



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
GRADO EN FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

ESTUDIO SOBRE LA UNIFORMIDAD DE LA
RADIACIÓN DE LOS EMISORES DE CALOR
POR AGUA: REPERCUSIÓN EN SU
RENDIMIENTO ENERGÉTICO

*STUDY ON THE UNIFORMITY OF THE RADIATION IN HEAT
EMITTING DEVICES BY MEANS OF WATER: IMPACT ON
THEIR ENERGETIC PERFORMANCE*

AUTORA: INÉS FERNÁNDEZ MIELGO. TUTOR: JESÚS FEIJÓ MUÑOZ

6 DE JULIO DE 2018

RESUMEN

Dentro del marco de eficiencia energética en la arquitectura, este trabajo se centra en el mal funcionamiento de radiadores en sistemas de calefacción por agua caliente. Intentaremos comprobar si los radiadores funcionan como nosotros prevemos en proyecto.

La primera parte consiste en un estudio del estado del arte. Primero estudiamos las instalaciones de calefacción hasta llegar a la actualidad, donde la calefacción por radiadores es la más utilizada. Posteriormente analizamos los distintos tipos de radiadores comparando sus características y valorando sus ventajas e inconvenientes. En el segundo bloque se explica cómo aplicamos la termografía para detectar un mal funcionamiento de los radiadores y cómo recopilamos la información necesaria para elaborar una base de datos. Esto será la base para el tercer bloque: el análisis de la uniformidad en la disipación del calor en los radiadores documentados. Buscábamos una explicación a las anomalías y las condiciones que optimizaban el rendimiento de los radiadores, aumentando su eficiencia.

PALABRAS CLAVE

Radiadores, sistema de calefacción por agua caliente, patologías, mal funcionamiento, eficiencia energética.

ABSTRACT

Within the setting of energy efficiency in architecture, this paper focuses on the malfunctioning of radiators in the hot water heating systems. We will try to check whether radiators work as we foresee in our project that they will.

The first part consists of a study of the state of the art. First, we studied heating installations up until today, where heating with radiators is the most commonly used system. After that, we analyzed the different types of radiators to compare their characteristics and assess their advantages and disadvantages. In the second contents unit, we explain how we apply thermography to detect the malfunctioning of radiators and how we gather the information necessary to elaborate a data base. This was the base for the third contents unit: the analysis of the uniformity in the dissipation of the heat in the documented radiators. We searched for an explanation to the anomalies and for the conditions that optimized the performance of the radiator, increasing their efficiency.

KEYWORDS

Radiator, heating system by hot water, pathologies, malfunctioning, energy efficiency.

ÍNDICE. INDEX.

1.	Introducción. <i>Introduction.</i>	7
1.1.	Presentación del estudio. <i>Presentation of the study.</i>	9
1.2.	Objetivos. <i>Objectives.</i>	11
2.	Instalaciones de calefacción por agua caliente. <i>Hot water heating installations.</i>	13
2.1.	Antecedentes. <i>Antecedents.</i>	15
2.2.	Calefacción mediante radiadores de agua caliente. <i>Heating by means of hot water radiators.</i>	18
2.2.1.	Tipos de instalación según el trazado. <i>Types of installations according to the layout.</i>	20
2.2.2.	Tipos de instalación según la temperatura de funcionamiento. <i>Types of installations according to the operating temperature.</i>	22
2.2.3.	Conceptos base para el dimensionado de la instalación. <i>Base concepts for the dimensioning of the installation.</i>	24
2.2.3.1.	Transferencia de calor a través de la envolvente. <i>Heat transference through the envelope.</i>	25
2.2.3.2.	Carga térmica de los recintos. <i>Thermal load of rooms.</i>	27
2.2.4.	Dimensionado de instalación de calefacción con radiadores. <i>Dimensioning of a heating installation with radiators.</i>	28
2.2.4.1.	Dimensionado de instalación monotubo. <i>Dimensioning of a monotube installation.</i>	33
2.2.4.2.	Dimensionado de instalación bitubo. <i>Dimensioning of a bitube installation.</i>	35
2.3.	Radiadores para calefacción por agua caliente. <i>Radiators for hot water heating.</i>	37
2.3.1.	Radiadores de hierro fundido. <i>Molten iron radiators.</i>	38
2.3.2.	Radiadores de aluminio. <i>Aluminium radiators.</i>	39
2.3.3.	Radiadores de chapa de acero. <i>Steel plate radiators.</i>	40
2.3.4.	Otros tipos. <i>Other types.</i>	41
3.	Estudio del comportamiento de radiadores en instalaciones de calefacción por agua caliente. <i>Study of the behavior of radiators in hot water heating installations.</i>	43
3.1.	Origen y planteamiento del estudio. <i>Origin and proposal of the study.</i>	45
3.2.	Base técnica del estudio. <i>Technical base of the study.</i>	46
3.2.1.	La termografía en arquitectura. <i>Thermography in architecture.</i>	46
3.2.1.1.	Aplicación en detección de problemas constructivos. <i>Applications for detecting constructive problems.</i>	47
3.2.1.2.	Aplicación en inspección de instalaciones. <i>Applications for installations' audits.</i>	50
3.2.2.	Tecnología infrarroja aplicada al comportamiento de radiadores. <i>Infrared technology applied to the behavior of radiators.</i>	51

3.2.2.1. Hardware: cámara termográfica. <i>Hardware: thermographic camera.</i>	52
3.2.2.2. Software: Testo IRTSoft. <i>Software: Testo IRTSoft.</i>	57
3.3. Trabajo de campo. <i>Field work.</i>	60
3.3.1. Fase de ejecución. <i>Execution phase.</i>	60
3.3.2. Organización de los datos obtenidos. <i>Organization of the obtained data.</i>	63
4. Comparación y análisis de los resultados. <i>Comparison and analysis of the results.</i>	67
4.1. Análisis de las características de la instalación. <i>Analysis of the characteristics of the installation.</i>	74
4.1.1. Alta o baja temperatura. <i>High or low temperature.</i>	74
4.1.2. Temperatura ambiente y salto térmico. <i>Room temperature and thermal gap.</i>	78
4.1.3. Trazado monotubo o bitubo. <i>Monotube or bitube layout.</i>	82
4.2. Análisis de las patologías identificadas. <i>Analysis of the identified pathologies.</i>	84
4.2.1. Radiador frío por arriba. <i>Cold-top radiator.</i>	85
4.2.2. Radiador frío por abajo. <i>Cold-bottom radiator.</i>	87
4.2.3. Degradado diagonal de temperatura. <i>Diagonal temperature gradient.</i>	90
4.2.4. Degradado convexo de temperatura. <i>Convex temperature gradient.</i> ..	93
4.2.5. Concentración de calor en aberturas de las aletas. <i>Heat concentration in the openings of the plates.</i>	95
4.2.6. Elemento aislado diferente. <i>Isolated different element.</i>	97
4.2.7. Radiador sectorizado. <i>Sectorized radiator.</i>	98
4.2.8. Manchas de temperatura diferente. <i>Patches of different temperature.</i> ..	100
4.3. Análisis de las características del emisor. <i>Analysis of the characteristics of the emitting device.</i>	102
4.3.1. Dimensiones del radiador. <i>Radiator's measurements.</i>	102
4.3.2. Material. <i>Material.</i>	104
4.3.2.1. Chapa de acero. <i>Steel plate.</i>	104
4.3.2.2. Hierro fundido. <i>Molten iron.</i>	107
4.3.2.3. Aluminio. <i>Aluminium.</i>	111
5. Conclusiones. <i>Conclusions.</i>	117
6. Fuentes documentales. <i>Source documents.</i>	123
7. Bibliografía de imágenes. <i>Bibliography of images.</i>	127
8. Anexo I: Catálogo de fotografías termográficas originales del trabajo de campo. <i>Appendix I: Catalogue of original field work thermographic photographs.</i>	131
9. Anexo II: Tablas de recopilación de datos e identificación de patologías. <i>Appendix II: Tables with the data compilation and identification of pathologies.</i>	151

INTRODUCCIÓN.

INTRODUCTION.

1

1.1. PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO.

El tema de trabajo surge como una curiosidad que se plantea como objeto de investigación para la Beca del Consejo Social de Colaboración en Tareas de Investigación en Departamentos e Institutos L.O.U. de la Universidad de Valladolid.

De casualidad, se había detectado con la cámara termográfica que uno de los radiadores en el pasillo de despachos del Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Ingeniería del Terreno y Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de las Estructuras de la Escuela de Arquitectura de Valladolid no funcionaba de manera uniforme en toda su superficie. Jesús Feijó Muñoz, tutor de este Trabajo de Fin de Grado y coordinador de las investigaciones sobre instalaciones en la Escuela, me propuso investigar si esto se trataba de un caso aislado o si, por el contrario, era un comportamiento que se repetía en más radiadores.

En la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid, los alumnos obtenemos a lo largo de la carrera una amplia formación en diseño y cálculo de las instalaciones necesarias para el funcionamiento de un edificio. Una formación que, según he podido comprobar en intercambios, resulta en muchos casos superior a la obtenida en otras escuelas de España y de Europa, ya que se suele considerar más como un trabajo de ingeniería. Actualmente, se está investigando para hacer los edificios más eficientes y más energéticamente autosuficientes, en definitiva, más sostenibles y ecológicos. Buscamos el menor consumo energético posible junto con la menor pérdida energética posible, manteniendo las condiciones de confort según el uso que se le dé al edificio. De esta forma, y centrándonos ahora en el objeto de estudio de este trabajo, que son las instalaciones de calefacción, como arquitectos las diseñamos y calculamos siempre con este objetivo en mente.

1.1. PRESENTATION OF THE STUDY.

The subject of the paper comes up as a curiosity that was proposed as object of investigation for the Social Council Scholarship for Investigation Works in Departments and L.O.U. Institutes of the University of Valladolid.

By chance, it had been detected with the thermographic camera that one of the radiators in the corridor for the Department of Architectural Constructions, Land Engineering and Continuous Media Mechanics and Theory of Structures offices in the Architecture School of Valladolid did not work in a uniform way in all its surface. Jesús Feijó Muñoz, tutor of this End of Degree Paper and coordinator of the investigations about installations in the School, proposed to me to investigate if that was an isolated case or if, on the contrary, it was a behavior that was repeated in more radiators.

In the Technical Superior School of Architecture of Valladolid, we students obtain along our studies a wide training in the design and calculation of installations needed for the building's functioning. A training that, as I have been able to check in exchanges, turns out to be in many cases superior the one obtained in other Spanish and European schools, as it is often considered to be more of an engineering work. Nowadays, we are investigating to make buildings more efficient and more energetically self-sufficient, ultimately, more sustainable and eco-friendly. We search for the lowest energy consumption possible along with the lowest energy loss possible, maintaining the comfort conditions depending on the use of the building. Thus, and focusing now in the object of study of this paper, which are heating installations, as architects we design them and calculate them with this purpose in mind.

Nosotros calculamos el número de elementos necesarios en los radiadores de cada estancia en función de la temperatura ambiente que se desee, de la potencia del radiador, de las características del cerramiento del espacio que se quiere calefactar y de las condiciones ambientales externas. Para ello, elegimos de entre los catálogos de fabricantes de radiadores el que mejor se adapte a nuestras necesidades y a la estética del proyecto. Cuando el radiador no calienta de forma uniforme, sus elementos, o algunos de ellos, no están trabajando a la potencia que nos ha prometido el fabricante. Esto puede significar que no estemos alcanzando la temperatura ambiente que hemos calculado y que eso esté afectando al confort de los usuarios del edificio, o que la caldera tenga que funcionar durante más horas para poder alcanzar la temperatura ambiente proyectada.

La propuesta del proyecto de investigación para solicitar la beca, entonces, consistía en un trabajo de campo para conseguir documentar el comportamiento de una cantidad significativa de radiadores de agua caliente mediante tecnología infrarroja, es decir, mediante termografía. No sólo se confirmó la hipótesis de que el caso detectado en nuestra Escuela no era un incidente puntual, sino que, para nuestra sorpresa, nos encontramos que la mayoría de los radiadores documentados presentaban algún tipo de patología que impedía una disipación uniforme del calor. De hecho, algunos de los primeros edificios investigados, como el Colegio Compañía de María – La Enseñanza (Valladolid), presentaron radiadores con algunos comportamientos tan extraños que motivaron la decisión de realizar un estudio más a fondo sobre este tema. Todos estos datos se recopilaron en una base de datos para su posterior comparación y análisis en el presente Trabajo de Fin de Grado.

We calculate the number of elements that we need in the radiators of each room based on the room temperature that we want to have, the power of the radiator, the characteristics of the envelope of the space that we want to heat and the external environmental conditions. For that, we choose among all the radiator manufacturers' catalogues the one that better adjusts to our necessities and the aesthetic of the project. When the radiator does not heat in a uniform way, its elements, or some of them, are not working to the power that the manufacturer has promised us. This can mean that we might not be reaching the room temperature that we have calculated and that it is affecting the comfort of the building's users, or that the boiler has to work for longer hours in order to reach the designed room temperature.

The proposal of the investigation project to apply for the scholarship, thus, consisted in a field work in order to document the behaviour of a significant amount of hot water radiators by means of infrared technology, that is, thermography. Not only did we confirm the hypothesis that said that the case we had detected in our School was not a one-time incident, but, to our astonishment, we found out that the majority of the documented radiators presented some kind of pathology that impeded a uniform dissipation of the heat. In fact, some of the first investigated buildings, such as the Compañía de María – La Enseñanza Primary and Secondary School (Valladolid), presented radiators with such strange behaviour, that they motivated the decision to carry out a more thorough study about this subject. All these data were compiled in a data base for their later comparison and analysis in the present End of Degree Paper.

1.2. OBJETIVOS.

A la vista de los datos de los radiadores estudiados y documentados en la investigación para la Beca de Colaboración del Consejo Social, pudimos concluir que las anomalías en el funcionamiento de los radiadores de agua caliente era algo peligrosamente común y normal.

El objetivo más directo e inmediato de este Trabajo de Fin de Grado es, por lo tanto, el estudio a fondo de esas patologías que hemos detectado. Buscamos patrones de repetición entre todos los casos de estudio que nos permitan establecer hipótesis sobre el origen y las causas de cada una de las anomalías, el grado en que afectan al funcionamiento del radiador y de la instalación y el efecto que pueden producir sobre la instalación general de calefacción y las condiciones de confort dentro del edificio.

Un segundo objetivo, ya de cara al futuro, sería la determinación de pautas para un mejor diseño de las instalaciones de calefacción por agua caliente mediante radiadores, centrándonos en este caso en la elección y dimensionado de los radiadores a instalar, para lograr evitar las causas de las patologías detectadas hasta la fecha. Asimismo, será necesario debatir si el mantenimiento de los radiadores y también de la instalación a la que pertenecen es suficiente, insuficiente o incluso adecuado y las medidas que podrían tomarse para mejorar su rendimiento y su vida útil.

El tercer y último objetivo consiste en demostrar que nuestro trabajo como arquitectos no termina con la entrega de la obra al propietario. Un edificio tiene una vida útil y envejece y se deteriora con el paso de los años. Sin embargo, un diseño óptimo de los sistemas que le dan vida a un edificio (las instalaciones) se aprovecha mejor y durante más tiempo si se realiza un mantenimiento periódico y un seguimiento del funcionamiento de esos sistemas. Considero que los arquitectos deberíamos involucrarnos más en este proceso, puesto que conocemos al detalle la anatomía de un edificio.

1.2. OBJECTIVES.

In light of the data from the radiators that we studied and documented in the investigation for the Social Council Collaboration Scholarship, we could conclude that the anomalies in the functioning of hot water radiators were something dangerously common and normal.

The most direct and immediate objective of this End of Degree Paper is, thus, the more thorough study of these pathologies that we have detected. We search for repetition patterns among all the study cases that might allow us to establish hypothesis about the origin and the causes of each anomaly, the extent to which they affect the functioning of the radiator and the installation and the effect that they could produce on the general heating installation and the comfort conditions inside the building.

A second objective, looking now to the future, would be the determination of guidelines for a better design of the hot water heating installations by means of radiators, focusing in this case in the election and sizing of the radiators that we need to install in order to avoid the causes of the pathologies that have been detected to the date. Additionally, it will be necessary to discuss whether the maintenance of the radiators and also of the installations that they belong to is sufficient, insufficient or even adequate and the measures that could be taken to improve their performance and their shelf life.

The third and last objective consists in demonstrating that our work as architects does not finish with the handing over of the building to the proprietor. A building has a shelf life and ages and deteriorates with the passing of the years. However, we can leverage better and for a longer time an optimal design of the systems that bring a building to life (the installations) if we carry out a periodical maintenance and a follow-up of the functioning of those systems. I believe that architects should be more involved in this process, as we know the anatomy of a building in detail.

INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN
POR AGUA CALIENTE.

*HOT WATER HEATING
INSTALLATIONS.*

2

2.1. ANTECEDENTES.

Desde tiempos prehistóricos encontramos presente la búsqueda del hogar, de un entorno en el que sentirnos seguros y cómodos. Esta búsqueda se ha prolongado a lo largo de la historia desde la aparición de nuestros primeros antecesores hasta la actualidad. Aún hoy continuamos investigando y desarrollando entornos confortables que nos protejan de las inclemencias del tiempo.

La primera instalación de acondicionamiento térmico llega con el descubrimiento y la domesticación del fuego, que, además de usarse para cocinar alimentos y defenderse de depredadores, sirve para calentar las cuevas en las que vivía el hombre primitivo. Los primeros hombres eran nómadas y se desplazaban en busca de comida. Este estilo de vida evoluciona a lo largo del tiempo convirtiéndose en un semi-nomadismo que divide su tiempo entre las cuevas en invierno y las montañas y pastos en verano. Como no siempre era fácil encontrar cuevas, el hombre empieza a construir cabañas imitando las condiciones de éstas para que le sirvan de refugio. Este avance permite dar el salto hacia el sedentarismo y la constitución de las primeras sociedades, lo cual conlleva la necesidad de adaptarse a las condiciones climáticas de un lugar en particular durante todo el año.

Las sociedades greco-romanas desarrollan entonces el diseño de casa-patio con un aljibe en el patio central que refresca el ambiente en las temporadas cálidas. Si bien este diseño funciona muy bien en verano, no lo hace tanto a bajas temperaturas. Los romanos solucionan este problema utilizando brasas para calentar el interior de la vivienda. Aún no se había inventado la chimenea y la ventilación era un problema, pero las brasas lo evitaban porque apenas emitían humos.

Figura 1. Planimetría de domus romana.

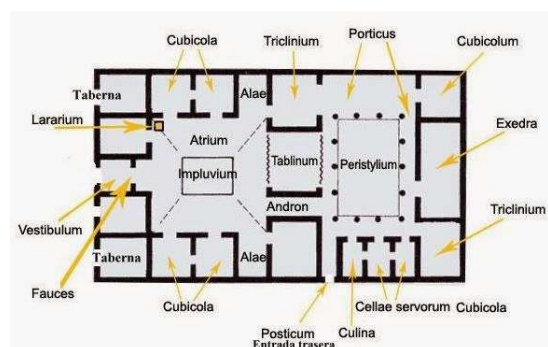
Figure 1. Roman domus floor plan.

2.1. ANTECEDENTS.

Since prehistoric times we find present the search for the home, of an environment where we can feel safe and comfortable. This search has extended throughout history from the appearance of our first ancestors to the present day. Still today we continue investigating and developing comfortable environments that protect us from the inclement weather.

The first installation for thermal conditioning arrives with the discovery and domestication of fire, which, in addition to being used for cooking food and defending ourselves from predators, it serves to heat up the caves in which the primitive man lived. The first humans were nomads and moved in search of food. This lifestyle evolves along time turning in a semi-nomadism that divides its time between the caves in winter and the mountains and fields in summer. As it was not always easy to find caves, man starts to build huts mimicking their conditions so that they serve him as refuge. This progress allows to jump over to sedentarism and the constitution of the first societies, which entails the necessity to adapt to the weather conditions of one place in particular during the whole year.

The Greek-Roman societies develop then the design of the courtyard house with an open water cistern in the central courtyard which cools down the air in the hot seasons. Though this design works very well in summer, it does not so much with cold temperatures. Romans solved this problem using embers to heat up the inside of the house. Chimneys had not been invented yet and ventilation was a problem, but embers avoided it because they hardly emitted any smoke.



Sin embargo, la gran revolución llega con el hipocausto, la primera instalación compleja de calefacción de la historia. Este sistema consiste en una habitación bajo el suelo de la vivienda donde se quemaba un material combustible. Los humos y el aire caliente que resultaban de la combustión ascendían por conductos huecos de ladrillo que atravesaban las estancias de la casa, calentándolas. El fallo que tenía esta instalación era que se utilizaban combustibles de muy mala calidad, por lo que era altamente ineficiente. Ante este problema, los normandos inventan la chimenea y se empiezan a utilizar maderos mejores que duran más tiempo, lo cual marca el inicio del declive del hipocausto.

However, the great revolution arrives with the hypocaust, the first complex heating installation in history. This system consists of a room under the floor of the house where a combustible material was burned. The smoke and the hot air produced by the combustion went up inside brick hollow ducts that went through the rooms in the house, heating them. The mistake of this installation was that it used very bad quality burning materials, so it was highly inefficient. In the presence of this problem, Normans invent the chimney and start using better wood logs that last for a longer time, which sets the start of the hypocaust's decline.

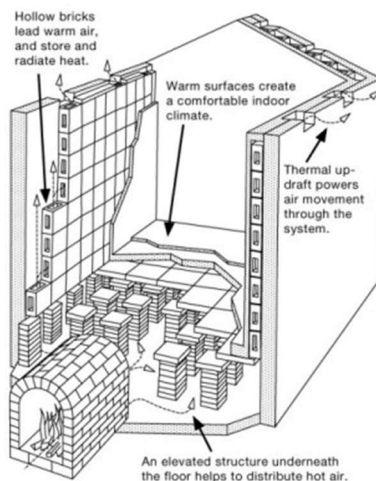


Figura 2. Ilustración del funcionamiento del hipocausto.

Figure 2. Illustration of the functioning of the hypocaust.

La chimenea abierta no es más que una versión controlada de la hoguera primitiva. Estos elementos son un sistema de calefacción individual o local, que sirve para calentar solamente aquella estancia en la que se encuentran. Todavía se utilizan en la actualidad principalmente en países cuyos inviernos son suaves, como por ejemplo Inglaterra. También se construyen con fines decorativos o como un complemento al sistema moderno de calefacción del edificio, que carga con la mayor parte de la responsabilidad en cuanto al acondicionamiento térmico interior. Los costes de construcción son reducidos, sin embargo, tienen un rendimiento muy bajo y precisan de atención continua para su correcto funcionamiento, ya que hay que ir añadiendo combustible a medida que se va quemando.

The open chimney is nothing more than a controlled version of the primitive fireplace. These elements are a system of individual or local heating, which serves to heat only the one room in which they are found. Nowadays they still are used mainly in countries whose winters are mild, like England, for example. They are also built with decorative purposes or as a complement to the modern heating system of the building, which takes on most of the responsibility for the inside's thermal conditioning. The costs of construction are modest, however, they have a very low efficiency and require constant attention for their proper functioning, as we have to add more combustible material as it burns.

Continuando con el transcurso de la historia, nos encontramos con la estufa. Es otro sistema de calefacción local o individual que, además, persiste en la actualidad tras haber ido evolucionando e incorporando los avances tecnológicos. En función del material que las constituye y/o de su forma de funcionamiento, entre todos los tipos podemos destacar las estufas de azulejos, también llamadas estufas acumuladoras, las estufas de hierro y las estufas eléctricas.

Las estufas de azulejos tienen una cámara de combustión en la cual se quema el material combustible una o dos veces al día, generándose calor muy rápidamente por los humos producidos por la combustión. La razón por la cual se llaman acumuladoras es que este calor se almacena en la cámara de combustión, dentro de la estufa, y se va cediendo al ambiente poco a poco a lo largo del día. Son elementos de gran tamaño que, gracias a su amplia superficie calefactora, transmiten el calor a la estancia de manera suave. Sin embargo, entre sus inconvenientes, además del gran espacio que requieren, encontramos que tienen una mala regulación y transmiten el calor de forma irregular, generando diferencias de temperatura entre distintas zonas de la estancia.

Las estufas de hierro, por el contrario, no tienen una gran masa acumuladora como las de azulejos. Sus paredes son finas y resultan más ligeras, más pequeñas y más fácilmente transportables si mantenemos como constante la potencia calorífica. La ventaja que tienen es que, según la potencia calorífica que deseemos, se puede regular la velocidad a la que se quema el combustible en su interior controlando la cantidad de aire que necesita la combustión. Esta característica aumenta la versatilidad de estas estufas, permitiendo que se puedan utilizar tanto para periodos de funcionamiento cortos como largos, aunque el local tampoco llega a calentarse de una manera uniforme.

Figura 3. Estufa de hierro para leña.

Figure 3. Wood-fuelled iron stove.

Continuing with the passing of history, we come across the heater. It is another local or individual heating system which, besides, persists nowadays after evolving and incorporating the technical advances. Depending on the material that they are made of and/or their means of working, among all the types we can point out tile heaters, also known as accumulative heaters, iron heaters and electric heaters.

Tile heaters have a combustion chamber in which the combustible material is burnt once or twice a day, generating heat very quickly because of the smoke produced by the combustion. The reason for which they are called accumulative is that this heat is stored in the combustion chamber, inside the heater, and it is released to the room very slowly throughout the day. They are very big elements which, thanks to their great heating surface, transmit the heat to the room in an even way. However, among their disadvantages, besides the great space they require, we find that they are difficult to adjust and they transmit the heat irregularly, generating differences of temperature between different areas of the room.

Iron heaters, on the contrary, do not have a big accumulating mass like the tile ones. Their walls are thin and they are lighter, smaller and more easily transportable if we maintain the heat power as a constant. The advantage that they have is that, depending on the heat power that we want, we can adjust the speed with which the combustible material is burnt inside them just by controlling the amount of air that the combustion needs. This characteristic increases the versatility of these heaters, allowing them to be used for short and long periods of operation, although the room does not heat up evenly either.



Posteriormente, la invención de la electricidad permite modernizar las estufas y aún hoy en día las estufas eléctricas son, en sus múltiples versiones, un sistema de calefacción muy usado. Las encontramos sobre todo en viviendas para la clase trabajadora construidas alrededor de los años 60. Estos bloques de vivienda colectiva se diseñaron para el menor coste posible y restándole importancia a las condiciones de confort de sus futuros usuarios. Por eso en ninguna se instaló sistema de calefacción y en muchas no hay espacio para instalarlo ahora. El gran inconveniente de este tipo de estufas es su coste de funcionamiento, ya que la electricidad tiene un precio muy elevado. Además, son elementos con una inercia térmica muy pequeña, de modo que se enfrían en el momento en el que se apagan. Su reducido tamaño permite que se puedan transportar y almacenar fácilmente en viviendas donde el espacio es un problema, pero también les resulta muy complicado, casi imposible incluso, calentar habitaciones más o menos grandes.

2.2. CALEFACCIÓN MEDIANTE RADIADORES DE AGUA CALIENTE.

Los sistemas de calefacción locales que hemos visto en el apartado anterior tienen, como su propio nombre indica, la desventaja de que únicamente calientan la estancia en la cual se encuentran. Sin embargo, ya el hipocausto utilizaba un circuito para llevar el calor a otras partes del edificio haciendo circular los humos por conductos huecos. Este mismo mecanismo es el que se utiliza en las instalaciones de calefacción hoy en día: se calienta un fluido que se hace circular por unas conducciones que recorren el edificio y transportan el calor hasta las estancias más alejadas de la fuente de calor. Aunque también hay calefacción por aire, más utilizado para grandes edificios, el fluido más común para pequeñas y medias instalaciones es el agua.

El suelo radiante es una de las instalaciones que utiliza agua caliente para calentar los edificios. Este sistema de calefacción consiste en un serpentín empotrado bajo el pavimento de cada estancia por el cual circula agua caliente. El calor cedido al ambiente es uniforme

Afterwards, the invention of electricity allows to modernize the heaters and nowadays the electric heaters are, in their multiple versions, a very commonly used heating system. We find them especially in houses for the working class built around the decade of the '60s. These blocks of flats were designed for the lowest cost possible and playing down the comfort conditions of their future users. That is the reason why heating systems were not installed in any of them and in many there is no space to install them now. The great inconvenience of this type of heaters is their cost of operation, as electricity has a very high price. In addition, they are elements with very low thermal inertia, so they cool down the moment they are turned off. Their small size makes them easily moveable and storable in flats where space is a problem, but it is also hard for them, almost impossible even, to heat up reasonably large rooms.

2.2. HEATING BY MEANS OF HOT WATER RADIATORS.

The local heating systems that we have seen in the previous section have, as their own name denotes, the disadvantage that they only heat up the room in which they are found. Nevertheless, the hypocaust already used a circuit to carry the heat to other parts of the building making the smokes circulate through hollow ducts. This same mechanism is the one used in the heating installations nowadays: we heat up a fluid that we then move around inside pipes which go all over the building and transport the heat to the rooms situated farthest away from the heat source. Although there are also heating by means of air, more commonly used for large buildings, the most usual fluid for small and medium installations is water.

Underfloor heating is one of the installations that uses hot water to heat buildings. This heating system consists of a heating coil built in under the pavement of each room inside which flows hot water. The heat transferred to the room's atmosphere is uniform all around the room, as the heating coil's design spreads out covering all the surface. In fact, we can even reinforce the

por toda la estancia, ya que el trazado del serpentín abarca toda la superficie. De hecho, incluso se pueden reforzar las zonas más frías poniendo los anillos más juntos donde sea necesario. Además, proporciona una mayor sensación de confort para los usuarios gracias a dos factores: mantiene los pies calientes, puesto que la temperatura cercana al suelo es más alta, y no genera corrientes de aire por convección, lo cual reduce las partículas de polvo en el aire.

coldest areas by placing the loops closer to each other where it is necessary. In addition, it guarantees a great sense of comfort for the users thanks to two factors: it maintains the feet warm, because the temperature closest to the floor is highest, and it does not generate air currents by convection, which reduces the amount of dust particles in the air.

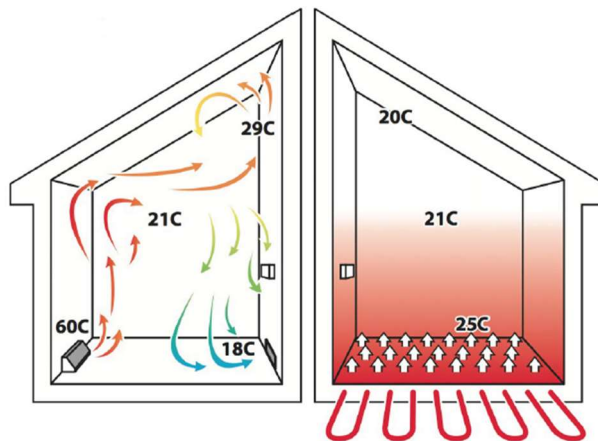


Figura 4. Diferencia de confort con la instalación de suelo radiante.

Figure 4. Comfort difference with the installation of underfloor heating.

Otro sistema de calefacción por agua caliente son los convectores. Estos elementos constan de unas aletas de aluminio atravesadas por una o varias tuberías de agua caliente. El calor de las tuberías calienta el aire que rodea las aletas, el cual asciende por convección natural.

Another hot water heating systems are convector heaters. These elements are made of aluminium plates pierced by one or a few hot water pipes. The heat from the pipes heats up the air surrounding the plates, which ascend by natural convection.

Sin embargo, en instalaciones de calefacción mediante agua caliente todavía sigue predominando el uso de radiadores. El suelo radiante, pese a sus múltiples ventajas, tiene el inconveniente de su elevado coste inicial de construcción y la dificultad de detectar fugas en las tuberías. Por otro lado, no siempre es posible ejecutarlo debido a que requiere un grosor mayor del pavimento. El uso de convectores no es muy extendido todavía, pero se utilizan en los sistemas de calefacción por agua caliente a baja temperatura, de los cuales hablaremos más adelante, y podrían ganar popularidad a medida que se progresa en este campo. La utilización de radiadores para calefacción por agua caliente sigue predominando tanto en el sector residencial como en el ámbito público, evolucionando a medida que se realizan avances tecnológicos.

However, in hot water heating installations the use of radiators still predominates. Underfloor heating, despite its multiple advantages, has the inconvenience of its high initial construction cost and the difficulty for detecting leaks in the pipes. Furthermore, it is not always possible to install it because it requires a thicker pavement. The use of convector heaters is not so common yet, but they are used in low-temperature hot water heating systems, of which we will talk more later on, and they could gain popularity as we progress in this field. The use of radiators for hot water heating still prevails both in the residential sector and the public sector, evolving as technological advances are made.

2.2.1. TIPOS DE INSTALACIÓN SEGÚN EL TRAZADO.

Los radiadores de una instalación de calefacción se encuentran unidos mediante una red de tuberías conectada a la caldera, por las cuales circula el agua caliente que hace funcionar el sistema. Dependiendo del trazado de esa red, podemos hablar de un sistema monotubo o un sistema bitubo.

En el **sistema monotubo**, tenemos un circuito en anillo con todos los radiadores conectados en serie. Como es lógico, la temperatura de entrada al radiador va disminuyendo a medida que nos alejamos de la caldera, puesto que el agua ya ha atravesado los radiadores previos y cedido calor a través de ellos. El caudal es siempre el mismo en todos los puntos de la instalación, por lo que todas las tuberías tendrán el mismo diámetro. Sin embargo, el cálculo es más complejo porque debemos calcular la temperatura de cada tramo y el dimensionado de los radiadores dependerá de su posición en el circuito. Además, no podemos regular el calor cedido por cada radiador. En este tipo de trazados se podrán conectar sólo cinco radiadores por anillo como máximo, y tres anillos por caldera, con un colector de retorno que permita unificar presiones y temperaturas.

2.2.1. TYPES OF INSTALLATIONS ACCORDING TO THE LAYOUT.

The radiators of a heating installation are joined by a network of pipes which is connected to the boiler, and inside which flows the hot water that makes the whole system work. Depending on the layout of that network, we can talk about a monotube system or a bitube system.

In the **monotube system** we have a circuit in the shape of a loop with all the radiators connected serially. It is logical that the entrance temperature to each radiator progressively decreases as we move farther away from the boiler because the water has already gone across the previous radiators and transferred heat through them. The water flow is always the same in every point of the installation, which means that the pipes will all have the same diameter. Nevertheless, the calculation is more complex because we must calculate the temperature of each section and the sizing of the radiators will depend on their position in the circuit. Besides, we cannot regulate the heat transferred by each radiator. In this type of layout, we will only be permitted to install five radiators in each loop and three loops for each boiler, with a return pipe that allows us to unify pressures and temperatures.

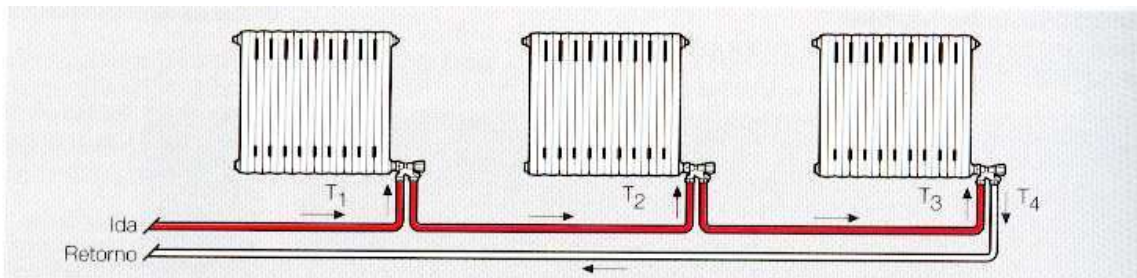


Figura 5. Esquema de trazado monotubo.

Figure 5. Diagram of monotube layout.

El más utilizado es el **sistema bitubo**, que tiene una tubería de ida con ramales que alimentan a cada radiador de la instalación y otra de retorno que recoge el agua que sale de ellos. De esta forma, la temperatura de entrada del agua a los radiadores se mantiene casi constante.

The most commonly used is the **bitube system**, which has a feeder pipe with branches that feed each radiator of the installation and another return pipe which gathers the water that comes out of them. This way, the entrance temperature to the radiators is maintained almost a constant.

El caudal disminuye a medida que avanza por la tubería de ida porque parte se va derivando a los radiadores, y aumenta en la de retorno porque va recogiendo el agua que sale de los radiadores, por lo que el diámetro de la tubería debe ir variando según el tramo. El dimensionado de los radiadores no está condicionado por su posición respecto a la caldera, y si es necesario intervenir en uno de ellos, se puede regular o eliminar sin que ello afecte a los demás, ya que son independientes. Podemos diferenciar entre los sistemas bitubo con retorno directo y los sistemas bitubo con retorno inverso.

The water flow decreases as we move along the feeder pipe because part of it is progressively channeled to the radiators, and it increases in the return pipe because it must collect the water that comes out of the radiators, so the diameter of the pipe must vary depending on the section. The sizing of the radiators is not conditioned by their position in relation to the boiler, and if it is necessary to intervene in one of them, it can be adjusted or eliminated without it affecting the others, as they are independent of each other. We can differentiate between bitube systems with direct return and bitube systems with reverse return.

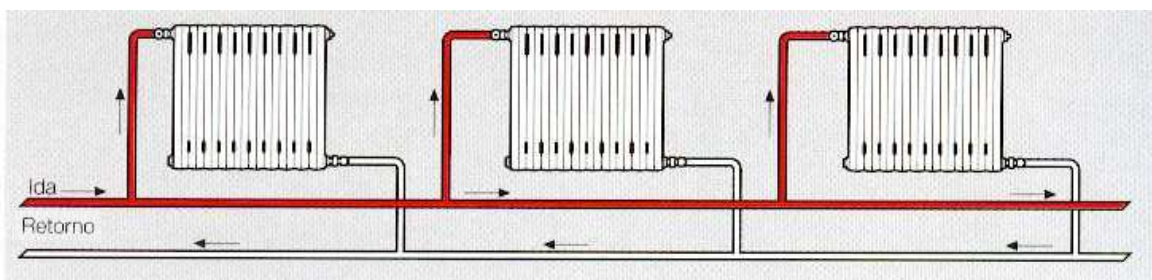


Figura 6. Esquema de trazado bitubo.

Figure 6. Diagram of bitube layout.

Los primeros, con **retorno directo**, se caracterizan porque los radiadores están conectados en paralelo y el conjunto está conectado en serie con la caldera y el circulador. Es más sencillo, más barato y, por tanto, más usado, pero el problema radica en que hay diferencias de presiones porque los tramos de tubería que conectan cada radiador a la caldera tienen longitudes muy distintas. En los sistemas bitubo con **retorno inverso** el trazado es similar al anterior, con la diferencia de que los radiadores se conectan a la tubería de retorno en orden inverso al de ida. Esto provoca que la distancia recorrida por el agua es prácticamente la misma sin que influya la localización del radiador que tomemos en consideración, lo cual facilita el equilibrado del circuito.

*The first ones, with **direct return**, are characterized by the fact that the radiators are connected in parallel and the whole set is connected serially with the boiler and the circulator. It is more simple, cheaper and, thus, more used, but the problem resides in the fact that there are differences of pressures because the sections of pipe that connect each radiator to the boiler have very different lengths. In the bitube systems with **reverse return**, the layout is similar to the previous one, with the difference that the radiators are connected to the return pipe in opposite order than the one in the feeder pipe. This provokes the distance covered by the water to be practically the same without the location of the radiator that we take into consideration influencing it, which makes the balancing of the circuit easier.*

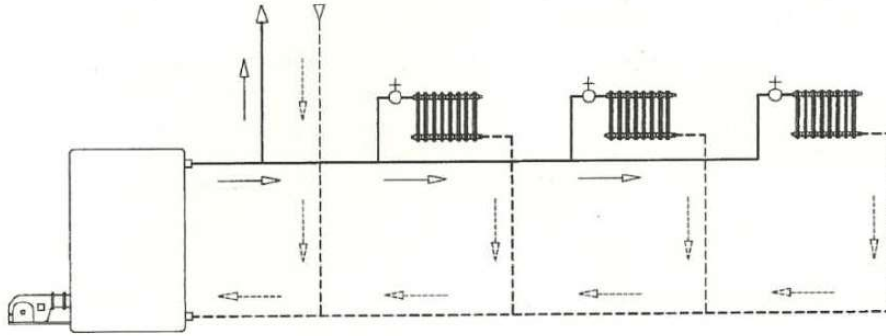


Figura 7. Esquema de trazado bitubo con retorno directo.

Figure 7. Diagram of bitube layout with direct return.

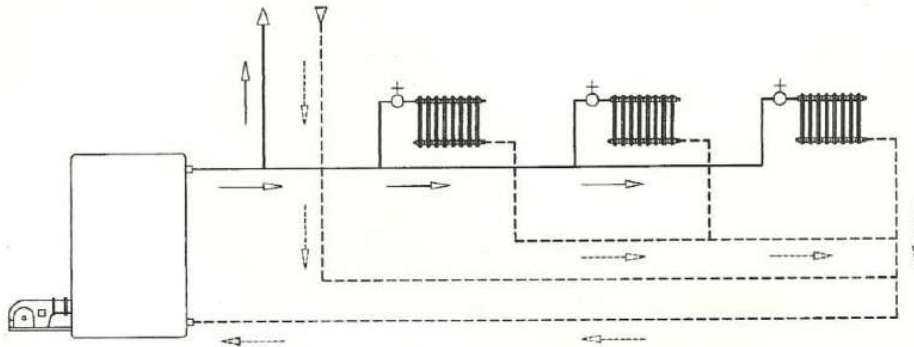


Figura 8. Esquema de trazado bitubo con retorno inverso.

Figure 8. Diagram of bitube layout with reverse return.

2.2.2. TIPOS DE INSTALACIÓN SEGÚN TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO.

Está claro que el calor es una forma de energía que se transmite de los cuerpos calientes a los cuerpos fríos. Existe transmisión de calor siempre que se pongan en contacto dos elementos a distinta temperatura, en nuestro caso, la tubería con agua caliente y el aire que la rodea. Este proceso se continuará produciendo mientras no haya equilibrio térmico, es decir, mientras los dos elementos en cuestión no estén a la misma temperatura. Por eso, el agua que llevamos por las tuberías recorriendo todo el edificio debe estar a una temperatura más elevada que el aire de la estancia para que la energía calorífica se ceda al ambiente.

Cuanto mayor sea la diferencia entre estas dos temperaturas, mayor será la transferencia de calor. Es por ello que las instalaciones de calefacción por agua

2.2.2. TYPES OF INSTALLATION ACCORDING TO THE OPERATING TEMPERATURE.

It is clear that the heat is a form of energy that is transmitted from the warm objects to the cold objects. Heat transmission exists every time two objects with different temperature make contact, in our case, the pipe with hot water and the air that surrounds it. This process will continue on while there is no thermal balance, that is, as long as the two elements in question are not at the same temperature. Because of that, the water that we carry through the pipes going all around the building must possess a higher temperature than the air in the room for the calorific energy to be transferred to the room.

The higher that this difference between the two temperatures is, the higher that the heat transference will be. That is the reason why the traditional hot water heating installations work with very high propulsion temperatures that can easily reach 70°C or

caliente tradicionales funcionan con temperaturas de impulsión muy elevadas que fácilmente llegan a 70°C u 80°C, sobre todo en sistemas monotubo en los que la temperatura del agua va descendiendo a medida que nos alejamos de la caldera. Este tipo de instalaciones se denominan de **alta temperatura**. Sin embargo, calentar tanta agua para alcanzar esos valores de temperatura exige un gran consumo energético por parte de la caldera, lo cual, dentro del contexto de la eficiencia y el ahorro energético que estamos promoviendo hoy en día, no tiene cabida.

De este modo aparece otro tipo de instalaciones que funcionan a **baja temperatura**. Estos sistemas funcionan con temperaturas de impulsión inferiores a 55°C. Incluso existen algunos, llamados de muy baja temperatura, que no superan los 45°C. A priori puede parecer que es imposible que estos sistemas funcionen mejor o incluso igual que los de alta temperatura, ya que hemos disminuido la diferencia de temperatura entre el agua y el ambiente, pero hay otros factores que intervienen en el funcionamiento del sistema y que debemos considerar. De hecho, el suelo radiante es una forma de calefacción por agua caliente a baja temperatura que funciona muy bien.

La evolución de las técnicas constructivas nos lleva a construir cada vez edificios mejor aislados, lo cual implica una menor demanda energética porque se producen menos pérdidas o ganancias indeseadas de calor. De esta forma, los sistemas de calefacción, así como los de refrigeración, deben tener la capacidad de reaccionar cada vez más rápido. Esto implica una menor inercia térmica, es decir, radiadores menos pesados y con menor contenido de agua. Para que un radiador con bajo contenido de agua y que funcione a baja temperatura logre su propósito será necesaria una superficie de intercambio de calor grande, permitiendo así una capacidad de emisión elevada. Pero no debemos intentar suplir el descenso de la temperatura de impulsión aumentando el contenido de agua porque esto dará como resultado un elemento con una gran inercia térmica al que le costará mucho calentarse y empezar a emitir calor. Buscamos, por tanto, radiadores de gran superficie, pero con bajo contenido de agua. El objetivo

80°C, especially in monotube systems, in which the water's temperature slowly decreases as we move farther away from the boiler. This type of installations are called **high temperature** installations. However, heating up so much water to reach those temperature values requires a great energetic consumption by the boiler, which, within the context of efficiency and energy saving that we are promoting nowadays, has no place.

In this way appears another type of installations that work with **low temperature**. These systems operate with propulsion temperatures lower than 55°C. There even exist some, called very low temperature installations, that do not exceed 45°C. Initially, it might seem that it is impossible that these systems work better or even at the same level than the high temperature ones because we have decreased the temperature difference between the water and the air, but there are other factors that intervene in the functioning of the system and that we must take into consideration. In fact, underfloor heating is a form of low temperature hot water heating that works very well.

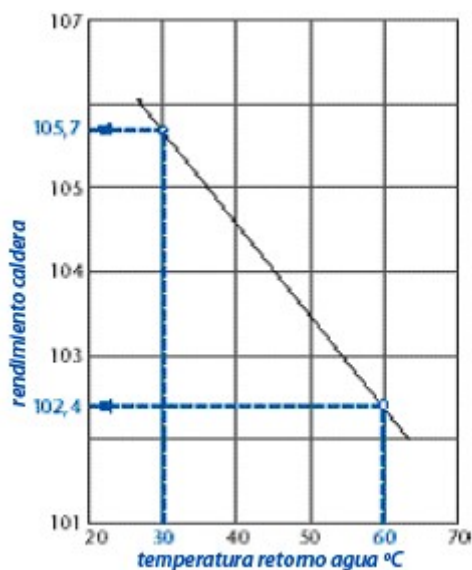
The evolution of the constructive techniques has led us to build buildings that are better and better insulated, which implies a lower energetic demand because less unwanted heat losses or heat gains are produced. This way, heating systems, as well as cooling systems, must have the ability to react more and more quickly. This means a lower thermal inertia, that is, less heavy radiators with a lower water content. For a radiator with low water content and a low operating temperature to achieve its purpose it will be necessary a large heat exchange surface, thus allowing a high emission capability. But we must not try to make up for the descend of the propulsion temperature by increasing the water content because this will give as a result an element with a very high thermal inertia that will take a long time to heat up and start sending out heat. Therefore, we search for radiators with a large surface but low water content. The ideal goal would be to use a combination of underfloor heating and low temperature radiators. The underfloor heating, due to the enormous area that it occupies (all the floor's surface), inevitably has a big water content, so its thermal inertia is fairly high and it does not have a quick

ideal sería utilizar una combinación entre suelo radiante y radiadores a baja temperatura. El suelo radiante, debido a la enorme superficie que ocupa (toda la superficie de suelo), tiene inevitablemente un alto contenido de agua, por lo que su inercia térmica es bastante alta y no tiene una rápida velocidad de reacción. Podemos, sin embargo, aprovechar esa característica para establecer en el edificio una temperatura base constante que sólo requiera ligeros ajustes y utilizar los radiadores a baja temperatura como complemento para alcanzar la temperatura de confort. En definitiva, las instalaciones de calefacción por agua caliente mediante radiadores a baja temperatura son un sistema que, además de suponer un menor consumo energético, da muy buenos resultados, siempre que sepamos diseñarlos correctamente.

response time. We can, however, take advantage of this characteristic to establish a constant base temperature in the building that will only require subtle adjustments and use the low temperature radiators as a complement to reach the comfort temperature. In conclusion, hot water heating installations by means of low temperature radiators are a system that, besides meaning a lower energy consumption, gives out very good results, as long as we know how to design them properly.

Gráfico 1. Curva de rendimiento de calderas de condensación en relación a la temperatura del agua.

Graph 1. Performance curve of condensation boilers in relation to the temperature of the water.



2.2.3. CONCEPTOS BASE PARA DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN.

Antes de comenzar a dimensionar los radiadores de una instalación de calefacción por agua caliente, es necesario hacer un estudio de cada componente del cerramiento del edificio para poder calcular cuánto calor vamos a perder a través de ellos y, con esos datos, poder establecer la potencia que necesitamos que tengan los emisores para mantener en el interior una temperatura de confort. Comentaremos brevemente las propiedades de los materiales que intervienen en este estudio de la envolvente y cómo se calculan.

2.2.3. BASE CONCEPTS FOR THE DIMENSIONING OF THE INSTALLATION.

Before we start dimensioning the radiators of a hot water heating installations, it is necessary to carry out a study of each component of the building's envelope so that we can calculate how much heat we are going to lose through them and, with that data, be able to establish the power that we need the emitting elements to have in order to maintain a comfort temperature on the inside. We will briefly comment the properties of the materials that intervene in this study of the envelope and how they are calculated.

2.2.3.1. TRANSFERENCIA DE CALOR A TRAVÉS DE LA ENVOLVENTE.

El calor es una forma de energía que se transfiere entre dos cuerpos en contacto siempre del cuerpo caliente al frío, buscando el equilibrio térmico, es decir, que ambos cuerpos estén a la misma temperatura. Cuando en un edificio la temperatura interior es distinta a la exterior, se producirá una **transferencia de calor** de un lado a otro del cerramiento. A la hora de dimensionar las instalaciones de calefacción, partimos de la situación de invierno, de las condiciones en el día más frío del año en el emplazamiento del edificio. En este supuesto, la temperatura exterior será inferior a la interior, por lo que el flujo de calor será desde dentro hacia fuera del edificio. El calor del aire en una estancia se transmitirá primero a través del cerramiento por conducción. Cuando llegue a la superficie exterior de éste, lo hará por radiación, calentando el aire exterior en contacto con la envolvente y este aire caliente ascenderá por convección.

La velocidad a la que se transmite el calor a través de los materiales depende de su **conductividad térmica**. Ésta se define como la cantidad de energía calorífica que atraviesa una muestra de 1m de espesor y 1m² de sección de un material en una unidad de tiempo, estableciéndose entre sus caras una diferencia de temperatura de 1K. La conductividad térmica depende de las características de cada material y también de la temperatura a la que se encuentre, ya que, si aumenta la temperatura del material, aumenta también su conductividad.

λ [=] W/m·K, recordando que 1W = 1J/1s

Los materiales poseen otra propiedad llamada **resistencia térmica**, que es su capacidad de oponerse al flujo de calor que se produce para alcanzar el equilibrio térmico entre el interior del edificio y el exterior.

$$R_n = \frac{e}{\lambda} [=] \text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

e: espesor de la capa

λ : conductividad del material de la capa

(según CTE DA DB-HE/1)

2.2.3.1. HEAT TRANSFERENCE THROUGH THE ENVELOPE.

Heat is a form of energy that is transferred between two touching objects always from the warm object to the cold one, searching for thermal balance, that is, for both objects to have the same temperature. When, in a building, the inside temperature is different to the outside one, a **heat transference** will take place from one side of the envelope to the other. When it comes to dimensioning the heating installations, we start up from the winter situation, from the conditions of the coldest day of the year in the location of the building. With this assumption, the external temperature will be lower than the internal one, so the heat flow will take place from inside the building to the outside. The heat in the air of a room will be transferred first through the envelope by conduction. When it reaches its external surface, it will do so by radiation, heating up the outside air in contact with the envelope, and this air will ascend by convection.

The speed with which heat is transferred through the materials depends on their **thermal conductivity**. This is defined as the amount of calorific energy that goes through a sample 1m thick and with a 1m² section of a material in one unit of time, establishing between its faces a temperature difference of 1K. The thermal conductivity depends on each material's characteristics and also on the temperature that it has, because if the material's temperature increases, so does its conductivity.

λ [=] W/m·K, remembering that 1W = 1J/1s

Materials have another property called **thermal resistance**, which is their ability to oppose the heat flow that takes place in order to achieve thermal balance between the inside and the outside of the building.

$$R_n = \frac{e}{\lambda} [=] \text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

e: thickness of the layer

λ : conductivity of the material of the layer

(according to CTE DA DB-HE/1)

Para conocer la resistencia térmica total de un cerramiento, utilizaremos la siguiente fórmula:

$$R_T = R_{Si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{Se}$$

(según CTE DA DB-HE/1)

R_{Si} y R_{Se} son las resistencias térmicas del aire a cada lado del cerramiento, interior y exterior respectivamente. Su valor depende de la posición del cerramiento y su situación en el edificio, así como de la dirección del flujo de calor y podemos tomarlo de la siguiente tabla:

In order to find out the total thermal resistance of an envelope, we will use the following formula:

$$R_T = R_{Si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{Se}$$

(according to CTE DA DB-HE/1)

R_{Si} y R_{Se} are the thermal resistances of the air on each side of the envelope, inside and outside respectively. Their value depends on the position of the envelope and its situation in the building, as well as on the direction of the heat flow, and we can take it from the following table:

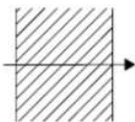
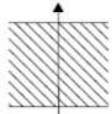
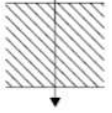
Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en $m^2 \cdot K/W$		
Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		
		R_{Se} R_{Si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo Horizontal		0,04 0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (Techo)		0,04 0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo)		0,04 0,17

Tabla 1. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en $m^2 \cdot K/W$. Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor.

Table 1. Superficial thermal resistances of envelopes in contact with external air in $m^2 \cdot K/W$. Position of the envelope and direction of the heat flow.

Una vez conocemos la resistencia térmica de un material, podremos calcular su **transmitancia térmica**. El Documento Básico HE Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación define la transmitancia térmica como “el flujo de calor, en régimen estacionario, dividido por el área y por la diferencia de temperaturas de los medios situados a cada lado del elemento que se considera”. Es la inversa de la resistencia térmica total de un cerramiento:

$$U = \frac{1}{R_T} [=] W/m^2 \cdot K$$

(según CTE DA DB-HE/1)

Once we know the thermal resistance of a material, we can calculate its **thermal transmittance**. The Documento Básico HE Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (Basic Document HE Energy Saving of the Technical Building Code) defines thermal transmittance as “the heat flow, in a stationary regime, divided by the area and by the difference of temperatures of the media situated on each side of the element that we are taking into consideration”. It is the inverse of the total thermal resistance of an envelope:

$$U = \frac{1}{R_T} [=] W/m^2 \cdot K$$

(according to CTE DA DB-HE/1)

Es importante comentar que hay ciertos cerramientos para los cuales el Documento de Apoyo al Documento Básico HE Ahorro de Energía, DA DB-HE/1, proporciona tablas y expresiones específicas para calcular las transmitancias térmicas correspondientes. Estos casos son:

- Suelos en contacto con el terreno.
- Muros en contacto con el terreno.
- Cubiertas enterradas.
- Medianeras.
- Particiones interiores en contacto con locales no calefactados.
- Suelos en contacto con cámaras sanitarias.
- Huecos y lucernarios.

2.2.3.2. CARGA TÉRMICA DE LOS RECINTOS.

Para saber cuál es el radiador que debemos instalar en cada estancia de un edificio, lo que debemos calcular primero es cuánto calor será necesario suministrar en cada una de ellas para conseguir una temperatura de confort en el interior, a lo cual denominamos carga térmica. Este dato, cuyo cálculo se regula mediante la norma "UNE-EN 12831:2003 Sistemas de Calefacción en Edificios. Método para el Cálculo de la Carga Térmica de Diseño", depende de varios factores:

- Condiciones climáticas exteriores.
- Temperatura interior de diseño, la cual el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) permite oscilar entre 21°C y 23°C para temperatura de confort en espacios calefactados.
- Transmitancia térmica de cada elemento de la envolvente que delimita los espacios calefactados y que previamente habremos calculado.
- Transmitancia térmica lineal y la longitud de cada puente térmico lineal.
- Superficie de cada elemento de la envolvente que delimita los espacios calefactados.
- Volumen de aire en cada espacio interior, contando los espacios calefactados y los no calefactados.

It is important to comment that there are certain types of envelope for which the Documento de Apoyo al Documento Básico HE Ahorro de Energía (Support Document for the Basic Document HE Energy Saving), DA DB-HE/1, provides specific tables and expressions to calculate the corresponding thermal transmittances. These cases are:

- *Floors in contact with the ground.*
- *Walls in contact to the ground.*
- *Buried roofs.*
- *Party walls.*
- *Inside dividing walls in contact with non-heated rooms.*
- *Floors in contact with ventilated crawl spaces.*
- *Openings and skylights.*

2.2.3.2. THERMAL LOAD OF ROOMS.

For us to know which radiator we must install in each room of a building, what we have to calculate first is how much heat it will be necessary to supply for each of them to reach a comfort temperature on the inside, which receives the name of thermal load. This data, whose calculation is regulated by the norm "UNE-EN 12831:2003 Sistemas de Calefacción en Edificios. Método para el Cálculo de la Carga Térmica de Diseño" ("UNE-EN 12831:2003 Heating Systems in Buildings. Method for the Calculation of the Design Thermal Load"), depends on several factors:

- *External weather conditions.*
- *Designed internal temperature, which the Regulation of Thermal Installations in Buildings (RITE) allows to shift between 21°C and 23°C for comfort temperatures inside heated spaces.*
- *Thermal transmittance of each element of the envelope that defines the limits of the heated spaces and which we will previously have calculated.*
- *Linear thermal transmittance and the length of each linear thermal bridge.*
- *Area of each element of the envelope that defines the limits of the heated spaces.*
- *Volume of air inside each interior space, counting the heated and the non-heated rooms.*

La mayoría de estos factores dependen del proyecto. El primero de ellos, sin embargo, depende del emplazamiento del edificio. En cuestión de condiciones exteriores, debemos dimensionar siempre para el día más frío del año. El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) elaboró y publicó en 2010 la "Guía Técnica de Condiciones Climáticas Exteriores de Proyecto", en la cual recoge datos climáticos de las estaciones meteorológicas de todo el país. Utilizaremos este documento para localizar la temperatura seca exterior mínima a nivel percentil 1% o 99% (el nivel percentil 0'4% o 99'6% se utiliza para proyectos sensibles como hospitales, guarderías o residencias de ancianos, por ejemplo). Este dato quiere decir que el 99% de los días fríos del año, se pueden alcanzar temperaturas mínimas de hasta el valor que indica la tabla de cada ciudad. Ésa será nuestra temperatura exterior a efectos de cálculo.

Una vez conocida la temperatura exterior y habiendo definido la temperatura interior en proyecto, tendremos que calcular la cantidad de energía térmica que se pierde en cada estancia debido a la transmisión de calor a través de la envolvente y a la ventilación. La pérdida total, por tanto, será la suma de las pérdidas por transmisión y las pérdidas por ventilación. Cuando tengamos este valor calculado para cada estancia del edificio, podremos elegir el radiador que queremos poner y cuántos elementos deberemos instalar para suplir las pérdidas térmicas que se producen.

2.2.4. DIMENSIONADO DE INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN CON RADIADORES

Explicaremos los pasos del dimensionado de los radiadores de una instalación de calefacción por agua caliente mediante un ejemplo sencillo. Se trata de una vivienda aislada, de una planta y ubicada en Valladolid, con una temperatura interior de 23°C. Se utilizarán los métodos simplificados. El dimensionado de las tuberías que componen la red de la instalación y de la caldera, y el equilibrado de la red, excede los límites del presente trabajo, por lo que no se tratará.

Los planos necesarios para se muestran a continuación:

The majority of these factors depend on the project. The first of them, however, depends on the location of the building. When it comes to external conditions, we must calculate always for the coldest day of the year. The Institute for the Diversification and Energy Saving (IDAE) prepared and published in 2010 the "Guía Técnica de Condiciones Climáticas Exteriores de Proyecto" ("Technical Guide of Exterior Climatic Conditions"), in which it collects climatic data from the meteorological stations all over the country. We will use this document to find the minimum dry external temperature at percentile level 1% or 99% (the percentile level 0'4% or 99'6% is used on delicate projects such as hospitals or senior residences, for example). This data means that 99% of the cold days of the year, it is possible to reach minimum temperatures up to the value that the table shows for each city. That will be our outside temperature for the calculations.

Once the external temperature is known and having defined the inside temperature in our project, we will have to calculate the amount of energy that is lost in each room due to the heat transmission through the envelope and due to ventilation. The total loss, therefore, will be the addition of the transmission losses and the ventilation losses. When we have calculated this piece of information for each room in the building, we will be able to choose the radiator that we want to set up and how many elements we must install in order to replace the heat losses that take place.

2.2.4. DIMENSIONING OF A HEATING INSTALLATION WITH RADIATORS.

We will explain the steps for the sizing of the radiators of a hot water heating installation by means of a simple example. It is an isolated house, with one floor and located in Valladolid, with an inside temperature of 23°C. Simplified methods will be used. The dimensioning of the pipes that form the installation's network and of the boiler, and the balancing of the network, exceed the limits of the present paper, so they will not be tackled.

The necessary plans are shown in the following page.:

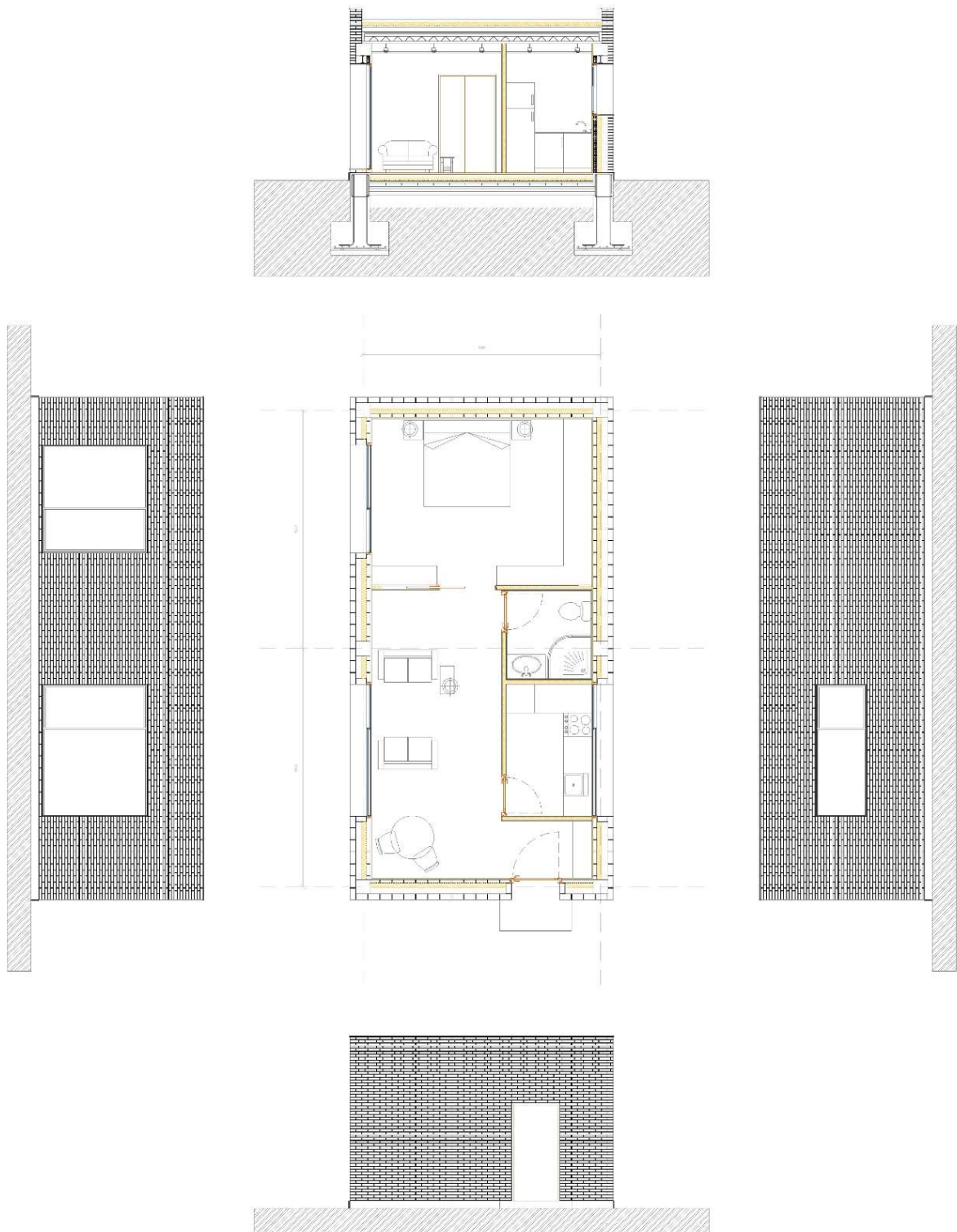


Figura 9. Apartamento para dos personas para ejemplo de dimensionado.

Figure 9. Apartment for two people for the dimensioning example.

Primero utilizamos la guía del IDAE mencionada previamente para obtener la temperatura exterior, la cual es -2'8°C:

Firstly, we will use the IDAE guide previously mentioned to obtain the external temperature, which is -2'8°C:

Provincia	Estación		Indicativo				
Valladolid	Valladolid (Observatorio)		2422				
UBICACIÓN: ENTORNO CIUDAD			Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO				
a.s.n.m. (m)	LaL.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad	
735	41°39'00"	04°46'00" W	87.600 (1998-2007)	(2) 18.980 (1998-2007)	14.600 (1998-2007)	58.288 (1998-2007)	
CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)							
TSMIN (°C)	TS _{99,6} (°C)	TS ₉₉ (°C)	OMDC (°C)	HUMcoin (%)	OMA (°C)		
-10,8	-4,1	-2,8	10,5	89	38,9		
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)							
TSMAX (°C)	TS _{0,4} (°C)	THC _{0,4} (°C)	TS ₁ (°C)	THC ₁ (°C)	TS ₂ (°C)	THC ₂ (°C)	OMDR (°C)
39,5	34,8	19,7	33,2	19,3	31,4	19,0	19,1
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)							
TH _{0,4} (°C)	TSC _{0,4} (°C)	TH ₁ (°C)	TSC ₁ (°C)	TH ₂ (°C)	TSC ₂ (°C)		
20,6	33,4	20,0	32,4	19,3	32,0		
VALORES MEDIOS MENSUALES							
Mes	TA (°C)	TASOL (°C)	GD ₁₅ (°C)	GD ₂₀	GDR ₂₀	RADH (kWh/m² día)	TTERR (°C)
Enero	3,8	4,9	346	501	0	1,7	4,4
Febrero	5,3	7,2	274	415	0	2,9	5,4
Marzo	8,8	10,9	202	348	1	4,0	9,2
Abril	10,5	12,7	154	289	4	5,2	12,8
Mayo	14,9	16,9	76	183	24	6,3	18,1
Junio	20,4	23,0	19	75	88	7,5	25,9
Julio	22,1	24,5	9	53	118	7,3	27,6
Agosto	21,8	24,2	8	53	108	6,3	27,1
Septiembre	18,0	20,7	29	106	46	4,9	22,3
Octubre	13,0	15,1	93	223	5	3,0	15,4
Noviembre	7,1	8,9	237	386	0	1,9	8,9
Diciembre	4,2	5,6	334	489	0	1,5	5,2

Tabla 2. Condiciones climáticas exteriores de proyecto para Valladolid capital.

Table 2. External climatic conditions for projects in the city of Valladolid.

Después, tendremos que dirigirnos a nuestro proyecto para consultar los detalles constructivos y poder calcular la transmitancia térmica de cada tipo de cerramiento. Con este dato y las dimensiones de cada elemento (fachadas, cubierta, forjado, puertas, ventanas) obtendremos la transmitancia de cada parte de la envolvente. Para simplificar, esa información se nos da como dato en este ejemplo.

Afterwards, we will have to turn to our design to consult the constructive details so that we are able to calculate the thermal transmittance for each type of envelope. With this piece of information and the measurements of each element (façades, roof, slab, door, windows) we will obtain the transmittance for every part of the envelope. In order to simplify, that information will be given as data in this example.

Con todos estos datos, calculamos las pérdidas térmicas que se producen por transmisión a través de la envolvente. La ecuación que nos va a dar este valor es:

With all these data, we calculate the thermal losses produced by transmission through the envelope. The equation that will give us these values is:

$$P_t = \sum S_n \cdot U_n \cdot (T_{int} - T_{ext}) \cdot f_2$$

$$P_t = \sum S_n \cdot U_n \cdot (T_{int} - T_{ext}) \cdot f_2$$

S_n: superficie del cerramiento a considerar (m²)

S_n: area of the envelope we are considering (m²)

U_n: su transmitancia (W/m²·K)

U_n: its transmittance (W/m²·K)

T_{int} y T_{ext}: temperaturas interior y exterior, respectivamente.

T_{int} and T_{ext}: internal and external temperatures, respectively

f₂: factor de corrección del salto térmico obtenido de la UNE-EN 12831:2003.

f₂: correction factor of the thermal gap obtained from the norm UNE-EN 12831:2003.

	CERRAMIENTO ENVELOPE	U (W/m²K)	S_n (m²)	f₂	f₂ · S_n · U	T_{int}	T_{ext}	P_t (W)	
SALÓN LIVING ROOM	Muro Oeste. West wall	0,203	14,85	1,00	3,01	23,0	-2,8	77,78	954,82
	Muro Sur. South wall	0,203	15,52	1,00	3,15	23,0	-2,8	81,28	
	Muro Este. East wall	0,023	5,41	1,00	0,12	23,0	-2,8	3,21	
	Techo. Roof	0,278	18,59	1,00	5,17	23,0	-2,8	133,33	
	Suelo. Floor	0,280	18,59	0,90	4,82	23,0	-2,8	124,32	
	Puerta de entrada. Entrance door	2,200	2,05	1,00	4,51	23,0	-2,8	116,36	
	Ventana salón. Living room window	2,700	6,02	1,00	16,25	23,0	-2,8	419,35	
DORMITORIO BEDROOM	Muro Oeste. West wall	0,203	7,78	1,00	1,58	23,0	-2,8	40,75	417,93
	Muro Norte. North wall	0,203	17,57	1,00	3,57	23,0	-2,8	92,02	
	Muro Este. East wall	0,203	12,70	1,00	2,58	23,0	-2,8	66,51	
	Techo. Roof	0,278	15,99	1,00	4,45	23,0	-2,8	114,69	
	Suelo. Floor	0,280	15,99	0,90	4,00	23,0	-2,8	103,22	
	Ventana dormitorio. Bedroom window	2,700	4,93	1,00	13,31	23,0	-2,8	343,42	
BAÑO BATHROOM	Muro Este. East wall	0,212	6,24	1,00	1,32	23,0	-2,8	34,13	78,63
	Techo. Roof	0,278	3,20	1,00	0,89	23,0	-2,8	22,95	
	Suelo. Floor	0,290	3,20	0,90	0,87	23,0	-2,8	22,37	
COCINA KITCHEN	Muro Este. East wall	0,212	5,73	1,00	1,21	23,0	-2,8	31,34	336,07
	Techo. Roof	0,278	4,94	1,00	1,37	23,0	-2,8	35,43	
	Suelo. Floor	0,290	4,94	0,90	1,34	23,0	-2,8	34,53	
	Ventana cocina. Kitchen window	2,700	3,42	1,00	9,23	23,0	-2,8	238,24	

Tabla 3. Cálculo de las pérdidas térmicas por transmisión.

Table 3. Calculation of thermal losses by transmission.

Las pérdidas térmicas por ventilación no dependen de los cerramientos, sino de otros factores. En dormitorios y zonas de estar, el caudal de ventilación necesario depende de la cantidad de personas que se proyecta que van a ocupar la estancia. En baños, se establece una medida estándar de 15l/s por cada local. En las cocinas, el caudal depende de la superficie útil del local.

The thermal losses by ventilation do not depend on the envelope, but on other factors. In bedrooms and living rooms, the necessary ventilation flow depends on the amount of people that we foresee will occupy the space. For bathrooms, a standard value of 15l/s is established for each of them. In kitchens, the flow depends on the usable surface of the room.

HABITACIÓN ROOM	DORMITORIO BEDROOM	SALÓN LIVING ROOM	COCINA KITCHEN	BAÑO BATHROOM		
Nº PERSONAS NUMBER OF PEOPLE	2	2	-	-		
SUPERFICIE ÚTIL (m ²) USABLE SURFACE (m ²)	-	-	3,3	-		
CAUDALES VENTILATION FLOW (l/s)	unitario unit	5	3	-2	-15	
	mínimo minimum	10	6	-6,6	-15	-5,6
	equilibrio balance	10	11,6	-6,6	-15	0

Tabla 4. Cálculo del caudal por ventilación.

Table 4. Calculation of the ventilation air flow.

Debe existir un equilibrio entre el aire que introducimos (dormitorio y salón) y el aire que extraemos (baño y cocina). En este caso comprobamos que el caudal de aire extraído es superior al caudal mínimo que debemos introducir, por lo que se aumenta el caudal del salón para lograr ese equilibrio.

Balance must exist between the air that we put in (bedroom and living room) and the air that we take out (bathroom and kitchen). In this case we can see that the extracted air flow is higher than the minimum flow that we must put in, so we increase the ventilation flow of the living room to achieve that balance.

Las pérdidas por ventilación se calculan con la expresión:

Losses by ventilation are calculated with the expression:

$$P_v = 0,34 \cdot Q_n \cdot (T_{int} - T_{ext})$$

$$P_v = 0,34 \cdot Q_n \cdot (T_{int} - T_{ext})$$

Q_n : caudal de admisión (l/s)

Q_n : admission flow (l/s)

T_{int} y T_{ext} : temperaturas interior y exterior, respectivamente.

T_{int} and T_{ext} : internal and external temperatures, respectively.

	CAUDAL DE ADMISIÓN ADMISSION VENTILATION FLOW (m ³ /h)	T_{int} (°C)	T_{ext} (°C)	P_v (W)
DORMITORIO BEDROOM	36,00	23	-2,8	315,79
SALÓN LIVING ROOM	41,76	23	-2,8	366,32
COCINA KITCHEN	23,76	23	-2,8	208,42
BAÑO BATHROOM	54,00	23	-2,8	473,69

Tabla 5. Cálculo de las pérdidas térmicas por ventilación.

Table 5. Calculation of thermal losses by ventilation.

Como hemos dicho antes, las pérdidas térmicas totales son la suma de las pérdidas por transmisión más las de ventilación:

As we said before, the total thermal losses are the addition of the transmission losses plus the ventilation ones:

$$P_{TOT} = (P_T + P_v) \cdot f_1$$

$$P_{TOTAL} = (P_T + P_v) \cdot f_1$$

El factor f_1 depende de si todas las estancias del edificio están a la misma temperatura. En este caso consideraremos que sí, por lo que $f_1=1$.

The f_1 factor depends on whether all the rooms in the building have the same inside temperature. In this case we consider that they do, so $f_1=1$.

	P_T (W)	P_v (W)	P_{TOTAL} (W)
DORMITORIO BEDROOM	417,93	315,79	733,72
SALÓN LIVING ROOM	954,82	366,32	1321,14
COCINA KITCHEN	336,07	208,42	544,49
BAÑO BATHROOM	78,63	473,69	552,32
TOTAL	1787,45	1364,22	3151,67

Tabla 6. Cálculo de las pérdidas térmicas totales.

Table 6. Calculation of total thermal losses.

Ahora tenemos definida la cantidad de energía calorífica que necesitamos aportar a cada estancia para poder mantener en el interior esa temperatura de confort de 23°C.

Now we have defined the amount of calorific energy that we need to put in for each room in order to maintain on the inside that comfort temperature of 23°C.

Pérdidas totales de una estancia = Potencia del radiador de esa estancia
Total thermal losses of a room = Power of the radiator in the room

2.2.4.1. DIMENSIONADO DE INSTALACIÓN MONOTUBO.

2.2.4.1. DIMENSIONING OF A MONOTUBE INSTALLATION.

En la instalación monotubo, el caudal se mantiene constante porque hay un único tubo que une todos los radiadores. Lo que va variando es la temperatura de entrada del agua a cada radiador, porque va cediendo calor al ambiente en cada uno de ellos y, por tanto, la temperatura va descendiendo.

In the monotube installation, the water flow remains constant because there is only one pipe which joins all the radiators. What varies is the entrance temperature of the water to each radiator because it slowly transfers heat to the room in each of them and, therefore, the temperature decreases progressively.

Consideraremos que el agua sale de la caldera a 80°C y regresa a 60°C. Tenemos entonces un salto térmico total de 20°C. Como podemos ver en la siguiente tabla, la temperatura del agua que entra a cada radiador, exceptuando el primero, se corresponde a la temperatura a la que sale del radiador anterior, tras haber cedido el calor necesario.

We will consider that the water comes out of the boiler at 80°C and returns at 60°C. We then have a total thermal gap of 20°C. As we can see in the following table, the temperature of the water that goes into each radiator, except the first one, is the same as the temperature of the water that comes out of the previous radiator, after having given out the necessary heat.

RECINTO ROOM	P _n (KW)	P _{total} (KW)	ΔT _{total}	T _e - T _s	T _e	T _s	T _m	T _{recinto}	ΔT _{recinto}
SALÓN LIVING ROOM	1,321	3,151	20,00	8,385	80,00	71,62	75,81	23,00	52,81
COCINA KITCHEN	0,544		20,00	3,453	71,62	68,16	69,89	23,00	46,89
DORMITORIO BEDROOM	0,734		20,00	4,659	68,16	63,50	65,83	23,00	42,83
BAÑO BATHROOM	0,552		20,00	3,504	63,50	60,00	61,75	23,00	38,75

Tabla 7. Caudal y temperatura de entrada del agua en instalación monotubo.

Table 7. Water flow and entrance temperature of water in monotube installation.

P_n : potencia del radiador de cada estancia, es el calor que debemos aportar.
 T_e : temperatura de entrada del agua a cada radiador.
 T_s : temperatura de salida del agua de cada radiador.
 T_e-T_s : diferencia de temperatura entre la entrada y la salida de agua en un radiador.
 T_m : temperatura media del radiador.
 $T_{recinto}$: temperatura interior del local que estamos considerando.
 $\Delta T_{recinto}$: salto térmico del recinto. Es la diferencia de temperatura entre la temperatura media del radiador y la temperatura del aire en el interior del local. En los catálogos de fabricantes, los ensayos se realizan suponiendo un salto térmico en el recinto de 50°C:

$$\frac{75^{\circ}C + 65^{\circ}C}{2} - 20^{\circ}C = 50^{\circ}C$$

Elegimos ahora el modelo de radiador que queremos colocar. En este caso utilizaremos un radiador de aluminio marca Roca, modelo Dubal 60. Como, según podemos ver en la tabla anterior, nuestros recintos no tienen un salto térmico de 50°C, debemos hallar la potencia corregida para cada radiador. Para ello utilizamos la siguiente fórmula:

$$P_{n_{50^{\circ}}} = P_n \left(\frac{50^{\circ}C}{\Delta T_{recinto}} \right)^n$$

n : constante a partir del diseño del radiador, que consideraremos 1'3 si no disponemos de datos más específicos.

P_n : power of each room's radiator, it is the heat we must put in.
 T_e : entrance temperature of the water to each radiator.
 T_s : exit temperature of the water from each radiator.
 T_e-T_s : temperature difference between the entrance and the exit of the water in a radiator.
 T_m : average temperature of the radiator.
 $T_{recinto}$: inside temperature of the room we are considering.
 $\Delta T_{recinto}$: thermal gap of the room. It is the temperature difference between the average temperature of the radiator and the air temperature inside the room. In the manufacturers' catalogues, tests are carried out supposing a thermal gap in the room of 50°C:

$$\frac{75^{\circ}C + 65^{\circ}C}{2} - 20^{\circ}C = 50^{\circ}C$$

We now choose the model of radiator we want to install. In this case we will use an aluminium radiator, brand Roca, model Dubal 60. Seeing that, as we could see in the previous table, our rooms do not have a thermal gap of 50°C, we must calculate the corrected power for each radiator. For that we use the following formula:

$$P_{n_{50^{\circ}}} = P_n \left(\frac{50^{\circ}C}{\Delta T_{room}} \right)^n$$

n : constant depending on the design of the radiator, which we will consider 1'3 if we do not have more specific data.

RECINTO ROOM	P_n (KW)	$\Delta T_{recinto}$	$P_{equivalente}$ ($\Delta T=50^{\circ}$) $P_{n_{50^{\circ}}}$	MODELO MODEL	$P_{elemento}$ $P_{elemento}$ (KW)	NÚMERO DE ELEMENTOS NUMBER OF ELEMENTS	ELEMENTOS REALES REAL ELEMENTS	CAUDAL DEL CIRCUITO WATER FLOW OF THE CIRCUIT (l/h)
SALÓN LIVING ROOM	1,321	52,80	1,231	DUBAL 60	0,120	10,256	11	138,46
COCINA KITCHEN	0,544	46,82	0,593	DUBAL 60	0,120	4,938	5	
DORMITORIO BEDROOM	0,734	42,83	0,898	DUBAL 60	0,120	7,480	8	
BAÑO BATHROOM	0,552	38,82	0,767	DUBAL 60	0,120	6,392	7	

Tabla 8. Cálculo de radiadores con instalación monotubo.

Table 8. Calculation of radiators with monotube installation.

Según el catálogo de Roca, el modelo de radiador escogido tiene una potencia de 0'12KW por elemento, lo cual nos sirve para calcular el número de elementos que necesitaremos para aportar el calor requerido por los cálculos anteriores. El caudal del circuito, como se ha comentado previamente, se mantiene constante en todo el circuito.

De modo que, con una instalación de calefacción por agua caliente a alta temperatura mediante radiadores, con un trazado monotubo y una temperatura de impulsión de la caldera de 80°C y un retorno a 60°C, necesitaremos once elementos en el radiador del salón, cinco en el de la cocina, ocho en el del dormitorio y siete en el del baño.

2.2.4.2. DIMENSIONADO DE INSTALACIÓN BITUBO.

En la instalación bitubo, lo que se mantiene constante es la temperatura de entrada del agua a todos los radiadores, ya que están conectados al circuito en paralelo, no en serie. El caudal, sin embargo, va disminuyendo a medida que avanzamos por la tubería de ida porque se va reduciendo el número de radiadores a los que hay que suministrar, mientras que el caudal de retorno aumenta a medida que regresamos a la caldera.

Tomando las mismas premisas que en el caso anterior, en la instalación bitubo obtenemos los siguientes datos:

According to the Roca catalogue, the chosen model of radiator has a power of 0'12KW for each element, which serves us to calculate how many elements we will need to put in the heat required by the previous calculations. The circuit's water flow, as we have previously, is maintained a constant throughout the whole circuit.

In conclusion, with a high temperature hot water heating installation by means of radiators, with a monotube layout and a propulsion temperature of 80°C from the boiler and a return temperature of 60°C, we will need eleven elements in the living room's radiator, five in the kitchen's, eight in the bedroom's and seven in the bathroom's.

2.2.4.2. DIMENSIONING OF A BITUBE INSTALLATION.

In the bitube installation, what remains a constant is the entrance temperature of the water to all the radiators, as they are connected to the circuit in parallel, not serially. The water flow, however, slowly decreases as we move along the feeder pipe because the number of radiators that we need to supply lowers, while the return flow increases as we return to the boiler.

Taking the same assumptions as in the previous case, in the bitube installation we obtain the following data:

RECINTO ROOM	P _n (KW)	P _{total} (KW)	ΔT _{total}	T _e - T _s	T _e	T _s	T _m	T _{recinto}	ΔT _{recinto}
SALÓN LIVING ROOM	1,321	3,151	20,00	8,385	80,00	71,62	75,81	23,00	52,81
COCINA KITCHEN	0,544		20,00	3,453	80,00	76,55	78,27	23,00	55,27
DORMITORIO BEDROOM	0,734		20,00	4,659	80,00	75,34	77,67	23,00	54,67
BAÑO BATHROOM	0,552		20,00	3,504	80,00	76,50	78,25	23,00	55,25

Tabla 9. Caudal y temperatura de entrada del agua en instalación bitubo.

Table 9. Water flow and entrance temperature of water in bitube installation.

Como podemos ver en la tabla, la temperatura de entrada del agua a cada radiador se mantiene constante. A continuación, y utilizando el mismo modelo de radiador que antes, calculamos la potencia corregida de cada uno de ellos y los elementos reales que necesitamos:

As we can see in the table, the entrance temperature of the water to each radiator remains a constant. Now, and using the same model of radiator as before, we calculate the corrected power for each of them and the real elements that we need:

RECINTO ROOM	P_n (KW)	$\Delta T_{recinto}$	$P_{equivalente}$ ($\Delta T=50^\circ$) P_{n50°	MODELO MODEL	$P_{elemento}$ $P_{elemento}$ (KW)	NÚMERO DE ELEMENTOS NUMBER OF ELEMENTS	ELEMENTOS REALES REAL ELEMENTS	CAUDAL DEL CIRCUITO WATER FLOW OF THE CIRCUIT (l/h)	CAUDAL DERIVADO DERIVED WATER FLOW (l/h)
SALÓN LIVING ROOM	1,321	52,80	1,231	DUBAL 60	0,120	10,256	11	138,46	58,05
COCINA KITCHEN	0,544	55,21	0,478	DUBAL 60	0,120	3,985	5		23,90
DORMITORIO BEDROOM	0,734	54,80	0,652	DUBAL 60	0,120	5,430	5		32,25
BANO BATHROOM	0,552	55,18	0,486	DUBAL 60	0,120	4,047	5		24,26

Tabla 10. Cálculo de radiadores con instalación bitubo.

Table 10. calculation of radiators with bitube installation

Mediante un sencillo cálculo de proporciones respecto a la potencia total de la planta y el caudal total del circuito, podremos averiguar el caudal que se deriva a cada radiador a lo largo de la instalación para poder dimensionar los tramos de tuberías.

With a simple calculation of proportions in relation to the total power of the floor and the total water flow of the circuit, we will be able to find out the water flow that is derived to each radiator along the installation so that we can dimension the sections of pipes.

En el mismo edificio y con las mismas necesidades caloríficas, con una instalación de calefacción por agua caliente a alta temperatura mediante radiadores, con un trazado bitubo y una temperatura de impulsión de la caldera de 80°C y un retorno a 60°C, necesitaremos once elementos para el radiador del salón, cinco para el de la cocina, cinco para el del dormitorio y cinco para el del baño.

In the same building and with the same calorific necessities, with a high temperature hot water heating installation by means of radiators, with a bitube layout and a propulsion temperature of 80°C from the boiler and a return temperature of 60°C, we will need eleven elements for the living room's radiator, five for the kitchen's, five for the bedroom's and five for the bathroom's.

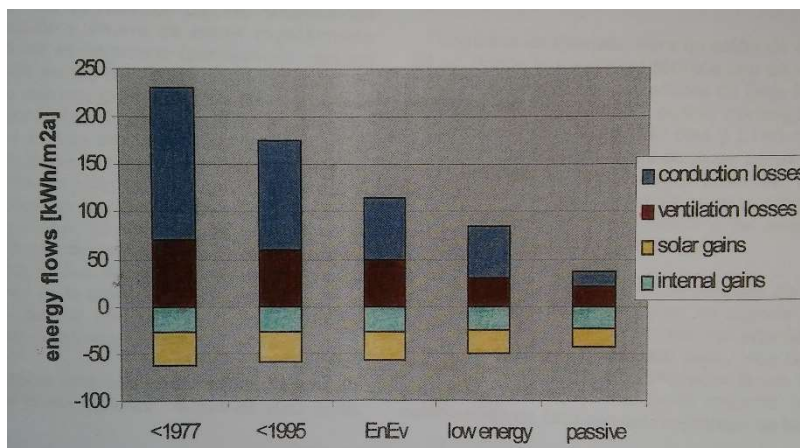


Gráfico 2. Evolución histórica de las pérdidas y ganancias térmicas que se producen en los edificios.

Graph 2. Historic evolution of the thermal losses and gains that take place in buildings.

2.3. RADIADORES PARA CALEFACCIÓN POR AGUA CALIENTE.

Un emisor es un elemento caliente que cede calor al ambiente para calentar la estancia en la que se encuentra. Los radiadores son los emisores más comúnmente utilizados, de modo que un radiador es un intercambiador de calor que transfiere calor del agua de la instalación al aire del ambiente.

Si queremos lograr el mejor funcionamiento posible del radiador que vamos a instalar, existen una serie de buenas prácticas que conviene tener presentes, comenzando por la localización. En primer lugar, siempre que sea posible colocaremos el radiador en la pared más fría de la sala, a menudo bajo las ventanas. De esta forma, conseguiremos una temperatura ambiente más uniforme. Además, los radiadores funcionan principalmente no por radiación, sino por convección, por lo que no deberíamos colocarlos bajo repisas que obstruyan la formación de corrientes de convección naturales, las cuales distribuyen el aire caliente por todo el local. En caso de que el diseño del edificio incluya nichos en los que colocar los radiadores, es preferible que la cara superior de los huecos tenga una inclinación ascendente hacia el interior de la habitación para facilitar la circulación de aire por convección. Por último, no es bueno para el correcto funcionamiento del radiador que lo cubramos, con ropa mojada, por ejemplo, porque evitamos que el calor se disperse fácilmente.

En cuanto al proceso de instalación de los propios radiadores, en las instalaciones de calefacción bitubo conviene colocar la entrada de agua por un extremo superior del radiador y la salida por el extremo inferior opuesto. En las instalaciones monotubo, como sólo existe un punto de conexión del radiador a la red, ésta se suele realizar con llaves especiales de tres vías llamadas llaves monotubo, las cuales permiten la entrada del agua al radiador y la salida de la misma hacia el siguiente del circuito. Los radiadores tienen, además, una llave de doble reglaje que permite regular el caudal que entra en cada radiador. Una vez montada la instalación, el instalador hace una

2.3. RADIATORS FOR HOT WATER HEATING.

An emitting device is a hot element that transfers heat to the air in order to heat up the room in which it can be found. Radiators are the most commonly used emitting devices, so a radiator is a heat exchanger which transfers heat from the water inside the installation to the air in the room.

If we want to obtain the best performance possible from the radiator that we are going to install, there exist a series of good practices that is convenient to keep in mind, starting with the location. In the first place, if it is possible we will place the radiator on the coldest wall of the room, usually under the windows. This way, we will obtain a more uniform room temperature. Besides, radiators work mainly not by radiation, but by convection, so we should not place them under ledges that would block the formation of natural convection currents, which distribute the hot air all around the room. In case the design of the building includes niches in which to place the radiators, it is preferable that the top face of the niches has an ascending inclination towards the inside of the room in order to make the circulation of air by convection easier. Lastly, it is not good for the correct functioning of the radiator that we cover them up, with wet clothes, for example, because we stop the heat from dispersing easily.

As for the installation process of the actual radiators, in bitube heating installations, it is convenient to place the entrance of the water on one of the top corners of the radiator and the exit on the opposite corner at the bottom. In monotube installations, as there is only one connecting point of the radiator to the network, this is executed with special three-way valves called monotube valves, which allow the entrance of the water inside the radiator and its exit towards the next one in the circuit. Radiators have, besides, a double-adjustment valve which allows to adjust the water flow that enters each radiator. Once the installation is set up, the installer makes a primary adjustment according to the calculations of the project and limits the opening of the valve. Afterwards, the user will be able to make secondary adjustments by opening or closing the valve. The

regulación primaria de acuerdo a los cálculos de proyecto y limita la abertura de la llave. Posteriormente, el usuario podrá hacer regulaciones secundarias abriendo o cerrando la llave. El detentor de un radiador permite aislarlo del resto de la red para desmontarlo sin necesidad de vaciar toda la instalación.

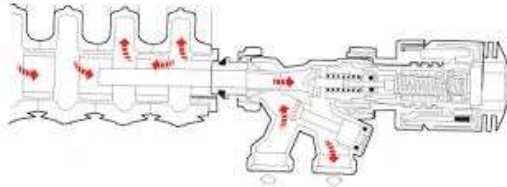


Figura 10. Funcionamiento de una llave monotubo.

Figure 10. Functioning of a monotube valve.

A lo largo de la historia se han ido utilizando distintos materiales para fabricar radiadores, cada uno con sus propias características, ventajas e inconvenientes. Hoy en día podemos encontrarlos todos en diversos edificios, según la antigüedad de la instalación. En nuestro proyecto podremos elegir los que más se adecúen a las condiciones arquitectónicas y la estética general del diseño interior.

2.3.1. RADIADORES DE HIERRO FUNDIDO.

Los radiadores de hierro fundido aparecen en las residencias de la alta sociedad de finales del siglo XIX y aún los encontramos funcionando en muchos edificios actualmente. Son radiadores robustos y presentan una buena resistencia mecánica y ante la corrosión, lo que garantiza una larga durabilidad. El principal problema que tienen es que son grandes y pesados, con grandes cantidades de agua en su interior, lo cual, tal y como vimos previamente, les confiere una gran inercia térmica. Esto hace que continúen emitiendo calor incluso tiempo después de haber apagado la caldera, pero imposibilita su uso cuando necesitamos una respuesta inmediata de la instalación porque no les da tiempo a calentarse. Por eso no son adecuados para las instalaciones de calefacción por agua

lockshield valve of a radiator allows to isolate it from the rest of the network in order to take it down without having to empty the whole installation.

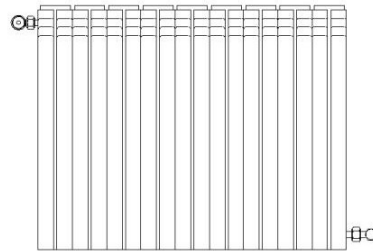


Figura 11. Radiador en instalación bitubo con conexiones típicas a la red.

Figure 11. Radiator in a bitube installation with typical connections to the network.

Throughout history, different materials have been used to make radiators, each one with their own characteristics, advantages and disadvantages. Nowadays we can find all of them in different buildings, according to the age of the installation. In our project we will be able to choose the ones that better fit the architectonic conditions and the general aesthetic of the interior design.

2.3.1. MOLTEN IRON RADIATORS.

Molten iron radiators appear in the housing of the high society at the end of the nineteenth century and we still find them working in many buildings nowadays. They are hardy radiators and present a good mechanical and corrosion resistance, which guarantees a long durability. Their main problem is that they are big and heavy, with large amounts of water inside them, which, as we saw previously, gives them great thermal inertia. This makes them continue emitting heat even some time after the boiler has been turned off, but it makes their use impossible when we need a quick response time of the installation because they have no time to warm up. That is why they are not adequate for low temperature hot water installations, in which the time response is key.

caliente a baja temperatura, en las que la velocidad de reacción es clave.

Encontramos este tipo de radiadores tanto en el ámbito residencial como en grandes edificios públicos debido a la versatilidad de su diseño. En función del proyecto y de los condicionantes del entorno, podremos variar el número de columnas de los elementos desde dos hasta seis, así como su altura, que podemos reducir hasta 30cm. Esto nos permite incorporar los radiadores incluso bajo grandes ventanales y detrás de puertas. Para cumplir con las necesidades caloríficas de la estancia, se unen los elementos que hagan falta mediante manguitos roscados y juntas de estanqueidad hasta conseguir un radiador que las satisfaga.

Figura 12. Ejemplos de radiadores de hierro fundido.

Figure 12. Molten iron radiator examples

We find this type of radiators both in the residential sector and in big public buildings due to the versatility of their design. Depending on the project and the surrounding's determinants, we can vary the number of columns of the elements from two to six, as well as its height, which we can reduce down to 30cm. This allows us to place the radiators even below large windows and behind doors. In order to accomplish the calorific necessities of the room, we can join the elements that we need with threaded sleeves and water-tight seals until we get a radiator that meets them.



2.3.2. RADIADORES DE ALUMINIO.

Se comienzan a instalar a finales del siglo XX y actualmente son los más utilizados y en los que más tiempo y recursos de investigación se invierte para su desarrollo y mejora. El aluminio tiene menor densidad que el hierro fundido, por lo que estos radiadores son mucho más ligeros que los primeros y, consecuentemente, más baratos. Además, tienen un menor contenido de agua en su interior, por lo que poseen menor inercia térmica y una velocidad de reacción mayor. Por el contrario, presentan una resistencia mecánica inferior y vulnerabilidad ante sales que pueda contener el agua que circula por su interior.

El aluminio tiene un coeficiente de radiación muy bajo que hace que estos radiadores funcionen fundamentalmente por convección. Dependiendo de la marca y modelo podemos encontrar que tengan más o menos aletas, aunque lo habitual es que tenga entre cuatro y seis. El diseño exterior de los elementos puede variar mucho de unos modelos a otros. Los elementos se unen mediante soldadura o con manguitos roscados, los cuales deben

2.3.2. ALUMINIUM RADIATORS.

They started being installed at the end of the twentieth century and they are the most commonly used and the ones in which more investigation time and resources are invested for their development and improvement. Aluminium has a lower density than molten iron, so these radiators are much lighter and, consequently, cheaper. Besides, they have a lower water content inside them, so they have lower thermal inertia and a quicker time response. On the contrary, they present an inferior mechanical resistance and they are vulnerable to salts that the water circulating inside them may contain.

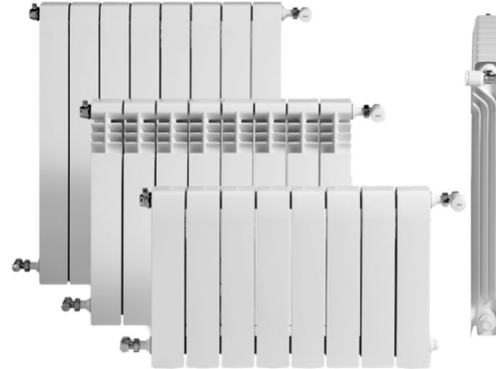
Aluminium has a very low radiation coefficient that makes these radiators work essentially by convection. Depending on the brand and the model, we can find that they have more or less plates, although it is usual that they have between four and six. The outside design can vary a lot from one model to another. Elements are joined by welding or threaded sleeves, which must be made of the same aluminium as the radiator in order to avoid breaks provoked by

estar fabricados del mismo aluminio que el propio radiador para evitar roturas provocadas por un coeficiente de dilatación térmica diferente. Al igual que con los de hierro fundido, los podemos encontrar de alturas reducidas para adaptarse a los elementos arquitectónicos, aunque en este caso también los hay altos y esbeltos con fines estéticos.

different thermal dilatation coefficients. As with the molten iron radiators, we can find reduced heights to adapt them to the architectural elements, although in this case, there are also tall and slender ones with aesthetic purposes.

Figura 13. Ejemplos de radiadores de aluminio.

Figure 13. Aluminium radiator examples



2.3.3. RADIADORES DE CHAPA DE ACERO.

Son una evolución de los radiadores de hierro fundido y se asemejan a ellos en apariencia exterior, aunque no llegaron a tener la popularidad de estos. De hecho, veremos que en el trabajo de campo apenas se han encontrado casos de este material. Se fabrican con chapa de 1'25mm de espesor, con lo cual tienen las paredes mucho más finas y pesan menos que los de hierro fundido. Asimismo, también observamos menor inercia térmica, por lo que se calientan (y enfrían) más rápidamente. Como inconveniente presentan una menor resistencia a la corrosión, lo cual reduce su durabilidad.

Los radiadores de chapa de acero podemos encontrarlos en forma de radiador convencional, formado por elementos de varias columnas (dos o tres, generalmente) o en forma de panel. Los primeros tienen altura variable y vienen montados en bloques de dos a veinte elementos, unidos mediante soldadura. Los segundos se fabrican con medidas fijas, pudiendo elegir entre varios tamaños, y tienen la ventaja de su simplicidad y limpieza estética, además de su reducido espesor. Pueden estar compuestos por uno o dos paneles de chapa de acero, según requieran las exigencias caloríficas del local.

2.3.3. STEEL PLATE RADIATORS.

They are an evolution of the molten iron radiators and they are similar to them in external appearance, although they did not reach their popularity. In fact, we will see in the field work that we have hardly found study cases made of this material. They are made with a 1'25mm thick plate, so their walls are much thinner and they are lighter than the molten iron ones. Additionally, they also have a lower thermal inertia, so they heat up (and cool down) much more quickly. As a disadvantage, they present a lower corrosion resistance, which reduces their durability.

Steel plate radiators can be found in the shape of a conventional radiator, formed by elements of several columns (two or three, generally), or in the shape of panels. The first ones have variable height and arrive assembled in blocks from two to twenty elements, joined by welding. The second ones are made with fixed dimensions, being able to choose among several sizes, and they have the advantage of their simplicity and aesthetic cleanliness, besides their reduced thickness. They can be formed by one or two steel plate panels, depending on the calorific demands of the room.



Figura 14 y 15. Ejemplos de paneles y radiadores de chapa de acero.

Figure 14 and 15. Steel plate panel and radiator examples

2.3.4. OTROS TIPOS.

Recientemente está ganando popularidad el radiador toallero. Este es un radiador especial pensado para las necesidades particulares del cuarto de baño. Está compuesto por tubos de acero horizontales, con huecos a cierta altura para poder colocar ahí y secar o calentar las toallas. Así ampliamos la funcionalidad del radiador, aportando un uso a mayores. Debido a su diseño alargado en vertical, los radiadores toalleros son, por lo general, los elementos más elevados de la instalación y los puntos donde se suele acumular aire que entorpece la correcta circulación del agua por la misma y dificulta su funcionamiento. Es conveniente purgar frecuentemente este tipo de radiadores.

2.3.4. OTHER TYPES.

Recently, the towel radiator is gaining popularity. This is a special radiator specially thought for the particular necessities of the bathroom. It is made of horizontal steel tubes, with spaces at a certain height in order to hang up there and dry or warm up towels. That way we widen the functionality of the radiator, providing an extra use. Due to their lengthened vertical design, towel radiators are, generally, the highest elements in the installation and the spots where it is common for air to accumulate, slowing down the correct circulation of water around it and complicating its functioning. It is convenient to purge this type of radiators frequently.



Figuras 16 y 17. Ejemplos de radiadores toalleros.

Figures 16 and 17. Towel radiator examples



Por último, también podemos mencionar que algunos fabricantes han comenzado a comercializar radiadores de diseño que no sólo cumplan con la función de calentar la estancia en la que se encuentran, sino que consigan integrarse en la decoración del edificio. Entre ellos destacan las empresas Runtal y Zehnder Group. Estas líneas de investigación estética buscan cambiar la visión de los emisores de las instalaciones de calefacción como piezas meramente necesarias y que debamos ocultar o disimular siempre que sea posible, convirtiéndolos en elementos que caracterizan el espacio como cualquier otro componente arquitectónico.

Lastly, we can also mention that some manufacturers have started to commercialize design radiators that not only accomplish their function of heating up the room in which they are placed, but also achieve to fit in the decoration of the building. Among them we can point out Runtal and Zehnder Group. These lines of aesthetic investigation look for a change in the vision of emitting devices in heating installations as mere necessary pieces that we need to hide or disguise provided that it is possible, turning them into elements that characterize the space like any other architectonic component.



Figuras 18 y 19. Ejemplos de radiadores de diseño.
Runtal (izquierda) y Zehnder Group (arriba).

*Figures 18 and 19. Design radiator examples.
Runtal (left) and Zehnder Group (above).*

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE
RADIADORES EN INSTALACIONES DE
CALEFACCIÓN POR AGUA CALIENTE

*STUDY OF THE BEHAVIOUR OF
RADIATORS IN HOT WATER HEATING
INSTALLATIONS.*

A large, stylized red number '3' is centered within a gray square. The number has a thick, rounded font style with a slight shadow or depth effect.

3.1. ORIGEN Y PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.

Como se ha mencionado en la introducción, este Trabajo de Fin de Grado tiene como base los descubrimientos realizados en la investigación llevada a cabo para la Beca de Colaboración del Consejo Social ofertada por la Universidad de Valladolid.

En dicha investigación, el objetivo era estudiar el comportamiento de los radiadores en instalaciones de agua caliente. Buscábamos diferenciar aquellos que presentaban un comportamiento uniforme de aquellos que, por el contrario, presentaban alguna patología que repercutía en la disipación uniforme del calor por la superficie del radiador. En esos casos, el comportamiento del radiador diferiría del que se supuso en el cálculo de la instalación, lo cual podía afectar al confort de los ocupantes, además de suponer un mayor tiempo hasta alcanzar la temperatura ambiente interior adecuada. También se podría hablar de un sobredimensionado de la instalación y de derroche de recursos en la fabricación de elementos que no están funcionando.

La resolución de dichas becas de colaboración coincidió a finales del año 2017 y en pleno invierno en una ciudad como Valladolid, donde estamos acostumbrados a temperaturas exteriores mínimas inferiores a 0°C. Por tanto, se daban las condiciones idóneas para desarrollar esta investigación. Se estableció en quinientos el número de casos de estudio necesarios para poder realizar comparaciones entre las distintas variables y sacar conclusiones y se aprovechó toda la temporada invernal para realizar el trabajo de campo.

La investigación comprendió un total de doce semanas de trabajo y se dividió en dos fases claramente diferenciadas. La primera de ellas era el trabajo de campo y consistía en la recopilación de datos que posteriormente se analizarían en el Laboratorio de Instalaciones durante la segunda fase.

3.1. ORIGIN AND PROPOSAL OF THE STUDY.

As it has been mentioned in the introduction, the End of Degree Paper has its base on the discoveries made in the investigation carried out for the Collaboration Scholarship offered by the University of Valladolid.

In said investigation, the objective was to study the behaviour of the radiators in hot water heating installations. We searched to differentiate those that presented a uniform behaviour from those which, on the contrary, presented some pathology that had an effect on the uniform dissipation of the heat along the radiator's surface. In those cases, the behaviour of the radiator would differ from the one that was assumed in the installation's calculation, which could affect the users' comfort, besides implying a longer time until the adequate room temperature on the inside is reached. We could also talk about an oversizing of the installation and the waste of resources for the production of elements that are not working.

The resolution of these scholarships turned out to be at the end of the year 2017 and in the middle of winter in a city such as Valladolid, where we are used to external minimum temperatures below 0°C. Therefore, the conditions were ideal to develop this investigation. We established that the number of necessary study cases was five hundred in order to be able to carry out the comparison between the different variables and extract conclusions, and we made the most of the winter season to carry out the field work.

The investigation took up a total of twelve weeks of work and it was divided into two clearly differentiated phases. The first one was the field work and it consisted on the compilation of data that would be analyzed afterwards in the Installations Laboratory during the second phase.

3.2. BASE TÉCNICA DEL ESTUDIO.

3.2.1. LA TERMOGRAFÍA EN LA ARQUITECTURA.

La termografía, o fotografía termográfica, es el pilar fundamental en el que se apoya toda la investigación y el estudio posterior que compone este Trabajo de Fin de Grado. El ser humano puede detectar a simple vista solamente la radiación electromagnética con una longitud de onda perteneciente a la región denominada espectro visible. Esta radiación que podemos ver se llama luz visible. Sin embargo, hay objetos que emiten radiación que no somos capaces de ver porque sus longitudes de onda se encuentran fuera de este espectro, y éste es el caso de la radiación infrarroja, cuya longitud de onda es superior a la de los rayos rojos. Es ésta la que nos interesa para este trabajo.

3.2. TECHNICAL BASE OF THE STUDY.

3.2.1. THERMOGRAPHY IN ARCHITECTURE.

Thermography, or thermographic photography, is the base pillar in which this whole investigation and the afterwards study that put together this End of Degree Paper stand. With our naked eye, human beings are only able to distinguish the electromagnetic radiation with a wavelength within the region known as visible spectrum. This radiation that we can see is called visible light. However, there are objects which emit radiation that we are not able to see because its wavelengths are outside of this spectrum, and this is the case of infrared radiation, whose wavelength is over the red rays' one. This is the one that has an interest for us in this paper.

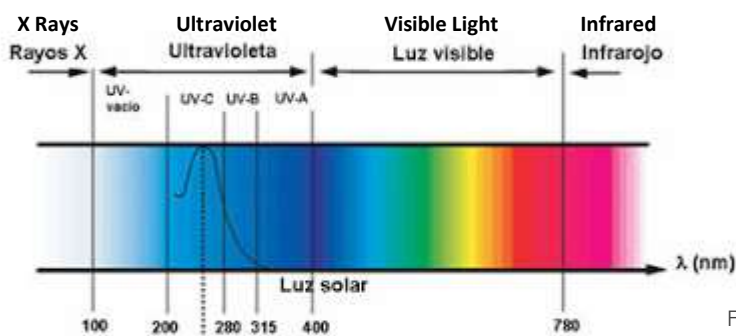


Figura 20. Espectro electromagnético.

Figure 20. Electromagnetic spectrum.

La radiación infrarroja es parte de nuestra vida cotidiana y no poder verla no significa que no podamos percibirla: prácticamente todos los cuerpos emiten, en mayor o menor medida, radiación infrarroja en forma de calor. La termografía es la técnica que nos permite detectar a distancia la radiación infrarroja que emite un cuerpo. Gracias a los avances tecnológicos, hoy en día disponemos de cámaras termográficas que traducen la radiación detectada en valores de temperatura, asociando un color a cada valor. De este modo, la imagen que nos muestra la cámara nos permite ver el calor que está irradiando el cuerpo que deseamos analizar.

Infrared radiation is part of our everyday life and not being able to see it does not mean that we cannot sense it: practically all objects emit, to a greater or lesser extent, infrared radiation in the form of heat. Thermography is the technique which allows us to detect at a distance the infrared radiation that an object is emitting. Thanks to the technologic advances, nowadays we have thermographic cameras that translate the detected radiation into temperature values, associating a color to each value. This way, the image that the camera shows allows us to see the heat that the object we want to analyze is radiating.

Recientemente y cada vez con más éxito, el uso de la termografía se está incorporando al campo de la arquitectura, y, más concretamente, en su mantenimiento y rehabilitación. Se utiliza como método de análisis no destructivo para diagnosticar defectos constructivos y patologías en los edificios. Si bien el uso de esta técnica aumenta el tiempo necesario para ejecutar una inspección de un edificio o una instalación, puede proporcionar información muy útil. Por ejemplo, es posible detectar problemas e incluso su origen, estando estos ocultos a simple vista por los acabados u otros elementos constructivos. Por otro lado, las labores de mantenimiento pueden evolucionar, pasando de ser trabajos de reparación a ser trabajos de prevención. Detectar una anomalía en el comportamiento del edificio o alguno de sus componentes antes de que se convierta en una lesión grave puede reducir los costes y el tiempo de reparación, así como la inconveniencia hacia los usuarios de éste. Además, permite focalizar la intervención exactamente en el área afectada sin necesidad de recurrir a la técnica de ensayo y error.

3.2.1.1. APLICACIÓN EN DETECCIÓN DE PROBLEMAS CONSTRUCTIVOS.

En una inspección, podemos utilizar la termografía para realizar un escaneado de todo el edificio y detectar ganancias o pérdidas térmicas no deseadas a través de la envolvente.

El aislamiento térmico es el material constructivo encargado de evitar esos incrementos o descensos de temperatura que no cumplen con los parámetros de las condiciones de confort de proyecto. Aunque actualmente se está colocando el aislamiento por el exterior del edificio (Sistema de Aislamiento Térmico por Exterior o SATE) en rehabilitaciones de edificios, lo habitual en aquellos en los que sí se incorporó en el proyecto desde el principio es que esté entre la hoja interior y la exterior de la envolvente, por lo que queda oculto. Es posible que en la fase de ejecución de la envolvente, ya sea fachada o cubierta, el aislamiento térmico en ocasiones no se haya ejecutado correctamente. También podemos encontrarnos casos en los que haya sufrido daños a lo largo del tiempo que reduzcan

Recently and more and more successfully, the use of thermography is being incorporated in the field of architecture, and more specifically, in its maintenance and restoration. It is used as a non-destructive analysis method to diagnose constructive defects and pathologies in buildings. Although the use of this technique increases the necessary time to carry out an inspection of a building or an installation, it can give us very useful information. For example, it is possible to detect problems and even their origin despite them being hidden from view by the coating systems or other constructive elements. Furthermore, the maintenance tasks can evolve, turning from repairing works to prevention works. Detecting an anomaly in the behaviour of the building or of one of its components before it becomes a serious injury can reduce the repair costs and time, as well as the inconvenience caused to the users of the building. In addition, it allows to focus the intervention precisely in the affected area without having to resort to the trial and error technique.

3.2.1.1. APPLICATIONS FOR DETECTING CONSTRUCTIVE PROBLEMS.

In an inspection, we can use thermography to carry out a scanning of the building and detect unwanted heat gains or losses through the external enclosure.

The thermal insulation is the constructive material in charge of blocking those temperature increases and decreases which do not meet the designed comfort conditions. Although nowadays we can find that the insulation is being set up on the outside of the building (Thermal Insulation System on the Outside or SATE) in buildings' restorations, the usual situation in those buildings in which insulation was actually included in the project from the beginning would be to find it between the outer and the inner layers of the envelope, so it is hidden. It is possible that in the envelope's execution phase, be it façade or roof, the insulation might sometimes not have been correctly executed. We can also find cases in which it has suffered damage with the passing of time and that it might reduce its effectivity, or even that it might not have been placed at all without the knowledge of

su efectividad o incluso que no se haya colocado sin que el usuario del edificio sea consciente de ello. Las imágenes termográficas del exterior de un edificio nos permiten localizar áreas de fachada o cubierta con el aislamiento defectuoso o inexistente mediante la diferencia de temperatura que se aprecia respecto a superficies que sí están aisladas.

Asimismo, podremos detectar los puntos que supongan un puente térmico a tener en cuenta. Los puentes térmicos se encuentran generalmente en zonas en las que la estructura del edificio obliga a interrumpir la colocación continua del aislamiento, como pueden ser los frentes de forjado, por ejemplo, y suponen una vía rápida para el flujo de calor del interior al exterior en invierno y del exterior al interior en verano. Las carpinterías solían ser un puente térmico común sobre todo en las metálicas, con una conductividad térmica elevada, aunque esto está disminuyendo debido a la popularización de materiales más aislantes, como el PVC, y la incorporación de roturas de puente térmico en las carpinterías. Sin embargo, otro problema que presentan a menudo estos elementos de la envolvente son las infiltraciones de aire. Esto tiene el mismo efecto que un puente térmico, es decir, incrementa la temperatura interior en verano y la disminuye en invierno mediante un flujo de calor no deseado. Además de generar un mayor gasto energético en climatización, las infiltraciones de aire provocan un ambiente de malestar para los ocupantes debido a las molestas corrientes de aire frío procedentes de ventanas y puertas. Aunque no se pueda medir la cantidad de aire que se filtra ni su temperatura mediante una termografía, sí que podemos detectar una variación de la temperatura en el elemento a través del cual está fluyendo el aire, como puede ser la junta entre la hoja móvil de una ventana y el marco o las aberturas en la caja de la persiana.

the building's user. Thermographic images of the outside of the building allow us to point out façade or roof areas with damaged or non-existing insulation by the difference of temperature that are appreciated when we compare them to surfaces that have been insulated.

Furthermore, we can detect the spots that create a thermal bridge that we should take into consideration. Thermal bridges are usually located in areas where the structure of the building makes us interrupt the continuous layer of insulation, like the front of slabs, for example, and they mean a quick way for the heat flow from the inside to the outside in winter and from the outside to the inside in summer. Glazing used to be a common thermal bridge, especially metal glazing, which have a high thermal conductivity, although this is decreasing due to the popularization of more insulating materials, such as PVC, and the incorporation of systems for thermal bridge breaking in glazing. However, another problem that is commonly caused by these elements are air infiltrations. This has the same effect as a thermal bridge, that is, it increases the internal temperature in summer and decreases it in winter by means of an unwanted heat flow. Besides meaning a higher energetic cost for conditioning, air infiltrations cause an uncomfortable situation for the occupants because of the unpleasant cold air currents coming from the windows and doors. Even though we cannot measure neither the amount of air that comes in nor its temperature with a thermogram, we can detect a variation of the temperature on the element through which the air is flowing, like the joint between the moveable part of a window and its frame, or the openings in the shutter box.

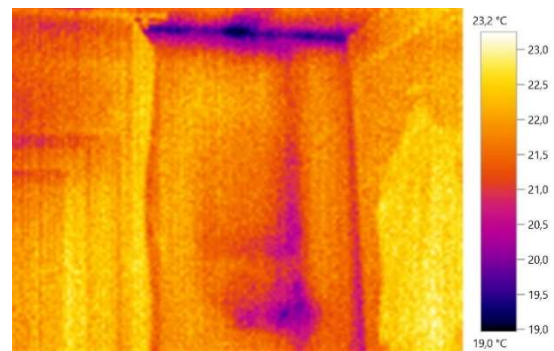
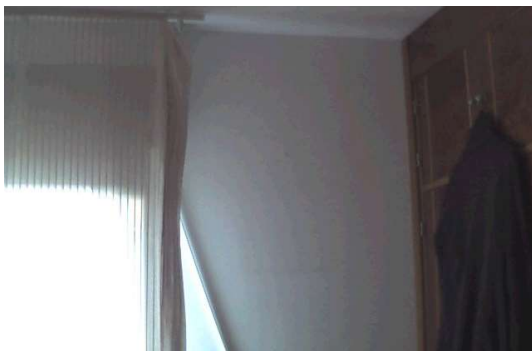
Figura 21. Uso de la termografía para identificar puentes térmicos en los frentes de forjados.

Figure 21. Use of thermography to identify the thermal bridges of the front of slabs.



Por último, no sólo podemos utilizar la tecnología infrarroja para localizar infiltraciones no deseadas de aire, sino también infiltraciones de agua. Es fácil identificar una gotera cuando el agua se manifiesta físicamente en el interior del edificio. El problema es que, debido a la separación constructiva de las funciones de estructura y cerramiento, ahora tenemos envolventes con varias y diversas capas. A menudo, la humedad procedente de una lesión en la cubierta o en la fachada no se manifiesta en la cara interior del acabado, donde podemos identificarla visualmente, hasta pasado mucho tiempo, una vez consigue atravesar todas las capas de la envolvente. A veces ni siquiera se manifiesta en el área donde se originó la lesión, sino que, por ejemplo, el agua discurre por el interior de la fachada y la mancha de humedad aparece en otro punto del edificio. Es posible incluso que no llegue a atravesar todas las capas de la envolvente y se acumule en su interior, provocando daños sin que nadie se dé cuenta. Sin embargo, un material húmedo no absorbe y emite calor de la misma forma que ese mismo material seco, por lo que la termografía desempeña un papel muy importante en este caso, permitiéndonos detectar las humedades ocultas a través del acabado, mediante manchas de temperatura inferior a la del entorno que las rodea.

Lastly, not only can we use infrared technology to locate unwanted air infiltrations, but also water infiltrations. It is easy to identify a leak when the water physically shows up on the inside of the building. The problem is that, due to the constructive separation of the structural and enveloping functions, now we have external enclosures with several different layers. Frequently, dampness coming from a lesion on the roof or on the façade does not appear on the internal face of the finishing coating, where we are able to identify it visually, until a long time has gone by once it finally goes through all the envelope's layers. Sometimes it does not even show up in the area where the lesion originated, but, for example, it flows through the inside of the façade and the water stain appears on another part of the building. It is possible even that it never goes through all the layers of the envelope and it accumulates inside it, provoking damages without anyone realizing it. However, a damp material does not absorb and emit heat in the same way as that same material when it is dry, so thermography plays a very important role in this case, allowing us to detect hidden water through the coating by means of spots with a lower temperature than the one of its surroundings.



Figuras 22 y 23. Identificación de una infiltración de agua que aún no se ha manifestado en el interior.

Figure 22 and 23. Identification of a water infiltration that has not appeared on the inside yet.

3.2.1.2. APLICACIÓN EN INSPECCIÓN DE INSTALACIONES.

Nos vamos a centrar ahora más en el ámbito de las instalaciones y comenzaremos por la instalación eléctrica de un edificio. El uso de termografía en inspecciones nos puede ayudar a detectar problemas que a menudo pasan desapercibidos hasta que se agravan tanto que producen un fallo importante en la instalación eléctrica. Localizar un punto potencialmente problemático antes de que se dé esa situación focaliza los trabajos de mantenimiento y/o reparación y previene daños mayores y más costosos. Sobre todo en grandes edificios, podremos identificar patologías como conexiones defectuosas, cortocircuitos, sobrecargas, desequilibrio de cargas eléctricas o componentes que no se hayan colocado adecuadamente. La cámara termográfica nos ayuda a identificar zonas o elementos que presenten una diferencia de temperatura llamativa de una manera mucho más segura, ya que podremos hacerlo sin entrar en contacto con los elementos que estemos inspeccionando. El sobrecalentamiento de un componente del sistema debido al mal funcionamiento de la instalación puede resultar en derretimientos puntuales o en un fallo eléctrico. Principalmente debemos buscar conexiones que se encuentren a una temperatura superior que las demás, ya que se pueden sobrecalentar debido a que estén demasiado suelta, demasiado prieta o corroída.

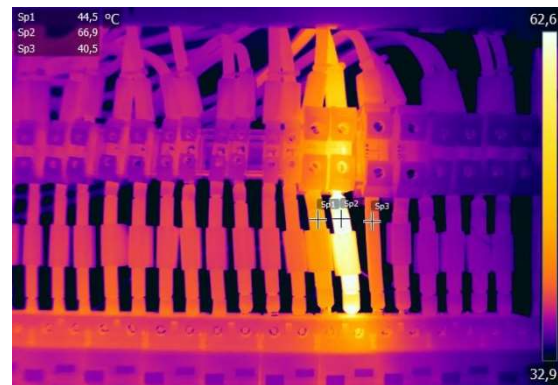
Figura 24. Sobrecalentamiento de cableado eléctrico detectado con termografía.

Figure 24. Overheating of electrical cables detected with thermography.

Además, tenemos también motores eléctricos usados, por ejemplo, para bombas o ventiladores. Estos elementos pueden presentar problemas que también se manifiestan mediante una elevada generación de calor debido a la fricción excesiva no prevista. Entre las causas podríamos encontrarnos con cojinetes defectuosos, una lubricación inadecuada, un uso no apropiado, la acumulación de suciedad en el interior del motor o incluso simplemente el desgaste normal por el propio funcionamiento.

3.2.1.2. APPLICATIONS FOR INSTALLATIONS' AUDITS.

We are now going to focus more on the field of installations and we will start with the electrical installation of a building. The use of thermography in audits can help us detect problems that may frequently go by unnoticed until they have become so serious that they produce an important failure in the electrical installation. Locating a potentially problematic spot before we come to that situation focuses the maintenance and/or repair works and avoids greater and more expensive damages. Especially in large buildings, we can identify pathologies such as faulty connections, short-circuits, electrical overloads, electrical charges imbalance or components that have been inadequately placed. The thermographic camera helps us identify areas or elements which present a conspicuous temperature difference in a much safer way, as we will be able to do so without touching the elements that we are inspecting. The overheating of a component of the system due to the malfunctioning of the installation may result in occasional melting or electrical failure. We will mainly look for connections which have a higher temperature than the others because they may overheat due to them being too loose, too tight or corroded.



Additionally, we also have electric motors which are used, for example, for pumps or ventilators. These elements may present problems that also show up by means of a high heat production due to a non-contemplated excessive friction. Among the causes we could find faulty bearings, inadequate lubrication, inappropriate use, accumulation of dirt inside the motor or even just the ordinary deterioration due to the actual functioning.

En temas de instalaciones que utilizan tuberías de agua caliente, como son las de agua caliente sanitaria y las de calefacción, esta técnica nos puede ayudar a localizar patologías cuando las tuberías estén ocultas por el interior de las paredes, entre el forjado y el falso techo o bajo el pavimento. En muchas ocasiones, estas conducciones no se encuentran a la vista ni en localizaciones registrables. La posibilidad de detectar las diferencias de temperatura a través de los acabados nos permite identificar el trazado de la red y posibles fugas que se hayan producido. De este modo, a la hora de solucionar un problema sabremos exactamente el lugar donde es necesario intervenir.

When we talk about installations that use hot water pipes, like the ones for sanitary hot water and for heating, this technique can help us locate pathologies when the pipes are hidden inside the walls, between the slab and the suspended ceiling or under the pavement. In many occasions, these conductions are neither visible nor in an accessible location. The possibility of detecting the temperature differences through the coatings allows us to identify the layout of the network and the leaks that might have taken place. This way, when it comes to solving a problem we will know precisely the place where it is necessary to intervene.



Figura 25. Trazado de suelo radiante visto con termografía.

Figure 25. Radiant floor layout as seen with thermography.

Es común que las rejillas y los difusores de ventilación, pese a estar a la vista, no se encuentren en una posición fácilmente accesible por altura, por lo que su inspección también se facilita mediante el uso de termografía. Una imagen termográfica de un difusor nos permite apreciar si funciona de forma uniforme o si está total o parcialmente obstruido. A veces no es necesario más que un ajuste o limpieza del elemento. Una rápida identificación de los difusores o rejillas problemáticos aumentan la eficiencia de los trabajos de mantenimiento.

It is common for grilles and ventilation diffusers, despite being in full view, to not be in an easily accessible position because of the height, so their inspection is also made easier by the use of thermography. The thermographic image of a diffuser allows us to appreciate whether it works in a uniform way or it is partially or completely obstructed. Sometimes nothing more is needed than an adjustment or a dusting of the element. A quick identification of problematic grating or diffusers increase the efficiency of the maintenance works.

3.2.2. TECNOLOGÍA INFRARROJA APLICADA AL COMPORTAMIENTO DE RADIADORES.

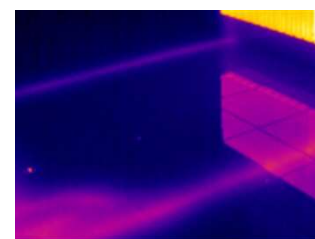
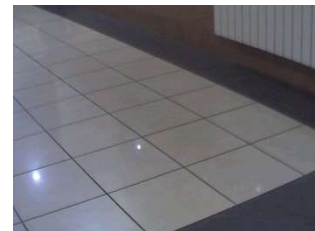
Como hemos visto, la termografía tiene múltiples aplicaciones en el campo de la arquitectura, pero una que aún no se ha llegado a explotar como podría es la inspección de radiadores en sistemas de

3.2.2. INFRARED TECHNOLOGY APPLIED TO THE BEHAVIOUR OF RADIATORS.

As we have seen, thermography has many applications in the field of architecture, but one that has still not been exploited as it could is the inspection of radiators in hot water heating systems. If we

Figuras 26 y 27.
Trazado de tuberías de calefacción bajo el pavimento.

Figures 26 and 27.
Heating pipes layout under the pavement.



calefacción de agua caliente. Si nos limitamos a examinar las conducciones sin fijarnos en los elementos terminales, se nos pueden escapar patologías que restan eficiencia a nuestra instalación. A continuación, explicaremos cómo aplicar esta técnica al objeto de nuestro estudio.

3.2.2.1. HARDWARE. CÁMARA TERMOGRÁFICA.

Como hemos comentado al inicio de esta sección, todo cuerpo emite radiación infrarroja en forma de calor, siempre que se encuentre a una temperatura superior al cero absoluto (que se corresponde aproximadamente a -273°C). Esta tecnología se lleva utilizando unos setenta años, con un origen fundamentalmente militar. Poco a poco su uso se extendió, introduciéndose en campos tan variados como la arqueología o la medicina, y hoy en día las cámaras termográficas se han convertido en instrumentos muy accesibles y versátiles. Una cámara termográfica es un dispositivo que capta la radiación infrarroja que emite un cuerpo a través de un sensor. Este sensor la transforma en señales eléctricas para que se pueda ser procesada y presentada visualmente en una pantalla, elaborando una imagen que muestra la temperatura superficial del objeto que queremos analizar. La imagen resultante, que se llama termograma o fotografía termográfica, es una representación gráfica de la radiación captada. En ella, cada píxel corresponde a una medición de temperatura. La cámara ajusta el rango de temperaturas identificadas al rango de colores del que dispone para poder interpretar fácil y rápidamente la imagen.

La cámara termográfica utilizada en este estudio es una Testo 880, prestada por el Departamento de Instalaciones de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid.

Figura 28. Cámara termográfica Testo 880.

Figure 28. Thermographic camera Testo 880.

only examine the conductions without paying any attention to the final elements, we might not notice pathologies that diminish the efficiency of our installation. Now we will explain how to apply this technique to the object of our study.

3.2.2.1. HARDWARE. THERMOGRAPHIC CAMERA.

As we have commented at the beginning of this section, every object emits infrared radiation in form of heat, as long as it possesses a temperature higher than the absolute zero (which is approximately -273°C). This technology has been used for about seventy years, with a mainly military origin. Step by step, its use expanded, entering fields as varied as archeology or medicine, and nowadays thermographic cameras have turned into very accessible and versatile instruments. A thermographic camera is a device which picks up the infrared radiation that an object is emitting through a sensor. This sensor transforms it into electric signals so that they can be processed and visually presented on a screen, elaborating an image that shows the superficial temperature of the object we want to analyse. The resulting image, called thermogram or thermographic photograph, is a graphic representation of the detected radiation. In it, each pixel corresponds to one temperature measurement. The camera adjusts the range of identified temperatures to the available colour range so that we can interpret the image easily and quickly.

The thermographic camera used in this study is a Testo 880, borrowed from the Installations Department of the Technical Superior School of Architecture of Valladolid.



Salvando las ligeras diferencias en cuanto a apariencia y el funcionamiento interno, la Testo 880 es muy parecida a una cámara fotográfica digital convencional. En la pantalla observamos la imagen térmica, la real, o ambas a la vez, pudiendo ajustar el enfoque manual o automáticamente. La cámara utiliza un degradado de color para representar las temperaturas detectadas en la imagen. Sin embargo, no asocia un color concreto a cada valor de temperatura, sino que ajusta el mismo degradado al rango de temperaturas que detecta en ese momento en pantalla. Por eso es importante recordar, cuando queramos comparar dos termogramas diferentes, que un mismo color puede no representar un mismo valor de temperatura, ya que depende de la temperatura máxima y mínima medida en cada imagen. Las fotografías termográficas y las dobles fotografías se almacenan en una tarjeta SD que luego podemos extraer para pasar los datos al ordenador. El botón central despliega el menú de opciones, en el cual podremos visualizar las fotografías tomadas, además de acceder a los menús de configuración de la cámara. Su funcionamiento, en definitiva, no es complicado, pero es necesario ajustar previamente los parámetros del ambiente en base a los cuales la cámara hará las mediciones. De entre estos parámetros, el más importante es la emisividad del objeto que queremos analizar.

La **emisividad** es una característica que tienen los materiales que nos indica con qué eficacia emiten radiación infrarroja. Para saber la emisividad de cada material, consideraremos un objeto ideal, al cual denominamos "cuerpo negro", que emite la máxima radiación posible en todas las temperaturas: este cuerpo tiene emisividad $\varepsilon=1$. Definimos, pues, la emisividad de los objetos reales como la relación entre la radiación térmica que emiten a través de su superficie y la que emitiría si fuese un cuerpo negro con las mismas dimensiones y a la misma temperatura. De esta forma, obtendremos valores entre 0 y 1. Encontraremos que hay varios factores que influyen en la emisividad de los objetos, por ejemplo:

Bridging the slight gap when it comes to appearance and internal functioning, the Testo 880 is very similar to a conventional digital photographic camera. On the screen we will see the thermal image, the real one, or both at the same time, being able to adjust the focus manually or automatically. The camera uses a colour gradient to represent the temperatures it detects on the image. However, it does not associate a particular colour to each temperature value, but it adjusts the same gradient to the temperature range that it detects on the screen in that moment. That is why it is important to remember, when we want to compare two different thermograms, that the same colour may not represent the same temperature value, as it depends on the maximum and minimum temperatures that have been measured in each image. The thermographic photographs and the double photographs are stored in an SD card that we can later take out to transfer all the data to the computer. The central button opens up the options menu, in which we will be able to visualize the taken photographs, besides accessing the configuration menus of the camera. Its functioning, all in all, is not complicated, but it is necessary to adjust the parameters of the surroundings previously, according to which the camera will make the measurements. Among these parameters, the most important is the emissivity of the object that we want to analyse.

Emissivity is a characteristic that materials have which indicates their efficiency when talking about emitting infrared radiation. In order to know each material's emissivity, we will consider an ideal object, known as "black object", which emits the maximum possible radiation in all the temperatures: this object has emissivity $\varepsilon=1$. Thus, we define the objects' emissivity as the relation between the thermal radiation that they emit through their surface and the one that would be emitted if it were a black object with the same measurements and temperature. In this way, we will obtain values between 0 and 1. We will find that there are several factors which affect the emissivity of the objects, for example:

- Material: para no metales la emisividad suele superar el valor 0'8, pero en el caso de los metales, varía mucho más.
 - Textura superficial: este factor es muy relevante en metales. Oscilamos en un rango que abarca desde $0'02 < \epsilon < 0'20$ para metales pulidos hasta $\epsilon = 0'95$ para metales oxidados.
 - Geometría: si el material tiene una superficie lisa, presentará una emisividad inferior que si tuviera ranuras o estrías.
 - Longitud de onda de la radiación emitida: para este tipo de trabajo se desprecia.
 - Temperatura: se considera que las temperaturas habituales en nuestra vida cotidiana no influyen.
- Material: for non-metals, the emissivity usually exceeds the value 0'8, but in the case of metals, it varies a lot more.
 - Superficial texture: this factor is very relevant in metals. We shift between a range that covers from $0,02 < \epsilon < 0'20$ for polished metals up to $\epsilon = 0'95$ for rusty metals.
 - Geometry: if the material has a smooth surface, it will have a lower emissivity than it would if it had openings or streaks.
 - Wavelength of the radiation being emitted: for this type of work, we will ignore it.
 - Temperature: we will consider that the usual temperatures in our daily life do not affect the study.

Como podemos observar, la emisividad de los metales puede variar mucho de un objeto a otro y esto puede ser un problema porque los elementos que vamos a analizar en el trabajo de campo, los radiadores, son objetos metálicos. Esto podría suponer la necesidad de calibrar la cámara individual y específicamente para cada radiador. Por ello decidimos hacer una comprobación previa que nos permitiera averiguar qué emisividad debíamos introducir en los ajustes de la cámara para obtener mediciones correctas en el estudio. Para realizar este ensayo necesitábamos un objeto de emisividad conocida a la misma temperatura que el radiador para el cual se quería calibrar la cámara para compararlos uno junto al otro. En este caso utilizamos cinta aislante de color negro, la cual tiene una emisividad $\epsilon = 0'95$ y podemos pegar a los radiadores del ensayo. Cuando queremos ajustar la emisividad en la cámara termográfica para un radiador en particular, debemos adherir un trozo de cinta aislante negra a la superficie del radiador y esperar a que se caliente hasta que podamos considerar que el radiador y la cinta están a la misma temperatura. Mirando a través de la cámara, comprobaremos entonces la temperatura que marca para la cinta aislante, para la cual la cámara estará correctamente calibrada. Si la superficie del radiador en torno al trozo de cinta aislante está del mismo color que ésta, es decir, marca la misma temperatura, la emisividad de la cinta aislante se

As we can see, the emissivity of metals can vary a big deal from one object to another and this could be a problem because the elements that we are going to analyse during the field work, radiators, are metal elements. This could mean the necessity of calibrating the camera individually and specifically for each radiator. Because of this, we decided to carry out first a verification that would allow us to determine which emissivity value we should put into the camera's adjustments so that we could obtain correct measurements in the study. In order to carry out this test, we needed an object with a known emissivity at the same temperature as the radiator for which we wanted to calibrate the camera, so that we compare them one next to the other. In this case we used black-coloured insulating tape, whose emissivity value is $\epsilon = 0'95$ and which we can stick to the radiators of the test. When we want to adjust the emissivity in the thermographic camera for one radiator in particular, we must attach a piece of black insulating tape to the radiator's surface and wait for it to heat up until we can assume that the radiator and the tape both have the same temperature. Looking through the camera, we will then check the temperature it shows for the insulating tape, for which the camera will be correctly calibrated. If the area of radiator surrounding the insulating tape presents the same colour as the tape, that is, shows the same temperature, the emissivity of the insulating tape would be also the emissivity of the radiator and we would be able to consider the temperature measurements valid. However, if the camera indicates for

correspondería con la del radiador y las mediciones de temperatura podrían considerarse válidas. En cambio, si la cámara indica para esa zona del radiador una temperatura inferior a la de la cinta, la emisividad que hemos introducido en la configuración de la cámara es demasiado baja y debemos subirla. Asimismo, si nos indica que la zona del radiador en torno a la cinta tiene una temperatura superior a la de la propia cinta, la emisividad está demasiado alta y tendremos que bajarla. Si no conocemos la emisividad de un material en concreto, probaremos con este método, ajustando poco a poco la emisividad en la configuración de la cámara hasta que la cinta y la superficie del radiador presenten la misma temperatura en la imagen térmica.

Las comprobaciones se llevaron a cabo utilizando la Escuela Técnica Superior de Arquitectura como lugar para el ensayo y calibre de la cámara termográfica, ya que en su edificio principal encontramos radiadores de aluminio, de hierro fundido y de chapa de acero.



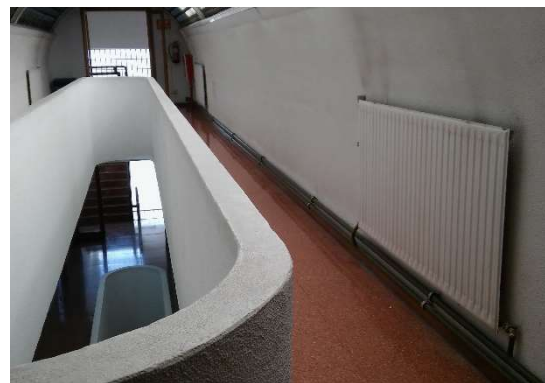
Figuras 29, 30 y 31. Radiadores en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid. Hierro fundido, chapa de acero y aluminio.

Figures 29, 30 and 31. Radiators in the Technical Superior School of Architecture of Valladolid. Molten iron, steel plate and aluminium.

Esta diversidad de características nos permitiría hacer un ensayo más parecido a lo que luego sería el trabajo de campo. Se ejecutó el procedimiento previamente descrito en diversos radiadores de distinto material y se pudo comprobar que con una emisividad de 0'95, las diferencias de temperatura entre la cinta aislante negra y la zona del radiador a su alrededor eran inapreciables, por lo que se determinó utilizar este valor a lo largo de todo el estudio.

that area of the radiator a temperature that is lower than the tape's temperature, the emissivity we have introduced in the camera's adjustments is too low and we must rise it. Also, if it indicates that the area of radiator surrounding the tape has a temperature which is higher than the actual tape's temperature, the emissivity is set too high and we will have to lower it. If we do not know the emissivity of a particular material, we will try with this method, adjusting the emissivity little by little in the configuration of the camera until both the tape and the surface of the radiator present the same temperature in the thermal image.

The verifications were carried out using the Technical Superior School of Architecture as a location for the testing and calibration of the thermographic camera because within its main building we can find aluminium, molten iron and steel plate radiators.



This diversity of characteristics allowed us to conduct a test more similar to what the field work would be afterwards. We executed the previously described procedure on several radiators made of different materials and we could verify that, with the emissivity set to 0'95, the temperature differences between the insulating tape and the area of radiator that surrounded it were imperceptible, and thus, we determined to use this value throughout the whole study.

Cabe mencionar una dificultad que surgió posteriormente en algunos de los casos documentados en el trabajo de campo en relación a este tema. Dos de los datos que se recababan, y de lo cual hablaremos con detalle en el apartado dedicado al trabajo de campo, eran la temperatura de entrada de agua al radiador y la temperatura máxima que presentaba el radiador en su superficie. Al elaborar la base de datos con toda la documentación recogida, nos dimos cuenta de que, en algunos casos, el radiador presentaba una temperatura máxima en su superficie superior a la temperatura de entrada de agua medida. Esto no era posible, puesto que el radiador sólo puede presentar una temperatura igual a la temperatura de entrada del agua como máximo, aunque lo habitual es que manifestase una temperatura ligeramente inferior. Se hizo entonces una lista de todos los casos de estudio en los que se daba esta contradicción y se lograron identificar individualmente cinco de ellos. En los demás casos fue imposible localizarlos debido a que en grandes edificios públicos, que eran a los que pertenecían la mayor parte de los radiadores de esta lista, los radiadores eran todos muy parecidos y las fotografías no proporcionaban suficientes datos del entorno como para diferenciar unos de otros. Se volvió a visitar estos cinco casos peculiares y se calibró la cámara específicamente para el radiador y para su tubería de suministro por separado. Con esto se pudo comprobar que el error se encontraba en un calibrado incorrecto de la emisividad para las tuberías de ida debido a un material, un acabado y/o una textura especialmente diferente a los del radiador. Una vez reajustados los valores de emisividad, la temperatura máxima de los radiadores resultó ser ligeramente inferior a la de entrada de agua, como en los demás casos de estudio. Tras esta comprobación y ante la imposibilidad de localizar los demás radiadores en los que habíamos detectado esta anomalía, se decidió que podíamos asumir que esta situación era la causante del error en todos los casos de la lista. Entonces procedimos a igualar el valor de la temperatura de entrada de agua al de la temperatura máxima del radiador.

It is important to mention a difficulty that appeared afterwards in some of the documented cases during the field work and which is related to this concept. Two of the data that we compiled, and about which we will talk in detail in the section focused on the field work, were the entrance temperature of the water to the radiator and the maximum temperature that the radiator showed on its surface. When we drew up the data base with all the documented documentation, we realised that, in some cases, the radiator presented a maximum temperature which was higher than the measured entrance temperature of the water. This could not be possible, as the radiator can only show a temperature as high as the entrance temperature of the water at most, although it was usual that its highest temperature was slightly lower than that. We made a list of all the study cases in which we found this contradiction and we were able to identify individually five of them. In the rest of the cases it was impossible to locate them because in large public buildings, to which most of the radiators in this list belonged, radiators are all very similar and the photographs did not provide enough information about the surroundings to differentiate one from the next. We visited again these five peculiar cases and we calibrated the camera specifically for each radiator and each feeder pipe. With this we could verify that the error lay in an incorrect calibration of the emissivity for the feeder pipes due to a material, a coating and/or a texture that were especially different to the radiator. Once readjusted the emissivity values, the radiator's maximum temperature turned out to be slightly lower than the entrance temperature of the water, just like in the other study cases. After this verification and being impossible to locate the rest of the radiators in which we had found this anomaly, we decided we could assume that this situation was the cause of the error in all the cases of the list. We then proceeded to equal the value of the entrance temperature of the water to the value of the maximum temperature of the radiator.

3.2.2.2. SOFTWARE. TESTO IRSOFT.

Las fotografías termográficas obtenidas con la cámara son archivos que no se pueden visualizar más que con un programa especial. En este caso, el propio fabricante, Testo, nos proporciona un programa de libre descarga llamado Testo IRSoft que nos permite abrir y analizar los termogramas que hemos capturado.

La interfaz de IRSoft es sencilla y muy intuitiva, por lo que es fácil aprender a manejarlo. Al abrir una fotografía termográfica por primera vez, veremos en la banda superior el menú de opciones como en la mayoría de los programas. En él vemos los parámetros del ambiente que hemos ajustado en la cámara y que podríamos cambiar en caso de que no sean adecuados (emisividad, humedad, temperatura ambiente, etc.). Si modificamos estos parámetros, la temperatura asociada a cada píxel variará, adecuando la medición a las nuevas condiciones. El resto de la pantalla está dividido en cuatro cuartos: la imagen térmica aparecerá en el superior izquierdo y la imagen real, en el inferior derecho. Junto a la imagen térmica, en el cuadrante superior derecho, tenemos una barra que nos muestra el degradado de colores utilizado y el rango de temperaturas que abarca la imagen. Cuando empezamos a analizar la imagen térmica, aparecen más cuadrantes con la información del análisis.

Lo primero que podemos observar al abrir un termograma es que estará seleccionada por defecto la función que nos permite identificar la temperatura de cualquier píxel simplemente pasando el cursor por encima de la imagen. Esta función se denomina "Temperatura" y aparece simbolizada con un termómetro. Este botón se encuentra en una segunda barra de opciones sobre la fotografía térmica, mucho más pequeña que la barra principal superior, y junto a otras opciones que nos pueden resultar muy útiles para analizar la foto en sí y sacar varios datos importantes.

- Girar imagen (izquierda) y Girar imagen (derecha): nos permite rotar la imagen térmica en el sentido que queramos.
- Corrección de temperatura: tras seleccionar un área determinada

3.2.2.2. SOFTWARE. TESTO IRSOFT.

The thermographic photographs obtained with the camera are files that cannot be visualised with nothing other than a special program. In this case, the actual manufacturer, Testo, provides us with a program, downloadable for free, called Testo IRSoft and which allow us the open and analyse the captured thermograms.

The interface of IRSoft is simple and very intuitive, so it is easy to learn how to use it. When we open a thermographic photograph for the first time, we will see on the upper band the options menu as in the majority of programs. In it we see the parameters of the surroundings that we have adjusted in the camera and which we could change in case they are not adequate (emissivity, dampness, room temperature, etc.). if we modify these parameters, the temperature associated to each pixel will vary, adapting the measurement to the new conditions. The rest of the screen is divided into four quarters: the thermal image will appear in the top left quarter and the real image, on the bottom right quarter. Next to the thermal image, in the top right quarter, we have a bar that shows us the colour gradient that has been used and the range of temperatures included in the image. When we start analysing the thermal image, more quadrants appear with the analysis information

The first thing we can see when we open a thermogram is that the default function that will be selected is the one that allows us to identify the temperature of any pixel just by running the cursor over the image. This function is called "Temperature" and it is symbolised by a thermometer. This button can be found on a second bar of options above the thermal photograph, much smaller than the main top bar and along other functions that may result very useful for us to analyse the actual photograph and to extract several important data.

- Rotate image (left) and Rotate image (right): it allows us to rotate the thermal image clockwise or counter clockwise.
- Temperature correction: after selecting a delimited area in the thermographic photograph, we can adjust the emissivity and the

de la fotografía termográfica, podemos ajustar manualmente la emisividad y la temperatura reflejada de esa zona.

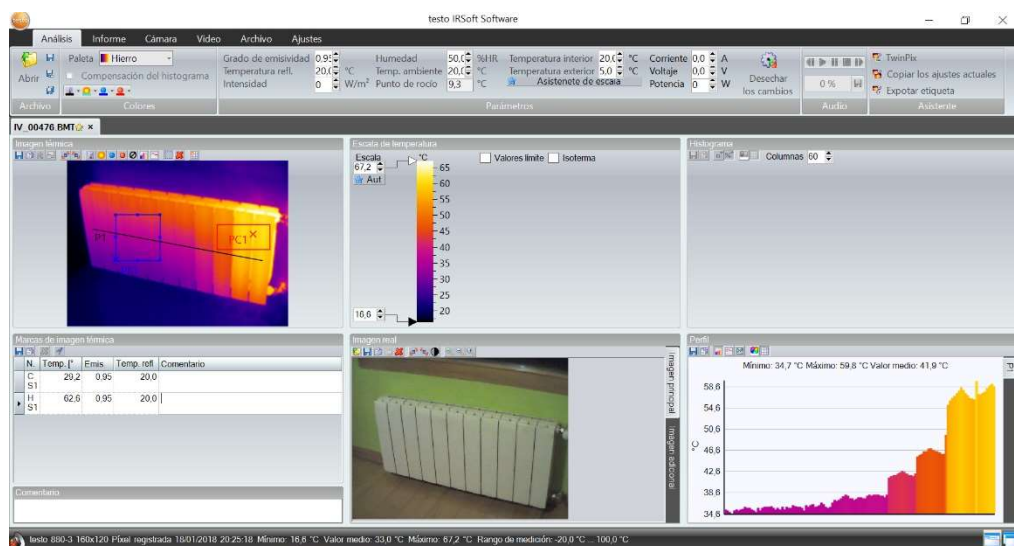
- Cold spot: automáticamente nos localiza el punto más frío de una zona que delimitemos en la fotografía y nos da su valor.
- Hot spot: automáticamente nos localiza el punto más caliente de una zona que delimitemos en la fotografía y nos da su valor.
- Promedio: calcula la temperatura promedio de una región que delimitemos.
- Histograma: tras delimitar un área de la fotografía térmica, nos elabora el histograma para esa área.
- Perfil de temperatura: nos permite trazar una línea en la fotografía, elaborando automáticamente el perfil de temperatura de esa línea, en forma de gráfico de barras en el cual cada barra representa el valor de temperatura de uno de los píxeles que atraviesa la línea trazada.
- Herramienta de marcas: nos permite seleccionar, desplazar y modificar las marcas en el termograma.
- Borrar: elimina todas las marcas seleccionadas en la imagen, trazadas mediante otras funciones del programa.
- Aglomeración de datos: nos da información estadística acerca de las secciones de la imagen.

reflected temperature in that area manually.

- Cold spot: it automatically locates the coldest spot of an area that we delineate in the photograph and gives us its value.
- Hot spot: it automatically locates the hottest spot of an area that we delineate in the photograph and gives us its value.
- Average: it calculates de average temperature of a region that we delineate.
- Histogram: after defining the limits of an area of the photograph, it elaborates the histogram for that area.
- Temperature profile: it allows us to draw a line in the photograph, automatically elaborating the temperature profile for that line in the shape of a bar chart in which each bar represents the value of the temperature of one of the pixels that the drawn line crosses.
- Marks tool: it allows us to select, move and modify the marks on the thermogram.
- Erase: it eliminates all the selected marks in the image, drawn by other functions of the program.
- Agglomeration of data: it offers statistical information about the sections of the image.

Figura 32. Interfaz del programa IRSoft con ejemplo de Hot Spot, Cold Spot y Perfil de Temperatura.

Figure 32. IRSoft program interface with examples of Hot Spot, Cold Spot and Temperature Profile.

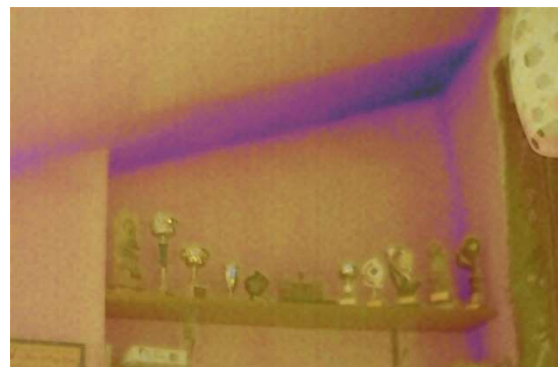
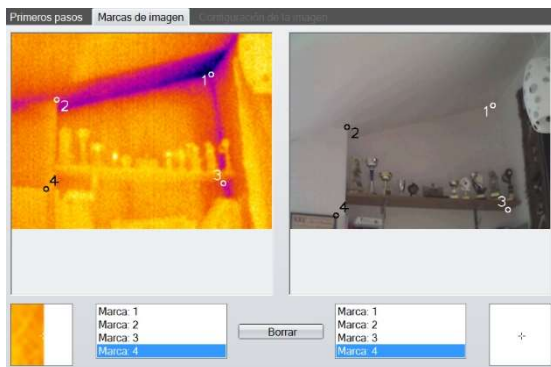


La información y los gráficos proporcionados por el programa aparecen en los cuadrantes libres o en cuadrantes nuevos, permitiendo visualizar todos los elementos al mismo tiempo.

El programa IRSoft tiene otra herramienta muy útil denominada "Twinpix", la cual nos permite solapar la imagen térmica con la real. Para ello tenemos que identificar al menos cuatro parejas de puntos correspondientes en ambas imágenes, a partir de lo cual el programa sobrepone una imagen sobre la otra, dándoles un grado de transparencia para que se vean las dos a la vez. Podemos posteriormente modificar el grado de transparencia de cada fotografía, en función de lo que queremos que se vea más en la imagen combinada. Esta herramienta nos sirve para identificar sin lugar a duda la temperatura de cada elemento que aparece en la fotografía.

The information and the graphs provided by the program appear on the free quarters or on new quadrants, making it possible to visualise all the elements at the same time.

The IRSoft program has another very useful tool called "Twinpix", which allows us to overlap the thermal image and the real one. For this we need to identify at least four pairs of corresponding points in both images, from where the program then overlaps one image over the other, giving them a grade of transparency so that both can be seen at the same time. Afterwards, we can change the grade of transparency for each image, depending on what we want to be seen more clearly in the combined picture. This tool allows us to identify without doubt the temperature of every element that appears in the photograph.



Figuras 33 y 34. Proceso para la herramienta Twinpix y resultado final.

Figures 33 and 34. Process for the Twinpix tool and final result.

Con todas estas opciones podemos realizar un amplio análisis sobre el funcionamiento del radiador fotografiado. Por ejemplo, a veces la tubería de ida de agua que suministraba el radiador se encontraba a una temperatura superior que el propio radiador, por lo que la temperatura máxima registrada en la fotografía térmica no se correspondía con la temperatura máxima del radiador. En estos casos resultaba útil la herramienta "Hot Spot". La opción opuesta, "Cold Spot", y el "Perfil de Temperatura" eran necesarios en todas las fotografías para determinar el punto más frío del radiador porque las temperaturas más bajas identificadas en la fotografía se correspondían con elementos del entorno, generalmente las paredes.

With all these options we can execute a wide analysis about the functioning of the photographed radiator. For example, sometimes the feeder water pipe that fed the radiator had a temperature which was higher than the actual radiator, so the maximum temperature registered in the thermal photograph was not the same as the maximum temperature of the radiator. In these cases, the tool called "Hot Spot" was useful. The opposite tool, "Cold Spot", and the "Temperature Profile" were needed in all of the photographs to determine the coldest spot of the radiator because the lowest temperatures identified on the photograph corresponded to the surrounding elements, usually the walls.

3.3. TRABAJO DE CAMPO.

Resultaba evidente que el estudio sería más completo y representativo de la realidad cuanto más variados fuesen los casos analizados. Es por ello por lo que, antes de iniciar el trabajo de campo, se establecieron unas categorías en las que se procuraría conseguir una diversidad lo más amplia posible:

- Uso del edificio: sector residencial (vivienda unifamiliar y colectiva), sector administrativo y sector terciario.
- Material: hierro fundido, aluminio, chapa de acero, etc.
- Dimensiones del radiador.
- Marca y modelo del radiador
- Temperatura de funcionamiento de la instalación: alta o baja temperatura.
- Tipo de instalación: monotubo o bitubo.

3.3.1. FASE DE EJECUCIÓN.

El trabajo de campo necesario para este estudio se desarrolló durante los meses de invierno entre finales de 2017 y principios de 2018. Para considerar el estudio completo y suficiente para realizar un análisis de los datos recabados y elaborar conclusiones a partir de ellos, se estableció en quinientos el número de radiadores que era necesario documentar.

Para llevar a cabo la recopilación de información, se elaboraron unas fichas en las que se irían anotando los datos de cada radiador ordenadamente. Las fichas fueron nombradas (R001, R002, etc.) y encuadernadas para su mejor manejo e identificación. En dichas fichas quedaba reflejada la siguiente información:

- Número de radiador.
- Material.
- Marca.
- Modelo.
- Anchura.
- Altura.
- Número de elementos.
- Número de columnas o aletas.
- Temperatura ambiente.
- Posición de entrada del agua.
- Posición de salida del agua.
- Temperatura de entrada de agua.
- Temperatura de salida del agua.

3.3. FIELD WORK.

It was obvious that the more varied the analysed cases were, the more complete and more representative of reality the study would be. That is why before starting the field work, we established some categories in which we would try to obtain a diversity as wide as possible.

- Use of the building: residential sector (single-family houses and blocks of flats), administrative sector and tertiary sector.
- Material: molten iron, aluminium, Steel plate, etc.
- Measurements of the radiator.
- Brand and model of the radiator.
- Operating temperature of the installation: high or low temperature.
- Type of installation: monotube or bitube.

3.3.1. EXECUTION PHASE.

The field work necessary for this study was carried out during the winter months between the end of 2017 and the beginning of 2018. In order to consider the study complete and sufficient for the analysis of the compiled data and the afterwards elaboration of conclusions, we established five hundred as the number of radiators that we needed to document.

For the compilation of information, we elaborated file cards in which we would write down each radiator's data in an orderly manner. The cards were labelled (R001, R002, etc.) and bound for their better handling and identification. In these cards, the following information was reflected:

- Number of radiator.
- Material.
- Brand.
- Model.
- Width.
- Height.
- Number of elements.
- Number of columns or plates.
- Room temperature.
- Position of the entrance of water.
- Position of the exit of water.
- Entrance temperature of the water.
- Exit temperature of the water.

EMISORES DE CALOR SENSIBLE

MATERIAL:

Aluminio
 Hierro fundido
 Chapa de acero
 Otro: _____

Marca: Boxet
 Modelo: Duba N80-2D

FORMATO:

↔ 122 cm ↔

↑ 70 cm ↑

↑ 5574 ↑

temperatura ambiente: 14 °C

número de columnas/pines: 12

número de 20

R156

Figura 35. Ejemplo de ficha cumplimentada en el trabajo de campo.

Figure 35. Example of file card filled in during the field work.

A mayores, en edificios grandes y con radiadores muy similares, se anotaba ocasionalmente el número de fotografía asociado a una ficha para evitar confusiones y poder posteriormente identificar correctamente cada fotografía con su ficha correspondiente.

In addition, in large buildings with very similar radiators, we occasionally wrote down the number of the photograph associated to a card in order to avoid confusion and be able to identify correctly each photograph with its corresponding card later.

Esta fase del estudio se ejecutó en seis semanas no consecutivas por dos razones. La primera es la disponibilidad de los usuarios de los edificios, tanto públicos como privados. En viviendas particulares dependía del horario de trabajo de los propietarios y de las horas del día en las que tenían la calefacción funcionando. En los edificios públicos era más complicado porque dependía de la colaboración de mucha más gente. Primero debíamos obtener el permiso del máximo responsable del edificio (decanos de facultades, directores de colegios, jefes de empresas o administraciones), con una dificultad añadida si se trataba de colegios porque sus ocupantes son menores de edad y el trabajo consistía en tomar fotografías en el interior del recinto. Después debíamos adecuarnos a sus horarios de trabajo procurando molestar lo mínimo posible a los trabajadores y/o alumnos. La segunda razón que alargó el tiempo necesario para ejecutar el trabajo de campo fue que éste no era el único proyecto en el que se estaba usando la cámara termográfica propiedad del Departamento de Instalaciones. Paralelamente surgían estudios o trabajos en el departamento que requerían su utilización, por lo que eran necesario establecer turnos para que todos pudiésemos llevar a cabo nuestras investigaciones.

This phase of the study was executed during six non-consecutive weeks due to two reasons. The first one is the availability of the users of the buildings, both public and private. With personal houses, it depended on the work timetable of the proprietors and the hours of the day during which they turned the heating on. With public buildings it was more complicated because it depended on the collaboration of much more people. First, we had to obtain permission from the highest authority in the building (deans of faculties, headmasters of school, bosses of companies or administrations), with an extra difficulty if we were talking about schools because their occupants are underage and the work consisted on taking photographs inside the premises. Afterwards, we had to adapt to their work timetables, doing our best to disturb the workers and/or students as little as possible. The second reason that lengthened the necessary time to carry out the field work was that this was not the only project in which the thermographic camera owned by the Installations Department was being used. In parallel, other studies or tasks came up which required its use, so it was necessary to establish turns so that all of us could carry out our investigations.

El trabajo de campo era sencillo y generalmente se realizaba de forma rápida y mecánica, procurando obtener el máximo número de casos documentados en el tiempo disponible y buscando preferiblemente radiadores con características distintas a los que ya teníamos y con funcionamiento peculiar.

Primero se anotaban las características visuales del radiador: se contaba el número de elementos y de columnas o aletas, se anotaba el material del que estaban fabricados y se medía su altura y su anchura. Si era posible se anotaba la marca y el modelo de radiador, pero en la gran mayoría de los casos esto no era posible. Exceptuando los radiadores de hierro fundido de Roca, que tenían la marca grabada en el lateral de cada elemento, ningún otro radiador del estudio mostraba en ninguna parte la marca del fabricante, y mucho menos el modelo. Tampoco los propietarios sabían en ningún caso ninguno de estos dos datos, lo cual implicaba un largo trabajo posterior de identificación. Basándonos en los datos de elementos y de columnas/aletas y en las fotografías tomadas in-situ, y utilizando los catálogos de diversos fabricantes de radiadores, se procuró identificar cada uno de los radiadores, si bien hubo algunos casos que no se llegaron a encontrar en ninguno de los catálogos.

A continuación, se utilizaba la cámara termográfica para hacer una fotografía térmica general del radiador en la que se pudiera ver su comportamiento y se anotaban las temperaturas de entrada y de salida de agua en la posición en la que se encontrasen, realizando además fotografías de la entrada y la salida de agua si era posible y había tiempo para ello. Por último, utilizando el programa IRSoft, se obtenían la temperatura máxima y mínima que presentaba el radiador para calcular la media. Para esto se utilizaban las funciones "Hot spot", "Cold spot" y "Perfil de temperatura".

3.3.2. ORGANIZACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS.

Todos los datos obtenidos y anotados en las fichas se tradujeron posteriormente a una Hoja Excel, elaborando una base de datos que, junto con las fotografías termográficas

The field work was simple and it was generally carried out in a quick and mechanical way, trying to obtain as many documented cases as we could in the available time and searching preferably for radiators with different characteristics from the ones we already had and with a peculiar way of functioning.

First, we wrote down the visual characteristics of the radiator: we counted the number of elements and columns or plates, we wrote down the material from which it was made and we measured its height and width. If it was possible, we wrote down the brand and model of the radiator, but in the vast majority of the cases it was not possible. With the exception of Roca molten iron radiators, which had the brand engraved on the side of each element, none of the other radiators from the study showed in any place the brand of the manufacturer or, much less, the model. The proprietors did not know any of these two data neither, so this implied a long task of identification afterwards. Based on the data of the elements and of columns/plates and on the photographs taken on-site, and using the catalogues of several manufacturers of radiators, we tried to identify each radiator, although there were some cases in which we could not find them in any of the catalogues.

After that, we used the thermographic camera to take a general thermal photograph of the radiator in which its behaviour could be seen and the entrance and exit temperatures of the water were written down in the places where they were located, taking in addition photographs of the entrance and exit of water if it was possible and there was time for it. Lastly, using the IRSoft program, we obtained the maximum and minimum temperatures that the radiator presented in order to calculate the average. For this we used the functions "Hot Spot", "Cold Spot" and "Temperature Profile".

3.3.2. ORGANIZATION OF THE OBTAINED DATA.

All the obtained data written down in the file cards were transferred afterwards to an Excel Sheet, elaborating a data base which, along with the thermographic photographs correspondently identified and

correspondientemente identificadas y clasificadas, constituirían el fundamento de este Trabajo de Fin de Grado. Esta tabla era la base para todas las clasificaciones y comparaciones posteriores y contenía la siguiente información:

- Número de radiador.
- Número de fotografía.
- Material.
- Marca.
- Modelo.
- Anchura.
- Altura.
- Número de elementos.
- Número de columnas o aletas.
- Temperatura ambiente (T^a_{amb}).
- Posición de entrada del agua.
- Posición de salida del agua.
- Temperatura de entrada de agua (T^a_{ent}).
- Temperatura de salida del agua (T^a_{sal}).
- Salto térmico ($ST_{recinto}$).
- Temperatura máxima del radiador ($T^a_{máx}$).
- Temperatura mínima del radiador ($T^a_{mín}$).
- Temperatura media del radiador (T^a_{media}).
- Uniformidad ($T^a_{mín}/T^a_{media}$).

Además de los datos procedentes de las fichas usadas en el trabajo de campo, se añadieron algunos parámetros más que conviene mencionar y describir.

- Salto térmico: se calcula haciendo la media entre la temperatura de entrada y de salida de agua del radiador y restándole al resultado la temperatura ambiente.

$$ST_{recinto} = \frac{T^a_{ent} + T^a_{sal}}{2} - T^a_{amb}$$

- Temperatura máxima del radiador ($T^a_{máx}$): en teoría, suponiendo que el radiador funcionase de forma correcta, debería corresponderse con la temperatura de entrada de agua. Sin embargo, no siempre era éste el caso, y a veces había que medirla aparte con IRSoft.
- Temperatura mínima del radiador ($T^a_{mín}$): medida también con el programa informático, cuando el radiador presentaba alguna patología grave, la temperatura

classified, would constitute the foundation of the End of Degree Paper. This table was the base for all the classifications and comparisons that were carried out later and it contained the following information:

- Number of radiator.
- Number of photograph.
- Material.
- Brand.
- Model.
- Width.
- Height.
- Number of elements.
- Number of columns or plates.
- Room temperature (T^a_{amb}).
- Position of the entrance of water.
- Position of the exit of water.
- Entrance temperature of the water (T^a_{ent}).
- Exit temperature of the water (T^a_{sal}).
- Thermal gap ($ST_{recinto}$).
- Maximum temperature of the radiator ($T^a_{máx}$).
- Minimum temperature of the radiator ($T^a_{mín}$).
- Average temperature of the radiator (T^a_{media}).
- Uniformity ($T^a_{mín}/T^a_{media}$).

Besides the data that came from the file cards used during the field work, we added some more parameters that we should mention and describe.

- Thermal gap: it is obtained by calculating the average temperature between the entrance and the exit of the water to and from the radiator, and taking away the room temperature from the result.

$$ST_{recinto} = \frac{T^a_{ent} + T^a_{sal}}{2} - T^a_{amb}$$

- Maximum temperature of the radiator ($T^a_{máx}$): in theory, assuming that the radiator Works correctly, it should be the same as the entrance temperatura of the water. However, it was not always the case and sometimes we had to measure it separately with IRSoft.
- Minimum temperature of the radiator ($T^a_{mín}$): measured also with the computer program, when the radiator presented a serious pathology, the minimum

mínima repercutía notablemente en la temperatura media.

- Temperatura media del radiador (T^a_{media}): es la media entre la temperatura máxima y la mínima que presenta la superficie del radiador. Cuanto más dispares sean estas dos, más afectarán a este cálculo y los posteriores.
- Uniformidad (T^a_{min}/T^a_{media}): la primera forma de calcular la uniformidad es dividir la temperatura mínima del radiador entre la temperatura media. Obtendremos un valor en 0 y 1. Los valores más cercanos a 1 significan un comportamiento más uniforme del radiador. Es el número que utilizaremos en el resto del estudio cuando hablemos de uniformidad.

$$U = \frac{T^a_{min\ rad}}{T^a_{media\ rad}}$$

En cuanto a la organización de los termogramas, para mayor eficiencia a la hora de identificar un radiador, se hicieron dos carpetas de archivos separadas en las cuales se iban almacenando dos copias de cada fotografía. En la primera de ellas se metió una copia de cada fotografía realizada sin clasificarlas de ninguna manera. Así se podía encontrar un radiador rápidamente a partir de la tabla de datos, donde cada uno tenía asociado los números de las fotografías que les correspondían. En la segunda carpeta se crearon tantas subcarpetas como edificios visitados, clasificando cada fotografía según su localización. De esta forma era posible localizar rápidamente las fotografías de los radiadores de un edificio en concreto para comprobar si tenían características comunes que los diferenciaran de otros edificios.

A partir de la tabla principal, que contenía todos los datos recabados de todos los radiadores, y de las fotografías térmicas clasificadas, se elaboraron tablas secundarias para poder comparar diversos parámetros entre grupos de radiadores que compartiesen una o varias características. Entre ellas podemos mencionar la clasificación según uniformidad, según la posición de la

temperature affected notoriously the average temperature.

- Average temperature of the radiator (T^a_{media}): it is the average between the maximum and the minimum temperature that the surface of the radiator presents. The more different those two are, the more they will affect this calculation and the following ones.
- Uniformity (T^a_{min}/T^a_{media}): the first way of calculating the uniformity is to divide the minimum temperature of the radiator by the average temperature. We will obtain a value between 0 and 1. The values closer to 1 mean a more uniform behaviour of the radiator. This is the number that we will use during the resto f the study when we talk about uniformity.

$$U = \frac{T^a_{min\ rad}}{T^a_{media\ rad}}$$

As for the organization of the thermograms, but a better efficiency when it came to identifying a radiator, we made two separate file folders in which we stored two copies of each photograph. In the first one we put a copy of each taken photograph without classifying them in any way. This way, we could find a radiator quickly from the data base, where each one had the corresponding photograph numbers associated with them. In the second folder we created the same number of secondary folders as of building we had visited, classifying each photograph according to its location. This way, it was possible to quickly locate the photographs of the radiators from a particular building in order to check if they had common characteristics that differentiated them from other buildings.

Starting from the main table, which contained all the collected data from all the radiators, and the classified thermal photographs, additional tables were elaborated in order to compare different variables between groups of radiators which shared one or several characteristics. Among them we can point out the classification according to uniformity, according the position of the entrance and

entrada y salida del agua (dirección del flujo del agua), según la temperatura de la entrada del agua (alta o baja temperatura), según las dimensiones (radiadores excesivamente alargados) y según el material. Dentro de esta última clasificación, además, se identificaron las patologías que se apreciaban en cada radiador según las fotografías térmicas tomadas. Todas estas tablas sirvieron para realizar el posterior análisis de las patologías detectadas en el estudio, objetivo principal de este Trabajo de Fin de Grado.

exit of the water (direction of the water flow), according to the entrance temperature (high or low temperature), according to the measurements (extremely long radiators) and according to the material. Inside this last category, besides, we identified the pathologies that could be found in each radiator according to the thermal photographs we had taken. All these tables were used for the afterwards analysis of the pathologies found in the study, main goal of this End of Degree Paper.

COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE
LOS RESULTADOS.
*COMPARISON AND ANALYSIS OF
THE RESULTS.*



Tras la realización del trabajo de campo y la clasificación y ordenación de los datos y fotografías obtenidos, se procedió al estudio en profundidad de los mismo. Se buscaban patrones de repetición entre radiadores que compartieran alguna característica que los diferenciase de otra subcategoría, para intentar encontrar una explicación razonada a los diversos comportamientos anómalos que presentaban.

Como ya hemos comentado en el apartado anterior, el trabajo de campo constaba de quinientos casos de estudio muy variados. Además de viviendas particulares, se estudiaron casos de dos colegios de Valladolid, oficinas de la administración pública, un colegio mayor y las oficinas de una pequeña empresa privada. Sin embargo, puesto que el trabajo de campo en el que se basa este Trabajo de Fin de Grado se financia con la Beca de Colaboración de la propia Universidad de Valladolid (UVa), se aprovechó para focalizar la mayor parte del trabajo en torno a la propia institución, realizando un estudio del comportamiento de los radiadores de varios de sus edificios, todos en la ciudad de Valladolid:

- Escuela Técnica Superior de Arquitectura.
- Local de ensayo del Coro de la Universidad de Valladolid (en Residencia Universitaria Alfonso VIII).
- Facultad de Filosofía y Letras.
- Casa del Estudiante (administración e información para estudiantes).
- Facultad de Medicina.
- Facultad de Comercio.
- Aulario de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.
- Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales.
- Escuela Técnica Superior de Ingenieros de la Telecomunicación y Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos.
- Facultad de Educación y Trabajo Social.
- Centro de Idiomas.

Figura 36. En blanco, edificios de la UVa en el Campus Miguel Delibes, el Esgueva y en el centro.

Figure 36. In white, UVa buildings in the Miguel Delibes and Esgueva Campuses and city centre.

After the field work and the classification and sorting of the obtained data and photographs were carried out, we proceeded to study them in depth. We looked for repetition patterns between radiators that shared some characteristic which would differentiate them from other subcategories, in order to find a reasoned explanation to the irregular behaviours that they presented.

As we have already mentioned in the previous section, the field work consisted of five hundred very diverse study cases. Besides personal houses, we studied cases from two schools in Valladolid, public administration offices, a university dorm and the offices of a small private company. However, as the field work in which this End of Degree Paper is based received its founding from the Collaboration Scholarship from the very University of Valladolid (UVa), we decided to focus most of the work around the actual institution, carrying out a study of the behaviour of radiators in several of its buildings, all within the city of Valladolid:

- *Technical Superior School of Architecture.*
- *Rehearsal room of the University Choir of Valladolid (in the Alfonso VIII University Dormitory).*
- *Philosophy and Letters School.*
- *Student's House (administration and student information).*
- *Medicine School.*
- *Commerce School.*
- *Teaching Block for the Technical Superior School of Industrial Engineering.*
- *Economic and Business Sciences School.*
- *Technical Superior School of Telecommunication Engineering and Technical Superior School of Computer Engineering.*
- *Education and Social Work School.*
- *Languages Centre.*

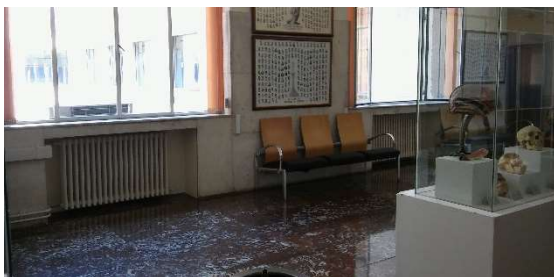


La Universidad de Valladolid se ha ido ampliando y, encontramos sus edificios por muchas zonas de la ciudad. Muchos se han trasladado al nuevo Campus Miguel Delibes, pero también encontramos algunas facultades y escuelas en el Campus Esgueva, y algunos edificios históricos en el centro, en el entorno de la Plaza de la Universidad. Además, hay otros mucho más alejados, al oeste del río Pisuerga.

Esta progresiva expansión espacial a lo largo de los años se refleja en las instalaciones de calefacción de los edificios, que se van modificando y modernizando. En los edificios más antiguos, como la Facultad de Medicina o la Casa del Estudiante, encontramos radiadores de hierro fundido. Sin embargo, en los edificios más recientemente construidos en el campus Miguel Delibes, como la Facultad de Educación y Trabajo Social o el Centro de Idiomas, se instalaron ya radiadores de aluminio. En la Facultad de Derecho, por ejemplo, no se pudo llevar a cabo el estudio porque se instaló suelo radiante para no modificar el aspecto del icónico edificio histórico en la Plaza de la Universidad. Tampoco pudimos en la biblioteca del Campus Miguel Delibes, donde se calefactaron las amplias salas de lectura y almacenamiento de libros con una instalación mediante aire.

The University of Valladolid has been growing progressively and we find its buildings all over the city. Many of them have been transferred to the new Miguel Delibes Campus, but we can also find some schools in the Esgueva Campus and some historical buildings in the city centre, in the surroundings of the University Square. Furthermore, there are others a lot farther away, on the western side of the Pisuerga river.

This progressive spatial expansion throughout the years reflects on the heating installations of the buildings, which have been changed and updated. In the older buildings, such as the Medicine School or the Student's House, we find molten iron radiators. However, in the buildings which have been more recently built in the Miguel Delibes Campus, such as the Education and Social Work School or the Languages Centre, aluminium radiators were installed. In the Law School, for example, the study could not be carried out because underfloor heating was installed in order not to modify the appearance of the historical building in the University Square. We could not do it in the library of the Miguel Delibes Campus either, where they heated the large reading and book storing halls with an installation by means of air.



Figuras 37 y 38. Facultad de Medicina y Facultad de Educación y Trabajo Social (Valladolid).

Figures 37 and 38. Medicine School and Education and Social Work School (Valladolid).



Figuras 39 y 40. Facultad de Derecho (Valladolid).

Figures 39 and 40. Law School (Valladolid).



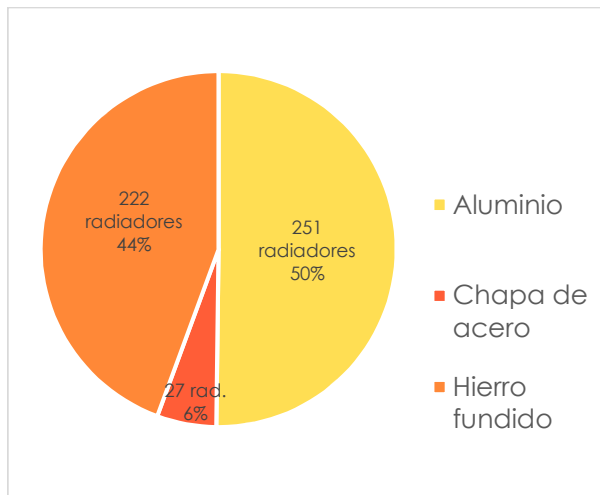


Gráfico 3. Comparación de los materiales utilizados para radiadores.

Graph 3. Comparison of the materials used for radiators.

Como vemos en el gráfico de sectores de arriba, los radiadores que predominan en la actualidad son los de aluminio, debido a las ventajas que presentan frente a los demás materiales, tal y como comentábamos en el punto 2.3.2. Le sigue muy de cerca en número el hierro fundido, que se popularizó cuando empezó a incluirse esta instalación en los edificios. La chapa de acero, tanto en radiadores como en paneles, es el menos utilizado de todos los materiales por su poca resistencia a la oxidación, lo cual merma su durabilidad.

Para este estudio, la característica más importante de los radiadores es la uniformidad. Este dato, como se ha descrito en el apartado del trabajo de campo, consiste en la relación entre la temperatura mínima que presenta un radiador en su superficie y su temperatura superficial media. Evidentemente, el objetivo es que el radiador tenga un valor de uniformidad lo más cercano posible a 1, lo cual significará que todos sus elementos funcionan de igual manera. Ante los datos recopilados durante el trabajo de campo, decidimos comprobar cuántos radiadores podríamos considerar que trabajaban realmente como se habían proyectado. Para ello, agrupamos los casos de estudio según la uniformidad que presentaban.

Tras esta clasificación, hay que decir que más de la mitad de los radiadores del estudio presentan una uniformidad superior a 0'80. A pesar de eso, resulta muy notable observar que, en todo el estudio, el porcentaje de casos analizados que podemos considerar que funcionan uniformemente no llega al 4%.

As we can see in the sector graph above this, the type of radiators that predominate nowadays are the aluminium ones, due to the advantages that they present when compared to the other materials, just like we commented in chapter 2.3.2. Molten iron follows very close behind, as a material that gained popularity when this installation began to be included in buildings. Steel plate, both in the shape of radiators and panels, is the least used of all the materials due to their low corrosion resistance, which diminishes its durability.

For this study, the most important characteristic is the uniformity. This piece of information, as we described in the section on field work, consists on the relation between the minimum temperature that a radiator presents on its surface and its average surface temperature. Obviously, the goal is that the radiators have a value for uniformity as close to 1 as possible, which will mean that all its elements work in the same way. Looking at the compiled data during the field work, we decided to check how many radiators we could consider are really working as they had been designed. For that, we grouped the case studies according their uniformity.

After this classification, we have to say that more than half of the radiators of the study presented a uniformity over 0'80. Despite that, it was very notorious to see that, in the whole study, the percentage of analysed cases that we could consider to be working uniformly does not reach 4%. With this first analysis it becomes evident that, generally speaking, the radiators that we install do not end up working as we plan. This observation is of great relevance in the

Con este primer análisis se hace evidente que, en líneas generales, los radiadores que instalamos no acaban trabajando tal y como nosotros proyectamos. Esta observación es de gran relevancia en el contexto energético y económico. En primer lugar, estamos pagando por elementos que no trabajan como el fabricante nos ha garantizado. Además, si este mal funcionamiento repercute en la temperatura ambiente, está afectando al confort de los usuarios de los edificios o alargando el tiempo necesario para alcanzarlo. En algunas ocasiones se veía que aun así se alcanzaba sin problema la temperatura ambiente de confort, lo que significa que se están consumiendo recursos materiales, humanos y energéticos en la fabricación e instalación de cantidades de elementos que no son necesarios.

energetic and economic context. In the first place, we are paying for elements which do not work as the manufacturer has guaranteed us. Besides, if this malfunctioning has an effect on the room temperature, it is affecting the comfort of the buildings' users or stretching on the necessary time to achieve it. Sometimes, we could see that even then, the comfort room temperature was reached without a problem, which means that we are consuming material, human and energetic resources in the production and installation of amounts of elements that are not necessary.

La clasificación según la uniformidad de los radiadores queda reflejada en el siguiente gráfico:

The classification according to the uniformity of the radiators is shown in the following graph:

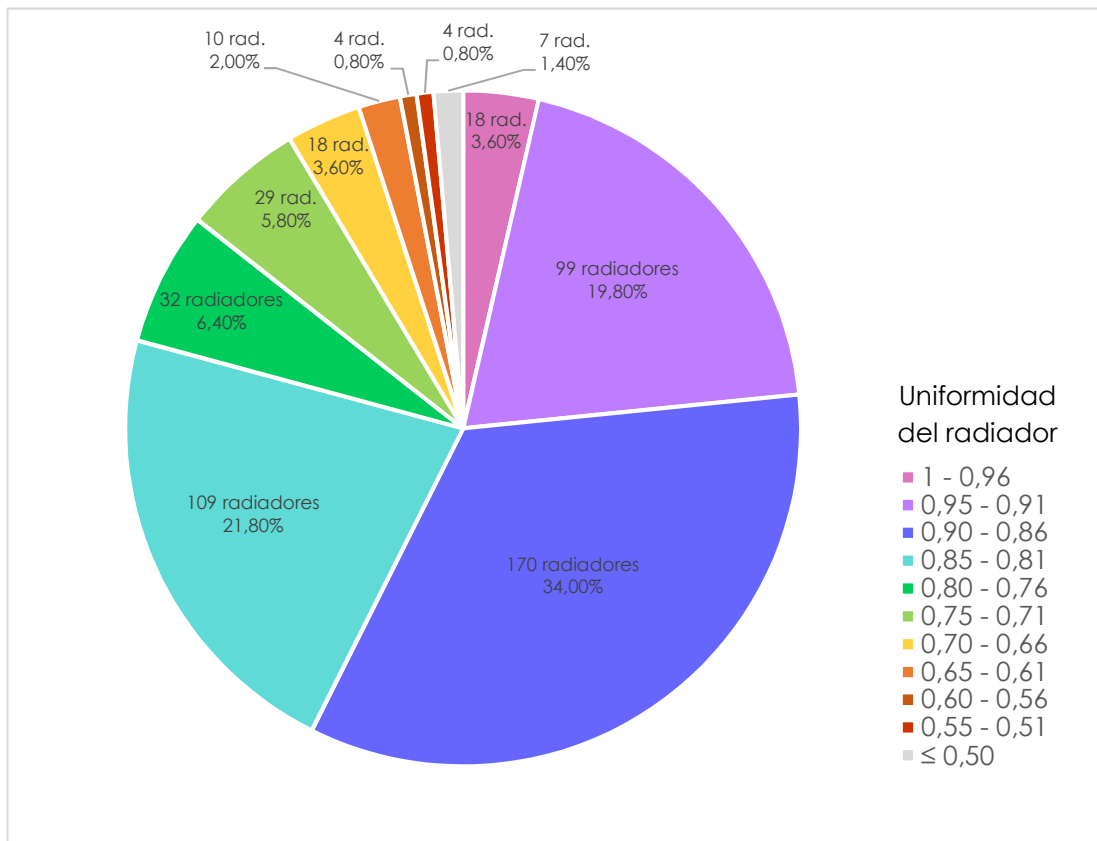


Gráfico 4. Clasificación de radiadores según su uniformidad.

Graph 4. Classification of radiators according to their uniformity.

A continuación, se identificaron todos aquellos radiadores que presentaban algún tipo de anomalía en la correcta y uniforme distribución de calor en su superficie. Independientemente del material considerado, el número de radiadores anómalos supera al de los uniformes considerablemente.

Afterwards, we identified all the radiators which presented some type of anomaly in the correct and uniform distribution of the heat on their surface. Independently of the considered material, the number of irregular radiators considerably surpasses the uniform ones.

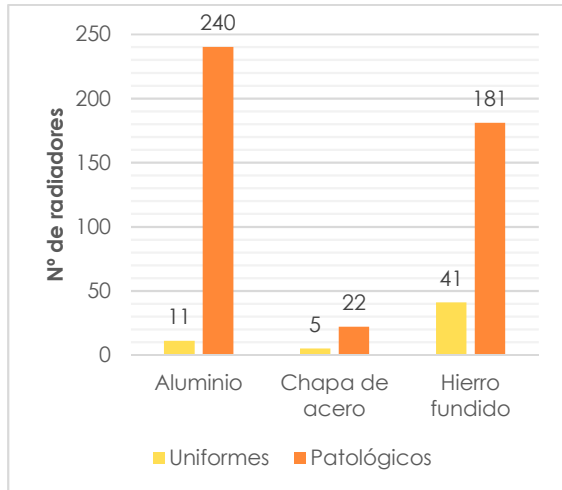


Gráfico 5. Comparación del número de radiadores uniformes y patológicos según el material.

Graph 5. Comparison of the number of uniform and pathological radiators depending on the material.

Es necesario hacer un análisis exhaustivo sobre los datos recabados en el trabajo de campo para identificar las causas de este mal funcionamiento generalizado de los radiadores de nuestras instalaciones y mejorar su eficiencia.

It is necessary to carry out an exhaustive analysis about the compiled data during the field work in order to identify the causes of this generalised malfunctioning of the radiators in our installations and to improve their efficiency.

En general, estamos hablando de que, de quinientos radiadores que se han documentado, tan sólo cincuenta y siete no presentan ningún tipo de patología que afecte a su emisión de calor. Esto quiere decir que el 88'60% de los radiadores del estudio presentan anomalías en su funcionamiento.

In general, we are saying that, from five hundred radiators that were documented, only fifty-seven do not present any type of pathology that affects their emission of heat. This means that 88'60% of the radiators in the study present anomalies in their performance.

El análisis de los datos recogidos en el trabajo de campo se efectuó de forma progresiva y acumulativa. Esto quiere decir que se ha tratado de ordenar los parámetros de forma que a medida que avanzamos al siguiente, todavía tenemos en cuenta los previamente estudiados y su influencia en el que estamos analizando en ese momento. Muchos parámetros están relacionados entre sí, y en algunos casos se descubrieron relaciones entre ellos que a priori no se consideraban.

The analysis of the compiled data during the field work was carried out in a progressive and accumulative way. This means that we have tried to order the parameters so that, as we move on to the next, we still take into account the ones previously studied and their influence on the one we are studying at the moment. Many parameters are interrelated and in many cases we discovered relations between them that we did not consider in the first place.

4.1. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.

4.1.1. ALTA O BAJA TEMPERATURA.

Tal y como se ha explicado en el apartado 2.2.2. del presente trabajo, se considera una instalación de calefacción por agua caliente a baja temperatura aquella en la que la temperatura de impulsión no supera los 55°C. El trabajo de campo se ha realizado sobre instalaciones tradicionales, es decir, no diseñadas para trabajar a baja temperatura. Sin embargo, sí se han encontrado radiadores que estaban funcionando a temperaturas inferiores a 55°C. Estos casos no son radiadores a baja temperatura por diseño original del arquitecto encargado del proyecto, sino que por diversas razones como pueden ser mantenimiento o sobredimensionado de la instalación, se ha tomado la decisión de bajar la temperatura de impulsión. Estaríamos hablando, pues, no de radiadores a baja temperatura, sino de radiadores sometidos a baja temperatura.

Como se está tendiendo hacia las instalaciones a baja temperatura por motivos de eficiencia energética, nos interesa mucho comprobar el funcionamiento de estos radiadores sometidos a baja temperatura. Si el estudio de su comportamiento diese resultados positivos, significaría que podemos aprovechar las instalaciones tradicionales a alta temperatura existentes y reutilizarlas a baja temperatura, ahorrándonos los costes de la renovación de las instalaciones.

En general, entonces, en todo el estudio tenemos 39 radiadores uniformes sometidos a baja temperatura y 18 radiadores uniformes de alta temperatura. Para comprobar si la temperatura de entrada del agua al radiador influye en su funcionamiento, primero se ha hallado la temperatura de entrada media de los radiadores uniformes y su correspondiente uniformidad media.

De esta forma, obtenemos que, para un radiador sometido a baja temperatura, la temperatura media de entrada es de 45'04°C y la uniformidad

4.1. ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF THE INSTALLATION.

4.1.1. HIGH OR LOW TEMPERATURE.

Just as we explained in the section 2.2.2. of the present paper, we consider that a low temperature hot water heating installation is the one in which the propulsion temperature does not surpass 55°C. The field work has been carried out on traditional installations, that is, they are not designed to work on low temperature. However, we actually have found radiators that were working on temperatures below 55°C. In these cases, they are not low temperature radiators by original design of the architect in charge of the project, but because of various reasons like maintenance or an oversizing of the installation, the decision has been taken to lower the propulsion temperature. We would be talking, then, not about low temperature radiators, but about forced low temperature radiators.

Because the tendency is to move towards low temperature installations because of energetic efficiency reasons, we are very interested in checking the performance of these forced low temperature radiators. If the study of their behaviour gave out positive results, it would mean we can make the most of the existing traditional high temperature installations and reuse them on low temperature, saving up the costs of renovating the installations.

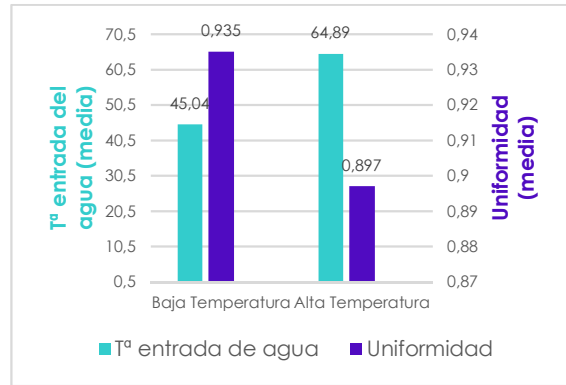
Generally speaking, then, in the entire study we have 39 uniform forced low temperature radiators and 18 uniform high temperature radiators. In order to check if the entrance temperature affects their behaviour, first we calculated the average entrance temperature of the uniform radiators and their corresponding average uniformity.

This way, we obtain that for a forced low temperature radiator, the average entrance temperature is 45'04°C and the average uniformity is 0'935. For a high temperature radiator, the average entrance temperature is 64'89°C and the average uniformity is 0'897, just as the following graph shows.

media es de 0'935. Para un radiador a alta temperatura, la temperatura media de entrada de agua es de 64'89°C y la uniformidad media es de 0'897, tal y como muestra el siguiente gráfico.

Gráfico 6. Relación entre la temperatura de entrada del agua y la uniformidad en radiadores de funcionamiento uniforme.

Graph 6. Relation between the entrance temperature of the water and the uniformity in radiators with uniform functioning.



Con esto ya vemos que los radiadores sometidos a baja temperatura trabajan de una forma mucho más uniforme que los de alta temperatura.

With this, we already see that forced low temperature radiators work in a much more uniform way that high temperature ones.

Continuamos analizando los radiadores uniformes y observamos que en aquellos radiadores que trabajan a baja temperatura, existe una relación entre la temperatura de entrada del agua y la uniformidad. Si la temperatura del agua que entra en el radiador es inferior a la media que hemos calculado antes, la uniformidad media aumenta. Sin embargo, si ocurre lo contrario y la temperatura de entrada es superior a la media, la uniformidad media descende. De esta forma, en el siguiente gráfico comprobamos que, a medida que aumenta la temperatura de funcionamiento del radiador, su uniformidad descende. No ocurre lo mismo para los radiadores a alta temperatura, cuya uniformidad no se ve afectada por un ascenso o descenso de la temperatura del agua que los suministran.

We continue analysing the uniform radiators and we observe that in those radiators that work on low temperature, there exists a relation between the entrance temperature of the water and the uniformity. If the temperature of the water that enters the radiator is lower than the previously calculated average, the average uniformity increases. However, if the opposite situation occurs and the entrance temperature is higher than the average, the average uniformity decreases, this way, in the following graph we can verify that, as the operating temperature of the radiator increases, their uniformity descends. It does not happen the same thing with the high temperature radiators, whose uniformity does not appear affected by an increase or decrease of the temperature of the water supplying them.

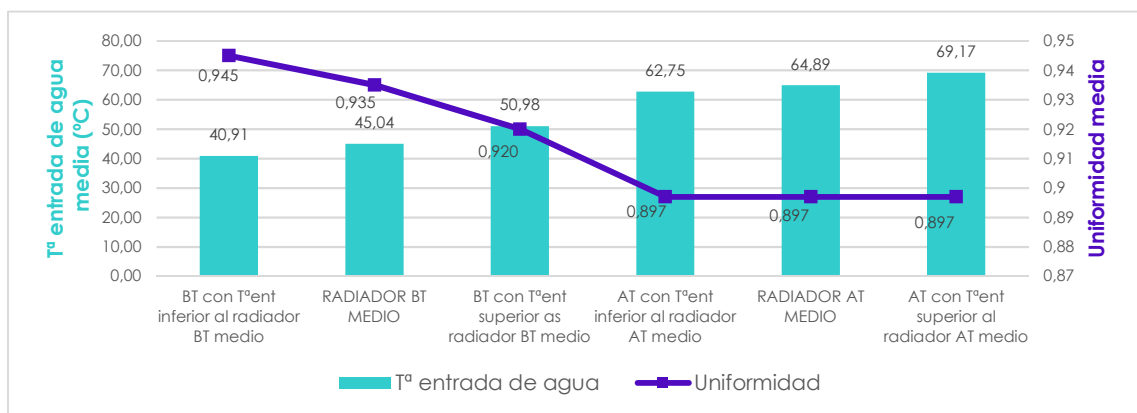


Gráfico 7. Efecto de la temperatura de entrada del agua en la uniformidad de radiadores uniformes.

Graph 7. Effect of the entrance temperature of the water in the uniformity of uniform radiators.

Nos dirigimos ahora a los radiadores patológicos, en los cuales tampoco hallamos un patrón único. Está claro que, independientemente de la temperatura de funcionamiento, la uniformidad media es significativamente inferior que la de los radiadores uniformes. En el siguiente gráfico podemos ver que los radiadores patológicos que trabajan a baja temperatura llevan asociado a ese descenso de uniformidad un aumento de temperatura de entrada del agua, lo cual corrobora la observación previa realizada con radiadores uniformes. Por el contrario, no ocurre esto en los radiadores patológicos que trabajan a alta temperatura: no vemos una variación significativa de la temperatura de entrada de agua asociada al descenso de uniformidad.

We now direct our attention to the pathological radiators, among which we do not find a unique pattern either. It is clear that, independently of the operating temperature, the average uniformity is significantly lower than on the case of uniform radiators. In the following graph we can see that the pathological radiators which work on low temperature have an increase of the entrance temperature associated to the decrease of uniformity, which confirms the previous observation made with uniform radiators. On the contrary, it does not happen so on the pathological radiators which work on high temperature: we do not see a significant variation of the entrance temperature associated to the decrease of uniformity.

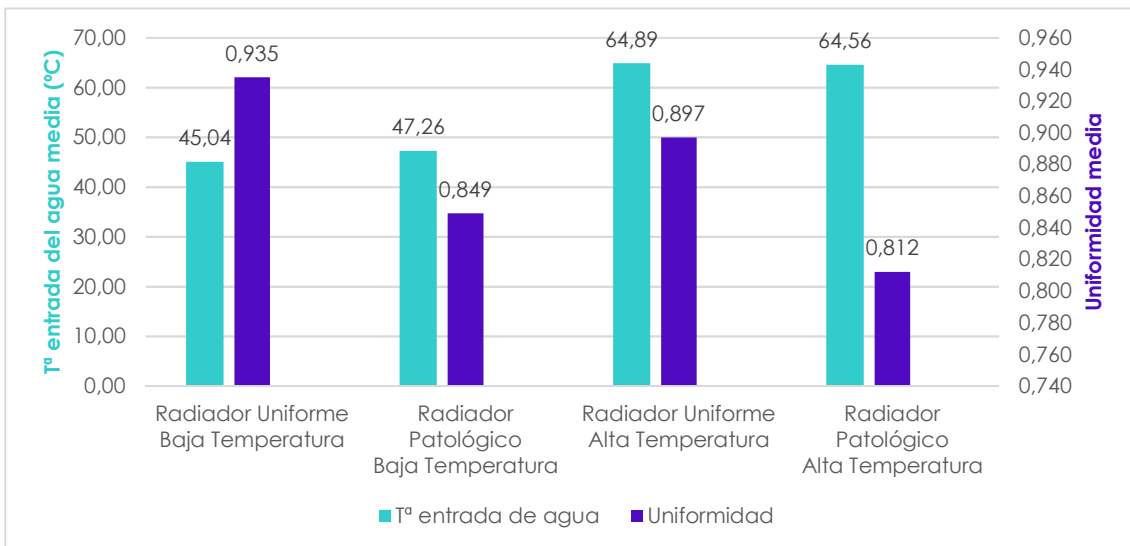


Gráfico 8. Comparación entre radiadores uniformes y patológicos.

Graph 8. Comparison between uniform and pathological radiators.

Si comparamos la temperatura de entrada del agua en radiadores patológicos continuamos corroborando nuestra teoría. Como muestra el gráfico a continuación, en radiadores patológicos sometidos a baja temperatura, la uniformidad cae más si la temperatura de entrada de agua es superior a la media de radiadores uniformes que si es inferior. Esto se corresponde con el análisis de los radiadores uniformes, en el cual veíamos que cuanto mayor era la temperatura de entrada del agua, más perjudicada se veía la uniformidad.

If we compare the entrance temperature of the water on pathological radiators we continue confirming our theory. As the following graph shows, on pathological forced low temperature radiators, the uniformity drops more if the entrance temperature is higher than the average for uniform radiators, than if it is lower. This agrees with the analysis of uniform radiators, in which we could see that the higher the entrance temperature of the water was, the more adversely affected the uniformity would be.

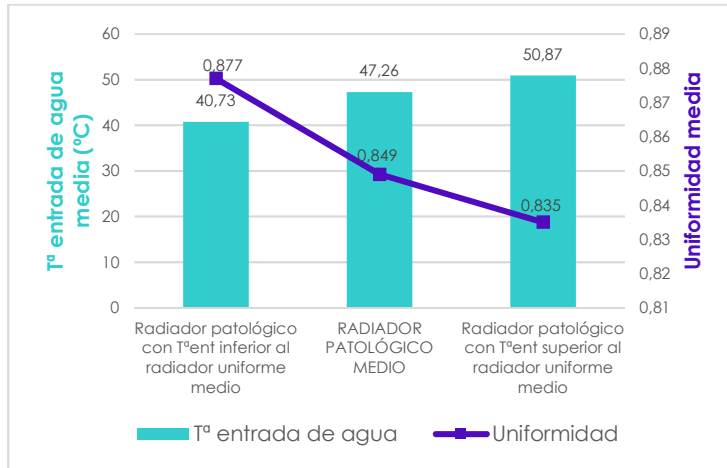


Gráfico 9. Efecto de la temperatura de entrada del agua en la uniformidad de radiadores patológicos sometidos a baja temperatura.

Graph 9. Effect of the entrance temperature of the water on the uniformity of pathological forced low temperature radiators.

En cambio, se realizó la misma comparación con los radiadores patológicos a alta temperatura y se pudo comprobar que el valor de la uniformidad no se veía afectado si diferenciamos entre aquellos casos cuya temperatura de entrada de agua es superior a la media y los que la tienen inferior a la media. Por tanto, este descenso de uniformidad tiene que deberse a otros factores, pero no a la temperatura de entrada del agua.

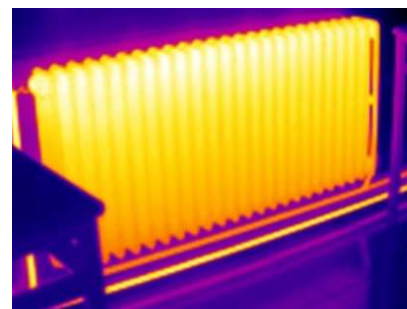
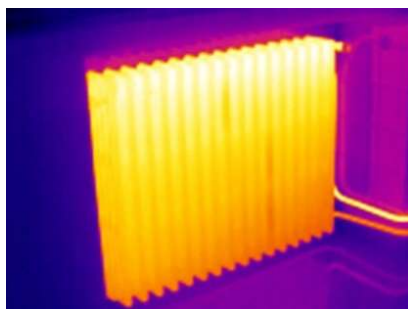
On the other hand, we carried out the same comparison with pathological high temperature radiators and we could verify that the value of uniformity did not appear affected if we differentiated the ones whose entrance water temperature was above average from the ones which had it below average. Thus so, this descend of uniformity must be due to other factors, but not the entrance temperature of the water.

De esto podemos concluir que, en radiadores sometidos a baja temperatura, la uniformidad se ve clara y notablemente afectada por el aumento de la temperatura de entrada del agua respecto a la media. En radiadores de alta temperatura, el efecto no es apreciable cuando el radiador tiene un comportamiento uniforme. Tampoco influye cuando presentan alguna anomalía en su funcionamiento, pesan más otros factores que la temperatura de entrada del agua al radiador.

From this we can conclude that, in forced low temperature radiators, the uniformity appears clearly and notoriously affected by the increase of the entrance temperature of the water when we compare it to the average. In high temperature radiators, the effect is not noticeable when they have a uniform behaviour. It does not influence them either when they present some anomaly in their functioning, other factors are more important than the entrance temperature of the water to the radiator.

Como ejemplo podemos comparar los casos de estudio R226 y R348, mostrados aquí:

As an example, we can compare the study cases R226 y R348, shown here:



Figuras 41 y 42. Fotografías termográficas de los radiadores R226 y R348, respectivamente.

Figures 41 and 42. Thermographic photographs of radiators R226 and R348, respectively.

Ambos son radiadores de hierro fundido cuya superficie está más fría por abajo que por arriba. La diferencia es que el primero trabaja a baja temperatura y el segundo, a alta temperatura. El radiador R226 tiene $T_{ent}^a = 50'1^{\circ}\text{C}$, lo cual es superior a la media de un radiador uniforme sometido a baja temperatura ($45'04^{\circ}\text{C}$). Este radiador tiene una uniformidad de 0'850, muy inferior a la de un radiador uniforme medio, que es 0'935. El radiador R348 tiene $T_{ent}^a = 73'3^{\circ}\text{C}$, lo cual también es superior a media de un radiador uniforme a alta temperatura ($64'89^{\circ}\text{C}$), pero su uniformidad es de 0'830, que es incluso superior a la de un radiador uniforme medio (0'812).

Si bien hemos establecido que a los radiadores sometidos a baja temperatura les afecta en mayor grado el aumento de la temperatura de entrada del agua que a los que funcionan a alta temperatura, no debemos olvidar que, en general, tienen un funcionamiento más uniforme los primeros que los segundos. Aunque los porcentajes de radiadores uniformes no sean buenos en ninguna de las dos categorías, es más optimista el de los radiadores sometidos a baja temperatura, que alcanza el 13% de los casos de estudio, que el de los radiadores a alta temperatura, que sólo llega al 9%.

A partir de ahora, analizaremos los radiadores que trabajan a baja y alta temperatura preferentemente por separado. El objetivo será identificar a cuál de estas dos categorías afectan más los factores que vamos a analizar en el resto del estudio. Actualmente la tendencia es ir modificando progresivamente las instalaciones de calefacción para que trabajen a baja temperatura por motivos ecológicos y económicos, como se ha explicado anteriormente. Por eso necesitamos saber si con este funcionamiento, los radiadores son más propensos a sufrir anomalías y en qué condiciones su funcionamiento es el óptimo.

4.1.2. TEMPERATURA AMBIENTE Y SALTO TÉRMICO.

El salto térmico de cada caso estudiado, además de depender de la temperatura ambiente medida, también depende de la temperatura de

Both of them are molten iron radiators whose surface is colder on the bottom than on the top. The difference is that the first one works on low temperature and the second one, on high temperature. Radiator R226 has an entrance temperature $T_{ent}^a = 50'1^{\circ}\text{C}$, which is over the average for a forced low temperature radiator ($45'04^{\circ}\text{C}$). this radiator has a uniformity of 0'850, much lower than the one of an average uniform radiator, which is 0'935. Radiator R348 has an entrance temperature $T_{ent}^a = 73'3^{\circ}\text{C}$, which is also over the average of a high temperature uniform radiator ($64'89^{\circ}\text{C}$), but its uniformity is 0'830, which is even higher than the one for an average uniform radiator (0'812).

Even though we have established that forced low temperature radiators are more affected by the increase of the entrance temperature of the water than high temperature radiators, we must not forget that, generally speaking, the first ones have a more uniform functioning than the second ones. Although the percentages of uniform radiators are not good in either of the categories, the one for forced low temperature radiators, reaching 13% of the study cases, is more optimistic than the one for high temperature radiators, which only goes up to 9%.

From now on, we will preferably analyse separately the radiators which work forced on low temperature and the ones that work on high temperature. The goal will be to identify which of these two categories becomes more affected by the factors that we are going to analyse in the rest of the study. Nowadays, the tendency is to progressively modify the heating installations so that they work on low temperature because of ecologic and economic reasons, as we have previously explained. That is why we need to know if, with this way of functioning, radiators are more likely to suffer anomalies, and in which conditions their performance is optimised.

4.1.2. ROOM TEMPERATURE AND THERMAL GAP.

The thermal gap in each of the studied cases, besides depending on the measured room temperature, also depends on the operating temperature of the

funcionamiento del radiador. Los radiadores de baja temperatura trabajan con saltos térmicos de alrededor de 20-25°C, mientras que los de alta temperatura lo hacen con saltos térmicos de 40-45°C. Observaremos en primer lugar aquellos radiadores que tienen un comportamiento uniforme para comprobar si existe una relación entre el salto térmico y la uniformidad de los radiadores.

radiator. Low temperature radiators work with thermal gaps of about 20-25°C, while high temperature ones do so with thermal gaps of 40-45°C. We will look in the first place at the radiators which have a uniform behaviour to check if there exists a relation between the thermal gap and the uniformity of the radiators.

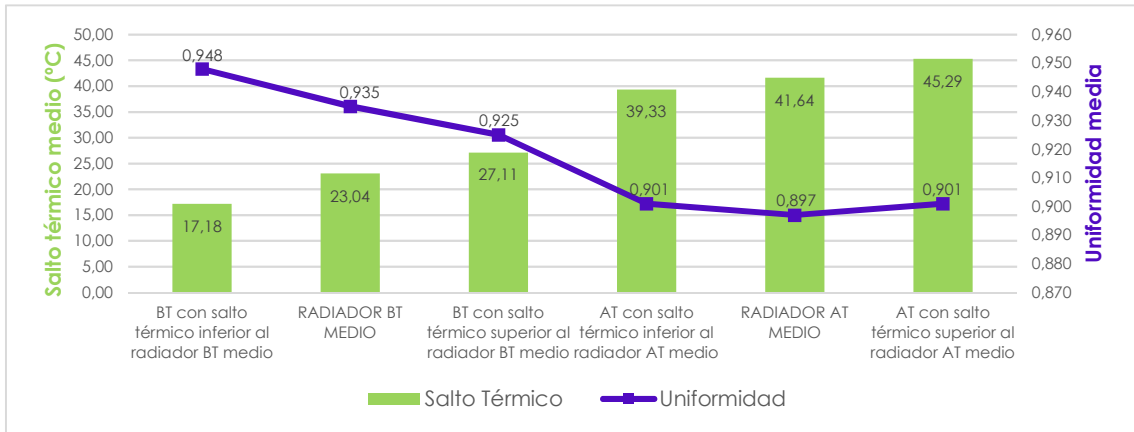


Gráfico 10. Efecto del salto térmico en la uniformidad de radiadores uniformes.

Graph 10. effect of the thermal gap on the uniformity of uniform radiators.

En este gráfico que podemos ver arriba, comprobamos cómo en los radiadores que trabajan a baja temperatura, un aumento del salto térmico viene asociado a un descenso de la uniformidad. Esta tendencia no se repite en los radiadores a alta temperatura, al igual que no influya la temperatura de entrada del agua.

In this graph that we can see above, we can verify that on radiators which work on low temperature, an increase of the thermal gap comes associated with a decrease of the uniformity. This tendency is not repeated on high temperature radiators, just like it did not matter the entrance temperature of the water.

Seguidamente, decidimos repetir la operación con los radiadores patológicos para comprobar si este patrón se repite, recordando que partimos de que el radiador patológico medio tiene una uniformidad inferior a la del radiador uniforme medio.

Afterwards, we decided to repeat the operation with pathological radiators to check whether this pattern is repeated, remembering that we start off from the assumption that the average pathological radiator has a lower uniformity than the average uniform radiator.

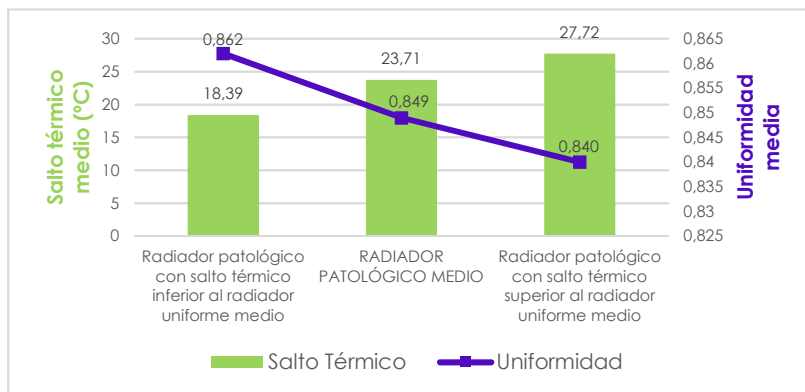


Gráfico 11. Efecto del salto térmico en la uniformidad de radiadores patológicos sometidos a baja temperatura.

Graph 11. Effect of the thermal gap on the uniformity of pathological forced low temperature radiators.

A la vista de los resultados, observamos que, efectivamente, la uniformidad de los radiadores sometidos a baja temperatura desciende a medida que asciende el salto térmico, como se puede ver en el gráfico. Por el contrario, este esquema no se da en los radiadores de alta temperatura, cuya variación de uniformidad no parece tener relación con el salto térmico.

El salto térmico de un local, descrito en el apartado 3.3.2., depende mucho de la temperatura a la que entra el agua en el radiador, por lo que podemos encontrar una relación entre estos dos parámetros que hemos analizado hasta el momento.

Si recopilamos, hemos deducido que tanto la temperatura de entrada del agua al radiador como el salto térmico afectan a la uniformidad en radiadores sometidos a baja temperatura independientemente de su funcionamiento. Sin embargo, en radiadores a alta temperatura, estos factores no influyen y deberemos estudiar otros parámetros que puedan explicar el descenso de la uniformidad respecto a la media.

En cuanto a la temperatura ambiente, se ha estudiado si existe una relación entre la uniformidad que presenta el radiador y la temperatura ambiente que se puede medir en la estancia. En este análisis se ha encontrado que esta relación sí que está presente en los radiadores que funcionan sometidos a baja temperatura.

Si hablamos de este tipo de radiadores, se ha comprobado que cuanto menor es la temperatura ambiente, menor es la uniformidad. Recordamos, tal y como se podía ver en el punto 4.1.1., que la uniformidad media de un radiador sometido a baja temperatura uniforme era 0'935 y la de uno que también trabaja a baja temperatura pero que presenta alguna patología era de 0'849.

Gráfico 12. Efecto de la temperatura ambiente sobre la uniformidad de radiadores sometidos a baja temperatura.

Graph 12. Effect of the room temperature on the uniformity of forced low temperature radiators.

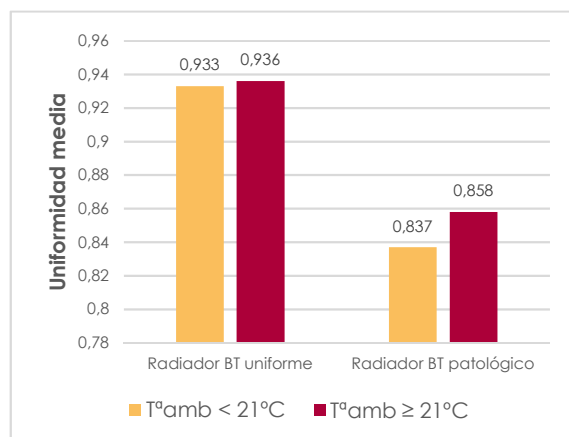
In light of the results, we can see that, indeed, the uniformity of forced low temperature radiators descends as the thermal gap increases, as we can see on the graph. On the contrary, we cannot find this pattern in high temperature radiators, whose uniformity variation does not appear to be related with the thermal gap.

The thermal gap of a room, described in chapter 3.3.2., depends a lot on the temperature of the water that enters the radiator, so we can find a connection between these two parameters which we have analysed so far.

To sum up, we have deduced that both the entrance temperature of the water to the radiator and the thermal gap affect the uniformity in forced low temperature radiators independently of their functioning. However, these factors do not make a difference on high temperature radiators and we will have to study other parameters that might explain the decrease of uniformity in relation to the average.

As for the room temperature, we have studied if there exists a connection between the uniformity of a radiator and the room temperature that could be measured in the room. In this analysis we have found that this connection actually is present in forced low temperature radiators.

If we talk about this type of radiators, we have verified that the lower the room temperature is, the lower the uniformity is. We remember, as we could see on chapter 4.1.1., that the average uniformity of a forced low temperature radiator was 0'935 and that the one for an also forced low temperature radiator which presents some pathology was 0'849.



Observando ahora el gráfico de la página anterior, se puede comprobar que si la temperatura ambiente es inferior a 21°C, que es la temperatura de confort mínima de diseño, la uniformidad media es inferior a la general (0'933 y 0'837 respectivamente). Por el contrario, si es superior a 21°C, la uniformidad media es superior a la general (0'936 y 0'858 respectivamente). Con esto podríamos deducir que cuanto más frío está el local, es decir, cuanto menor en la temperatura ambiente y, por tanto, mayor es el salto térmico, los radiadores se comportan de una manera menos uniforme.

Creemos que la explicación para esta circunstancia es que, al existir un salto térmico mayor, el intercambio de calor entre el emisor y el aire de la estancia se produce más rápido en cuanto el agua caliente llega al radiador, no de forma lenta y progresiva en toda su superficie. En cambio, cuando el salto térmico es pequeño, el radiador cede el calor de forma más gradual, menos brusca y, por tanto, más uniforme.

Por el contrario, no se ha encontrado la misma circunstancia en los radiadores que funcionan a alta temperatura. Como las instalaciones tradicionales están sobredimensionadas, se registran temperaturas ambiente muy elevadas que no permiten analizar este parámetro de forma realista. Aunque la temperatura ambiente sea adecuada para el confort de los usuarios, esto no quiere decir que los radiadores estén funcionando de manera correcta, sino que el mal funcionamiento no es perceptible porque la instalación está muy sobredimensionada.

En cualquier caso, lo que más nos interesa es lo que ocurre con los radiadores que sometemos a bajas temperaturas de impulsión. De este apartado podemos extraer que, si queremos que este tipo de instalación funcione de manera uniforme, necesitamos que el salto térmico sea pequeño. Así, se corrobora la teoría explicada en el apartado 2.2.2.: la instalación ideal consiste en suelo radiante que garantice una temperatura base a lo largo del día, sobre la cual realizaremos ligeros ajustes con radiadores trabajando a baja temperatura.

Observing now the graph on the previous page, we can check that if the room temperature is below 21°C, which is the designed minimum comfort temperature, the average uniformity is below the general ones (0'933 and 0'837 respectively). On the contrary, if it is above 21°C, the average uniformity is higher than the general ones (0'936 and 0'858). With this we could deduce that the colder the room is and, thus, the higher the thermal gap is, the less uniformly the radiators will behave.

We believe that the explanation for this circumstance is that, when existing a higher thermal gap, the heat exchange between the emitting device and the air of the room takes place more quickly as soon as the hot water enters the radiator, not in a slow and progressive manner over its whole surface. On the other hand, when the thermal gap is low, the radiator transfers the heat more gradually, less abruptly and, thus, more uniformly.

On the contrary, the same circumstance has not been found on radiators which work on high temperature. Because traditional installations are oversized, we register very high room temperatures which do not permit the analyse this parameter in a realistic way. Even though the room temperature is adequate for the comfort of the users, this does not mean that the radiators are working correctly, but that the malfunctioning is not noticeable because the installation is so oversized.

In any case, what is most interesting for us is what happens with the radiators that we force to work on low propulsion temperatures. From this section we can extract that, if we want this type of installation to work evenly, we need the thermal gap to be small. Thus, we confirm the theory we explained in chapter 2.2.2.: the ideal installation consists of underfloor heating which guarantees a base temperature throughout the day, upon which we will make slight adjustments with radiators working on low temperature.

4.1.3. TRAZADO MONOTUBO O BITUBO.

Según se ha podido comprobar en el trabajo de campo, el trazado más común con mucha diferencia es el sistema bitubo. De los quinientos casos de estudio, solamente diecinueve pertenecen a un trazado monotubo.

Este tipo de sistema presenta varios problemas, entre los que podemos destacar el límite de radiadores por anillo y de anillos por caldera, el descenso de la temperatura a medida que nos alejamos de la caldera y un dimensionado más complejo porque hay que calcular a qué temperatura llega el agua a cada radiador.

4.1.3. MONOTUBE OR BITUBE LAYOUT.

As we have been able to verify in the field work, the most common layout, without a doubt, is the bitube system. Out of the five hundred study cases, only nineteen belong to a monotube layout.

This type of system presents several problems, among which we can point out the limit of radiators for each loop and of loops for each boiler, the decrease of temperature as we move away from the boiler and a more complex dimensioning because we have to calculate the temperature of the water when it reaches each radiator.

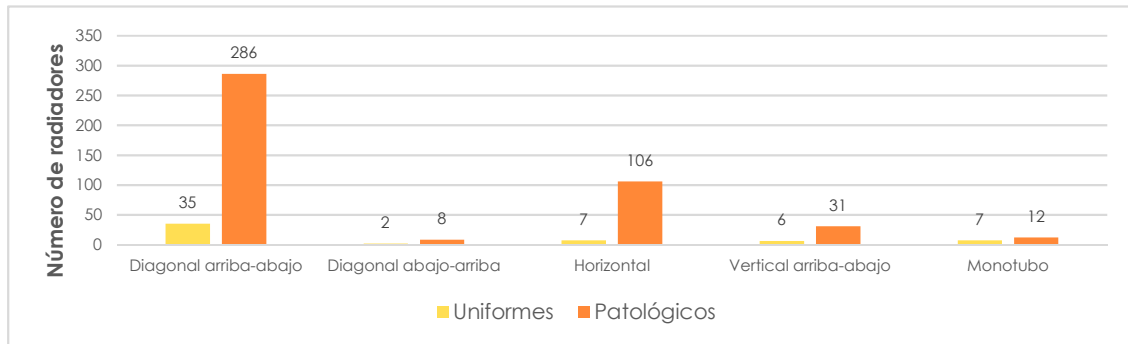


Gráfico 13. Clasificación según el modelo de conexión del radiador a la red de tuberías de calefacción.

Graph 13. Classification according to the connection of the radiator to the network of pipes.

Además, a esto tenemos que sumarle que el funcionamiento de un radiador en un sistema monotubo no es tan sencillo y directo como en las instalaciones bitubo. El agua entra y sale por un mismo punto, ubicado en la parte inferior del radiador. Por el interior del radiador, el agua caliente se distribuye y luego regresa a su punto de inicio para reincorporarse al circuito y continuar hacia el siguiente radiador. Con esto en mente, podríamos suponer que este tipo de radiadores tendrá un comportamiento menos uniforme, ya que el agua caliente que circula por su interior no sigue un camino ordenado desde que entra hasta que sale. Se estudió esta teoría con los datos recopilados en el trabajo de campo y nos sorprendió comprobar que quedaba refutada.

Besides, to all that we have to add that the behaviour of a radiator in a monotube system is not as simple and direct as in bitube installations. Water goes in and comes out through the same spot, located on the lower part of the radiator. Inside the radiator, the hot water distributes and then returns to the starting point to rejoin the circuit again and continue on to the next radiator. With this in mind, we could assume that this type of radiators will have a less uniform behaviour, as the hot water does not flow inside them in an ordered way from the entrance to the exit. We studied this theory with the data we compiled during the field work and we were surprised to see it was rejected.

Se han clasificado los radiadores en cinco categorías en función del recorrido que realiza el agua desde la entrada hasta la salida del radiador (monotubo más cuatro variantes en bitubo):

- Monotubo.
- Bitubo.
 - Diagonal arriba-abajo.
 - Diagonal abajo-arriba.
 - Horizontal.
 - Vertical arriba-abajo.

Precisamente, de entre estos cinco tipos, el grupo de radiadores monotubo es el que posee el menor porcentaje de radiadores patológicos, ya que apenas supera la mitad de los radiadores: 63%. Tampoco se encuentra un patrón en cuanto a material (incluye aluminio, chapa de acero y hierro fundido), temperatura de funcionamiento, patologías presentes ni dimensiones. La uniformidad media de todos los radiadores monotubo es de 0'871, y si contabilizamos únicamente los radiadores patológicos, nos sale una uniformidad de 0'847, lo cual puede ser digno de consideración. Sin embargo, este dato sigue siendo superior al de aquellos radiadores bitubo con flujo de agua vertical de arriba abajo, cuya uniformidad media sólo alcanza el valor 0'775. De hecho, si consideramos en esa otra categoría sólo los radiadores patológicos, la uniformidad media cae al 0'749.

We classified the radiators in five categories depending on the itinerary of the water from the entrance to the exit of the radiator (monotube plus four types for bitube):

- Monotube.
- Bitube.
 - Diagonal top-bottom.
 - Diagonal bottom-top.
 - Horizontal.
 - Vertical top-bottom.

Out of all of these five types, it was precisely the group of monotube radiators the one that had the lowest percentage of pathological radiators, as it slightly surpasses half of them: 63%. We could not find a pattern in terms of material (they include aluminium, steel plate and molten iron), operating temperature, present pathologies or dimensions. The average uniformity of all the monotube radiators is 0'871, and if we only count the pathological ones, it results in a uniformity of 0'847, which could be taken into consideration. However, this number is still higher than the one for the bitube radiators with a vertical water flow from top to bottom, whose average uniformity only reaches 0'775. In fact, if we consider in this other category only the pathological radiators, the average uniformity drops to 0'749.

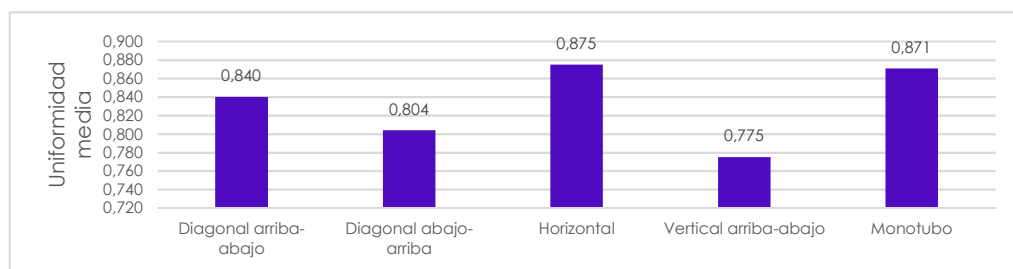


Gráfico 14. Uniformidad media según el modelo de conexión del radiador a las tuberías de calefacción.

Graph 14. Average uniformity according to the type of connection of the radiator to the heating pipes.

De todas maneras, se considera que el número de radiadores con conexión monotubo que se han encontrado en el trabajo de campo no resultan suficientes para extraer conclusiones sobre su funcionamiento. Este tema quedaría pendiente como objeto de una futura investigación específica más detallada que se centrara en el funcionamiento de radiadores con este tipo de conexión.

In any way, we consider that the number of radiators with a monotube connection we have found in the field work is not sufficient to extract conclusions about their functioning. This matter would be left pending as a subject for a future specific and more detailed investigation that would focus on the functioning of radiators with this type of connection.

El modelo de conexión del radiador a la red de tuberías de calefacción más habitual es el diagonal arriba-abajo en instalaciones bitubo. Encontramos que 321 radiadores del trabajo de campo presentan este tipo de conexión. Hace años se utilizaba esta ubicación para la entrada y salida del agua para facilitar la circulación del fluido por gravedad. Actualmente, las instalaciones de calefacción se encuentran presurizadas y funcionan gracias a una bomba, por lo que la gravedad ya no supone un problema. En el trabajo de campo se han llegado a encontrar once casos con un flujo del agua en diagonal de abajo a arriba sin que pareciera afectar especialmente al funcionamiento de los radiadores.

Por último, el grupo que mayor porcentaje de radiadores patológicos tiene es el que presenta un flujo del agua horizontal, bien fuese en la parte superior o en la inferior. Aquí estamos hablando de un 95% de casos anómalos en una categoría que abarca 113 radiadores.

4.2. ANÁLISIS DE LAS PATOLOGÍAS IDENTIFICADAS.

Examinando las fotografías termográficas de los quinientos casos que componen el estudio, se pudieron diferenciar ocho tipos de patologías que afectaban a la disipación uniforme del calor en la superficie del radiador, las cuales explicaremos a continuación. En muchos casos documentados se observaban más de una anomalía, lo cual impulsó el estudio también de la relación entre unas y otras. Asimismo, siempre que se consideró relevante, se investigó la influencia de los parámetros previamente analizados sobre cada patología, o viceversa.

Como hemos explicado al inicio de este bloque de contenidos, en el trabajo de campo encontramos radiadores fabricados con tres materiales diferentes: aluminio, chapa de acero y hierro fundido. Aunque se estudiará el comportamiento de cada material por separado y más en profundidad en el siguiente apartado, aquí mencionaremos diferencias llamativas que se encuentren en cuanto al efecto de las distintas patologías.

The most common way of connecting the radiator to the network of pipes in bitube installations is the diagonal top to bottom one. We see that 321 radiators of the field work have this type of connection. Years ago, this location for the entrance and exit of the water was used to make the circulation of the fluid by gravity easier. Nowadays, heating installations are pressurised and work thanks to a pump, so gravity is not a problem anymore. During the field work we have even come across eleven cases with a water flow in diagonal from bottom to top without it seeming to affect especially the functioning of the radiators.

Lastly, the group that had the highest percentage of pathological radiators was the one with a horizontal water flow, be it on the upper part or the lower part. In this case we talk about 95% of irregular cases in a category which includes 113 radiators.

4.2. ANALYSIS OF THE IDENTIFIED PATHOLOGIES.

Examining the thermographic photographs of the five hundred cases that make up the study, we could differentiate eight types of pathologies that affected the uniform heat dissipation on the radiator's surface, which we will now explain. In many of the documented cases we observed more than one anomaly, which motivated the additional study of the connection between them. Furthermore, every time we considered it relevant, we investigated the influence of the previously analysed parameters on each pathology, or vice versa.

As we have explained on the beginning of this contents unit, throughout the field work we found radiators made of three different materials: aluminium, steel plate and molten iron. Although we will study each material's behaviour separately and in depth in the following section, here we will mention significant differences that we find when talking about the effect of the various pathologies.

4.2.1. RADIADOR FRÍO POR ARRIBA.

El radiador presenta un degradado de temperatura de abajo a arriba, enfriándose a medida que nos acercamos a la parte superior. Probablemente sea la patología más conocida tanto por usuarios como por encargados de mantenimiento de las instalaciones de calefacción. Además, es muy fácil y rápidamente detectable porque solemos apoyarnos en la parte superior de los radiadores para calentarnos, por lo que enseguida detectamos si la parte superior está inusualmente fría.

Este mal funcionamiento de los radiadores se debe generalmente a la presencia de aire en la instalación. Este aire, en forma de burbujas, se irá desplazando hacia el punto más elevado de la instalación debido a que su densidad es inferior a la del agua. Por ello lo encontramos en la parte superior de los radiadores y normalmente en los radiadores más elevados de todo el sistema. Es necesario realizar una purga de los radiadores regularmente para cerciorarse de que no hay burbujas de aire que dificulten la circulación del agua. Sin embargo, como esta labor de mantenimiento depende del usuario, a veces no se lleva a cabo por falta de costumbre o desconocimiento, y esto reduce mucho la eficiencia del radiador y de la instalación.

Figura 43. R113. Radiador de hierro fundido frío por arriba por presencia de aire.

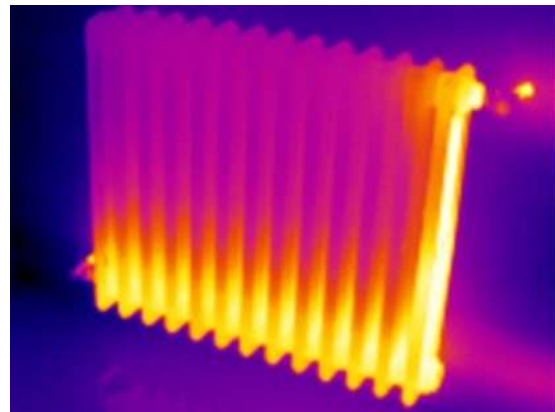
Figure 43. R113. Molten iron cold-top radiator due to the presence of air.

En el Centro de Idiomas del Campus Miguel Delibes de la Universidad de Valladolid, todos los radiadores analizados en la tercera y última planta presentaban este comportamiento. Debido a esta situación generalizada, se barajó la posibilidad de que no estuviera llegando suficiente agua a la tercera planta por falta de presión en el circuito y que el supuesto hilo de agua que parecía suministrar los radiadores no llegase a atravesar todos sus elementos, sino que escurría por el primero y salía directamente

4.2.1. COLD-TOP RADIATOR.

The radiator presents a gradient of temperature from the bottom to the top, getting colder as we approach the upper part. It probably is the most well-known pathology both by users and people in charge of the maintenance of heating installations. Besides, it is very easily and quickly recognisable because we usually lean on the upper part of the radiators to warm ourselves, so we immediately detect if the upper part is unusually cold.

This malfunctioning of the radiators is generally caused by the presence of air inside the installation. This air, in the shape of bubbles, will move towards the highest point of the installation because its density is lower to the water's density. That is why we find it on the upper part of the radiators and usually in the highest radiators in the whole system. It is necessary to carry out a bleeding of the radiators regularly to make sure that there are not air bubbles which obstruct the circulation of the water. However, as this maintenance task depends of the user, sometimes it is not carried out because of lack of habit or lack of knowledge, and this reduces a lot the efficiency of the radiator and of the installation.



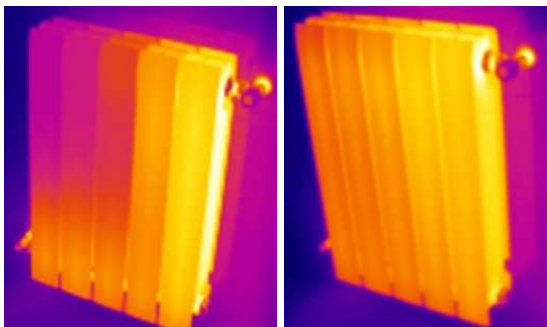
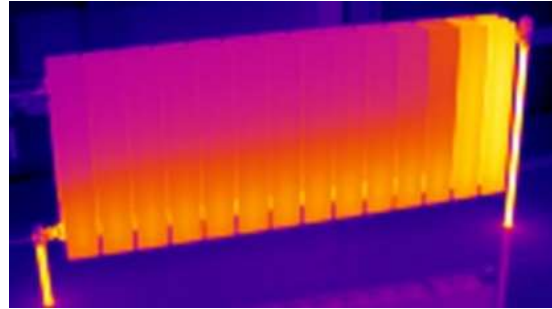
In the Languages Centre in the Miguel Delibes Campus of the University of Valladolid, all the radiators we analysed on the third and last floor presented this behaviour. Due to this generalised situation, we considered the possibility that there was not enough water reaching the third floor due to a lack of pressure in the circuit and that the alleged water thread that appeared to be feeding the radiators did not actually go through all the elements, but trickled down the first one and went out directly from the radiator through the bottom

del radiador por la parte inferior, dejando prácticamente todo el radiador vacío y frío. Por ello se realizó una segunda visita con el objetivo de purgarlos y comprobar cuál de las dos posibles causas estaba originando el problema. Tras la operación, se pudo verificar que era únicamente un grave problema de purgado de los radiadores.

part, leaving most of the radiator empty and cold. That is the reason why we paid a second visit with the objective of bleeding them and checking which of the two possible causes was originating the problem. After the operation, we could verify it was only a serious problem of bleeding of the radiators.

Figura 44. R454. Radiador aluminio en la última planta del Centro de Idiomas.

Figure 44. R454. Aluminium radiator in the last floor of the Languages Centre.



Figuras 45 y 46. R457. Resultado de purgar los radiadores en la última planta del Centro de Idiomas.

Figures 45 and 46. Result of bleeding the radiators in the last floor of the Languages Centre

Encontramos veintisiete radiadores en el trabajo de campo que presentaban este malfuncionamiento. En términos generales, podríamos decir que afecta en mayor grado a los radiadores de alta temperatura, que presentan una uniformidad media de 0'70, que a los sometidos a baja temperatura, cuya uniformidad media es de 0'73. Pero este análisis no es del todo acertado porque la diferencia del efecto de la patología sobre la uniformidad del radiador no se ve tanto según la temperatura de entrada del agua, sino por el material del radiador. Tanto los radiadores de chapa de acero (que son todos sometidos a baja temperatura) como los de aluminio (que son a alta temperatura) afectados, muestran una uniformidad media de 0'67. Sin embargo, los de hierro fundido no se ven tan afectados, y los que trabajan a baja temperatura resultan más perjudicados que los de alta temperatura.

We found twenty-seven radiators during the field work which presented this malfunctioning. Generally speaking, we could say it affects more the high temperature radiators, which present an average uniformity of 0'70, than the forced low temperature radiators, whose average uniformity is 0'73. But this analysis is not really accurate because we do not see the difference of the effect of the pathology on the uniformity so much when considering the entrance temperature of the water as we do when talking about the radiator's material. Both the affected steel plate radiators (which are all forced low temperature) and the aluminium radiators (which are high temperature) show an average uniformity of 0'67. However, the molten iron radiators do not appear so much affected, and the ones that work forced on low temperature turn out to be more adversely affected than high temperature ones.

A pesar del descenso de uniformidad debido a las patologías, no se encuentran efectos reseñables sobre la temperatura ambiente de los locales que

In spite of the descend of uniformity due to the pathologies, we do not find noteworthy effects on the room temperature of the rooms which they heat. We believe that this may be due to an oversizing of the

calefactan. Se cree que esto puede deberse a un sobredimensionado de los radiadores o a un funcionamiento de la caldera superior en tiempo o temperatura al que sería teóricamente necesario.

4.2.2. RADIADOR FRÍO POR ABAJO.

Es el caso contrario al anterior. El radiador se enfría hacia la parte inferior con un degradado de temperatura constante. Ya que para comprobar el funcionamiento de un radiador solemos tocar su parte superior, este caso es más peligroso que el caso anterior porque puede pasar desapercibido sin darnos cuenta. La patología puede empezar no teniendo mucha importancia, pero con el tiempo, al no solucionar su origen, se agrava y podemos llegar a tener un radiador que prácticamente no esté trabajando.

El agua que circula por el interior de las tuberías de calefacción tiende a elegir el camino que le oponga la menor resistencia posible. Cuanto más lejos y más elevado se encuentre el radiador respecto a la caldera, mayor es la pérdida de carga. También se producen pérdidas de carga por rozamiento con las paredes de las tuberías y por las variaciones de velocidad que se producen al atravesar los distintos elementos de la instalación. Para igualar las diferencias de pérdidas de carga en el caudal que alimenta cada radiador, es necesario equilibrar el circuito. Esto consiste en igualar las pérdidas de carga en los recorridos que suministran a cada radiador para que el agua no tienda a ir siempre por el camino más fácil. La pieza que nos permite realizar esta tarea es el detentor, una válvula con la cual podemos abrir o cerrar el flujo del retorno del radiador.

Cuando un radiador recibe agua caliente por su parte superior y tiene la inferior fría se debe a un mal equilibrado de la instalación. El camino que debe recorrer el agua caliente hasta los radiadores que presentan esta anomalía en su comportamiento tiene mayor pérdida de carga. Como al agua le cuesta más trabajo llegar a estos radiadores, el caudal es inferior, lo cual quiere decir que el agua circula a menor velocidad. El resultado de toda esta situación es que, para cuando el agua que ha entrado en el radiador por la parte superior llega a la salida del mismo en

radiators or to the boiler working for longer time or at higher temperature that it would theoretically be necessary.

4.2.2. COLD-BOTTOM RADIATOR.

It is the opposite case to the previous one. The radiator gets colder towards the lower part with a constant gradient of temperature. Because, in order to check the functioning of a radiator, we usually touch the upper part, this case is more dangerous than the previous one because it can go undetected without us being aware. The pathology may start off without much significance, but with time, when the origin is not solved, it gets worse and we can end up having a radiator that practically does not work.

The water that circulates inside the heating pipes tends to choose the way which opposes the lowest possible resistance. The farther and more elevated the radiator is located from the boiler, the higher the head loss is. Also, head losses are caused by the friction with the walls of the pipes and by the variations of velocity which are produced when passing through the various elements of the installation. In order to even up the head losses in the water flow that feeds each radiator, it is necessary to balance the circuit. This consists on evening the head losses in the itineraries that feed each radiator so that the water does not always tend to go through the easiest way. The part that allows us to carry out this task is the lockshield, a valve with which we can open or close the return water flow of the radiator.

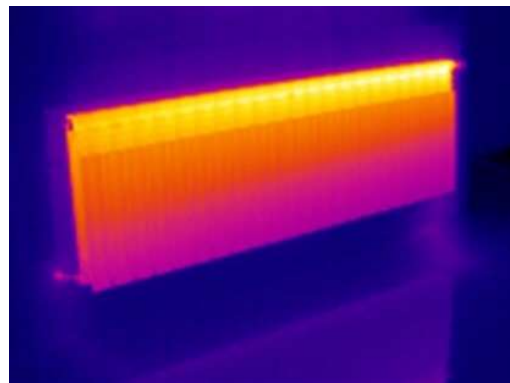
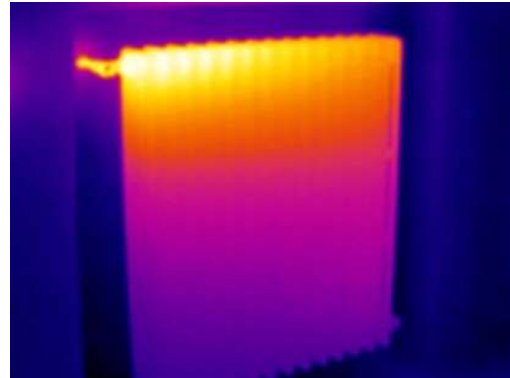
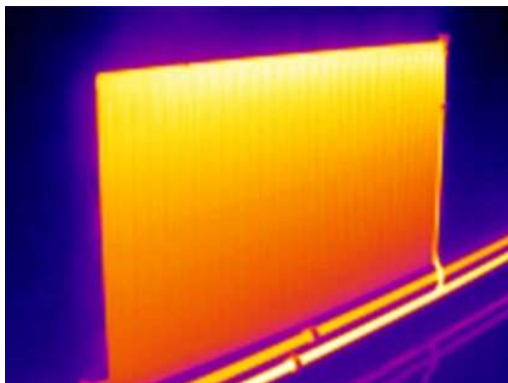
When a radiator receives hot water on its upper part and has its lower part cold, it is because of a bad balance of the installation. The path that the hot water must follow in order to reach the radiators which present this anomaly in their functioning has a higher head loss. As it is harder for the water to reach these radiators, the water flow is lower, which means that the water flows more slowly. The result of all this situation is that, by the time the water that has entered the radiator on the upper part reaches its exit on its lower part, it is already cold. Because of this we find that the radiator is cold on the bottom. The lower the

su parte inferior, ya está fría. Por ello nos encontramos que el radiador está frío por abajo. Cuanto menor sea el caudal, es decir, cuanto más lento circule el agua en el radiador, antes se enfriará el agua y el radiador presentará una patología más grave.

water flow is, that is, the slower the water circulates inside the radiator, the sooner the water will cool down and the radiator will present a more serious pathology.

Figuras 47, 48 y 49. R075 (derecha), R323 y R372 (abajo). Ejemplos de radiadores fríos por abajo en distintos materiales.

Figures 47, 48 and 49. R075 (right), R323 y R372 (below). Examples of cold-bottom radiators in different materials.



La solución a este problema es realizar un nuevo y correcto equilibrado de la instalación. Estudiaríamos primero en cada caso que presente este comportamiento su relación con el circuito de la instalación. Quizás se ha modificado el trazado del circuito, se han cambiado tuberías, se han añadido radiadores a los anillos no previstos en el primer proyecto o se ha realizado cualquier otra operación en la instalación que suponga una modificación de las condiciones de proyecto. Con ello se habría cambiado el equilibrio hidráulico calculado para la instalación original, afectando con ello a los radiadores preexistentes.

The solution to this problem is to carry out a new and correct balancing of the installation. First, we would study in each case that presents this behaviour its relation to the layout of the installation. Perhaps the layout has been modified, pipes have been changed, radiators that were not included in the first design have been added to the loops or there has been any other operation in the installation that might mean a modification of the design's conditions. With that, the hydraulic balance calculated for the original installation would have been modified, thus affecting the pre-existing radiators.

Se han comparado todos los radiadores que presentan este tipo de anomalía en su comportamiento. En total estamos hablando de 147 casos contando entre los tres materiales diferentes. Observando las características de cada uno, podemos ver que esta patología afecta en mayor medida a los radiadores sometidos a baja temperatura (83 casos)

We have compared all the radiators which present this type of anomaly in their behaviour. All in all, we talk about 147 cases counting with all three different materials. Observing each one's characteristics, we can see that this pathology affects more the forced low temperature radiators (83 cases) than the high temperature radiators (64 cases). The reason is obvious: because the propulsion temperature is not very high, any

que a los de alta temperatura (64 casos). Resulta obvio el motivo: ya que la temperatura de impulsión no es muy elevada, cualquier descenso de temperatura en el radiador se nota mucho más. A efectos prácticos, con radiadores a alta temperatura estaríamos hablando de "radiadores menos calientes" mientras que con aquellos sometidos a baja temperatura podemos llegar a hablar de "radiadores fríos".

También se ha estudiado el flujo de agua según la posición de la entrada y la salida del agua en cada caso. El modelo que predomina con diferencia es el diagonal con la entrada en la parte superior y la salida en la inferior, utilizándose en más de la mitad de los radiadores, tanto en baja como en alta temperatura (61 y 44 radiadores, respectivamente). Si a estos números les sumamos los radiadores que tienen el flujo del agua en vertical de arriba abajo, obtenemos que 124 radiadores (74 que trabajan a baja temperatura y 50 a alta temperatura, 84% del total) tienen un flujo de agua desde su parte superior a su parte inferior. Este dato está muy relacionado con la patología: la amplia mayoría de los casos que presentan este comportamiento se alimentan de agua caliente por su parte superior, que calienta esta parte y se va enfriando por circular muy lentamente por el radiador hasta la salida en la parte inferior, donde ya se encuentra notablemente más fría.

En cuanto a la temperatura ambiente, no parece haber relación porque en aproximadamente la mitad de los casos no se alcanza la temperatura ambiente de confort mínima (21°C) mientras que en la otra mitad se supera incluso holgadamente (se alcanzan hasta 24°C de temperatura ambiente). Como en el caso anterior, se puede suponer que las instalaciones están por lo general sobredimensionadas y aunque los radiadores tengan rendimientos muy bajos, en el interior se consiguen ambientes confortables.

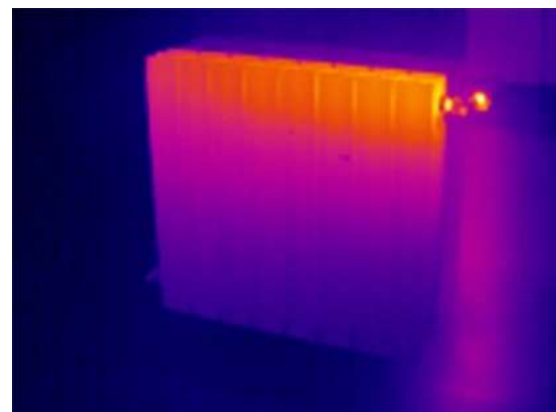
Figura 50. R448. Caso especialmente grave de esta patología en el que, a pesar de ello, se registra una temperatura ambiente de 23°C.

Figure 50. R448. Especially serious case of this pathology in which, nevertheless, we register a room temperature of 23°C.

descend of the temperature in the radiator is much more noticeable. for all practical purposes, with high temperature radiators we would be talking of "less hot radiators" while with forced low temperature radiators we could even talk of "cold radiators".

We have also analysed the water flow depending on the position of the entrance and the exit of the water in each case. The model that clearly predominates is the diagonal one with the entrance on the upper part and the exit on the bottom, being used in more than half of the radiators, both in low and high temperature (61 and 44 radiators, respectively). If we add to these numbers the number of radiators which have a vertical water flow from top to bottom, we obtain that 124 radiators (74 which work forced on low temperature and 50 on high temperature, 84% of the total) have a water flow from their upper part to their lower part. This piece of information is very related to the pathology: the great majority of the cases which present this type of behaviour feed through their upper part on hot water which heats up this part and cools down because it circulates very slowly inside the radiator towards the exit on its lower part, where it is noticeably colder.

About the room temperature, there does not seem to be any connection because approximately half of the cases do not reach the minimum comfort temperature (21°C), while the other half surpasses it even with a high margin (room temperatures up to 24°C are reached). As in the previous case, we can assume that the installations are generally oversized and even though the radiators have very low performances, we can obtain comfortable environments inside.



4.2.3. DEGRADADO DIAGONAL DE TEMPERATURA.

Esta anomalía y la que analizaremos a continuación son una variante de la anterior, a la cual hemos denominado "radiador frío por abajo". También presenta un degradado de temperatura que va desde una esquina situada en la parte superior hasta la esquina inferior opuesta. Al igual que el punto 4.2.2., es peligroso porque puede pasar inadvertido durante mucho tiempo.

Lo primero que hemos comprobado es la posición de la entrada y la salida de agua en los radiadores para ver si se define algún patrón que esté relacionado con la patología. De los noventa y nueve casos de estudio que presentan un degradado diagonal de temperatura, sesenta y seis tienen conexión a la red en diagonal de arriba abajo, lo cual supone la amplia mayoría. La otra categoría a la que más afecta este comportamiento es a la que tiene tanto la entrada como la salida de agua abajo, en lados opuestos del radiador. Vamos a empezar explicando este segundo caso.

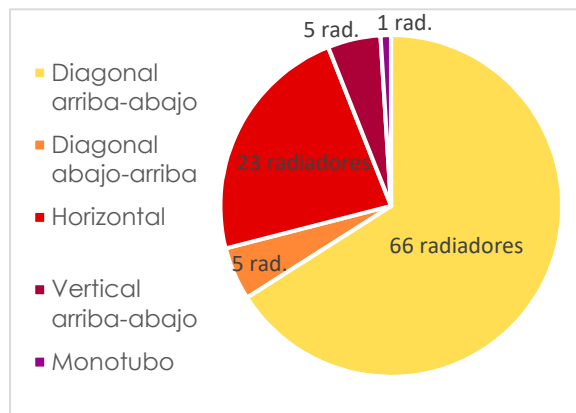
4.2.3. DIAGONAL TEMPERATURE GRADIENT.

This anomaly and the one we will analyse next are a variant of the previous one, which we have called "cold-bottom radiator". It also presents a gradient of temperature, which goes from one corner located on the upper part to the opposite lower corner. As the chapter 4.2.2., it is dangerous because it can go unnoticed for a long time.

The first thing we have checked is the position of the entrance and the exit of the water in the radiators to see if we can define a pattern related to the pathology. Out of the ninety-nine study cases which present a diagonal temperature gradient, sixty-six have a diagonal top to bottom connection to the network, which is the vast majority. The other category that is most affected by this behaviour is the one in which both the entrance and the exit of the water are on the bottom, on opposite sides of the radiator. We will start by explaining this second case.

Gráfico 15. Posición de entrada y salida de agua en radiadores con degradado diagonal de temperatura.

Graph 15. Location of the entrance and exit of the water in radiators with a diagonal temperature gradient.



Cuando el agua entra por la parte inferior del radiador, asciende por el primer elemento del mismo para llegar al colector superior. Desde él se distribuye por el resto de los elementos, circulando de arriba abajo hasta la parte inferior del último elemento, donde encontraremos la salida. Por este motivo veremos que los radiadores que abarca este grupo tienen el primer o incluso los dos primeros elementos muy calientes, contrastando con el resto de la superficie. El agua se va enfriando en dos direcciones: la primera es en horizontal, a medida que se aleja de ese primer elemento; la segunda es en vertical, a medida que el agua desciende por cada

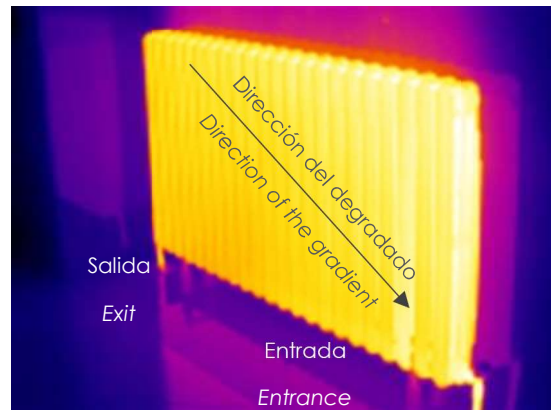
When the water enters through the lower part of the radiator, it ascends through its first element to reach the upper header pipe. From there, it is distributed to the rest of the elements, flowing from the top to the bottom towards the lower part of the last element, where we will find the exit. For this reason, we will see that the first or even the two first elements of the radiators found in this group are very hot, clashing with the rest of the surface. The water cools down in two directions: the first one is horizontally, as it moves farther from that first element: the second one is vertically, as the water descends through each element to the lower header pipe. The result of these two

elemento hasta el colector inferior. El resultado de estos dos movimientos es un degradado en diagonal de la temperatura en la superficie del radiador.

movements is a diagonal gradient of the temperature on the radiator's surface.

Figura 51. R168. Dirección del degradado diagonal con la entrada y salida del agua por la parte inferior.

Figure 51. R168. Direction of the diagonal gradient with the entrance and exit of water on the lower part.



Una vez entendida esta patología en este tipo de radiadores, lo comparamos con el primer caso de conexión del radiador a la red, el diagonal de arriba abajo. Lo extraño fue encontrar que el degradado no se producía en el mismo sentido que en el que hemos explicado. Si bien en vertical sí que se enfriaba a medida que el agua descendía por los elementos hasta el colector inferior, observamos que, en horizontal, el agua parecía calentarse a medida que se alejaba del primer elemento en lugar de enfriarse. Aquí cobra importancia la posición de la entrada del agua, recordando la premisa de que el agua tenderá siempre hacia el camino que lo oponga menos resistencia. Al entrar por arriba, alineando la entrada con el colector superior, el camino más fácil es continuar en horizontal por el colector y, una vez que ya no puede continuar recto porque se acaba el radiador, realizar el quiebro para descender por las columnas de los elementos. El giro de 90° justo al entrar al radiador para alimentar el primer elemento, al resultar más complicado que continuar con una trayectoria recta, provoca que por ese primer elemento circule menos agua caliente recién llegada al radiador. Por este motivo encontramos que la parte superior del radiador, por donde se encuentra el colector superior, está más caliente. Luego vemos que el último elemento también está caliente y desde ahí comienza el degradado hacia la esquina inferior del primer elemento del radiador.

Once understood this pathology in this type of radiators, we compared it to the first type of connection of the radiator to the network, the top to bottom diagonal one. The strange thing was to find that the gradient did not appear in the same way as we have explained. Although vertically it did cool down as the water descended through the elements to the lower header pipe, we observed that, horizontally, the water appeared to heat up as it got farther away from the first element, instead of cooling down. Here, it is important the position of the entrance of the water, remembering the premise that the water will always tend to go towards the itinerary which opposes the lowest resistance. When entering through the top, lining up the entrance with the upper header pipe, the easiest path is to continue horizontally through the header pipe and, once it cannot go on straight because the header pipe ends, make the turn to descend through the columns of the elements. The 90° turn just at the entrance of the radiator to feed the first element, being more difficult than continuing with a straight trajectory, results in less newly arrived hot water circulating inside that first element. For this reason, we find that the upper part of the radiator, where we can find the upper header pipe, is hotter. Then, we see that the last element is also hot and from there starts the gradient towards the bottom part of the first element of the radiator.

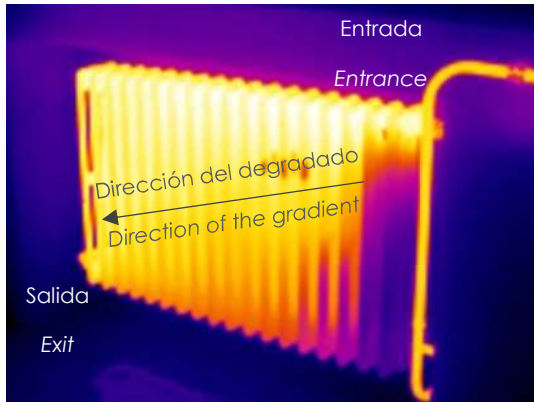


Figura 52. R093. Dirección del degradado diagonal con la entrada de agua por un extremo superior y la salida por el extremo inferior opuesto.

Figure 52. R093. Direction of the diagonal gradient with the entrance of temperature on one of the upper corners and the exit on the opposite lower corner.

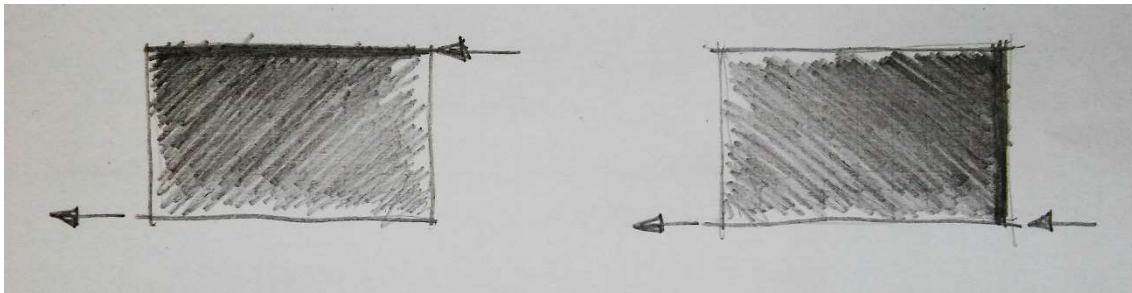


Figura 53. Esquema de la diferencia en el funcionamiento en los dos casos anteriormente explicados.

Figure 53. Diagram of the difference in the functioning of the two cases explained previously.

La pregunta que nos surge tras la comparación de estos dos casos diferentes es por qué no ocurre lo mismo con aquellos radiadores que tienen las dos conexiones a la red en la parte inferior, en puntos opuestos. Si la teoría que hemos explicado para los radiadores con conexión en diagonal de arriba abajo es correcta, resulta lógico pensar que, en aquellos que tienen las conexiones por abajo, el agua circularía por el colector inferior y el resto del radiador estaría menos caliente. Es posible que, presuponiendo esta circunstancia, se haya bloqueado la conexión del tramo de colector del primer al segundo elemento, forzando al agua a hacer ese complicado quiebro de 90° y a ascender por el primer elemento para discurrir por el colector superior. Sin embargo, con las conexiones a la red en diagonal, este aspecto parece que no se tuvo en consideración porque el agua ya iba a comenzar circulando por el colector superior.

Habría que estudiar si este tipo de conexiones a la red son realmente la más apropiadas para los radiadores, ya que esta patología es muy habitual. De hecho, en radiadores de hierro fundido, es la patología más común, llegando a reducir la uniformidad a valores tan bajos como

The question that assaults us after the comparison of these two different cases is why does it not occur the same with those radiators which have both connections to the network on the bottom, on opposite corners. If the theory we have explained for the radiators with top to bottom diagonal connections is correct, it would be logical to think that in those which have both connections on the bottom, the water would circulate through the lower header pipe and the rest of the radiator would be less hot. It is possible that, anticipating this circumstance, the connection from the piece of header pipe in the first element to the piece in the second element has been blocked, forcing the water to make that 90° turn and to ascend inside the first element to flow through the upper header pipe. However, with the connections in diagonal to the network, this aspect does not seem to have been taken into account because the water was already going to start flowing through the upper header pipe.

We would have to study whether this type of connections to the network are the most appropriate for the radiators, as this pathology is very common. In fact, in molten iron radiators it is the most common pathology, reducing the uniformity down to values as low as 0'40. It affects 42% of the

0'40. Afecta al 42% de los casos anómalos de este material, por delante del grupo de radiadores que presentan la patología 4.2.2., "radiador frío por abajo", que sólo alcanza a afectar al 35% de los radiadores patológicos de hierro fundido. Además, la gran mayoría de radiadores de hierro fundido poseen conexión a la red en diagonal de arriba abajo.

El problema llega a la hora de estudiar una intervención en este tipo de patología. Creemos que en este caso juega un papel relevante el caudal que recibe el radiador. Si el caudal es muy elevado y el agua circula muy rápido, es posible que al agua le resulta más complicado hacer los quiebras de 90° para descender por las columnas de los elementos que continuar recto en horizontal por el colector. Sin embargo, debemos recordar que, si el caudal es muy pequeño, podemos encontrarnos con la patología 4.2.2. "radiador frío por abajo".

4.2.4. DEGRADADO CONVEXO DE TEMPERATURA.

En los casos que presentan esta patología, también desciende la temperatura superficial del radiador a medida que nos acercamos a la base, pero en este caso, el degradado no es constante, sino que traza un arco, enfriándose más hacia el centro que hacia los extremos. La gravedad de esta patología no suele alcanzar el nivel de la del caso 4.2.2. ni del 4.2.3.

Podemos señalar que encontramos el mismo número de radiadores sometidos a baja temperatura como de alta temperatura afectados por esta patología. Sin embargo, parece repercutir de forma más significativa sobre la uniformidad de los radiadores que trabajan a alta temperatura. La uniformidad media de estos radiadores es de 0'840, mientras que aquellos que trabajan sometidos a baja temperatura tienen una uniformidad media de 0'911. Por otro lado, resulta llamativo que de los cincuenta casos que presentan esta anomalía en su comportamiento, el 94% tenga una conexión a la red de tuberías en diagonal de arriba abajo. Los casos restantes tienen una conexión por la parte inferior, con la entrada y la salida en los extremos opuestos. También podemos decir que

anomalous cases made of this material, surpassing the group of radiators affected by the pathology 4.2.2., "cold-bottom radiator", which only affects 35% of the pathological molten iron radiators. In addition, the great majority of the molten iron radiators have a top to bottom diagonal connection to the network.

The problem comes when studying an intervention for this type of pathology. We believe that in this case, the water flow that the radiator receives plays an important role. If the water flow is very high and the water circulates very quickly, it is possible that it is more difficult for the water to make the 90° turns to descend through the columns of the elements than continuing straight on horizontally inside the header pipe. However, we must remember that if the water flow is very low, we can run into the pathology 4.2.2. "cold-bottom radiator".

4.2.4. CONVEX TEMPERATURE GRADIENT.

In those cases which presented this pathology, the superficial temperature of the radiator also descends as we approach the base, but in this case the gradient is not constant, but it draws an arch, getting colder towards the centre than on the sides. The seriousness of this pathology does not usually reach the level of cases 4.2.2. nor of 4.2.3.

We can point out that we find the same number of forced low temperature radiators as of high temperature radiators affected by this pathology. However, it seems to cause a more significant damage on the uniformity of high temperature radiators. The average uniformity of these radiators is 0'840, while those which work on forced low temperature have an average uniformity of 0'911. On the other hand, it is noteworthy that out of the fifty cases which present this anomaly in their behaviour, 94% of them have a top to bottom diagonal connection to the pipes network. The rest of the cases have this connection on their lower part, with the entrance and exit on opposite corners. We can also say that this behaviour is more common on molten iron radiators than on the ones made of aluminium or steel plate. 15% of the molten iron pathological radiators are affected, while on the categories of steel plate and aluminium, the

este comportamiento es más común en radiadores de hierro fundido que en los de aluminio o chapa de acero. El 15% de los radiadores patológicos de hierro fundido se ve afectado, mientras que en las categorías de chapa de acero y aluminio el porcentaje respecto al total de radiadores patológicos documentados de cada material sólo llega al 9%.

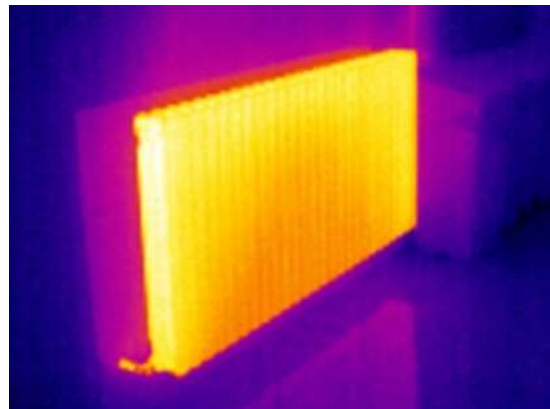
Figura 54. R271. Ejemplo de degradado convexo de temperatura en un radiador de hierro fundido.

Figure 54. R271. Example of convex temperature gradient in a molten iron radiator.

En cuanto a la explicación de esta patología, lo primero que podemos apuntar es que el motivo por el que la parte superior esté caliente como es esperable podría ser la alineación de la entrada del agua con el colector superior, que facilita el recorrido del agua que entra en el radiador en horizontal por arriba. Analizando luego las termografías, otro dato que podría ser relevante es que, si nos fijamos en la conexión del radiador a la red, el agua parece estar más caliente cerca de los puntos de conexión y se enfría a medida que se aleja de ellos, es decir, hacia el centro del radiador. Podríamos suponer la posibilidad de que el agua en el interior del radiador se renueve más rápidamente en torno a esos puntos. Por un lado, la zona cerca de la entrada es por donde se recibe agua caliente de la instalación. En muchos otros casos hemos podido observar que la zona por donde entra el agua es la que mayor temperatura superficial presenta y tiene lógica porque a partir de ese punto empieza a ceder calor y se va enfriando. Por otro lado, el agua cerca de la salida es la que primero sale del radiador, permitiendo que el agua caliente que ha entrado y que circula por el colector superior la reemplace. Esto podría dar como resultado que el agua en el medio del radiador se renueve más lentamente y se enfríe antes.

Ahondando en esta teoría un poco más, podríamos establecer también que, de ser correcta, afectaría en mayor medida a radiadores que fuesen especialmente alargados. Aunque el efecto de las dimensiones del radiador se estudiará con mayor detenimiento en el

percentage in relation to the total of documented pathological radiators for each material does not reach 9%.



As for the explanation of this pathology, the first thing we can note is that the reason why the top part is hot as expected could be the alignment of the entrance of the water with the upper header pipe, which makes the straight-on itinerary of the water that enters the radiator on the top easier. When we analysed later on the thermal photographs, another piece of information that could be of relevance is that, if we look into the connection of the radiator of the radiator to the network, the water seems to be hotter close to the connection spots and it gets colder as it moves away from them, that is, towards the centre of the radiator. We could assume the possibility that the water inside the radiator is renovated more quickly around those spots. On the one hand, the area close to the entrance is where hot water from the installation is received. In many cases we have been able to verify that the area where the water enters is the one which higher surface temperature presents, and it has its logic because starting from that spot, it starts emitting heat and cooling down. On the other hand, the water next to the exit is the first to go out of the radiator, allowing the hot water that has entered and that is circulating inside the upper header pipe to replace it. This could result on the water located in the middle to be renovated more slowly and to cool down faster.

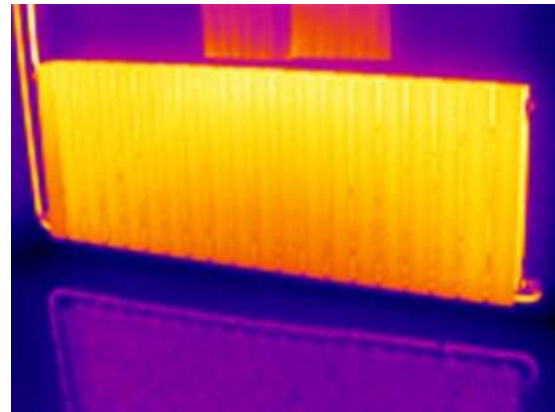
Digging a little deeper on this theory, we could establish that, were it correct, it would affect more the radiators which were especially long. Although the effect of the dimensions of the radiator will be studied more in detail on chapter 4.3.1., we can anticipate that we consider that a radiator

apartado 4.3.1., podemos adelantar que consideramos que un radiador era proporcionadamente adecuado cuando su anchura no llegaba a duplicar su altura, o viceversa. Examinando los radiadores afectados por un degradado convexo de la temperatura en su superficie, observamos que el 62% de ellos estarían considerados radiadores excesivamente alargados. Y si vamos más allá y no consideramos tanto la proporción entre las dimensiones del radiador sino solamente su longitud, nos damos cuenta de que el 80% de los casos que presentan esta patología superan 1m de longitud, lo cual ya comienza a ser un radiador relativamente grande. Deberíamos valorar si el ahorro de tuberías, válvulas y mano y tiempo de obra que supone poner menos radiadores compensa el que estos tengan mayor longitud, con las patologías que ello puede acarrear.

was proportionally adequate when its width did not duplicate its height, or vice versa. Examining the radiators affected by a convex temperature gradient, we see that 62% of them would be considered excessively long radiators. And if we take it a step further and we consider not the proportion of its dimensions as much as just the length, we find out that 80% of the cases which present this pathology are over 1m long, which could begin to be considered a relatively large radiator. We should evaluate whether the savings in pipes, valves and work time and force that installing less radiators brings are worth their having a greater length, with the pathologies that it may cause.

Figura 55. R286. Ejemplo de degradado convexo de temperatura en un radiador calificado como desproporcionadamente alargado.

Figure 55. R286. Example of convex temperature gradient in a radiator described as disproportionately long.

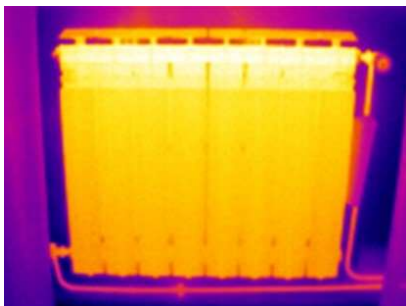


4.2.5. CONCENTRACIÓN DE CALOR EN ABERTURAS DE LAS ALETAS.

Ésta es una patología que sólo encontramos en los radiadores de aluminio porque son aquellos que tienen aberturas en su superficie frontal. Estas aberturas están diseñadas para facilitar el ascenso por convección del aire que se encuentra entre las aletas. Esto, en principio, es bueno porque agiliza la circulación del aire, pero no deja de suponer una diferencia de temperatura muy notable en la superficie del radiador.

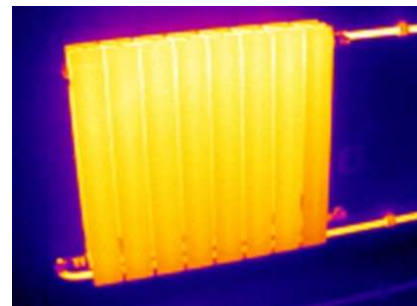
4.2.5. HEAT CONCENTRATION IN THE OPENINGS OF THE PLATES.

This is a pathology which we only find in aluminium radiators because they are the ones that have openings on their front surface. These openings are designed to make the rise by means of convection of the air located between the plates easier. This, in theory, is good because it accelerates the circulation of air, but it still means a very noteworthy temperature difference on the surface of the radiator.

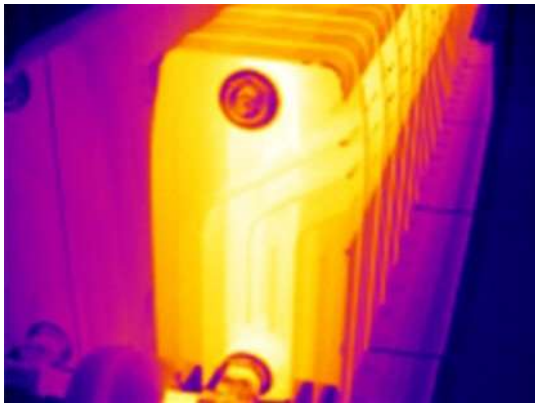


Figuras 56 y 57. R051 y R294. Diferencia entre un radiador con aberturas frontales y uno sin ellas

Figures 56 and 57. R081 and R294. Difference between a radiator with frontal openings and one without them.



Como los colectores que suministran al radiador de agua caliente lo atraviesan de lado a lado por su interior, resulta lógico que las aletas o columnas en el interior estén más calientes que aquellas que componen la superficie de acabado del radiador. El calor procedente del agua caliente se desplaza desde el centro del radiador hacia las superficies exteriores, desde donde se cede al ambiente. Esto se ve muy claramente en una fotografía térmica de un radiador de aluminio tomada de perfil.



As the header pipes which feed the radiator with hot water go through it from side to side on the inside, it is logical that the plates or columns on the inside are hotter than the ones which make up the radiator's superficial faces. The heat coming from the hot water moves from the centre of the radiator towards the external surfaces, where it then is transferred to the room. This can be seen very clearly on a thermal photograph of an aluminium radiator taken from the side.

Figura 58. R398. Diferencia de temperatura entre las aletas interiores y la superficie externa de un radiador.

Figure 58. R398. Difference of temperature between the internal plates and the outer surface of a radiator.

El diseño de los elementos de los radiadores de aluminio es la causa de esta falta de uniformidad. Pero para poder decidir si realmente es significativa en el funcionamiento de los radiadores, realizamos una comparación entre los radiadores uniformes y aquellos que presentaban única y exclusivamente esta anomalía. El descenso de uniformidad en el segundo grupo de radiadores, si todas las demás características eran similares, tenía que deberse a la concentración de calor en las aberturas de las aletas. Nos parece un detalle peculiar que entre los radiadores uniformes de aluminio no pudimos encontrar ninguno con una conexión a la red en diagonal de arriba abajo, que es justo la más habitual. Sin embargo, en el grupo de radiadores que presentaban sólo concentración de calor en las aberturas frontales, pudimos observar que precisamente ese tipo de conexión era la que predominaba.

A pesar de todo, según los datos del trabajo de campo, la uniformidad media de los radiadores uniformes de aluminio es de 0'869, mientras que la de los radiadores que sólo presentan la patología que estamos analizando ahora es de 0'868. Realmente, la diferencia no es significativa,

The design of the elements of the aluminium radiators is the cause of this lack of uniformity. But in order to decide whether it really is significant on the functioning of the radiators, we first carried out a comparison between the uniform radiators and those which only and exclusively presented this anomaly. The descend of uniformity in the second group had to be caused by the concentration of heat in the openings of the plates. A peculiar detail that we would like to mention is that we could not find any uniform aluminium radiators with a top to bottom diagonal connection to the network, which is precisely the most common. However, in the group of radiators which only presented concentration of heat in the front openings, we could see that this type of connection was precisely the one that predominated.

Despite all of this, according to the data from the field work, the average uniformity of uniform aluminium radiators is 0'869, while the one for radiators which only present the pathology we are analysing now is 0'868. The difference is not really significant, so we can consider that the openings on the front part of the radiator are not a determinant factor on its uniformity. In addition, because the functioning of radiators is based on the convection currents

por lo que podemos considerar que las aberturas en la parte frontal del radiador no son un factor determinante en su uniformidad. Como, además, el funcionamiento de los radiadores se basa en las corrientes de convección que transportan el aire caliente por la habitación calefactada y estas aberturas facilitan ese movimiento, no encontramos motivos por los que se deba prescindir de ellas en el diseño formal de los radiadores.

4.2.6. ELEMENTO AISLADO DIFERENTE.

A veces encontrábamos un elemento independiente, por lo general cerca de la entrada o la salida de agua del radiador, que tenía una temperatura distinta al resto de la superficie del radiador. Normalmente ésta era inferior a la del resto de elementos, aunque en alguna ocasión la cámara termográfica mostraba elementos aislados con una temperatura superior a la de los demás.

Como ya se ha explicado en el apartado 3.2.2.1., dedicado a la cámara termográfica, a veces hay riesgo de que, si no se calibra la emisividad en los ajustes de la cámara específicamente para cada material, las mediciones no sean estrictamente exactas. Cuando nos encontramos un elemento aislado de temperatura diferente en un lugar aleatorio del radiador, es posible que se trate de un mal calibrado de la cámara. Aunque por fuera nos parezcan iguales todos los elementos, quizás uno proviene de otra partida y su pintura de acabado sea ligeramente distinta a la de los demás. Esta sutil diferencia, imperceptible a simple vista, da como resultado una medición diferente a la del resto de elementos. Si ésta fuera la causa, no habría que preocuparse porque no produce un efecto grave en el funcionamiento del radiador.

which transport the hot air around the heated room and these openings make this movement easier, we find no reasons for which they should be removed from the out design of the radiators.

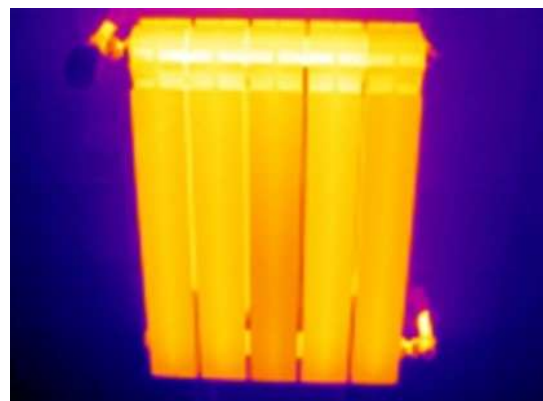
4.2.6. ISOLATED DIFFERENT ELEMENT.

Sometimes we found an independent element, generally close to the entrance or the exit of the radiator, which had a different temperature than the rest of the radiator's surface. Usually it was lower than the one the rest of the elements had, although in some cases the thermographic camera showed isolated elements with a temperature which was higher than the rest.

As we have already explained in chapter 3.2.2.1., focused on the thermographic camera, sometimes there is the risk of the measurements not being strictly precise if we do not calibrate the emissivity on the adjustments of the camera specifically for each material. When we find an isolated element with different temperature at a random place within the radiator, it is possible that it is due to a bad calibration of the camera. Although on the outside all the elements might seem the same for us, maybe one of them comes from a different shipment and its coat of paint is slightly different to the rest. This subtle difference, imperceptible to the naked eye, gives out as a result a different measurement than for the rest of elements. If this were the cause, we would not have to worry because it does not provoke a serious effect on the functioning of the radiator.

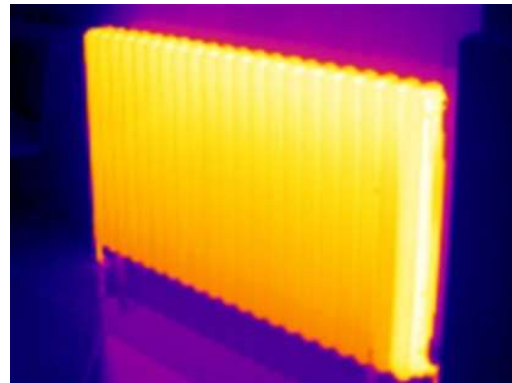
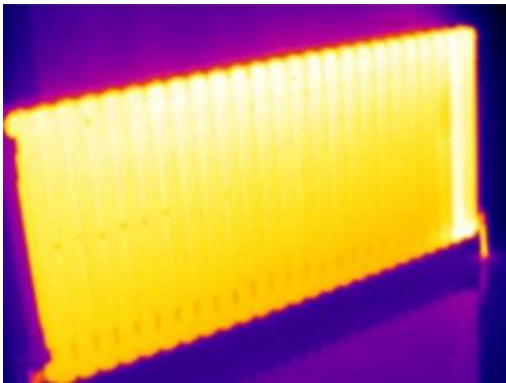
Figura 59. R060. Elemento aislado diferente en el centro del radiador.

Figure 59. R060. Different isolated element in the middle of the radiator.



También existe una segunda posible explicación si el elemento afectado es el primero junto a la entrada de agua y presenta una temperatura superior a la del resto del radiador. Si recordamos el apartado 4.2.3., en el cual se analizaba un degradado de temperatura en diagonal en la superficie del radiador, había un caso en el que se daba esta situación también. Cuando teníamos un radiador al que entraba agua por un extremo de la parte inferior y salía por el extremo opuesto inferior también, el agua caliente que lo alimentaba debía ascender por el primer elemento para alcanzar el colector superior y poder distribuirse por los demás elementos. Esta es la razón por la que podemos encontrarnos el primer elemento más caliente que el resto del radiador si presenta este tipo de conexión a la red. No es un problema de comportamiento del radiador, sino que está relacionado con el diseño interno de la circulación del agua.

There also exists a second possible explanation if the affected element is the first one next to the entrance of the water and it presents a higher temperature than the rest of the radiator. If we look back to chapter 4.2.3., in which we analysed a diagonal temperature gradient on the radiator's surface, there was a case in which we could find this situation too. When we considered a radiator and the water entered through one of the lower corners and went out through the opposite also lower corner, the hot water that fed the it had to ascend inside the first element in order to reach the upper header pipe and be able to distribute to all the other elements. This is the reason why we might come across a first element that is hotter than the rest of the radiator if this type of connection to the network is used. It is not a problem of the radiator's functioning, but it is related to the internal design of the water's circulation.



Figuras 60 y 61. R164 y R157. Ejemplos de elementos aislados más calientes que el resto del radiador.

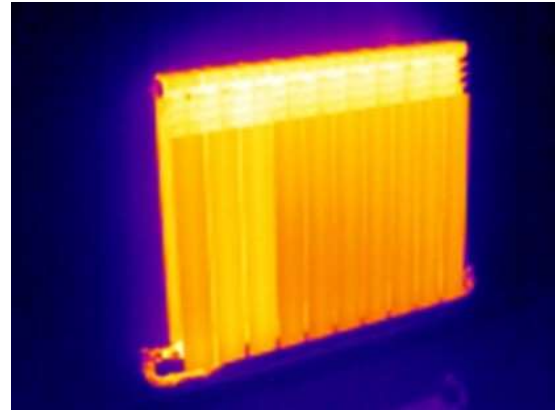
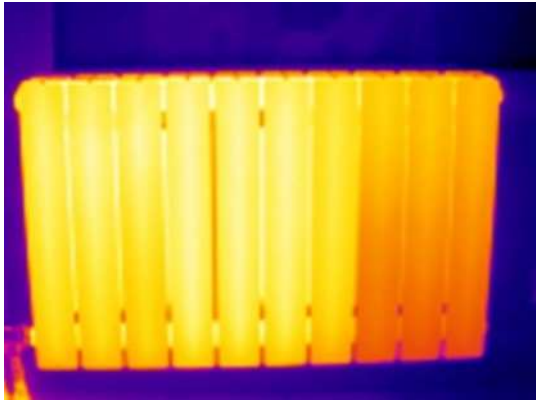
Figures 60 and 61. R164 and R157. Examples of isolated elements which are hotter than the rest of the radiator.

4.2.7. RADIADOR SECTORIZADO.

A diferencia de los casos anteriores, la diferencia de temperatura entre zonas del radiador no se produce de forma gradual. En los radiadores sectorizados observamos que el radiador tiene un grupo de elementos contiguos, junto al extremo o por el medio de la superficie y perfectamente delimitados, que presentan una temperatura distinta al resto del radiador. Al mirar las imágenes térmicas, da la impresión de estar viendo dos radiadores diferentes puestos uno al lado del otro.

4.2.7. SECTORIZED RADIATOR.

Unlike the previous cases, the difference of temperature between areas of the radiator does not occur gradually. In sectorized radiators we see that the radiator has a group of adjacent elements, on one end or in the middle of the surface and perfectly delimited, which present a different temperature than the rest of the radiator. When looking at the thermal images, it seems we are seeing two different radiators side by side.



Figuras 62 y 63. R006 y R333. Ejemplos de radiadores sectorizados.

Figures 62 and 63. R006 and R333. Examples of sectorized radiators.

Comparando los radiadores que presentan este tipo de patología, nos encontramos que cuarenta de los cuarenta y tres casos que componen este grupo son radiadores de aluminio. Los tres restantes son de hierro fundido, pero como no presentan un descenso de la uniformidad grave (la media es de 0'91) ni tampoco temperaturas ambiente inferiores a 21°C, despreciaremos estos casos para centrarnos en los de aluminio.

De este grupo podemos destacar que la gran mayoría, el 83%, presentan la entrada y salida de agua por la parte inferior, en extremos opuestos. Si a esto le añadimos los radiadores con conexión monotubo, que son otros cuatro, obtenemos que el 93% de los radiadores de aluminio que presentan este tipo de patología tienen las conexiones a la red de tuberías por su parte inferior. Si recordamos los puntos 4.2.3 y, sobre todo, 4.2.6., se planteaba la posibilidad de que se hubiese bloqueado la conexión horizontal entre el primer y el segundo elemento (comenzando por el extremo por el que entra agua), por la parte de abajo. De esta manera, se forzaría al agua a ascender hasta el colector superior para distribuirse por el radiador. Se han observado los radiadores de aluminio que aparecen "sectorizados" en dos o más partes con temperaturas diferentes y se ha notado que la mayoría de ellos tienen su sector más caliente, que puede tener un número variable de elementos, junto a la entrada de agua. Sería posible que, en radiadores muy alargados, bajo cuya denominación encontraríamos a la mitad de estos cuarenta radiadores de aluminio, ese

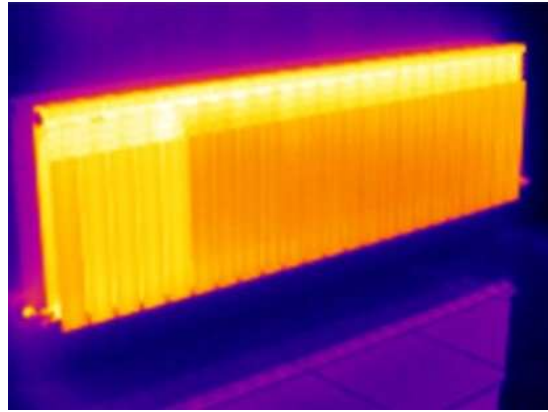
Comparing the radiators that present this type of pathology, we see that forty out of the forty-three cases which form this group are aluminium radiators. The remaining three are made of molten iron but, as they do not present a decrease of the uniformity (the average is 0'91) nor do they present room temperatures below 21°C either, we will disregard these cases to focus on the aluminium ones.

From this group, we can point out that the great majority, 83%, have the entrance and the exit of water on the lower part, on opposite ends. If we add to this the radiators with monotube connection, which are an additional four, we obtain that 93% of the aluminium radiators which present this type of pathology have their connections to the network of pipes on their bottom part. If we look back to chapters 4.2.3. and, mainly, 4.2.6., we laid out the possibility of the horizontal connection on the bottom part between the first and second elements (starting from the end where the water enters) having been blocked. This way, the water would be forced to ascend up to the upper header pipe to be distributed all around the radiator. We have observed the aluminium radiators that appear "sectorized" into two or more parts with different temperatures and we have noted that most of them have their hottest section, which is formed by a variable number of elements, next to the entrance of the water. It could be possible that, in very long radiators, a category which includes half of these forty aluminium radiators, that blocking of the connection was not executed between the first and second elements, but further along.

bloqueo de conexión no se hubiera ejecutado entre el primer elemento y el segundo, sino más adelante.

Figura 64. R401. Radiador sectorizado que además es desproporcionadamente alargado.

Figure 64. R401. Sectorized radiator which, besides, is disproportionately long.



Por otro lado, podríamos suponer que se da la misma circunstancia que en el caso del elemento aislando diferente (4.2.6.) y que la diferencia de temperatura se debe a un mal calibrado de la emisividad en la cámara. Sin embargo, si bien es una posible explicación, resulta poco probable que se hayan mezclado varios elementos de dos partidas diferentes en un radiador de forma ordenada.

También es posible que se deba a que el interior del radiador se está obstruyendo progresivamente por acumulación de impurezas que pueda contener el agua que circula por la instalación. De todas maneras, esta opción tampoco tiene mucho peso porque los colectores y columnas en el interior de los elementos no son tan estrechos como para obstruirse con el tipo de impurezas que encontraríamos en el agua de un circuito de calefacción.

4.2.8. MANCHAS DE TEMPERATURA DIFERENTE.

En las fotografías termográficas, la superficie del radiador no presenta un solo color, sino que parece estar "manchada". La diferencia de temperatura no se rige por elementos ni dibujando ningún trazado identificable. Las manchas varían en tamaño y número, y también en diferencia de temperatura respecto al resto del radiador.

En cuestión de número de radiadores afectados, esta patología tiende a estar más presente en radiadores sometidos a baja temperatura que a alta temperatura. Además, el descenso medio de la uniformidad que provoca en relación a los radiadores uniformes medios que trabajan a baja y alta temperatura,

On the other hand, we could assume that the same circumstance as in the case of the isolated different element (4.2.6.) is taking place and that the difference of temperature is caused by a bad calibration of the emissivity in the camera. However, although it is a possible explanation, it is not very likely that elements from two different shipments have been mixed in an orderly manner.

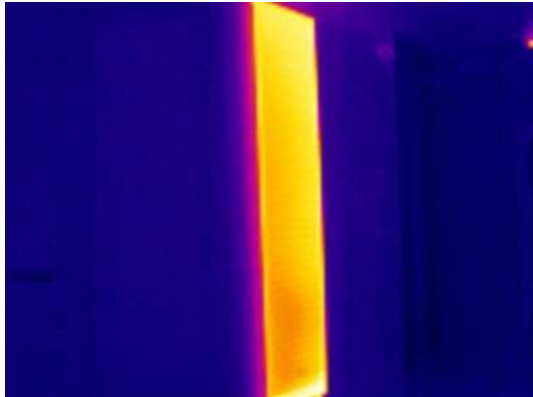
It is also possible that it is caused by the radiator being progressively obstructed on the inside because of the accumulation of pollutants that may be contained in the water which circulates around the installation. In any case, this option does not uphold itself very well because the header pipes and the columns inside the elements are not so thin so as to get obstructed by the type of pollutants that we would find in the water inside a heating circuit.

4.2.8. PATCHES OF DIFFERENT TEMPERATURE.

In the thermographic photographs, the surface of the radiator does not present a single colour, but it appears to be "stained". The difference of temperature does not depend on elements nor does it delineate any identifiable design. The patches vary in size and number, and also in the difference of temperature when compared to the rest of the radiator.

When it comes to the number of affected radiators, this pathology tends to be more present in forced low temperature radiators than in high temperature radiators. Besides, the average decrease of the uniformity which it provokes when we compare them to the average uniform radiators that work on low or high

respectivamente, es más acusado en los primeros que en los segundos.



De este tipo de anomalía podemos destacar que raramente aparece sola en un radiador. Lo habitual es encontrarla junto a otra o varias más. Si nos fijamos únicamente en los radiadores que sólo presentan manchas de temperatura diferente en su superficie, son sólo cuatro de los setenta y cinco que se ven afectados por esta patología. La uniformidad media de estos cuatro casos es de 0'92, por lo que realmente tampoco estamos hablando de un efecto grave en el funcionamiento del radiador, aunque podríamos considerar que el número de casos para estas circunstancias no es suficiente para elaborar una teoría. Podríamos suponer, pues, que esta anomalía no provoca un perjuicio importante en la disipación del calor, sino que sólo contribuye a ello junto a patologías más graves.

Podríamos diferenciar dos variantes de esta anomalía: zonas del radiador que manifiestan una temperatura superficial diferente o zonas de un elemento en particular que manifiestan una temperatura diferente. En la segunda variante, podemos suponer que, al igual que en el punto 4.2.6., es posible que se deba a un mal calibrado de la cámara termográfica debido a un esmalte o pintura de acabado no uniforme y que, por tanto, no suponga graves consecuencias en el rendimiento del radiador. Sin embargo, la segunda variante es más importante. Teniendo en cuenta que las manchas aparecen por el medio de los radiadores y no por su contorno, podríamos explicar su aparición mediante una lenta circulación del agua en esas zonas. De esta forma se hallaría una relación entre la

temperature, respectively, is more acute in the first ones than in the second ones.

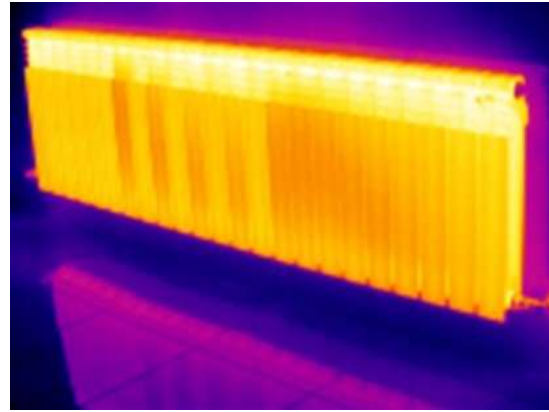
Figura 65. R326. Gran radiador de chapa de acero con una mancha de temperatura diferente en su parte inferior.

Figure 65. R326. Large steel plate radiator with a patch of different temperature on its lower part.

From this type of anomaly, we can point out that it rarely appears by itself in a radiator. The common situation is to find it along one or several others. If we just set apart the radiators which only present patches of different temperature on their surface, they are only four out of the seventy-five that appear affected by this pathology. The average uniformity of these four cases is 0'92, so we are not really talking of a serious effect on the radiator's functioning, although we could consider that the number of cases for these circumstances is not enough to elaborate a theory. We could assume, then, that this anomaly does not provoke an important damage in the dissipation of the heat, but it only contributes to it along more serious pathologies.

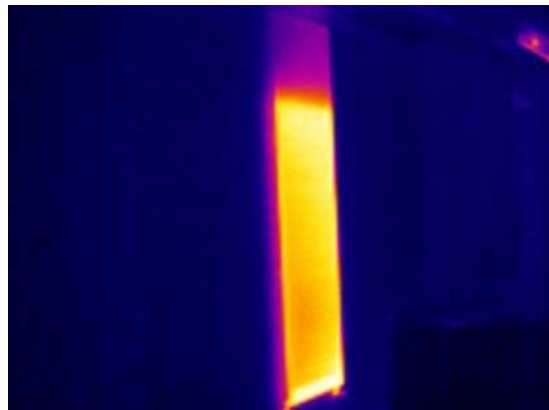
We could differentiate two variants of this anomaly: areas of the radiator that present a different surface temperature or areas of one element in particular that show a different temperature. On the second variant, we can assume that, as in chapter 4.2.6., it is possible that it is caused by a bad calibration of the camera due to a non-uniform finishing coat of paint or polish and that, thus, it does not imply serious consequences in the performance of the radiator. However, the second variant is more important. Taking into account that the patches appear in the middle of the radiator and not on their outline, we could explain their apparition with a slow circulation of the water in those areas. This way we would find a connection between the pathology 4.2.4., "convex degree of temperature", and this one, as they both tend to appear in very long radiators which have their water entrance and exit on opposite ends of their lower part.

patología 4.2.4., “degradado convexo de temperatura”, y ésta, ya que ambas tienden a aparecer en radiadores muy alargados y que tienen su entrada y salida de agua en los extremos opuestos de su parte inferior.



Figuras 66 y 67. R400 y R324. Manchas acompañando una concentración de calor en las aberturas de las aletas (arriba) y un radiador con problemas de purgado (abajo).

Figures 66 and 67. R400 and R324. Patches accompanying a heat concentration in the openings of the plates (above) and a radiator with bleeding problems (below).



4.3. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL EMISOR.

4.3.1. DIMENSIONES DEL RADIADOR.

En apartados anteriores se ha hecho referencia a la longitud de los radiadores y a la relación entre su longitud y su altura, parámetros que vamos a examinar ahora con un poco más de detenimiento.

Cuando debemos calentar espacios muy grandes, el número de elementos que necesitamos colocar es elevado. Entonces se nos plantea la opción de instalar muchos radiadores pequeños con pocos elementos o instalar pocos radiadores grandes con muchos elementos. En el trabajo de campo se ha observado que en general se suele optar por la segunda opción porque esto significa un trazado de la red de tuberías más sencillo y un menor coste de la instalación, al reducir el número de válvulas y llaves necesarias.

4.3. ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF THE EMITTING DEVICE.

4.3.1. RADIATOR'S MEASUREMENTS.

In previous chapters, we have referred to the length of the radiators and the connection between their length and their width, parameters that we are going to examine now a bit more carefully.

When we have to heat up very large spaces, the number of elements that we need to set up is high. Then, we face the option of installing many small radiators with few elements or installing few big radiators with many elements. During the field work we have observed that, generally, we go for the second option because this means a simpler layout of the network of pipes and a smaller cost of the installation when reducing the number of necessary valves and locks.

Inside the public buildings visited during the investigation, we found many long radiators, be it in width or height. It seemed interesting to study the functioning of especially long radiators to determine the

En los edificios públicos visitados en la investigación se encontraron muchos radiadores alargados, ya fuera en anchura o en altura. Nos resultó interesante estudiar el funcionamiento de radiadores especialmente alargados para determinar el punto en el que esa longitud se puede convertir en un problema para el correcto funcionamiento del emisor. Para ello, establecimos el doble como límite entre anchura y altura o viceversa: $\text{anchura/altura} < 2$ o bien $\text{altura/anchura} < 2$ para radiadores que se consideran proporcionalmente adecuados.

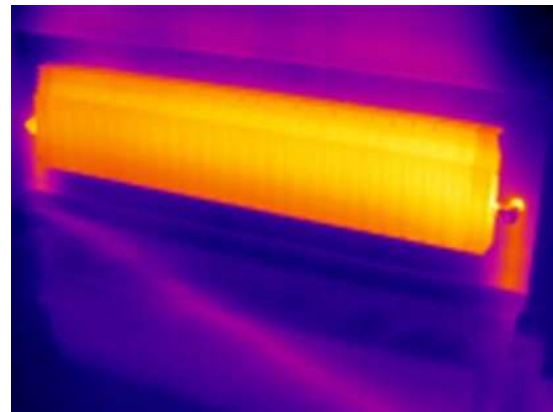
Según la tabla de datos del trabajo de campo, de los quinientos casos documentados, 157 son excesivamente alargados, dejando por tanto 343 que son proporcionalmente adecuados.

Figura 68. R185. Radiador desproporcionadamente alargado según nuestros límites.

Figure 68. R185. Disproportionately long radiator according to our limits.

point in which that length can become a problem for the correct functioning of the emitting device. For that we established that double was the limit between the width and the height or vice versa: $\text{width/height} < 2$ or $\text{height/width} < 2$ for radiators that we consider proportionally adequate.

According to the data base from the field work, out of the five hundred documented cases, 157 are excessively long, leaving thus 343 that are proportionally adequate.



Observando este segundo grupo encontramos que 279 radiadores son patológicos, lo cual supone el 81% de los casos. En cambio, si nos fijamos en el grupo de radiadores desproporcionadamente alargados, encontramos que el porcentaje de radiadores que presentan algún tipo de patología aumenta al 91%: 143 de los 157 casos.

When observing this second group, we see that 279 radiators are pathological, which makes up 81% of the cases. However, if we focus our attention on the group of disproportionately long radiators, we see that the percentage of radiators which present some type of pathology increases up to 91%: 143 out of the 157 cases.

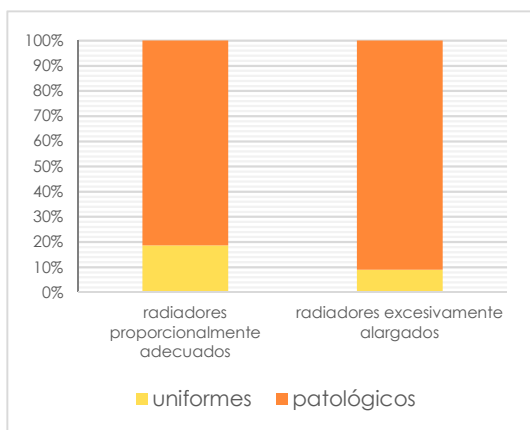


Gráfico 16. Efecto de las dimensiones del radiador en la aparición de patologías en su comportamiento.

Graph 16. Effect of the measurements of the radiator on the apparition of pathologies in its behaviour.

De este dato podríamos extraer que la probabilidad de que aparezcan anomalías que afecten al comportamiento uniforme del radiador aumenta si éste es muy alargado. Además, cabe mencionar que, según se ha podido comprobar en las fotografías termográficas, los radiadores

From this piece of information, we can extract that the probability of there appearing anomalies which may affect the uniform behaviour of the radiator increases if it is very long. In addition, we can mention that, as we have been able to see on the thermographic photographs, very long

muy alargados son más propensos a manifestar varias patologías simultáneas en su superficie que afectan a la disipación uniforme del calor. Por ejemplo, las manchas de temperatura diferente son una patología común en este tipo de radiadores: 52 de los 75 casos en los que las encontramos son desproporcionadamente alargados y, además, tal y como veíamos en el punto 4.2.8., 73 de esos casos vienen acompañados de otras patologías a mayores.

4.3.2. MATERIAL.

Llegados a este punto, vamos a recapitular y a comparar los parámetros previamente estudiados entre radiadores de distinto material. Con este último análisis pretendemos establecer algún patrón de comportamiento para los radiadores según el material del que estén fabricados y poder elegir el más adecuado en función de las condiciones del entorno en el cual queremos instalarlo. Debemos tener en cuenta que algunos radiadores presentaban más de una patología, por lo que todos los radiadores se contabilizarán en todas las clasificaciones que sea oportuno.

Vamos a comenzar por los radiadores menos habituales en viviendas y edificios públicos, que son los de chapa de acero. Continuaremos con los de hierro fundido, que ocupan el segundo puesto en cuanto a número de casos analizados y acabaremos con los de aluminio. Estos últimos son los más comunes y los que se tienden a instalar en la actualidad, por lo que resulta de vital importancia conocer su comportamiento para optimizarlo en la medida de lo posible.

4.3.2.1. CHAPA DE ACERO.

La chapa de acero, como se ha comentado al comienzo de este capítulo, es el material que menos hemos encontrado en el trabajo de campo, hallándose únicamente en veintisiete casos de los quinientos que abarca el estudio. De esos veintisiete emisores de chapa de acero, bien fuese en forma de radiador o en forma de panel, veintidós presentaban algún tipo de anomalía que afectaba a la disipación uniforme del calor por su superficie.

radiators are more prone to show several simultaneous pathologies on their surface affecting the uniform dissipation of heat. For example, patches of different temperature are a common pathology in this type of radiators: 52 out of the 75 cases in which we find them are excessively long and, besides, as we saw on chapter 4.2.8., 73 of those cases come accompanied by other additional pathologies.

4.3.2. MATERIAL.

Come to this point, we are going to recapitulate and compare the parameters previously studied between radiators made of different materials. With this last analysis we aim to establish some pattern of behaviour for the radiators depending on the material they are made of and be able to choose the one that is most adequate depending on the conditions of the location in which we want to install it. We have to take into account that some radiators presented more than one pathology, so all the radiators will be accounted in all the appropriate classifications.

We are going to start off with the less common radiators in houses and public buildings, which are the steel plate ones. We will continue with the molten iron radiators, which hold the second place when it comes to the number of analysed cases and we will finish with the aluminium ones. These last ones are the most common and the ones that tend to be installed nowadays, so it is of vital importance knowing their behaviour and optimize it as much as possible.

4.3.2.1. STEEL PLATE.

Steel plate, as we have mentioned at the beginning of this section, is the material less found in the field work, found only in twenty-seven cases out of the five hundred that make up the study. Out of those twenty-seven steel plate emitting devices, be it in the shape of radiator or in the shape of panel, twenty-two presented some type of anomaly which affected the uniform dissipation of heat on their surface.

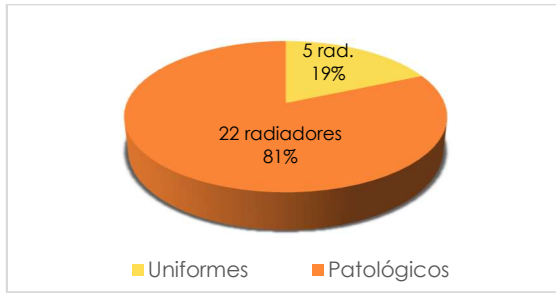


Gráfico 17. Número de radiadores de chapa de acero documentados y analizados.

Graph 17. Number of documented and analysed steel plate radiators.

De entre todas las patologías que hemos analizado en el apartado 4.2., en este tipo de radiadores tendemos a encontrar más frecuentemente radiadores que están fríos por arriba, que están fríos por abajo o que presentan manchas de temperatura diferente. Por lo tanto, podemos deducir que en este tipo de emisores encontramos problemas de aire en el interior y caudal insuficiente en el radiador o en ciertas zonas.

Among all the pathologies we have analysed in chapter 4.2., in this type of radiators we tend to find more frequently radiators that are cold on the top, that are cold on the bottom or that present patches of different temperature. Thus, we can deduce that in this type of emitting devices we find problems of air inside and insufficient water flow in the radiator or in certain areas.

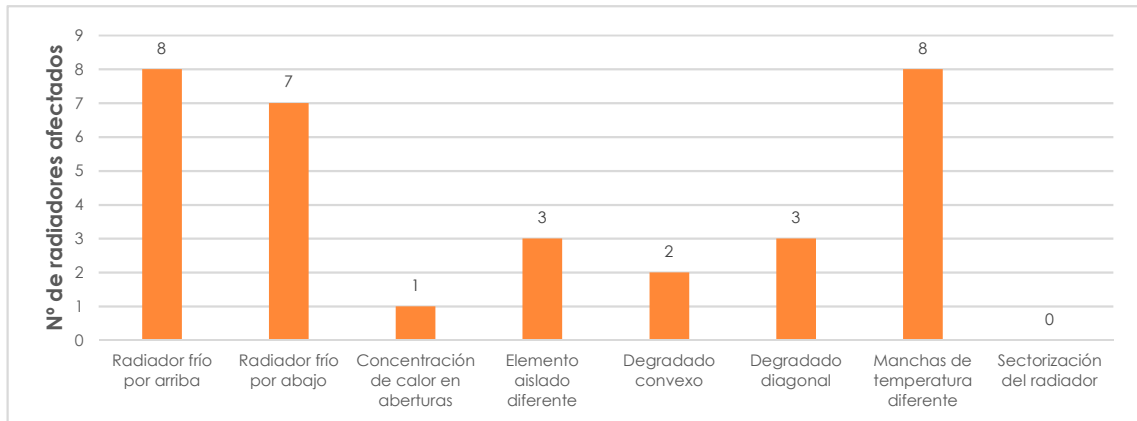


Gráfico 18. Tipos de patologías en emisores de chapa de acero.

Graph 18. Types of pathologies in steel plate emitting devices.

El tipo que más encontramos es el panel, frente al radiador de chapa de acero, que apenas se utiliza. El panel de chapa de acero tiene la ventaja de su esbeltez, que le puede aportar cierta elegancia estética que los radiadores más convencionales de aluminio o hierro fundido no tienen. Tenemos diecinueve paneles frente a ocho radiadores. Según los datos del trabajo de campo y de acuerdo con la descripción del apartado 4.3.1., la mitad de los paneles de acero son desproporcionadamente alargados y casi todos ellos presentan problemas de caudal: diez de esos diecinueve paneles presentan por su zona central grandes manchas de temperatura inferior a la del contorno. En cambio, en los paneles más pequeños encontramos que el problema más común es el aire dentro del circuito.

The type that is most common is the panel, opposing the steel plate radiator, which is scarcely used. The steel plate panel has the advantage of its slenderness, which might provide certain aesthetic elegance that the more conventional aluminium or molten iron radiators do not have. We have nineteen panels and eight radiators. According to the information from the field work and the description on chapter 4.3.1., half of the steel plate panels are disproportionately long and almost all of them present water flow problems: ten out of those nineteen panels present on their central area large patches of lower temperature than in the outline. On the other hand, in smaller panels we see that the most usual problem is the air inside the circuit. We also have to mention that this last group of panels we have referred to belongs to the

También debemos destacar que este último grupo de paneles al que nos hemos referido pertenece a un mismo edificio y están situados en la última planta. Al ser los radiadores más elevados del circuito, es normal que el aire que entra en la instalación se vaya desplazando y se acumule en ellos. Aquí se hace muy patente la importancia de realizar un mantenimiento periódico de los emisores de la instalación, sobre todo si ésta es grande. Además, al ser los paneles tan finos, la acumulación de burbujas de aire los obstruye rápidamente y su eficacia se ve muy mermada: la uniformidad media de estos paneles con aire en su interior es de 0'67.

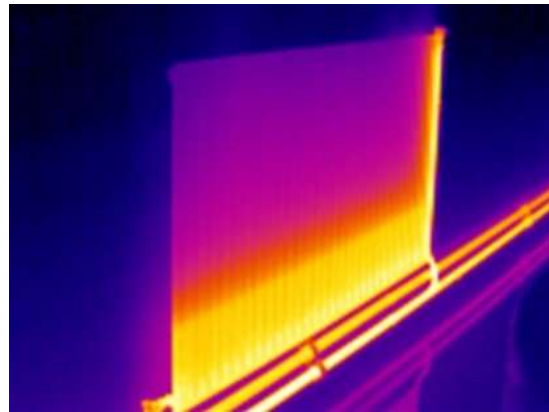
Figura 69. R318. Panel de chapa de acero prácticamente neutralizado por el aire en su interior.

Figure 69. R318. Practically neutralised steel plate panel because of the air inside it.

Debido al escaso número de casos de estudio encontrados en el trabajo de campo, resulta complicado extraer conclusiones y establecer generalidades acerca del comportamiento. Por ejemplo, no fue posible analizar el comportamiento de radiadores de alta temperatura porque sólo dos de ellos tenían temperaturas de entrada de agua superiores a 55°C. Analizaremos, pues, el comportamiento de los radiadores sometidos a baja temperatura, que en realidad son los que más interés tienen para nosotros.

Los emisores de chapa de acero con comportamiento uniforme no presentan una mala uniformidad, con una media de 0'934. En el caso de aquellos que presentan alguna anomalía, vemos que la uniformidad se ha desplomado a 0'798 a pesar de que la temperatura de entrada de agua ha descendido ligeramente. Esto contradice la teoría planteada en el punto 4.1.1., en el cual asociábamos el incremento de la temperatura de entrada de agua y también del salto térmico a un descenso de la uniformidad. De esto podríamos extraer que el material y la forma que éste permita darle al emisor aquí juega un importante papel: cualquier patología que afecte a un panel de chapa

one same building and they are situated on the last floor. Being the highest radiators in the circuit, it is normal that the air that enters the installation moves along and accumulates inside them. Here it becomes evidenced the importance of carrying out a regular maintenance on the emitting devices of the installation, especially if it is very large. In addition, because the panels are so thin, the accumulation of air bubbles obstructs them quickly and their efficiency is very jeopardized: the average uniformity for these panels with air inside them is 0'67.



Due to the scarce number of study cases found during the field work, it is complicated to obtain conclusions and establish general statements about the behaviour. For example, it was not possible to analyse the behaviour of high temperature radiators because only two of them had water with entrance temperatures above 55°C. We will analyse, then, the behaviour of radiators forced to work on low temperature, which are really the ones that are most interesting for us.

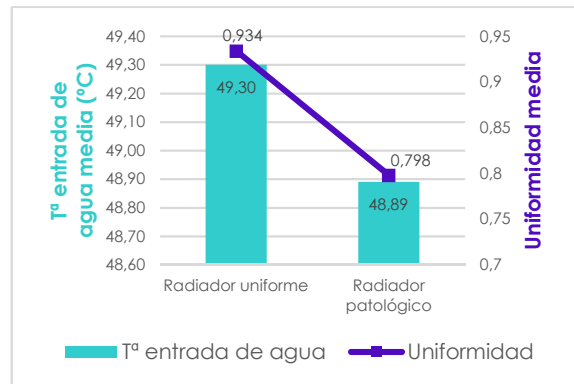
The steel plate emitting devices with a uniform behaviour do not show a bad uniformity, with an average of 0'934. In the case of those that present some anomaly, we see that the uniformity has dropped to 0'798 despite the entrance temperature of the water having slightly decreased. This contradicts the theory laid out on chapter 4.1.1., in which we associated an increase of the entrance temperature of the water and also of the thermal gap to a decrease of the uniformity. From this we could say that the material and the shape it allows for the emitting device plays an important role: any pathology affecting a steel plate panel, which are predominant among the pathological emitting devices made of this material, causes a damage so great that the

de acero, que son los que predominan entre los emisores patológicos de este material, causa un daño tan grave que el beneficio que supondría reducir la temperatura de entrada del agua se ve completamente anulado.

benefit we could obtain from the decrease of the entrance temperature of the water is completely neutralised.

Gráfico 19. Comparación de la temperatura de entrada del agua y la uniformidad en emisores de chapa de acero.

Graph 19. Comparison of the entrance temperature of the water and the uniformity in steel plate emitting devices.



De este modo podríamos deducir que el gran atractivo de los paneles de chapa de acero, su delgadez y esbeltez, se puede convertir en un importante hándicap si no se realiza un equilibrado hidráulico de la instalación muy preciso y un riguroso y frecuente mantenimiento de los emisores para mantenerlos en unas condiciones de funcionamiento adecuadas.

This way we could deduce that the great appeal of the steel plate panels, their thinness and slenderness, can become an important handicap if we do not carry out a very precise hydraulic balancing of the installation and a regular and meticulous maintenance of the emitting devices in order to maintain them in adequate functioning conditions.

4.3.2.2. HIERRO FUNDIDO.

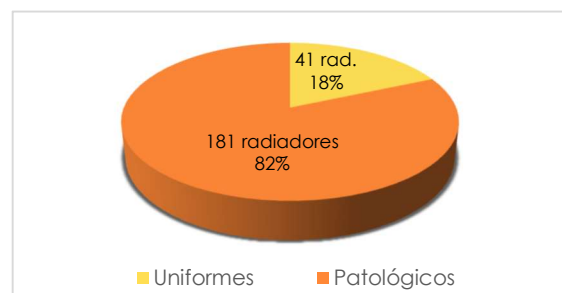
4.3.2.2. MOLTEN IRON.

El hierro fundido como material para la fabricación de radiadores para calefacción prácticamente tuvo el monopolio del mercado cuando estas instalaciones comenzaron a incorporarse a los edificios. Según los datos del trabajo de campo, comprobamos que la empresa Roca dominaba el sector, puesto que todos los radiadores de hierro fundido documentados pertenecen a esta marca o a la fusionada Baxi-Roca, tras la compra de la empresa española a manos de la británica Baxi en 2009. Los modelos utilizados son el Neo Clásico y el Duba. Por este motivo la cantidad de radiadores analizados de este material casi alcanza a la del aluminio, que es el que predomina en la actualidad.

Molten iron as material for making heating radiators practically had the monopoly of the market when these installations began to be included in buildings. According to the data from the field work, we saw that the company Roca dominated this sector, as all the molten iron radiators we documented belong to this brand or the merged Baxi-Roca, after the purchase of the Spanish company at the hands of the British Baxi in 2009. The models used are Neo Clásico and Duba. For this reason, the number of analysed radiators almost reaches the one for aluminium, which is the one that predominates nowadays.

Gráfico 20. Número de radiadores de hierro fundido documentados y analizados.

Graph 20. Number of documented and analysed molten iron radiators.



En este tipo de radiadores nos encontramos que el principal problema es el mal equilibrado hidráulico de las instalaciones. Si sumamos los radiadores que están fríos por abajo y los que presentan un degradado diagonal de temperatura, obtenemos 139 casos. Este dato supone el 77% de los radiadores de hierro fundido con un comportamiento anómalo y el 63% del total de radiadores de hierro fundido documentados.

In this type of radiators, we see that the main problem is the bad hydraulic balancing of the installations. If we add up the radiators which are cold on the bottom plus the one that present a diagonal temperature gradient, we obtain 139 cases. This piece of information represents 77% of the molten iron radiators with an anomalous behaviour and 63% of the total of documented molten iron radiators.

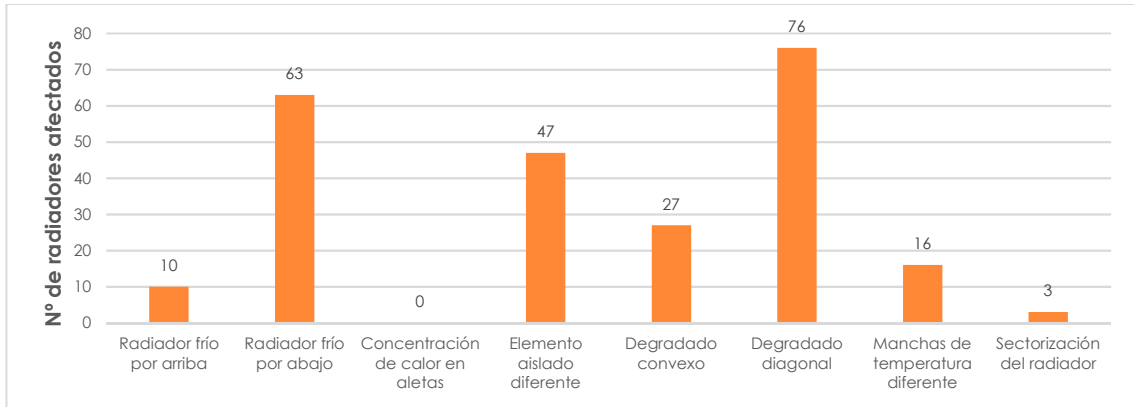
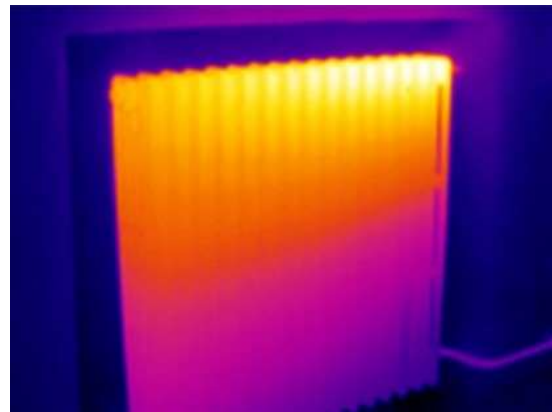
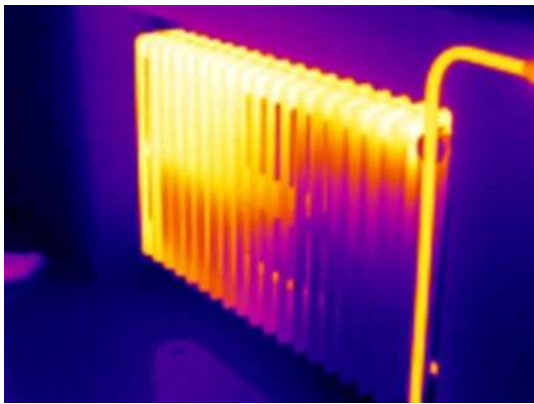


Gráfico 21. Tipos de patologías en emisores de hierro fundido.

Graph 21. Types of pathologies in molten iron emitting devices.



Figuras 70 y 71. R095 y R117 Las patologías más comunes en radiadores de hierro fundido.

Figures 70 and 71. R095 and R117. Most common pathologies in molten iron radiators.

A pesar de este malfuncionamiento tan común, encontramos que, de esos 139 radiadores, sólo 57 presentan una temperatura ambiente inferior a 21°C, la temperatura mínima de confort. Podríamos deducir que cuando los radiadores de hierro fundido comenzaron a instalarse de forma habitual, se prestaba poca atención al riguroso dimensionada de la instalación. Se suplía esa falta de cálculo que garantiza

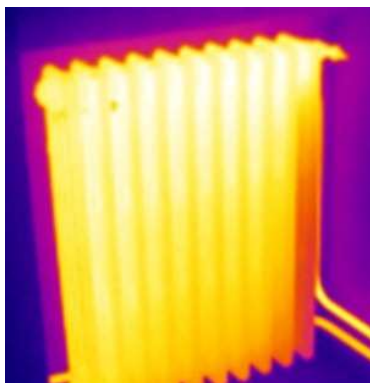
In spite of this very common malfunctioning, we see that out of those 139 radiators, only 57 present a room temperature below 21°C, the minimum comfort temperature. We could deduce that, when molten iron radiators began to be installed regularly, they paid little attention to the meticulous dimensioning of the installation. That lack of calculation which guarantees the balancing of the installation

el equilibrado de la instalación y, por tanto, el correcto funcionamiento de los emisores con un sobredimensionado de estos. Así, aunque los radiadores no estén funcionando correctamente, se podrá alcanzar una temperatura de confort en el local calefactado. El resultado de esta forma de proceder es que tenemos muchos radiadores en la instalación que no están trabajando como prevén el fabricante y el proyectista, obteniendo una instalación eficaz pero ineficiente.

La otra patología que destaca en los radiadores de este material es la presencia de un elemento aislado. Si tenemos en cuenta el apartado 4.2.6., encontramos un grupo de radiadores pertenecientes a un mismo edificio en el cual se decidió colocar las conexiones de los emisores a la red en los extremos opuestos de la parte inferior de estos, y cuyos primeros elementos aparecen más calientes que el resto. Este patrón, tan definido para los radiadores de hierro fundido, no se repite de forma tan decidida y segura en los radiadores de otro material. Por otro lado, encontramos un segundo grupo, también pertenecientes a un único edificio, en los cuales encontramos la clásica conexión a la red en diagonal, en extremos opuestos arriba y abajo. En estos casos, el elemento aislado no está más caliente, sino más frío que el resto del radiador. Si nos fijamos en los demás radiadores de ese edificio, veremos que muchos tienen degradados diagonales de temperatura o están más fríos por abajo. Los radiadores que presentan este elemento más frío junto a la entrada del agua muestran indicios de seguir ese mismo camino, con degradados más sutiles que precisamente el elemento aislado ya está prediciendo.

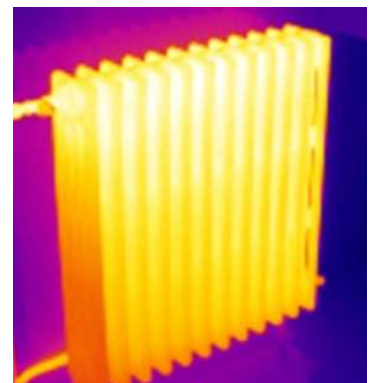
and, thus, the correct functioning of the emitting devices was substituted by their oversizing. This way, although the radiators may not be working properly, the comfort temperature can be reached inside the heated room. The result of this course of action is that we find we have many radiators in the installation that are not working as the manufacturer and the designer foresee, obtaining an effective but inefficient installation.

The other pathology that stands out in radiators made of this material is the presence of an isolated element. If we look back to chapter 4.2.6., we see a group of radiators belonging to one same building in which they decided to place the connections of the emitting devices to the network on opposite ends of their lower part, and whose first elements appear hotter than the rest. This pattern, so defined for molten iron radiators, is not repeated in such a decided and certain way in radiators made of other materials. On the other hand, we see a second group, also belonging to one same building, in which we find the classic diagonal connection to the network, on opposite ends, on the top and bottom. In these cases, the isolated element is not hotter, but colder than the rest of the radiator. If we look closer into the rest of the radiators in that building, we will see that a lot of them have a diagonal temperature gradient or are colder on the bottom. The radiators which present this one colder element next to the entrance of the water show signs of following that same path, with more subtle gradients that the isolated element is in fact already predicting.



Figuras 72 y 73. R235 y R257. El agravamiento del ligero degradado diagonal viene vaticinado por el elemento aislado del principio.

Figures 72 and 73. R235 and R257. The worsening of the subtle diagonal gradient is predicted by the isolated element at the beginning.



El porcentaje de radiadores afectados por burbujas de aire (con la parte de arriba fría) es mucho menor que en los paneles de chapa de acero. Además, debido al grosor de las columnas de los radiadores de hierro fundido frente al de la chapa de un panel, el aire no bloquea tan rápidamente la circulación del agua y el efecto es más lento. De esta forma podemos observar que la uniformidad media de los radiadores de hierro fundido afectados por estos síntomas es de 0'80, mientras que la de los emisores de chapa de acero en las mismas condiciones tan sólo llegaba a 0'67.

La comprobación de la uniformidad en los radiadores con comportamiento uniforme nos corrobora la teoría de que los radiadores que trabajan sometidos a baja temperatura tienen una uniformidad más elevada que aquellos que lo hacen a altas temperaturas. De hecho, tres cuartas partes de los radiadores uniformes de hierro fundido que se han documentado, que con toda seguridad trabajaban a alta temperatura cuando se instalaron, ya se están haciendo funcionar a temperaturas inferiores a 55°C.

Su uniformidad media, como vemos en el gráfico a continuación, es superior a la de aquellos que aún no se han sometido al cambio.

The percentage of radiators affected by air bubbles (with a cold upper part) is much smaller than in steel plate panels. Besides, due to the thickness of the columns of molten iron radiators when compared to the thickness of a steel panel, the air does not block the circulation of the water so quickly and the effect is slower. This way, we can see that the average uniformity for molten iron radiators affected by these symptoms is 0'80, while the value for the steel plate emitting devices with the same conditions only reached 0'67.

The verification of the uniformity on radiators with a uniform behaviour corroborates the theory that said that radiators which work on forced low temperature have a higher uniformity than those working on high temperature. In fact, three quarters of the documented uniform molten iron radiators, which most certainly worked on high temperature when they were installed, are already being made to work on temperatures under 55°C.

Their average uniformity, as we can see on the following graph, is higher than the one for the radiators that have not submitted to the change yet.

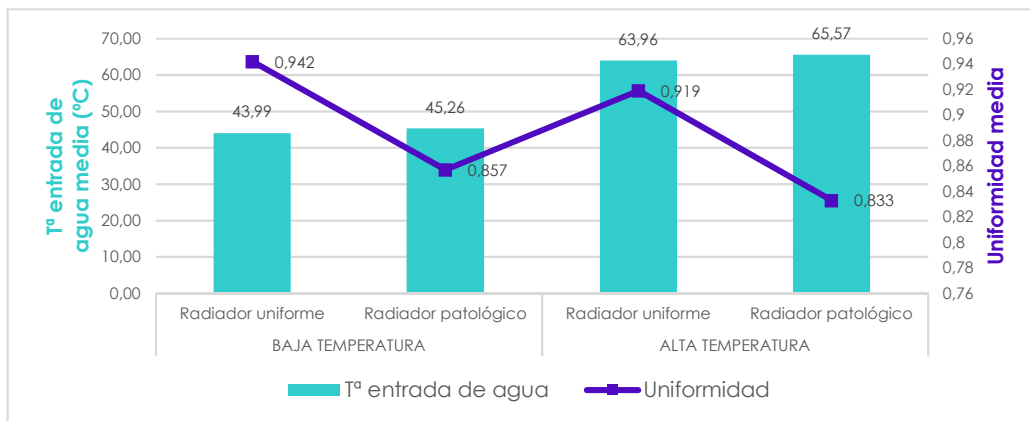


Gráfico 22. Comparación de la temperatura de entrada del agua y la uniformidad en radiadores de hierro fundido.

Graph 22. Comparison of the entrance temperature of the water and the uniformity in molten iron radiators.

Como ejemplo podemos mencionar una residencia universitaria en la cual habían dado un paso más y sus radiadores trabajaban con temperaturas de impulsión que no superaban los 45°C, con lo cual hablamos ya de radiadores sometidos a muy baja temperatura. La uniformidad media de los radiadores analizados en ese edificio es de 0'933. Las anomalías en la difusión uniforme del calor no llegaban a afectar a la mitad de los radiadores y, en aquellos que sí se encontraban presentes, eran tan poco relevantes que se podrían considerar que apenas influían en el comportamiento del radiador. Uno de ellos, con un degradado convexo de temperatura ligeramente perceptible, posee la uniformidad más elevada registrada en todo el estudio: 0'97.

4.3.2.3. ALUMINIO.

Con esto llegamos al material más habitual actualmente para la fabricación de radiadores. El elevado coste de los radiadores de hierro fundido debido a su gran peso y la reducida durabilidad de la chapa de acero por su poca resistencia a la corrosión han sido los factores responsables de que los radiadores de aluminio, que solventan estos problemas, ganen mercado en los últimos tiempos. Por ello ésta la categoría que más nos interesa investigar y mejorar.

Sin embargo, no todo son ventajas con los radiadores fabricados con aluminio. Es muy importante señalar que el aluminio es el material que tiene el mayor porcentaje de radiadores con una disipación del calor no uniforme. Mientras que el hierro fundido y la chapa de acero rondaban el 20% de radiadores que trabajaban sin presentar ningún comportamiento extraño, en este caso los números son más preocupantes: 96% de casos anómalos.

Gráfico 23. Número de radiadores de aluminio documentados y analizados.

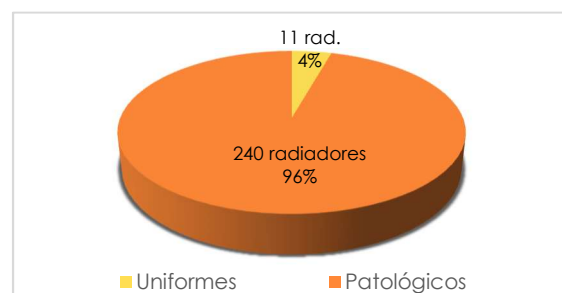
Graph 23. Number of documented and analysed aluminium radiators.

As an example, we can mention university dormitory in which they had gone a step further and their radiators worked on propulsion temperatures that did not surpass 45°C, which means we are talking about radiators forced to very low temperature. The average uniformity of the analysed radiators in this building is 0'933. The anomalies in the uniform diffusion of the heat did not affect even half of the radiators and, in those in which they actually were present, they were so irrelevant that we could consider that they barely influenced the radiator's behaviour. One of them, with a slightly perceptible convex temperature gradient, has the highest uniformity registered in the whole study: 0'97.

4.3.2.3. ALUMINIUM.

With this we arrive to the most common material nowadays for the production of radiators. The elevated cost of molten iron radiators due to their great weight and the reduced durability of the steel plate due to its low resistance to corrosion have been the factors responsible for the aluminium radiators, which solve these problems, gaining more market share in recent times. Because of that, this is the category that we are most interested in investigating and improving.

However, it is not all advantages with radiators made of aluminium. It is very important to point out that aluminium is the material with the highest percentage of radiators with a non-uniform dissipation of heat. While molten iron and steel plate had around 20% of the radiators working without any strange behaviour, in this case the numbers are more preoccupying: 96% of anomalous cases.



Es importante hacer constar también, ahora que ya hemos analizado el comportamiento de los emisores de chapa de acero y de hierro fundido, que los radiadores de aluminio tienen la uniformidad más baja de los tres materiales: en radiadores uniformes la media sólo llega a 0'869. La baja inercia térmica de los radiadores de aluminio hace que sean los más adecuados para utilizarlos en la instalación de calefacción idónea del futuro, descrita en el punto 2.2.2., y la cual los combinaba con el sistema de suelo radiante. Por este motivo, el hecho de que sea el material más propenso a presentar comportamientos anómalos en la disipación del calor y de que, aún sin presentarlos, tenga el valor de uniformidad más bajo de entre los tres posibles materiales no son buenas noticias.

Como se vio en el apartado 4.2.6., debido al diseño formal de los elementos con aberturas, la superficie frontal de los radiadores de aluminio no suele ser uniforme de entrada. Aunque hemos podido comprobar que este factor no es gravemente perjudicial para el funcionamiento del radiador, debemos considerarlo técnicamente una alteración de la uniformidad. Esta anomalía afecta al 60% de los radiadores de aluminio. Los diseños con aberturas frontales son más utilizados que aquellos que no las tienen. Esto se explica gracias al reducido coeficiente de radiación del aluminio, lo que obliga a estos radiadores a trabajar fundamentalmente por convección. Las aberturas en las aletas favorecen la formación de esas corrientes de convección.

It is important to state also, now that we have already analysed the behaviour of steel plate and molten iron emitting devices, that aluminium has the lowest uniformity out of the three materials: the average for uniform radiators only goes up to 0'869. The low thermal inertia of aluminium radiators makes them more adequate to be used in the future's ideal heating installation, described in chapter 2.2.2., and which combines them with the underfloor heating system. For this reason, the facts that it is the material most prone to show anomalous behaviours in the heat dissipation and that, even without showing them, it has the lowest value for uniformity out of the three possible materials are not good news.

As we saw on chapter 4.2.6., due to the outer design of the elements with openings, the front surface of aluminium radiators it not usually uniform to begin with. Even though we have been able to verify that this factor is not seriously damaging for the radiator's functioning, technically we need to consider it a variation of the uniformity. This anomaly affects 60% of the aluminium radiators. The designs with frontal openings are more used than the ones that do not have them. We can explain this thanks to the aluminium's reduced radiation coefficient, which forces these radiators to work mainly by convection. The openings on the plates help the formation of those convection currents.

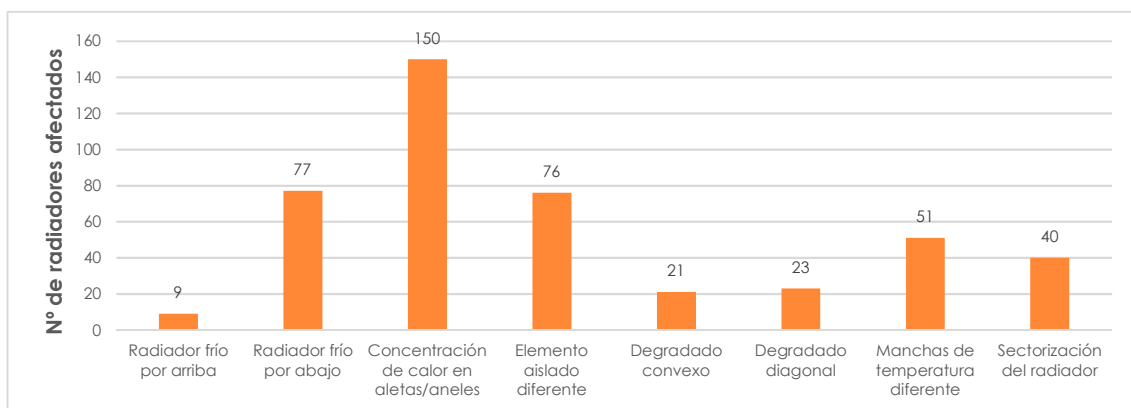


Gráfico 24. Tipos de patologías en emisores de aluminio.

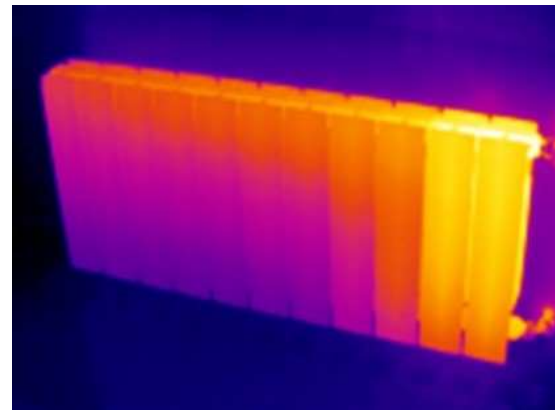
Graph 24. Types of pathologies in aluminium emitting devices.

Una vez más, nos encontramos que los problemas de equilibrado de caudal son una causa importante en la falta de uniformidad de los radiadores. Como explicamos en el apartado de análisis de patologías, este factor puede tener como consecuencia que la parte inferior del radiador se encuentre fría, que aparezcan manchas de temperatura diferente por el medio de la superficie del radiador o que nos encontremos con un degradado diagonal de temperatura. Si sumamos los casos afectados por estos tres síntomas, y teniendo en cuenta que algunos de esos radiadores presentan dos de ellos a la vez, obtenemos que ese mal equilibrado del circuito provoca comportamientos anómalos en 149 radiadores. Es relativamente comprensible que en las instalaciones tradicionales con radiadores de hierro fundido se recurriera a un sobredimensionado de la instalación en lugar de a un cálculo meticuloso para garantizar la temperatura de confort en el interior. Sin embargo, con los avances tecnológicos y los profesionales altamente especializados que tenemos en la actualidad, resulta inconcebible que sigamos provocando este tipo de problemas en edificios nuevos.

Figura 74. Radiador de aluminio con posibles problemas de equilibrado hidráulico.

Figure 74. Aluminium radiator with possible problems with the hydraulic balance.

Once again, we can see that the problems because of a bad balancing of the water flow is an important cause in the radiators' lack of uniformity. As we explained in the chapter which focuses on the analysis of pathologies, this factor can have as consequences a cold bottom part of the radiator, the appearance of patches of different temperature in the middle of the radiator's surface or coming across a diagonal temperature gradient. If we add up all the cases affected by these three symptoms, and taking into account that some of those radiators show of them at the same time, we obtain that the bad balancing of the circuit provokes anomalous behaviours in 149 radiators. It is relatively understandable that in traditional installations with molten iron radiators they resorted to an oversizing of the installation in order to guarantee the comfort temperature inside. However, with the technological advances and the highly specialised professionals that we have nowadays, it is inconceivable that we are still provoking this type of problems in new buildings.



Tal y como veíamos en el apartado 4.1.1., en los radiadores sometidos a baja temperatura podemos observar que cuanto mayor es la temperatura del agua que suministra al radiador, menor es la uniformidad. Los radiadores de aluminio menos propensos a presentar comportamientos anómalos y, por tanto, que responderán con un funcionamiento más uniforme, son aquellos que trabajan sometidos casi a muy baja temperatura. En este gráfico también podemos ver que, en los radiadores a alta temperatura, el factor de la temperatura de entrada del agua no está asociado a la uniformidad como en la primera categoría, lo cual también comprobamos en el punto 4.1.1.

Just as we saw on chapter 4.1.1., in radiators forced on low temperature we can see that the higher the temperature of the water that feeds the radiator is, the lower the uniformity is. The aluminium radiators which are less prone to present anomalous behaviours and that, thus, will answer with a more uniform functioning, are those which work forced on almost very low temperatures. In this graph we can also see that, in high temperature radiators, the factor of the entrance temperature of the water is not associated to the uniformity, a fact that we also verified in chapter 4.1.1.

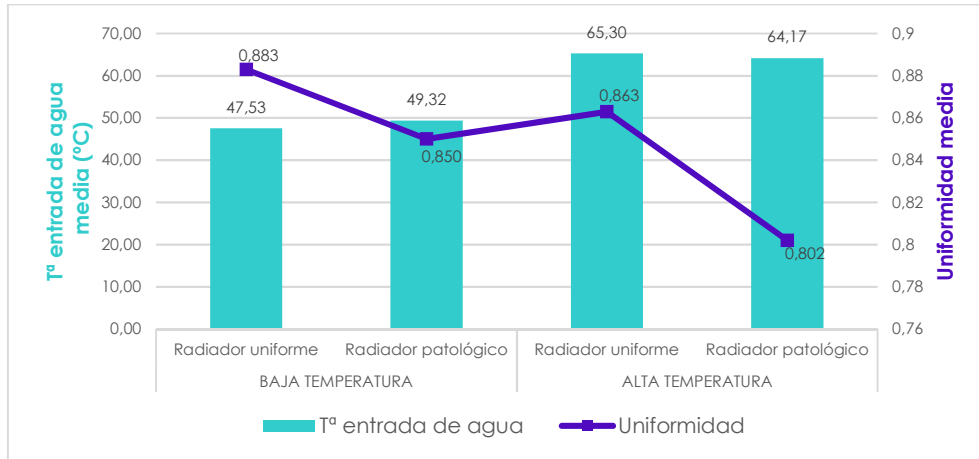


Gráfico 25. Comparación de la temperatura de entrada del agua y la uniformidad en radiadores de aluminio.

Graph 25. Comparison of the entrance temperature of the water and the uniformity in aluminium radiators.

Otro dato que nos aporta el gráfico anterior es que el descenso de uniformidad manifestado por los radiadores patológicos respecto a la de los radiadores uniformes es mucho más acusado en radiadores de alta temperatura que en aquellos sometidos a baja temperatura. Teniendo en cuenta que la diferencia fundamental radica en la aparición de patologías que afectan a la disipación uniforme del calor por toda la superficie del radiador, podríamos deducir que estas patologías son más graves en radiadores de alta temperatura que en los sometidos a baja temperatura. Pero si previamente se ha comentado que los radiadores que trabajan a bajas temperaturas se ven más afectados porque parten de temperaturas iniciales más bajas y cualquier anomalía puede hacer que se enfríen rápidamente, resulta un poco contradictorio que estas anomalías sean más graves en los de alta temperatura. El motivo puede ser que en radiadores sometidos a baja temperatura las anomalías se detectan más rápido porque repercute más en el confort de los usuarios, mientras que con radiadores de alta temperatura y con el sobredimensionado de las instalaciones, pasan desapercibidas hasta que son graves.

Recapitulando, los radiadores de aluminio son más adecuados para trabajar sometidos a bajas que a altas temperaturas. Sin embargo, debido a su baja inercia térmica, debemos tener en cuenta que se verán más rápidamente afectados por malos diseños en la

Another piece of information that the previous graph gives us is that the descend of uniformity shown by the pathological radiators when compared to the uniform radiators is much more acute in high temperature radiators that in the forced low temperature ones. Taking into account that the main difference lays in the apparition of pathologies which affect the uniform dissipation of the heat on the whole surface of the radiator, we could deduce that these pathologies are more serious on high temperature radiators than on the forced low temperature ones. But if we have previously commented that the radiators which work on low temperatures appear more affected because they start off with lower initial temperatures and any anomaly can cause them to cool down fast, it is a little contradictory that these anomalies are more serious on the high temperature radiators. The reason could be that with forced low temperature radiators, the anomalies are more quickly detected because they affect more the comfort of the users, while with high temperature radiators and the oversizing of the installations, they go unnoticed until they are serious.

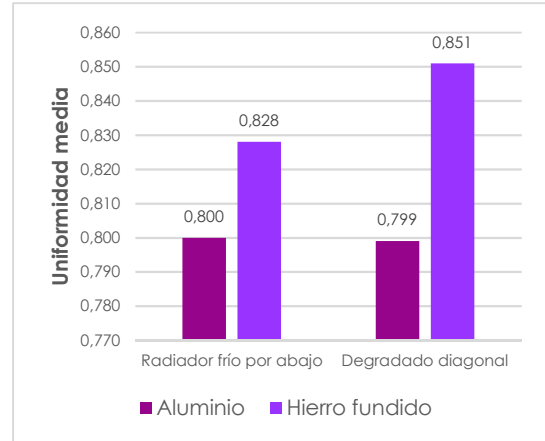
To sum up, aluminium radiators are more adequate for low temperature than for high temperature functioning. However, due to their low thermal inertia, we must keep in mind that they will be more quickly affected by bad installation designs, specially by the hydraulic balance of the circuit. As an example, we can see on the following graph that, analysing one same pathology the average uniformity of the aluminium

instalación, sobre todo por el equilibrado hidráulico del circuito. Como ejemplo, podemos ver en el siguiente gráfico que, analizando una misma patología, la uniformidad media de los radiadores de aluminio es muy inferior a la de los radiadores de hierro fundido porque estos últimos tienen una inercia térmica mucho mayor. Por lo tanto, los radiadores de aluminio no sólo requieren un dimensionado más cuidadoso, sino también un mantenimiento frecuente para asegurarnos de que trabajan correctamente.

radiators is much lower than the uniformity of molten iron radiators because the latter have a much higher thermal inertia. Thus, aluminium radiators not only require a more meticulous dimensioning, but also frequent maintenance works to make sure they work correctly.

Gráfico 26. Comparación de uniformidad entre radiadores de aluminio y de hierro fundido afectados por la misma patología.

Graph 26. Comparison of the uniformity between aluminium and iron radiators affected by the same pathology.



CONCLUSIONES.

CONCLUSIONS.



Después de todo el capítulo anterior dedicado a analizar los diversos aspectos de la instalación y del entorno que pueden influir en el comportamiento de los emisores de calor, podemos extraer las siguientes conclusiones.

En primer lugar, no sólo debemos cambiar las instalaciones de alta temperatura para que trabajen a menos de 55°C, sino que podemos reutilizar las que ya existen porque a baja temperatura trabajan de una forma más uniforme que las tradicionales. Los radiadores dan mejores resultados con bajas temperaturas de impulsión de la caldera y con saltos térmicos menores.

Por otro lado, el trabajo de campo ya corroboró que el funcionamiento de nuestros radiadores no era en realidad el que nosotros, como arquitectos, suponíamos en proyecto, llegando a reducir la eficiencia del emisor muy considerablemente. En el estudio realizado en este trabajo se ha observado que la principal razón de esta disipación no uniforme del calor es el mal equilibrado hidráulico de la instalación. Este problema, en teoría, debería manifestarse en los radiadores más alejados de la caldera. Aunque en la mayoría de casos lo encontramos en radiadores de grandes edificios públicos en los que no resultaba posible saber el trazado de la instalación, cuando aparece en viviendas siempre coincidía en la última planta del edificio, lo cual nos hace inclinarnos hacia esta explicación. Se manifiesta en forma de diferentes patologías en función de la conexión del radiador a la red de tuberías, pero todas comparten la característica de pasar desapercibidas hasta que son graves. Cualquier modificación que cualquier usuario del edificio realice en la instalación de calefacción, como puede ser cambiar un radiador, añadir uno nuevo al anillo o cerrar o eliminar alguno, modifica el equilibrado hidráulico de la instalación y acabará repercutiendo, a corto o largo plazo, en el funcionamiento de los demás emisores de la instalación. En general, la falta de conocimiento de los usuarios sobre los principios en los que se basa el funcionamiento de una instalación de calefacción hace que no reparen en la importancia que tienen estas modificaciones de la instalación.

After the entire previous chapter dedicated to analysing the various aspects of the installation and the surroundings that may influence in the behaviour of the heat emitting devices, we can extract the following conclusions.

In the first place, not only we must change the high temperature installations in order for them to work below 55°C, but we can also reuse the already existing ones because on low temperature they work in a more uniform way than the traditional ones. Radiators give out better results with low propulsion temperatures from the boiler and with lower thermal gaps.

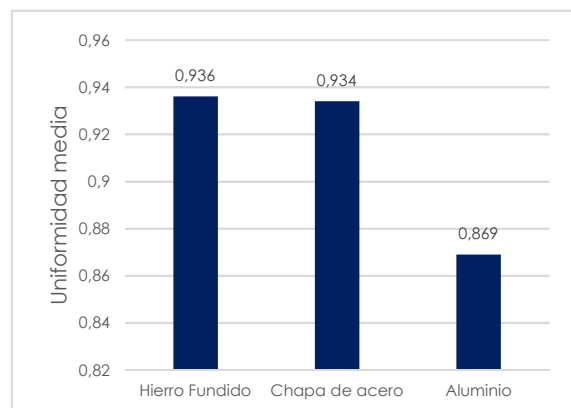
On the other hand, the field work already corroborated that the performance of our radiators is not really the one that we, as architects, supposed in the design, even reducing the emitting device's efficiency quite considerably. In the study carried out in this paper we have seen that the main reason in this non-uniform dissipation of the heat is the bad hydraulic balancing of the installation. This problem, in theory, should appear in the radiators located farthest away from the boiler. Although in the majority of the cases we find it in large public buildings in which it was not possible to know the layout of the installation, when it appears in houses, it always happened to be in the last floor of the building, which makes us be inclined to believe this was the explanation. It shows up in the shape of different pathologies depending on the connection of the radiator to the network of pipes, but they all share the characteristic of going unnoticed until they are serious. Any modification that any user of the building carries out in the heating installation, such as changing a radiator, adding a new one to the loop or shutting or removing one of them, modifies the hydraulic balance of the installation and will end up having an effect, in a short or a long term, on the functioning of the other emitting devices of the installation. In general, the lack of knowledge on the users' part about the principles on which the functioning of a heating installation is based makes them not to think about the importance that these modifications of the installation have.

Además, una de nuestras teorías iniciales más importantes era que los radiadores monotubo presentarían un funcionamiento mucho más notablemente irregular, mucho menos uniforme, que los pertenecientes a sistemas bitubo. Esta teoría, de acuerdo con los escasos datos que pudimos extraer del trabajo de campo y a falta de una investigación específica sobre esta categoría, quedó refutada. En los sistemas bitubo, los más comunes, cada posición de entrada y salida del agua favorece unas u otras patologías, y realmente lo que debemos tener en cuenta son esas patologías para adecuar el mantenimiento adecuado a cada radiador.

Cuando hablamos de materiales, si bien el hierro fundido y la chapa de acero estaban más o menos equiparados en cuestión de uniformidad, la uniformidad media de los radiadores de aluminio en los que no se han encontrado anomalías destacables es muy inferior a la de los otros dos.

Gráfico 27. Comparación de uniformidad media en radiadores uniformes según el material.

Graph 27. Comparison of the average uniformity for uniform radiators depending on the material.



Aunque este dato supone un punto a favor para los radiadores de hierro fundido, hemos de recordar que el objetivo de las instalaciones de calefacción por agua caliente del futuro era combinar el sistema de suelo radiante con radiadores de baja temperatura con rápida capacidad de reacción y gran velocidad de respuesta. Los radiadores de hierro fundido se pueden reutilizar, pero para nuevas instalaciones necesitamos la baja inercia térmica de los radiadores de aluminio.

Por lo tanto, se hace evidente que el mantenimiento de los radiadores de aluminio es claramente insuficiente. Necesitan inspecciones y revisiones mucho más frecuentes para poder asegurar su óptimo funcionamiento y que cumplan su

Besides, one of our initial most important theories was that monotube radiators would show a much more notoriously irregular behaviour, much less uniform, than the ones belonging to bitube systems. This theory, according to the scarce data that we could take out from the field work and in the absence of a more specific investigation about this category, turned out to be disproved. In bitube systems, the most common ones, each position for the entrance and exit of water facilitates some pathologies or others, and the thing that we really should pay attention to are those pathologies so that we can adequate the appropriate maintenance to each radiator.

When we talk about materials, while it is true that molten iron and steel plate are more or less on the same level in the matter of uniformity, the average uniformity for aluminium radiators in which we could not find significant anomalies is much lower than the value for the other two.

Even though this piece of information means a score in favour of molten iron radiators, we must remember that the goal in the hot water heating installations of the future was to combine the system of underfloor heating with low temperature radiators with a great reaction capacity and a quick time response. Molten iron radiators can be reused, but for new installations we need the low thermal inertia of aluminium radiators.

Therefore, it becomes evident that the maintenance of aluminium radiators is clearly insufficient. They need inspections and evaluations much more often in order to ensure their optimal functioning and for them to fulfill their purpose in the future low temperature installations, combined with the underfloor heating. When it comes to reusing

cometido en las futuras instalaciones a baja temperatura combinados con suelo radiante. A la hora de reutilizar las instalaciones existentes, darán muy buenos resultados los radiadores de hierro fundido a baja temperatura para largos periodos de funcionamiento por su elevada inercia térmica: actuarán como el suelo radiante, pero en forma de radiador. De hecho, el colegio mayor estudiado en el trabajo de campo tenía radiadores de hierro fundido en una instalación que trabajaba a menos de 40°C pero durante las 24h, dando como resultado un bajo consumo energético y un confort perfectamente adecuado en el interior del edificio.

Por último, con este Trabajo de Fin de Grado queda demostrado que los edificios en general, y las instalaciones de calefacción en particular, necesitan atención incluso una vez terminada la obra. Este es un campo en expansión para nosotros como arquitectos y uno que a veces se menosprecia. Pero no sólo podemos aspirar a construir más edificios, nuevos y mejores, ecológicos y sostenibles, sino también a convertir los que ya hay construidos en lo más parecido a esos edificios ideales para poder mejorar la experiencia de los usuarios en su interior. No es posible demoler todo lo que tenemos y construir nuevas ciudades bioclimáticas de cero, pero sí podemos adaptar nuestras ciudades para que se acerquen tanto como sea posible a ese concepto.

the existing installations, molten iron radiators will give out very good results on low temperature for long functioning periods because of their high thermal inertia: they will behave like the underfloor heating, but in the shape of radiators. In fact, the university dormitory studied in the field work had molten iron radiators in an installation which worked below 40°C but during the 24h, giving out as a result a very low energy consumption and a perfectly adequate comfort inside the building.

Lastly, with this End of Degree Paper, we prove that buildings in general, and installations in particular, need attention even after the construction works have been finished. This is an expanding field for us as architects and it is one that is often underestimated. But not only can we aspire to build more buildings, new and better, ecologic and sustainable, but we can also transform the ones that are already built into buildings as similar as we can to those ideal constructions, in order to improve the experience of the users inside them. It is not possible to demolish everything we have and build new bioclimatic cities from scratch, but we can adapt our cities so that they approach that concept as much as possible.

FUENTES DOCUMENTALES.
DOCUMENTAL SOURCES.



- Jutglar Banyeras, Ll., Miranda, A.L. (2008). "Técnicas de calefacción". Barcelona, España. Marcombo S.A.
- Recknagel, H., Sprenger, E., Hönnmann, W. (1993). "Manual técnico de calefacción y aire acondicionado. Tomo 1: Calefacción". Madrid, España. Librería Editorial Bellisco.
- Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación DA DB-HE/1.
- Departamento de Estudios Técnicos MANAUT S.A. (2005). "Consideraciones generales sobre la emisión de calor en los radiadores". *Montajes e instalaciones: Revista técnica sobre la construcción e ingeniería de las instalaciones*, Año nº35-393, páginas 63-68.
- Garrido Rodríguez, M. (2011). "Radiadores de baja temperatura". *El Instalador*, nº482, páginas 152-157.
- Garrido Rodríguez, M. (2013). "Calefacción a baja temperatura con radiadores eficientes". *Energía de hoy*, nº4, páginas 40-44.
- Benítez Restrepo, H.D., Ibarra-Castanedo, C., Bendada A.H., Maldague, X., Loaiza, H., Caicedo, E. (2007). "Procesamiento de imágenes infrarrojas para la detección de defectos en materiales". *Revista Tecnura*, Vol.10, Nº20, páginas 40-51.
- Islán, M., Ramírez, Á., Blaya, F. (2013). "Evolución en diseño y tecnología en las unidades terminales de calefacción". *ArDIn. Arte, Diseño e Ingeniería*, nº2, páginas 16-25.
- Balaras, C.A., Argiriou A.A. (2002). "Infrared thermography for building diagnostics". *Energy and Buildings*, nº34, páginas 171-183.
- Olarte, W., Botero, M., Cañón, B. (2011). "Aplicación de la termografía en el mantenimiento predictivo". *Scientia et Technica*, Año XVI nº48, páginas 253-256.
- Sevillano Andaluz, P. (2014). "Análisis del equilibrado de una red de distribución de agua en un sistema de climatización de locales". Escuela Técnica Superior de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid. Valladolid.
- Azcona Sousa, L. (2014). "Caracterización de radiadores de calefacción. Análisis de la influencia de parámetros de diseño en la potencia del radiador". Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Sevilla. Sevilla.

BIBLIOGRAFÍA DE IMÁGENES.

BIBLIOGRAPHY OF IMAGES.



FIGURAS. FIGURES.

- **Figura 1:** <http://algargosarte.blogspot.com/2014/09/la-domus-y-la-insula-evolucion-de-la.html>
- **Figura 2:** <http://quhist.com/hipocausto-calefaccion-antigua-roma/>
- **Figura 3:** <https://subastas.catawiki.es/kavels/8536697-estufa-de-le-a-marca-sallent-antigua-principios-de-siglo-xx-hierro>
- **Figura 4:** <http://enterprisebp.co.uk/underfloor-heating/>
- **Figura 5:** <http://www.veranoinstalaciones.com/tipos-de-calefaccion.html>
- **Figura 6:** <http://www.veranoinstalaciones.com/tipos-de-calefaccion.html>
- **Figuras 7 y 8:** “Retornos directos” y “Retornos invertidos”. Recuperado de: Azcona Sousa, L. (2014). “*Caracterización de radiadores de calefacción. Análisis de la influencia de parámetros de diseño en la potencia del radiador*”. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Sevilla. Sevilla.
- **Figura 9:** Diseño y elaboración propia.
- **Figura 10:**
<https://www.construnario.com/diccionario/swf/26204/grifer%C3%ADa%20calefacci%C3%B3n/grifer%C3%ADa%20para%20radiadores/serie%20nt%20termostatizable%20y%20termost%C3%A1tica/monotubo%20nt.pdf>
- **Figura 11:** <http://www.bloquesautocad.com/radiador-aluminio-9-modulos/>
- **Figura 12:** <http://www.calderasyreformasvaldemoro.es/ventajas-de-los-radiadores-de-aluminio/>
- **Figura 13:** <https://www.baxi.es/productos/radiadores/radiadores-aluminio>
- **Figuras 14 y 15:**
<http://www.rayco.es/defaultcont.php?idmodelo=1&idtipocontenido=73>
- **Figuras 16 y 17:** <http://www.sutecal.com/Radiador-Toallero-Aura-de-Zehnder-120x50-cm-Blanco-1>
- **Figura 18:** <http://climargas.es/escaparate/sanitarios-y-griferias/radiadores-runtal-folio/>
- **Figura 19:** <https://www.zehnder.es/productos-y-sistemas/radiadores-de-diseno>
- **Figura 20:** “Gráfico sobre la longitud de onda del espectro luminoso”. Recuperado de: <http://www.acuaristas.cl/luz-ultravioleta/>
- **Figura 21:** <http://www.mirafutura.com/index.php/noticias/136-termografia>
- **Figuras 22 y 23:** Fotografías propias.
- **Figura 24:** <http://www.aetir.com/termografia-aplicaciones/electricidad/>
- **Figuras 25, 26 y 27:** Fotografías propias.
- **Figura 28:** <https://www.copybook.com/companies/testo/testo-measuring-instruments-gallery/testo-880-01>
- **Figuras 29, 30, 31, 32, 33 y 34:** Fotografías propias.
- **Figura 35:** elaborada por el Departamento de Instalaciones de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid. Fotografía propia.

- **Figura 36:** Fotografía propia. Maqueta de la ciudad de Valladolid expuesta en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid.
- **Figuras 37, 38, 39 y 40:** Fotografías propias.
- **Figuras 41 y 42:** Fotografías propias.
- **Figuras: 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49 y 50:** Fotografías propias.
- **Figuras 51 y 52:** Fotografías propias.
- **Figura 53:** Dibujo propio.
- **Figuras 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67 y 68:** Fotografías propias.
- **Figura 69:** Fotografía propia.
- **Figuras 70, 71, 72, 73:** Fotografías propias.
- **Figura 74:** Fotografía propia.

TABLAS. TABLES.

- **Tabla 1:** Documento de Apoyo al Código Técnico de la Edificación CTE DA DB-HE/1.
- **Tabla 2:** Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (2010). *“Guía técnica. Condiciones climáticas exteriores de proyecto”*. Madrid, España.
- **Tablas 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10:** Elaboración propia.

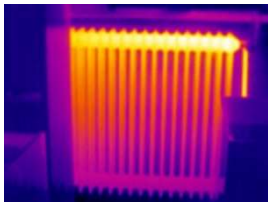
GRÁFICOS. GRAPHS.

- **Gráfico 1:** <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/radiadores-de-baja-temperatura-ahorro-de-energia/>
- **Gráfico 2:** “Evolución de edificios en pérdidas y aportes”. Recuperado de: Garrido Rodríguez, M. (2011). “Radiadores de baja temperatura”. *El Instalador*, nº482, páginas 152-157.
- **Gráficos 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9:** Elaboración propia.
- **Gráficos 10, 11, 12, 13 y 14:** Elaboración propia.
- **Gráfico 15:** Elaboración propia.
- **Gráficos 16, 17 y 18:** Elaboración propia.
- **Gráficos 19, 20 y 21:** Elaboración propia.
- **Gráficos 22, 23 y 24:** Elaboración propia.
- **Gráficos 25, 26 y 27:** Elaboración propia.

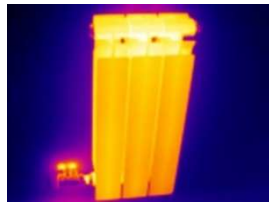
ANEXO I: CATÁLOGO DE
FOTOGRAFÍAS TERMOGRÁFICAS
ORIGINALES DEL TRABAJO DE
CAMPO.

*APPENDIX I: CATALOGUE OF
ORIGINAL FIELD WORK
THERMOGRAPHIC PHOTOGRAPHS.*

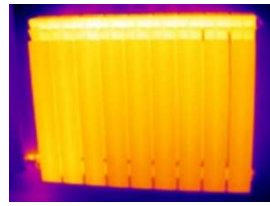




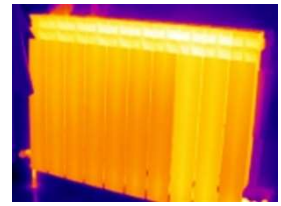
R001



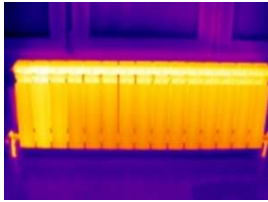
R002



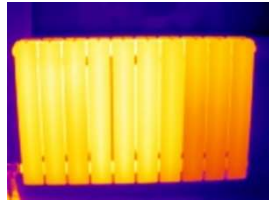
R003



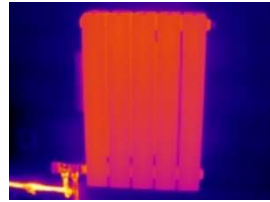
R004



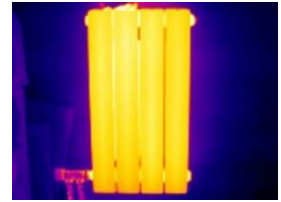
R005



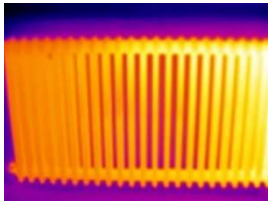
R006



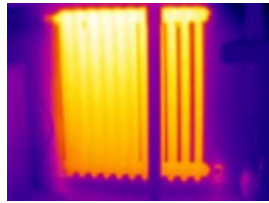
R007



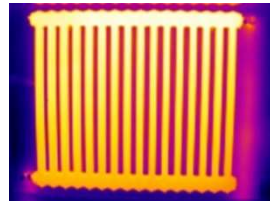
R008



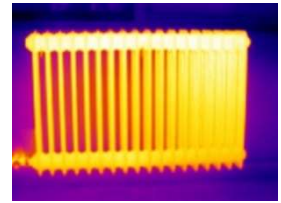
R009



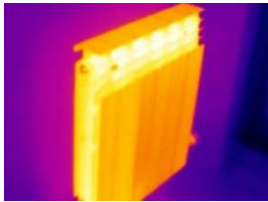
R010



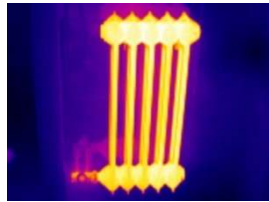
R011



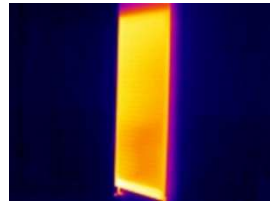
R012



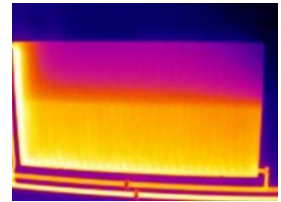
R013



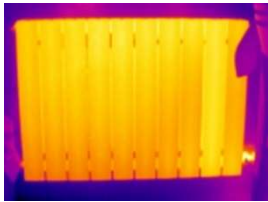
R014



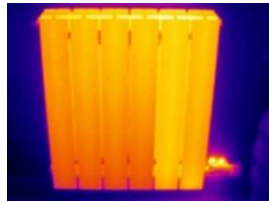
R015



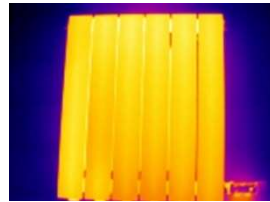
R016



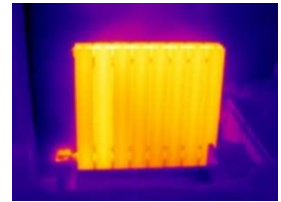
R017



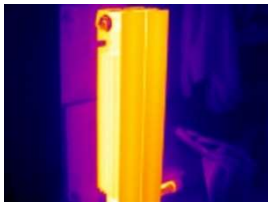
R018



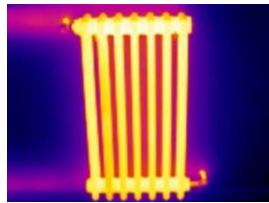
R019



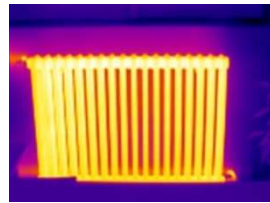
R020



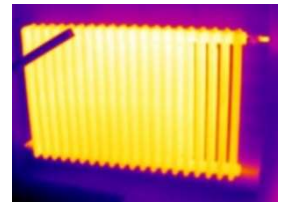
R021



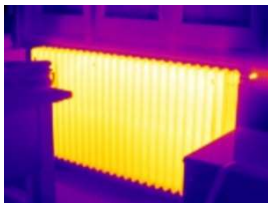
R022



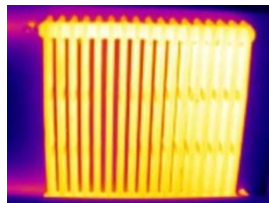
R023



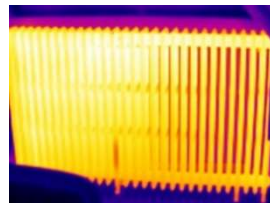
R024



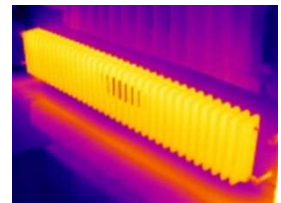
R025



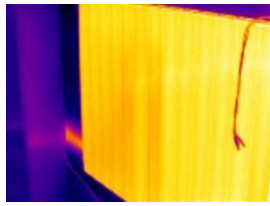
R026



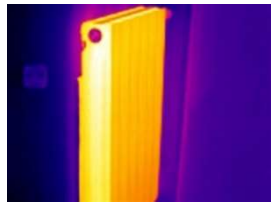
R027



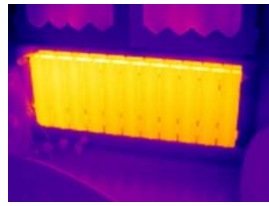
R028



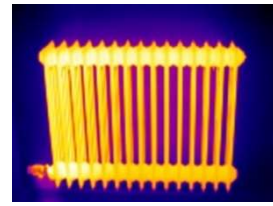
R029



R030



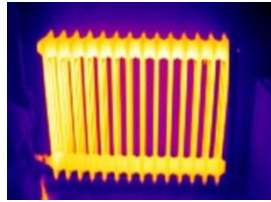
R031



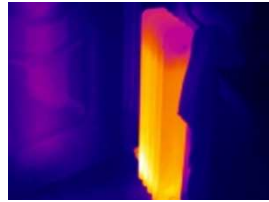
R032



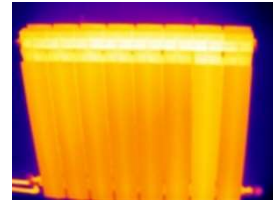
R033



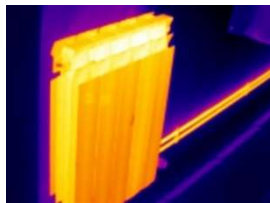
R034



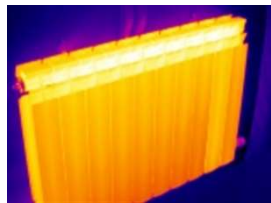
R035



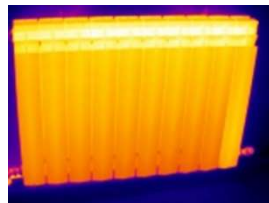
R036



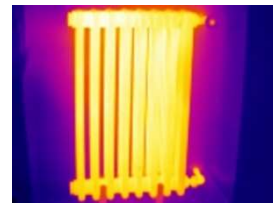
R037



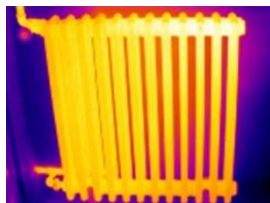
R038



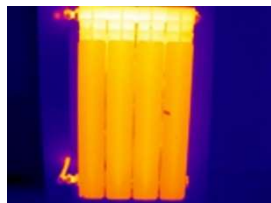
R039



R040



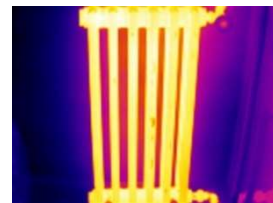
R041



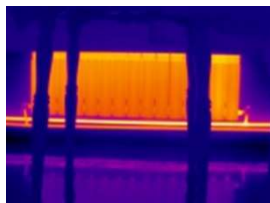
R042



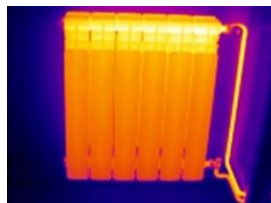
R043



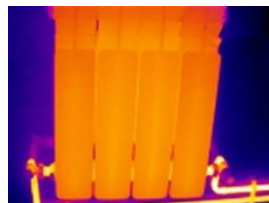
R044



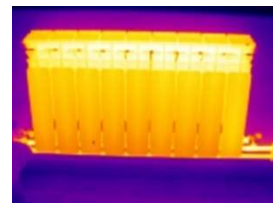
R045



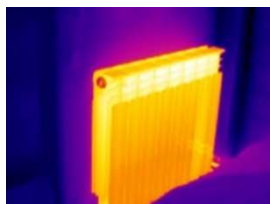
R046



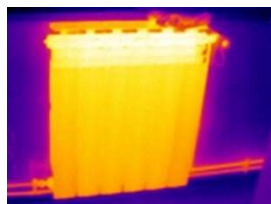
R047



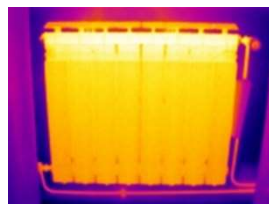
R048



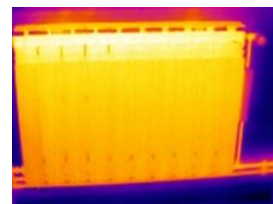
R049



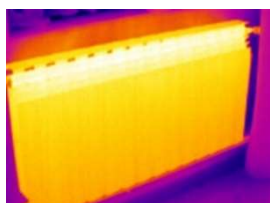
R050



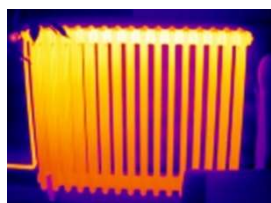
R051



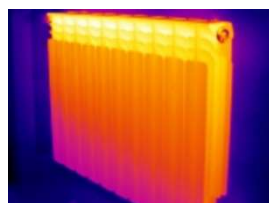
R052



R053



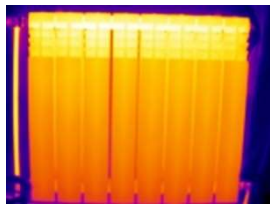
R054



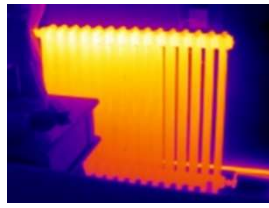
R055



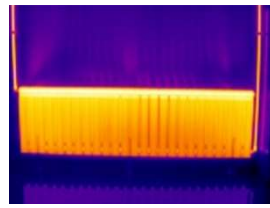
R056



R057



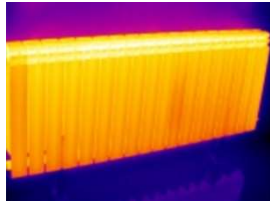
R058



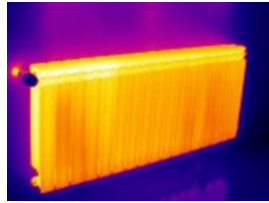
R059



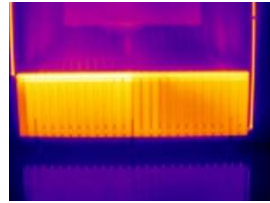
R060



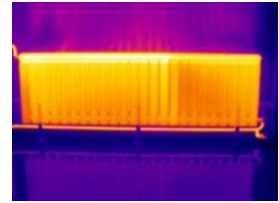
R061



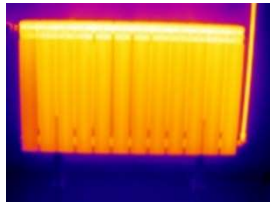
R062



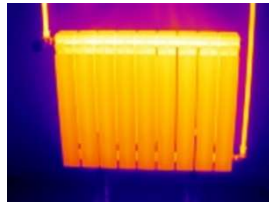
R063



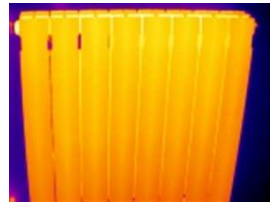
R064



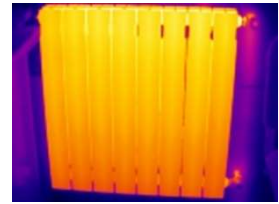
R065



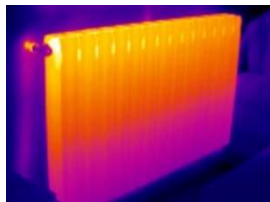
R066



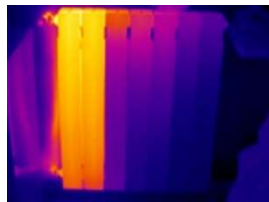
R067



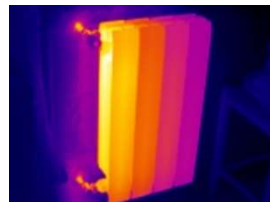
R068



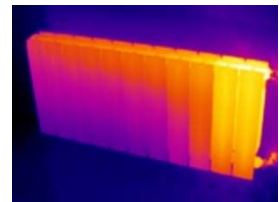
R069



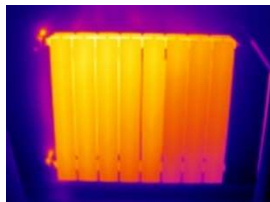
R070



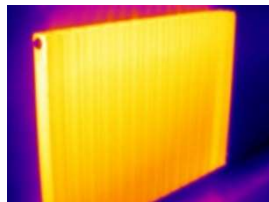
R071



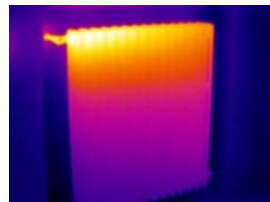
R072



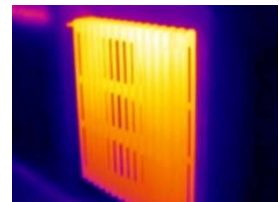
R073



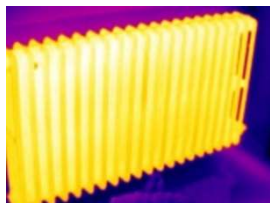
R074



R075



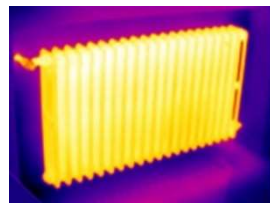
R076



R077



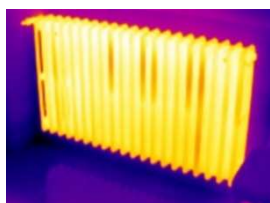
R078



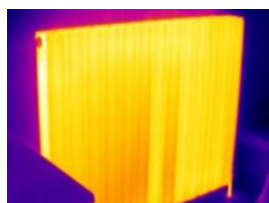
R079



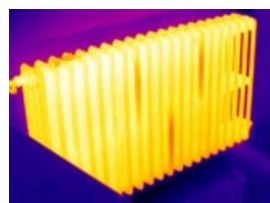
R080



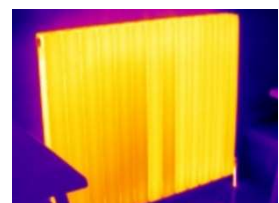
R081



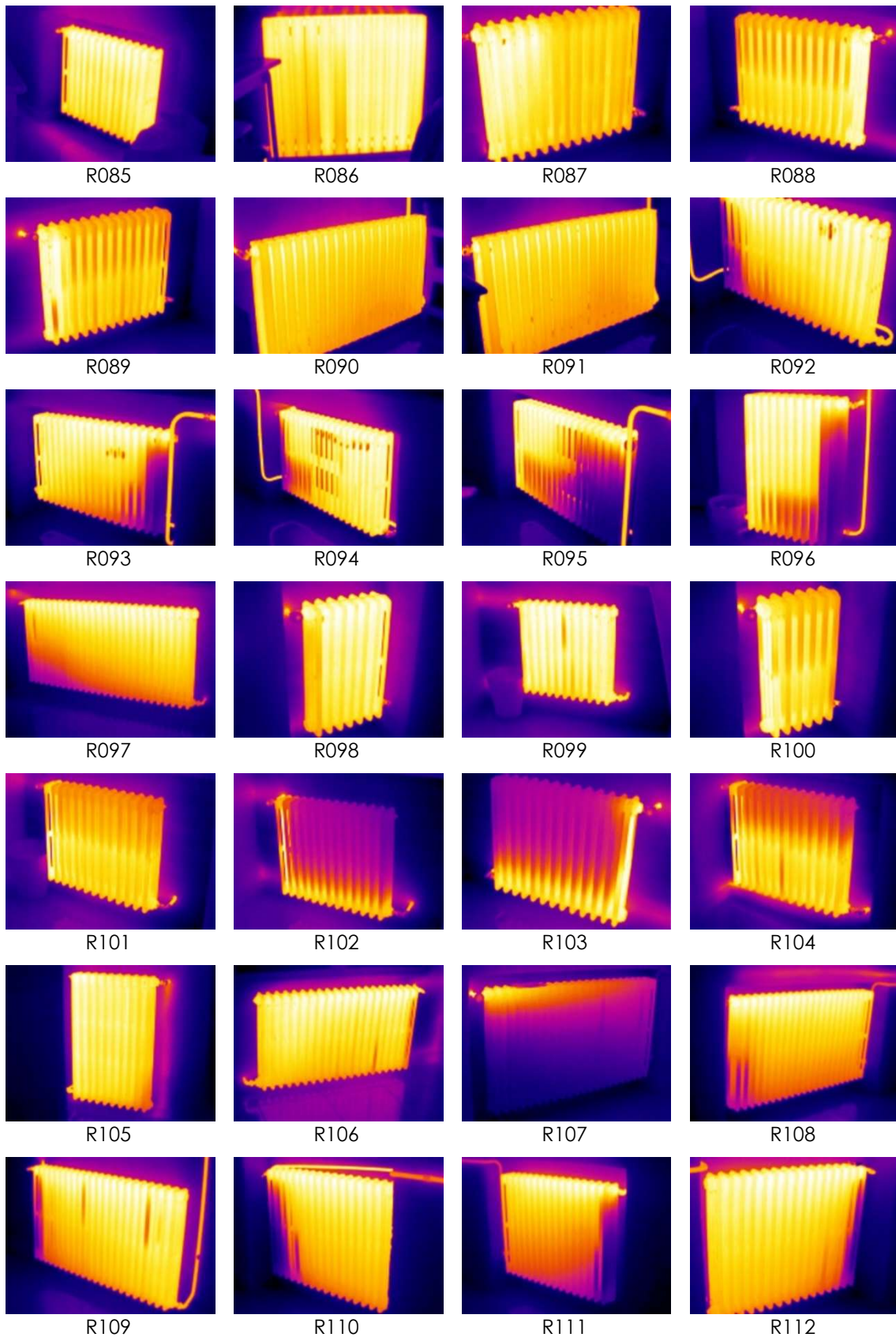
R082

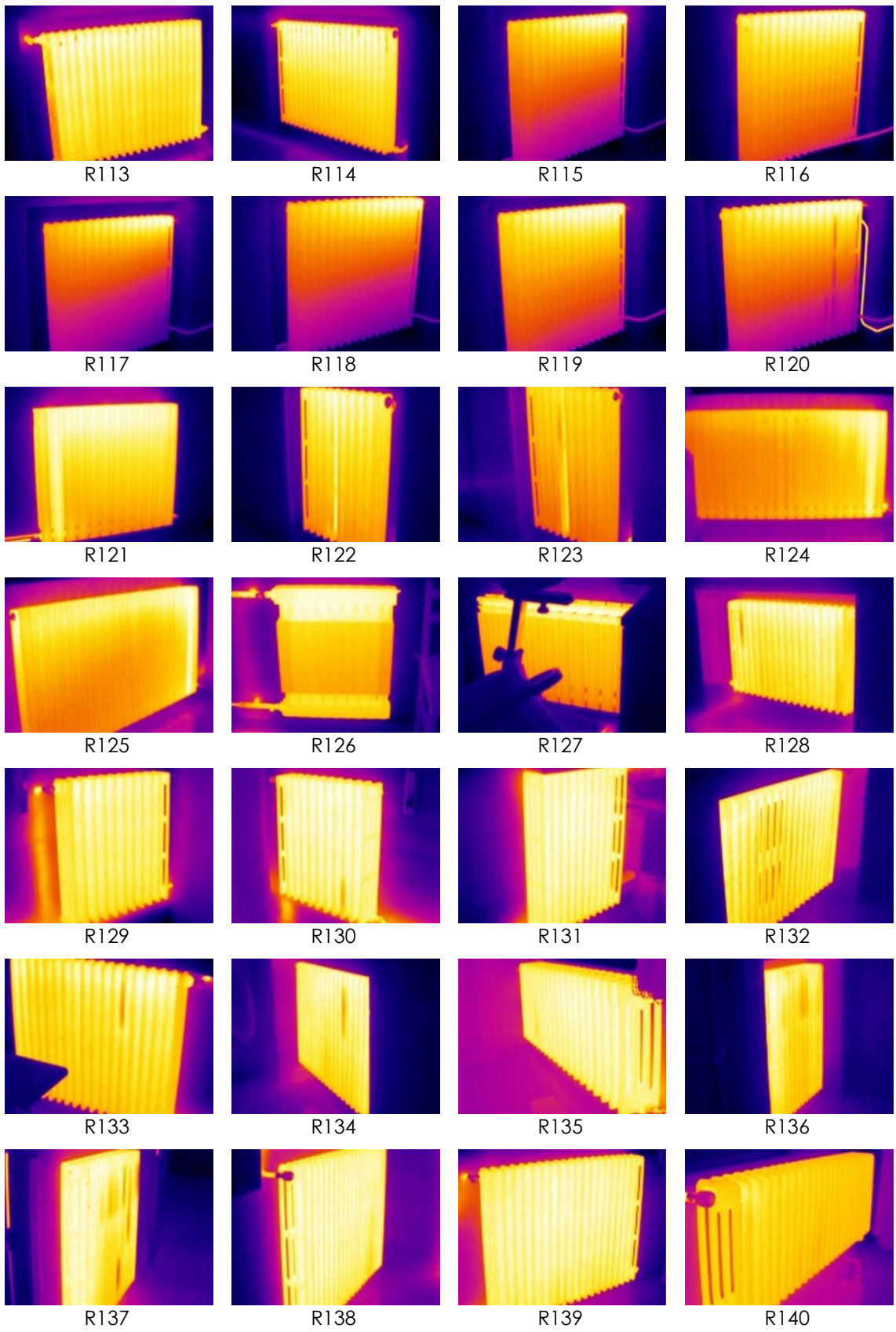


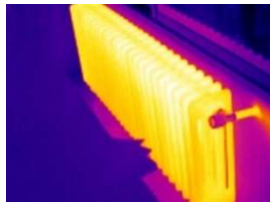
R083



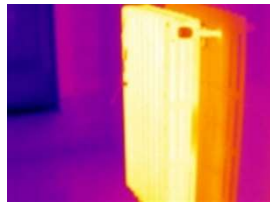
R084



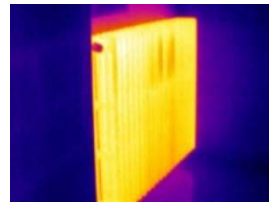




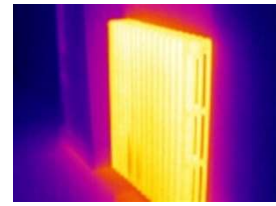
R141



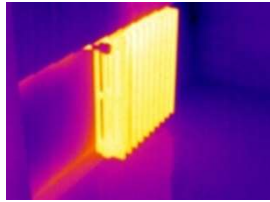
R142



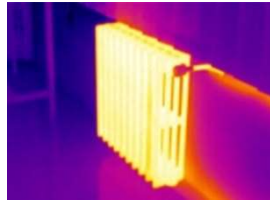
R143



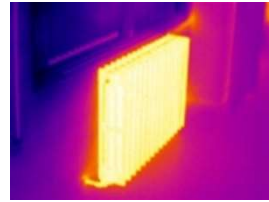
R144



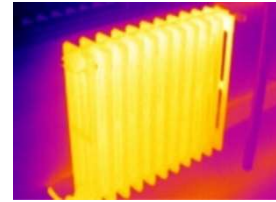
R145



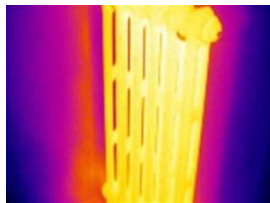
R146



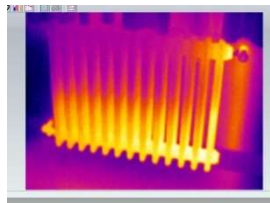
R147



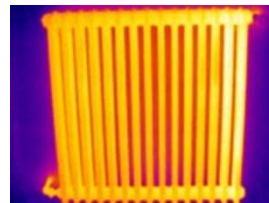
R148



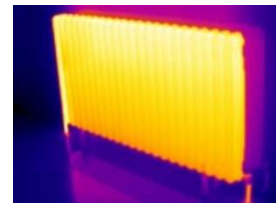
R149



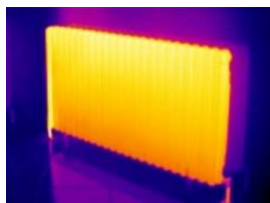
R150



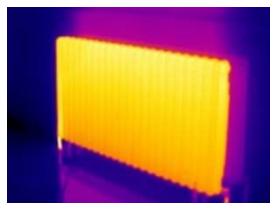
R151



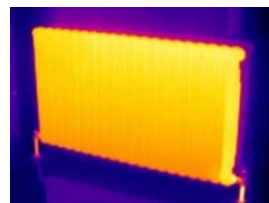
R152



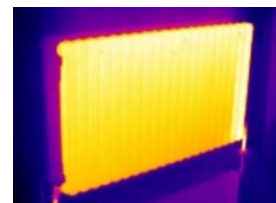
R153



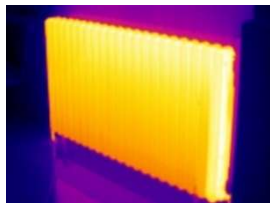
R154



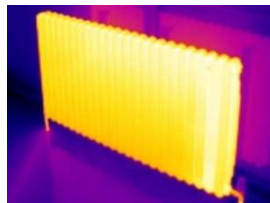
R155



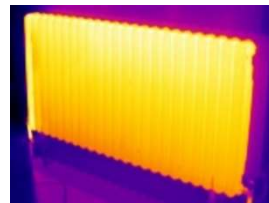
R156



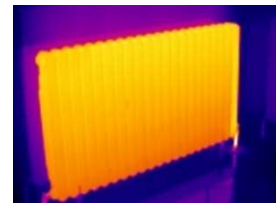
R157



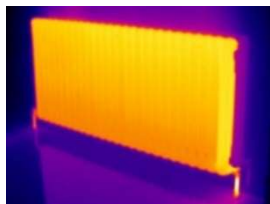
R158



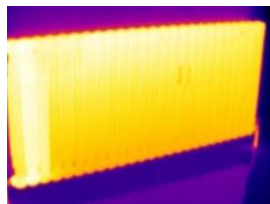
R159



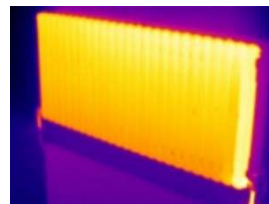
R160



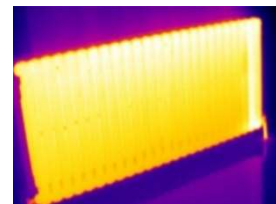
R161



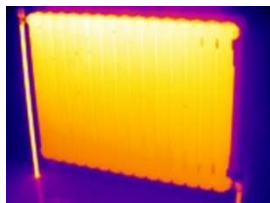
R162



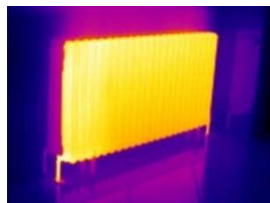
R163



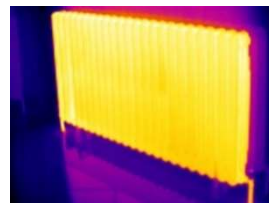
R164



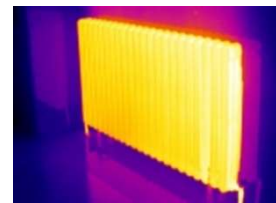
R165



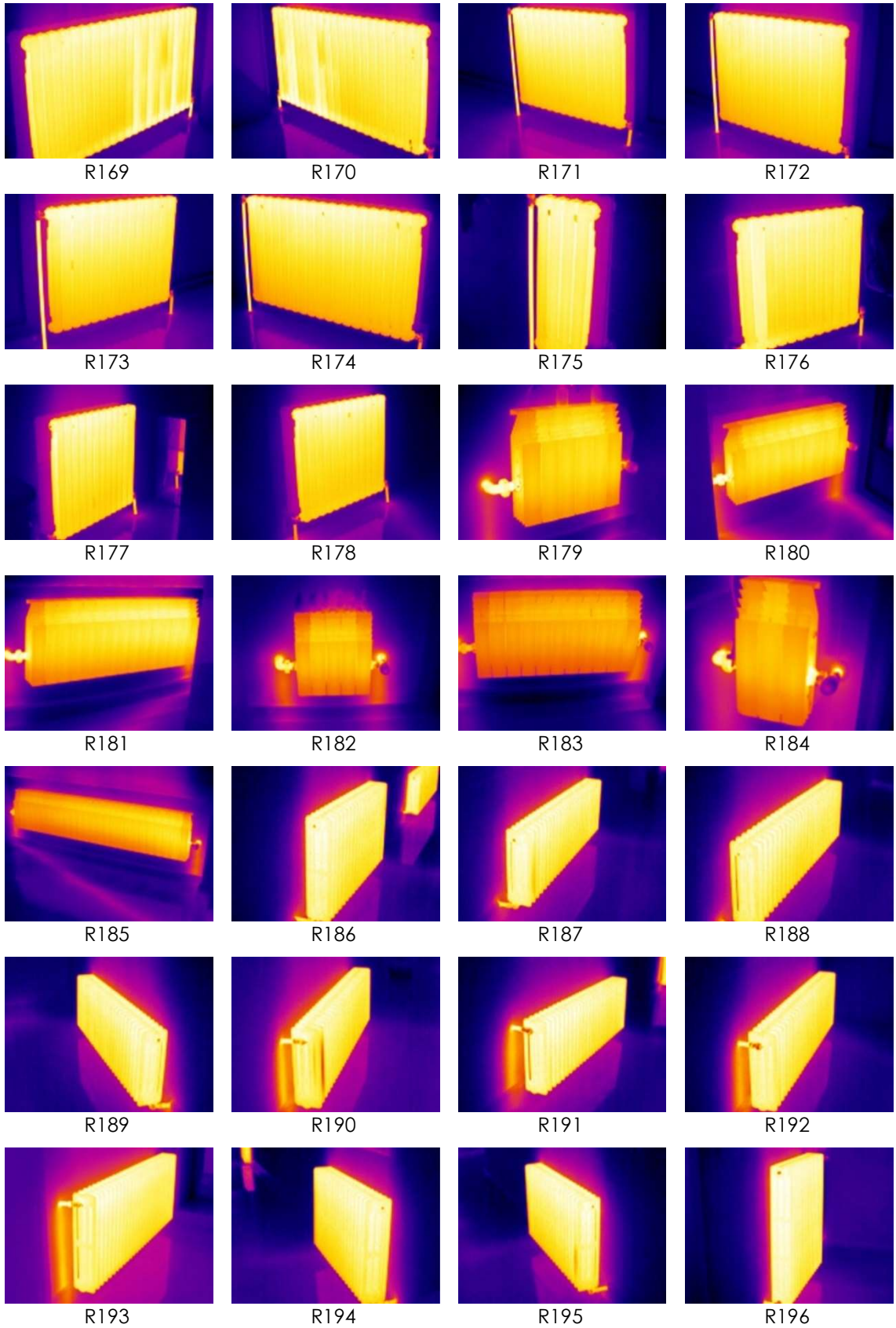
R166

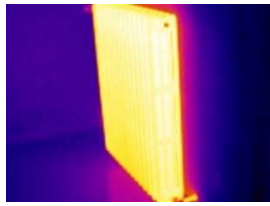


R167

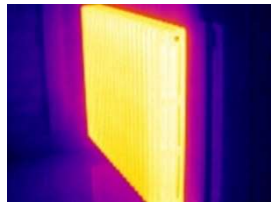


R168

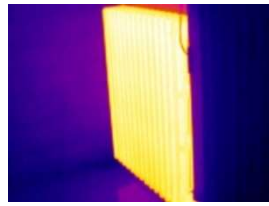




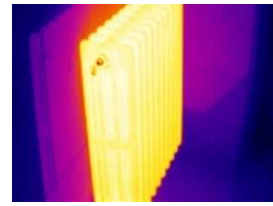
R197



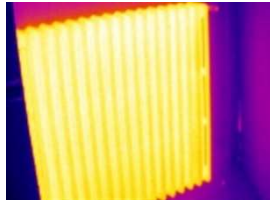
R198



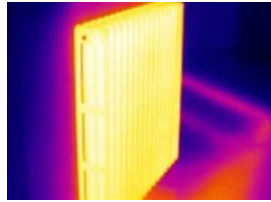
R199



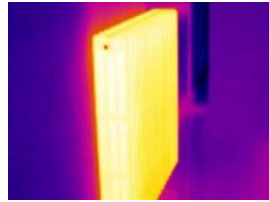
R200



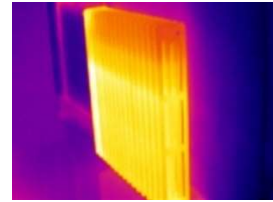
R201



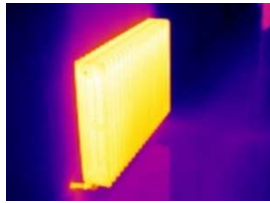
R202



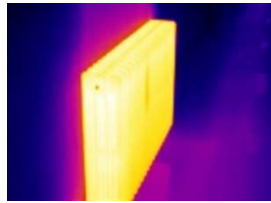
R203



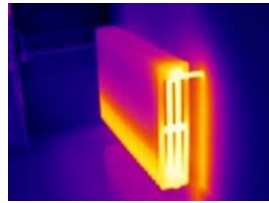
R204



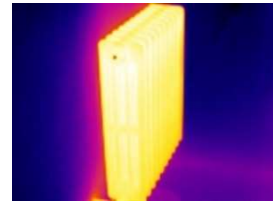
R205



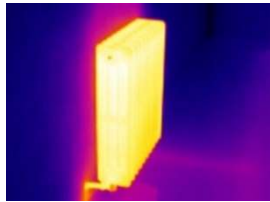
R206



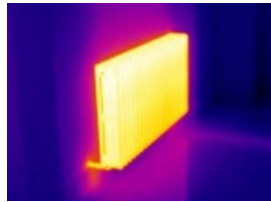
R207



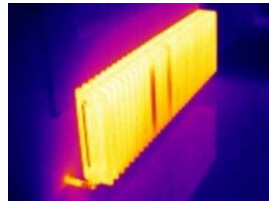
R208



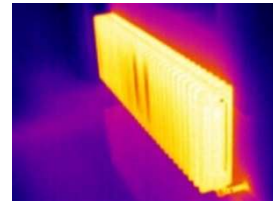
R209



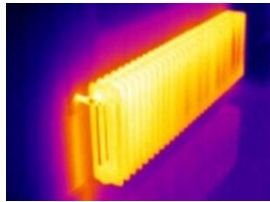
R210



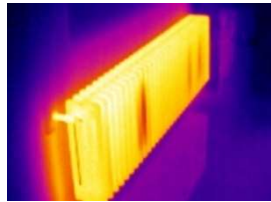
R211



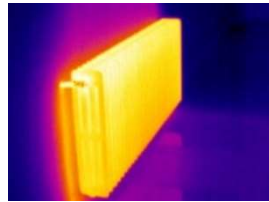
R212



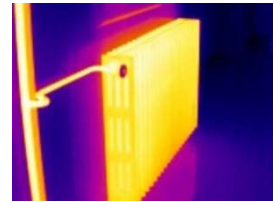
R213



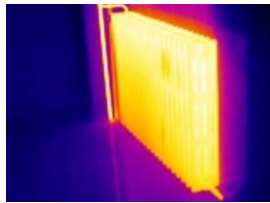
R214



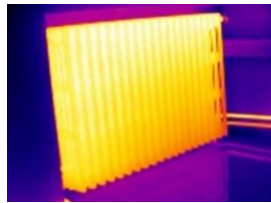
R215



R216



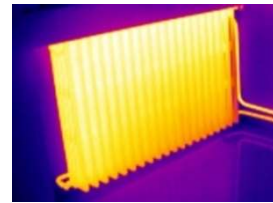
R217



R218



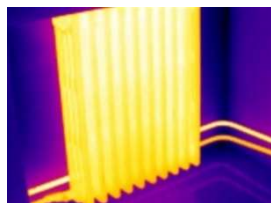
R219



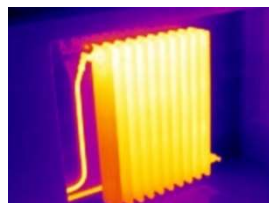
R220



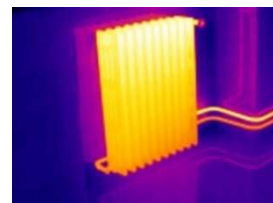
R221



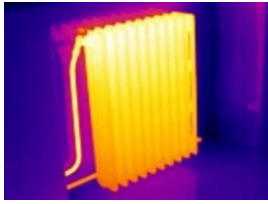
R222



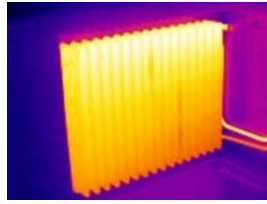
R223



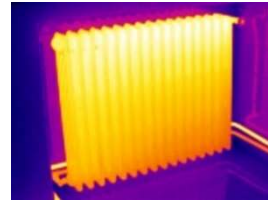
R224



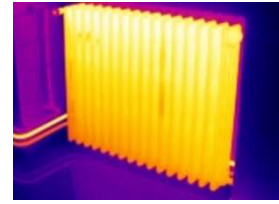
R225



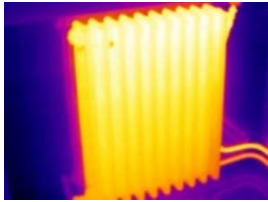
R226



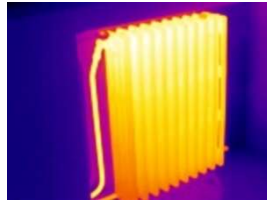
R227



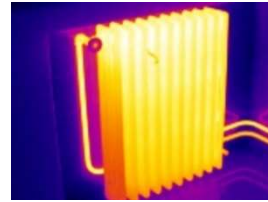
R228



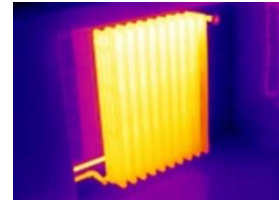
R229



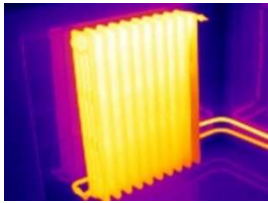
R230



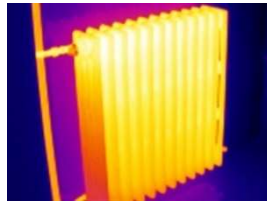
R231



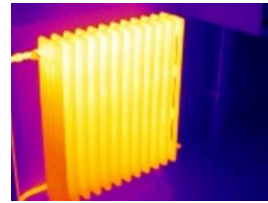
R232



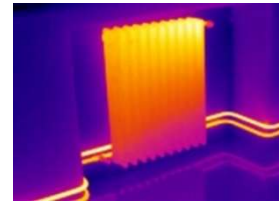
R233



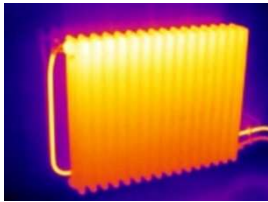
R234



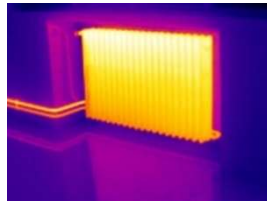
R235



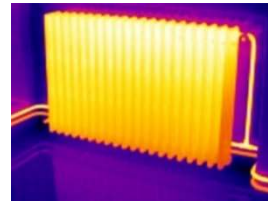
R236



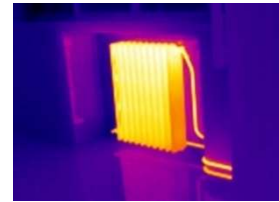
R237



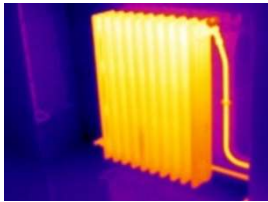
R238



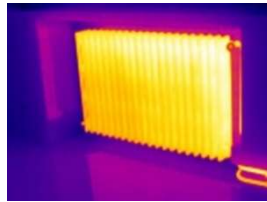
R239



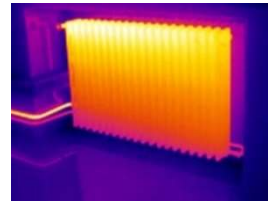
R240



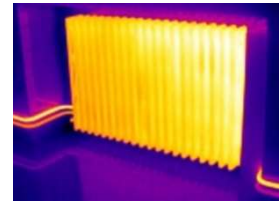
R241



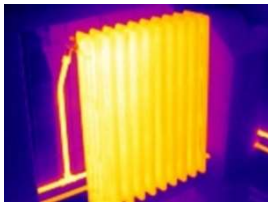
R242



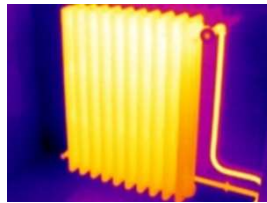
R243



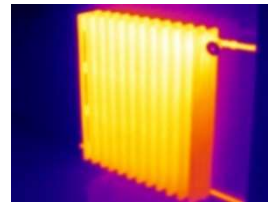
R244



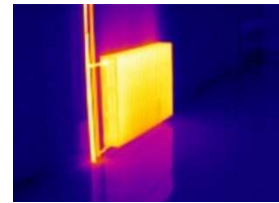
R245



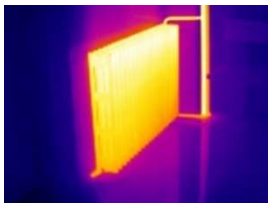
R246



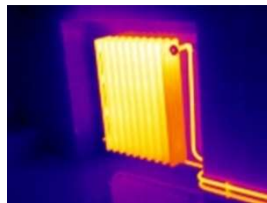
R247



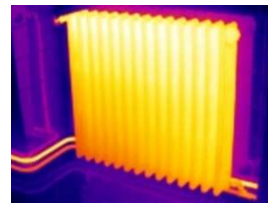
R248



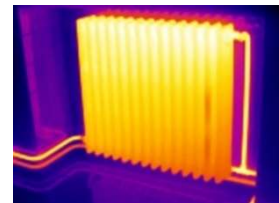
R249



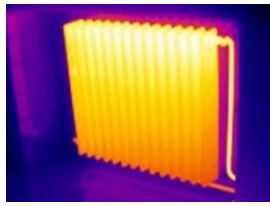
R250



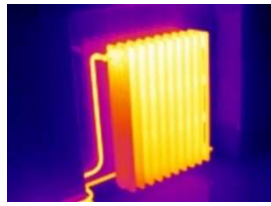
R251



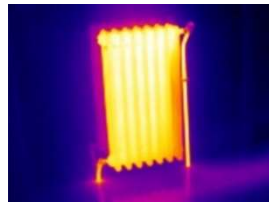
R252



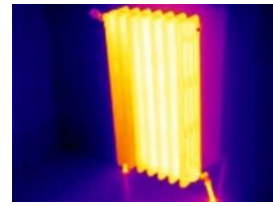
R253



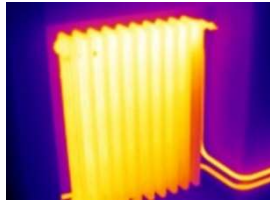
R254



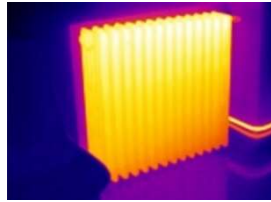
R255



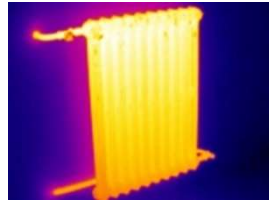
R256



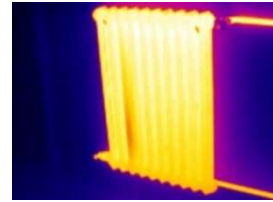
R257



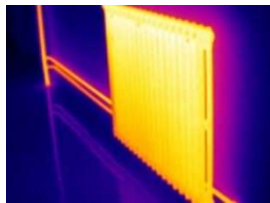
R258



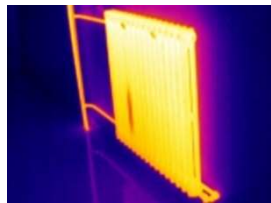
R259



R260



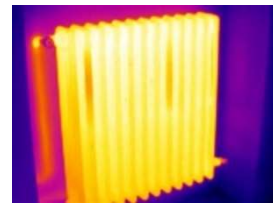
R261



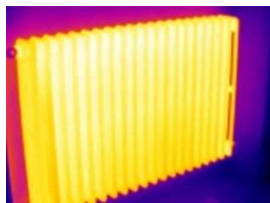
R262



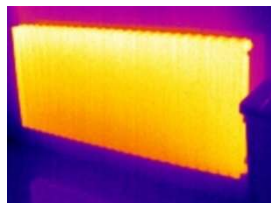
R263



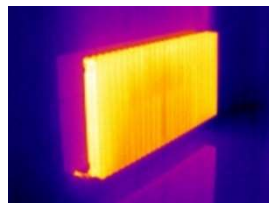
R264



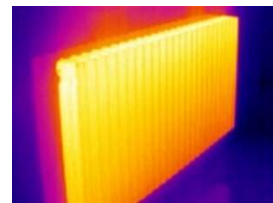
R265



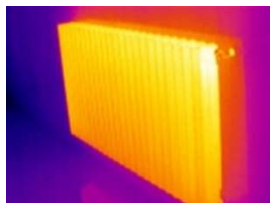
R266



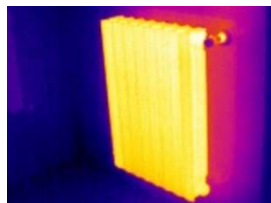
R267



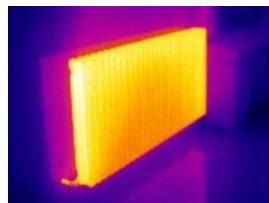
R268



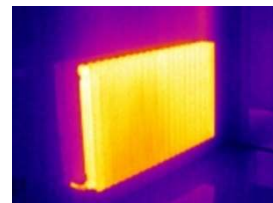
R269



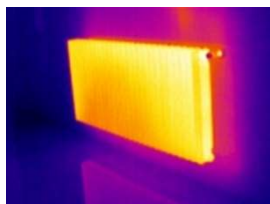
R270



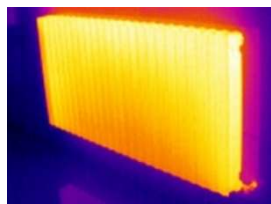
R271



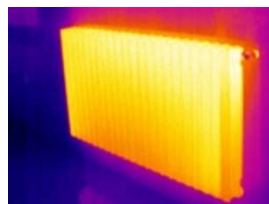
R272



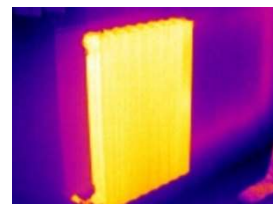
R273



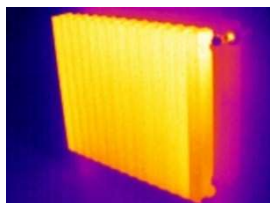
R274



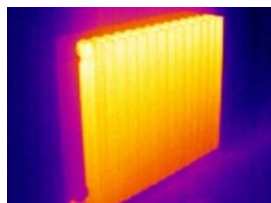
R275



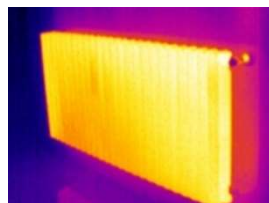
R276



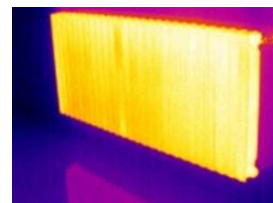
R277



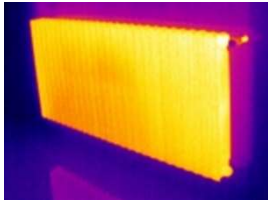
R278



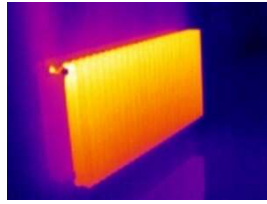
R279



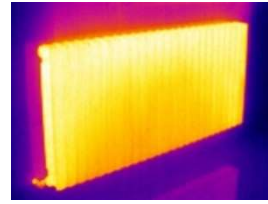
R280



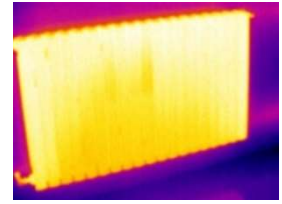
R281



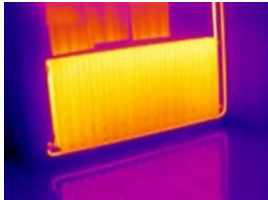
R282



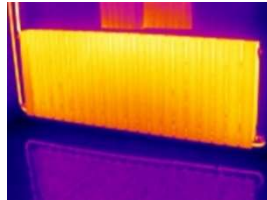
R283



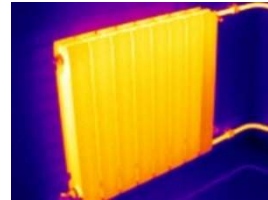
R284



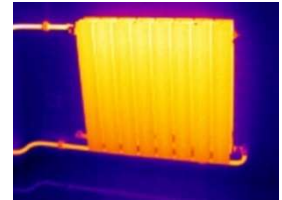
R285



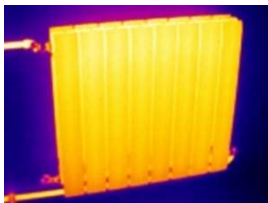
R286



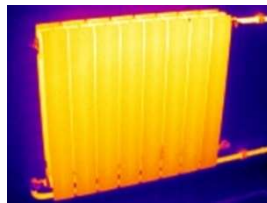
R287



R288



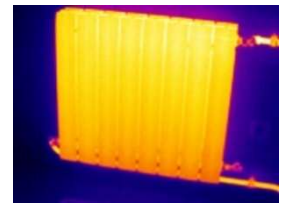
R289



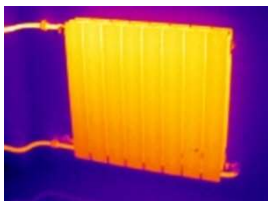
R290



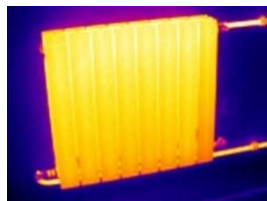
R291



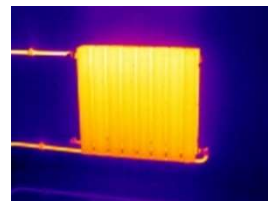
R292



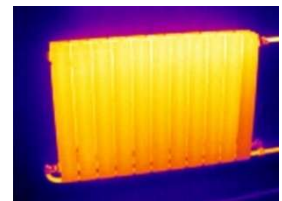
R293



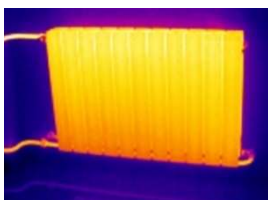
R294



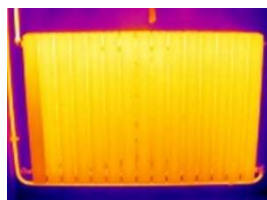
R295



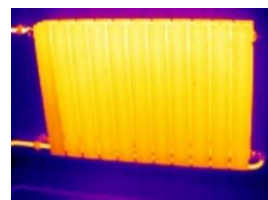
R296



R297



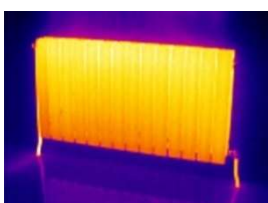
R298



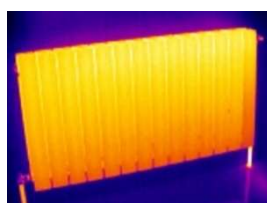
R299



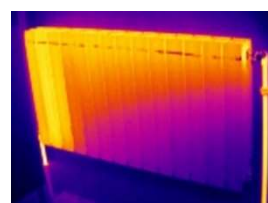
R300



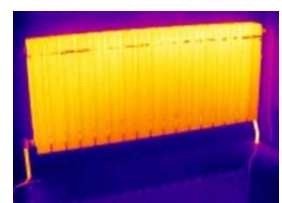
R301



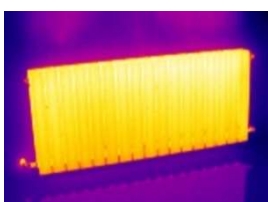
R302



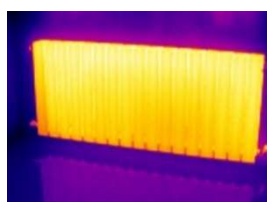
R303



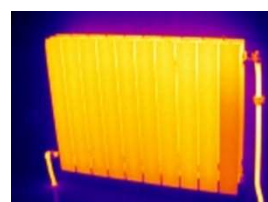
R304



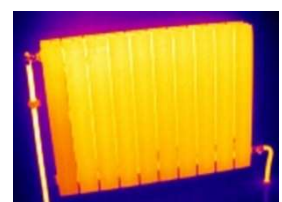
R305



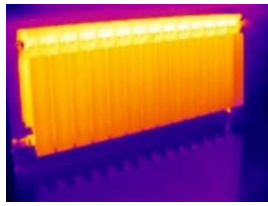
R306



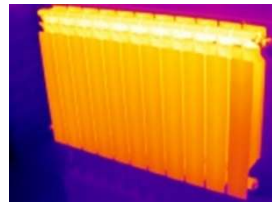
R307



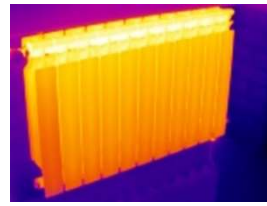
R308



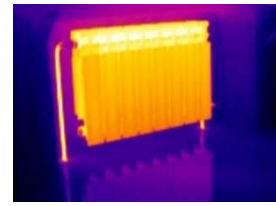
R309



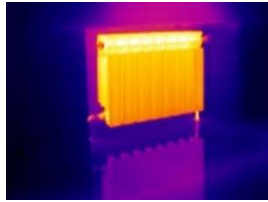
R310



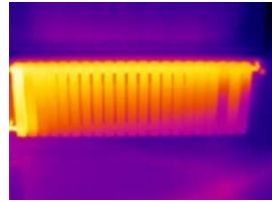
R311



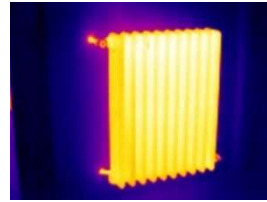
R312



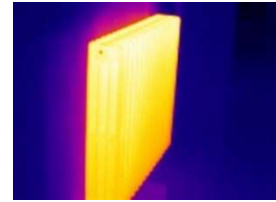
R313



R314



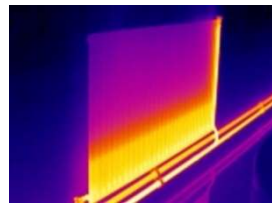
R315



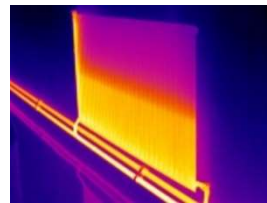
R316



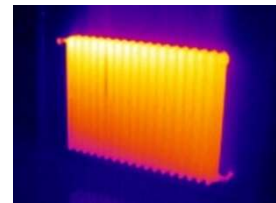
R317



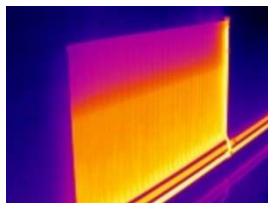
R318



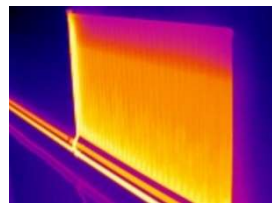
R319



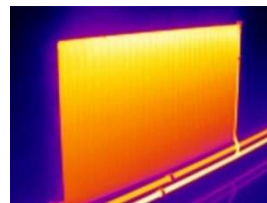
R320



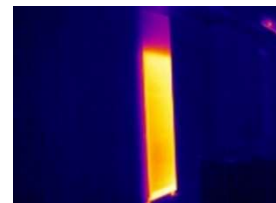
R321



R322



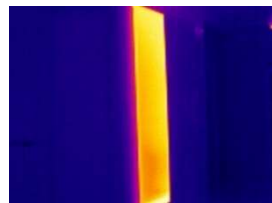
R323



R324



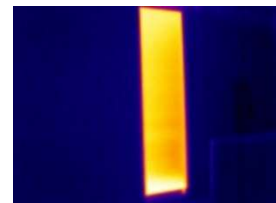
R325



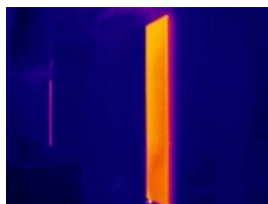
R326



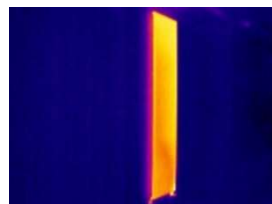
R327



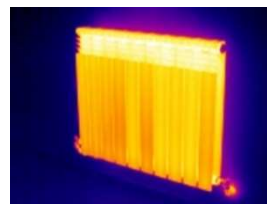
R328



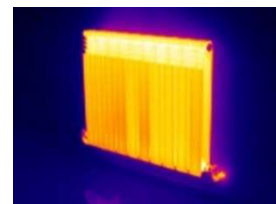
R329



R330



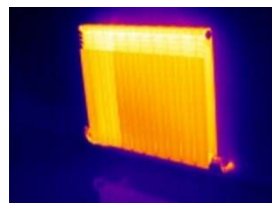
R331



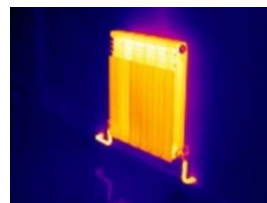
R332



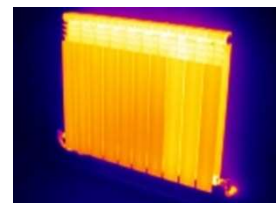
R333



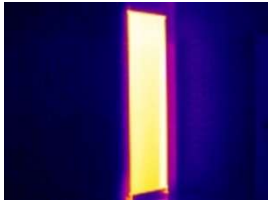
R334



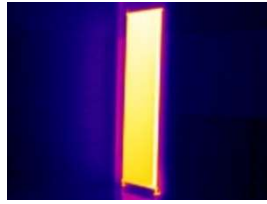
R335



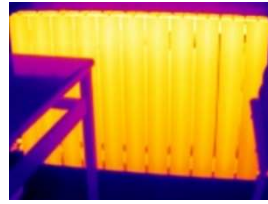
R336



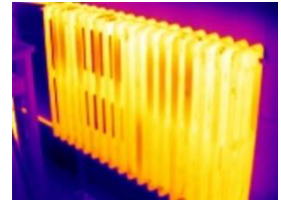
R337



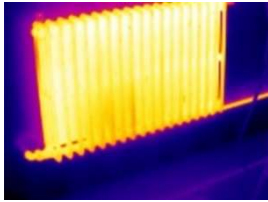
R338



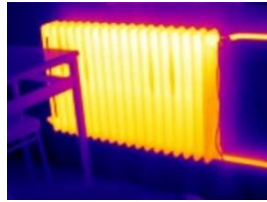
R339



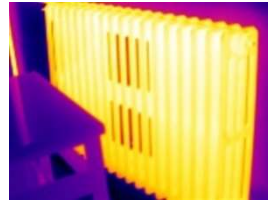
R340



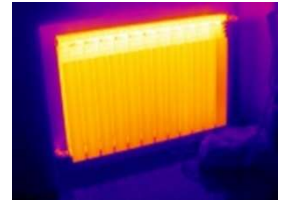
R341



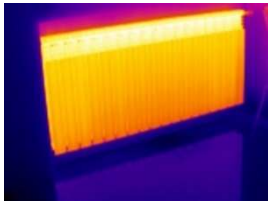
R342



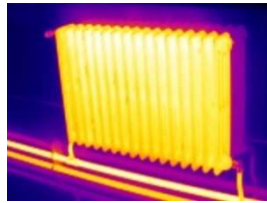
R343



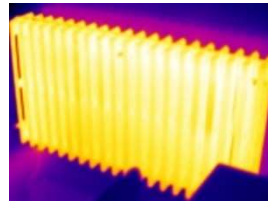
R344



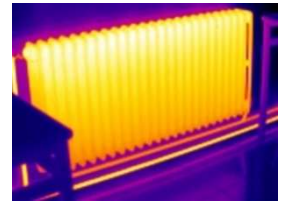
R345



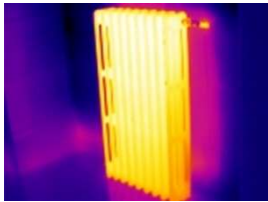
R346



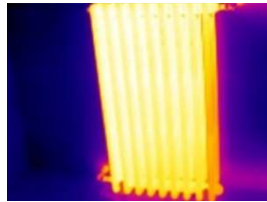
R347



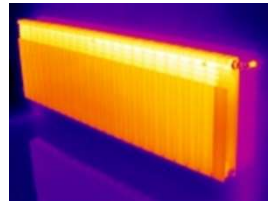
R348



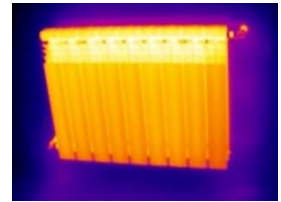
R349



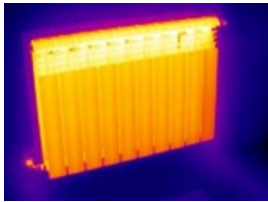
R350



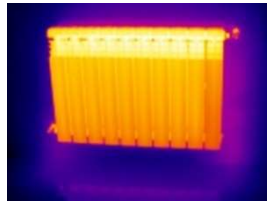
R351



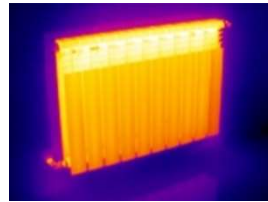
R352



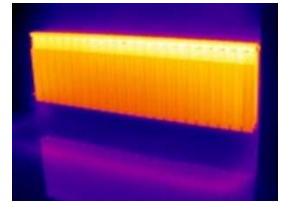
R353



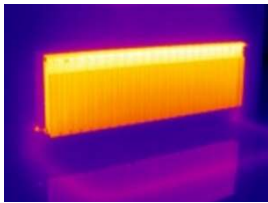
R354



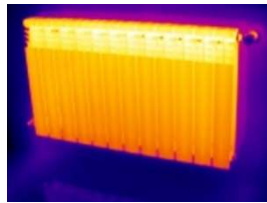
R355



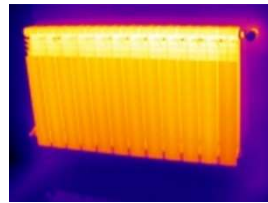
R356



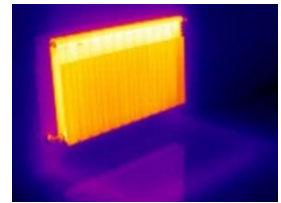
R357



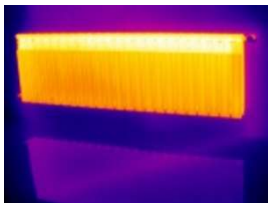
R358



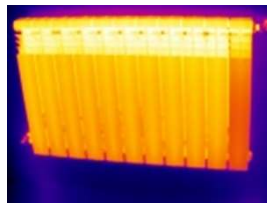
R359



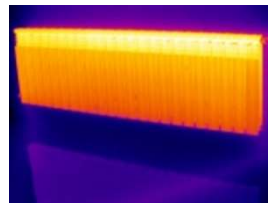
R360



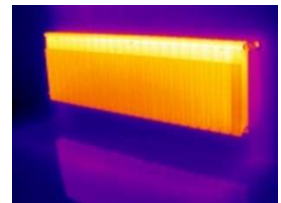
R361



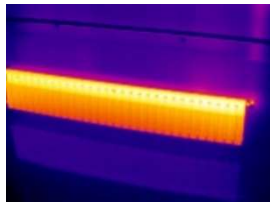
R362



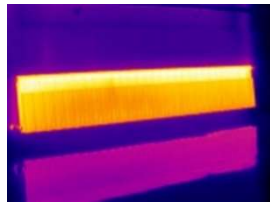
R363



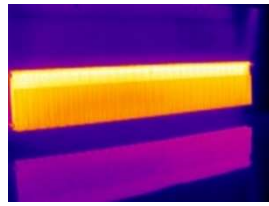
R364



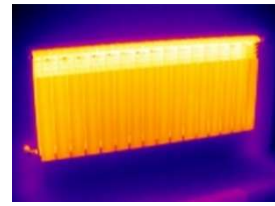
R365



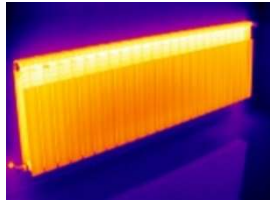
R366



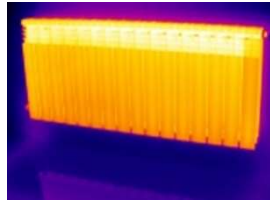
R367



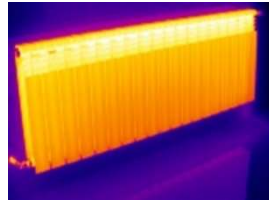
R368



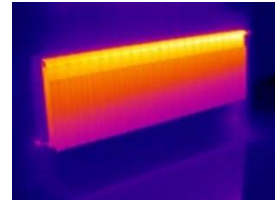
R369



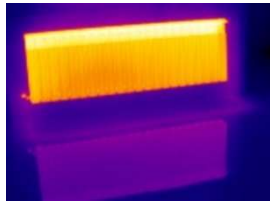
R370



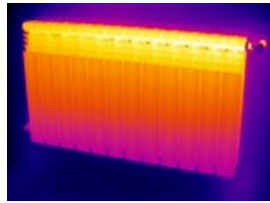
R371



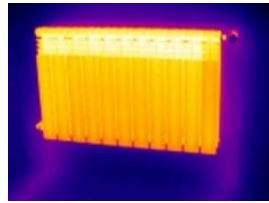
R372



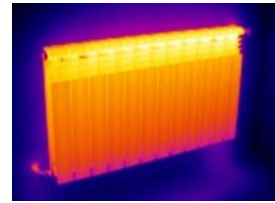
R373



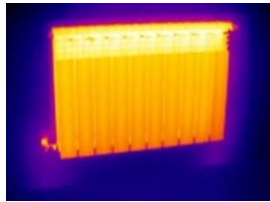
R374



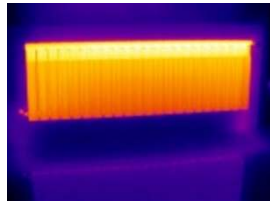
R375



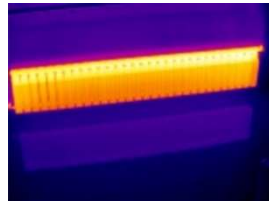
R376



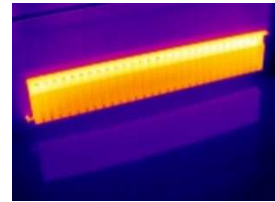
R377



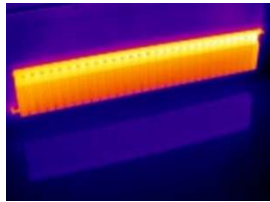
R378



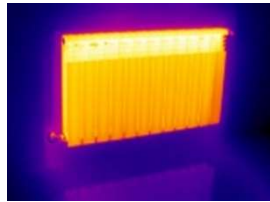
R379



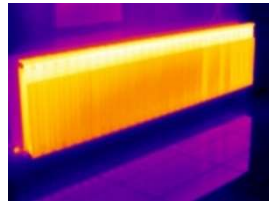
R380



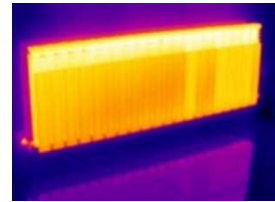
R381



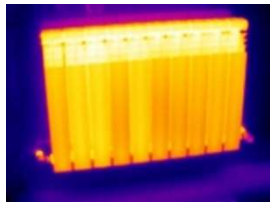
R382



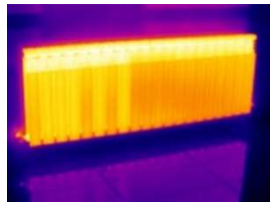
R383



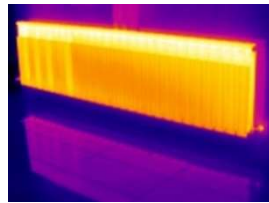
R384



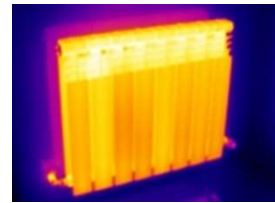
R385



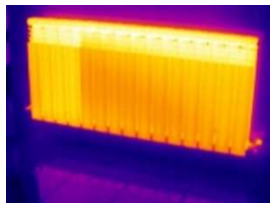
R386



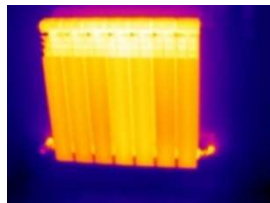
R387



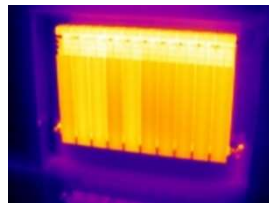
R388



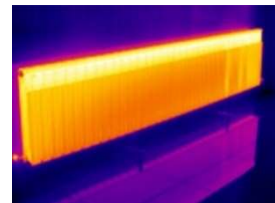
R389



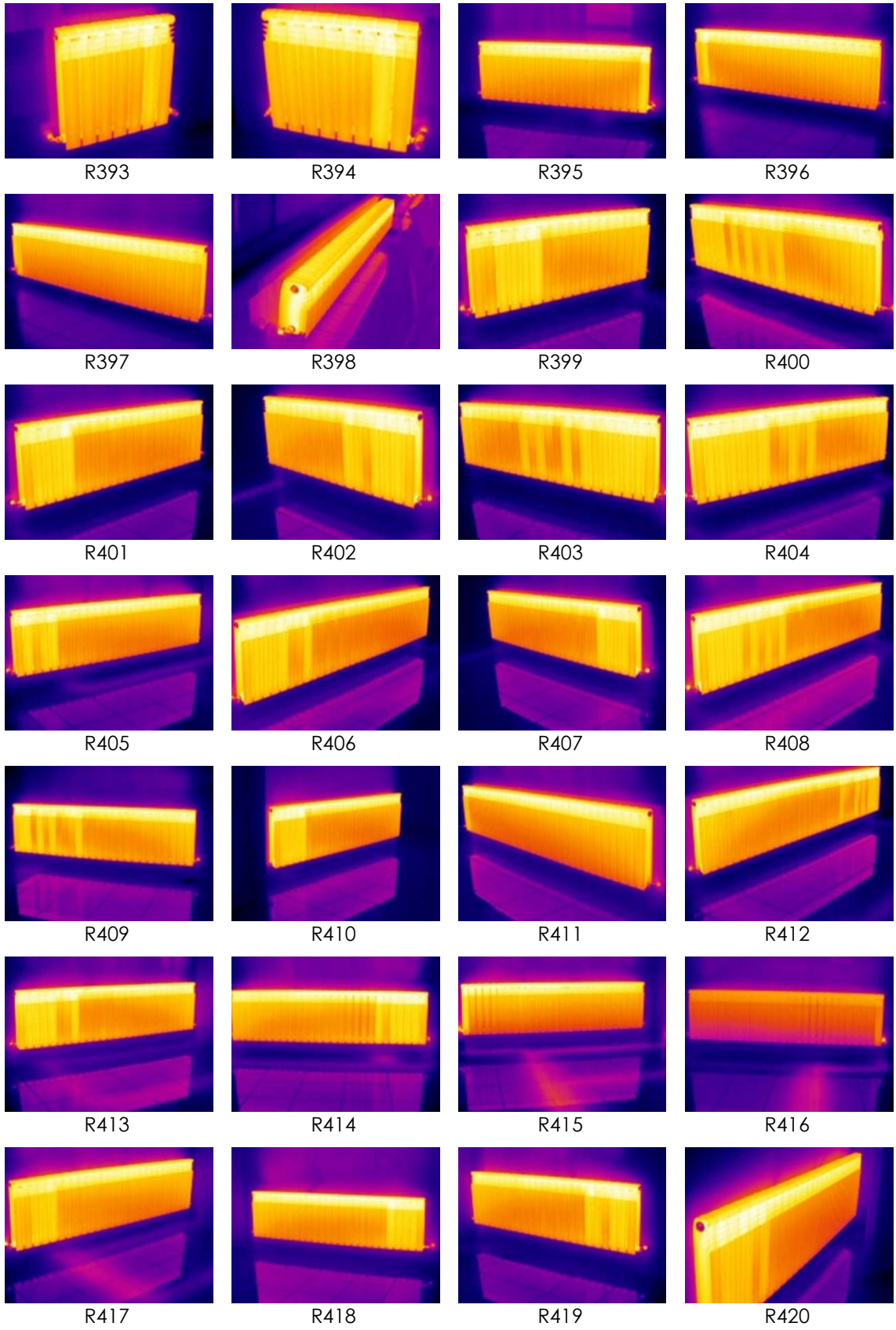
R390

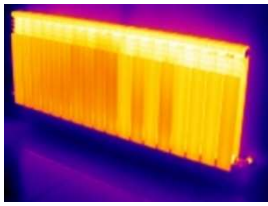


R391

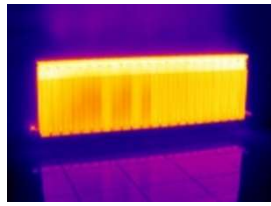


R392

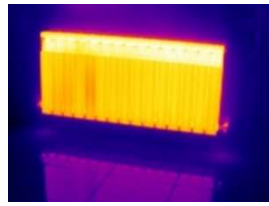




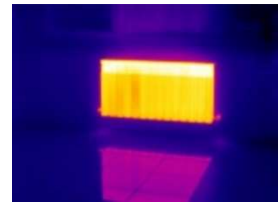
R421



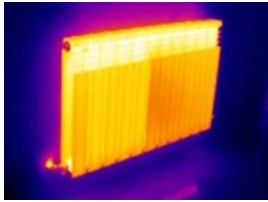
R422



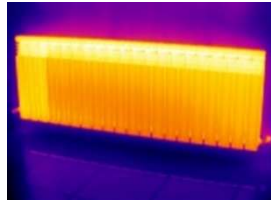
R423



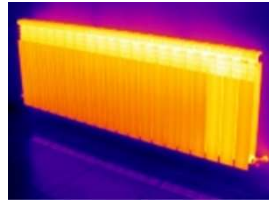
R424



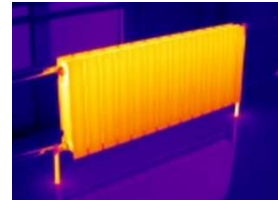
R425



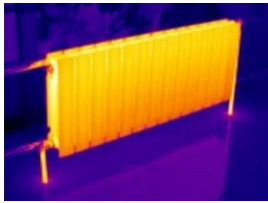
R426



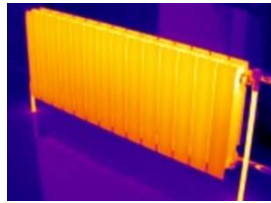
R427



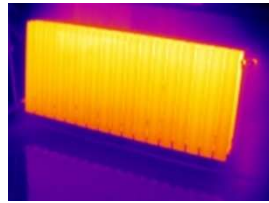
R428



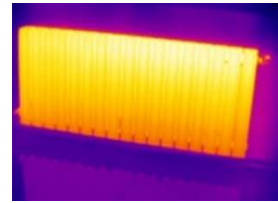
R429



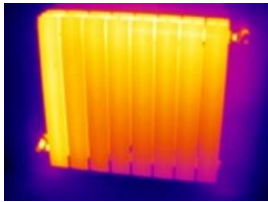
R430



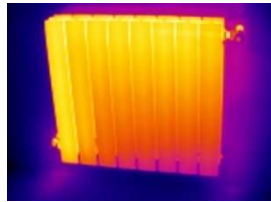
R431



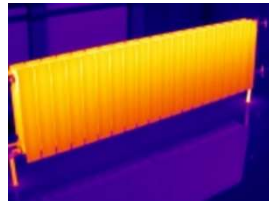
R432



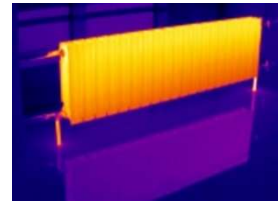
R433



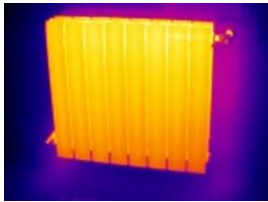
R434



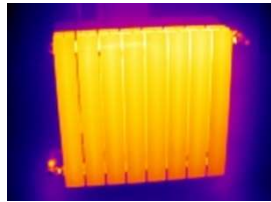
R435



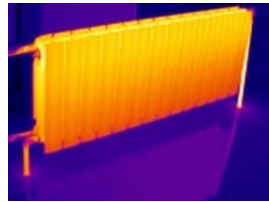
R436



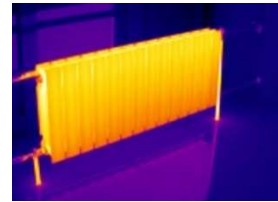
R437



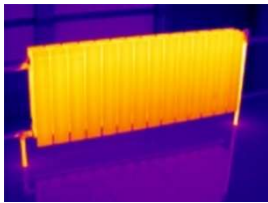
R438



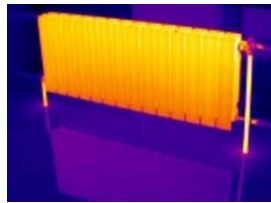
R439



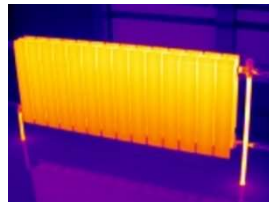
R440



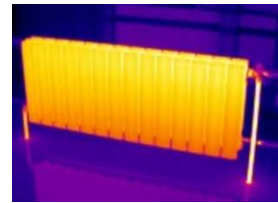
R441



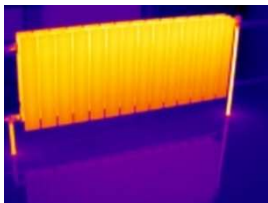
R442



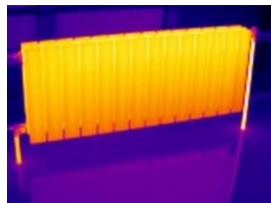
R443



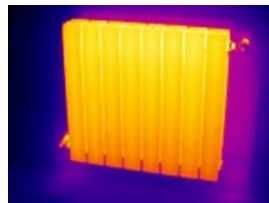
R444



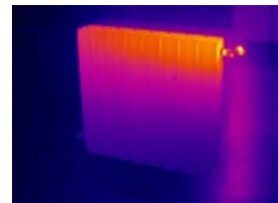
R445



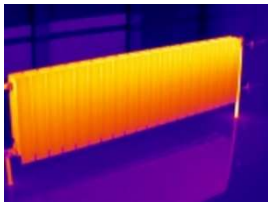
R446



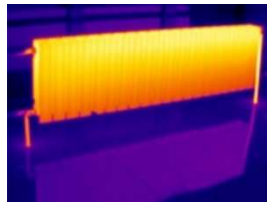
R447



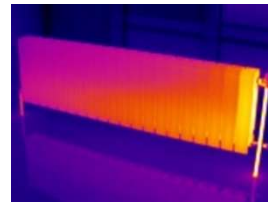
R448



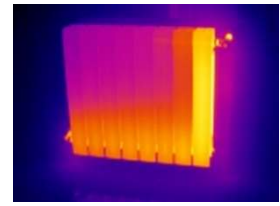
R449



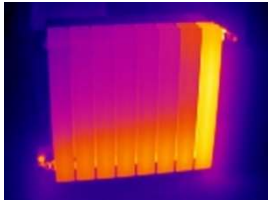
R450



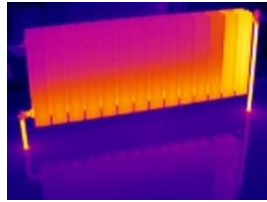
R451



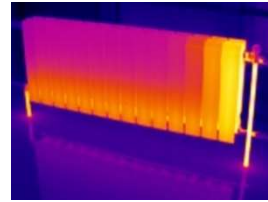
R452



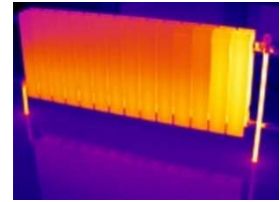
R453



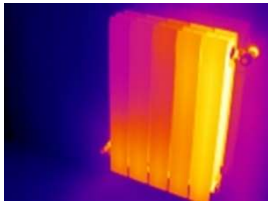
R454



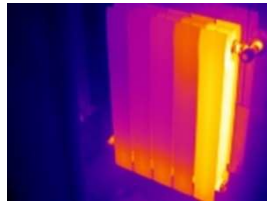
R455



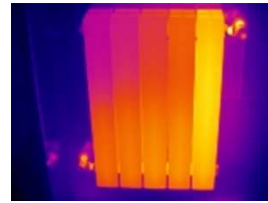
R456



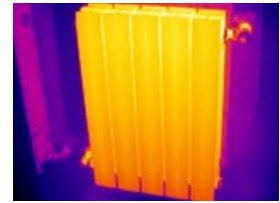
R457



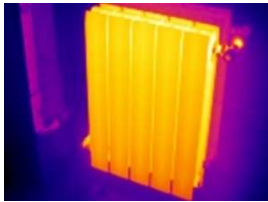
R458



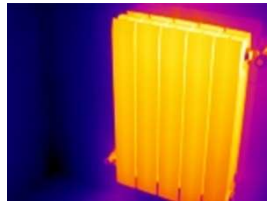
R459



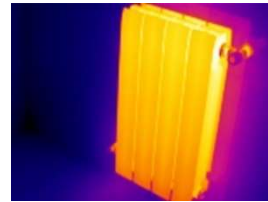
R460



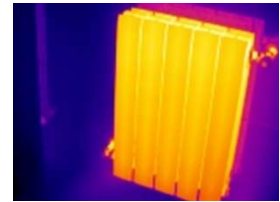
R461



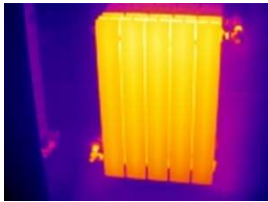
R462



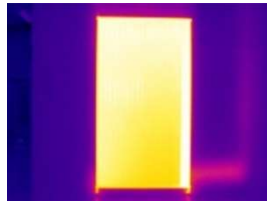
R463



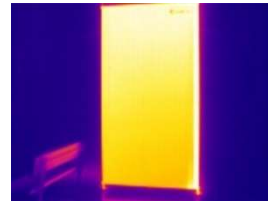
R464



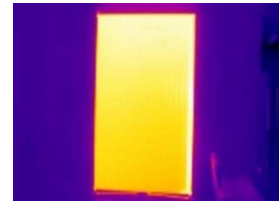
R465



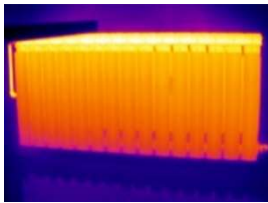
R466



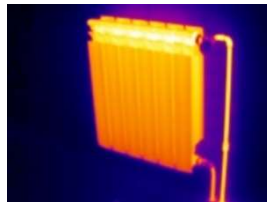
R467



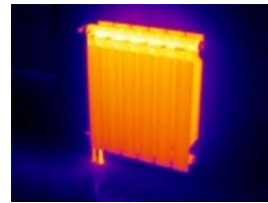
R468



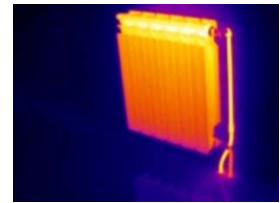
R469



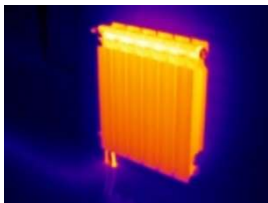
R470



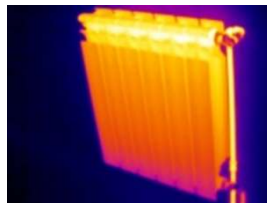
R471



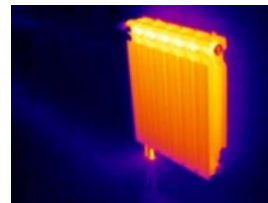
R472



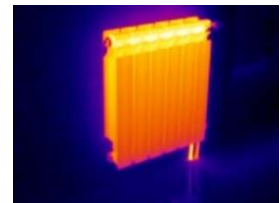
R473



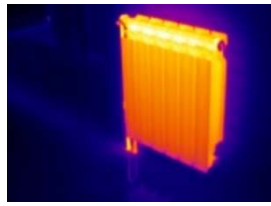
R474



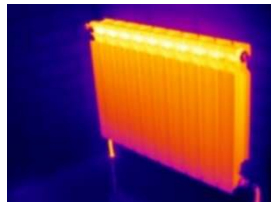
R475



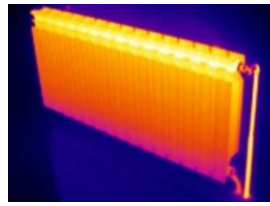
R476



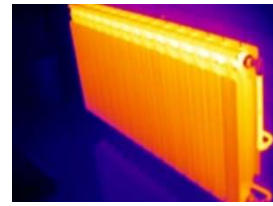
R477



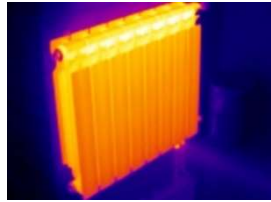
R478



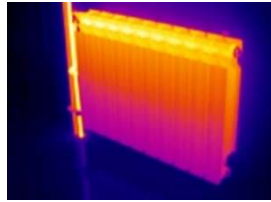
R479



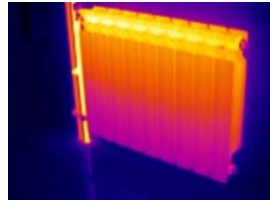
R480



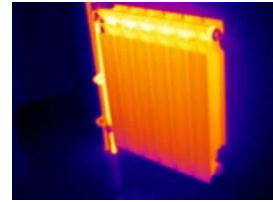
R481



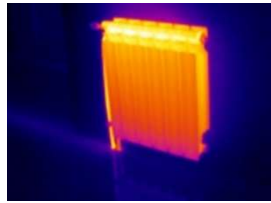
R482



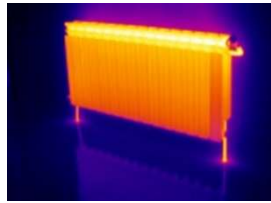
R483



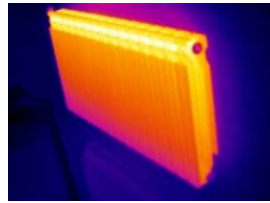
R484



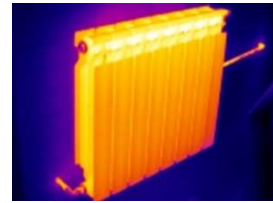
R485



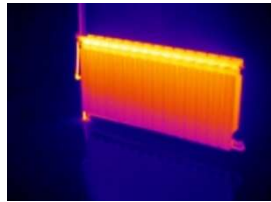
R486



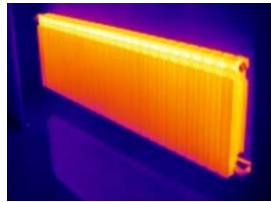
R487



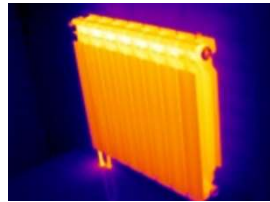
R488



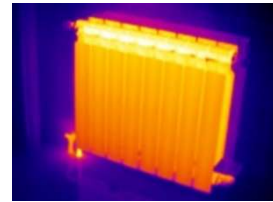
R489



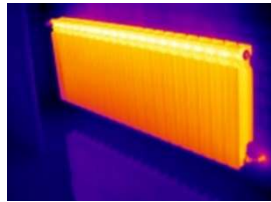
R490



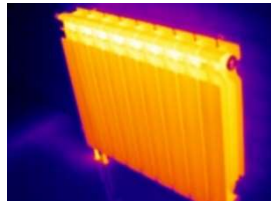
R491



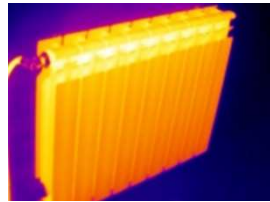
R492



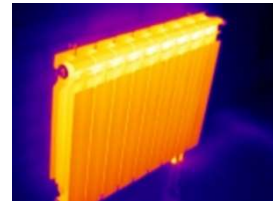
R493



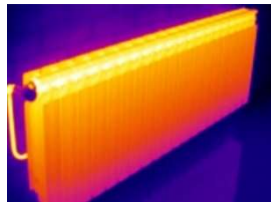
R494



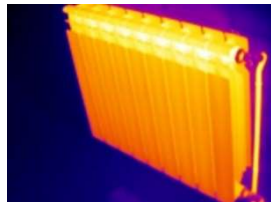
R495



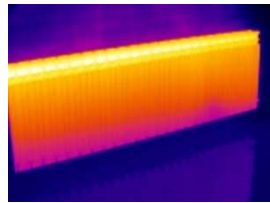
R496



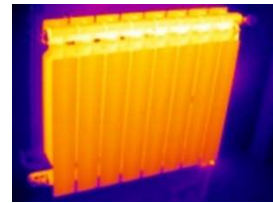
R497



R498



R499



R500

**ANEXO II: TABLAS DE RECOPIACIÓN
DE DATOS E IDENTIFICACIÓN DE
PATOLOGÍAS.**

*APPENDIX II: TABLES WITH THE DATA
COMPILATION AND IDENTIFICATION
OF PATHOLOGIES.*



LEYENDA DE COLORES PARA LAS TABLAS.

COLOUR KEY FOR THE TABLES.

- Número de radiador/Material/Marca/Modelo.
Number of radiator/Material/Brand/Model.

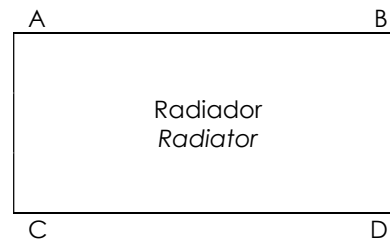
Radiador uniforme <i>Uniform radiator</i>	
Radiador patológico <i>Pathological radiator</i>	

- Anchura/Altura.
Width/Height.

Radiador proporcionalmente adecuado <i>Proportionally adequate radiator</i>	
Radiador desproporcionadamente alargado <i>Disproportionately long radiator</i>	

- Posición entrada del agua/Posición salida del agua.
Position of entrance of water/Position of exit of water.

Diagonal arriba-abajo <i>Diagonal top-bottom</i>	
Diagonal abajo-arriba <i>Diagonal bottom-top</i>	
Horizontal <i>Horizontal</i>	
Vertical arriba-abajo <i>Vertical top-bottom</i>	
Monotubo <i>Monotube</i>	



- Temperatura de entrada del agua.
Entrance temperature of water.

Radiador sometido a baja temperatura <i>Forced low temperature radiator</i>	
Radiador a alta temperatura <i>High temperature radiator</i>	

- Uniformidad del radiador.
Uniformity of the radiator.

1 - 0'96	
0'95 - 0'91	
0'90 - 0'86	
0'85 - 0'81	
0'80 - 0'76	
0'75 - 0'71	
0'70 - 0'66	
0'65 - 0'61	
0'60 - 0'56	
0'55 - 0'51	
≤ 0,50	

BASE DE DATOS PARA EL ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE RADIADORES DE RADIADORES EN INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN POR AGUA CALIENTE

DATA BASE FOR THE STUDY OF THE BEHAVIOUR OF RADIATORS IN HOT WATER HEATING INSTALLATIONS

Numero de radiador	Material	Marca	Modelo	Anchura (cm)	Altura (cm)	Numero de elementos	Numero de columnas o aletas	T _{amb} (°C)	Posición entrada de agua	Posición salida de agua	T ^o entrada del agua (°C)	T ^o salida del agua (°C)	Salto térmico (°C)	T ^o máx de radiador (°C)	T ^o mín de radiador (°C)	T ^o media del radiador (°C)	Uniformidad del radiador (T ^o mín/T ^o media)
R001	Chapa de acero	Roca	Radiador de acero	80	65	18	3	22,0	B	C	41,7	27,3	12,5	41,0	24,3	32,65	0,74
R002	Aluminio	Feroli	Xian	23,5	56	3	6	19,0	C	C	50,7	49,9	3,13	50,2	37,8	44,00	0,86
R003	Aluminio	Feroli	Xian	71,5	56	9	6	19,0	C	C	50,5	48,8	30,7	49,3	36,7	43,00	0,85
R004	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	79	57	10	5	23,0	D	C	59,4	56,5	35,0	58,9	45,4	52,15	0,87
R005	Aluminio	Baxi Roca	Dubal45	119	42	15	5	23,0	C	D	58,0	52,0	32,0	57,7	33,8	45,75	0,74
R006	Aluminio	Rayco	Magno425	74,5	43	10	6	24,2	C	C	68,0	64,0	4,18	64,9	44,8	54,85	0,82
R007	Aluminio	Rayco	Magno600	37	57	5	6	23,0	C	C	75,5	71,0	50,3	49,4	38,7	44,05	0,88
R008	Aluminio	Rayco	Magno600	29,5	57	4	6	24,4	C	C	71,5	67,0	44,9	70,6	57,6	64,10	0,90
R009	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	128	71	23	4	21,0	B	C	59,0	46,0	31,5	57,6	40,6	49,10	0,83
R010	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	50,7	71	11	4	22,0	A	D	60,3	48,8	32,6	60,3	44,3	52,30	0,85
R011	Hierro fundido	---	---	78	70	16	2	22,0	B	C	59,1	52,0	33,6	58,7	48,3	53,50	0,90
R012	Chapa de acero	Roca	Radiador de acero	86,5	60	18	3	19,0	C	C	39,0	35,5	18,3	36,7	29,5	33,10	0,89
R013	Aluminio	Rayco	NE	58	47,5	6	5	19,0	D	D	44,4	42,2	24,3	42,2	30,4	37,40	0,81
R014	Chapa de acero	Roca	Radiador de acero	28	60	5	2	19,0	C	C	44,3	39,8	23,1	44,3	40,5	42,40	0,96
R015	Chapa de acero	Roca	PanelP 800	80	240	1	1	18,0	C	D	51,0	46,4	30,7	48,7	26,3	37,50	0,70
R016	Chapa de acero	Roca	PanelP 800	150	80	1	1	18,0	A	D	53,4	51,4	34,4	51,4	18,4	34,90	0,53
R017	Aluminio	Rayco	Magno600	79	57	10	6	21,0	D	D	44,1	42,0	22,1	40,3	30,4	35,35	0,86
R018	Aluminio	Rayco	Magno600	47	57	6	6	21,0	D	D	47,3	46,0	25,7	41,2	31,3	36,25	0,86
R019	Aluminio	Rayco	Magno425	56,5	48	6	6	21,0	D	D	51,5	49,7	29,6	48,8	39,4	44,10	0,89
R020	Aluminio	Rayco	Magno600	63	57	8	6	21,0	C	C	58,0	54,8	35,4	57,5	44,6	51,05	0,87
R021	Aluminio	Rayco	Magno600	15	57	2	6	21,0	D	D	62,7	62,1	4,14	62,4	50,3	56,35	0,89
R022	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	40	71	7	4	18,0	A	D	60,1	58,2	4,12	59,5	49,3	54,40	0,91
R023	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	102	71	18	4	18,0	A	D	60,8	56,1	40,5	59,0	50,1	54,55	0,92
R024	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	112	71	20	4	18,0	B	C	57,1	53,6	37,4	56,4	47,2	51,80	0,91
R025	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	145	71	29	4	18,0	B	C	62,3	57,2	4,18	62,4	48,8	24,40	2,00
R026	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	84	86	17	4	18,0	A	D	61,1	57,0	41,1	59,6	50,3	54,95	0,92
R027	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	145	86	29	4	17,0	A	D	58,1	53,1	38,6	58,1	48,5	53,30	0,91
R028	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	177	30	35	4	18,0	A	D	61,2	57,4	4,13	59,2	49,4	54,30	0,91
R029	Aluminio	Rayco	Magno800	113,5	76	13	5	19,0	C	D	41,2	40,5	2,19	40,4	37,7	37,05	0,91
R030	Aluminio	Rayco	Magno800	47,5	76	6	5	19,0	B	D	43,5	41,8	2,17	43,5	33,3	38,40	0,87
R031	Aluminio	Rayco	Magno350	87,5	32	11	5	19,0	A	C	42,9	41,9	23,4	42,9	35,0	38,95	0,90
R032	Chapa de acero	Roca	Radiador de acero	75	60	15	3	20,0	C	C	50,1	47,6	28,9	48,8	40,2	44,50	0,90
R033	Chapa de acero	Roca	Radiador de acero	25	74	5	2	20,0	C	C	45,3	44,7	25,0	45,0	40,1	42,55	0,94
R034	Chapa de acero	Roca	Radiador de acero	70	60	14	3	20,0	C	C	52,0	43,2	27,6	52,0	43,3	47,65	0,91
R035	Chapa de acero	Roca	Radiador de acero	25	74	5	2	20,0	C	C	55,3	54,4	34,9	48,8	26,1	37,45	0,70
R036	Aluminio	Feroli	Xian 600N	64	57,5	8	5	20,0	D	C	69,1	64,1	46,6	69,1	53,6	61,35	0,87
R037	Aluminio	Feroli	Xian 600N	39,5	57,5	5	5	20,0	D	C	70,5	68,1	49,3	70,1	50,7	60,40	0,84

Number of radiator	Material	Brand	Model	Width (cm)	Height (cm)	Number of elements	Number of columns or plates	Room temperature T _{amb} (°C)	Position of entrance of water	Position of exit of water	Entrance of temperature of water (°C)	Exit temperature of water (°C)	Thermal gap (°C)	Maximum temperature of radiator T _{max} (°C)	Minimum temperature of radiator T _{min} (°C)	Average temperature of radiator T _{media} (°C)	Uniformity of the radiator (T _{min} /T _{media})
R038	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	80	57,5	10	5	20,0	D	C	69,6	59,7	44,2	66,8	43,2	55,00	0,78
R039	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	80	57,7	10	5	20,0	D	C	68,0	59,7	43,9	68,0	46,9	57,45	0,82
R040	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	46	70	8	4	20,0	B	D	70,1	60,0	45,1	64,8	55,1	59,95	0,92
R041	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	68	70	12	4	20,0	A	C	66,2	57,8	42,0	63,2	52,1	57,65	0,90
R042	Aluminio	Roca	Lei 45	31,5	42	4	5	20,0	A	C	68,1	59,4	43,8	68,1	51,2	59,65	0,86
R043	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	3	75	1	8	20,0	A	C	64,7	60,2	42,5	64,7	55,6	60,15	0,92
R044	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	33	70	6	4	20,0	B	D	60,4	58,4	39,4	60,3	53,3	56,80	0,94
R045	Aluminio	Roca	Lei 45	12,1	42	15	5	19,0	D	C	52,2	46,9	30,6	52,2	40,0	46,10	0,87
R046	Aluminio	Roca	Lei 60	48	57	6	5	19,0	B	D	57,5	48,5	34,0	57,5	39,4	48,45	0,81
R047	Aluminio	Roca	Lei 45	32	42	4	5	19,0	D	C	56,8	58,3	39,6	49,9	37,8	43,85	0,86
R048	Aluminio	Roca	Lei 45	72	42	9	5	19,0	D	C	53,0	47,2	31,1	53,0	35,8	44,40	0,81
R049	Aluminio	Roca	Lei 60	64	57	8	5	19,0	D	C	56,4	50,4	34,4	56,4	43,1	49,75	0,87
R050	Aluminio	Rayco	NE 490	47,5	58,5	6	5	22,0	B	C	39,7	35,6	6,7	39,7	31,8	35,75	0,89
R051	Aluminio	Rayco	NE 490	63,5	58,5	8	5	22,0	B	C	36,4	32,2	12,3	36,4	29,8	33,10	0,90
R052	Aluminio	Rayco	NE 490	79,5	58,5	10	5	22,0	B	C	36,5	32,0	12,3	36,5	28,5	32,50	0,88
R053	Aluminio	Rayco	NE 490	101,5	58,5	14	5	22,0	B	C	37,0	32,7	12,9	37,0	30,6	33,80	0,91
R054	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	86	71	16	4	21,5	A	D	76,3	62,9	43,1	70,8	46,4	58,60	0,79
R055	Aluminio	Baxi Roca	Dubai 60	80	57	10	5	21,5	A	D	79,4	65,5	46,0	75,5	39,0	57,25	0,68
R056	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	41,5	71	8	4	21,5	A	D	84,2	73,2	57,2	82,8	54,3	68,55	0,79
R057	Aluminio	Baxi Roca	Dubai 60	64	57	8	5	21,5	A	D	78,9	63,1	49,5	78,9	48,8	64,35	0,77
R058	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	80	71	5	4	21,5	A	D	80,2	62,3	44,8	77,3	49,8	63,55	0,78
R059	Aluminio	Ferrol	Alba	200	57	25	6	23,0	A	D	60,5	57,1	35,8	59,7	45,0	62,35	0,86
R060	Aluminio	Ferrol	Alba	99,5	57	5	6	22,5	D	A	59,7	57,2	36,0	58,0	44,5	51,25	0,87
R061	Aluminio	Ferrol	Alba	143	57	18	6	22,5	A	D	60,6	57,5	36,6	59,8	43,8	51,80	0,85
R062	Aluminio	Ferrol	Alba	135,5	57	17	6	22,5	A	D	60,6	58,8	37,2	60,6	45,8	53,20	0,86
R063	Aluminio	Ferrol	Alba	128	57	16	6	23,0	A	D	60,6	57,3	36,0	58,8	41,9	50,35	0,83
R064	Aluminio	Ferrol	Alba	91,5	57	24	6	23,0	A	D	60,8	55,8	35,3	58,9	42,9	50,90	0,84
R065	Aluminio	Ferrol	Alba	95	57	12	6	23,0	A	D	60,1	59,1	36,6	60,1	40,2	50,15	0,80
R066	Aluminio	Ferrol	Alba	71,5	57	9	6	23,0	A	D	60,8	57,1	36,0	60,1	43,3	51,70	0,84
R067	Aluminio	Ferrol	Elaí 600	63,5	67,5	8	6	20,0	A	C	72,7	60,0	46,4	72,7	49,4	61,05	0,81
R068	Aluminio	Ferrol	Elaí 600	63,5	67,5	8	6	20,0	B	D	70,3	56,7	43,5	70,3	48,8	58,55	0,80
R069	Aluminio	Ferrol	Elaí 600	111,5	67,5	14	6	20,0	A	C	68,2	35,4	31,8	68,2	30,2	49,20	0,61
R070	Aluminio	Ferrol	Elaí 600	55,5	67,5	7	6	19,5	A	C	57,7	47,0	32,9	57,7	11,7	34,70	0,34
R071	Aluminio	Ferrol	Elaí 600	31,5	67,5	4	6	19,5	A	C	73,6	63,9	49,3	73,6	38,9	55,25	0,67
R072	Aluminio	Ferrol	Elaí 350	88,5	41,5	11	6	19,5	B	D	67,2	57,1	42,7	67,2	21,2	47,20	0,58
R073	Aluminio	Ferrol	Elaí 500	63,5	56,5	8	6	19,5	A	C	68,3	56,1	42,7	68,3	40,2	54,25	0,74
R074	Aluminio	Ferrol	Aliance	119	87	15	6	23,0	D	A	49,4	43,6	23,5	48,5	37,8	43,15	0,55
R075	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	76	86	14	4	23,0	A	D	44,7	38,9	8,8	43,3	16,5	29,90	0,56
R076	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	76	86	15	4	23,0	A	D	51,4	34,4	19,9	51,4	29,7	40,55	0,73
R077	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	100	55	20	4	23,0	A	D	52,1	49,6	27,9	52,1	45,4	48,75	0,93
R078	Aluminio	Ferrol	Aliance	114	87	13	6	23,0	D	C	49,8	47,6	25,7	47,0	37,5	42,25	0,89
R079	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	100	55	20	4	23,0	A	D	51,9	49,6	27,8	51,9	44,9	48,40	0,93

Número de radiador	Materia	Marca	Modelo	Anchura (cm)	Altura (cm)	Número de elementos	Número de columnas o aléatas	T _{amb} (°C)	Posición entrada de agua	Posición salida de agua	T _{entrada} del agua (°C)	T _{salida} del agua (°C)	Salto térmico (°C)	T _{max} de radiador (°C)	T _{min} de radiador (°C)	T _{media} del radiador (°C)	Uniformidad del radiador (T _{min} /T _{media})
R080	Aluminio	Faral	Alliance	114	87	13	6	23.0	D	C	52.2	45.4	27.3	47.7	39.5	43.60	0.91
R081	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	100	86	20	4	23.0	A	D	53.6	51.2	29.4	53.2	44.6	48.90	0.91
R082	Aluminio	Faral	Alliance	114	87	13	6	23.0	D	C	52.9	49.4	28.2	49.6	40.0	44.80	0.89
R083	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	100	86	20	4	23.0	A	D	54.9	51.6	30.3	54.9	46.6	50.75	0.82
R084	Aluminio	Faral	Alliance	114	87	13	6	23.0	D	C	54.3	51.0	29.7	51.0	40.7	45.85	0.89
R085	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	61	55	13	4	21.5	A	D	55.0	52.7	32.4	54.4	45.0	49.70	0.91
R086	Aluminio	Faral	Alliance	96	87	12	6	21.5	D	C	56.6	55.4	33.5	50.8	43.8	47.30	0.93
R087	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	61	53	13	4	21.5	A	D	57.5	52.7	33.6	57.5	46.2	51.85	0.89
R088	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	61	53	13	4	21.5	B	A	57.0	53.5	33.8	57.0	44.6	50.80	0.88
R089	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	61	53	13	4	21.5	A	D	57.4	53.3	33.9	57.4	42.3	49.85	0.85
R090	Aluminio	Faral	Alliance	116	57	19	6	21.5	A	D	57.1	52.5	33.3	57.1	42.8	49.95	0.86
R091	Aluminio	Faral	Alliance	116	57	19	6	21.5	A	D	57.6	54.2	34.4	57.6	42.6	50.10	0.85
R092	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	89	55	18	4	21.5	A	D	58.4	54.0	34.7	58.4	20.1	39.25	0.51
R093	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	89	55	18	4	21.5	B	C	58.6	55.5	35.6	58.6	20.7	39.65	0.52
R094	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	89	55	18	4	21.5	D	A	45.3	44.6	23.5	45.3	18.6	31.95	0.58
R095	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	89	55	18	4	21.5	B	C	44.1	43.2	22.2	44.1	11.8	27.95	0.42
R096	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	57	85	11	6	21.5	B	C	46.9	43.5	23.7	45.2	14.9	30.05	0.50
R097	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	30	55	26	4	21.5	A	D	45.6	33.2	17.9	45.6	23.4	34.50	0.68
R098	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	32	55	7	4	21.5	D	A	47.1	45.0	24.6	47.1	39.0	43.05	0.91
R099	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	52	55	11	4	21.5	A	D	46.0	44.8	23.9	46.0	39.8	42.90	0.93
R100	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	27	55	6	4	21.5	A	D	46.8	46.0	24.9	46.8	37.3	42.05	0.89
R101	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	60	55	13	4	21.5	A	D	46.3	43.8	23.6	46.3	33.7	40.00	0.84
R102	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	60	55	13	4	21.5	A	D	44.1	35.0	19.6	42.5	19.3	30.90	0.62
R103	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	60	55	13	4	21.5	B	C	45.1	43.9	23.0	45.1	20.9	33.00	0.63
R104	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	60	55	13	4	21.5	A	D	46.2	43.9	23.6	46.2	40.4	43.30	0.93
R105	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	53	87	10	4	21.5	B	C	60.6	56.5	37.1	60.6	41.3	50.95	0.81
R106	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	98	55	20	4	21.5	B	C	59.2	50.8	33.5	58.9	43.5	51.20	0.85
R107	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	116	70	22	4	21.5	A	D	41.3	14.2	6.3	37.0	11.9	24.45	0.49
R108	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	116	70	22	4	15.0	A	D	57.9	40.7	34.3	57.8	28.9	43.35	0.67
R109	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	116	70	22	4	15.0	A	D	59.2	53.4	41.3	59.1	26.0	42.55	0.61
R110	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	85	70	16	4	15.0	A	D	58.8	43.9	36.4	57.3	14.3	35.80	0.40
R111	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	85	70	16	4	15.0	B	C	55.9	33.4	29.7	55.2	15.3	35.25	0.43
R112	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	85	70	16	4	15.0	B	C	59.2	48.4	38.8	59.2	18.4	38.80	0.47
R113	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	107	86	20	4	18.0	A	D	56.4	52.3	36.4	56.4	41.5	48.95	0.85
R114	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	107	86	20	4	18.0	A	D	55.9	47.4	33.7	55.0	39.5	47.25	0.84
R115	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	84	86	16	4	18.0	B	C	50.5	27.1	20.8	49.8	24.3	37.05	0.66
R116	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	84	86	16	4	18.0	B	C	53.1	36.1	26.6	53.1	29.8	41.45	0.72
R117	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	84	86	16	4	18.0	B	C	48.3	23.6	18.0	48.2	20.7	34.45	0.60
R118	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	84	86	16	4	18.0	B	C	49.4	29.6	21.5	49.4	22.2	35.80	0.62
R119	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	84	86	16	4	18.0	B	C	51.1	31.0	23.1	51.1	28.0	39.55	0.71
R120	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	84	86	16	4	18.0	B	C	53.8	27.8	22.8	53.4	22.9	38.15	0.60
R121	Aluminio	Faral	Alliance	95	87	12	6	19.5	C	D	53.4	44.7	29.6	46.9	34.6	40.75	0.85
Number of radiator	Material	Brand	Model	Width (cm)	Height (cm)	Number of elements	Number of columns or plates	Room temperature T _{amb} (°C)	Position of entrance of water	Position of exit of water	Entrance temperature of water (°C)	Exit temperature of water (°C)	Thermal gap (°C)	Maximum temperature of radiator T _{max} (°C)	Minimum temperature of radiator T _{min} (°C)	Average temperature of radiator T _{media} (°C)	Uniformity of the radiator (T _{min} /T _{media})

Numero de radiador	Material	Marca	Modelo	Anchura (cm)	Altura (cm)	Numero de elementos	Numero de columnas o aletas	T _{amb} (°C)	Posición entrada de agua	Posición salida de agua	T _{entrada del agua} (°C)	T _{salida del agua} (°C)	Salto térmico (°C)	T _{max} de radiador (°C)	T _{min} de radiador (°C)	T _{media} del radiador (°C)	Uniformidad del radiador (T _{min} /T _{media})
R122	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	52	86	10	4	19.5	D	D	47.4	44.5	26.5	40.0	32.2	36.10	0.89
R123	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	52	86	10	4	19.5	D	D	40.4	38.0	19.7	35.2	28.6	30.90	0.86
R124	Aluminio	Faral	Aliance	159	87	20	6	23.0	D	C	46.3	35.3	7.8	40.8	30.4	35.60	0.85
R125	Aluminio	Faral	Aliance	159	87	20	6	23.0	D	C	46.6	34.6	7.6	38.6	30.1	34.35	0.88
R126	Chapa de acero	---	---	50	63	9	4	22.5	A	C	46.4	41.2	2.13	43.1	34.1	38.60	0.88
R127	Aluminio	Ferrol	Xian600N	88	57	11	5	22.5	B	D	45.9	38.4	19.7	42.5	33.2	37.85	0.88
R128	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	97	70	18	4	22.0	B	C	36.5	36.0	4.3	36.5	32.2	34.35	0.94
R129	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	58	66	11	4	22.0	A	D	37.0	35.1	14.1	37.0	31.8	34.40	0.92
R130	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	58	66	11	4	22.0	A	D	39.2	36.0	15.6	36.6	32.3	34.45	0.94
R131	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	62	85	12	4	22.0	B	C	39.0	36.3	6.7	39.0	36.8	37.40	0.96
R132	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	95	70	18	4	22.0	B	C	38.3	37.6	16.0	37.7	32.3	35.00	0.92
R133	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	95	85	18	4	22.0	B	C	40.9	37.8	17.4	40.9	35.7	38.30	0.93
R134	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	95	70	18	4	22.0	A	D	38.7	36.7	15.7	37.8	34.2	36.00	0.95
R135	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	100	38	19	4	22.0	A	D	39.0	37.8	16.4	39.0	33.3	36.15	0.92
R136	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	58	85	11	4	22.0	B	C	43.0	40.8	19.9	41.0	35.6	38.30	0.93
R137	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	80	85	15	4	22.0	B	C	40.4	39.6	18.0	40.4	35.9	38.15	0.94
R138	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	106	85	20	4	22.0	A	D	39.4	36.6	16.0	39.4	36.2	37.80	0.96
R139	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	106	85	20	4	22.0	D	A	39.3	38.3	16.8	39.3	35.4	37.35	0.95
R140	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	116	40	24	4	22.0	A	D	43.5	38.4	19.0	41.5	35.4	38.45	0.92
R141	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	116	40	24	4	22.0	B	C	41.0	37.9	17.5	41.0	35.0	38.00	0.92
R142	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	45	85	9	4	22.0	B	C	38.3	38.0	16.2	38.3	33.4	35.85	0.93
R143	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	106	95	20	4	22.0	A	D	39.8	36.3	16.1	37.4	33.1	35.25	0.94
R144	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	90	85	14	4	22.0	A	D	37.3	36.7	15.0	37.3	35.4	36.35	0.97
R145	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	52	52	10	4	22.0	A	D	36.9	36.4	14.7	36.9	33.7	35.30	0.95
R146	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	52	52	10	4	22.0	B	C	41.4	37.9	17.7	37.0	33.9	35.45	0.96
R147	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	80	52	15	4	22.0	B	C	41.4	37.7	17.6	38.3	35.5	36.90	0.96
R148	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	58	52	11	4	22.0	B	C	40.9	38.1	17.5	40.9	33.2	37.05	0.90
R149	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	30	68	6	2	22.0	A	D	38.3	37.8	16.1	38.3	35.3	36.80	0.96
R150	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	68	54	13	4	22.0	B	C	36.2	32.7	12.5	34.9	24.5	29.70	0.82
R151	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	80	84	15	4	22.0	B	C	39.0	35.8	15.4	39.0	32.7	35.85	0.91
R152	Hierro fundido	Baxi/Roca	Duba 80-3D	134	70	22	3	19.0	C	D	67.4	53.1	41.3	63.1	48.6	55.85	0.87
R153	Hierro fundido	Baxi/Roca	Duba 80-3D	140	70	23	3	19.0	C	D	67.5	49.3	39.4	63.0	46.7	54.85	0.85
R154	Hierro fundido	Baxi/Roca	Duba 80-3D	134	70	22	3	19.0	C	D	67.5	51.2	40.4	62.3	47.9	55.10	0.87
R155	Hierro fundido	Baxi/Roca	Duba N80-2D	122	70	20	2	17.0	D	C	66.1	51.8	42.0	62.0	48.8	55.40	0.88
R156	Hierro fundido	Baxi/Roca	Duba N80-2D	122	70	20	2	17.0	D	C	66.4	55.7	44.1	62.8	52.2	57.50	0.91
R157	Hierro fundido	Baxi/Roca	Duba 80-3D	129	70	21	3	19.0	D	C	66.7	51.4	40.1	61.9	47.5	54.70	0.87
R158	Hierro fundido	Baxi/Roca	Duba 80-3D	140	70	23	3	19.0	D	C	63.8	54.8	40.3	62.8	53.2	58.00	0.92
R159	Hierro fundido	Baxi/Roca	Duba 80-3D	140	70	23	3	19.0	C	D	66.2	52.7	40.5	64.5	47.5	56.00	0.85
R160	Hierro fundido	Baxi/Roca	Duba 80-3D	129	70	21	3	19.0	D	C	65.6	48.9	38.3	58.7	45.4	52.05	0.87
R161	Hierro fundido	Baxi/Roca	Duba N80-2D	153	70	25	2	18.5	D	C	66.7	50.0	39.9	57.0	47.8	52.40	0.91
R162	Hierro fundido	Baxi/Roca	Duba N80-2D	153	70	25	2	18.5	C	D	67.9	58.4	44.7	66.7	56.9	61.80	0.92
R163	Hierro fundido	Baxi/Roca	Duba N80-2D	153	70	25	2	18.5	D	C	66.8	53.4	41.6	63.7	51.7	57.70	0.90

Número de radiador	Material	Marca	Modelo	Anchura (cm)	Altura (cm)	Número de elementos	Número de columnas o aléatas	T _{amb} (°C)	Posición entrada de agua	Posición salida de agua	T _{entrada} del agua (°C)	T _{salida} del agua (°C)	Salto térmico (°C)	T _{max} de radiador (°C)	T _{min} de radiador (°C)	T _{media} del radiador (°C)	Uniformidad del radiador (T _{min} /T _{media})
R164	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba N80-2D	65	70	25	2	18,5	D	C	68,9	60,1	46,0	67,0	57,8	62,40	0,93
R165	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba N80-2D	92	70	15	2	18,5	A	D	69,5	53,0	42,8	68,0	50,6	59,30	0,85
R166	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba 80-3D	134	70	22	3	18,5	C	D	67,7	60,9	45,8	67,7	55,6	61,65	0,90
R167	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba 80-3D	140	70	23	3	18,5	C	D	69,3	64,1	48,2	68,0	59,3	63,65	0,93
R168	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba 80-3D	184	70	22	3	18,5	D	C	69,8	62,8	47,8	68,9	58,1	63,50	0,91
R169	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba N80-2D	129	70	21	2	17,5	D	C	70,1	62,9	49,0	68,2	60,2	64,20	0,94
R170	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba N80-2D	129	70	21	2	17,5	C	D	70,5	64,4	50,0	68,7	60,6	64,65	0,94
R171	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba N80-2D	86	70	14	2	17,5	A	D	69,0	60,5	47,3	69,0	57,1	63,05	0,91
R172	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba N80-2D	86	70	14	2	17,5	A	D	70,5	58,3	46,9	69,1	54,0	61,55	0,88
R173	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba N80-2D	86	70	14	2	17,5	A	D	69,6	60,0	47,3	69,6	56,2	62,90	0,89
R174	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba N80-2D	111	70	18	2	16,5	A	D	70,4	59,3	48,4	70,2	53,9	62,05	0,87
R175	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba N80-2D	25	70	4	2	16,5	A	D	72,6	67,4	53,5	71,7	62,4	67,05	0,93
R176	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba N80-2D	74	70	12	2	17,5	D	C	70,2	60,6	47,9	70,2	61,7	65,95	0,94
R177	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba N80-2D	74	70	12	2	17,5	D	C	66,4	60,7	46,1	66,4	57,9	62,15	0,93
R178	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba N80-2D	74	70	12	2	17,5	D	C	65,9	56,6	43,8	65,9	57,4	61,65	0,93
R179	Aluminio	---	---	33,5	32	6	5	22,5	D	C	65,5	64,7	42,6	61,1	44,8	52,95	0,85
R180	Aluminio	---	---	62,5	32	10	5	22,5	D	C	63,3	61,7	40,0	57,6	42,7	50,15	0,85
R181	Aluminio	---	---	84	32	15	5	22,5	D	C	56,4	53,2	32,3	50,4	38,4	44,40	0,86
R182	Aluminio	---	---	28	32	5	5	22,5	D	C	59,6	56,7	35,7	51,1	40,0	45,55	0,88
R183	Aluminio	---	---	68	32	11	5	22,5	D	C	60,1	51,9	33,5	50,9	38,8	44,85	0,87
R184	Aluminio	---	---	16,5	32	3	5	22,5	D	C	69,9	67,4	46,2	60,2	46,8	53,50	0,87
R185	Aluminio	---	---	146,5	32	26	5	22,5	D	C	65,7	57,2	39,0	59,1	39,3	49,20	0,80
R186	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	92	55	19	4	19,0	B	C	39,6	39,0	20,3	39,1	35,1	37,1	0,95
R187	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	128	40	26	4	19,0	B	C	39,2	38,7	20,0	39,2	35,1	37,2	0,94
R188	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	128	40	26	4	19,0	B	C	39,0	38,3	19,7	38,8	35,8	37,3	0,96
R189	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	128	40	26	4	19,0	A	D	39,1	38,7	19,9	39,0	35,8	37,4	0,96
R190	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	128	40	26	4	19,0	A	D	39,0	37,4	19,2	39,0	29,7	34,4	0,86
R191	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	128	40	26	4	19,0	A	D	38,9	37,9	19,4	38,6	35,6	37,1	0,96
R192	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	128	40	26	4	19,0	A	D	38,8	36,0	19,4	38,8	35,0	36,9	0,95
R193	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	140	55	28	4	19,0	A	D	50,3	47,9	30,1	49,7	44,1	46,9	0,94
R194	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	92	55	19	4	19,0	A	D	38,7	36,6	18,7	38,3	33,8	36,1	0,94
R195	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	92	55	19	4	19,0	A	D	38,2	36,6	18,4	38,0	33,6	35,8	0,94
R196	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	74	86	14	4	19,0	B	C	44,6	43,7	25,2	44,4	40,6	42,5	0,96
R197	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	74	86	14	4	19,0	A	D	44,7	43,3	25,0	44,4	40,4	42,4	0,95
R198	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	112	86	21	4	19,0	A	D	41,5	40,6	22,1	41,4	38,1	39,8	0,96
R199	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	74	86	14	4	19,0	A	D	44,3	43,2	24,8	44,1	40,4	42,3	0,96
R200	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	47	55	10	4	19,0	B	C	40,6	39,9	21,3	40,4	37,2	38,8	0,96
R201	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	85	86	16	4	19,0	B	C	41,2	40,1	21,7	41,1	37,8	39,5	0,96
R202	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	85	86	16	4	19,0	B	C	44,9	43,3	25,1	44,1	41,0	42,6	0,96
R203	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	85	86	16	4	19,0	B	C	45,2	43,9	25,6	45,2	41,1	43,2	0,95
R204	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	85	86	16	4	19,0	A	D	45,1	42,9	25,0	43,9	31,5	37,7	0,84
R205	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	92	55	19	4	19,0	B	C	49,0	45,2	28,1	47,6	42,6	45,1	0,94
Number of radiator	Material	Brand	Model	Width (cm)	Height (cm)	Number of elements	Number of columns or plates	Room temperature T _{amb} (°C)	Position of entrance of water	Position of exit of water	Entrance temperature of water (°C)	Exit temperature of water (°C)	Thermal gap (°C)	Maximum temperature of radiator T _{max} (°C)	Minimum temperature of radiator T _{min} (°C)	Average temperature of radiator T _{media} (°C)	Uniformity of the radiator (T _{min} /T _{media})

Numero de radiador	Material	Marca	Modelo	Anchura (cm)	Altura (cm)	Numero de elementos	Numero de columnas o aletas	T _{amb} (°C)	Posición entrada de agua	Posición salida de agua	T ^e entrada del agua (°C)	T ^s salida del agua (°C)	Salto térmico (°C)	T _{max} de radiador (°C)	T _{min} de radiador (°C)	T _{media} del radiador (°C)	Uniformidad del radiador (T _{min} /T _{media})
R206	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	92	55	19	4	19.0	B	C	49.1	47.0	29.1	48.4	43.1	45.8	0.94
R207	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	96	55	20	4	19.0	B	C	49.3	46.0	28.7	48.7	28.8	37.8	0.71
R208	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	47	55	10	4	19.0	B	C	48.9	46.9	28.9	48.7	41.7	45.2	0.92
R209	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	47	55	10	4	19.0	B	C	49.2	47.4	29.3	48.4	43.7	46.1	0.95
R210	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	102	55	21	4	19.0	B	C	46.1	44.5	26.3	45.8	40.8	43.3	0.94
R211	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	50	40	30	4	17.0	B	C	38.2	36.2	20.2	37.3	27.7	32.5	0.85
R212	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	50	40	30	4	17.0	A	D	38.3	36.9	20.6	37.5	30.1	33.8	0.89
R213	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	50	40	30	4	17.0	A	D	38.2	36.4	20.3	38.1	29.9	34.0	0.88
R214	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	50	40	30	4	17.0	A	D	37.9	36.3	20.1	37.7	28.3	33.0	0.86
R215	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	106	55	28	4	17.0	A	D	38.0	35.8	19.9	37.4	32.0	34.7	0.92
R216	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	106	66	20	4	24.0	A	D	48.8	46.6	23.7	48.0	41.5	44.8	0.93
R217	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	106	66	20	4	24.0	A	D	50.7	45.8	24.3	49.2	41.0	45.1	0.91
R218	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	106	66	20	4	24.0	B	C	49.5	35.2	18.4	49.5	38.7	43.1	0.85
R219	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	106	66	20	4	24.0	A	D	49.1	43.8	22.5	48.9	38.7	43.8	0.88
R220	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	106	66	20	4	24.0	B	C	50.1	46.1	24.1	50.1	38.0	43.1	0.84
R221	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	100	66	19	4	24.0	A	D	50.3	46.9	24.6	49.4	43.5	46.5	0.94
R222	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	50	66	10	4	24.0	B	C	50.8	47.8	25.3	48.8	42.9	45.9	0.94
R223	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	50	66	10	4	24.0	A	D	49.6	46.3	24.0	49.6	38.2	42.9	0.84
R224	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	50	66	10	4	24.0	B	C	50.2	42.4	22.3	49.5	39.2	44.4	0.88
R225	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	50	66	10	4	24.0	A	D	51.1	43.2	23.2	51.0	40.1	45.6	0.88
R226	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	83	66	16	4	24.0	B	C	50.1	41.3	21.7	49.1	38.3	42.7	0.85
R227	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	83	66	16	4	24.0	B	C	51.4	44.1	23.8	51.4	38.4	44.9	0.86
R228	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	83	66	16	4	24.0	A	D	53.1	45.9	25.5	52.9	41.2	47.1	0.88
R229	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	50	66	10	4	24.0	B	C	52.2	45.7	25.0	51.6	40.3	46.0	0.88
R230	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	50	66	10	4	24.0	A	D	51.5	45.6	24.6	51.2	38.4	44.8	0.86
R231	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	50	66	10	4	24.0	A	D	50.0	46.9	24.5	50.0	34.3	42.2	0.81
R232	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	50	66	10	4	24.0	B	C	49.6	46.1	23.9	49.6	37.3	43.5	0.86
R233	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	50	66	10	4	24.0	B	C	49.7	46.3	24.0	49.4	38.2	42.8	0.85
R234	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	62	66	12	4	24.0	A	D	52.2	48.4	26.3	52.2	37.3	44.8	0.83
R235	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	62	66	12	4	24.0	A	D	52.4	47.4	25.9	51.5	38.6	44.8	0.86
R236	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	50	66	10	4	24.0	B	C	49.0	33.3	17.2	47.6	30.7	39.2	0.78
R237	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	86	66	16	4	24.0	A	D	50.1	38.3	20.2	50.1	35.9	43.0	0.83
R238	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	106	66	20	4	24.0	A	D	49.6	42.9	22.3	48.7	37.5	43.1	0.87
R239	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	106	66	20	4	24.0	B	C	49.9	44.8	23.4	49.9	37.2	43.6	0.85
R240	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	50	66	10	4	24.0	B	C	48.9	45.1	23.0	48.7	37.9	43.3	0.88
R241	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	50	66	10	4	24.0	B	C	51.5	44.6	24.1	51.3	39.6	45.5	0.87
R242	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	106	66	20	4	24.0	B	C	50.5	44.9	23.7	49.1	39.9	44.5	0.90
R243	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	106	66	20	4	24.0	A	D	46.9	33.0	16.0	45.8	31.3	38.6	0.81
R244	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	106	66	20	4	24.0	B	C	49.9	44.4	23.2	49.0	40.6	44.8	0.91
R245	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	50	66	10	4	24.0	A	D	50.0	46.2	24.1	50.0	42.4	46.2	0.92
R246	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	50	66	10	4	24.0	B	C	48.0	43.9	22.0	47.9	37.8	42.9	0.88
R247	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	62	66	12	4	24.0	B	C	51.8	48.3	26.1	51.7	38.8	44.3	0.83

Número de radiador	Material	Marca	Modelo	Anchura (cm)	Altura (cm)	Número de elementos	Número de columnas de aletas	T _{amb} (°C)	Posición entrada de agua	Posición salida de agua	T _{entrada} del agua (°C)	T _{salida} del agua (°C)	Salto térmico (°C)	T _{max} de radiador (°C)	T _{min} de radiador (°C)	T _{medio} del radiador (°C)	Uniformidad del radiador (T _{min} /T _{media})
R248	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	106	68	20	4	24,0	A	D	51,1	47,0	25,1	48,8	41,8	45,3	0,92
R249	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	106	68	20	4	24,0	B	C	50,5	44,1	23,3	49,4	40,2	44,8	0,90
R250	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	50	68	10	4	24,0	B	C	49,6	46,2	23,9	49,6	38,3	44,0	0,87
R251	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	72	68	14	4	24,0	A	D	53,3	47,0	26,2	52,5	40,6	46,6	0,87
R252	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	72	68	14	4	24,0	B	C	52,4	44,5	24,5	51,7	40,4	46,1	0,88
R253	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	72	68	14	4	24,0	B	C	49,6	42,0	21,8	49,6	37,8	43,7	0,86
R254	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	50	68	10	4	24,0	A	D	50,3	47,5	24,9	50,3	34,8	42,6	0,82
R255	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	36	68	7	4	24,0	B	C	52,3	49,6	27,0	52,3	41,6	47,0	0,89
R256	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	36	68	7	4	24,0	A	D	51,5	49,2	26,4	51,5	40,3	45,9	0,88
R257	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	50	68	10	4	24,0	B	C	50,3	47,5	24,9	50,3	36,2	43,3	0,84
R258	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	72	68	14	4	24,0	B	C	52,9	44,9	24,9	51,6	41,6	46,6	0,89
R259	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	50	68	10	4	24,0	A	D	44,7	38,5	17,6	43,8	35,6	39,7	0,90
R260	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	50	68	10	4	24,0	B	C	44,4	41,8	19,1	44,0	36,0	40,0	0,90
R261	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	92	68	18	2	24,0	A	D	43,7	39,7	17,7	43,2	34,0	38,6	0,88
R262	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	83	68	16	2	24,0	A	D	45,0	41,2	19,1	43,9	34,5	39,2	0,88
R263	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	112	68	21	4	24,0	A	D	45,0	42,7	19,9	44,6	38,1	41,4	0,92
R264	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	62	68	12	4	24,0	A	D	45,4	42,8	20,1	45,4	37,2	41,3	0,90
R265	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	106	68	20	4	24,0	A	D	45,1	43,2	20,2	44,9	39,7	42,3	0,94
R266	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba 80-3D	157	70	26	3	22,5	A	D	35,2	30,9	10,6	34,3	28,9	31,6	0,91
R267	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba 80-3D	157	70	26	3	22,5	B	C	40,0	37,9	16,5	38,5	31,8	35,2	0,90
R268	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba 80-3D	144	70	24	3	22,5	B	C	39,8	33,2	14,0	38,5	30,5	34,5	0,88
R269	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba 80-3D	132	70	22	3	22,5	B	C	37,0	32,3	12,2	37,0	28,9	33,0	0,88
R270	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba 80-3D	47	70	8	3	22,5	B	C	38,4	37,7	15,6	38,2	35,0	36,6	0,96
R271	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba 80-3D	157	70	26	3	22,5	B	C	37,1	36,1	13,2	36,1	30,3	33,2	0,91
R272	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba 80-3D	120	70	20	3	22,5	B	C	37,7	36,2	14,5	36,5	32,0	34,3	0,93
R273	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba 80-3D	157	70	26	3	22,5	B	C	40,5	37,6	16,6	39,9	33,3	36,6	0,91
R274	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba 80-3D	144	70	24	3	22,5	A	D	40,4	37,5	16,5	39,8	32,9	36,4	0,91
R275	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba 80-3D	132	70	22	3	22,5	B	C	38,3	34,7	14,0	37,5	31,0	34,3	0,91
R276	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba 80-3D	47	70	8	3	22,5	B	C	37,8	36,1	14,5	37,8	33,6	35,7	0,94
R277	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba 80-3D	84	70	14	3	22,5	B	C	37,8	36,5	14,7	37,8	32,1	35,0	0,92
R278	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba 80-3D	84	70	14	3	22,5	B	C	38,3	32,6	13,0	37,1	30,2	33,7	0,90
R279	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba 80-3D	144	70	24	3	22,5	B	C	37,6	35,9	14,3	37,3	32,6	35,0	0,93
R280	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba 80-3D	157	70	26	3	22,5	C	B	38,0	36,9	15,0	37,1	33,0	35,1	0,94
R281	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba 80-3D	157	70	26	3	22,5	B	C	39,0	37,4	15,7	39,0	33,7	36,4	0,93
R282	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba 80-3D	150	70	25	3	22,5	A	D	40,5	33,3	14,4	40,3	31,3	35,8	0,87
R283	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba 80-3D	150	70	25	3	22,5	B	C	42,4	39,9	18,7	41,3	36,1	38,7	0,93
R284	Hierro fundido	Baxi Roca	Duba 80-3D	110	70	19	3	22,5	B	C	40,4	39,1	17,3	39,8	35,6	37,7	0,94
R285	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	126,5	60	16	5	18,5	B	C	43,0	35,7	20,9	39,3	28,6	34,0	0,84
R286	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	160	60	20	5	18,5	A	D	42,7	39,0	21,9	38,7	29,3	34,0	0,86
R287	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	63,5	60	8	5	18,5	B	C	43,0	38,8	22,4	41,6	31,3	36,5	0,86
R288	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	63,5	60	8	5	18,5	A	D	42,1	36,6	20,9	39,2	30,9	35,1	0,88
R289	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	63,5	60	8	5	18,5	A	D	42,9	41,6	23,8	41,9	33,9	37,9	0,89
Number of radiator	Material	Brand	Model	Width (cm)	Height (cm)	Number of elements	Number of columns or plates	Room temperature T _{amb} (°C)	Position of entrance of water	Position of exit of water	Entrance temperature of water (°C)	Exit temperature of water (°C)	Thermal gap (°C)	Maximum temperature of radiator T _{max} (°C)	Minimum temperature of radiator T _{min} (°C)	Average temperature of radiator T _{media} (°C)	Uniformity of the radiator (T _{min} /T _{media})

Number of radiator	Material	Marca	Modelo	Anchura (cm)	Altura (cm)	Numero de elementos	Numero de columnas o aletas	T _{amb} (°C)	Posición entrada de agua	Posición salida de agua	T ^o entrada del agua (°C)	T ^o salida del agua (°C)	Salto térmico (°C)	T _{max} de radiador (°C)	T _{min} de radiador (°C)	T _{amb} del radiador (°C)	Uniformidad del radiador (T _{min} /T _{max})
R290	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	63.5	60	8	5	18.5	B	C	43.1	39.3	22.7	40.9	32.0	36.5	0.88
R291	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	87.5	60	11	5	18.5	B	C	42.8	37.7	21.8	40.5	30.6	35.6	0.86
R292	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	63.5	60	8	5	18.5	B	C	41.5	38.2	21.4	39.1	30.9	35.0	0.88
R293	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	63.5	60	8	5	18.5	A	D	40.9	35.0	19.5	38.1	28.9	33.5	0.86
R294	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	63.5	60	8	5	18.5	B	C	42.3	40.1	22.7	40.5	32.1	36.3	0.88
R295	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	63.5	60	8	5	18.5	A	D	42.1	38.9	22.0	39.9	32.7	36.3	0.90
R296	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	87.5	60	11	5	18.5	B	C	40.5	37.3	20.4	37.8	27.4	32.6	0.84
R297	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	87.5	60	11	5	18.5	A	D	41.7	37.4	21.1	39.1	30.4	34.8	0.87
R298	Aluminio	Ferrol	Europa 800C	120	80	15	5	18.5	A	D	46.2	43.0	26.1	43.2	32.3	37.8	0.86
R299	Aluminio	Ferrol	Europa 800C	87.5	60	11	5	18.5	A	D	43.3	41.3	23.8	41.3	32.2	36.8	0.88
R300	Aluminio	Ferrol	Europa 800C	120	80	15	5	18.5	A	D	45.8	44.0	26.4	43.3	33.4	38.4	0.87
R301	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	112	60	14	5	18.5	A	D	42.5	37.8	21.7	39.5	31.3	35.4	0.88
R302	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	112	60	14	5	18.5	B	C	42.8	36.8	21.3	39.9	30.6	35.3	0.87
R303	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	112	60	14	5	18.5	C	B	42.2	41.3	23.3	39.7	23.8	31.8	0.75
R304	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	136	60	17	5	18.5	B	C	43.1	38.0	22.1	40.1	32.8	36.5	0.90
R305	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	136	60	17	5	18.5	B	C	45.4	43.3	25.9	42.1	35.6	38.9	0.92
R306	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	136	60	17	5	18.5	A	D	45.4	43.2	25.8	42.9	33.1	38.0	0.87
R307	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	79.5	60	10	5	18.5	B	C	42.2	41.0	23.1	41.7	32.7	37.2	0.88
R308	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	79.5	60	10	5	18.5	A	D	41.9	41.4	23.2	41.5	33.0	37.3	0.89
R309	Aluminio	Ferrol	Xian 450N	118	44.5	14	5	17.0	B	C	51.8	45.9	31.9	51.7	33.7	42.7	0.79
R310	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	88	56	11	5	17.0	B	C	51.6	46.2	31.9	51.6	34.0	42.8	0.79
R311	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	88	56	11	5	17.0	A	D	51.6	46.6	32.1	51.6	34.4	43.0	0.80
R312	Aluminio	Ferrol	Xian 450N	63.5	44.5	8	5	17.0	A	D	51.4	49.3	33.4	51.0	39.2	45.1	0.87
R313	Aluminio	Ferrol	Xian 450N	63.5	44.5	8	5	17.0	B	C	50.8	47.7	32.3	50.2	37.5	43.9	0.86
R314	Hierro fundido	Baxi/Roca	Duba	126	41.2	21	3	22.0	C	B	51.2	45.6	26.4	50.3	28.7	39.5	0.73
R315	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	52.5	70	10	4	22.0	A	D	47.5	45.6	24.6	46.0	40.5	43.3	0.94
R316	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	88	70	16	4	22.0	B	C	47.6	41.6	22.6	46.8	38.5	42.7	0.90
R317	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	99.5	70	18	4	22.0	B	C	47.1	42.9	23.0	46.8	37.0	41.9	0.88
R318	Chapa de acero	Roca	Panel de acero	148	80	30	1	22.0	B	C	48.8	48	26.4	46.5	21.5	34.0	0.63
R319	Chapa de acero	Roca	Panel de acero	148	80	30	1	22.0	A	D	49.8	47.6	26.7	46.4	23.3	34.9	0.67
R320	Hierro fundido	Roca	Neo clasico	99.5	70	18	4	22.0	A	D	43.4	31.8	15.6	42.0	29.0	35.5	0.82
R321	Chapa de acero	Roca	Panel P 800	148	80	30	1	22.0	B	C	49.7	48.4	27.1	47.3	25.6	36.5	0.70
R322	Chapa de acero	Roca	Panel P 800	148	80	30	1	22.0	A	D	49.6	47.4	26.5	47.6	27.2	37.4	0.73
R323	Chapa de acero	Roca	Panel P 800	148	80	30	1	22.0	B	D	47.8	34.6	19.2	47.2	32.0	39.6	0.81
R324	Chapa de acero	Roca	Panel P 800	80	238	48	1	22.0	D	C	49.4	46.8	26.1	45.8	24.6	35.2	0.70
R325	Chapa de acero	Roca	Panel P 800	80	238	48	1	22.0	D	C	48.9	45.2	25.1	45.3	38.4	40.9	0.89
R326	Chapa de acero	Roca	Panel P 800	80	238	48	1	22.0	D	C	49.0	45.2	25.1	45.5	37.3	41.4	0.90
R327	Chapa de acero	Roca	Panel P 800	80	238	48	1	22.0	D	C	49.9	47.6	26.8	45.6	37.6	41.6	0.90
R328	Chapa de acero	Roca	Panel P 800	80	238	48	1	22.0	C	D	50.3	47.3	26.8	46.5	38.8	42.7	0.91
R329	Chapa de acero	Roca	Panel P 800	80	238	48	1	22.0	C	D	47.0	38.2	20.6	37.8	32.5	35.2	0.92
R330	Chapa de acero	Roca	Panel P 800	80	238	48	1	22.0	D	C	44.7	36.1	18.4	37.5	30.9	34.2	0.90
R331	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai 60	80	67	10	5	22.0	D	C	48.8	48.1	26.5	48.3	39.1	43.7	0.98

Número de radiador	Materia	Marca	Modelo	Anchura (cm)	Altura (cm)	Número de elementos	Número de columnas o aléatas	T _{amb} (°C)	Posición entrada de agua	Posición salida de agua	T _{entrada} del agua (°C)	T _{salida} del agua (°C)	Salto térmico (°C)	T _{max} de radiador (°C)	T _{min} de radiador (°C)	T _{medio} del radiador (°C)	Uniformidad del radiador (T _{min} /T _{media})
R332	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	80	67	10	5	22.0	D	C	49.3	47.2	26.3	48.0	39.1	43.6	0.90
R333	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	80	67	10	5	22.0	C	D	48.8	46.5	25.7	48.1	38.3	43.2	0.89
R334	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	80	67	10	5	22.0	C	D	50.3	46.1	26.2	48.6	38.2	43.4	0.88
R335	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	47.5	67	6	5	22.0	C	D	49.2	47.8	26.5	48.1	38.6	43.4	0.89
R336	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	80	67	10	5	22.0	D	C	48.5	46.5	25.5	47.5	37.8	42.7	0.89
R337	Chapa de acero	Zehnder Nova	NV Vertical	69.5	238	10	1	22.0	D	C	55.0	52.3	31.7	52.4	48.6	50.5	0.96
R338	Chapa de acero	Zehnder Nova	NV Vertical	69.5	238	10	1	22.0	D	C	63.0	58.7	38.9	61.0	55.0	58.0	0.95
R339	Aluminio	Rayco	Magno 600	88	57	11	5	20.5	D	C	72.6	68.2	49.9	69.1	50.1	59.6	0.84
R340	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	90	55	18	4	20.5	A	D	73.2	64.5	48.4	72.4	50.9	61.7	0.83
R341	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	90	55	18	4	20.5	B	C	72.8	70.4	51.1	72.3	58.8	65.6	0.90
R342	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	90	55	18	4	20.5	B	C	71.8	67.3	49.1	71.8	56.2	64.0	0.88
R343	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	90	55	18	4	20.5	A	D	73.3	67.6	50.0	72.7	62.0	67.4	0.92
R344	Aluminio	Baxi Roca	Dubal70	96	67	12	5	20.5	B	C	58.3	51.4	34.4	58.3	40.9	49.6	0.82
R345	Aluminio	Baxi Roca	Dubal70	144	67	18	5	20.5	B	C	58.5	50.2	33.9	58.5	40.4	49.5	0.82
R346	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	80	55	16	4	17.0	A	D	71.2	66.6	51.9	71.2	58.3	64.8	0.90
R347	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	100	55	20	4	20.5	A	D	74.0	70.7	51.9	74.0	62.7	68.4	0.92
R348	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	120	55	24	4	20.5	A	D	73.3	57.7	45.0	71.7	51.1	61.4	0.83
R349	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	45	86	9	4	20.5	B	C	73.5	68.2	50.4	73.5	52.3	62.9	0.83
R350	Hierro fundido	Roca	Neo clásico	45	86	9	4	20.5	B	C	72.5	69.7	50.6	72.5	56.1	64.3	0.87
R351	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	184	57	23	5	21.0	B	C	64.7	59.4	41.1	64.7	44.2	54.5	0.81
R352	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	72	57	9	5	21.0	B	C	64.9	61.8	42.4	64.9	45.8	55.4	0.83
R353	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	80	57	10	5	21.0	B	C	65.4	61.3	42.4	65.4	45.1	55.3	0.82
R354	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	80	57	10	5	21.0	B	C	64.6	60.8	41.7	64.6	44.5	54.6	0.82
R355	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	80	57	10	5	21.0	B	C	63.9	59.9	40.9	63.9	43.8	53.9	0.81
R356	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	184	57	23	5	21.0	B	C	65.6	57.6	40.6	65.6	45.4	55.5	0.82
R357	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	184	57	23	5	21.0	B	C	63.6	55.6	38.6	63.6	42.5	53.1	0.80
R358	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	96	57	12	5	21.0	B	C	64.5	59.0	40.8	64.3	44.2	54.3	0.81
R359	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	96	57	12	5	21.0	B	C	64.4	59.2	40.8	64.4	45.9	55.2	0.83
R360	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	96	57	12	5	21.0	B	C	64.8	62.5	42.7	64.8	46.8	55.8	0.84
R361	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	184	57	23	5	21.0	B	C	64.7	62.2	42.5	64.7	50.0	57.4	0.87
R362	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	88	57	11	5	21.0	B	C	65.4	63.0	43.2	65.4	45.9	55.7	0.82
R363	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	184	57	23	5	21.0	B	C	64.1	53.5	37.8	63.7	42.7	53.2	0.80
R364	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	184	57	23	5	21.0	B	C	66.8	59.6	42.2	66.0	46.7	56.4	0.83
R365	Aluminio	Baxi Roca	Dubal45	240	42	30	5	19.0	B	C	62.7	52.4	38.6	61.0	40.5	50.8	0.80
R366	Aluminio	Baxi Roca	Dubal45	240	42	30	5	19.0	B	C	64.1	61.1	43.6	63.8	50.5	57.2	0.88
R367	Aluminio	Baxi Roca	Dubal45	240	42	30	5	19.0	B	C	63.5	60.4	43.0	63.5	50.3	56.9	0.88
R368	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	128	57	16	5	21.0	B	C	64.1	60.9	41.5	64.1	50.2	57.2	0.88
R369	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	192	57	24	5	21.0	B	C	63.9	60.4	41.2	63.9	49.3	56.6	0.87
R370	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	128	57	16	5	21.0	B	C	64.4	61.5	42.0	64.4	51.7	58.1	0.89
R371	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	152	57	19	5	21.0	B	C	66.4	61.1	42.8	66.4	48.2	57.3	0.84
R372	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	176	57	22	5	21.0	B	C	57.0	33.5	24.3	55.8	29.1	42.5	0.69
R373	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	176	57	22	5	21.0	B	C	60.7	57.3	38.0	59.9	46.5	53.2	0.87

Number of radiator	Material	Brand	Model	Width (cm)	Height (cm)	Number of elements	Number of columns or plates	Room temperature T_{amb} (°C)	Position of entrance of water	Position of exit of water	Entrance temperature of water (°C)	Exit temperature of water (°C)	Thermal gap (°C)	Maximum temperature of radiator T_{max} (°C)	Minimum temperature of radiator T_{min} (°C)	Average temperature of radiator T_{media} (°C)	Uniformity of the radiator (T_{min}/T_{media})
R374	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	96	57	12	5	21.0	B	C	59.3	39.9	28.6	58.2	33.9	46.1	0.74
R375	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	88	57	11	5	21.0	B	C	65.1	63.2	43.2	65.1	52.8	59.0	0.90
R376	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	96	57	12	5	21.0	B	C	62.2	46.8	33.5	61.3	39.6	50.5	0.78
R377	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	80	57	10	5	21.0	B	C	65.5	62.5	43.0	65.5	47.3	56.4	0.84
R378	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	176	57	22	5	21.0	B	C	59.2	51.2	34.2	58.9	40.7	49.8	0.82
R379	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai45	240	42	30	5	19.0	B	C	66.1	60.4	44.3	64.8	46.8	55.8	0.84
R380	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai45	240	42	30	5	19.0	B	C	62.2	58.5	41.4	61.7	46.1	53.9	0.86
R381	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai45	240	42	30	5	19.0	B	C	64.4	51.9	39.2	62.9	41.0	52.0	0.79
R382	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	96	57	12	5	21.0	B	C	63.2	60.6	40.9	63.2	45.9	54.6	0.84
R383	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	240	57	30	5	18.0	D	C	54.3	49.5	33.9	51.6	38.6	45.1	0.86
R384	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	160	57	20	5	18.0	D	C	54.4	51.1	34.8	51.6	40.8	46.2	0.88
R385	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	80	57	10	5	18.0	C	D	53.8	52.2	35.0	52.7	41.3	47.0	0.88
R386	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	160	57	20	5	18.0	C	D	54.8	51.6	35.2	52.6	40.8	46.7	0.87
R387	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	224	57	28	5	18.0	C	D	54.5	49.5	34.0	52.2	40.5	46.4	0.87
R388	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	64	57	8	5	18.0	C	D	54.6	53.4	36.0	53.2	42.0	47.6	0.88
R389	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	120	57	15	5	18.0	C	D	54.2	51.8	35.0	53.2	41.3	47.3	0.87
R390	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	56	57	7	5	18.0	D	C	53.7	52.3	35.0	52.4	41.9	47.2	0.89
R391	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	80	57	10	5	18.0	C	D	53.4	51.5	34.5	53.0	42.3	47.7	0.89
R392	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	280	57	35	5	18.0	D	C	55.6	49.3	34.5	53.8	39.1	46.5	0.84
R393	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	56	57	7	5	22.0	D	C	52.8	49.6	29.2	52.8	41.7	47.3	0.88
R394	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	56	57	8	5	22.0	D	C	53.4	50.3	29.9	52.7	42.4	47.6	0.89
R395	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	160	57	20	5	22.0	D	C	53.5	45.4	27.5	52.3	38.1	45.2	0.84
R396	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	184	57	23	5	22.0	D	D	52.1	43.8	26.0	51.2	37.9	44.6	0.85
R397	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	224	57	28	5	22.0	C	D	53.0	42.2	25.6	50.4	35.7	43.1	0.83
R398	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai30	240	29	30	9	21.0	D	C	52.8	48.2	29.5	48.5	33.7	41.1	0.82
R399	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	144	57	18	5	22.0	C	D	51.4	48.9	28.2	50.9	41.0	46.0	0.89
R400	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	164	57	23	5	22.0	C	D	51.7	50.1	28.9	51.0	41.1	46.1	0.89
R401	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	164	57	23	5	22.0	C	D	51.1	47.7	27.4	51.1	40.0	45.6	0.88
R402	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	144	57	18	5	22.0	D	C	52.2	49.8	29.0	50.8	40.8	45.8	0.89
R403	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	164	57	23	5	22.0	D	C	52.2	50.7	29.5	51.4	40.6	46.0	0.88
R404	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	176	57	22	5	22.0	C	D	52.1	50.1	29.1	51.4	40.4	45.9	0.88
R405	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	276	57	27	5	22.0	C	D	56.0	50.0	31.0	54.3	40.2	47.3	0.85
R406	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	256	57	32	5	22.0	C	D	53.5	48.9	29.2	52.4	39.0	45.7	0.85
R407	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	208	57	26	5	22.0	D	C	52.9	48.1	28.5	52.0	39.7	45.9	0.87
R408	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	256	57	32	5	22.0	C	D	53.4	50.4	29.9	52.3	38.9	46.1	0.87
R409	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	208	57	26	5	22.0	C	D	52.6	49.5	29.1	50.5	40.1	45.3	0.89
R410	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	208	57	26	5	22.0	C	D	51.9	47.1	27.5	50.7	39.9	45.3	0.88
R411	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	280	57	35	5	22.0	C	D	51.7	42.8	25.3	49.9	35.6	42.8	0.83
R412	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	280	57	35	5	22.0	D	C	51.8	48.8	28.3	50.7	40.0	45.4	0.88
R413	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	276	57	27	5	20.0	C	D	55.7	52.1	33.9	53.8	42.9	48.4	0.89
R414	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	276	57	27	5	20.0	D	C	55.3	51.7	33.5	53.9	43.1	48.5	0.89
R415	Aluminio	Baxi/Roca	Dubai60	276	57	27	5	20.0	C	D	53.2	34.9	24.1	42.3	30.2	36.3	0.83

Número de radiador	Materia	Marca	Modelo	Anchura (cm)	Altura (cm)	Número de elementos	Número de columnas de aletas	T _{amb} (°C)	Posición entrada de agua	Posición salida de agua	T _{entrada} del agua (°C)	T _{salida} del agua (°C)	Salto térmico (°C)	T _{max} de radiador (°C)	T _{min} de radiador (°C)	T _{medio} del radiador (°C)	Uniformidad del radiador (T _{min} /T _{media})
R416	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	216	57	27	5	20.0	D	D	51.2	30.4	20.8	37.7	27.3	32.5	0.84
R417	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	216	57	27	5	20.0	C	D	56.0	49.5	32.3	53.2	39.0	46.1	0.85
R418	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	216	57	27	5	20.0	D	C	55.9	48.3	32.1	52.6	40.4	46.5	0.87
R419	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	216	57	27	5	20.0	D	C	54.2	50.2	32.2	53.3	41.5	47.4	0.88
R420	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	216	57	27	5	20.0	C	D	55.0	49.9	32.5	54.0	37.5	45.8	0.82
R421	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	144	57	18	5	22.0	D	C	54.9	52.9	31.9	54.3	43.2	48.8	0.89
R422	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	176	57	22	5	22.0	D	C	57.8	54.9	34.4	55.5	44.5	50.0	0.89
R423	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	120	57	15	5	22.0	D	C	57.3	55.9	34.6	56.4	45.3	50.9	0.89
R424	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	112	57	14	5	22.0	D	C	57.4	56.7	35.1	55.5	45.6	50.6	0.90
R425	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	88	57	11	5	22.0	C	D	54.1	53.2	31.7	54.1	42.0	48.1	0.87
R426	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	160	57	20	5	22.0	C	D	56.2	51.1	31.7	54.9	41.1	48.0	0.86
R427	Aluminio	Baxi Roca	Dubal60	160	57	20	5	22.0	D	C	57.0	50.0	31.5	56.4	39.5	48.0	0.82
R428	Aluminio	Ferrol	Europa 450C	112	45	14	5/17	23.0	B	C	69.1	58.7	40.9	69.1	45.5	57.3	0.79
R429	Aluminio	Ferrol	Europa 450C	112	45	14	5/17	23.0	B	C	69.5	60.6	42.1	69.5	47.9	58.7	0.82
R430	Aluminio	Ferrol	Europa 450C	112	45	14	5/17	23.0	B	C	71.5	61.1	43.3	71.5	46.4	59.0	0.79
R431	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	136	60	17	5/17	23.0	B	C	71.7	61.5	43.6	67.1	45.9	56.5	0.81
R432	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	136	60	17	5/17	23.0	B	C	71.3	59.0	42.2	65.3	42.9	54.1	0.79
R433	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	64	60	8	5/17	23.0	C	B	70.8	67.2	46.0	63.5	35.1	49.3	0.71
R434	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	64	60	8	5/17	23.0	C	B	71.1	67.2	46.2	65.1	37.2	51.2	0.73
R435	Aluminio	Ferrol	Europa 450C	160	45	20	5/17	23.0	B	C	68.4	58.5	37.5	65.7	41.1	53.4	0.77
R436	Aluminio	Ferrol	Europa 450C	160	45	20	5/17	23.0	B	C	69.4	59.3	38.4	64.4	43.1	53.8	0.80
R437	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	64	60	8	5/17	23.0	B	C	70.7	64.1	44.4	68.3	48.9	58.6	0.83
R438	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	64	60	8	5/17	23.0	B	C	71.6	64.5	45.1	68.2	49.0	58.6	0.84
R439	Aluminio	Ferrol	Europa 450C	112	45	14	5/17	23.0	B	C	68.6	59.3	38.0	68.3	43.7	56.0	0.78
R440	Aluminio	Ferrol	Europa 450C	112	45	14	5/17	23.0	B	C	71.2	60.4	42.8	69.4	49.5	59.5	0.83
R441	Aluminio	Ferrol	Europa 450C	112	45	14	5/17	23.0	B	C	69.8	60.4	42.1	65.6	48.6	57.1	0.85
R442	Aluminio	Ferrol	Europa 450C	112	45	14	5/17	23.0	B	C	70.0	61.3	42.7	70.0	47.5	58.8	0.81
R443	Aluminio	Ferrol	Europa 450C	112	45	14	5/17	23.0	B	C	72.3	60.3	43.3	69.2	48.4	58.8	0.82
R444	Aluminio	Ferrol	Europa 450C	112	45	14	5/17	23.0	B	C	68.6	59.3	41.0	67.2	47.1	57.2	0.82
R445	Aluminio	Ferrol	Europa 450C	112	45	14	5/17	23.0	B	C	70.4	60.6	42.5	66.3	47.6	57.0	0.84
R446	Aluminio	Ferrol	Europa 450C	112	45	14	5/17	23.0	B	C	69.7	60.3	42.0	67.0	47.4	57.2	0.83
R447	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	64	60	8	5/17	23.0	B	C	70.6	64.7	44.7	68.3	49.6	59.0	0.84
R448	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	64	60	8	5/17	23.0	B	C	59.4	27.4	20.4	50.5	25.7	38.1	0.67
R449	Aluminio	Ferrol	Europa 450C	160	45	20	5/17	23.0	B	C	67.1	45.8	33.5	60.8	37.9	49.4	0.77
R450	Aluminio	Ferrol	Europa 450C	160	45	20	5/17	23.0	B	C	67.3	49.0	35.2	59.6	41.6	50.6	0.82
R451	Aluminio	Ferrol	Europa 450C	160	45	20	5/17	23.0	B	C	65.8	39.6	29.7	63.9	28.2	46.1	0.61
R452	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	64	60	8	5/17	23.0	B	C	67.0	57.4	39.2	62.8	32.9	47.9	0.69
R453	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	64	60	8	5/17	23.0	B	C	67.1	55.2	38.2	58.5	30.7	44.6	0.69
R454	Aluminio	Ferrol	Europa 450C	112	45	14	5/17	23.0	B	C	69.6	63.2	44.4	64.1	32.4	48.3	0.67
R455	Aluminio	Ferrol	Europa 450C	112	45	14	5/17	23.0	B	C	68.9	61.8	42.4	68.6	32.8	50.7	0.65
R456	Aluminio	Ferrol	Europa 450C	112	45	14	5/17	23.0	B	C	68.4	62.4	42.4	67.1	35.8	51.5	0.70
R457	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	40	60	5	5/17	23.0	B	C	71.4	68.9	46.2	70.7	32.0	51.4	0.62
Number of radiator	Material	Brand	Model	Width (cm)	Height (cm)	Number of elements	Number of columns or plates	Room temperature T _{amb} (°C)	Position of entrance of water	Position of exit of water	Entrance temperature of water (°C)	Exit temperature of water (°C)	Thermal gap (°C)	Maximum temperature of radiator T _{max} (°C)	Minimum temperature of radiator T _{min} (°C)	Average temperature of radiator T _{media} (°C)	Uniformity of the radiator (T _{min} /T _{media})

Numero de radiador	Materia	Marca	Modelo	Anchura (cm)	Altura (cm)	Numero de elementos	Numero de columnas o aletas	T _{amb} (°C)	Posición entrada de agua	Posición salida de agua	T _{entrada} del agua (°C)	T _{salida} del agua (°C)	Salto térmico (°C)	T _{max} de radiador (°C)	T _{min} de radiador (°C)	T _{media} del radiador (°C)	Uniformidad del radiador (T _{min} /T _{media})
R458	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	40	60	5	5/7	23.0	B	C	71.3	68.8	47.1	71.0	33.4	52.2	0.64
R459	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	40	60	5	5/7	23.0	B	C	63.6	54.2	35.9	57.1	34.3	45.7	0.75
R460	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	40	60	5	5/7	23.0	B	C	69.6	62.8	43.2	68.3	47.1	57.7	0.82
R461	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	40	60	5	5/7	23.0	B	C	71.6	68.2	46.9	71.3	50.7	61.0	0.83
R462	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	40	60	5	5/7	23.0	B	C	71.2	65.4	45.3	71.0	51.8	61.4	0.84
R463	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	32	60	4	5/7	23.0	B	C	79.4	66.6	50.0	72.0	50.7	61.4	0.83
R464	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	40	60	5	5/7	23.0	B	C	72.2	69.6	47.9	71.5	50.5	61.0	0.83
R465	Aluminio	Ferrol	Europa 600C	40	60	5	5/7	23.0	B	C	70.4	65.6	45.0	68.0	49.5	58.8	0.84
R466	Chapa de acero	Zehnder Nova	NV Vertical	132	238	9	1	22.0	D	C	53.5	49.8	29.7	51.7	45.4	48.6	0.94
R467	Chapa de acero	Zehnder Nova	NV Vertical	132	238	9	1	22.0	D	C	62.6	54.4	36.5	61.1	51.1	56.1	0.91
R468	Chapa de acero	Zehnder Nova	NV Vertical	132	238	9	1	22.0	D	C	52.6	45.2	26.9	52.3	43.7	48.0	0.91
R469	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	120	57	10	5	16.0	A	D	57.4	44.1	34.8	56.1	31.8	44.0	0.72
R470	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	48	57	6	5	16.0	B	D	55.1	46.1	34.6	55.1	38.3	46.7	0.82
R471	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	48	57	6	5	16.0	A	C	54.1	44.5	33.3	54.1	34.2	44.2	0.77
R472	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	48	57	6	5	16.0	B	D	52.2	39.2	29.7	51.8	31.4	41.6	0.75
R473	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	48	57	6	5	16.0	A	C	53.3	41.4	31.4	53.3	33.6	43.5	0.77
R474	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	48	57	6	5	16.0	B	D	52.4	36.7	28.6	50.3	28.4	39.4	0.72
R475	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	48	57	6	5	16.0	A	C	54.5	41.2	31.9	53.7	31.9	42.8	0.75
R476	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	48	57	6	5	16.0	B	D	53.5	39.8	30.7	52.8	32.5	42.7	0.76
R477	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	48	57	6	5	16.0	A	C	54.7	42.9	32.8	54.2	33.5	43.9	0.76
R478	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	80	57	10	5	16.0	A	D	55.6	41.6	32.6	55.6	33.4	44.5	0.75
R479	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	120	57	10	5	16.0	B	C	52.5	39.3	29.9	52.5	30.5	41.5	0.73
R480	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	120	57	10	5	16.0	B	D	58.0	50.4	38.2	58.0	35.0	46.5	0.75
R481	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	64	57	8	5	16.0	B	D	57.5	50.5	38.0	57.5	36.9	47.2	0.78
R482	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	80	57	10	5	16.0	A	C	55.3	34.0	28.7	54.3	26.7	40.5	0.66
R483	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	72	57	9	5	16.0	A	C	54.7	33.2	28.0	53.2	26.6	39.9	0.67
R484	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	48	57	6	5	16.0	A	C	55.8	43.8	33.8	55.8	30.6	43.2	0.71
R485	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	48	57	6	5	16.0	A	C	54.2	40.4	31.3	53.2	30.2	41.7	0.72
R486	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	120	57	10	5	16.0	B	C	59.8	50.9	39.4	58.9	35.0	47.0	0.75
R487	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	120	57	10	5	16.0	A	C	58.3	42.7	34.5	56.3	32.0	44.2	0.72
R488	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	64	57	8	5	16.0	B	C	59.3	52.7	40.0	59.3	37.0	48.2	0.77
R489	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	120	57	10	5	16.0	A	D	51.4	35.8	27.6	51.4	28.6	40.0	0.72
R490	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	200	57	25	5	22.0	A	D	56.4	48.2	31.3	57.1	31.1	44.1	0.71
R491	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	64	57	8	5	22.0	A	C	56.1	49.2	30.7	56.1	37.4	46.8	0.80
R492	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	64	57	8	5	22.0	A	D	56.8	47.6	30.2	56.8	38.3	47.6	0.81
R493	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	160	57	20	5	22.0	A	D	56.3	48.2	30.3	56.3	36.3	46.3	0.78
R494	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	72	57	9	5	22.0	A	C	58.4	51.7	33.1	58.4	40.9	49.7	0.82
R495	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	72	57	9	5	22.0	A	C	59.1	53.5	34.3	59.1	41.5	50.3	0.83
R496	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	72	57	9	5	22.0	B	D	58.5	52.5	33.7	58.5	41.6	50.1	0.83
R497	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	160	57	20	5	22.0	A	D	53.1	39.1	24.1	52.9	32.0	42.5	0.75
R498	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	72	57	9	5	22.0	B	D	58.1	52.3	33.7	59.1	41.6	50.4	0.83
R499	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	200	57	25	5	22.0	A	D	53.8	38.3	24.1	52.8	29.1	41.0	0.71
R500	Aluminio	Ferrol	Xian 600N	64	57	8	5	22.0	B	C	56.4	47.3	29.9	56.4	38.1	47.3	0.81

PATOLOGÍAS EN RADIADORES DE ALUMINIO

PATHOLOGIES IN ALUMINIUM RADIATORS

Número de radiador	Radiador frío por arriba	Radiador frío por abajo	Concentración de calor en aberturas de aletas	Elemento aislado diferente	Degradado convexo	Degradado diagonal	Manchas de temperatura diferente	Radiador sectorizado
R002			o	o				
R003			o					o
R004			o					o
R005			o					o
R006								o
R007						o		
R008								
R013			o					o
R017				o				
R018								o
R019								
R020				o				
R021								
R029							o	
R030								
R031								
R036			o	o				
R037			o	o				
R038			o	o				
R039			o	o				
R042			o					
R045								
R046		o	o					
R047								
R048		o	o	o				
R049		o	o	o				
R050			o	o				
R051			o					
R052			o	o				
R053			o					
R055		o	o					
R057		o	o					
R059			o		o			
R060			o	o				
R061			o	o			o	
R062			o				o	
R063			o	o			o	
R064			o				o	
R065			o	o				
R066			o					
R067								
R068		o						
R069		o						
R070								o
R071						o		
R072						o		
Number of radiator	Cold-top radiator	Cold bottom-radiator	Heat concentration in the openings of the plates	Isolated different element	Convex gradient	Diagonal gradient	Patches of different temperature	Sectorized radiator

Número de radiador	Radiador frío por arriba	Radiador frío por abajo	Concentración de calor en aberturas de aletas	Elemento aislado diferente	Degradado convexo	Degradado diagonal	Manchas de temperatura diferente	Radiador sectorizado
R073								o
R074			o			o		
R078							o	o
R080							o	o
R082							o	o
R084							o	o
R086							o	o
R090					o			
R091				o	o			
R121		o		o				
R124				o		o		
R125								
R127		o		o			o	
R179								
R180								
R181						o		
R182		o		o				
R183		o		o				
R184								
R185						o		
R285					o			
R286					o			
R287				o				
R288		o						
R289		o						
R290		o						
R291		o						
R292		o						
R293		o						
R294		o		o				
R295		o						
R296		o		o				
R297		o						
R298		o		o				
R299		o		o				
R300				o				
R301				o	o			
R302		o		o				
R303						o		o
R304					o			
R305		o						
R306					o			
R307				o				
R308				o				
R309			o	o				
R310			o	o				
R311			o	o				
R312			o					
R313			o					
R331			o				o	
Number of radiator	Cold-top radiator	Cold bottom-radiator	Heat concentration in the openings of the plates	Isolated different element	Convex gradient	Diagonal gradient	Patches of different temperature	Sectorized radiator

Número de radiador	Radiador frío por arriba	Radiador frío por abajo	Concentración de calor en aberturas de aletas	Elemento aislado diferente	Degradado convexo	Degradado diagonal	Manchas de temperatura diferente	Radiador sectorizado
R332			o				o	o
R333			o					o
R334			o					o
R335			o	o				
R336			o					o
R339		o		o				
R344			o	o				
R345			o	o				
R351			o	o		o		
R352			o	o				
R353			o	o				
R354			o	o				
R355			o	o				
R356			o	o	o			
R357			o	o	o			
R358			o	o				
R359			o	o				
R360			o	o				
R361			o				o	
R362			o	o				
R363			o	o	o			
R364			o	o		o		
R365			o		o			
R366			o				o	
R367			o				o	
R368			o					
R369			o				o	
R370			o	o				
R371			o	o	o			
R372		o	o					
R373			o				o	
R374		o	o					
R375			o	o				
R376		o	o					
R377			o	o				
R378			o	o	o			
R379			o	o	o			
R380			o		o			
R381			o			o		
R382			o	o				
R383			o				o	
R384			o				o	
R385			o				o	
R386			o				o	o
R387			o				o	
R388			o				o	
R389			o				o	o
R390			o					o
R391			o				o	
R392			o			o	o	
Number of radiator	Cold-top radiator	Cold bottom-radiator	Heat concentration in the openings in the plates	Isolated different element	Convex gradient	Diagonal gradient	Patches of different temperature	Sectorized radiator

Número de radiador	Radiador frío por arriba	Radiador frío por abajo	Concentración de calor en aberturas de aletas	Elemento aislado diferente	Degradado convexo	Degradado diagonal	Manchas de temperatura diferente	Radiador sectorizado
R393			o	o				
R394			o	o				
R395			o	o		o		
R396			o	o		o		
R397			o	o		o		
R398			o					
R399			o				o	o
R400			o				o	
R401			o	o			o	o
R402			o				o	o
R403			o				o	o
R404			o				o	o
R405			o				o	o
R406			o				o	o
R407			o	o			o	o
R408			o				o	o
R409			o				o	
R410			o				o	o
R411			o			o		
R412			o				o	
R413			o				o	
R414			o				o	o
R415		o	o					
R416		o	o					
R417			o				o	o
R418			o				o	o
R419			o				o	o
R420			o				o	o
R421			o				o	o
R422			o				o	
R423			o				o	
R424			o				o	
R425			o				o	o
R426			o			o		o
R427			o	o				o
R428		o						
R429		o						
R430				o		o		
R431		o						
R432		o						
R433		o		o				
R434		o		o				
R435		o						
R436					o			
R437		o						
R438		o						
R439		o						
R440					o			
R441		o						
R442					o			
Number of radiator	Cold-top radiator	Cold bottom-radiator	Heat concentration in the openings of the plates	Isolated different element	Convex gradient	Diagonal gradient	Patches of different temperature	Sectorized radiator

Número de radiador	Radiador frío por arriba	Radiador frío por abajo	Concentración de calor en aberturas de aletas	Elemento aislado diferente	Degradado convexo	Degradado diagonal	Manchas de temperatura diferente	Radiador sectorizado
R443		○						
R444		○						
R445		○						
R446		○						
R447		○						
R448		○						
R449					○			
R450		○						
R451	○							
R452	○							
R453	○							
R454	○							
R455	○							
R456	○							
R457	○							
R458	○							
R459	○							
R460		○						
R461		○						
R462		○						
R463		○						
R464		○						
R465		○						
R469		○	○					
R470		○	○					
R471		○	○					
R472		○	○					
R473		○	○					
R474		○	○					
R475		○	○					
R476		○	○					
R477		○	○					
R478		○	○					
R479		○	○					
R480			○	○		○		
R481			○	○		○		
R482		○	○					
R483		○	○					
R484		○	○					
R485		○	○					
R486			○	○	○			
R487		○	○					
R488			○	○				
R489		○	○					
R490			○			○		
R491			○	○				
R492		○	○					
R493			○			○		
R494			○	○				
R495			○			○		
Number of radiator	Cold-top radiator	Cold bottom-radiator	Heat concentration in the openings in the plates	Isolated different element	Convex gradient	Diagonal gradient	Patches of different temperature	Sectorized radiator

Número de radiador	Radiador frío por arriba	Radiador frío por abajo	Concentración de calor en aberturas de aletas	Elemento aislado diferente	Degradado convexo	Degradado diagonal	Manchas de temperatura diferente	Radiador sectorizado
R496		○	○					
R497		○	○					
R498			○	○				
R499		○	○					
R500		○	○					
Number of radiator	Cold-top radiator	Cold bottom-radiator	Heat concentration in the openings of the plates	Isolated different element	Convex gradient	Diagonal gradient	Patches of different temperature	Sectorized radiator

9	77	150	76	21	23	51	40
---	----	-----	----	----	----	----	----

PATOLOGÍAS EN RADIADORES DE CHAPA DE ACERO

PATHOLOGIES IN STEEL PLATE RADIATORS

Número de radiador	Radiador frío por arriba	Radiador frío por abajo	Concentración de calor en aberturas de aletas	Elemento aislado diferente	Degradado convexo	Degradado diagonal	Manchas de temperatura diferente	Radiador sectorizado
R001		○						
R012		○						
R014								
R015	○						○	
R016	○							
R032								
R033								
R034								
R035	○							
R126			○					
R318	○							
R319	○							
R321	○							
R322	○							
R323		○						
R324	○						○	
R325							○	
R326							○	
R327					○		○	
R328					○		○	
R329							○	
R330						○	○	
R337								
R338		○						
R466		○		○				
R467		○		○				
R468		○		○				
Number of radiator	Cold-top radiator	Cold bottom-radiator	Heat concentration in the openings of the plates	Isolated different element	Convex gradient	Diagonal gradient	Patches of different temperature	Sectorized radiator

8	7	1	3	2	1	8	0
---	---	---	---	---	---	---	---

PATOLOGÍAS EN RADIADORES DE HIERRO FUNDIDO

PATHOLOGIES IN MOLTEN IRON RADIATORS

Número de radiador	Radiador frío por arriba	Radiador frío por abajo	Concentración de calor en aberturas	Elemento aislado diferente	Degradado convexo	Degradado diagonal	Manchas de temperatura diferente	Sectorización del radiador
R009						o		
R010		o						
R011		o						
R022								
R023								
R024								
R025					o			
R026								
R027						o		
R028								
R040								
R041								
R043								
R044								
R054		o						
R056		o						
R058		o						
R075		o						
R076		o						
R077								
R079								
R081								
R083								
R085								
R087						o		
R088	o			o				
R089	o			o				
R092						o		
R093						o		
R094						o		
R095						o		
R096						o		
R097						o		
R098								
R099								
R100	o			o				
R101	o			o				
R102	o							
R103	o							
R104	o							
R105						o		
R106					o			
R107		o						
R108		o						
R109						o		
R110						o		
Number of radiator	Cold-top radiator	Cold bottom-radiator	Heat concentration in the openings of the plates	Isolated different element	Convex gradient	Diagonal gradient	Patches of different temperature	Sectorized radiator

Número de radiador	Radiador frío por arriba	Radiador frío por abajo	Concentración de calor en aberturas	Elemento aislado diferente	Degradado convexo	Degradado diagonal	Manchas de temperatura diferente	Sectorización del radiador
R111						○		
R112						○		
R113				○		○		
R114					○			
R115		○						
R116		○						
R117		○						
R118		○						
R119		○						
R120		○						
R122		○						
R123		○		○				
R128						○		○
R129								
R130								
R131								
R132					○			
R133						○		
R134					○			
R135								
R136						○	○	
R137						○	○	
R138								
R139								
R140								
R141		○						
R142								
R143						○	○	
R144					○			
R145								
R146								
R147								
R148						○		
R149								
R150	○							
R151								○
R152		○		○				
R153		○		○				
R154		○		○				
R155		○		○				
R156				○		○		
R157				○		○		
R158				○		○		
R159		○		○				
R160				○	○			
R161				○		○		
R162				○		○		
R163				○		○		
R164				○		○		
R165		○						
Number of radiator	Cold-top radiator	Cold bottom-radiator	Heat concentration in the openings of the plates	Isolated different element	Convex gradient	Diagonal gradient	Patches of different temperature	Sectorized radiator

Número de radiador	Radiador frío por arriba	Radiador frío por abajo	Concentración de calor en aberturas	Elemento aislado diferente	Degradado convexo	Degradado diagonal	Manchas de temperatura diferente	Sectorización del radiador
R166						o		
R167								
R168				o		o		
R169						o	o	
R170						o	o	
R171		o						
R172		o						
R173						o		
R174		o						
R175								
R176				o		o		
R177						o		
R178		o						
R186						o		
R187						o		
R188					o			
R189						o		
R190				o		o		
R191								
R192						o		
R193						o		
R194						o		
R195						o		
R196								
R197								
R198		o						
R199								
R200								
R201								
R202								
R203		o						
R204	o							
R205						o		
R206						o		
R207	o							
R208								
R209								
R210					o			
R211					o		o	
R212					o		o	
R213						o	o	
R214						o	o	
R215						o		
R216						o		
R217						o	o	
R218				o		o		
R219		o						
R220						o		
R221					o			
R222								
Number of radiator	Cold-top radiator	Cold bottom-radiator	Heat concentration in the openings of the plates	Isolated different element	Convex gradient	Diagonal gradient	Patches of different temperature	Sectorized radiator

Número de radiador	Radiador frío por arriba	Radiador frío por abajo	Concentración de calor en aberturas	Elemento aislado diferente	Degradado convexo	Degradado diagonal	Manchas de temperatura diferente	Sectorización del radiador
R223		o		o				
R224		o						
R225		o						
R226		o						
R227		o						
R228		o						
R229		o						
R230		o		o				
R231		o		o				
R232				o		o		
R233				o		o		
R234				o		o		
R235				o		o		
R236		o						
R237		o						
R238		o		o				
R239		o		o				
R240		o		o				
R241		o		o				
R242						o		
R243		o						
R244						o		
R245						o		
R246		o		o				
R247		o		o				
R248						o		
R249						o		
R250		o		o				
R251				o		o		
R252		o						
R253		o						
R254		o		o				
R255				o				
R256								o
R257				o		o		
R258		o						
R259		o						
R260		o					o	
R261						o		
R262						o	o	
R263						o		
R264					o		o	
R265				o	o			
R266					o			
R267					o			
R268						o		
R269						o		
R270								
R271					o			
R272						o		
Number of radiator	Cold-top radiator	Cold bottom-radiator	Heat concentration in the openings of the plates	Isolated different element	Convex gradient	Diagonal gradient	Patches of different temperature	Sectorized radiator

Número de radiador	Radiador frío por arriba	Radiador frío por abajo	Concentración de calor en aberturas	Elemento aislado diferente	Degradado convexo	Degradado diagonal	Manchas de temperatura diferente	Sectorización del radiador
R273						o		
R274					o			
R275					o			
R276					o			
R277				o		o		
R278		o						
R279						o	o	
R280						o	o	
R281						o		
R282		o						
R283					o			
R284					o		o	
R314						o		
R315				o				
R316						o		
R317		o						
R320		o						
R340					o			
R341					o			
R342				o	o			
R343		o						
R346					o			
R347					o			
R348		o						
R349		o		o				
R350				o				
Number of radiator	Cold-top radiator	Cold bottom-radiator	Heat concentration in the openings of the plates	Isolated different element	Convex gradient	Diagonal gradient	Patches of different temperature	Sectorized radiator

10	63	0	47	27	76	16	3
----	----	---	----	----	----	----	---



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA
2018