales con una proporción de LADI de 1ml por litro de agua, finalmente se calcula que harán falta 175,2 litros del líquido limpiador. Con un precio de 13€/litro, se obtiene un total de 2278€/año. Este cálculo, se ha sobredimensionado levemente, ya que se supone que esta situación se repite todos los días del año, sin atender a vacaciones u otras circunstancias. Se comentó previamente que la bajante debía aislarse térmicamente con lana de vidrio, para que el agua que circula dentro de esta no se congelase. Tras consultar el catálogo de ISOVER, se opta por el producto CLIMPIPE Section Alu2. Se trata de elementos moldeados de lana de vidrio con forma cilíndrica y estructura concéntrica, en los que se practica una abertura en su generatriz para permitir su colocación sobre la tubería. Además, están provistos de un recubrimiento de aluminio reforzado con una lengüeta autoadhesiva que permite el fácil cierre. Estos deben tener un espesor mínimo de 40 mm como ya se comentó. El precio de estos elementos, viene establecido como 9,15€/ml, por tanto, con los metros lineales de tubería, se obtiene un precio final de 137,25€. Las 20 válvulas de presión suman un importe total de 187€.

- **Instalación de agua caliente:** para el sistema de agua caliente, se ha medido una longitud total de tubería de 120 metros, que a un precio de 5,45€ cada 4 metros, suma un total de 163,5€. Aunque las unidades exteriores e interiores elegidas en este proyecto para la calefacción y climatización, también se usan para producir ACS, se ha optado por contabilizarlas únicamente en la instalación del suelo radiante-refrescante. Las 60 válvulas de presión suman un importe total de 561€.
- **Instalación de suelo radiante-refrescante:** el presupuesto de esta instalación se resume principalmente en los aparatos encargados de calefactar y climatizar las viviendas y en la propia instalación de los tubos, capa de mortero, y los demás elementos explicados en el Apartado 4.1. Los precios de las unidades exteriores e interiores, se han consultado en el catálogo oficial de Mitsubishi Electric, siendo estos, 4139€ para cada unidad interior. En el caso de las

unidades exteriores, es necesaria la compra de dos modelos distintos, el modelo SUZ-SWM60VA tiene un precio de 2020€/unidad y el modelo SUZ-SWM40VA de 1800€/unidad. En total las unidades interiores tienen un importe de 45529€, el primer modelo de compresor de 18180€ y el segundo modelo de compresor de 3600€. En cuanto a la propia instalación del suelo radiante-refrescante, se han consultado diferentes páginas webs para ver el precio que ofrecían, y en promedio se obtuvo un importe de 60€/m<sup>2</sup>. Tras contabilizar los metros cuadrados a calefactar-climatizar, un total de 558,5 m<sup>2</sup>, se obtiene un coste de 35510€ para todo el edificio. Además, se ha optado por la instalación de un receptor inalámbrico por cada Hydrobox Duo, con su correspondiente control remoto, localizado en la vivienda. El precio del receptor inalámbrico es de 85€, al ser necesario uno por unidad interior, el importe total es de 935€. Por otra parte, el precio del control remoto inalámbrico es de 80€, si se instala uno por vivienda, el importe resultante es de 880€. Estos accesorios son indispensables para poder controlar la temperatura del agua que circula por los tubos del suelo y aumentar así enormemente el confort de las personas. Además, en este proyecto tienen una importancia vital, ya que, al ser el sistema reversible, es necesario un accesorio en el que se puede regular dicho sistema. A su vez, dicho control, permite apagar el sistema de producción de ACS y activar el modo vacaciones reduciendo de manera considerable el consumo en ambas situaciones.

- **Ingeniería y proyecto:** por último, se debe de tener en cuenta las horas de mano de obra y de proyecto. Dado que se desconocen los datos exactos para estos dos apartados, se realizará una estimación. En cuanto a la mano de obra, se establece un precio base de 40€/h y las horas de proyecto se valoran en 70€/h, ambos precios han sido acordados con el director del trabajo. Tras realizar una estimación del número de días dedicados al proyecto desde la entrega del Anexo B, 100 días más o menos, parece razonable establecer una media de dos horas y media al día, ya que la mayor parte de los fines de semana se dedicaban a este proyecto y al menos una hora al día entre semana también. De esta forma se obtiene un total de 250 horas de proyecto, que, con el precio establecido, suman un importe total de 17500€. Tras comentar con el director del trabajo cuantas horas son necesarias para llevar a cabo las instalaciones de este proyecto, se concluye que se necesitarán 3 semanas, trabajando 40 horas semanales, por parte de dos operarios, ya que la ley así lo determina. De esta manera, se necesitan 120 horas por operario, que, con el precio antes comentado, resulta un importe total de 9600€.

Finalmente, tras calcular el presupuesto de cada instalación y del apartado de ingeniería y proyecto, se obtiene un presupuesto total de 150.932,35€. A continuación, se adjunta una tabla resumen del desglose de dicho presupuesto, y un gráfico donde se puede apreciar el peso de cada apartado en el mismo. Los resultados se analizarán posteriormente en profundidad.

**Íñigo Rodríguez Armajach**  
*PRESUPUESTO*

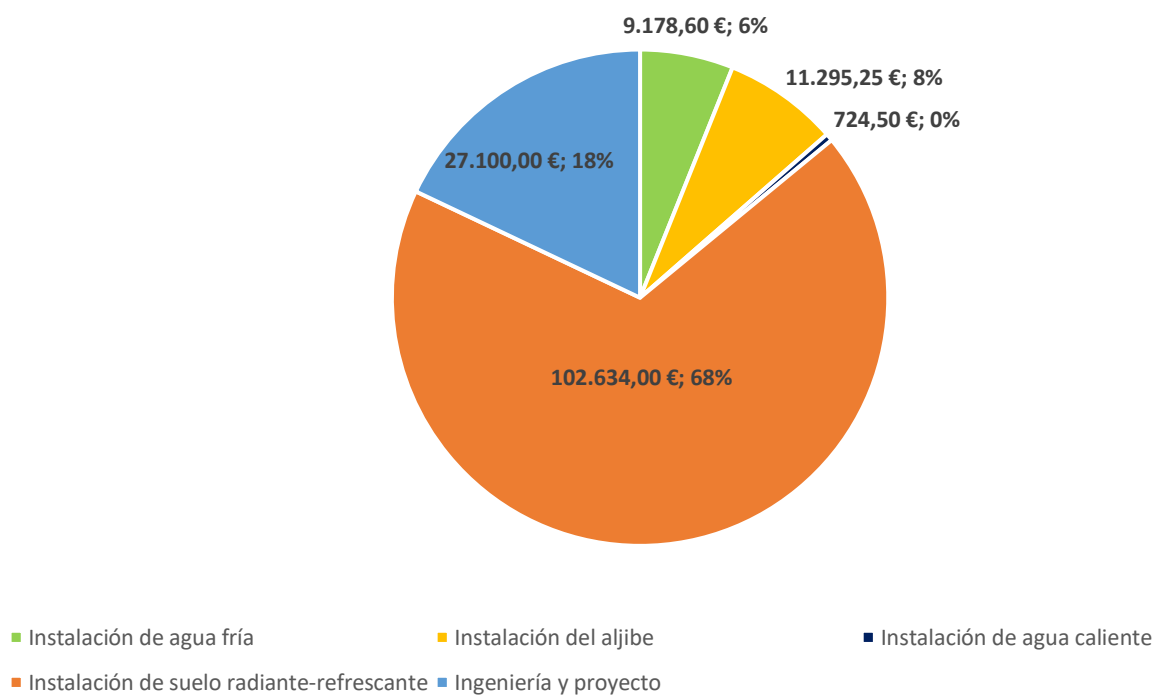
<b>INSTALACIÓN DE AGUA FRÍA</b>		
<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>
Depósito auxiliar de alimentación de 4 m <sup>3</sup>	1	<b>1650 €</b>
Bomba AS 0631 D	2	<b>5800 €</b>
Tubería de PPR multicapa de diámetro 63 mm	225 metros 13,45€ cada 4 metros	<b>756,6 €</b>
Válvulas de presión marca RS	73 unidades 9,34€/unidad	<b>682€</b>
Anillos de ajuste	2	<b>290 €</b>
<b>SUBTOTAL</b>	<b>9.178,6 €</b>	
<b>INSTALACIÓN DEL ALJIBE</b>		
Depósito vertical de 10 m <sup>3</sup>	1	<b>3025 €</b>
Depósito horizontal de 6 m <sup>3</sup>	1	<b>1920 €</b>
Depósito GRG de 1 m <sup>3</sup>	1	<b>250 €</b>
Bomba dosificadora LADI	1	<b>350 €</b>
	175,2 litros 13€/litro	<b>2278 €/año</b>
Sensor electromagnético	1	<b>45 €</b>
Sensor de funcionamiento mecánico	1	<b>12 €</b>
Bomba AS 0530 D	1	<b>2700 €</b>
Lana de vidrio ISOVER espesor 40mm	15 metros lineales 9,15€/ml	<b>137,25 €</b>
Tubería de PVC de diámetro 50 mm	15 metros 2,1€/metro	<b>31,5 €</b>
Tubería de PPR multicapa de diámetro 50 mm	182 metros 7,90€ cada 4 metros	<b>359,5 €</b>
Válvulas de presión marca RS	20 unidades 9,34€/unidad	<b>187€</b>
<b>SUBTOTAL</b>	<b>11.295,25 €</b>	
<b>INSTALACIÓN DE AGUA CALIENTE</b>		
Tubería de PPR multicapa de diámetro 40 mm	120 metros 5,45€ cada 4 metros	<b>163,5 €</b>
Válvulas de presión marca RS	60 unidades 9,34€/unidad	<b>561€</b>
<b>SUBTOTAL</b>	<b>724,5 €</b>	
<b>INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE-REFRESCANTE</b>		
Hydrobox Duo ERST17D-VM2D.	11 4139€/unidad	<b>45529 €</b>
Unidad exterior SUZ-SWM60VA	9 2020€/unidad	<b>18180 €</b>
Unidad exterior SUZ-SWM40VA	2 1800€/unidad	<b>3600 €</b>
Instalación sistema de suelo radiante	558,5 m <sup>2</sup> 60€/m <sup>2</sup>	<b>33510 €</b>

**Íñigo Rodríguez Armajach**  
*PRESUPUESTO*

Receptor inalámbrico ECODAN PAR-WT51R-E	11 85€/unidad	<b>935 €</b>
Control remoto inalámbrico PAR-WT50R-E	11 80€/unidad	<b>880 €</b>
<b>SUBTOTAL</b>		<b>102.634 €</b>
<b>INGENIERÍA Y PROYECTO</b>		
Horas de mano de obra	240 horas 40€/h	9600 €
Horas de proyecto	250 horas 70€/h	17500 €
<b>SUBTOTAL</b>		<b>27.100 €</b>
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>		<b>150.932,35 €</b>

*Tabla 12. Presupuesto del proyecto, importes con IVA incluido. (Fuente: Elaboración propia)*

Desglose del presupuesto total por apartados



*Gráfico 7. Presupuesto total del proyecto. (Fuente: Elaboración propia)*

**Íñigo Rodríguez Armajach**  
*PRESUPUESTO*



## **7. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Este apartado se ha dedicado exclusivamente para analizar resultados del proyecto una vez llevado a cabo el dimensionamiento de todas las instalaciones, así como, el presupuesto del mismo. También, se analizará si se han cumplido los objetivos propuestos en un principio y si se ha conseguido alinear el proyecto con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Dado que se han realizado tres instalaciones distintas, el análisis se dividirá por lo tanto en tres partes diferentes, pero a su vez ligadas, ya que entre ellas existe una relación estrecha. Aunque la estructura del proyecto se divide en únicamente dos instalaciones, las de bombeo y la de suelo radiante-refrescante, se ha considerado que, para realizar un análisis más crítico y completo, se debe dividir en instalación de agua fría, instalación de agua caliente e instalación de suelo radiante y refrescante. Además, se realizará un pequeño análisis del presupuesto obtenido en el apartado anterior, para así ver que parte del proyecto necesita un mayor desembolso.

### **7.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS INSTALACIÓN AGUA FRÍA**

Para poder realizar un buen análisis, se debe hacer un pequeño resumen sobre las primeras decisiones tomadas de cara al dimensionamiento de la instalación. Tras consultar los planos proporcionados por la empresa GREEN SOLID S.L, lo primero que se hizo fue estimar el número de personas que podrían vivir en el edificio. Para ello, simplemente se prestó especial atención a los dormitorios por vivienda y finalmente se obtuvo un total de 32 personas. En cuanto al local, en los planos no se incluía la disposición de este, ya que depende totalmente del tipo de actividad que en él se desarrolle, pero se estimó que, por la superficie, podían trabajar un número razonable de 8 personas.

Después, para la obtención de caudales, gracias a la Tabla 1, se pudo obtener un caudal total instalado de 14,4 l/s. En la misma tabla, se pudo calcular el caudal consumido al día y al año por el edificio para luego proponer una de las innovaciones de este proyecto. Con el caudal total instalado, se obtuvo el caudal del cálculo, usado para realizar el dimensionamiento de las bombas del sistema. Para ello se podía utilizar diferentes fórmulas encontradas en internet, pero se optó por usar la Norma UNE 149201 “Dimensionamiento de instalaciones de agua para consumo humano dentro de los edificios”, revisada y actualizada en 2017 por el Comité Técnico de AENOR CTN 149, ya que dispone de un carácter más constatado que las demás. De esta forma, se obtuvo un caudal de cálculo de 2,13 l/s, caudal a suministrar por las bombas de la instalación. El volumen del depósito auxiliar de alimentación, se dimensionó para que se pudiese suministrar el caudal de cálculo durante 30 minutos, obteniéndose así una capacidad de 4m<sup>3</sup>. Para completar los datos necesarios de cara a la elección de la bomba, se analizó la altura manométrica que la bomba debía salvar, y tras varios cálculos, se obtuvo una altura total de 28,51 metros de columna de agua.

En este punto de la instalación, se tomó una de las decisiones más importantes del proyecto. Consultando el software elegido para la elección de la bomba, fue necesario escoger entre dos soluciones distintas y para ello se tuvo que hacer un análisis crítico sobre cada una de ellas. Para el punto de trabajo obtenido, no había ninguna bomba de la serie AS, dedicada a bombas domésticas, que satisficiera las necesidades. Por tanto, la

primera solución era elegir una bomba de otra serie que si pudiera trabajar en dicho punto. Esta opción se descartó debido a que el precio de este tipo de bombas es muy superior a la de serie comentada anteriormente, asique la opción más económica y con más sentido desde el punto de vista ingenieril, era poner dos bombas de la serie AS 0631 D en serie que, conjuntamente lograsen llegar al punto de funcionamiento. Otra de las decisiones tomadas que aplicarían en el resto de instalaciones es la tubería elegida, en este proyecto se optó por tubería de PPR multicapa por su amplio rango de trabajo y porque es una de las más utilizadas a nivel doméstico.

Lo siguiente a analizar sería el consumo anual de agua por parte del edificio. Tras realizar otra estimación con los datos de la Tabla 1 y con otros consultados en internet, se logró calcular un consumo anual de 2752,1 m<sup>3</sup>. El canal de Isabel II tiene diferentes tarifas en función de la cantidad de agua consumida anualmente, aunque el edificio se encuentra dentro de la tarifa más barata, por tener un consumo menor de 3000 m<sup>3</sup>, pareció interesante intentar reducir dicho consumo. Para ello, se planteó la instalación de un aljibe que recogiera el agua de lluvia a través de una bajante, y que, tras aplicarle un líquido limpiador, bombeará el agua hacia las cisternas de los inodoros. Otra vez se tuvo que realizar una serie de estimaciones, como la cantidad de agua de lluvia que cae sobre Madrid, siempre justificadas con una base científica sacada de internet. Tras analizar dichas precipitaciones, se consideró aprovechar tres faldones de la cubierta para recoger el agua y se obtuvo un volumen de aljibe óptimo de 16 m<sup>3</sup>. Otra importante decisión a tomar, era el diámetro de la bajante que recoge el agua y para ello se utilizó un procedimiento de cálculo del portal web Ingenieros Industriales.

Para bombear el agua, es necesaria una bomba, por lo que se realizó el mismo análisis que para la instalación de agua fría y esta vez, se solicitaba un caudal de 0,9263 l/s y una altura de 12,18 metros. De nuevo, la serie óptima sería la AS y en este caso, sí que había una bomba capaz de funcionar en dicho punto, la bomba AS 0530 D.

Se planteó la problemática de que en los meses con pocas precipitaciones el depósito del aljibe no tuviese agua suficiente como para abastecer las viviendas. Para evitar esta situación, se decidió diseñar una derivación del sistema primario hacia el aljibe para que inyecte agua cuando sea necesario. Para determinar cuándo debe hacerlo, se usarán dos sensores que mandarán una señal cuando el nivel de agua es bajo, y por lo tanto se debe inyectar agua.

Dentro de este subapartado, el resultado más importante a analizar, es la reducción del consumo conseguida gracias al aljibe. Se estima que se puede recoger y aprovechar anualmente 100 m<sup>3</sup> de agua. Reduciendo así el consumo de agua potable del edificio a 2656,3 m<sup>3</sup> anuales. Para poder analizar el ahorro económico que el aljibe produce, se debe tener en cuenta el precio de suministro del agua en Madrid (1,32€/m<sup>3</sup>), el coste unitario del agua (2,07€/m<sup>3</sup>) y el coste del alcantarillado y depuración (0,75€/m<sup>3</sup>). De esta forma, se obtiene un total de 4,14€/m<sup>3</sup>, que multiplicándolo por los 100 m<sup>3</sup> ahorrados, resulta un ahorro final de 414€ anuales. Es importante destacar que el consumo de agua potable en las cisternas se estima en 175,2 m<sup>3</sup> de agua potable, por lo que, gracias al aljibe, se consigue que el 57% de dicha agua provenga del agua de lluvia, sin tener que malgastar al año, 175200 litros de agua previamente potabilizada.

En conclusión, todo proyecto en el que se implante un ahorro de agua tiene sentido, aunque este no implique un ahorro económico elevado, dado que se colabora estrechamente con el medio ambiente y el progreso sostenible del planeta y sociedad

## 7.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS INSTALACIÓN AGUA CALIENTE

En cuanto a la instalación de agua caliente, se ha conseguido diseñar una red sencilla pero muy completa y eficiente. Para la producción de ACS, se ha elegido la aerotermia en vez de los métodos tradicionales como las calderas de gas o las calderas eléctricas. Está catalogada como energía renovable y sostenible, ya que, utiliza la temperatura ambiental, que no se consume, para generar calor a través de un circuito frigorífico. Se trata de una energía completamente limpia, a diferencia de las calderas que utilizan la combustión para poder producir calor. De igual forma que en el apartado anterior, al desconocer la distribución y actividad del local, no se tiene en cuenta en esta instalación, pero se plantea que una vez se conozca, se puede instalar un pequeño calentador para poder calentar el agua.

Para poder elegir la unidad interior, se llevó a cabo un análisis del consumo diario de ACS por persona. En el nuevo documento de Ahorro de Energía del Código Técnico de Edificación se estima que cada persona consume al día una media de 28 litros. De esta forma, al vivir tres personas por vivienda, el consumo será cercano a los 90 litros/día. Así, la elección más económica y con más sentido es elegir el Hydrobox Duo con tanque de ACS de 170 litros. Este tiene más o menos el doble de capacidad que el consumo, y por lo tanto se considera más que suficiente. Dichos equipos incorporan una bomba para poder impulsar el agua hacia los aparatos. Una de las decisiones tomadas más importante de este proyecto, es el escoger un equipo reversible que también pudiera climatizar las viviendas al hacer pasar agua fría por los tubos del suelo radiante. La idea se hizo efectiva tras consultar varios foros y páginas webs en las se exponía dicha situación. Por tanto, el equipo elegido es el ERST17D-VM2D.

Gracias a ECODAN, se consigue reducir enormemente la factura de la luz, en más de un 50%, debido a que, solo el 25% de la energía que se necesita para calentar un hogar, procede del suministro eléctrico. Además, ofrece la posibilidad de conectar el sistema a internet para poder controlarlo desde el móvil, o la incorporación de paneles fotovoltaicos. Aunque se ha comentado en el apartado dedicado exclusivamente al agua caliente, cabe destacar que, si se obtienen 4kWh de capacidad calorífica, 3 de ellos se obtienen directamente del aire exterior y por lo tanto el kilovatio por hora restante es la energía eléctrica consumida, la que se paga.

Otro ámbito a analizar es porque no se ha diseñado una red de recirculación del agua caliente sanitaria. El CTE hace obligatoria esta red para aquellos lugares en los que hay más de 15 metros de tubería entre el inicio y el punto más alejado del consumo. Dado que se trata de viviendas pequeñas y que el Hydrobox se incorpora en la propia vivienda, no se da esa situación y por lo tanto no es necesario. Si se quisiera poner una red de recirculación, esta debería ser individual para cada vivienda, lo que implica una bomba para cada vivienda y unos gastos desorbitados.

Los equipos de aerotermia pueden llegar a tener un rendimiento cercano al 700% en la producción de ACS, mientras que los rendimientos de las calderas rondan el 100%. Cuentan con la clasificación energética de A+ en la producción de ACS. Desde el punto de vista medioambiental, se consigue reducir de manera considerable la expulsión de gases de efecto invernadero a la atmósfera. La gama ECODAN, utiliza el gas refrigerante R32, que disminuye notablemente el Índice Potencial de Calentamiento Atmosférico, contribuyendo así a la descarbonización del planeta.

### 7.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS INSTALACIÓN SUELO RADIANTE-REFRESCANTE

La idea más importante de esta instalación es la de incorporar en el mismo sistema la producción de ACS con la climatización y calefacción de las viviendas. Esta idea surgió desde el comienzo del proyecto, al tratar de pensar cómo hacer una instalación simple pero muy completa en la que se pudiesen unificar estas tres funciones.

La base de este proyecto es el aumento de la eficiencia en los equipos y evitar el malgasto de energía, para poder combatir el cambio climático y comprometerse con el medio ambiente. En relación a esta línea de actuación, el Hydrobox Duo lleva incorporado el sistema de control FTC6 de sexta generación, que cuenta con la tecnología exclusiva de autoadaptación de Mitsubishi Electric. Mide la temperatura de la estancia y del exterior, y calcula la capacidad térmica requerida para la vivienda. Por tanto, para prevenir posibles derroches de energía, se controla automáticamente la temperatura de dicho circuito en función de la demanda térmica. Además, es capaz de estimar los futuros cambios de temperatura que se puedan producir en el interior, trabajando para prevenir incrementos y decrementos inútiles de la temperatura del agua que circula por el circuito.

Este tipo de sistemas utilizan una temperatura de impulsión del agua entre 15 y 45°C, a diferencia de los radiadores, por los que circula el agua a 70°C, haciendo que el suelo radiante sea el sistema de calefacción con la temperatura más baja. Si el sistema funciona en modo calefacción, el calor es transmitido por radiación y en menor medida por conducción. Por el contrario, si lo hace en modo refrigeración, absorbe el calor contenido en las estancias.

Un aspecto a analizar en esta instalación es el hecho de que el agua puede condensar en las superficies más frías, ya que el límite de enfriamiento del suelo es la temperatura de rocío del aire ambiente. Esta situación es más propicia a darse en lugares con humedad relativa alta, en el caso de Madrid no debería haber problema alguno ya que, en los meses más húmedos, la humedad relativa no supera el 50%. Se planteó la idea de evitar dicha condensación instalando fancoils de techo, que además sirven de apoyo en la climatización, pero ante la falta de espacio se descartó. Dado que se dispondrá en cada vivienda de un control remoto de la temperatura del agua, cuando los usuarios noten que la humedad es cercana al 100% pueden bajar la temperatura y así evitar este fenómeno.

Los puntos más importantes para poder diseñar de manera correcta esta instalación, son los cálculos de las potencias caloríficas y frigoríficas necesarias para cada vivienda. En el caso de la calefacción se utilizó un método del portal web Caloryfrio, en el que influía: la orientación de la estancia, el aislamiento y la zona climática. Se realizaron los cálculos pertinentes y se obtuvieron las potencias necesarias. Se adjunta la tabla resumen obtenida con las potencias. En ella puede verse como lógicamente se necesita más potencia cuanto más grande es la estancia, mientras que la orientación de la estancia, factor en el que difieren unas de otras, no influye tanto.

<i>PRIMERA Y SEGUNDA PLANTA</i>		
1ºA Y 2ºA	1ºB Y 2ºB	1ºC Y 2ºC
<b>4630,38 W</b>	<b>4948,8 W</b>	<b>4753,6</b>
<i>TERCERA PLANTA</i>		
3ºA	3ºB	3ºC
<b>3850,9 W</b>	<b>4325,4 W</b>	<b>4753,6 W</b>
<i>ÁTICOS</i>		
ÁTICO A	ÁTICO B	
<b>3214,6 W</b>	<b>3302,7 W</b>	

**Tabla 6.** Resumen de la potencia calorífica necesaria en cada vivienda. (Fuente: Elaboración propia)

El cálculo de la potencia frigorífica se realizó gracias a una tabla elaborada por la «Guía de la energía» del IDAE, Instituto de la Diversificación del Ahorro y de la Energía. En ella se expone la potencia refrigerante necesaria en función de la superficie a refrigerar. Una vez se calcularon las superficies, finalmente se pudo obtener la potencia refrigerante. Se adjunta otra tabla donde se recogen dichas potencias.

<i>PRIMERA Y SEGUNDA PLANTA</i>		
1ºA Y 2ºA	1ºB Y 2ºB	1ºC Y 2ºC
<b>4,2 kW</b>	<b>4,2 kW</b>	<b>4,2 kW</b>
<i>TERCERA PLANTA</i>		
3ºA	3ºB	3ºC
<b>3,6 kW</b>	<b>4,2 kW</b>	<b>4,2 kW</b>
<i>ÁTICOS</i>		
ÁTICO A	ÁTICO B	
<b>3 kW</b>	<b>3 kW</b>	

**Tabla 8.** Resumen de la potencia frigorífica necesaria en cada vivienda. (Fuente: Elaboración propia)

Una vez obtenidas dichas potencias, se pudo elegir la unidad exterior en función de estos dos parámetros. Para la primera, segunda y tercera planta, a excepción del 3ºA, el compresor que satisfacía las necesidades era el SUZ-SWM60VA. Para el caso particular del 3ºA, es la única vivienda con terraza y por lo tanto esta, se excluyó de los cálculos para determinar la superficie a refrigerar. Se planteó la posibilidad de que en un futuro los inquilinos decidiesen cerrarla, y poder hacer un cuarto extra. Para que esto fuera posible y la estancia no quedase sin calefacción/refrigeración, se optó por escoger un modelo superior al necesario, el mismo que el de las otras viviendas. En cuanto a los áticos, al tener una superficie menor, el modelo SUZ-SWM40VA, era más que suficiente.

Aunque se ha comentado anteriormente, cabe destacar la decisión tomada acerca de la instalación de fancoils. Dado que las unidades exteriores de los Hydrobox Duo deben instalarse en la cubierta del edificio, no hay espacio suficiente para instalar los compresores de los fancoils y por lo tanto la opción queda descartada.

A la hora de analizar si la decisión tomada sobre la instalación de suelo radiante-refrescante en vez de un sistema formado por radiadores y ventiladores es la correcta, es importante tener en cuenta varios aspectos.

En cuanto a la estética, no cabe duda que el suelo radiante supera con creces a los radiadores y fancoils de techo o de suelo. Tanto los radiadores como los splits ocupan un

lugar de las estancias, y tienen unas dimensiones específicas, evitando que dicho espacio se aproveche para otro tipo de cosas. En cambio, los tubos del suelo radiante se encuentran debajo del suelo y no se pueden percibir, evitando el daño estético de las estancias.

Como ya se ha comentado, los radiadores utilizan agua a una temperatura de 70°C, mientras que el suelo radiante lo hace a 40°C. Debido a la alta temperatura a la que funcionan los radiadores, si se tocan, se pueden producir quemaduras, por el contrario, el suelo radiante permite desplazarse por encima de este sin problema alguno.

En términos de confort, los radiadores calientan la masa de aire encima de ellos, por lo que dicho aire sube hacia lo alto de las estancias acumulándose en la parte alta de las mismas. El suelo refrescante, enfría de manera uniforme toda la superficie, provocando que la sensación térmica sea igual en todas las partes, algo que no se consigue con el aire acondicionado, ya que el frío se nota más cuanto más cerca se esté del aire o en la dirección del flujo. Además, se evita la sensación de “pies fríos/cabeza caliente”.

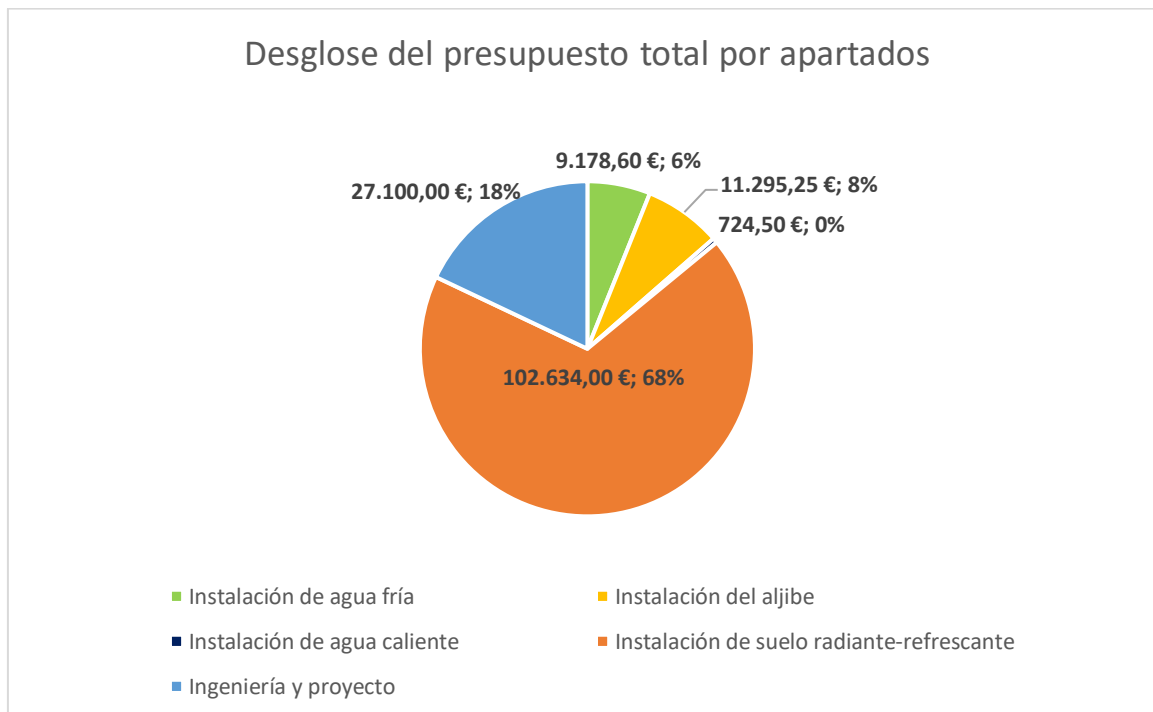
Los radiadores calientan el aire por convección mientras que el suelo radiante lo hace por radiación y conducción, algo que mejora enormemente la transmisión del calor.

Gracias a la instalación de suelo radiante, se consigue reducir el consumo energético en un 10 o 20%. En este proyecto al conseguir combinarlo con la aerotermia, se logra tener un sistema de altísima eficiencia energética, ahorrando en torno al 65% de energía.

Desde el punto de vista económico, el suelo radiante requiere una mayor inversión de primeras, pero se recupera en pocos años gracias al ahorro energético comentado. Al conseguir instalar suelo radiante-refrescante, se evita tener que realizar dos instalaciones totalmente distintas como son los radiadores y los splits de aire acondicionado.

## 7.4. ANÁLISIS DEL PRESUPUESTO

En cuanto al análisis del presupuesto, se adjunta nuevamente el gráfico obtenido, en el que se puede observar la proporción del presupuesto invertida en cada ámbito.



**Gráfico 8.** Presupuesto total del proyecto. (Fuente: Elaboración propia)

Para analizar dicho presupuesto, se debe tener en cuenta el importe total del mismo, 150.932,35€. A partir de aquí, se analizará cada partida del presupuesto.

El mayor peso del presupuesto (68%), se lo lleva la instalación de suelo radiante-refrescante. Esto se debe a que tanto las unidades interiores, como las exteriores, se han incluido en esta instalación, aunque se podrían haber añadido en la instalación de agua caliente, ya que también participan en la producción de esta. El coste de los Hydrobox Duo está alrededor de los 46.000€ y el de las unidades exteriores ronda los 22.000€. Otro motivo por el cuál este apartado conlleva un gran desembolso, es debido a que la instalación del propio suelo radiante cuesta alrededor de 33.500€. Como se ha comentado en repetidas ocasiones, la inversión de los equipos de aerotermia es elevada al principio, pero se estima que esta se recuperará en 4 años. Los demás gastos, son despreciables respecto del total. El total de este apartado es de 102.634€.

La siguiente partida con el importe más alto, es la de ingeniería y proyecto (18%). Dicho apartado se resume básicamente en las horas de proyecto y de mano de obra. Dado que el coste de estas horas es bastante alto, se obtiene un importe total de 27.100€. Particularmente, la mano de obra e ingeniero involucrados en este tipo de proyectos, exigen un desembolso económico mayor que los demás apartados, dada su formación profesional. Cabe destacar que las horas de proyecto ascienden a un total de 250, ya que la persona que ha realizado este trabajo, no posee la misma experiencia profesional, que un ingeniero asiduo en este tipo de proyectos y con mayor práctica. De esta forma, el

importe de dicha partida se reduciría considerablemente si el ingeniero a cargo, tuviese la experiencia y práctica necesarias. El total de este apartado es de 27.100€.

En tercer lugar, se encuentra la instalación del aljibe (8%). Esto se debe principalmente al precio de los dos depósitos seleccionados, entre los dos cuestan aproximadamente 5.000€. Además, se debe tener en cuenta el importe de la bomba escogida, 2.700€, y del LADI 2.280€/año. De igual manera, los demás ítems de la instalación, no merecen más atención de la prestada en el apartado del presupuesto. El total de esta partida es de 11.295,25€.

En cuarto lugar, está la instalación de agua fría (6%). Se debe mencionar que, en este caso, el mayor importe de este apartado, reside en la compra de las dos bombas necesarias para bombear el agua, y del depósito auxiliar de alimentación. Como no podía ser de otro modo, los gastos restantes son despreciables. El total de este apartado es de 9.178,60€.

Finalmente, la instalación que exige menor desembolso económico, es la de agua caliente (aprox 0%). Esta situación se debe básicamente a lo que se ha comentado anteriormente acerca de los aparatos de aerotermia, incluidos únicamente en el apartado de suelo radiante-refrescante. Sin ningún tipo de problema, dichos equipos se podrían haber incluido en este apartado, pero se decidió así con el director del proyecto. De esta forma, con un importe total de 724,5€, debido a las válvulas de presión y tuberías, esta instalación, representa aproximadamente un 0% del presupuesto, ya que dicho importe es insignificante en comparación con el presupuesto total.

Por último, se incluye una tabla a modo resumen del presupuesto. Se debe mencionar, que dicho importe, entra dentro de unos valores razonables para las instalaciones de un edificio de obra nueva. Además, si se analiza el coste por vivienda, se obtiene 13.721€, valor que incluye climatización, calefacción, instalación de suelo radiante, producción de ACS y suministro de agua potable, es decir, todas las necesidades exigidas para vivir en una casa.

Nº	Apartado	Subtotales (€)
1.	Instalación de suelo radiante-refrescante	102.634
2.	Ingeniería y proyecto	27.100
3.	Instalación del aljibe	11.295,25
4.	Instalación de agua fría	9.178,60
5.	Instalación de agua caliente	724,5
	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>150.932,35 €</b>
	<b>COSTE POR VIVIENDA</b>	<b>13.721 €</b>

*Tabla 13.* Resumen del presupuesto. (Fuente: Elaboración propia)

**Ciento cincuenta mil novecientos treinta y dos euros con treinta y cinco céntimos.**

El ingeniero autor del proyecto D. Íñigo Rodríguez Armajach, en Madrid a 4 de  
Junio de 2021.







## 8. CONCLUSIONES

El proyecto realizado ha superado enormemente los objetivos propuestos en el inicio del mismo. En el ámbito de las instalaciones de bombeo, se ha llevado a cabo un dimensionamiento muy consistente, en el que se han diseñado las instalaciones de agua fría y agua caliente, con las características necesarias para que los sistemas funcionen de forma adecuada, sin la presencia de problemas de presión o caudal. Además, se ha conseguido diseñar un sistema de aljibe, en el que se recoge el agua de lluvia para la posterior impulsión de esta a las cisternas de los inodoros de las viviendas. A priori se podía pensar que un sistema de tal complejidad y dimensiones no tenía cabida en un edificio residencial. Particularmente, este edificio tiene una entreplanta en la que se puede instalar dicho aljibe, lo que hace que la instalación se pueda completar. Esta es una de las grandes innovaciones y progresos que tiene el proyecto, que se ha podido realizar con total seguridad y con un dimensionamiento adecuado a su funcionamiento. De igual manera, se ha conseguido unificar el fabricante de todas las bombas seleccionadas para el bombeo, cumpliendo así con la teoría LCC de las bombas, logrando minimizar el coste de mantenimiento. Mientras se analizaban diferentes equipos aerotérmicos para la producción de ACS, surgió la posibilidad de poder combinar en un mismo sistema producción de ACS, calefacción y climatización, algo que sin duda alguna haría el proyecto más interesante y moderno.

Por otro lado, en cuanto a los objetivos de la instalación de suelo radiante se ha conseguido elegir los equipos de aerotermia idóneos para el funcionamiento de este. Al combinarlo con la aerotermia, se ha logrado un ahorro energético del 65% respecto a los tradicionales radiadores que tan presentes están en las viviendas. A su vez, el suelo radiante consigue utilizar las tecnologías más novedosas de hoy en día, otro de los objetivos expuestos. No cabe duda de que se ha conseguido maximizar el confort de los inquilinos gracias a este sistema de calefacción, que hace que la sensación térmica en las viviendas sea más agradable y la factura de la luz más barata.

En cuanto al ámbito de la climatización, en un principio se propuso la instalación de máquinas de aire acondicionado con sus correspondientes splits y compresores. A medida que se realizaba la instalación de suelo radiante, surgió la idea de poder combinar los dos sistemas a través de un mismo equipo reversible, que trabajase proporcionando calor o frío en función de la demanda del inquilino. Esta posibilidad se valoró mucho, ya que se podía combinar en un mismo sistema calefacción y climatización, dos sistemas que toda la vida han ido por separado, sin tener relación alguna. El resultado de dicha unificación es el suelo radiante-refrescante. Además, se planteó la instalación de fancoils de techo como apoyo para el suelo refrescante, por si este no era suficiente o los inquilinos preferían el método tradicional. Ante la falta de espacio para instalar los compresores del aire acondicionado, se descartó la idea.

Por último, gracias al análisis de resultados llevado a cabo en apartados anteriores y a las comparativas de la aerotermia con otros sistemas de producción de energía y suelo radiante con radiadores, realizadas durante el proyecto, queda debidamente justificado, Es uno de los métodos de producción de energía con mayor rendimiento y eficiencia energética, y uno de los reconocidos por la Unión Europea como sostenible y renovable.

**Íñigo Rodríguez Armajach**  
*CONCLUSIONES*

Acerca del presupuesto, este se calcula en un total de 150.932,35€. Es interesante analizar este presupuesto por vivienda, 13.721€. Dado que dentro de este importe se ha incluido el sistema de calefacción, climatización, instalación de suelo radiante, producción de ACS, suministro de agua potable y las horas de ingeniería y proyecto, se puede concluir que es un importe razonable, sumado a que, gracias a los equipos y sistemas elegidos, se logra un ahorro económico y energético durante su funcionamiento.

Sin lugar a dudas, es una de las mejores y más novedosas formas de producir energía limpia, sostenible y renovable en los hogares, y su implantación en proyectos reales debería ser cada vez mayor si se quiere combatir el cambio climático y progresar como sociedad y planeta.



## 9. LÍNEAS FUTURAS

Tras la realización del apartado anterior, se puede dar por concluido este trabajo, en el que se han diseñado las instalaciones básicas para satisfacer las necesidades vitales de los inquilinos de un edificio de nueva obra. Dichas instalaciones son: de bombeo, para suministrar agua fría y agua caliente sanitaria a las viviendas, de calefacción y climatización para aumentar el confort de las personas y hacer habitable el edificio.

Acerca de las líneas futuras a estudiar y diseñar, a continuación, se proponen algunas ideas, que no se han podido realizar en este Trabajo de Fin de Grado por la complicación que suponen y la falta de tiempo que implican.

- **Aire acondicionado:** como se ha comentado previamente, no se ha podido instalar los compresores de aire acondicionado por falta de espacio en la cubierta. A pesar de esto, se podría aprovechar el espacio bajo cubierta para su instalación en un futuro. De esta forma, se plantea la posibilidad de que las personas que deseen tener aire acondicionado, puedan instalarlo. Dado la exigencia de trabajo y tiempo que esto supone, se propone como una línea futura, el buscar un sitio para poder instalar los compresores, siempre cumpliendo con la norma de no colocarlos en las fachadas.
- **Paneles solares:** se plantea la posibilidad de hacer el edificio a un más sostenible y potenciar el autoconsumo exponencialmente. Se podría aprovechar alguno de los faldones de la cubierta para instalar placas fotovoltaicas, de manera que el edificio aproveche la energía producida por estas y la use para el consumo eléctrico del mismo. Estos faldones parecen tener la inclinación y orientación adecuada, el edificio tendrá más altura que los de sus alrededores, para capturar la radiación solar.
- **Sistema de recirculación de agua Aquareturn:** dado que el edificio no cuenta con sistema de recirculación de agua caliente, se propone la instalación de un pequeño electrodoméstico de fácil colocación, que impide la pérdida de agua mientras se espera a que esta salga caliente. Es compatible con los equipos de aerotermia y placas solares. El funcionamiento de este aparato llamado Aquareturn, es muy sencillo, al abrir el grifo de agua caliente, detecta la temperatura a la que llega el agua por la tubería del agua caliente. Si es inferior a 35°C, el equipo la impulsa por la tubería de agua fría nuevamente a la caldera. Cuando alcanza la temperatura de consumo, emite una señal para su uso. Es necesario instalar uno por estancia, por lo que, en este caso, por vivienda harían falta 3.



## 10. BIBLIOGRAFÍA

- [TOSH] Manual de Toshiba sobre la aerotermia ¿Qué es Aerotermia? (Sin fecha).  
<https://www.toshiba-aire.es/que-es-aerotermia/>
- [DBHS05] Documento básico HS de Salubridad. Web Canal de Isabel II. Octubre 2005.  
[https://www.canaldeisabelsegunda.es/documents/20143/79037/cte\\_Suministro\\_de\\_agua.pdf/05e05db4-72b4-97df-550e-2e5ef2eebb5f](https://www.canaldeisabelsegunda.es/documents/20143/79037/cte_Suministro_de_agua.pdf/05e05db4-72b4-97df-550e-2e5ef2eebb5f)
- [TECN19] Tecnnia. Bombas de calor. Aerotermia. 2019.  
<https://tecnnia.es/bombas-de-calor/aerotermia>
- [ITUR19] Iturbe M. Aerotermia ACS: bomba de calor para generar agua caliente sanitaria. CaloryFrío. Enero 2019.  
<https://blog.caloryfrio.com/aerotermia-para-agua-caliente-sanitaria-ac/>
- [SPLI21] SPLITMANIA S.L, Catálogo de Mitsubishi Electric 2021.  
[http://catalogosaire.splitmania.com/PROVEEDORES/ACTUALIZADAS/mitsubishi\\_electric/20/](http://catalogosaire.splitmania.com/PROVEEDORES/ACTUALIZADAS/mitsubishi_electric/20/)
- [FITT] Fittingstandar. Catálogo de tuberías y accesorios PPR, versión 21.0. (Sin fecha).  
[http://www.fittingsestandar.com/downloads/productos\\_catalogos/35/tuberia-y-accesorios-ppr-21.0.pdf](http://www.fittingsestandar.com/downloads/productos_catalogos/35/tuberia-y-accesorios-ppr-21.0.pdf)
- [GRUN] Grundfos. Selección de productos. bomba UPM3K 15-75 130 AZA. (Sin fecha).  
<https://product-selection.grundfos.com/products/up-oem-north-america/upm3-oem/upm3k-59C90600?tab=variant-curves&pumpsystemid=1287747123>
- [TUCL20] Tu climatización online. Oferta de Hydrobox Duo ERST17D-VM2D y unidad exterior PUHZ-SW75VAA. 2020.  
<https://tuclimatizaciononline.es/mitsubishi-ecodan-hidrobox-duo-gen-d-puhz-sw75vaa-erst17d-vm2d-wifi.html>
- [ESEF20] Eseficiencia. Catálogo Mitsubishi Electric gama ECODAN. 2020.  
<https://static.eseficiencia.es/media/2020/11/20201103-mitsubishi-electric-ecodan.pdf>
- [CLIV] Clivet. Sistema hidrónico. (Sin fecha).  
<https://www.clivet.com/es/sistema-hidronico>
- [GASF] Gasfriocalor. Bomba de calor Mitsubishi unidad interior ECODAN HYdrobox Duo EHST20C-VM2D. (Sin fecha).

<https://www.gasfriocalor.com/bomba-de-calor-mitsubishi-unidad-interior-ecodan-hydrobox-duo-ehst20c-vm2d>

- [MITS] Mitsubishi Electric. En tu hogar. Calefacción ECODAN (Aeroterminia). Con tanque de ACS. (Sin fecha).  
<https://www.mitsubishielectric.es/aire-acondicionado/series/con-tanque-de-ac/>
- [SANI19] Sanigrif. Aeroterminia porque tiene un rendimiento tan alto. Diciembre 2019.  
<https://www.sanigrif.es/2019/11/12/aeroterminia-por-que-tiene-un-rendimiento-tan-alto/#:~:text=Los%20equipos%20innovadores%20que%20utilizan,debido%20a%20sus%20altas%20prestaciones.>
- [COMP21] Comparadorluz by Selectra. Calderas eléctricas. Junio 2021  
<https://comparadorluz.com/faq/calderas-electricas>
- [HOGA21] HOGARSENSE. Calefacción. Calderas de gas. Abril 2021.  
<https://www.hogarsense.es/calefaccion/calderas-de-gas>
- [SERRA20] Serrano P. Certificados energéticos. “Consumo diario de ACS en el certificado energético con el nuevo DB HE”. Junio 2020.  
<https://www.certificadosenergeticos.com/consumo-diario-de-ac-s-certificado-energetico>
- [DMAS] Dmasc. Instalar aire acondicionado en Madrid: conoce la normativa. (Sin fecha).  
<https://dmasc.es/aire-acondicionado-madrid/>
- [ARCO19] Válvulas Arco. Calefacción. Principales problemas e inconvenientes del suelo radiante. Abril 2019.  
<https://blog.valvulasarco.com/problemas-inconvenientes-suelo-radiante#:~:text=El%20sistema%20de%20radiaci%C3%B3n%20por,equipos%20modernos%20como%20la%20dom%C3%B3stica.&text=Trabajan%20con%20las%20fuentes%20de,encarga%20de%20calentar%20el%20agua>
- [SARA18] Sarachu E. E-ficiencia. “Suelo radiante: ventajas, funcionamiento y tipos de superficies radiantes”. Diciembre 2018.  
<https://e-ficiencia.com/suelo-radiante-ventajas-funcionamiento-tipos/>
- [DMAS] Dmasc. ¿Qué es el suelo refrescante? ¿Qué beneficios aporta? (Sin fecha)  
<https://dmasc.es/suelo-refrescante/>
- [RIVA20] Rivas P. Instalaciones y eficiencia energética. “Calefacción por suelo radiante: confort y ahorro energético”. Febrero 2020.  
<https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/calefaccion-suelo-radiante/>



- [AKIT] Akiter. Suelo radiante refrescante. (Sin fecha)  
<https://www.akiter.com/suelo-radiante-refrescante/#:~:text=%C2%BFC%C3%B3mo%20funciona%20el%20suelo%20radiante,seg%C3%BAa%20la%20%C3%A9poca%20del%20a%C3%B1o>
- [SALT17] Saltoki. Bomba de calor, climatización renovable y eficiente. Septiembre 2017  
<https://www.sanigrif.es/2018/02/13/funciona-una-bomba-calor-aerotermica/>
- [ARNA21] Arnabat I. Calor y frío. “Calcular la potencia calorífica para una casa o habitación”. Febrero 2021.  
<https://www.caloryfrio.com/calefaccion/calefaccion-instalaciones-componentes/calcular-la-potencia-calorifica-para-una-casa-o-habitacion.html>
- [ARNA18] Arnabat I. Calor y frío. “¿Qué potencia de aire acondicionado necesito? Fórmula y factores de cálculo”. Marzo 2018.  
<https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/como-calcular-la-potencia-del-aire-acondicionado-correctamente.html>
- [ITUR16] Iturbe M. CaloryFrío. “Cómo calcular la potencia del aire acondicionado”. Julio 2017.  
<https://blog.caloryfrio.com/potencia-aire-acondicionado-necesito/>
- [TEMP] Temperature Weather. Tiempo en Madrid. (Sin fecha).  
<https://www.temperatureweather.com/mediterr/tiempo/es-tiempo-en-espana-madrid.htm>
- [SAIN15] Saincal. Sistema centralizado vs individual, la eterna cuestión. Abril 2015.  
<https://www.saincal.com/sistema-centralizado-vs-individual-la-eterna-cuestion/>
- [AQUA] Aquaenergy. Precio depósito horizontal de 4000 litros. (Sin fecha)  
[https://aquaenergy.es/producto/deposito-horizontal-4000-litros/?gclid=Cj0KCQjwvr6EBhDOARIsAPpqUPFHeHUC08f8c\\_bA65dOMxAi9rIip3uGScvlr0UJlzYFdkkw2syehowaAjmQEALw\\_wcB](https://aquaenergy.es/producto/deposito-horizontal-4000-litros/?gclid=Cj0KCQjwvr6EBhDOARIsAPpqUPFHeHUC08f8c_bA65dOMxAi9rIip3uGScvlr0UJlzYFdkkw2syehowaAjmQEALw_wcB)
- [MANO] Manomano. Precio depósito 1000 litros con palet híbrido. (Sin fecha).  
<https://www.manomano.es/p/contenedor-deposito-1000-litros-palet-hibrido-11134165>
- [MANO] Manomano. Precio transductor de sonda para medida del nivel de agua. (Sin fecha).  
[https://www.manomano.es/catalogue/p/los-0-6m-entrante-4-20-ma-sumergible-liquido-desde-el-nivel-del-agua-del-detector-transductor-de-sonda-23865217?model\\_id=23846109](https://www.manomano.es/catalogue/p/los-0-6m-entrante-4-20-ma-sumergible-liquido-desde-el-nivel-del-agua-del-detector-transductor-de-sonda-23865217?model_id=23846109)

- [MANO] Manomano. Precio interruptor de flotador de PVC. Interruptor de cambio Regulador de nivel cable 5m 250V 16A. (Sin fecha).  
<https://www.manomano.es/catalogue/p/interruptor-de-flotador-de-pvc-interruptor-de-cambio-regulador-de-nivel-cable-5m-250v-16a-1811014>
- [AQUA] Aquaenergy. Precio depósitos horizontales. (Sin fecha).  
<https://aquaenergy.es/categoria-producto/depositos/deposito-superficie/deposito-horizontal/>
- [BRIC] Bricomart. Tubería PVC. (Sin fecha).  
<https://www.bricomart.es/fontaneria/evacuacion-de-agua/tuberia-pvc/>
- [ISOV17] Isover. Lista de precios. Enero 2017.
- [NACI] Naciones Unidas. Objetivo de Desarrollo Sostenible 9: innovación e infraestructura. (Sin fecha).  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/>
- [CORR18] Corresponsables. Los ODS cumplen tres años de vida. Septiembre 2018.  
<https://www.corresponsables.com/actualidad/ods-3-aniversario>
- [FERR21] Ferro M. Precio de agua en España: Toda la información. Abril 2021.  
<https://tarifasdeagua.es/info/precio>
- [AQUA] Aquareturn. (Sin fecha).  
<https://www.aquareturn.com/>
- [AQUA] Aquaenergy. Precio depósito botellón 10000 litros. (Sin fecha).  
<https://aquaenergy.es/producto/deposito-botellon-10000-litros/>
- [AQUA] Aquaenergy. Precio depósito horizontal 6000 litros. (Sin fecha).  
<https://aquaenergy.es/producto/deposito-horizontal-6000-litros/>
- [RSON] RS Online. Válvula de bola de presión RS PRO, 14 bar. (Sin fecha).  
[https://es.rs-online.com/web/p/valvulas-de-bola-de-proceso/8125172/?cm\\_mmc=ES-PLA-DS3A-\\_-google-\\_-PLA\\_ES\\_ES\\_Tuber%C3%ADas\\_y\\_Canalizaciones\\_Whoop-\\_- \(ES:Whoop!\)+V%C3%A1lvulas+de+Bola+de+Proceso-\\_-8125172&matchtype=&pla-529873713512&gclid=Cj0KCOjwvr6EBhDOARIsAPpqUPGmXf93Pnu3xoWf0RKBGQhclboE6ALiH8d7H89P7imuuUxa\\_SM\\_DmEaAiWdEALw\\_wcB&gclsrc=aw.ds](https://es.rs-online.com/web/p/valvulas-de-bola-de-proceso/8125172/?cm_mmc=ES-PLA-DS3A-_-google-_-PLA_ES_ES_Tuber%C3%ADas_y_Canalizaciones_Whoop-_- (ES:Whoop!)+V%C3%A1lvulas+de+Bola+de+Proceso-_-8125172&matchtype=&pla-529873713512&gclid=Cj0KCOjwvr6EBhDOARIsAPpqUPGmXf93Pnu3xoWf0RKBGQhclboE6ALiH8d7H89P7imuuUxa_SM_DmEaAiWdEALw_wcB&gclsrc=aw.ds)

**Íñigo Rodríguez Armajach**  
*BIBLIOGRAFÍA*

## **11. ANEXOS**

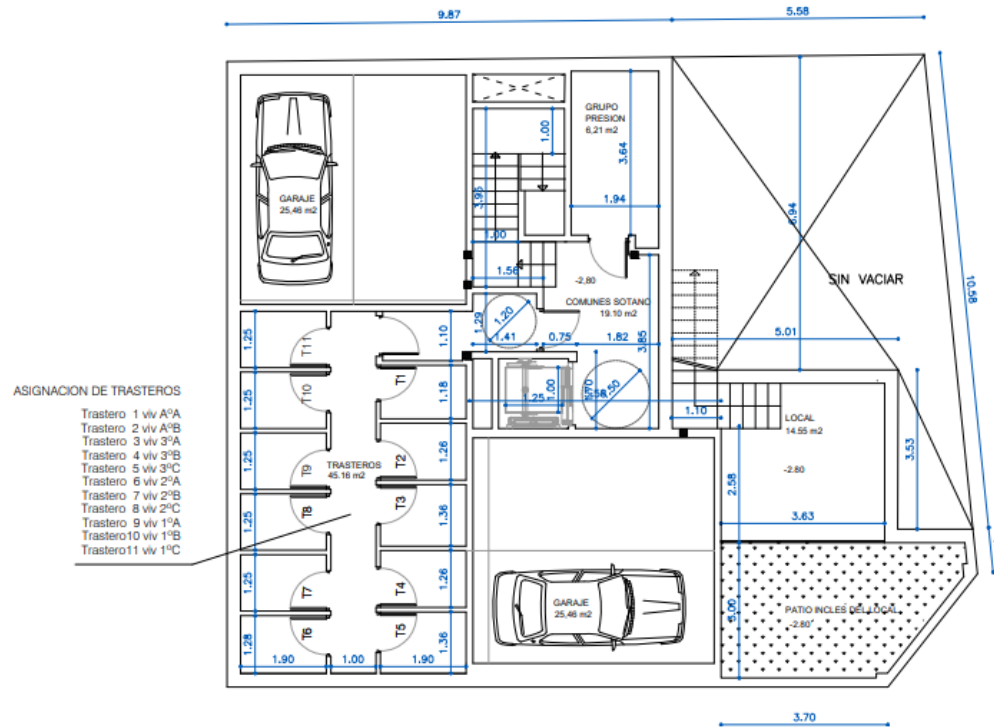
### **11.1. ANEXO I: PLANOS DEL EDIFICIO**

En este anexo, se incluirán los planos del edificio proporcionados por GREEN SOLID S.L. Estos planos han sido de gran ayuda en la realización del proyecto, ya que muchos de los apartados tratados, requerían acudir a estos para poder realizarlos correctamente. Dichos planos se encuentran en formato de Autocad y en PDF, por lo que, para realizar las mediciones, diferencia de cotas y cálculo del área de los faldones era necesario tener un cierto grado de conocimiento de la primera herramienta mencionada. Durante casi todo el documento se mencionan los planos, por lo que, se considera de gran ayuda el poder acudir a ellos siempre que el lector lo desee y para poder visualizar mejor los temas tratados. Se ha considerado que no era necesario crear un documento exclusivo de planos, dado que el volumen de estos no es excesivo. En ellos puede verse la distribución de todas las viviendas, así como, las de los lugares comunes, cubiertas, sótanos, etc.

Los planos están realizados en DIN A3, pero han sido recortados para poder incluirlos en la memoria y que así se pudiese ver correctamente todo lo necesario. Han sido realizados en enero de 2020 como proyecto de edificabilidad por el arquitecto D. Alfredo Vozmediano Vallejo, siendo el cliente GREEN SOLID S.L.

A continuación, se adjuntan los planos de la arquitectura del edificio.

Íñigo Rodríguez Armajach  
ANEXOS



PROYECTO BÁSICO DE EDIFICIO DE  
VIVIENDAS Y GARAJES EN LA CALLE  
HUESCA Nº 15.  
28020 MADRID

Arquitecto: Cliente:

GREEN SOLID SL  
ALFREDO VOZMEDIANO VALLEJO JOSÉ MANUEL MORA PÉREZ DEL C.

Plano:

PLANTA SÓTANO -1  
USOS Y SUPERFICIES  
ESTADO ACOTADO

Escala: Heger 11"

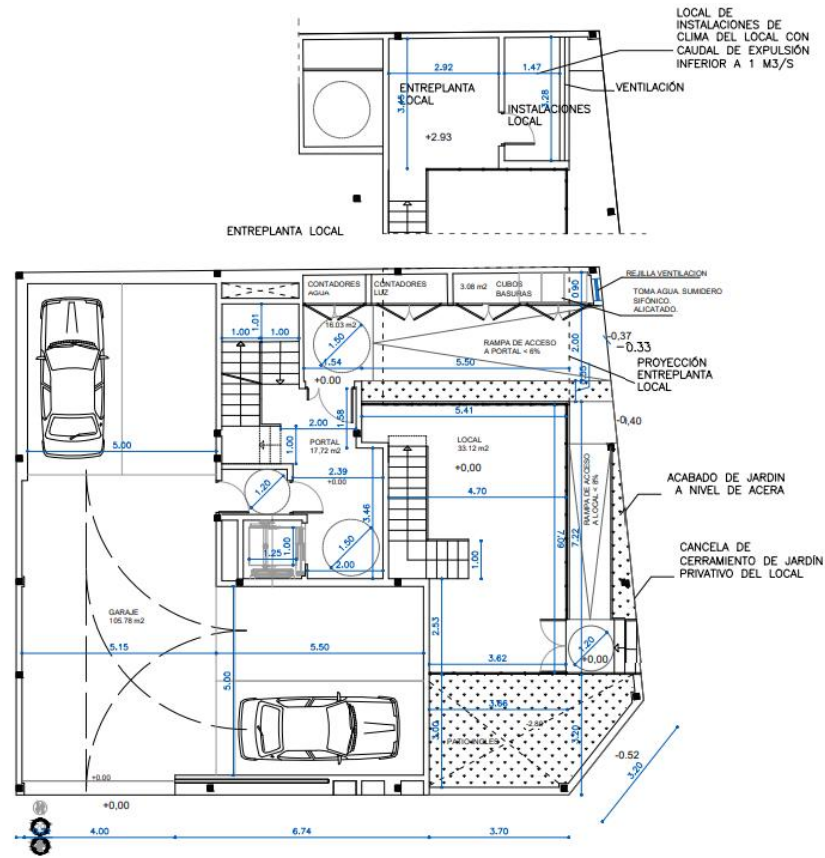
1/100 A3

Fecha: Enero de 2020

A\_01

Ilustración 24. Imagen del plano del sótano. (Fuente: GREEN SOLID S.L)

Íñigo Rodríguez Armajach  
ANEXOS



PROYECTO BÁSICO DE EDIFICIO DE VIVIENDAS Y GARAJES EN LA CALLE HUESCA Nº 15. 28020 MADRID

Arquitecto Cliente

GREEN SOLID SL  
ALFREDO VOZMEDIANO VALLEJO JOSÉ MANUEL MORA PÉREZ DEL C.

Plano: PLANTA BAJA Y ENTREPLANTA USOS Y SUPERFICIES ESTADO ACOTADO

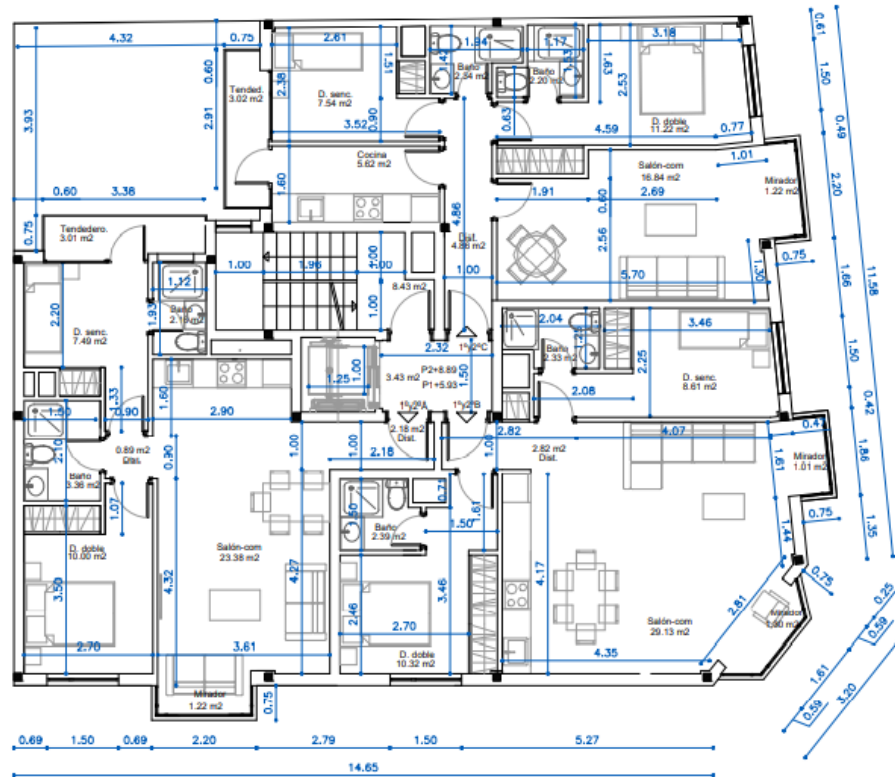
Escala: 1/100 A3

Fecha: Enero de 2020

Hoja nº A\_02

*Ilustración 25. Imagen del plano de la planta baja y entreplanta. (Fuente: GREEN SOLID S.L)*

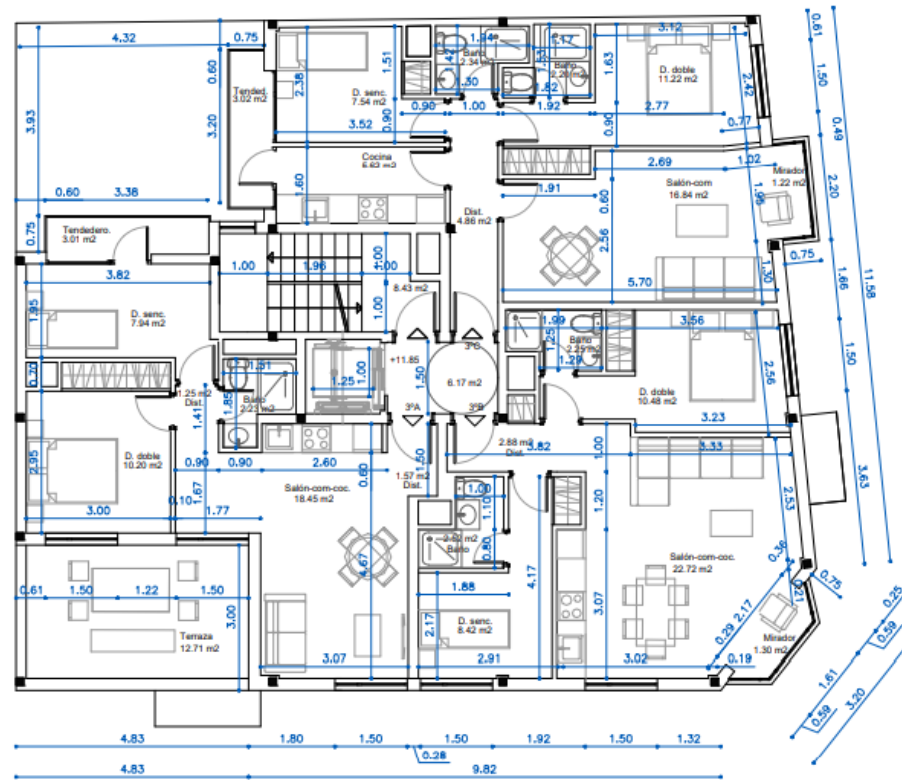
Íñigo Rodríguez Armajach  
ANEXOS



PROYECTO BÁSICO DE EDIFICIO DE  
VIVIENDAS Y GARAJES EN LA CALLE  
HUESCA Nº 15.  
28020 MADRID

Arquitecto: Clientes:  
  
GREEN SOLID SL  
ALFREDO UZUMEDIANO VALLEJO JOOC MANUEL MORA PÉREZ DEL C.  
Plano:  
**PLANTA PRIMERA Y SEGUNDA  
USOS Y SUPERFICIES  
ESTADO ACOTADO**  
Escala: Hoja nº  
1/100 A3  
Fecha: Enero de 2020 **A\_03**

Ilustración 26. Imagen del plano de la primera y segunda planta. (Fuente: GREEN SOLID S.L)



PROYECTO BÁSICO DE EDIFICIO DE  
VIVIENDAS Y GARAJES EN LA CALLE  
HUESCA Nº 15.  
28020 MADRID

Arquitecto

Cliente

ALFREDO VOZMEDIANO VALLEJO

GREEN SOLID SL

JOSE MANUEL MORA PÉREZ DEL C.

Plano

PLANTA TERCERA  
USOS Y SUPERFICIES  
ESTADO ACOTADO

Escala

1/100 A3

Fecha Enero de 2020

Hoja 11  
A\_04

Ilustración 27. Imagen del plano de la tercera planta. (Fuente: GREEN SOLID S.L)



Íñigo Rodríguez Armajach  
ANEXOS

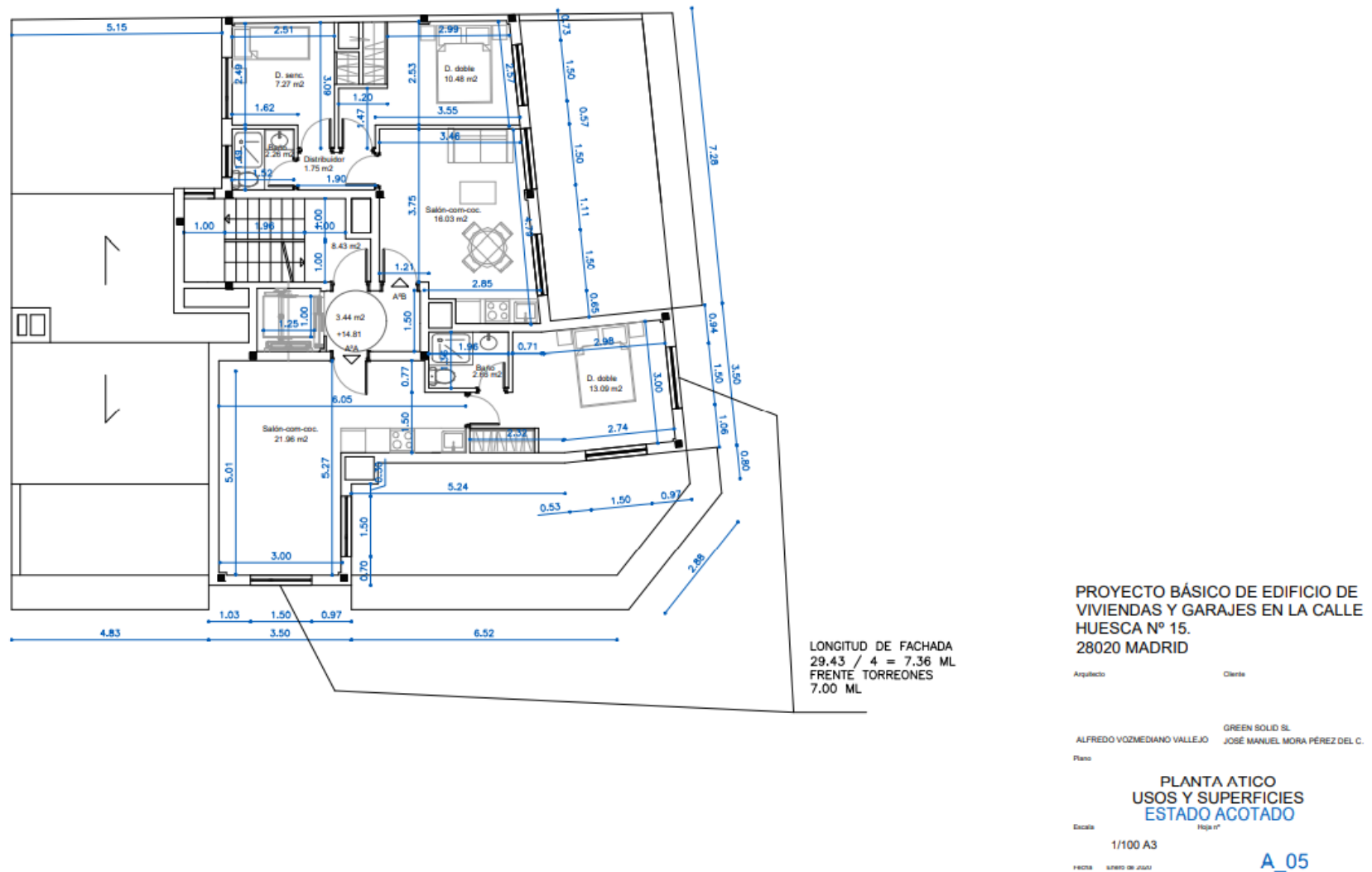
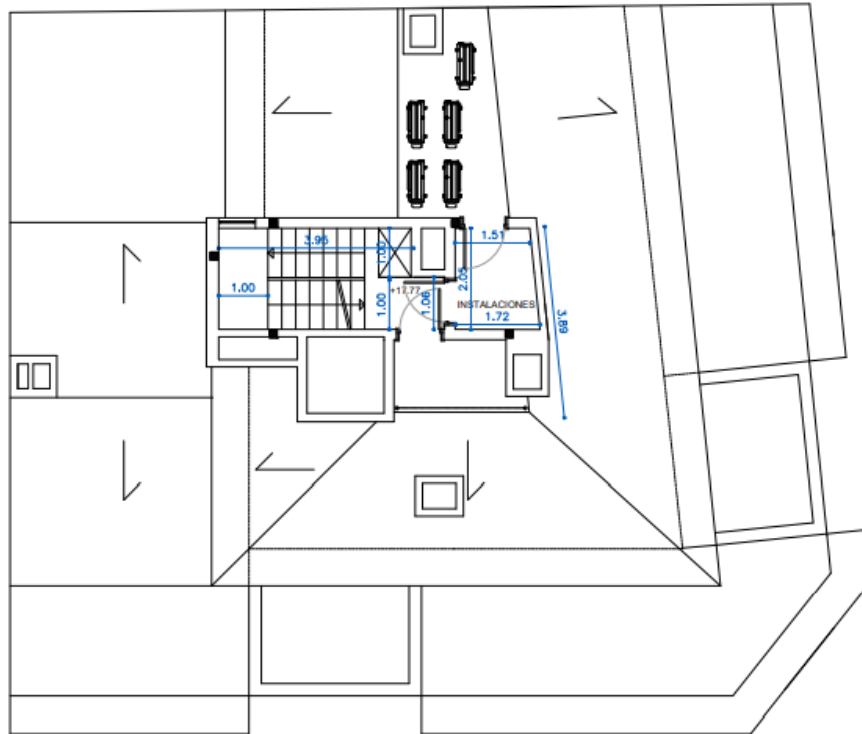


Ilustración 28. Imagen del plano de la planta ático. (Fuente: GREEN SOLID S.L)



PROYECTO BÁSICO DE EDIFICIO DE  
VIVIENDAS Y GARAJES EN LA CALLE  
HUESCA Nº 15.  
28020 MADRID

Arquitecto

Cliente

ALFREDO VOZMEDIANO VALLEJO

GREEN SOLID S.L.  
JOSÉ MANUEL MORA PÉREZ DEL C.

Plano

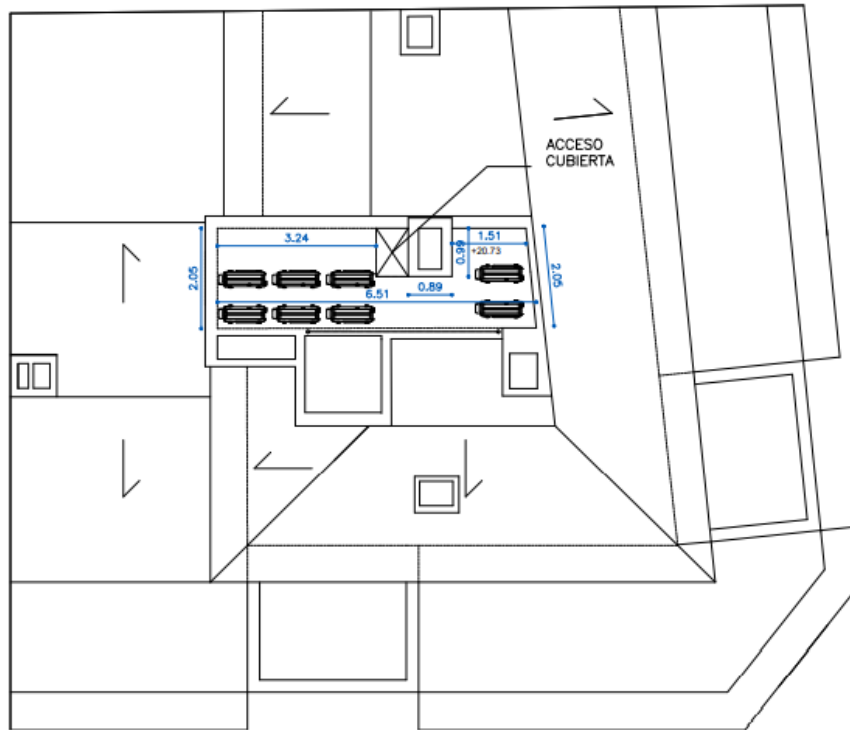
PLANTA BAJO CUBIERTA  
USOS Y SUPERFICIES  
ESTADO ACOTADO

Escala

Hoja nº

1/100 A3

*Ilustración 29. Imagen del plano de la planta bajo cubierta. (Fuente: GREEN SOLID S.L.)*



PROYECTO BÁSICO DE EDIFICIO DE  
VIVIENDAS Y GARAJES EN LA CALLE  
HUESCA Nº 15.  
28020 MADRID

Arquitecto

Cliente

ALFREDO VOZMEDIANO VALLEJO

GREEN SOLID SL  
JOSÉ MANUEL MORA PÉREZ DEL C.

Plano

PLANTA CUBIERTA  
ESTADO ACOTADO

Escala

Hoja nº

1/100 A3

Fecha Enero de 2020

A\_07

*Ilustración 30. Imagen del plano de la planta cubierta. (Fuente: GREEN SOLID S.L)*

Íñigo Rodríguez Armajach  
ANEXOS



PROYECTO BÁSICO DE EDIFICIO DE  
VIVIENDAS Y GARAJES EN LA CALLE  
HUESCA Nº 15.  
28020 MADRID

Arquitecto

Cliente

Plano

GREEN SOLID SL.  
ALFREDO VOZMEDIANO VALLEJO JOSÉ MANUEL MORA PÉREZ DEL C.

ALZADO A CALLE LÉRIDA

Escala

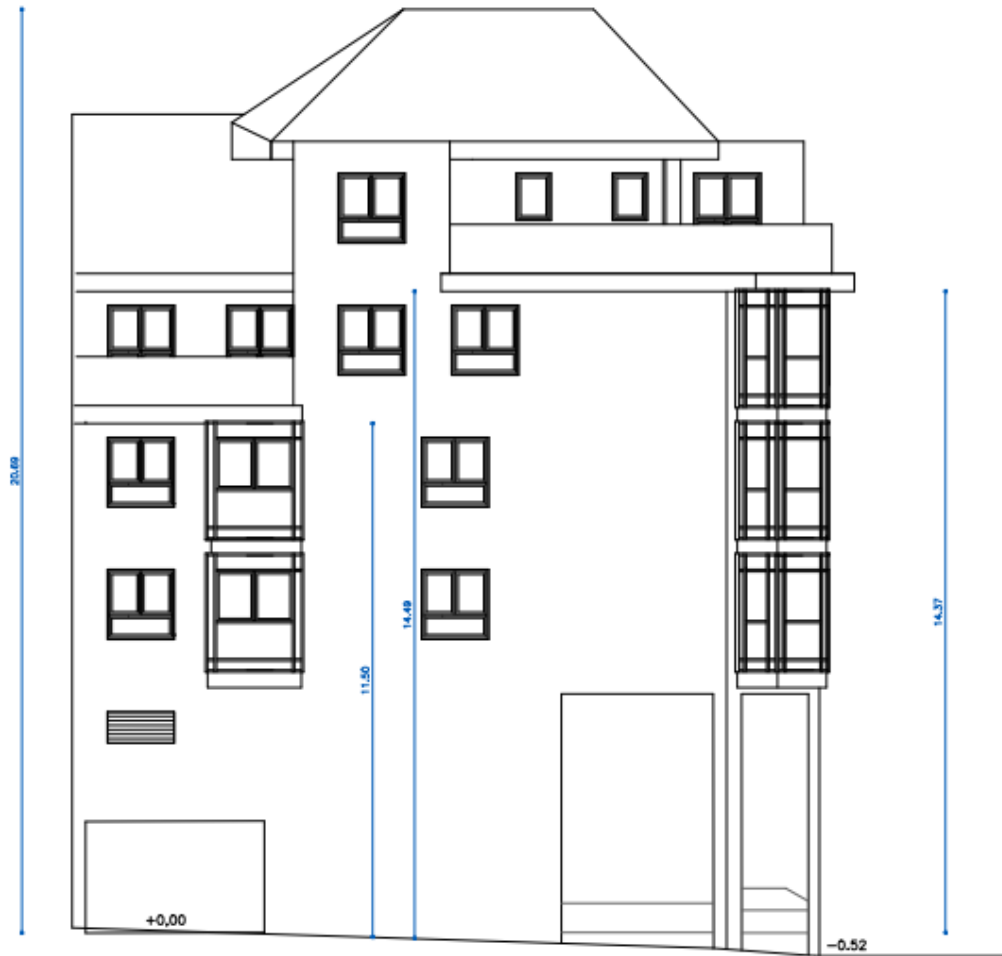
1/100 A3

Hoja nº

Fecha Enero de 2020

A 08

*Ilustración 31. Imagen del alzado a calle Lérica. (Fuente: GREEN SOLID S.L.)*



PROYECTO BÁSICO DE EDIFICIO DE  
VIVIENDAS Y GARAJES EN LA CALLE  
HUESCA Nº 15.  
28020 MADRID

Arquitecto

Cliente

GREEN SOLID SL  
ALFREDO VOZMEDIANO VALLEJO JOSÉ MANUEL MORA PÉREZ DEL C.

Plano

ALZADO A CALLE HUESCA

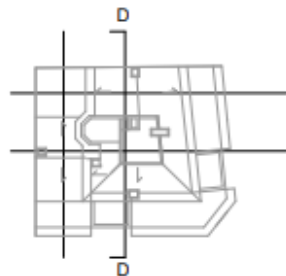
Escala

1/100 A3

Hoja nº

A\_09

*Ilustración 32. Imagen del alzado a calle Huesca. (Fuente: GREEN SOLID S.L)*



PROYECTO BÁSICO DE EDIFICIO DE VIVIENDAS Y GARAJES EN LA CALLE HUESCA Nº 15. 28020 MADRID

Arquitecto: Cliente:

GREEN SOLID S.L.  
ALFREDO VIZCARRA VALLEJO JOSÉ MANUEL MORA PÉREZ DEL C.

Plano:

SECCION D-D

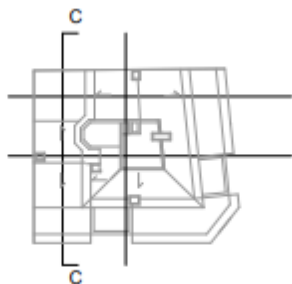
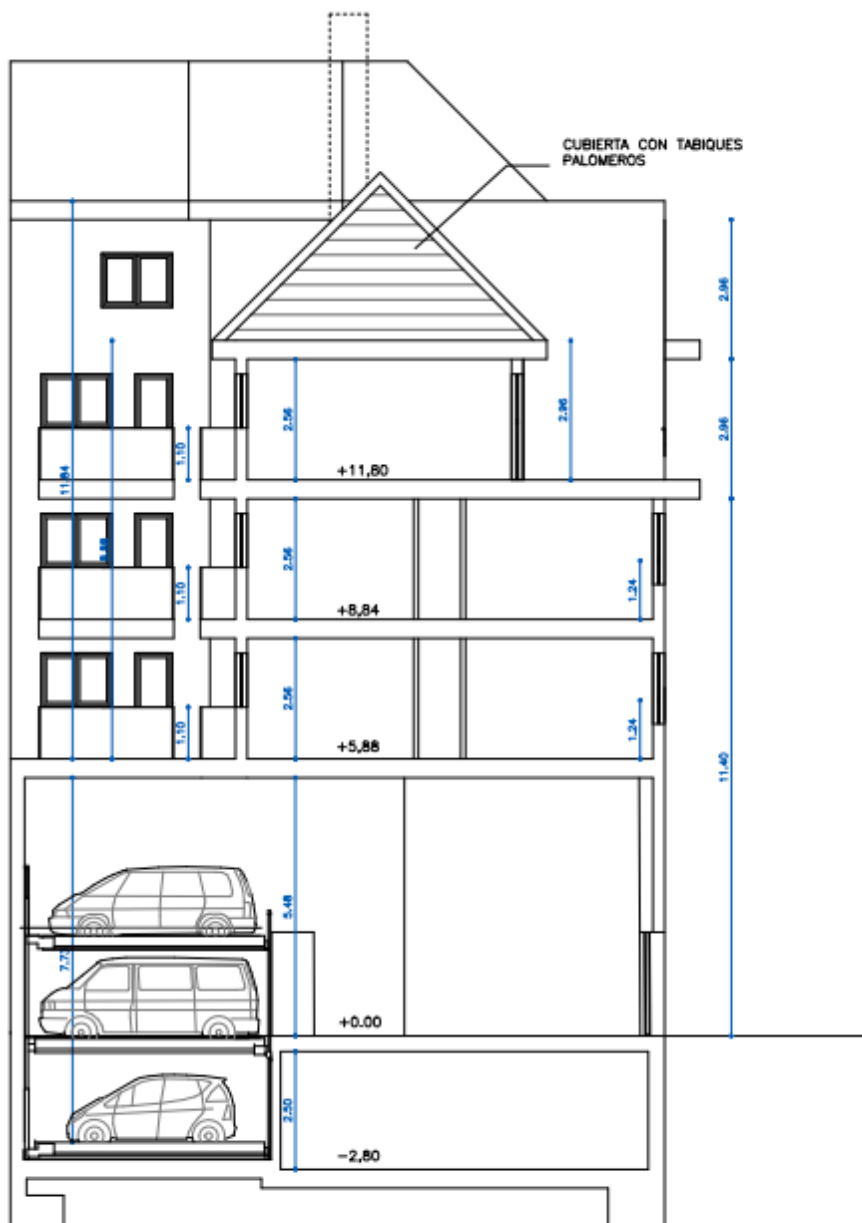
Escala: Hoja nº

1/100 A3

Fecha: Enero de 2020

A 10

Ilustración 33. Imagen de la sección D-D. (Fuente: GREEN SOLID S.L)



PROYECTO BÁSICO DE EDIFICIO DE  
VIVIENDAS Y GARAJES EN LA CALLE  
HUESCA Nº 15.  
28020 MADRID

Arquitecto

Cliente

GREEN SOLID S.L.  
ALFREDO VOZMEDIANO VALLEJO JOSÉ MANUEL MORA PÉREZ DEL C.

Plano

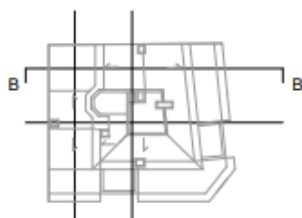
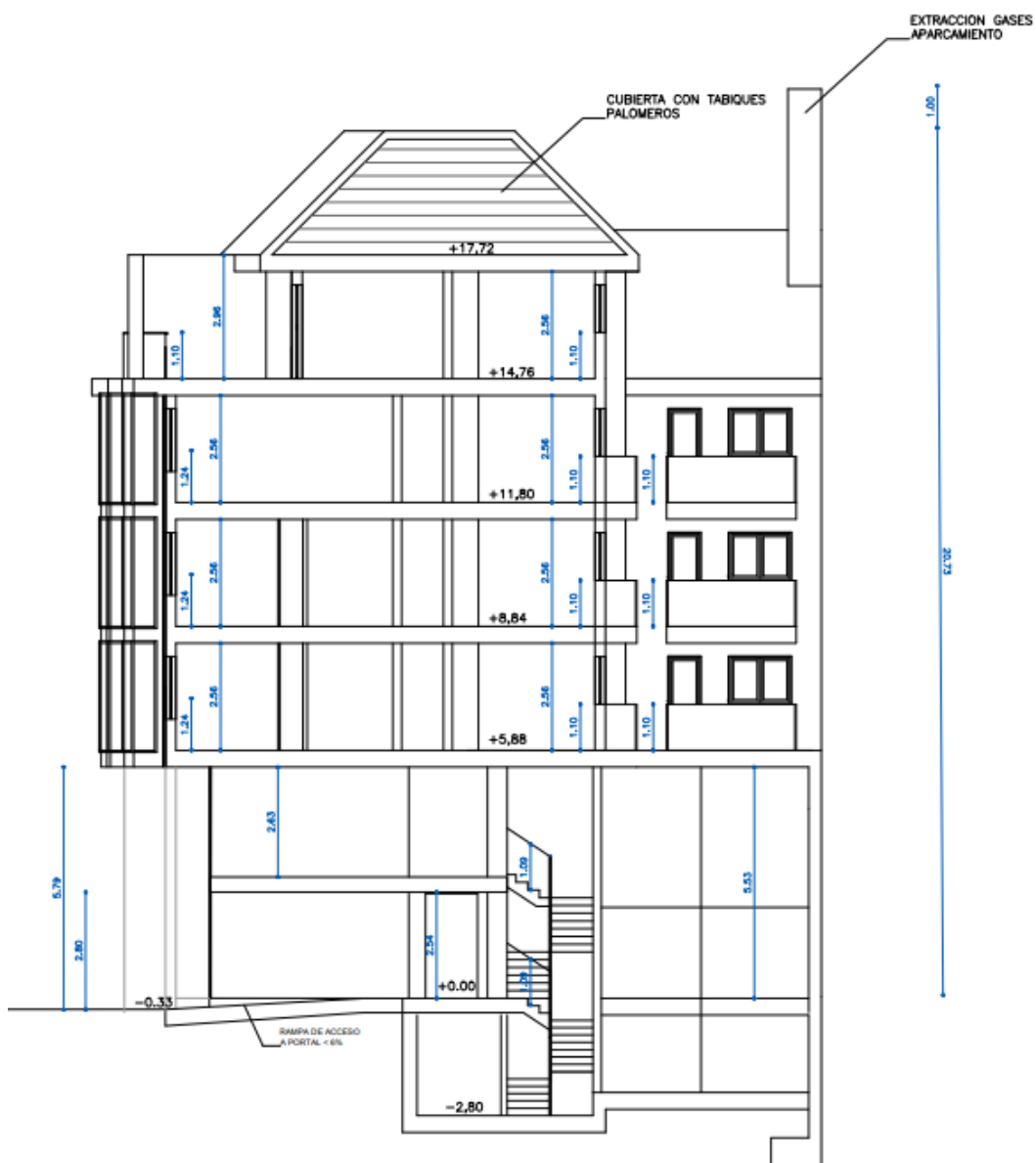
SECCION C-C

Escala

Hoja nº

1/100 A3

Ilustración 34. Imagen de la sección C-C. (Fuente: GREEN SOLID S.L)



PROYECTO BÁSICO DE EDIFICIO DE  
VIVIENDAS Y GARAJES EN LA CALLE  
HUESCA Nº 15.  
28020 MADRID

Arquitecto: Oficina:  
GREEN SOLID S.L.  
ALFREDO VOZMEDIANO VALLEJO JOSÉ MANUEL MORA PÉREZ DEL C.  
Plano:

SECCION B-B

*Ilustración 35. Imagen de la sección B-B. (Fuente: GREEN SOLID S.L)*



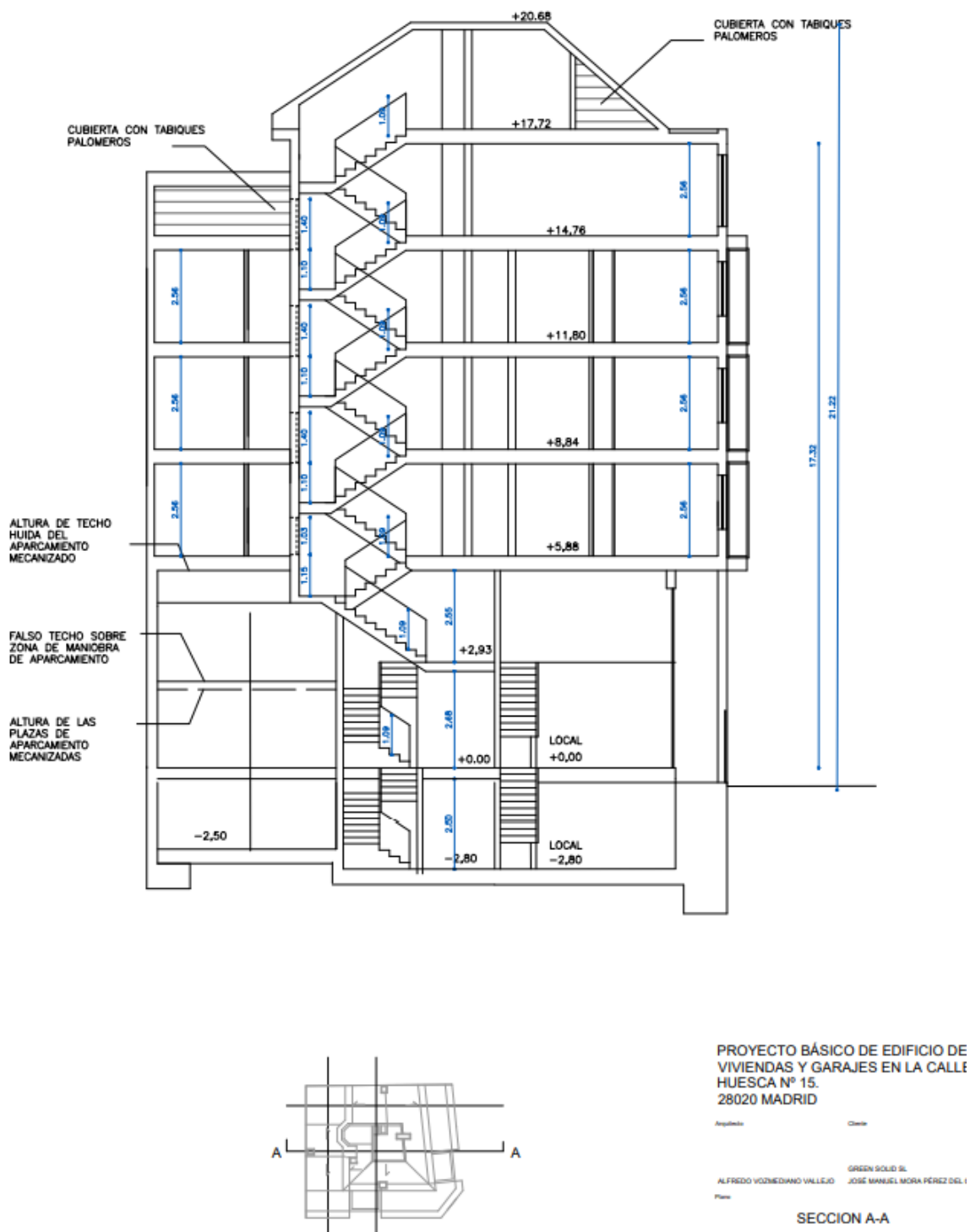
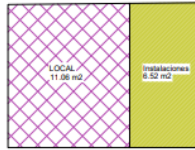


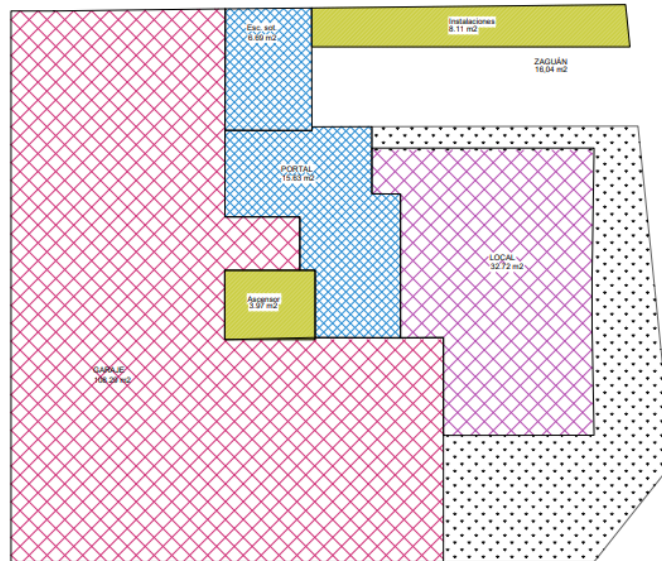
Ilustración 36. Imagen de la sección A-A. (Fuente: GREEN SOLID S.L)

Íñigo Rodríguez Armajach  
ANEXOS

ENTREPLANTA

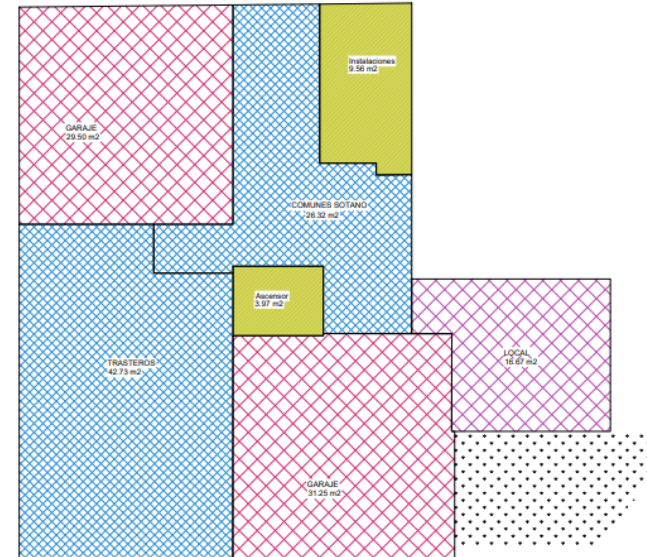


	LOCAL	INSTALACIONES	TOTAL
SUPERFIE COMPUTABLE	11.06 m²		11.06 m²
SUPERFIE NO COMPUTABLE		6.52 m²	6.52 m²
SUPERFIE CONSTRUIDA	11.06 m²	6.52 m²	17.58 m²



	LOCAL	APARCAMIENTO	COMUNES	INSTALACIONES	TOTAL
SUPERFIE COMPUTABLE	33.14 m²		15.63 m²		48.77 m²
SUPERFIE NO COMPUTABLE	0.00 m²	108.29 m²	8.69 m²	12.08 m²	127.06 m²
SUPERFIE CONSTRUIDA	33.14 m²	108.29 m²	22.32 m²	12.08 m²	175.83 m²

PLANTA BAJA



	LOCAL	APARCAMIENTO	COMUNES	INSTALACIONES	TOTAL
SUPERFIE COMPUTABLE	16.67 m²				16.67 m²
SUPERFIE NO COMPUTABLE		60.75 m²	42.73 m²	13.53 m²	143.33 m²
SUPERFIE CONSTRUIDA	16.67 m²	60.75 m²	42.73 m²	13.53 m²	160.00 m²

PLANTA SOTANO

PROYECTO BÁSICO DE EDIFICIO DE VIVIENDAS Y GARAJES EN LA CALLE HUESCA Nº 15. 28020 MADRID

Arquitecto: Cliente:

GREEN SOLID SL.  
ALFREDO VOZMEDIANO VALLEJO JOSÉ MANUEL MORA PÉREZ DEL C.

Plano:

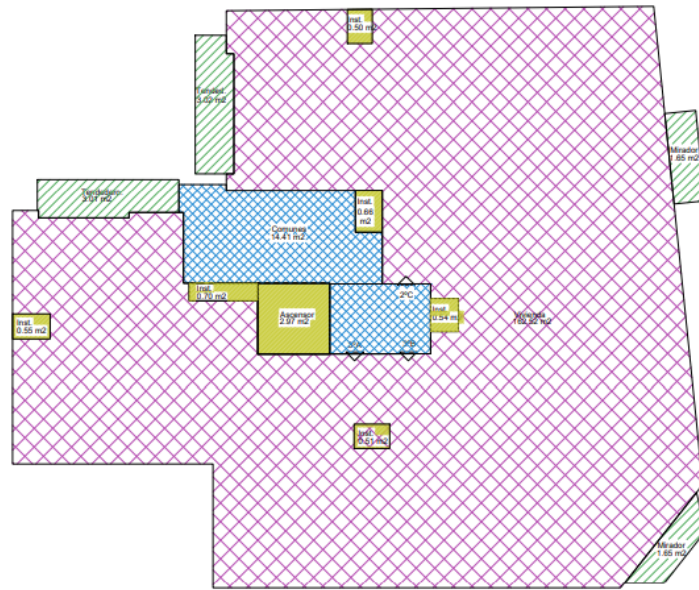
PLANTA BAJA ENTREPL. Y SOTANO SUP. Construidas

Escala: Hoja nº

1/100 A3

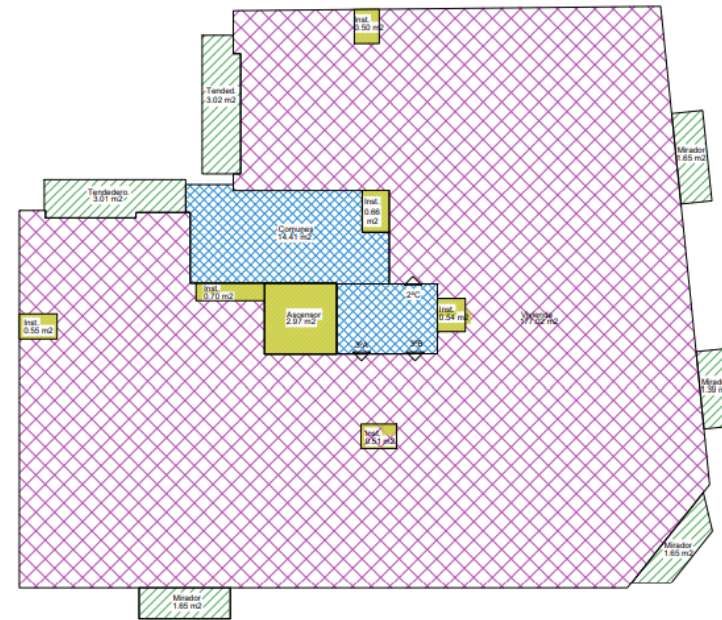
Ilustración 37. Imagen del plano de superficie construida de planta baja, entreplanta y sótano. (Fuente: GREEN SOLID S.L)

Íñigo Rodríguez Armajach  
ANEXOS



PLANTA 3ª

	VIVIENDA / LOCAL	COMUNES	INSTALACIONES	MIRAD. / TERRAZA	TOTAL
SUPERFIE COMPUTABLE	183.74 m <sup>2</sup>	14.02 m <sup>2</sup>			177.76 m <sup>2</sup>
SUPERFIE NO COMPUTABLE	0.00 m <sup>2</sup>		6.54 m <sup>2</sup>	9.33 m <sup>2</sup>	15.87 m <sup>2</sup>
SUPERFIE CONSTRUIDA	183.74 m <sup>2</sup>	14.02 m <sup>2</sup>	6.54 m <sup>2</sup>	9.33 m <sup>2</sup>	193.63 m <sup>2</sup>



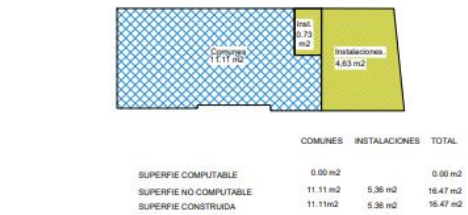
PLANTAS 1ª y 2ª

	VIVIENDA / LOCAL	COMUNES	INSTALACIONES	MIRAD. / TERRAZA	TOTAL
SUPERFIE COMPUTABLE	177.03 m <sup>2</sup>	14.41 m <sup>2</sup>			191.44 m <sup>2</sup>
SUPERFIE NO COMPUTABLE	0.00 m <sup>2</sup>		6.43 m <sup>2</sup>	12.37 m <sup>2</sup>	18.80 m <sup>2</sup>
SUPERFIE CONSTRUIDA	177.03 m <sup>2</sup>	14.41 m <sup>2</sup>	6.43 m <sup>2</sup>	12.37 m <sup>2</sup>	210.24 m <sup>2</sup>

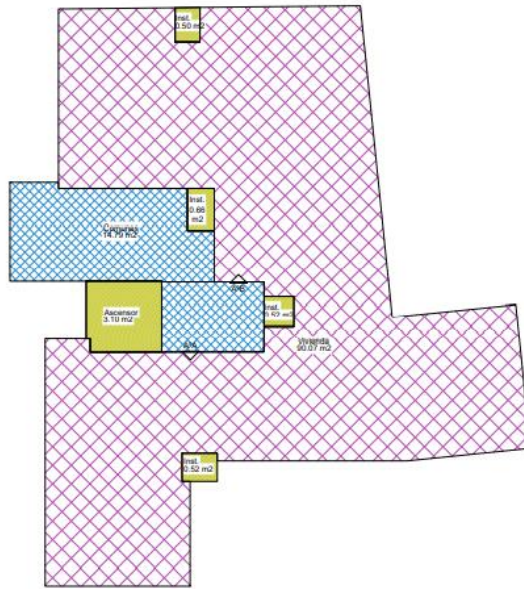
PROYECTO BÁSICO DE EDIFICIO DE  
VIVIENDAS Y GARAJES EN LA CALLE  
HUESCA Nº 15.  
28020 MADRID

Arquitecto: \_\_\_\_\_ Cliente: \_\_\_\_\_  
  
GREEN SOLID S.L.  
ALFREDO VOZMEDIANO VALLEJO  
C/PSF MANIFI, MIRADA P/FRF7 DPT. C.  
Plano:  
**PLANTAS 1ª 2ª y 3ª**  
SUP. Construidas.  
Escala: \_\_\_\_\_ Hoja nº:  
1/100 A3

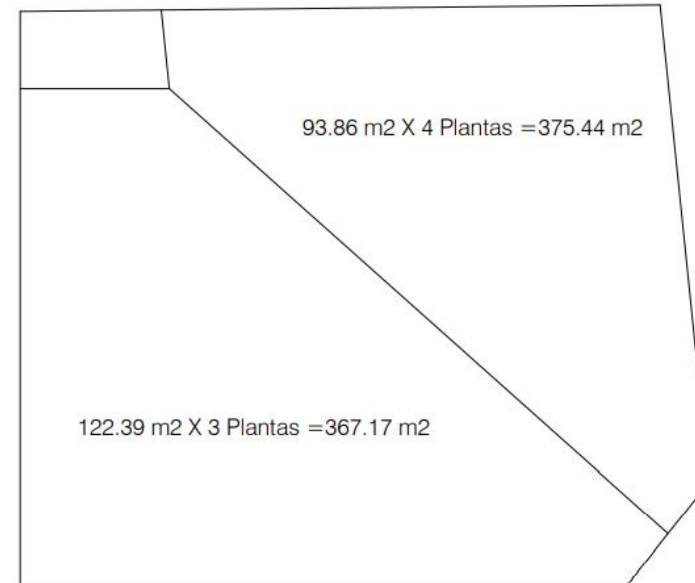
Ilustración 38. Imagen del plano de superficie construida de la primera, segunda y tercera planta. (Fuente: GREEN SOLID S.L)



PLANTA BAJO CUBIERTA



PLANTA ATICO



EDIFICABILIDAD MAXIMA 742.61 m<sup>2</sup>

PROYECTO BÁSICO DE EDIFICIO DE VIVIENDAS Y GARAJES EN LA CALLE HUESCA Nº 15. 28020 MADRID

Arquitecto: Cliente:

ALFREDO VOZMEDIANO VALLEJO GREEN SOLID S.L. JOSÉ MANUEL MORA PÉREZ DEL C.

Plano:

PLANTAS ATICO Y BAJO CUB. SUP. Constr. EDIFICABILIDADES

Escala:

1/100 A3

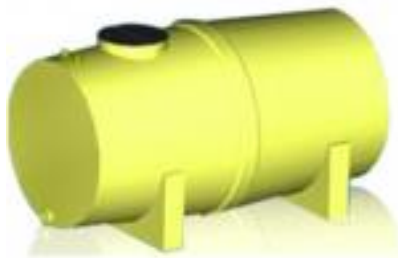
Ilustración 39. Imagen del plano de superficie construida de la planta ático y bajo cubierta. (Fuente: GREEN SOLID S.L)



## 11.2. ANEXO II: DATOS DETALLADOS DE LOS APARATOS

En este anexo, se incluirán las características de los aparatos que se han ido eligiendo a lo largo de todo el proyecto, en orden de aparición en este, y siempre que sea posible, se incluirá un enlace a los datos proporcionados por el fabricante. Hay aparatos de los que no se disponen datos, ya que han sido elegidos entre el autor del proyecto y el director. Esta serie de aparatos se han buscado en internet para poder completar información, pero ha sido imposible encontrarla.

- **Depósito auxiliar de alimentación de 4 m<sup>3</sup>**



*Ilustración 40. Depósito auxiliar de alimentación de 4000 litros. (Fuente: Aquaenergy)*

Material: Poliéster reforzado con Fibra de Vidrio.

Volumen: 4.000 litros.

Medidas: Diámetro: 1.500 mm y longitud: 2.750 mm.

Incluye: Tubuladuras DN50 mm, boca de hombre y venteo.

Alta resistencia química y mecánica.

Alta resistencia a la corrosión.

Alta resistencia a la intemperie.

<https://aquaenergy.es/producto/deposito-horizonta-4000-litros/>

- **Bomba Sulzer AS 0631 D**



*Ilustración 41. Bomba Sulzer AS 0631 D. (Fuente: Sulzer)*

Fabricante: SULZER-SPIRL

Término principal: Motor trifásico

Frecuencia, número de polos: 50 Hz- de 2 polos

Motor: S17/2D 50 Hz (1.7 kW)

Grado de protección: IP 68

Caudal: 2,149 l/s

Altura de impulsión: 15,27 metros

Rendimiento hidráulico: 25,2%

Potencia en el eje: 0,9445 kW

Velocidad: 2895 min<sup>-1</sup>

Coste energéticos: 1729,25 €/año

Tipo de impulsor: Impulsor Vortex

Tensión: 400V

Salida de descarga: DN65

[https://www.sulzer.com/-/media/files/products/pumps/submersible-pumps/product-information/submersible-light-and-medium-duty-pumps/submersible-wastewater-pump-type-abs-as/technical-data-sheets/as\\_tds.ashx?la=es-es](https://www.sulzer.com/-/media/files/products/pumps/submersible-pumps/product-information/submersible-light-and-medium-duty-pumps/submersible-wastewater-pump-type-abs-as/technical-data-sheets/as_tds.ashx?la=es-es)

- **Tubería de PPR multicapa con FV. Faser**



*Ilustración 42. Tubería de PPR multicapa. (Fuente: Fittingstandar)*

Vida útil de 50 años bajo una presión de 25 atm a 20°C.

Conveniente que se emplee entre -20°C y +95°C.

Para su aislamiento debe tomarse como referencia el punto de congelación del fluido a contener.

Muy resistente a la calcificación y a la corrosión, está libre de óxido.

No cambia el color, sabor y olor del agua.

Tiene superficies internas lisas y brillantes.

No reduce el diámetro en los puntos de soldadura.

Elevado rendimiento de soldadura.

Proporciona un ahorro del 70% en el montaje, sin pérdidas de material.

Mantiene el aislamiento térmico y acústico.

Muy resistente al fuego (Ref: DIN 19560 Y DIN 4102).

Respetuoso con el medio ambiente.

[http://www.fittingstandar.com/downloads/productos\\_catalogos/35/tuberia-y-accesorios-ppr-21.0.pdf](http://www.fittingstandar.com/downloads/productos_catalogos/35/tuberia-y-accesorios-ppr-21.0.pdf)

- **Válvulas de presión RS**



*Ilustración 43. Válvula de presión RS. (Fuente: RS Online)*

Tipo de Accesorio: Roscado

Presión de funcionamiento máxima: 14 bar

Material del cuerpo: Latón

Material de la bola: Latón chapado en cromo

Actuador incluido: Sí

Material del sello : PTFE

Tamaño de la rosca: 3/8plg

Temperatura de funcionamiento: -10 °C (+15 °F) / +100 °C (+210 °F)

Presión de funcionamiento: PN14 (200 PSI) hasta 2'', presión de funcionamiento en frío sin choques

Roscas: roscas paralelas EN 10226-1, ISO 228

Puerto: completo

Opciones de conexión: FxF, BSPP, BSPT

Configuración del vástago: vástago de latón chapado en níquel a prueba de fundido, con prensaestopas ajustable de PTFE puro y arandela para un par más bajo y un mantenimiento sencillo.

Asientos de bola: auto lubricantes de PTFE puro reforzado con fibra de vidrio y diseño de labio flexible

Cuerpo: puerto completo conforme a DIN 3357 para caudal máximo

[https://es.rs-online.com/web/p/valvulas-de-bola-de-proceso/8125172/?cm\\_mmc=ES-PLA-DS3A-\\_-google-\\_-PLA ES ES Tuber%C3%ADas y Canalizaciones Whoop-\\_- \(ES: Whoop!\)+V%C3%A1lvulas+de+Bola+de+Proceso-\\_-8125172&matchtype=&pla-529873713512&gclid=Cj0KCQjwvr6EBhDOARIsAPpqUPGmXf93Pnu3xoWf0RKBG QhclboE6ALiH8d7H89P7imuuUxa SM DmEaAiWdEALw wcB&gclsrc=aw.ds](https://es.rs-online.com/web/p/valvulas-de-bola-de-proceso/8125172/?cm_mmc=ES-PLA-DS3A-_-google-_-PLA ES ES Tuber%C3%ADas y Canalizaciones Whoop-_- (ES: Whoop!)+V%C3%A1lvulas+de+Bola+de+Proceso-_-8125172&matchtype=&pla-529873713512&gclid=Cj0KCQjwvr6EBhDOARIsAPpqUPGmXf93Pnu3xoWf0RKBG QhclboE6ALiH8d7H89P7imuuUxa SM DmEaAiWdEALw wcB&gclsrc=aw.ds)



- **Depósito vertical de 10000 litros**



*Ilustración 44. Depósito vertical de 10m<sup>3</sup>. (Fuente: Aquaenergy)*

Volumen: 10.000 litros.

Medidas: Diámetro: 2.460 mm y altura total: 2.420 mm.

Alta resistencia química y mecánica.

Alta resistencia a la corrosión.

Alta resistencia a la intemperie.

Fabricados en polietileno lineal aditivado para radiación ultravioleta (anti UV) de calidad alimentaria.

Disponen de Registro Sanitario.

Color Estándar natural translúcido. Posibilidad de fabricación en color negro (para otros colores, consultar).

Dispone de tapa roscada en su parte superior.

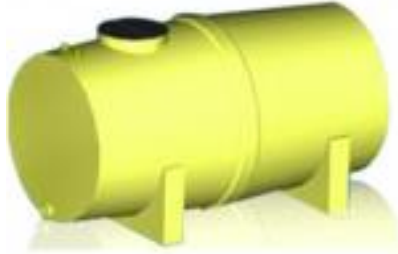
Incluye indicadores de nivel de líquido.

Compatibilidad con muchos productos químicos (Consultar tabla de compatibilidades)

Zona superior reforzada mediante nervio. Gran rigidez para el montaje de agitadores y bombas dosificadoras.

<https://aquaenergy.es/producto/deposito-botellon-10000-litros/>

- **Depósito horizontal de 6000 litros**



*Ilustración 45. Depósito horizontal de 6m<sup>3</sup>. (Fuente: Aquaenergy)*

Material: Poliéster reforzado con fibra de vidrio.

Volumen: 6.000 litros.

Medidas: Diámetro: 1.725 mm y longitud: 3.000 mm.

Incluye: Tubuladuras DN50 mm, boca de hombre y venteo.

Alta resistencia química y mecánica.

Alta resistencia a la corrosión.

Alta resistencia a la intemperie.

<https://aquaenergy.es/producto/deposito-horizontal-6000-litros/>

- **Depósito GRG de 1m<sup>3</sup>**



*Ilustración 46. Depósito GRG de 1m<sup>3</sup>. (Fuente: Manomano)*

Depósito GRG de 1000 litros con palet híbrido (metal y plástico) y calidad alimentaria (no homologación ADR).

Medidas: Alto 1170 mm., base 1000 x 1200 mm.

Válvula intercambiable de salida de 50 mm. (2") y orificio de llenado de 150 mm.

<https://www.manomano.es/p/contenedor-deposito-1000-litros-palet-hibrido-11134165#description>

- **Sensor de electromagnético de nivel de agua**



*Ilustración 47. Sensor electromagnético de nivel de agua. (Fuente: Manomano)*

Material: acero inoxidable 304.

Impermeable: sí.

Longitud: 6m.

Se puede conectar directamente con PLC / DCS, instrumento de visualización y el ordenador, la transmisión de señales a distancia también puede llevarse a cabo.

5-núcleo de aire de conducción de cable blindado, IP68, circuito de aislamiento a prueba de agua completamente y anti-interferencia.

Fijación de acero inoxidable tuerca, alta dureza, resistencia a la caída y resistencia a la compresión.

Circuito totalmente cerrado, con la humedad, la condensación, anti-fugas.

[https://www.manomano.es/catalogue/p/los-0-6m-entrante-4-20-ma-sumergible-liquido-desde-el-nivel-del-agua-del-detector-transductor-de-sonda-23865217?model\\_id=23846109](https://www.manomano.es/catalogue/p/los-0-6m-entrante-4-20-ma-sumergible-liquido-desde-el-nivel-del-agua-del-detector-transductor-de-sonda-23865217?model_id=23846109)

- **Sensor de funcionamiento mecánico**



*Ilustración 48. Sensor de funcionamiento mecánico. (Fuente: Manomano)*

Dimensiones: 80 x 159 x 43 mm.

Material: Metal / Plástico.

Clase de protección: IP 68.

Voltaje de entrada: 230-250VCA ~50Hz.

On / Off (flotador): Angulo +/- 50°.

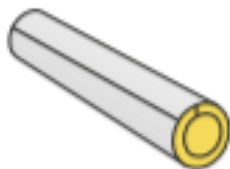
Longitud del cable: 5 m.

Rango de temperatura: 0-50°C.

Extras/Características: Potencia máx. de ruptura 16 A, sección transversal del cable 3 x 0,5 mm<sup>2</sup>.

<https://www.manomano.es/p/interruptor-de-flotador-de-pvc-interruptor-de-cambio-regulador-de-nivel-cable-5m-250v-16a-1811014>

- **Lana de vidrio ISOVER**



*Ilustración 49. Lana de vidrio ISOVER. (Fuente: ISOVER)*

Elementos moldeados de lana de vidrio con forma cilíndrica y estructura concéntrica. Llevan practicada una abertura en su generatriz para permitir su colocación sobre la tubería y están provistas de un recubrimiento de aluminio reforzado con una lengüeta autoadhesiva que permite el fácil cierre.

- **Bomba Sulzer AS 0530 D**



*Ilustración 50. Bomba Sulzer AS 0530 D. (Fuente: SULZER)*

Fabricante: SULZER-SPIRL.

Término principal: Motor trifásico.

Frecuencia, número de polos: 50 Hz- de 2 polos.

Motor: S17/2D 50 Hz (1.7 kW).

Grado de protección: IP 68.

Caudal: 0,9976 l/s.

Altura de impulsión: 14,5 metros.

Rendimiento hidráulico: 11,9%.

Potencia en el eje: 1,023 kW.

Velocidad: 2887 min<sup>-1</sup>.

Coste energéticos: 1848,31 €/año.

Tipo de impulsor: rodete Vortex.

Tensión: 400V.

Salida de descarga: DN50.

[https://www.sulzer.com/-/media/files/products/pumps/submersible-pumps/product-information/submersible-light-and-medium-duty-pumps/submersible-wastewater-pump-type-abs-as/technical-data-sheets/as\\_tds.ashx?la=es-es](https://www.sulzer.com/-/media/files/products/pumps/submersible-pumps/product-information/submersible-light-and-medium-duty-pumps/submersible-wastewater-pump-type-abs-as/technical-data-sheets/as_tds.ashx?la=es-es)

- **Tubería de PVC**



*Ilustración 51. Tubería de PVC. (Fuente: Bricomart)*

Diámetro exterior (en mm): 50.

Longitud del tubo (en m): 25.

Tipo de conector: Encolado.

Tipo de tubería: Hidrotubo.

Diámetro (en mm): 50.

Presentación: Rollo.

- **Hydrobox Duo ERST17D-VM2D**



*Ilustración 52. Hydrobox Duo ERST17D-VM2D*

Características e información técnica ya comentadas a lo largo del proyecto.

<https://www.mitsubishielectric.es/aire-acondicionado/series/con-tanque-de-ac/>

- Unidades exteriores SUZ-SWM60VA y SUZ-SWM40VA



*Ilustración 53. Unidades exteriores SUZ-SWM60VA y SUZ-SWM40VA. (Fuente: Mitsubishi Electric)*

MODELO		SUZ-SWM40VA	SUZ-SWM60VA
Dimensiones	Al. x An. X Fo.	mm	880 x 840 x 330
	Peso neto	kg	54
Tuberías frigoríficas	Ø Líquido / Gas	mm	6,35 (¼") / 12,7 (½")
	L. máx / Altura máx.	m	30 / 30
Nivel sonoro	SPL (Calor/Frío)	dB	44 / 49
	PWL (Calor)	dB	58
Gas refrigerante R32 (GWP 675)	Precarga (kg / m / t CO2 Eq.)		1,2 / 10 / 0,81
	Carga máx (kg / m / t CO2 Eq.)		1,6 / 30 / 1,08
Rango de funcionamiento	Calor	°C	-20 — +24
	ACS	°C	-20 — +35
	Frío	°C	+10 — +46
Salida de agua	máx calor / mín frío	°C	+60 / +5

*Ilustración 54. Especificaciones unidades exteriores. (Fuente: Mitsubishi Electric)*

- Receptor inalámbrico ECODAN PAR-WT51R-E



*Ilustración 55. ECODAN PAR-WT51R-E. (Fuente: Mitsubishi Electric)*

- Control remoto inalámbrico ECODAN PAR-WT50R-E



*Ilustración 56. ECODAN PAR-WT50R-E. (Fuente: Mitsubishi Electric)*

### 11.3. ANEXO III: OTROS DATOS DE INTERÉS

- **Artículos 11 y 12 de la ordenanza de gestión y uso eficiente del agua en la ciudad de Madrid**

#### *Artículo 11. Instalación de elementos de fontanería para reducción de consumos en nuevas edificaciones*

1. Para todo inmueble de nueva construcción, cualquiera que sea su uso, será obligatoria la instalación de sistemas de fontanería economizadores de agua o de reducción de caudal en grifos, duchas y cisternas.

2. Los grifos habrán de estar equipados con dispositivos economizadores de agua de modo que, para una presión de 2,5 kg/cm<sup>2</sup>, el caudal máximo suministrado sea de 6 litros / minuto. En ningún caso el caudal aportado por los grifos podrá ser superior a 10 litros / minuto.

3. Las duchas incluirán obligatoriamente economizadores de chorro o similares y un sistema de reducción de caudal de modo que, para una presión de 2,5 kg/cm<sup>2</sup>, el caudal máximo suministrado sea de 10 litros/minuto.

4. En los inodoros, el mecanismo de accionamiento de la descarga de las cisternas será tal que permita consumir un volumen máximo de 6 litros por descarga y dispondrá de un dispositivo de interrupción de la misma o de un sistema doble de pulsación.

#### *Artículo 12. Dispositivos de eficiencia en otras edificaciones*

1. En los edificios de oficinas, hoteles y otros edificios de uso público será obligatoria la instalación de temporizadores en los grifos o bien de griferías electrónicas en las que la apertura y cierre se realiza mediante sensores de presencia que permitan limitar el volumen de descarga a un litro.

2. Las duchas de estos edificios deberán disponer de griferías termostáticas de funcionamiento temporizado. Los inodoros deberán estar dotados de grifería de tiempo de descarga temporizado de tipo fluxor o similar y los urinarios de grifería automática con accionamiento a través de sensor de presencia. En todos los casos se ajustarán los volúmenes de descarga a valores mínimos, pero garantizando siempre el correcto funcionamiento.

3. En los nuevos inmuebles esta medida tendrá carácter obligatorio y, en los ya existentes, se establece un plazo máximo de un año para el inicio de las adaptaciones.

***Fuente: Ayuntamiento de Madrid.***



## 11.4. ANEXO IV: ALIENACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

A parte de los objetivos específicos que se establecieron al principio del proyecto y que se han tratado de desarrollar a lo largo de todo este trabajo, siempre se ha tratado de alinear al máximo posible el proyecto con algunos de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Se trata de 17 objetivos impulsados por las Naciones Unidas, que persiguen tres cosas: acabar con la pobreza extrema, luchar contra la desigualdad y combatir el cambio climático. Cada uno de los diferentes objetivos tiene distintas metas, las cuales se pretenden alcanzar en el año 2030. En la siguiente ilustración, se muestran dichos objetivos.



*Ilustración 57. Objetivos de Desarrollo Sostenible (Fuente: Corresponsables)*

Aunque se trata de un pequeño proyecto, lejos de tener repercusión en niveles superiores, la responsabilidad de contribuir a hacer un mundo mejor es de cada ser humano y, por tanto, toda persona debe aportar su granito de arena. A continuación, se expondrán los objetivos con los que se ha pretendido alinear este proyecto y la aportación que se hace a cada uno de ellos.

- **OBJETIVO 6: Agua limpia y saneamiento.**

Ante la creciente escasez de agua en el mundo, debido al aumento de las temperaturas, con este objetivo se pretende reducir el número de personas que no tienen acceso al agua potable o saneamiento. Dado que en este proyecto se han diseñado las instalaciones de agua fría y agua caliente de un edificio, ha sido necesario tener en cuenta que se debe hacer un consumo responsable de dicha agua. Además, se ha diseñado la instalación de un aljibe, que recoge el agua de lluvia para utilizarla en las cisternas de los inodoros. De esta forma, se utiliza un agua al que por lo general no se le da ningún uso, pero que, si todo el mundo la utilizase para este tipo de cosas, se conseguiría disminuir el derroche de agua potable. En cuanto al diseño de las instalaciones, se ha pretendido que este fuera minucioso, de manera que la eficiencia de estas fuera óptima.

- **OBJETIVO 7: Energía asequible y no contaminante.**

Para reducir el uso de combustibles fósiles que generan cambios drásticos en el clima, es necesario utilizar fuentes de energía limpia. Este objetivo pretende dar acceso a todo el mundo a una energía sostenible, segura y moderna. La mayor aportación de este proyecto se realiza a este objetivo, al implantarse la aerotermia como fuente de energía, para la producción de ACS, la calefacción y climatización de las estancias. El CTE, Código Técnico de Edificación y la Unión Europea, califican la aerotermia como energía sostenible y renovable. Esta fuente de energía, deja de lado las combustiones en las que se emiten gases de efecto invernaderos y en la que se usan dichos combustibles fósiles.

La aerotermia consigue aumentar enormemente la eficiencia en la producción de ACS y calefacción, comprometiéndose así con el medio ambiente. Los rendimientos de estos equipos consiguen multiplicarse por siete en relación a otras fuentes de energía como las calderas de gas. Por otro lado, se trata de una energía asequible, ya que solo se paga por el 25% de la energía que se produce, correspondiente al suministro eléctrico. Aunque la inversión es de un importe elevado, gracias al ahorro que supone la aerotermia, se recupera en 4 años.

- **OBJETIVO 9: Industria, innovación e infraestructura.**

La inversión en infraestructura y la innovación, son motores fundamentales del crecimiento y desarrollo económico. Con este objetivo, se pretende promover nuevas tecnologías, facilitar el comercio internacional y permitir el uso eficiente de los recursos. Este objetivo tiene más sentido en niveles superiores, donde se pueda contribuir de una manera más amplia y latente. A pesar de esto, en este proyecto se apuesta por la innovación al utilizar la aerotermia e instalar suelo radiante-refrescante, algo no tan común hoy en día, pero que poco a poco se va viendo más en los hogares.

Al realizarse las instalaciones sobre un edificio totalmente nuevo, se ha procurado estar en consonancia con las tecnologías del momento y se ha apostado por ellas firmemente. Como se podía esperar, las instalaciones se han diseñado de forma que no queden obsoletas y sean persistentes, unido a la búsqueda del mínimo mantenimiento posible. Además, se ha incorporado la instalación de un aljibe para bombear el agua de lluvia a las cisternas de los inodoros, apostando por la innovación y la infraestructura. Este tipo de instalaciones cada vez se ven más, como en el aeropuerto de Sevilla y Málaga, en los que se ha instalado un aljibe para diferentes usos, entre ellos utilizar el agua de lluvia en las cisternas de los baños.

- **OBJETIVO 12: Producción y consumo responsables.**

Consiste en la necesidad de reducir la huella ecológica. Durante muchos años, la forma en la que se ha utilizado el medio ambiente y los recursos naturales ha dañado considerablemente el planeta, provocando entre otras cosas el cambio climático. Desde la Unión Europea, se hace un llamamiento a la población para gestionar los recursos de una manera más eficiente y responsable. En este proyecto, se ha pretendido asemejarse a las más novedosas industrias, e infraestructuras, que consiguen autoabastecerse, extrayendo energía a través de paneles fotovoltaicos, utilizando economía circular o aprovechando agua de lluvia. El futuro del planeta radica en este tipo de acciones que hacen que se reduzca en gran medida la contaminación y el gasto innecesario de recursos,

a los que se les puede dar otra vida, como es el caso del agua de lluvia. Este es otro de los ODS con el que mejor se alinea el proyecto. Dicha alineación, se hace principalmente gracias a dos de las decisiones tomadas a lo largo del trabajo.

Al utilizar la aerotermia como fuente de energía, tanto para la producción de ACS como para el funcionamiento del suelo radiante-refrescante, se colabora directamente con este objetivo, siendo obvia la producción y el consumo responsable. De este modo, se consigue disminuir el consumo eléctrico a un 25% de la energía generada, reduciendo así el gasto desmesurado en electricidad que se hace en las viviendas hoy en día. Solo por instalar suelo radiante en vez de radiadores se consigue un ahorro energético entre el 10 y 20%, pero al combinarlo con la aerotermia, este aumenta hasta un 65%.

Además, al instalar el aljibe se aprovechan 100 m<sup>3</sup> de agua de lluvia que de otra forma tendrían que ser aportados por el Canal de Isabel II, con el gasto que esto supone. De esta manera, no solo se consigue un ahorro en agua potable, sino que también el ahorro es económico. Se colabora así evitando un gasto innecesario como es el uso de agua potable en las cisternas. Aunque a priori parece un ahorro pequeño, para un edificio de viviendas, supone un avance en el aprovechamiento de los recursos naturales para la prosperidad del planeta. Este tipo de instalaciones podrían aprovecharse mejor en lugares con más precipitaciones como el norte de España, o en aquellos sitios donde se disponga de gran espacio para poder aumentar la capacidad del aljibe, y por tanto recoger más agua de lluvia. Como se ha comentado anteriormente, es obligación de cada uno producir y consumir de una manera responsable para así colaborar con el bien común. Con estas dos líneas de actuación, se ha pretendido aportar un pequeño granito de arena hacia el cambio.

- ***OBJETIVO 13: Acción por el clima.***

Por último, este objetivo de desarrollo sostenible, está directamente relacionado con la lucha para combatir cambio climático. Los principales precursores de este fenómeno, son los gases de efecto invernadero, como el CH<sub>4</sub> o el CO<sub>2</sub>. Las emisiones de este último, han crecido considerablemente en las últimas décadas, aunque las últimas iniciativas tomadas han conseguido que se reduzcan. Por lo tanto, desde el principio, uno de los objetivos primordiales de este proyecto, ha sido seguir las líneas de actuación marcadas por la Unión Europea, para reducir principalmente las emisiones de CO<sub>2</sub> y los GEI.

La principal aportación en este aspecto, es la instalación de suelo radiante, ya que al ser el sistema de calefacción que utiliza la temperatura de impulsión del agua más baja, se consiguen reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, al no tener que calentar el agua tanto.

Por otro parte, se deja lado el proceso de combustión para calentar el agua tanto para la producción de ACS como para la calefacción. No solo se consigue reducir las emisiones de dióxido de carbono, sino que también las de NO<sub>x</sub> o partículas que no se queman durante la combustión, siendo estos dos últimos causantes del agujero de la capa de ozono. El ciclo termodinámico que emplea la aerotermia para calentar el agua, explicado en apartado anteriores, no expulsa gases tóxicos perjudiciales para la salud o el medio ambiente.

Gracias a la utilización del gas refrigerante R32 en su ciclo termodinámico, se limita enormemente el daño a la atmósfera al reducir notablemente el Índice Potencial de Calentamiento Atmosférico. A su vez, la aerotermia cuenta con la clasificación energética

de A+++ en suelo radiante, A++ en radiadores y A+ en la producción de ACS, alcanzando los niveles más altos de la escala.

Queda por tanto claro, que la aerotermia combate el cambio climático, colaborando con la reducción de contaminación atmosférica.

En definitiva, tras haber analizado las alineaciones con los diferentes Objetivos de Desarrollo Sostenible, se puede comprobar como todas ellas siguen una misma línea enfocada en un desarrollo impulsado por las nuevas, no contaminante y sostenible del planeta y de la sociedad. Todas las medidas e iniciativas tomadas en este proyecto, han pretendido seguir dicha línea, aportando su granito de arena hacia un futuro mejor.