



Universidad de
Oviedo



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE GIJÓN.

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERIA INDUSTRIAL.

ÁREA DE ENERGÍA

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**PROYECTO DE ESTUDIO Y MEJORA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES
DE CLIMATIZACIÓN Y ACS EN UN EDIFICIO DE VIVIENDAS CON SISTEMAS DE
ALTA EFICIENCIA.**

D. RIVERA VERDYGUER, Álvaro
TUTOR: D. FRANCISCO JAVIER FERNANDEZ GARCÍA

FECHA: Julio 2019

INDICE

1) INTRODUCCIÓN. REFORMA ENERGÉTICA.	1
2) OBJETIVOS Y ALCANCE.	5
3) CARGA TÉRMICA DE CALEFACCIÓN Y DEMANDA.	6
3.1) Carga térmica de un local.	6
3.1.1) Transmitancia asociada a los cerramientos en contacto con el exterior.	10
3.1.2) Transmitancia asociada a los cerramientos en contacto con el ambiente interior.	10
3.1.3) Transmitancia asociada a los huecos.	11
3.1.4) Suplementos.	11
3.2) Carga sensible por renovación del aire.	12
3.3) Cálculo de la demanda de la instalación.	13
4) SITUACIÓN INICIAL.	15
4.1) Descripción arquitectónica del edificio.	15
4.2) Transmitancia térmica del edificio original.	17
4.2.1) Fachada exterior.	17
4.2.2) Medianeras.	17
4.2.3) La cubierta inclinada.	18
4.2.4) Transmitancia asociada al cerramiento en contacto con el suelo.	19
4.2.5) Transmitancia asociada al forjado de las viviendas.	19
4.2.6) Transmitancia asociada a huecos.	20
4.3) Condiciones exteriores e interiores de diseño.	21
4.3.1) Condiciones exteriores de diseño.	21
4.3.2) Condiciones Interiores de diseño.	23
4.4) Resultados.	24
4.4.1) Vivienda 1÷2ºA.	25
4.4.2) Vivienda 1÷2ºB.	27
4.4.3) Vivienda 1÷2ºC.	28
4.4.4) Vivienda 1÷2ºD.	31
4.4.5) Vivienda 1÷2ºE.	33
4.4.6) Vivienda 1ºF.	36
4.4.7) Vivienda 3ºA.	38
4.4.8) Vivienda 3ºB.	40
4.4.9) Vivienda 3ºC.	41

4.4.10)	Vivienda 3ºD.....	44
4.4.11)	Vivienda 3ºE	46
4.4.12)	Vivienda 3ºF.	49
5)	PROPUESTAS DE MEJORAS.....	52
5.1)	Nueva Envolvente y su transmitancia asociada.	53
5.1.1)	Nueva Fachada.	56
5.1.2)	Medianeras.....	57
5.1.3)	Particiones interiores.	57
5.1.4)	Cubierta.....	58
5.1.5)	Forjado de las viviendas.	59
5.1.6)	Ventanas.....	60
5.1.7)	Cálculo de la carga térmica asociada al nuevo edificio.	60
5.2)	Sistema de calefacción y producción de a.c.s. centralizada. Calefacción por suelo radiante.	60
5.2.1)	Diseño del sistema de calefacción por suelo radiante.	63
5.2.2)	Sistema de producción de calefacción escogido.....	71
5.2.3)	Redes de tuberías. Diseño y cálculo.	72
5.2.4)	Aislamiento térmico de redes de tuberías.	74
5.2.5)	Cálculo de los circuladores.	75
5.2.6)	Cálculo del vaso de expansión.....	82
5.2.7)	Consumo energético del sistema de calefacción.	84
5.2.8)	Sistema de producción de a.c.s. – justificación de la contribución solar mínima DB-HE4	85
5.2.9)	Determinación del volumen de acumulación de A.C.S.	85
5.2.10)	Grupo térmico para producción de A.C.S.....	86
5.2.11)	Aprovechamiento de las energías renovables.	87
5.3)	Redes de tuberías. Implementación de recuperadores de calor individuales.	91
5.3.1)	Caracterización y cuantificación de las exigencias.	91
5.3.2)	Diseño de los conductos de ventilación.	96
5.3.3)	Ventilación híbrida y ventilación mecánica.....	98
5.3.4)	Aberturas y bocas de ventilación.	99
5.3.5)	Conductos de admisión.	100
5.3.6)	Conductos de extracción para ventilación mecánica.....	100
5.3.7)	Recuperador de calor.	101
5.3.8)	Recuperador de calor elegido.	102

Proyecto de estudio y mejora energética de las instalaciones de climatización y ACS en un edificio de viviendas con sistemas de alta eficiencia



5.3.9)	Redes de impulsión y extracción de aire.....	104
5.3.10)	Pérdida de carga en conductos.....	104
6)	ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS 2 EDIFICIOS EN TÉRMINOS DE ENERGÍA PRIMARIA Y EMISIONES DE CO ₂	108
7)	CONCLUSIONES.....	111
8)	Bibliografía.....	112

INDICE DE TABLAS

Tabla 3-1. Coeficientes en para el método de grados día en función del combustible.....	14
Tabla 4-1. Información viviendas PL.1ª÷3ª	16
Tabla 4-2. Composición cerramiento fachada.	17
Tabla 4-3.Composición cerramiento medianera.....	18
Tabla 4-4. Composicion cerramiento Zonas Comunes.....	18
Tabla 4-5. Características del forjado.....	20
Tabla 4-6. Condiciones Proyecto Calefacción (Temperatura seca exterior mínima)	21
Tabla 4-7. Condiciones Proyecto Refrigeración (temperatura seca exterior máxima)	21
Tabla 4-8. Condiciones interiores de diseño.	23
Tabla 4-9. Cargas Térmicas Asociadas a la vivienda 1ª÷2ªA. (I)	25
Tabla 4-10. Cargas Térmicas asociada a la Vivienda 1ª÷2ªA. (II)	26
Tabla 4-11. Cargas Térmicas Vivienda 1ª÷2ªB (I).....	27
Tabla 4-12. Cargas Térmicas Vivienda 1ª÷2ªB (II).....	28
Tabla 4-13. Cargas Térmicas Vivienda 1ª÷2ªC (I).....	28
Tabla 4-14. Cargas Térmicas Vivienda 1ª÷2ªC (II).....	29
Tabla 4-15. Cargas Térmicas Vivienda 1ª÷2ªC (III).....	30
Tabla 4-16. Cargas Térmicas Vivienda 1ª÷2ªD (I)	31
Tabla 4-17. Cargas Térmicas Vivienda 1ª÷2ªD (II)	32
Tabla 4-18. Cargas Térmicas Vivienda 1ª÷2ªD(III)	33
Tabla 4-19. Cargas Térmicas Vivienda 1ª÷2ªE (I).....	33
Tabla 4-20. Cargas Térmicas Vivienda 1ª÷2ªE (II).....	34
Tabla 4-21. Cargas Térmicas Vivienda 1ª÷2ªE(III).....	35
Tabla 4-22. Cargas Térmicas Vivienda 1ª÷2ªF (I)	36
Tabla 4-23. Cargas Térmicas Vivienda 1ª÷2ªF (II)	37
Tabla 4-24. Cargas Térmicas Asociadas a la vivienda 3ªA (I).....	38
Tabla 4-25. Cargas Térmicas asociada a la Vivienda 3ªA (II)	39
Tabla 4-26. Cargas Térmicas Vivienda 3ªB (I).....	40
Tabla 4-27. Cargas Térmicas Vivienda 3ªB (II).....	41
Tabla 4-28. Cargas Térmicas Vivienda 3ªC (I).....	41
Tabla 4-29. Cargas Térmicas Vivienda 3ªC (II).....	42
Tabla 4-30. Cargas Térmicas Vivienda 3ªC (III).....	43
Tabla 4-31. Cargas Térmicas Vivienda 3ªD (I)	44
Tabla 4-32. Cargas Térmicas Vivienda 3ªD (II)	45
Tabla 4-33. Cargas Térmicas Vivienda 3ªD.....	46
Tabla 4-34. Cargas Térmicas Vivienda 3ªE (I)	46
Tabla 4-35. Cargas Térmicas Vivienda 3ªE (II)	47
Tabla 4-36. Cargas Térmicas Vivienda 3ªE(III).....	48
Tabla 4-37. Cargas Térmicas Vivienda 3ªF (I)	49
Tabla 4-38. Cargas Térmicas Vivienda 3ªF (II)	50
Tabla 4-39. Resumen pérdidas térmicas por vivienda.	51
Tabla 5-1. Transmitancia térmica límite de las particiones interiores, cuando delimiten unidades de distinto uso, zonas comunes, y medianeras, U en W/m ² .K	55

Tabla 5-2. Transmitancia térmica límite de las particiones interiores, cuando delimiten unidades de mismo uso, U en W/m ² .K	56
Tabla 5-3. Descripción de la nueva fachada.....	56
Tabla 5-4. Composición de las medianeras.....	57
Tabla 5-5. Composición del tabique de separación entre viviendas.	58
Tabla 5-6. Composición de las Paredes Interiores	58
Tabla 5-7. Composición de la Cubierta.....	59
Tabla 5-8. Composición del forjado.	59
Tabla 5-9. Emisiones de suelo radiante en función del paso de tubería y de la temperatura de impulsión.....	65
Tabla 5-10. Pérdidas y emisiones vivienda 1ºA.....	66
Tabla 5-11 Pérdidas y emisiones vivienda 1ºB.....	66
Tabla 5-12 Pérdidas y emisiones vivienda 1ºC.....	66
Tabla 5-13. Pérdidas y emisiones vivienda 1ºD	66
Tabla 5-14 Pérdidas y emisiones vivienda 1ºE	67
Tabla 5-15 Pérdidas y emisiones vivienda 1ºF	67
Tabla 5-16 Pérdidas y emisiones vivienda 2ºA.....	67
Tabla 5-17 Pérdidas y emisiones vivienda 2ºB.....	68
Tabla 5-18 Pérdidas y emisiones vivienda 2ºC.....	68
Tabla 5-19. Pérdidas y emisiones vivienda 2ºD	68
Tabla 5-20. Pérdidas y emisiones vivienda 2ºE - 2ºF	69
Tabla 5-21. Pérdidas y emisiones vivienda 3ºA.....	69
Tabla 5-22. Pérdidas y emisiones vivienda 3ºB.....	69
Tabla 5-23. Pérdidas y emisiones vivienda 3ºC.....	69
Tabla 5-24. Pérdidas y emisiones vivienda 3ºD	70
Tabla 5-25. Pérdidas y emisiones vivienda 3ºE.....	70
Tabla 5-26. Pérdidas y emisiones vivienda 3ºF.....	70
Tabla 5-27. Pérdida de carga continua por metro de tubería.....	78
Tabla 5-28. Valor del coeficiente de pérdida de carga localizada (I) (5)	79
Tabla 5-29 Valor del coeficiente de pérdida de carga localizada (II) (5)	80
Tabla 5-30. Pérdida de carga localizada en accesorios.	80
Tabla 5-31. Caudales mínimos de ventilación establecidos en el DB HS3	92
Tabla 5-32. Caudales ventilación interior vivienda tipo A.....	92
Tabla 5-33.Caudales ventilación interior vivienda tipo B.....	92
Tabla 5-34. Caudales ventilación interior vivienda tipo C.....	93
Tabla 5-35. Caudales ventilación interior vivienda tipo D	93
Tabla 5-36. Caudales ventilación interior vivienda tipo E.....	93
Tabla 5-37. Caudales ventilación interior vivienda tipo F	93
Tabla 5-38. Caudal de aire mínimo total a suministrar en las viviendas.....	94
Tabla 5-39. Caudales de aire exterior en dm ³ /s por persona.	94
Tabla 5-40. Comparativa entre el caudal en L/s según el CTE y el RITE.....	95
Tabla 5-41. Clases de filtración.	95
Tabla 5-42. Pérdidas de carga por red de impulsión/extracción.	106
Tabla 6-1. Demanda energética de los dos edificios.....	108
Tabla 6-2. Tabla resumen de los consumos del Edificio Rehabilitado.	109
Tabla 6-3. Comparativa entre los 2 edificios en consumo de energía y energía primaria.....	109

1) INTRODUCCIÓN. REFORMA ENERGÉTICA.

Para poder entender el objetivo llevado a cabo en este proyecto es necesario conocer que se entiende por reforma o rehabilitación energética y es que según la RAE reformar algo consiste en *“Aquello que se propone, proyecta o ejecuta como innovación o mejora en algo.”*

Por consiguiente, reformar algo consiste en innovar o mejorar en algo, tomar algo antiguo o desfasado y sustituirlo o adaptarlo a las nuevas exigencias que demanda el sistema.

Si se tiene en cuenta esta descripción llevar a cabo una reforma energética consistirá en adaptar o sustituir los elementos que componen los sistemas energéticos de un conjunto para adaptarlos a las exigencias actuales.

Si llevamos esta práctica al campo de la edificación, una reforma energética consistirá en la innovación o mejora de los equipos que se encuentran actualmente en el edificio, y en el caso de no ser posible, la sustitución de estos por otros que cumplan con los requisitos asociados al sistema. Dentro de este conjunto se encuentran englobados los sistemas de calefacción y refrigeración, así como, el sistema de producción de Agua Caliente Sanitaria, A.C.S. de aquí en adelante.

Pero no solo es posible mejorar los sistemas anteriormente citados, si no, que estos se dimensionan para poder satisfacer una demanda energética normalmente asociada al propio edificio. Esta demanda viene normalmente ligada a las cargas térmicas, provocadas por diversos factores como, por ejemplo, la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior del edificio ya que no todas las partes del edificio se encuentran a la misma temperatura o por la introducción de aire no acondicionado del exterior para mantener la renovación del aire en el interior de la vivienda.

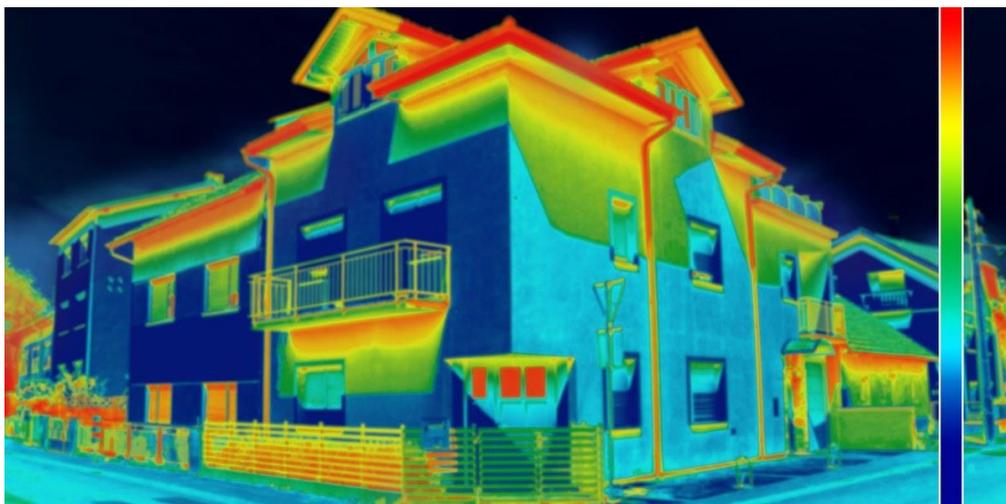


Imagen 1-1. Termografía de un edificio.

Para mejorar un edificio se tienen 2 opciones.

La primera de ellas consiste en rehabilitar la envolvente térmica del edificio sustituyendo los elementos más desfavorables del edificio o reacondicionando la envolvente para otorgarle un mayor grado de aislamiento térmico. Llevar a cabo una rehabilitación puede realizarse de diferentes maneras ya sea cambiando las ventanas por unas con un cristal con mayor espesor, que otorga un mayor grado de aislamiento en el interior de la vivienda, evitando que el calor se escape de la estancia y evitando la entrada de aire frío. Otra posibilidad es la fachada exterior. Las fachadas antiguas carecen de aislamiento lo que se traduce en unas pérdidas de calor a través de ella mayores que las fachadas actuales. Para evitar esto en la actualidad se lleva a cabo el concepto de fachada ventilada, que, sin alterar la fachada original, se le otorga una capa de aislamiento y un acabado nuevo que aumenta el grado de aislamiento consiguiendo reducir las pérdidas térmicas.

La segunda de ellas cuando no es viable realizar una rehabilitar la envolvente, es actuar sobre los equipos de producción térmica. Los equipos de hoy en día tienen un mayor rendimiento y un menor consumo que los equipos más antiguos, por lo que su sustitución conlleva una disminución en el consumo de la instalación. Un ejemplo sería la sustitución de una caldera de gasoil o de carbón por una de gas de condensación con rendimientos próximos a la unidad, consiguen reducir los consumos de las instalaciones en un 30%.

Todo esto se realiza con varios objetivos claros, pero el principal es conseguir un ahorro energético en la instalación al mejorar las prestaciones de los sistemas o reducir la demanda energética de las estancias. De esta manera se consigue un ahorro importante tanto en dinero, como en consumo de energía primaria y emisiones de CO₂.

Este ahorro en emisiones de CO₂ y consumos de energía primaria es muy importante de cara al futuro y poder cumplir con el objetivo del 2030 de la Unión Europea (1), donde es necesario reducir en un 40% las emisiones de CO₂ con respecto a los niveles de 1990; un 27% de la energía generada ha de ser mediante sistemas de energía renovable, y por último una mejora del 27% en los sistemas de eficiencia energética.

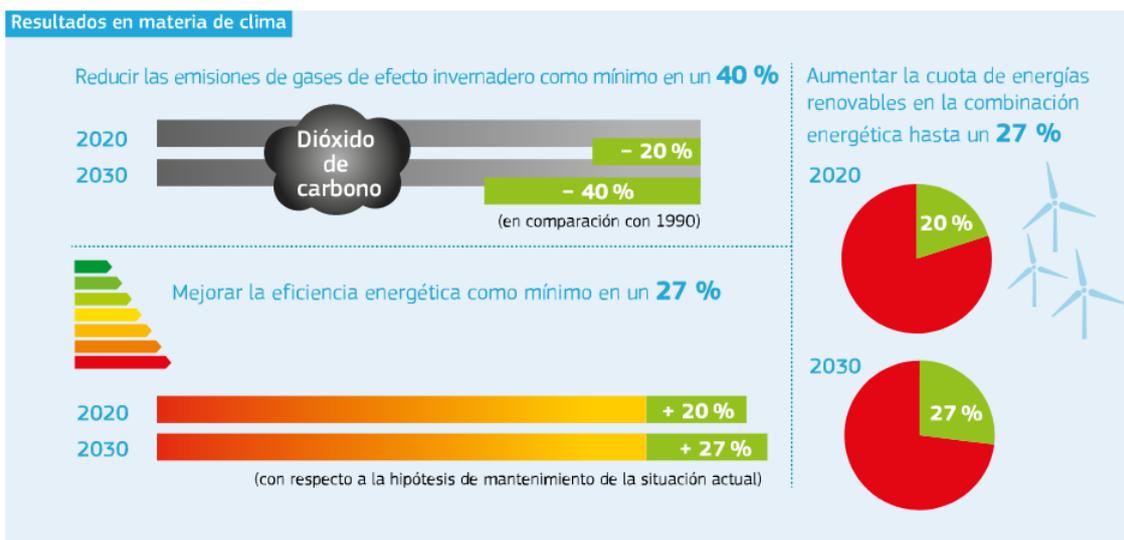


Imagen 1-2. Objetivo 2030 Unión Europea.

En la actualidad existen muchos edificios antiguos cuyo sistema de generación son los originalmente instalados, cuyas emisiones de CO₂ son superiores a los nuevos sistemas. De cara no ya al 2030, si no a un futuro un poco más lejano, será necesario adaptar la mayoría de estos sistemas a la normativa europea para poder cumplir los objetivos impuestos. Todo esto pasa por reacondicionar la envolvente o mejorar los sistemas de generación del edificio.

Para conseguir este objetivo lo más importante es que desaparezcan en la mayoría de lo posible las instalaciones con combustibles fósiles, sobre todo aquellas instalaciones antiguas de carbón y gasóleo. El carbón es uno de los combustibles que más contaminan de todos por lo que descarbonizar los sistemas de producción de calefacción y de ACS deberá de ser uno de los objetivos que se debería perseguir para poder alcanzar los requisitos marcados por la Unión Europea.

Estos equipos que queman carbón pueden sustituirse por calderas de condensación a gas natural con un elevado rendimiento y unas menores emisiones de CO₂, así como, la implementación de sistemas de generación de energía renovable como colectores solares para producción de agua caliente, o paneles fotovoltaicos para la producción de energía eléctrica que alimente a una bomba de calor aerotérmica para la producción de agua caliente y calefacción.

Si además de instalar sistemas más eficientes aunamos esto, con sistemas de calefacción más eficientes como radiadores de baja temperatura o suelo radiante, se consiguen unos ahorros energéticos muy significativos sin renunciar al confort térmico dentro de la vivienda.

Una de las medidas que se está adoptando en la actualidad es la instalación de bombas de calor aerotérmicas que, juntándolas con calefacción por suelo radiante, consiguen un consumo de energía primaria y emisiones de CO₂ muy bajas. Las bombas de calor aprovechando la energía del aire mediante un ciclo frigorífico, son capaces de calentar un fluido secundario que nos servirá para producir calefacción en la vivienda o generar ACS.

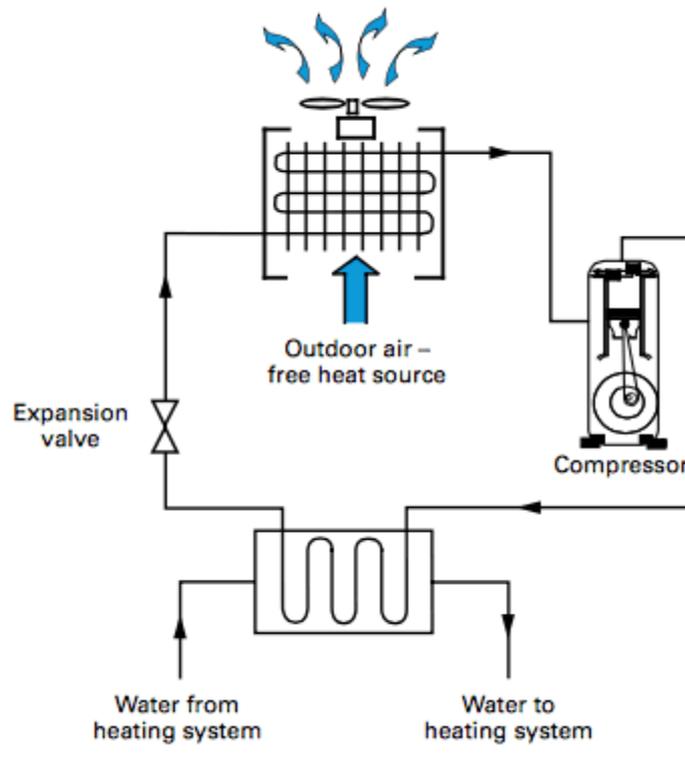


Imagen 1-3. Principio de funcionamiento de una bomba de calor.

Como se puede ver las posibilidades son muy variadas. Es posible actuar sobre muchos elementos y conseguir de esta manera un ahorro energético importante, con el cual, no solo se beneficiaría el usuario de la instalación, sino que, indirectamente estará contribuyendo a alcanzar un objetivo más global.

2) OBJETIVOS Y ALCANCE.

El objetivo de este Proyecto Fin de Máster es la mejora de las instalaciones de calefacción y producción de ACS de un edificio de 18 viviendas situado en la C/ Schultz en Oviedo que se construyó en 1969. El uso destinado a este edificio es doble pues su planta baja y entreplanta se encuentran destinadas a locales comerciales y oficinas, mientras que las plantas superiores están destinadas a uso residencial particular.

Para ello se proponen los siguientes objetivos:

1. Llevar a cabo una rehabilitación de la envolvente térmica del edificio para reducir las pérdidas térmicas, consiguiendo reducir el consumo de los sistemas de calefacción.
2. Implementación de nuevos sistemas de producción de calefacción y ACS centralizada de mayor eficiencia que los originalmente instalados (radiadores y termos eléctricos) reduciendo así el consumo de la instalación manteniendo el confort térmico dentro de las viviendas.
3. Sustitución de los sistemas de ventilación forzada del edificio por nuevos sistemas de ventilación mecánica controlada que conseguirán reducir las necesidades térmicas de las estancias al introducir aire a las estancias ya acondicionado, y no, directamente desde el exterior.
4. Conseguir un ahorro de energía primaria y de emisiones de CO₂ con respecto a la situación inicial.

Han quedado fuera del alcance de este Proyecto Fin de Master:

1. La certificación energética del edificio habiéndose realizado para este proyecto por un estudio independiente.
2. La desclasificación del emplazamiento donde se sitúan los generadores de calor.
3. Estudio del cumplimiento con el Reglamento de Instalaciones Frigoríficas.
4. La instalación eléctrica del cuadro de instalaciones donde se encuentran todos los elementos que componen la instalación.

3) CARGA TÉRMICA DE CALEFACCIÓN Y DEMANDA.

A lo largo de este apartado se explicarán los métodos de cálculo a seguir para obtener la carga térmica del edificio, así como, la demanda energética del mismo.

Lo primero es explicar el concepto de “*necesidades térmicas*” para poder analizar en profundidad lo que esto conlleva. Se entiende pues, por necesidad térmica “la necesidad de calefacción o refrigeración a la que se encuentra sometido un edificio debido a diferentes factores, como pérdidas térmicas por conducción a través de los cerramientos, cargas térmicas asociadas a la renovación del aire...etc.

Entonces se puede entrever que dependiendo de la situación en la que se encuentre uno, el edificio se puede encontrar demandando frío o demandado calor, todo ello como consecuencia de las demandas energéticas a las que se encuentre asociado.

Por ello hay que estudiar con detenimiento las necesidades a las que se encuentra un edificio previo dimensionamiento de los equipos, para evitar sobredimensionar los equipos, lo que supone un sobre coste, o quedarse corto y no poder satisfacer las necesidades de la instalación.

Para poder calcular las necesidades térmicas de una instalación se necesitan conocer fundamentalmente dos parámetros. El primero de ellos es la pérdida de carga térmica a través de la envolvente térmica del edificio, y el segundo de ellos es la pérdida de calor por infiltraciones de aire exterior o renovación de aire.

La fórmula que aplicar es:

$$Q_{CT} = (Q_{st} + Q_{si}) \cdot (1 + F)$$

Siendo:

Q_{st} = Pérdida de calor sensible por transmisión a través de los cerramientos (W)

Q_{si} = Pérdida de calor sensible por infiltraciones de aire exterior (W)

F = Suplementos (tanto por uno)

3.1) CARGA TÉRMICA DE UN LOCAL.

(2) Este factor es el principal objetivo de un proyectista ya que es un indicador asociado a las pérdidas. Parte del calor que se encuentre en el edificio se va a perder por las paredes exteriores por conducción y convección a través de ellas.

Esto se explica debido a que existe un flujo térmico por conducción asociado a una diferencia de temperaturas, tal y como se puede ver en la siguiente imagen.

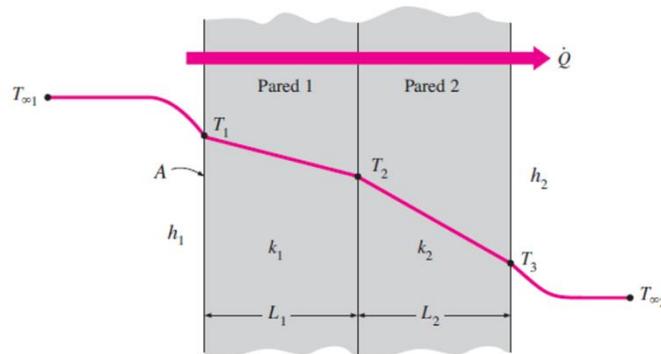


Imagen 3-1. Flujo de calor a través de una pared compuesta.

Al encontrarse cada lado de la pared a una temperatura diferente se crea un flujo térmico desde el lado más caliente hacia el lado más frío. Esto provoca que cuando exista una diferencia térmica entre el interior y el exterior, innegablemente, existirá un flujo que tenderá a intentar estabilizar en ambos lados las temperaturas para conseguir un equilibrio térmico.

Entonces ya se puede obtener una conclusión clara según esta premisa, y es que, en invierno el calor se escapará de las viviendas hacia el exterior, y en verano, el ambiente exterior nos calentará la vivienda. Ambas situaciones son indeseables pues suponen que los sistemas de calefacción y refrigeración requieran de una potencia térmica determinada y deba tener un tiempo de funcionamiento determinado.

Entonces, ¿Cómo se puede actuar para reducir el flujo calorífico? La respuesta se obtiene analizando la ley de conducción de Fourier:

$$q_k = -kA * \frac{dT}{dx}$$

Donde T es la temperatura; A es el área; k es la conductividad y x es la dirección del flujo de calor. Por lo tanto, si existe una pared con n elementos, existirá un flujo de calor diferente para cada uno de los elementos. Agrupando se obtiene la siguiente ecuación:

$$q_k = \frac{T_1 - T_{n+1}}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{L}{k * A}\right)_i}$$

Realizando una analogía con el sistema eléctrico en la que se conoce que la resistencia eléctrica de un conductor es:

$$R = \rho * \frac{l}{S}$$

Donde p es la resistividad, l es la longitud del elemento, y S su sección.

Existe por tanto una relación entre la conducción térmica y la conducción eléctrica, ya que:

$$R = \rho * \frac{l}{S} = \frac{L}{k * S}$$

Entonces se puede modificar la ecuación para obtener una ecuación en la que se puede trabajar de igual manera, pero trabajando con resistencias térmicas que a veces los propios fabricantes que aportan por lo que facilita el trabajo.

Por lo tanto la ecuación con la que se trabajará será.

$$q_k = \frac{T_1 - T_{n+1}}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{L}{k * A}\right)_i} = \frac{\Delta T}{\sum Ri}$$

Existe a su vez, un flujo de calor por convección desde el exterior/interior hacia las paredes exteriores/interiores que hay que tener en cuenta ya que el flujo total será la suma del flujo asociado a la convección del aire con la pared y por conducción a través de las diferentes capas de esta.

La transferencia de calor por convección viene asociada al intercambio que se produce cuando un fluido se pone en contacto con una superficie sólida que se encuentra a una temperatura diferente.

Existen dos procesos dependiendo del tipo de convección que lleve asociado, así pues, podemos tener convección natural o convección forzada. En este caso se va a tener únicamente convección natural por lo que se estudiará únicamente este fenómeno.

La convección natural no lleva asociada ninguna fuerza motriz generada por un agente externo, si no, que es el propio fluido el que la genera provocada por la diferencia de densidad provocada por el contacto con una superficie a diferente temperatura.

Independientemente de cómo sea la convección, para su cálculo se tiene en cuenta la “Ley de enfriamiento de Newton” que se resume en:

$$q_c = \bar{h}_c A (T_s - T_{f,\infty})$$

Si se hace como anteriormente una analogía con el sistema eléctrico, se tiene que el coeficiente de transmisión por convección es:

$$\bar{R}_c = 1/\bar{h}_c A$$

Por lo tanto, si se tiene transferencia por convección en las paredes exteriores e interiores, y por conducción a través de la pared, se obtiene la siguiente fórmula:

$$q_k = \frac{\Delta T}{\frac{1}{\bar{h}_i} + \sum Ri + \frac{1}{\bar{h}_e}}$$

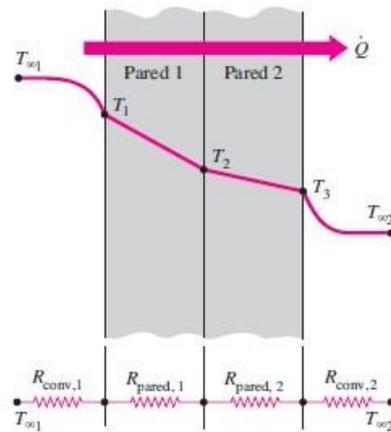


Imagen 3-2. Transferencia de calor por convección y conducción a través de una pared

Recapitulando. Para poder calcular el flujo de calor que se transmite por conducción a través de los diferentes cerramientos, es necesario conocer 3 parámetros. El primero de ellos es el área del cerramiento (A), el segundo de ellos es la transmitancia térmica (U), que es la inversa de la resistencia térmica total del cerramiento, y por último el salto térmico (ΔT) que dependerá de las condiciones de diseño de la instalación, de las cuales se hablará más adelante.

Tal y como se ha expuesto la transmitancia térmica es un parámetro que sirve para analizar la mejor o peor conductibilidad térmica de un cerramiento, ya que se calcula mediante la siguiente expresión:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

En esta expresión se puede ver como la transmitancia es la inversa de la resistencia asociada a un cerramiento (R_T) por lo que cuanto mayor sea la resistencia térmica de un cerramiento, menor será el valor de la transmitancia, siendo esto el objetivo prioritario a la hora de diseñar los cerramientos de un edificio, pues cuanto mayor sea la resistencia térmica menores serán las pérdidas asociadas al cerramiento.

Como se ha estudiado existe una analogía entre la resistencia eléctrica y la resistencia térmica, por lo que se puede obtener fácilmente la resistencia total de un cerramiento como la suma de todas las diferentes capas que lo componen.

$$R_T = R_{Si} + R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_{Se}$$

En esta expresión aparecen dos parámetros R_{Si} y R_{Se} . Estas resistencias térmicas superficiales son las correspondientes al aire interior y al aire exterior. Por otro lado estas resistencias dependen de dos factores. Uno es del tipo de cerramiento, si es vertical u horizontal, y el otro dependiendo del sentido del flujo. Los valores se recogen en la tabla 1 del DA DB-HE/ 1¹. Las $R_1 \dots R_N$ se corresponden a las resistencias térmicas de cada capa perteneciente al cerramiento.

¹ Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía

Ahora bien, para poder conocer la resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea basta simplemente con conocer el espesor de la capa y la conductividad del material, definida por la expresión:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Siendo e el espesor de la capa en metros y λ la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa.

Este valor dependerá del tipo de cerramiento por lo que se estudiará por separado.

3.1.1) TRANSMITANCIA ASOCIADA A LOS CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL EXTERIOR.

Dentro de este apartado se comprenden los cerramientos de locales habitables con inclinación inferior a 60° respecto de la horizontal que estén en contacto con el aire exterior, los puentes térmicos integrados en los mismos cuya superficie sea superior a 0.5 m^2 y las particiones interiores de separación con espacios no habitables, que tengan cerramientos en contacto con el exterior.

Existirán cerramientos verticales como la fachada propia del edificio, e inclinados como la cubierta. Conociendo el sentido del flujo de calor y la posición, se obtienen los valores de las resistencia exterior e interior necesarios para obtener la transmitancia del cerramiento.

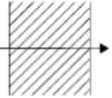
Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	$R_{e,e}$	$R_{e,i}$
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo Horizontal 	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (Techo) 	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo) 	0,04	0,17

Imagen 3-3 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en $\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$.

3.1.2) TRANSMITANCIA ASOCIADA A LOS CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL AMBIENTE INTERIOR.

Se calcularán de la misma manera que los cerramientos en contacto con el exterior solo que la resistencia exterior se sustituye por una resistencia interior.

3.1.3) TRANSMITANCIA ASOCIADA A LOS HUECOS.

Dentro de este apartado se incluyen los huecos de la fachada de locales habitables hasta un máximo del 60% de la superficie de cada fachada.

Para el cálculo de la transmitancia asociada a los huecos se empleará la ecuación que recoge la norma UNE EN ISO 100777 en la que se tienen en cuenta el conjunto del hueco, el marco, si es cerramiento opaco y el tipo de vidrio.

La ecuación descrita anteriormente es:

$$U_H = \frac{A_{H,v}U_{H,v} + A_{H,m}U_{H,m} + l_v\Psi_v + A_{H,p}U_{H,p} + l_p\Psi_p}{A_{H,v} + A_{H,m} + A_{H,p}}$$

Siendo:

- U_H la transmitancia térmica del hueco (ventana, lucernario o puerta) [$W/m^2 \cdot K$];
- $U_{H,v}$ la transmitancia térmica del acristalamiento [$W/m^2 \cdot K$];
- $U_{H,m}$ la transmitancia térmica del marco [$W/m^2 \cdot K$];
- $U_{H,p}$ la transmitancia térmica de la zona con panel opaco [$W/m^2 \cdot K$];
- Ψ_v la transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre marco y acristalamiento [$W/m \cdot K$];
- Ψ_p la transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre marco y paneles opacos [$W/m \cdot K$];
- $A_{H,v}$ el área de la parte acristalada [m^2];
- $A_{H,m}$ el área del marco [m^2];
- $A_{H,p}$ el área de la parte con panel opaco [m^2];
- l_v la longitud de contacto entre marco y acristalamiento [m];
- l_p la longitud de contacto entre marco y paneles opacos [m]

Las puertas se encuentran englobadas dentro de esta categoría por lo que, es necesario estudiar también este tipo de cerramiento. Por un lado, se tienen las puertas que separan las viviendas del pasillo del edificio que se denominarán P_{INT} , y por las puertas que separan los locales con el exterior, denominadas P_{EXT} .

Independientemente del tipo de local que separen la transmitancia asociada a las puertas no depende de este factor por lo que, si no que dependiendo del material de construcción el valor de la transmitancia variará de unas a otras.

3.1.4) SUPLEMENTOS

Dentro de este apartado se encuentran recogidos los diferentes suplementos que hay que tener en cuenta a la hora de realizar el cálculo de las pérdidas. Estos factores son:

1. **Orientación.** Este factor se emplea para corregir la orientación del local con respecto al Norte. Este factor puede variar según la orientación siendo los valores más comunes:
 - a. Norte: 15%
 - b. Oeste: 5%
 - c. Este: 10%
 - d. Sur: 0%

2. **Intermitencias.** Este factor se utiliza para compensar las paradas programadas del sistema de calefacción con la consiguiente inercia térmica y la demora hasta alcanzar la temperatura deseada. Al tratarse de un factor de compensación su valor se encuentra comprendido entre un 5% o 10% de las pérdidas totales de la vivienda

3. **Factor de paredes exteriores.** Este factor se emplea para compensar las pérdidas asociadas a las paredes que se encuentran en contacto con el ambiente exterior de un local. Para ello por cada pared exterior que se encuentre en local se incrementan en un 5% las pérdidas totales del mismo.

3.2) CARGA SENSIBLE POR RENOVACIÓN DEL AIRE.

Tal y como se exige en el CTE DB HS3, se debe de mantener un nivel de calidad adecuado dentro de las viviendas. Para ello será necesario renovar cada cierto tiempo el aire del interior extrayendo él que se encontraba ya dentro.

Al tener que introducir aire nuevo, este aire no se encuentra acondicionado a las condiciones del interior de la vivienda, por lo general se encuentra a una temperatura diferente, por lo que, al introducir aire lo que se está haciendo es disminuir la temperatura o incrementarla dependiendo de la estación en la que se encuentre uno.

Este aire hay que acondicionarlo y por tanto, se consumirá energía en hacerlo, por lo que se tiene que tener en cuenta la renovación del aire al realizar los cálculos de la demanda energética del edificio.

Para obtener la carga sensible se aplicará la siguiente fórmula:

$$Q_{si} = V_{ae} \cdot 0,33 \cdot (T_i - T_e)$$

Siendo:

V_{ae} = Caudal de aire exterior frío que se introduce en el local (m^3/h)

T_i = Temperatura interior de diseño del local (K)

T_e = Temperatura exterior de diseño (K)

El caudal de aire exterior " V_{ae} " se estima como el mayor de los descritos a continuación (2 métodos).

Infiltraciones de aire exterior por el método de las Rendijas "Vi"

$$V_i = \left(\sum_i f_i \cdot L_i \right) \cdot R \cdot H$$

Siendo:

f_i = Coeficiente de infiltración de puertas y ventanas exteriores sometidas a la acción del viento, a barlovento ($\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}$)

L_i = Longitud de rendijas de puertas y ventanas exteriores sometidas a la acción del viento, a barlovento (m)

H = Coeficiente característico del edificio. Se obtiene en función del viento dominante, el tipo y la situación del edificio

R = Coeficiente característico del local. Según RIESTSCHEL Y RAISS viene dado por:

$$R = \frac{1}{1 + \frac{\sum_j f_j \cdot L_j}{\sum_n f_n \cdot L_n}}$$

- $\sum_j f_j \cdot L_j$ = Caudal de aire infiltrado por puertas y ventanas exteriores sometidas a la acción del viento, a barlovento (m^3/h)
- $\sum_n f_n \cdot L_n$ = Caudal de aire exfiltrado a través de huecos exteriores situados a sotavento o bien a través de huecos interiores del local (m^3/h)

Caudal de aire exterior por la tasa de Renovación Horaria "Vr"

$$V_r = V \cdot n$$

Siendo:

- V = Volumen del local (m^3)
- n = Número de renovaciones por hora (ren/h)

3.3) CÁLCULO DE LA DEMANDA DE LA INSTALACIÓN.

Para calcular la demanda de la instalación se aplicará el método de los grados día aplicando la siguiente ecuación (3):

$$Q = \frac{P \cdot G_d \cdot 24 \cdot C_1 \cdot C_2}{(T_i - T_e) \cdot R_g \cdot R_d \cdot R_r}$$

Siendo:

Q = consumo periódico de energía (kWh/periodo)

P = potencia máxima de calefacción

G_d = grados-día por periodo

C_1 = coeficiente por interrupción nocturna de servicio

C_2 = coeficiente de intermitencia

T_i = temperatura interior (21°C)

T_e = temperatura exterior (0°C)

R_g = rendimiento por generación

R_d = Rendimiento por distribución

R_r = rendimiento por regulación

Los diferentes coeficientes se escogen en función del tipo de instalación que se tenga en la vivienda:

Coeficientes					
	Int. Noc. (C1)	Interm. (C2)	Rendimientos		
			Rg	Rd	Rr
Gas indiv.	0,876	0,75	0,75	1	0,9
Gas central.		0,9	0,8	0,95	0,93
Gasóleo			0,7		
Carbón					
Electric.	0,872	0,75	0,98	1	0,99

Tabla 3-1. Coeficientes en para el método de grados día en función del combustible.

4) SITUACIÓN INICIAL.

4.1) DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA DEL EDIFICIO.

Se trata de un edificio de 18 viviendas situado en la C/ Schultz en Oviedo. Se construyó en 1969. El uso destinado a este edificio es de carácter doble, pues la planta baja y la entreplanta se encuentran destinadas a locales comerciales y oficinas, mientras que las plantas superiores están destinadas a uso residencial particular.

Una vez se han definido los objetivos y el alcance de este proyecto, a continuación, se presenta la estructura del edificio objeto de proyecto. Se compone de un único acceso desde la C/ Schultz con una única escalera de acceso a las plantas siendo la orientación de la fachada principal sureste.

La distribución de las viviendas por planta es la siguiente:

N.º portales:	1 portal.
N.º total de plantas:	4 plantas.
N.º viviendas por planta:	6 viviendas.
N.º total de viviendas:	18 viviendas.

La planta baja del edificio se considera ocupada por locales comerciales, accesos, locales de instalaciones y cuartos de contadores de gas y eléctricos. La altura media de las viviendas es de 2,8 m. En el único sótano del edificio se sitúan las plazas de garaje.

La utilización de las viviendas se estima como residencial particular, estableciéndose una ocupación media de 1.5 personas para las viviendas de un único dormitorio, 3 personas para dos dormitorios y 4 personas para 3 dormitorios, según lo establecido en el apartado 3.1.1 del Documento básico HE-4 del Código Técnico para la Edificación.



Imagen 4-1. Edificio motivo del estudio.

Los datos generales del edificio descritos en el Proyecto de Ejecución son los siguientes:

Vivienda	Local	m ²
1÷3º A	1. Vestíbulo – Distribuidor	11.96
	2. Estar - Comedor	23,00
	3. Dormitorio 01	13,74
	4. Dormitorio 02	12.24
	5. Aseo	2.84
	6. Cocina	9.14

Vivienda	Local	m ²
1÷3º B	1. Vestíbulo – Distribuidor	9.14
	2. Estar – Comedor - Cocina	17.78
	3. Dormitorio 01	9.38
	4. Dormitorio 02	9.58
	5. Aseo	3.33

Vivienda	Local	m ²
1÷3º C	1. Vestíbulo – Distribuidor	8.58
	2. Estar – Comedor	22.64
	3. Cocina - Lavadero	8.11
	4. Dormitorio 01	12.77
	5. Dormitorio 02	12.27
	6. Baño	4.09
	7. Aseo	3.90

Vivienda	Local	m ²
1÷3º D	1. Vestíbulo – Distribuidor	15.03
	2. Estar – Comedor	18.22
	3. Cocina - Lavadero	8.50
	4. Dormitorio 01	16.63
	5. Dormitorio 02	12.38
	6. Dormitorio 03	9.18
	7. Baño 01	4.31
	8. Baño 02	4.04

Vivienda	Local	m ²
1÷3º E	1. Vestíbulo – Distribuidor	5.64
	2. Estar	15.81
	3. Cocina – Comedor- Lavadero	11.70
	4. Dormitorio 01	9.60
	5. Dormitorio 02	8.71
	6. Distribuidor	4.82
	7. Aseo	2.83

Vivienda	Local	m ²
1÷3º F	1. Vestíbulo – Distribuidor	6.69
	2. Estar - Comedor	13.99
	3. Cocina	4.91
	4. Dormitorio 01	11.23
	5. Dormitorio 2	6.75
	6. Aseo	2.63

Tabla 4-1. Información viviendas PL.1º÷3º

Para poder justificar la mejora energética que va a ganar el edificio, es necesario hacer un cálculo de las condiciones en las que se encontraba originalmente cuando fue construido antes de realizarse ninguna modificación sobre él. Esto quiere decir que será necesario calcular la transmitancia térmica de todos los cerramientos y huecos de los que se disponía originalmente (cerramientos en contacto con aire exterior, medianeras, suelo en contacto con el terreno...etc.)

Una vez calculada la transmitancia se pueden calcular las pérdidas térmicas a las que se encontraba sometido el edificio, aplicando la ley de Newton de transferencia de calor:

$$Q = A * U * (T_{Int} - T_{Ext})$$

Una vez calculadas las pérdidas se pueden estimar las necesidades térmicas del edificio, y utilizarlas para calcular la demanda energética del mismo. Con este dato se pueden obtener los consumos de Energía Primaria en [kWh/año] y las emisiones de CO₂ en [kg/año], además de otros datos que se emplearán más adelante en el documento con carácter comparativo y como punto de partida del estudio.

4.2) TRANSMITANCIA TÉRMICA DEL EDIFICIO ORIGINAL.

4.2.1) FACHADA EXTERIOR.

La fachada exterior está compuesta por los siguientes elementos:

Material	Espesor (mm)	Conductividad (W/m.K)
Enfoscado Exterior de cemento	20	1.40
Ladrillo hueco triple	110	0.49
Cámara de aire	200	--
Ladrillo hueco simple	50	0.49
Enlucido interior de yeso	15	0.57

Tabla 4-2. Composición cerramiento fachada.

Una vez conocidos los datos del cerramiento, aplicando la fórmula de la Resistencia total se obtiene el siguiente resultado:

$$R_T = 0.13 + \frac{0.015}{0.26} + \frac{0.05}{0.49} + 0.19 + \frac{0.11}{0.49} + \frac{0.02}{1.40} + 0.04 = 0.697 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Obteniendo una transmitancia igual a:

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0.697} = 1.434 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

4.2.2) MEDIANERAS.

Dentro de este apartado se encuentran englobados aquellos cerramientos exteriores, que se encuentran en contacto con locales habitables y no con el exterior como, por ejemplo, paredes colindantes entre dos edificios independientes.

Se procede de la misma manera para el cálculo de las medianeras del edificio. La medianera está compuesta por los siguientes elementos:

Material	Espesor (mm)	Conductividad (W/m.K)
Enfoscado Exterior de cemento	15	1.40
Ladrillo hueco triple	110	0.49
Cámara de aire	100	--
Ladrillo hueco simple	50	0.49
Enlucido interior de yeso	15	0.57

Tabla 4-3. Composición cerramiento medianera.

Con estos datos, simplemente se sustituye en las ecuaciones para obtener los siguientes resultados:

$$R_T = 0.13 + \frac{0.015}{0.57} + \frac{0.05}{0.49} + 0.17 + \frac{0.11}{0.49} + \frac{0.015}{1.40} + 0.13 = 0.814 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0.814} = 1.228 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Dentro de este apartado se encuentran también las paredes interiores que limitan con las zonas comunes y con otras viviendas. Este tipo de cerramiento es de interior – interior al igual que la medianera pero la composición es diferente.

Ambos cerramientos se encuentran compuestos por los mismos elementos, por lo que los trataremos de la misma manera a la hora de realizar los cálculos y a la hora de tenerlos en cuenta para cálculos posteriores.

Material	Espesor (mm)	Conductividad (W/m.K)
Enfoscado de cemento	15	1.40
Tabique Ladrillo Hueco doble	90	--
Enlucido interior de yeso	15	0.57

Tabla 4-4. Composición cerramiento Zonas Comunes.

$$R_T = 0.13 + \frac{0.015}{0.57} + 0.16 + \frac{0.015}{1.40} + 0.13 = 0.457 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0.457} = 2.188 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

4.2.3) LA CUBIERTA INCLINADA.

Dentro de este apartado se comprenden los cerramientos superiores de locales habitables cuya inclinación sea inferior a 60° respecto de la horizontal tales como cubiertas inclinadas y azoteas, así como, los puentes térmicos integrados en los mismos y los techos interiores de separación con espacios no habitables en contacto con el exterior.

Al no tener datos concretos de la cubierta con objeto de completar el estudio se ha supuesto, tras haber estudiado edificios construidos en fechas anteriores y posteriores a las de este, que se trata de una cubierta inclinada construida en forjado cerámico sobre un tabiquillo aligerado. Por lo tanto se tiene un forjado tipo “bovedilla cerámic, con tablero de doble rasilla”. La altura del forjado es de 20cm y el tipo de teja es cerámica por lo que, la transmitancia de la cubierta la obtenemos de la tabla 7 (4).

$$U_{cubierta} = 1,37 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

4.2.4) TRANSMITANCIA ASOCIADA AL CERRAMIENTO EN CONTACTO CON EL SUELO.

Dentro de este apartado se comprenden aquellos cerramientos inferiores horizontales o ligeramente inclinados de locales habitables que estén en contacto con el aire exterior, con el terreno o con un espacio no habitable, tales como, forjados sobre espacio exterior, sobre cámara sanitaria y soleras, o losas a profundidad inferior a 0.5m.

Para el cerramiento en contacto en el suelo, se trata de una solera enterrada en el terreno hasta una cota de 3 metros. El constructor en este caso aporta directamente el valor de la transmitancia del suelo sin entrar en detalles por lo tanto:

$$U_{suelo} = 1.28 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

4.2.5) TRANSMITANCIA ASOCIADA AL FORJADO DE LAS VIVIENDAS.

Dentro de este apartado se comprenden aquellos cerramientos inferiores horizontales o ligeramente inclinados de locales habitables que estén en contacto con locales habitables tales como bloques de viviendas o suelos sobre locales habitables.

Para las particiones interiores del edificio se utilizarán los valores de las resistencias indicados en la tabla 6 del DB-HE/1 “Cálculo de parámetros característicos de la envolvente” (5)

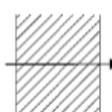
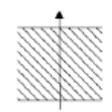
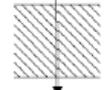
Posición de la <i>partición interior</i> y sentido del flujo de calor		R _{se}	R _{si}
<i>Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal</i>		0,13	0,13
<i>Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente (Techo)</i>		0,10	0,10
<i>Particiones interiores horizontales y flujo descendente (Suelo)</i>		0,17	0,17

Imagen 4-2. Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores en m²·K/ W.

Al tratarse de un edificio de diferentes alturas hay que tener en consideración el forjado de las plantas, para poder estimar las pérdidas por suelo en contacto con local habitable. Este suelo está construido a base de un forjado unidireccional de 25 cm con mortero autonivelante y acabado de gres cerámico. Por la parte inferior tiene un enlucido de yeso.

Material	Espesor (mm)	Conductividad (W/m.K)
Gres Cerámico	10	2.60
Mortero autonivelante	20	1.30
Forjado entrevigado de hormigón	250	--
Cámara de aire horizontal	50	--
Enlucido interior de yeso	15	0.57

Tabla 4-5. Características del forjado.

La resistencia del forjado incluye la capa de compresión con un valor de $R = 0.19 \text{ W/m}^2\text{K}$. Conocidos todos los datos, la transmitancia se consigue fácilmente aplicando las ecuaciones al igual que en los casos anteriores. Como se tiene un flujo en sentido descendente y cerramiento horizontal con otro local, se obtienen los valores de R_{S1} de la Imagen 4-2. Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores en $\text{m}^2\text{K/W}$.

$$R_T = 0.17 + \frac{0.01}{2.60} + \frac{0.02}{1.30} + 0.19 + 0.16 + \frac{0.015}{0.57} + 0.17 = 0,735 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,735} = 1,359 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

4.2.6) TRANSMITANCIA ASOCIADA A HUECOS.

Las ventanas y puertas de la vivienda son de acristalamiento simple con marco de madera, por lo que, los valores de las transmitancias térmicas asociadas a los acoplamientos entre los acristalamientos y el marco; y el marco y los paneles opacos, se pueden aproximar a cero.

$$\Psi_v = \Psi_p = 0$$

La transmitancia de la ventana y del marco la aporta el fabricante, por lo que se engloban estos dos términos en uno solo y se multiplica por el área total. La ventana no tiene paneles opacos, por lo que se prescinde de esta parte en la ecuación. Por lo tanto:

$$U_H = \frac{A_{H,t} U_{H,t}}{A_{H,v} + A_{H,m}} = \frac{0.909 * 5}{(0.686 + 0.223)} = 5,0 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$U_{Pint} = 2.0 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

4.3) CONDICIONES EXTERIORES E INTERIORES DE DISEÑO.

Para poder obtener las pérdidas térmicas asociadas a un edificio es necesario fijar unas condiciones interiores y exteriores de diseño. Estas condiciones engloban parámetros como la temperatura, la humedad relativa...etc.

4.3.1) CONDICIONES EXTERIORES DE DISEÑO.

Se empieza obteniendo las condiciones exteriores de diseño. Para ello es necesario conocer la ubicación del edificio a estudiar, en este caso, se encuentra en Oviedo - Asturias.

Una vez conocida la ubicación del edificio se hará uso de la “Guía técnica de Condiciones Climáticas Exteriores de Proyecto” (6) que se encuentra publicada en el “Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía” o IDAE. Dentro de esta guía se encuentran recogidos todos los datos característicos correspondientes a diferentes ciudades del territorio nacional.

En este caso, se obtiene de dicha guía técnica los datos correspondientes a la estación ubicada en Oviedo (El cristo). En esta ficha se definen diversos parámetros necesarios para los cálculos que tendrán lugar en este proyecto, tales como:

- Temperaturas mínimas de cálculo, para las condiciones de Calefacción.
- Temperatura máxima para condiciones de refrigeración.
- Valores de Grados Día para cálculos de consumos de calefacción.
- Valores de Radiación solar media para cálculos de factores solares.

Por el momento, para este apartado solo se analizarán los datos correspondientes a las condiciones de proyecto para calefacción y refrigeración, que son:

TSMIN (°C)	TS_99,6(°C)	TS_99(°C)	OMDC(°C)	HUMcoin (%)	OMA(°C)
-3,7	0,0	1,2	8,3	89	28,0

Tabla 4-6. Condiciones Proyecto Calefacción (Temperatura seca exterior mínima)

TSMAX (°C)	TS_0,4(°C)	THC_0,4 (°C)	TS_1(°C)	THC_1(°C)	TS_2(°C)	THC_2(°C)	OMDR(°C)
35,6	28,0	22,5	25,8	21,4	24,2	20,5	13,6

Tabla 4-7. Condiciones Proyecto Refrigeración (temperatura seca exterior máxima)

Según indica la guía, estos valores corresponden a los niveles de percentil anuales (NPA), tanto de invierno como de verano. No obstante, según la recoge la norma UNE 100014:2004: “Climatización. Bases para el proyecto. Condiciones exteriores de cálculo”, para el cálculo de cargas térmicas en edificios se deben de utilizar los niveles percentiles estacionales (NPE).

Existe, por lo tanto, una relación entre el percentil facilitado por la guía técnica y el especificado en la norma UNE siendo estas relaciones las que se especifican a continuación.

NPA	NPE
99,6%	99%
99%	97,5
0,4%	1%
1%	2,5%

Para cada uno de los diferentes escenarios (calefacción o refrigeración) se tienen que emplear diferentes temperaturas. A su vez, dependiendo del tipo de edificio se tienen diferentes grados de cobertura. La norma UNE 100014:2004 (7) nos indica:

1. Para el cálculo de cargas térmicas máximas de invierno, las temperaturas secas a considerar son las correspondientes a los siguientes niveles:

TS₉₉(°C) para hospitales, clínicas, residencias de ancianos, centros de cálculo y cualquier otro espacio que el técnico proyectista considere necesario que tenga este grado de cobertura.

TS_{97,5}(°C) para todos los tipos de edificios y espacios no mencionados anteriormente.

Fijada pues, por la norma UNE 100014:2004, los percentiles de temperatura a utilizar y aplicando la equivalencia existente entre los Niveles Percentiles Anuales y los Estacionales, se fija la siguiente temperatura exteriores de diseño para el proyecto:

- Temperatura exterior de invierno: 0°C

4.3.2) CONDICIONES INTERIORES DE DISEÑO.

Una vez conocida la temperatura de cálculo para el exterior es necesario establecer una temperatura de confort en el interior del edificio. El RITE (8) en su instrucción técnica "IT 1.1.4.1.2 Temperatura operativa y humedad relativa" fija unas condiciones interiores de diseño mínimas que hay que cumplir. La instrucción técnica dice lo siguiente:

"Las condiciones interiores de diseño de la temperatura operativa y la humedad relativa se fijarán en base a la actividad metabólica de las personas, su grado de vestimenta y el porcentaje estimado de insatisfechos (PPD), según los siguientes casos.

"Para personas con actividad metabólica sedentaria 1,2 met, con grado de vestimenta 0,5 clo en verano y 1 clo en invierno y un PPD entre el 10 y el 15% los valores de temperatura operativa y de la humedad relativa estarán comprendidos entre los límites indicados en la siguiente tabla:

Estación	Temperatura operativa (°C)	Humedad relativa (%)
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

Tabla 4-8. Condiciones interiores de diseño.

"Para valores diferentes de la actividad metabólica, grado de vestimenta y PPD del apartado a) es válido el cálculo de la temperatura operativa y la humedad relativa realizado por el procedimiento indicado en la Norma UNE -EN ISO 7.730.

En este caso, es un edificio destinado mayoritariamente a uso residencial privado, por lo que las condiciones especificadas en el apartado a) de esa instrucción técnica son las que se tomarán como condiciones de diseño.

Para los locales considerados como "No calefactados" o "No acondicionados" se estima una temperatura del local de 10 °C.

4.4) RESULTADOS.

Por último, es necesario conocer el área correspondiente a cada uno de los cerramientos que engloban las viviendas por los que va a existir un intercambio térmico.

A la hora de analizar los cerramientos de las diferentes viviendas se han tenido en cuenta las paredes que dan al exterior, siendo estos cerramientos denominados como “Fachada”. También existen cerramientos en contacto con otro edificio denominados “Medianera”, y por último aquellas paredes que dan al pasillo interior del edificio, se han denominado como “Zonas Comunes”.

No se han tenido en cuenta las particiones interiores de las diferentes viviendas ya que la transmisión de calor entre ellas es nula, al estar todas ellas a la misma temperatura. Por el contrario, sí que hay que analizar la pared que separa una vivienda de la contigua porque puede existir una diferencia en el gradiente térmico, poco significativa, pero existente entre las dos viviendas al encontrarse quizás a diferentes temperaturas (por ejemplo, en el caso de que el piso contiguo no se encuentre habitado).

Por lo tanto, se concluye que solo se tendrán en cuenta aquellos cerramientos por los que, por encontrarse a diferente temperatura, existe un intercambio desde la zona de mayor temperatura hacia la de menor temperatura.

En la primera y segunda planta solo se tendrán en cuenta las pérdidas por el techo de la vivienda. No se tendrá en cuenta para el cálculo las pérdidas asociadas al forjado.

Por último, para la última planta al no existir ninguna vivienda superior las pérdidas térmicas van asociadas a la cubierta del edificio, en lugar del forjado, por lo que dichas cargas dependerán del coeficiente de transmitancia térmica asociado a la cubierta.

Se exponen a continuación un desglose por viviendas de las diferentes habitaciones con sus cerramientos correspondientes, así como los cálculos de las cargas térmicas correspondientes a cada una de las viviendas que definen este edificio.

4.4.1) VIVIENDA 1÷2ªA.

En esta vivienda se han diferenciado los 6 locales que se describen en el catastro del edificio. Aplicando la ecuación de pérdida de calor sensible por los cerramientos se obtienen las siguientes cargas térmicas.

LOCAL: 1		Salón Comedor			PL.1ª÷2ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W	
Fachada	9,55	1,43	21,0	SO	3	296,15	
Fachada	8,26	1,43	21,0	S	0	248,74	
Medianera	15,51	1,23	11,0	N	15	240,97	
Ventana	3,95	5,00	21,0	S	0	414,54	
Ventana	3,95	5,00	21,0	SO	3	426,98	
Techo	23,00	1,36	11,0			344,08	
Renovaciones	32,20	0,33	21,0			223,15	
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			219,46	
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,10			219,46	
PERDIDAS TOTALES						2.633,53	

LOCAL: 2		Distribuidor - Vestíbulo			PL.1ª÷2ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W	
Medianera	2,58	1,23	21,0	SO	3	40,08	
Zonas Comunes	7,71	2,19	11,0			185,59	
Puerta Ext	1,95	2,00	11,0			42,87	
Techo	11,96	1,36	11,0			178,92	
Renovaciones	25,12	0,33	20,0			608,31	
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			56,35	
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00	
PÉRDIDAS TOTALES						619,86	

LOCAL: 3		Dormitorio 01			PL.1ª÷2ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W	
Fachada	7,51	1,43	21,0	S	0	226,23	
Ventana	3,95	5,00	21,0	S	0	414,54	
Techo	13,74	1,36	11,0			205,55	
Renovaciones	19,24	0,33	21,0			133,31	
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			97,96	
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,05			48,98	
PÉRDIDAS TOTALES						1126,57	

Tabla 4-9. Cargas Térmicas Asociadas a la vivienda 1÷2ªA. (I)

LOCAL: 4		Dormitorio + Baño			PL.1ª÷2ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W	
Fachada	10,02	1,43	21,0	S	0	301,86	
Ventana	3,95	5,00	21,0	S	0	394,80	
Techo	12,55	1,36	11,0			187,75	
Renovaciones	17,57	0,33	21,0			182,64	
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			106,71	
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,05			53,35	
PÉRDIDAS TOTALES						1227,11	

LOCAL: 5		Aseo			PL.1ª÷2ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W	
Zonas Comunes	3,92	2,19	11,0			94,43	
Zonas Comunes	10,76	2,19	11,0			259,29	
techo	3,46	1,36	11,0			51,82	
Renovaciones	4,85	0,33	21,0			67,22	
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			37,83	
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00	
PÉRDIDAS TOTALES						416,15	

LOCAL: 6		Cocina			PL.1ª÷2ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W	
Fachada	2,22	1,43	21,0	S	0	66,95	
Zonas Comunes	10,89	2,19	11,0			262,22	
Ventana	1,32	5,00	21,0			138,18	
techo	5,83	1,36	11,0			85,29	
Renovaciones	8,16	0,33	21,0			113,13	
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			66,58	
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,05			33,29	
PÉRDIDAS TOTALES						765,63	

Tabla 4-10. Cargas Térmicas asociada a la Vivienda 1÷2ªA. (II)

4.4.2) VIVIENDA 1÷2ºB

Esta vivienda cuenta con 5 locales siendo la más pequeña de los seis diferentes modelos de vivienda.

LOCAL: 1	Dist. Vestíbulo			PL.1ª÷2ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Zonas Comunes	12,15	2,19	11,0			292,67
Puerta Ext	1,95	2,00	11,0			42,87
Techo	9,14	1,36	11,0			136,73
Renovaciones	12,80	0,33	21,0			88,68
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			56,10
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						1401,18

LOCAL: 2	Comedor - Cocina			PL.1ª÷2ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	6,64	1,43	21,0	S	0	199,28
Zonas Comunes	24,36	2,19	11,0			586,30
Ventana	2,63	5,00	21,0	S	0	276,36
Techo	17,78	1,36	11,0			260,12
Renovaciones	37,34	0,33	21,0			258,75
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			158,08
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						1738,89

LOCAL: 3	Dormitorio 01			PL.1ª÷2ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	5,12	1,43	21,0	S	0	154,30
Ventana	2,63	5,00	21,0	S	0	276,36
techo	9,38	1,36	11,0			140,32
Renovaciones	13,13	0,33	21,0			91,00
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			66,20
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						1195,25

Tabla 4-11. Cargas Térmicas Vivienda 1÷2ºB (I)

LOCAL: 4		Dormitorio 02			PL.1ª÷2ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W	
Fachada	5,31	1,43	21,0	S	0	159,78	
Zonas Comunes	9,46	2,19	11,0			227,78	
Ventana	2,63	5,00	21,0	S	0	276,36	
Techo	9,58	1,36	11,0			143,32	
Renovaciones	13,41	0,33	21,0			92,95	
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			90,95	
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00	
PÉRDIDAS TOTALES						990,21	

LOCAL: 5		Aseo			PL.1ª÷2ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W	
Zonas Comunes	9,69	2,19	11,0			233,31	
Techo	3,33	1,36	11,0			49,82	
Renovaciones	9,32	0,33	21,0			64,62	
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			34,77	
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00	
PÉRDIDAS TOTALES						382,51	

Tabla 4-12. Cargas Térmicas Vivienda 1÷2ªB (II)

4.4.3) VIVIENDA 1÷2ªC.

Esta vivienda cuenta con dos dormitorios y dos aseos, desglosándose en un total de 7 locales diferentes.

LOCAL: 1		Dist. Vestíbulo			PL.1ª÷2ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W	
Zonas Comunes	6,05	2,19	11,0			145,63	
Puerta Ext	1,95	2,00	11,0			42,87	
Techo	8,58	1,36	11,0			128,36	
Renovaciones	12,01	0,33	21,0			83,24	
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			40,01	
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00	
PÉRDIDAS TOTALES						440,11	

Tabla 4-13. Cargas Térmicas Vivienda 1÷2ªC (I)

LOCAL: 2		Estar-Comedor			PL.1ª÷2ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W	
Fachada	10,95	1,43	21,0	S	0	328,85	
Zonas Comunes	10,95	2,19	11,0			263,50	
Ventana	5,26	5,00	21,0	S	0	552,72	
Techo	22,64	1,36	11,0			338,69	
Renovaciones	31,70	0,33	21,0			219,65	
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			170,34	
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00	
PÉRDIDAS TOTALES						1873,76	

LOCAL: 3		Cocina			PL.1ª÷2ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W	
Fachada	4,31	1,43	21,0	E	10	142,87	
Fachada	2,89	1,43	21,0	N	15	99,76	
Zonas Comunes	14,49	2,19	11,0			349,06	
Ventana	0,68	5,00	21,0	E	10	78,14	
Ventana	1,15	5,00	21,0	N	15	138,72	
Techo	8,11	1,36	11,0			121,33	
Renovaciones	22,71	0,33	21,0			157,37	
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			108,72	
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,05			54,36	
PÉRDIDAS TOTALES						1250,33	

LOCAL: 4		Dormitorio 01			PL.1ª÷2ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W	
Fachada	7,43	1,43	21,0	S	0	223,70	
Medianera	9,17	1,23	11,0			123,87	
Ventana	2,63	5,00	21,0	S	0	276,36	
Techo	12,77	1,36	11,0			191,04	
Renovaciones	17,88	0,33	21,0			123,89	
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			93,89	
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,05			46,94	
PERDIDAS TOTALES						1079,69	

Tabla 4-14. Cargas Térmicas Vivienda 1÷2ºC (II)

LOCAL: 5		Dormitorio 02			PL.1ª÷2ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W	
Fachada	7,69	1,43	21,0	E	10	254,17	
Fachada	4,25	1,43	21,0	O	5	134,02	
Zonas Comunes	9,80	2,19	11,0			235,80	
Ventana	2,27	5,00	21,0	E	10	261,95	
Techo	12,27	1,36	11,0			183,56	
Renovaciones	17,18	0,33	21,0			119,04	
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			80,04	
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00	
PERDIDAS TOTALES						880,39	

LOCAL: 6		Baño			PL.1ª÷2ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W	
Fachada	4,18	1,43	21,0	N	15	144,83	
Ventana	1,57	5,00	21,0	N	15	189,47	
Techo	4,09	1,36	11,0			61,19	
Renovaciones	11,45	0,33	21,0			39,68	
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			43,52	
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,05			21,76	
PERDIDAS TOTALES						500,44	

LOCAL: 7		Aseo			PL.1ª÷2ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W	
Fachada	4,86	1,43	21,0	E	10	160,57	
Ventana	1,18	5,00	21,0	E	10	135,83	
techo	3,90	1,36	11,0			58,34	
Renovaciones	10,92	0,33	21,0			75,68	
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			43,04	
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00	
PERDIDAS TOTALES						473,46	

Tabla 4-15. Cargas Térmicas Vivienda 1÷2°C (III)

4.4.4) VIVIENDA 1÷2ºD.

Esta vivienda guarda una cierta simetría con la vivienda C, ya que parte de la distribución se asemeja una a la otra. Por otro lado, es la vivienda con mayor superficie de todo el bloque y la primera de las que su fachada principal se encuentra orientada al norte.

Cuenta con un total de 8 locales, entre ellos 3 dormitorios y dos baños.

LOCAL: 1	Dist. Vestíbulo			PL.1ª÷2ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Zonas Comunes	16,67	2,19	11,0			401,68
Puerta Ext	1,95	2,00	11,0			42,87
Techo	15,03	1,36	11,0			224,85
Renovaciones	21,04	0,33	21,0			145,82
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			81,52
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						896,74

LOCAL: 2	Estar-Comedor			PL.1ª÷2ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	10,92	1,43	21,0	N	15	377,12
Zonas Comunes	8,01	2,19	11,0			192,74
Ventana	4,30	5,00	21,0	N	15	519,32
Techo	18,22	1,36	11,0			272,57
Renovaciones	25,51	0,33	21,0			176,77
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			153,85
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						1692,37

LOCAL: 3	Cocina			PL.1ª÷2ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	4,11	1,43	21,0	E	10	136,16
Fachada	2,47	1,43	21,0	S	0	74,13
Zonas Comunes	3,79	2,19	11,0			91,20
Ventana	0,92	5,00	21,0	E	10	106,72
Ventana	1,57	5,00	21,0	S	0	164,76
Techo	8,50	1,36	11,0			127,16
Renovaciones	23,80	0,33	21,0			164,93
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			86,51
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,05			43,25
PÉRDIDAS TOTALES						1195,25

Tabla 4-16. Cargas Térmicas Vivienda 1÷2ºD (I)

LOCAL: 4		Dormitorio 01			PL.1ª÷2ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	7,24	1,43	21,0	N	15	250,66
Medianera	9,17	1,23	11,0			123,87
Ventana	2,82	5,00	21,0	N	15	340,80
Techo	16,63	1,36	11,0			248,78
Renovaciones	23,28	0,33	21,0			161,34
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			112,55
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,05			56,27
PÉRDIDAS TOTALES						1294,28

LOCAL: 5		Dormitorio 02			PL.1ª÷2ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	6,81	1,43	21,0	E	10	225,03
Fachada	5,77	1,43	21,0	O	5	182,05
Zonas Comunes	9,80	2,19	11,0			235,80
Ventana	2,27	5,00	21,0	E	10	261,95
Techo	12,38	1,36	11,0			185,20
Renovaciones	17,33	0,33	21,0			120,11
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			80,31
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						883,38

LOCAL: 6		Dormitorio 03			PL.1ª÷2ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	7,95	1,43	21,0	O	5	251,40
Zonas Comunes	15,23	2,19	11,0			366,94
Ventana	1,57	5,00	21,0	O	5	173,00
Techo	9,18	1,36	11,0			137,33
Renovaciones	12,85	0,33	21,0			89,06
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			101,77
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						1119,51

Tabla 4-17. Cargas Térmicas Vivienda 1÷2ªD (II)

LOCAL: 7	Aseo			PL.1ª÷2ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	3,68	1,43	21,0	E	10	121,72
Ventana	1,18	5,00	21,0	E	10	135,83
Techo	4,31	1,36	11,0			64,48
Renovaciones	12,07	0,33	21,0			83,63
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			40,57
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						446,22

LOCAL: 8	Aseo			PL.1ª÷2ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	4,17	1,43	21,0	S	0	125,29
Ventana	1,58	5,00	21,0	S	0	165,82
Techo	4,04	1,36	11,0			60,44
Renovaciones	11,31	0,33	21,0			78,39
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			42,99
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						472,92

Tabla 4-18. Cargas Térmicas Vivienda 1÷2ªD(III)

4.4.5) VIVIENDA 1÷2ªE

Esta vivienda se encuentra dividida en 7 locales, con 2 dormitorios y 1 baño, es una de las viviendas más desfavorables del edificio, ya que todos sus locales por alguna pared dan al exterior, registrándose entonces, unas pérdidas mayores, que en otras viviendas.

LOCAL: 1	Vestíbulo				PL.1ª÷2ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	10,05	1,43	21,0	O	5	316,78
Fachada	2,11	1,43	21,0	N	15	73,01
Zonas Comunes	3,46	2,19	11,0			83,26
Puerta Ext	1,95	2,00	11,0			42,87
Techo	5,64	1,36	11,0			84,37
Renovaciones	7,90	0,33	21,0			54,72
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			65,50
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,05			32,75
PERDIDAS TOTALES						753,26

Tabla 4-19. Cargas Térmicas Vivienda 1÷2ªE (I)

LOCAL: 2	Estar-Comedor				PL.1ª÷2ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	8,06	1,43	21,0	N	15	278,49
Fachada	8,38	1,43	21,0	E	10	276,83
Zonas Comunes	12,37	2,19	11,0			297,73
Ventana	1,90	5,00	21,0	E	10	219,27
Techo	15,81	1,36	11,0			236,52
Renovaciones	22,13	0,33	21,0			153,39
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			146,22
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						1608,44

LOCAL: 3	Cocina				PL.1ª÷2ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	1,94	1,43	21,0	E	10	64,28
Fachada	4,22	1,43	21,0	S	0	126,63
Zonas Comunes	4,88	2,19	11,0			117,64
Ventana	1,58	5,00	21,0	E	10	182,40
Ventana	1,58	5,00	21,0	S	0	165,82
Techo	11,70	1,36	11,0			175,03
Renovaciones	32,76	0,33	21,0			227,03
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			105,88
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,05			52,94
PÉRDIDAS TOTALES						1217,64

LOCAL: 4	Dormitorio 01				PL.1ª÷2ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	2,93	1,43	21,0	S	0	88,20
Zonas Comunes	11,69	2,19	11,0			281,61
Ventana	1,58	5,00	21,0	S	0	165,82
Techo	9,18	1,36	11,0			137,33
Renovaciones	12,85	0,33	21,0			89,06
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			76,20
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,05			38,10
PERDIDAS TOTALES						876,33

Tabla 4-20. Cargas Térmicas Vivienda 1÷2ªE (II)

LOCAL: 5	Dormitorio 02				PL.1ª÷2ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	5,64	1,43	21,0	N	10	186,46
Fachada	6,93	1,43	21,0	O	5	218,60
Zonas Comunes	8,01	2,19	11,0			192,74
Ventana	2,15	5,00	21,0	N	10	248,37
Ventana	1,90	5,00	21,0	O	5	209,30
Techo	8,71	1,36	11,0			130,30
Renovaciones	12,19	0,33	21,0			84,50
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			65,59
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						721,51

LOCAL: 6	Distribuidor				PL.1ª÷2ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	8,78	1,43	21,0	O	5	277,65
Ventana	1,58	5,00	21,0	O	5	174,11
Techo	4,82	1,36	11,0			72,11
Renovaciones	6,75	0,33	21,0			46,76
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			57,06
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						627,69

LOCAL: 7	Aseo				PL.1ª÷2ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Zonas Comunes	5,77	2,19	11,0			138,95
Techo	2,83	1,36	11,0			42,34
Renovaciones	7,92	0,33	21,0			54,91
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			23,62
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						259,82

Tabla 4-21. Cargas Térmicas Vivienda 1÷2ªE(III)

4.4.6) VIVIENDA 1ºF.

Última vivienda y al igual que la vivienda E, todas las habitaciones dan al exterior. Cuenta con 6 habitaciones, entre las que se encuentran dos dormitorios y un baño.

LOCAL: 1	Vestíbulo				PL.1ª÷2ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	9,18	1,43	21,0	E	10	303,29
Zonas Comunes	3,46	2,19	11,0			83,26
Ventana	1,16	5,00	21,0	E	10	133,54
Puerta Ext	1,95	2,00	11,0			42,87
Techo	6,69	1,36	11,0			100,08
Renovaciones	9,37	0,33	21,0			64,91
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			72,80
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PERDIDAS TOTALES						800,75

LOCAL: 2	Estar-Comedor				PL.1ª÷2ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	8,93	1,43	21,0	N	15	308,46
Fachada	5,29	1,43	21,0	S	0	158,98
Zonas Comunes	12,37	2,19	11,0			297,73
Ventana	2,02	5,00	21,0	S	0	212,06
Techo	13,99	1,36	11,0			209,29
Renovaciones	19,59	0,33	21,0			135,73
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			132,23
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PERDIDAS TOTALES						1454,48

LOCAL : 3	Cocina				PL.1ª÷2ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	5,81	1,43	21,0	E	10	192,56
Zonas Comunes	12,57	2,19	11,0			302,86
Ventana	1,50	5,00	21,0	E	10	173,32
Techo	13,99	1,36	11,0			73,45
Renovaciones	13,75	0,33	21,0			95,27
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			83,75
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,05			41,87
PERDIDAS TOTALES						963,08

Tabla 4-22. Cargas Térmicas Vivienda 1÷2ªF (I)

LOCAL: 4	Dormitorio 01				PL.1ª÷2ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	11,54	1,43	21,0	N	15	399,60
Fachada	5,96	1,43	21,0	O	5	187,82
Ventana	1,65	5,00	21,0	O	5	181,71
Techo	9,18	1,36	11,0			137,33
Renovaciones	12,85	0,33	21,0			89,06
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			99,55
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,05			49,78
PÉRDIDAS TOTALES						1144,86

LOCAL: 5	Dormitorio 02				PL.1ª÷2ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	6,96	1,43	21,0	O	5	219,43
Zonas Comunes	5,35	2,19	11,0			128,85
Ventana	1,65	5,00	21,0	O	5	181,71
Techo	6,75	1,36	11,0			100,98
Renovaciones	9,45	0,33	21,0			65,49
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			47,70
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						524,74

LOCAL: 6	Baño				PL.1ª÷2ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	4,31	1,43	21,0	O	5	136,34
Suelo s/cámara	2,63	1,53	11,0			50,34
Techo	2,63	1,36	11,0			39,34
Renovaciones	7,36	0,33	21,0			51,03
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			22,67
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						249,39

Tabla 4-23. Cargas Térmicas Vivienda 1÷2ªF (II)

Una vez se han calculado las cargas térmicas del primer piso y segundo piso se calculan las asociadas al tercer piso, teniendo en cuenta las condiciones preestablecidas al principio. En la última planta, se tendrán pérdidas a través de la cubierta del edificio.

4.4.7) VIVIENDA 3ªA

LOCAL: 1	Salón Comedor			PL.3ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	9,55	1,43	21	SO	3	296,15
Fachada	8,26	1,43	21	S	0	248,74
Medianera	15,51	1,23	11,0	N	15	240,97
Ventana	3,95	5,00	21	S	0	414,54
Ventana	3,95	5,00	21	SO	3	426,98
Suelo s/local	--					--
Cubierta	23,00	1,37	21,0			661,71
Renovaciones	32,20	0,33	21,0			223,15
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			251,22
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,10			251,22
PERDIDAS TOTALES						3014,68

LOCAL: 2	Distribuidor - Vestíbulo			PL.3ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Medianera	2,58	1,23	21,0	SO	3	40,08
Zonas Comunes	7,71	2,19	11,0			185,59
Puerta Ext	1,95	2,00	11,0			42,87
Suelo s/local	--					--
Cubierta	11,96	1,37	21,0			344,09
Renovaciones	16,74	0,33	21,0			116,04
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			72,87
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						801,54

LOCAL: 3	Dormitorio 01			PL.3ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	7,51	1,43	21,0	S	0	226,23
Ventana	3,95	5,00	21,0	S	0	414,54
Suelo s/local	--					--
Cubierta	13,74	1,37	21,0			395,30
Renovaciones	19,24	0,33	21,0			133,31
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			116,94
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,05			58,47
PÉRDIDAS TOTALES						1344,78

Tabla 4-24. Cargas Térmicas Asociadas a la vivienda 3ªA (I)

LOCAL: 4		Dormitorio + Baño			PL.3ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W	
Fachada	10,02	1,43	21,0	S	0	301,86	
Ventana	3,95	5,00	21,0	S	0	454,54	
Suelo s/local	--					--	
Cubierta	12,55	1,37	21,0			361,06	
Renovaciones	17,57	0,33	21,0			182,64	
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			124,04	
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,05			62,02	
PÉRDIDAS TOTALES						1426,42	

LOCAL: 5		Aseo			PL.3ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W	
Zonas Comunes	3,92	2,19	11,0			94,43	
Zonas Comunes	10,76	2,19	11,0			259,29	
Suelo s/local	--					--	
Cubierta	3,46	1,37	21,0			99,66	
Renovaciones	9,70	0,33	21,0			67,22	
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			42,62	
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00	
PÉRDIDAS TOTALES						468,78	

LOCAL: 6		Cocina			PL.3ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W	
Fachada	2,22	1,43	21,0	S	0	66,95	
Zonas Comunes	10,89	2,19	21,0			262,22	
Ventana	1,32	5,00	21,0			138,18	
Suelo s/local	--					--	
Cubierta	5,83	1,37	21,0			167,73	
Renovaciones	8,16	0,33	21,0			113,13	
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			74,82	
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,05			37,41	
PÉRDIDAS TOTALES						860,43	

Tabla 4-25. Cargas Térmicas asociada a la Vivienda 3ªA (II)

4.4.8) VIVIENDA 3ªB

LOCAL: 1	Dist. Vestíbulo			PL.3ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Zonas Comunes	12,15	2,19	11,0			292,67
Puerta Ext	1,95	2,00	11,0			42,87
Suelo s/local	--					--
Cubierta	9,14	1,37	21,0			262,96
Renovaciones	12,80	0,33	21,0			88,68
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			68,72
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						755,90

LOCAL: 2	Comedor - Cocina			PL.3ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	6,64	1,43	21,0	S	0	199,28
Zonas Comunes	24,36	2,19	11,0			586,30
Ventana	2,63	5,00	21,0	S	0	276,36
Suelo s/local	--					--
Cubierta	17,78	1,37	21,0			511,53
Renovaciones	37,34	0,33	21,0			258,75
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			183,22
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						2015,44

LOCAL: 3	Dormitorio 01			PL.3ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	5,12	1,43	21,0	S	0	154,30
Ventana	2,63	5,00	21,0	S	0	276,36
Suelo s/local	--					--
Cubierta	9,38	1,37	21,0			269,86
Renovaciones	13,13	0,33	21,0			91,00
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			79,15
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						870,68

Tabla 4-26. Cargas Térmicas Vivienda 3ªB (I)

LOCAL: 4	Dormitorio 02			PL.3ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	5,31	1,43	21,0	S	0	159,78
Zonas Comunes	9,46	2,19	11,0			227,78
Ventana	2,63	5,00	21,0	S	0	276,36
Suelo s/local	--					--
Cubierta	9,58	1,37	21,0			275,62
Renovaciones	13,41	0,33	21,0			92,95
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			103,25
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						1135,73

LOCAL: 5	Aseo			PL.3ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Zonas Comunes	9,69	2,19	11,0			233,31
Suelo s/local	--					--
Cubierta	3,33	1,37	21,0			9580
Renovaciones	9,32	0,33	21,0			64,62
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			39,37
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						433,10

Tabla 4-27. Cargas Térmicas Vivienda 3ªB (II)

4.4.9) VIVIENDA 3ªC.

LOCAL: 1	Dist. Vestíbulo			PL.3ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Zonas Comunes	6,05	2,19	11,0			145,63
Puerta Ext	1,95	2,00	11,0			42,87
Suelo s/local	--					--
Cubierta	8,58	1,37	21,0			246,85
Renovaciones	12,01	0,33	21,0			83,24
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			51,86
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						570,45

Tabla 4-28. Cargas Térmicas Vivienda 3ªC (I)

LOCAL: 2		Estar-Comedor			PL.3ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W	
Fachada	10,95	1,43	21,0	S	0	328,85	
Zonas Comunes	10,95	2,19	11,0			263,50	
Ventana	5,26	5,00	21,0	S	0	552,72	
Suelo s/local	--					--	
Cubierta	22,64	1,37	21,0			552,72	
Renovaciones	31,70	0,33	21,0			219,65	
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			201,61	
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00	
PÉRDIDAS TOTALES						2217,68	

LOCAL: 3		Cocina			PL.3ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W	
Fachada	4,31	1,43	21,0	E	10	142,87	
Fachada	2,89	1,43	21,0	N	15	99,76	
Zonas Comunes	14,49	2,19	11,0			349,06	
Ventana	0,68	5,00	21,0	E	10	78,14	
Ventana	1,15	5,00	21,0	N	15	138,72	
Suelo s/local	--					--	
Cubierta	8,11	1,37	21,0			233,32	
Renovaciones	22,71	0,33	21,0			157,37	
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			119,91	
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,05			59,96	
PÉRDIDAS TOTALES						1379,13	

LOCAL: 4		Dormitorio 01			PL.3ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W	
Fachada	7,43	1,43	21,0	S	0	223,70	
Medianera	9,17	1,23	11,0			123,87	
Ventana	2,63	5,00	21,0	S	0	276,36	
Suelo s/local	--					--	
Cubierta	12,77	1,37	21,0			367,39	
Renovaciones	17,88	0,33	21,0			123,89	
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			111,52	
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,05			55,76	
PERDIDAS TOTALES						1282,50	

Tabla 4-29. Cargas Térmicas Vivienda 3ªC (II)

LOCAL: 5		Dormitorio 02			PL.3ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W	
Fachada	7,69	1,43	21,0	E	10	254,17	
Fachada	4,25	1,43	21,0	O	5	134,02	
Zonas Comunes	9,80	2,19	11,0			235,80	
Ventana	2,27	5,00	21,0	E	10	261,95	
Suelo s/local	--					--	
Cubierta	12,27	1,37	21,0			353,01	
Renovaciones	17,18	0,33	21,0			119,04	
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			96,98	
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00	
PERDIDAS TOTALES						1066,78	

LOCAL: 6		Baño			PL.3ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W	
Fachada	4,18	1,43	21,0	N	15	144,83	
Ventana	1,57	5,00	21,0	N	15	189,47	
Suelo s/local	--					--	
Cubierta	4,09	1,37	21,0			117,67	
Renovaciones	11,45	0,33	21,0			39,68	
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			49,17	
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,05			24,58	
PERDIDAS TOTALES						565,40	

LOCAL: 7		Aseo			PL.3ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W	
Fachada	4,86	1,43	21,0	E	10	160,57	
Ventana	1,18	5,00	21,0	E	10	135,83	
Suelo s/local	--					--	
Cubierta	3,90	1,37	21,0			112,20	
Renovaciones	10,92	0,33	21,0			75,68	
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			48,43	
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00	
PERDIDAS TOTALES						532,70	

Tabla 4-30. Cargas Térmicas Vivienda 3ªC (III)

4.4.10) VIVIENDA 3ºD.

LOCAL: 1	Dist. Vestíbulo			PL.3ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Zonas Comunes	16,67	2,19	11,0			401,68
Puerta Ext	1,95	2,00	11,0			42,87
Suelo s/local	--					--
Cubierta	15,03	1,37	21,0			432,41
Renovaciones	21,04	0,33	21,0			145,82
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			102,28
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						1125,06

LOCAL: 2	Estar-Comedor			PL.3ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	10,92	1,43	21,0	N	15	377,12
Zonas Comunes	8,01	2,19	11,0			192,74
Ventana	4,30	5,00	21,0	N	15	519,32
Suelo s/local	--					--
Cubierta	18,22	1,37	21,0			274,58
Renovaciones	25,51	0,33	21,0			176,77
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			179,
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						1969,15

LOCAL: 3	Cocina			PL.3ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	4,11	1,43	21,0	E	10	136,16
Fachada	2,47	1,43	21,0	S	0	74,13
Zonas Comunes	3,79	2,19	11,0			91,20
Ventana	0,92	5,00	21,0	E	10	106,72
Ventana	1,57	5,00	21,0	S	0	164,76
Suelo s/local	--					--
Cubierta	8,50	1,37	21,0			244,55
Renovaciones	23,80	0,33	21,0			164,93
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			98,24
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,05			49,12
PÉRDIDAS TOTALES						1129,81

Tabla 4-31. Cargas Térmicas Vivienda 3ºD (I)

LOCAL: 4	Dormitorio 01			PL.3ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	7,24	1,43	21,0	N	15	250,66
Medianera	9,17	1,23	11,0			123,87
Ventana	2,82	5,00	21,0	N	15	340,80
Suelo s/local	--					--
Cubierta	16,63	1,37	21,0			478,45
Renovaciones	23,28	0,33	21,0			161,34
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			135,51
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,05			67,76
PÉRDIDAS TOTALES						1558,39

LOCAL: 5	Dormitorio 02			PL.3ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	6,81	1,43	21,0	E	10	225,03
Fachada	5,77	1,43	21,0	O	5	182,05
Zonas Comunes	9,80	2,19	11,0			235,80
Ventana	2,27	5,00	21,0	E	10	261,95
Suelo s/local	--					--
Cubierta	12,38	1,37	21,0			356,17
Renovaciones	17,33	0,33	21,0			120,11
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			97,40
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						884,87

LOCAL: 6	Dormitorio 03			PL.3ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	7,95	1,43	21,0	O	5	251,40
Zonas Comunes	15,23	2,19	11,0			366,94
Ventana	1,57	5,00	21,0	O	5	173,00
Suelo s/local	--					--
Cubierta	9,18	1,37	21,0			264,11
Renovaciones	12,85	0,33	21,0			89,06
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			114,45
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						1258,96

Tabla 4-32. Cargas Térmicas Vivienda 3ªD (II)

LOCAL: 7	Aseo 1			PL.3ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	3,68	1,43	21,0	E	10	121,72
Ventana	1,18	5,00	21,0	E	10	135,83
Suelo s/local	--					--
Cubierta	4,31	1,37	21,0			124,00
Renovaciones	12,07	0,33	21,0			83,63
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			46,52
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						511,70

LOCAL: 8	Aseo 2			PL.3ª		
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	4,17	1,43	21,0	S	0	125,29
Ventana	1,58	5,00	21,0	S	0	165,82
Suelo s/local	--					--
Cubierta	4,04	1,37	21,0			116,23
Renovaciones	11,31	0,33	21,0			78,39
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			48,57
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						534,30

Tabla 4-33. Cargas Térmicas Vivienda 3ªD

4.4.11) VIVIENDA 3ªE

LOCAL: 1	Vestíbulo				PL.3ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	10,05	1,43	21,0	O	5	316,78
Fachada	2,11	1,43	21,0	N	15	73,01
Zonas Comunes	3,46	2,19	11,0			83,26
Puerta Ext	1,95	2,00	11,0			42,87
Suelo s/local	--					--
Cubierta	5,64	1,37	21,0			162,26
Renovaciones	7,90	0,33	21,0			54,72
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			73,29
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,05			36,64
PERDIDAS TOTALES						842,83

Tabla 4-34. Cargas Térmicas Vivienda 3ªE (I)

LOCAL: 2	Estar-Comedor				PL.3ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	8,06	1,43	21,0	N	15	278,49
Fachada	8,38	1,43	21,0	E	10	276,83
Zonas Comunes	12,37	2,19	11,0			297,73
Ventana	1,90	5,00	21,0	E	10	219,27
Suelo s/local	--					--
Cubierta	15,81	1,37	21,0			454,85
Renovaciones	22,13	0,33	21,0			153,39
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			168,06
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						1848,61

LOCAL: 3	Cocina				PL.3ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	1,94	1,43	21,0	E	10	64,28
Fachada	4,22	1,43	21,0	S	0	126,63
Zonas Comunes	4,88	2,19	11,0			117,64
Ventana	1,58	5,00	21,0	E	10	182,40
Ventana	1,58	5,00	21,0	S	0	165,82
Suelo s/local	--					--
Cubierta	11,70	1,37	21,0			336,61
Renovaciones	32,76	0,33	21,0			227,03
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			122,04
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,05			61,02
PÉRDIDAS TOTALES						1403,45

LOCAL: 4	Dormitorio 01				PL.3ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	2,93	1,43	21,0	S	0	88,20
Zonas Comunes	11,69	2,19	11,0			281,61
Ventana	1,58	5,00	21,0	S	0	165,82
Suelo s/local	--					--
Cubierta	9,18	1,37	21,0			264,11
Renovaciones	12,85	0,33	21,0			89,06
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			88,88
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,05			44,44
PERDIDAS TOTALES						1022,12

Tabla 4-35. Cargas Térmicas Vivienda 3ªE (II)

LOCAL: 5	Dormitorio 02				PL.3ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	5,64	1,43	21,0	N	10	186,46
Fachada	6,93	1,43	21,0	O	5	218,60
Zonas Comunes	8,01	2,19	11,0			192,74
Ventana	2,15	5,00	21,0	N	10	248,37
Ventana	1,90	5,00	21,0	O	5	209,30
Suelo s/local	--					--
Cubierta	8,71	1,37	21,0			250,59
Renovaciones	12,19	0,33	21,0			84,50
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			77,62
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						853,82

LOCAL: 6	Distribuidor				PL.3ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	8,78	1,43	21,0	O	5	277,65
Ventana	1,58	5,00	21,0	O	5	174,11
Suelo s/local	--					--
Cubierta	4,82	1,37	21,0			138,67
Renovaciones	6,75	0,33	21,0			46,76
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			63,72
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						700,91

LOCAL: 7	Aseo				PL.3ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Zonas Comunes	5,77	2,19	11,0			138,95
Suelo s/local	--					--
Cubierta	2,83	1,37	21,0			81,42
Renovaciones	7,92	0,33	21,0			54,91
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			27,53
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						302,81

Tabla 4-36. Cargas Térmicas Vivienda 3ªE(III)

4.4.12) VIVIENDA 3ºF.

LOCAL: 1	Vestíbulo				PL.3ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	9,18	1,43	21,0	E	10	303,29
Zonas Comunes	3,46	2,19	11,0			83,26
Ventana	1,16	5,00	21,0	E	10	133,54
Puerta Ext	1,95	2,00	11,0			42,87
Suelo s/local	--					--
Cubierta	6,69	1,37	21,0			192,47
Renovaciones	9,37	0,33	21,0			64,91
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			82,03
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PERDIDAS TOTALES						902,38

LOCAL: 2	Estar-Comedor				PL.3ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	8,93	1,43	21,0	N	15	308,46
Fachada	5,29	1,43	21,0	S	0	158,98
Zonas Comunes	12,37	2,19	11,0			297,73
Ventana	2,02	5,00	21,0	S	0	212,06
Suelo s/local	--					--
Cubierta	13,99	1,37	21,0			402,49
Renovaciones	19,59	0,33	21,0			135,73
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			151,55
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PERDIDAS TOTALES						1667,00

LOCAL: 3	Cocina				PL.3ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	5,81	1,43	21,0	E	10	192,56
Zonas Comunes	12,57	2,19	11,0			302,86
Ventana	1,50	5,00	21,0	E	10	173,32
Suelo s/local	--					--
Cubierta	4,91	1,37	21,0			141,26
Renovaciones	13,75	0,33	21,0			95,27
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			90,53
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,05			45,26
PERDIDAS TOTALES						1041,06

Tabla 4-37. Cargas Térmicas Vivienda 3ºF (I)

LOCAL: 4	Dormitorio 01				PL.3ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	11,54	1,43	21,0	N	15	399,60
Fachada	5,96	1,43	21,0	O	5	187,82
Ventana	1,65	5,00	21,0	O	5	181,71
Suelo s/local	--					--
Cubierta	9,18	1,37	21,0			264,11
Renovaciones	12,85	0,33	21,0			89,06
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			112,23
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,05			56,12
PÉRDIDAS TOTALES						1290,6

LOCAL: 5	Dormitorio 02				PL.3ª	
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	6,96	1,43	21,0	O	5	219,43
Zonas Comunes	5,35	2,19	11,0			128,85
Ventana	1,65	5,00	21,0	O	5	181,71
Suelo s/local	--					--
Cubierta	6,75	1,37	21,0			194,20
Renovaciones	9,45	0,33	21,0			65,49
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			57,03
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						627,28

LOCAL: 6	Baño	PL.3ª				
PARAMENTO	SUPERF.	U	ΔT	OR.	%	W
Fachada	4,31	1,43	21,0	O	5	136,34
Suelo s/local	--					--
Cubierta	2,63	1,37	21,0			75,67
Renovaciones	7,36	0,33	21,0			51,03
INCREMENTO POR INTERMITENCIA:			0,10			26,0
INCREMENTO POR ESQUINA:			0,00			0,00
PÉRDIDAS TOTALES						289,35

Tabla 4-38. Cargas Térmicas Vivienda 3ªF (II)

Finalizados los cálculos de las cargas térmicas asociadas a los diferentes locales de las 18 viviendas, se resumen a continuación la demanda térmica media asociada a cada tipo de vivienda. Además, se calculará cuanto es la carga térmica por metro cuadrado de vivienda, para hacerse una idea de la calidad de la misma.

Vivienda	Carga Térmica Demandada (W)	Superficie(m ²)	Pérdidas (W/m ²)
Modelo A	7164,77	72,03	99,47
Modelo B	4712,49	49,21	95,76
Modelo C	5855,04	72,36	80,91
Modelo D	8253,09	88,29	93,47
Modelo E	6371,23	56,21	113,34
Modelo F	5364,11	46,20	116,10

Tabla 4-39. Resumen pérdidas térmicas por vivienda.

Tal y como se puede apreciar en los datos expuestos en la tabla superior, se puede ver que la calidad de la vivienda es mala, ya que debido a su antigüedad carece de aislamiento en las paredes exteriores y, por lo tanto, la cantidad de potencia térmica necesaria para calentar estas viviendas es excesiva. Si a esto se le suma, que la calefacción y producción de A.C.S. con la que cuenta la vivienda es individual y eléctrica, el consumo eléctrico asociado es muy elevado, lo que conlleva un incremento en la factura de la luz.

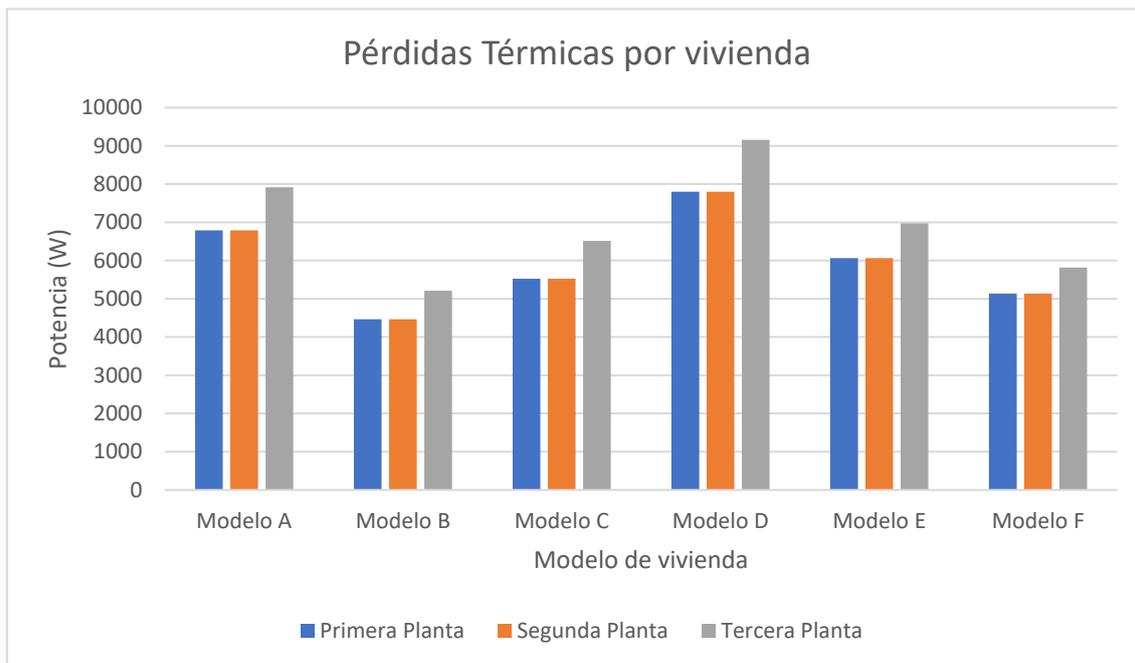


Imagen 4-3. Gráfico de Cargas Térmicas

Resumiendo, se obtienen unas necesidades energéticas de la instalación de:

Pérdidas de calor = 113,15 kW

Aplicando la fórmula de grados día se obtiene una demanda de energía de:

$$\text{Demanda de energía} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right) = 243.637$$

5) PROPUESTAS DE MEJORAS.

Una vez se ha estudiado el edificio original, habiéndose calculado las transmitancias de todos sus cerramientos, así como la carga térmica de calefacción asociada a cada una de las viviendas, se procede a dimensionar los nuevos sistemas que tendrá el nuevo edificio rehabilitado.

Para ello es necesario cumplir con la legislación vigente en materia de construcción, así como de instalaciones térmicas, ya que, al ser un edificio anterior a 1970 se encontraba exento de cumplir estas normativas.

Algunas de la normativa que se debe de cumplir es la siguiente:

- Cumplimiento de la normativa relativa a la Seguridad contra Incendios que se encuentra recogida en el CTE-DB SI. (No objeto del presente proyecto).
- Cumplimiento de la normativa relativa a la protección contra el ruido que se encuentra recogida en el CTE-DB HR. (No objeto del presente proyecto).
- Cumplimiento de la normativa relativa a la eficiencia energética, recogida en el CTE-DB HE.
- Cumplimiento de la normativa relativa a la calidad del aire, que se encuentra recogida en el CTE – DB HS3.

El presente proyecto se encuentra destinado a diseñar los sistemas de acuerdo con la normativa recogida en el CTE DB HE; CTE DB HS y en el RITE, por lo que los sistemas se deberán realizar teniendo en cuenta las características del edificio y sin dejar de tener presente, que de cara a la normativa, todo tiene que estar dentro de los márgenes permitidos por los diferentes reglamentos.

Por lo tanto, dividiremos el proyecto en varios apartados según la normativa que vayan a cumplir.

- *Reacondicionamiento de los cerramientos del edificio.* Se van a reconstruir los diferentes cerramientos del edificio, por lo que se ha de cumplir el CTE DB HE1, en el que se limita también la demanda energética del edificio.
- *Ventilación.* El nuevo edificio deberá de cumplir con la normativa recogida en el CTE DB HS3.
- *Contribución solar mínima.* El CTE DB HE4 exige que las edificaciones cumplan con un porcentaje mínimo de contribución renovable para la producción de agua caliente.

Para mejorar el edificio, acondicionarlo y se cumplan los objetivos propuestos, se realizarán 3 mejoras en las instalaciones.

1. Rehabilitación de la envolvente térmica del Edificio.
2. Nuevo sistema de calefacción y producción de ACS.
3. Nuevo sistema de ventilación mecánica controlada.

5.1) NUEVA ENVOLVENTE Y SU TRANSMITANCIA ASOCIADA.

En apartados anteriores se han expuesto las condiciones del edificio original: descripción de los cerramientos, transmitancia asociada y pérdidas térmicas. Tal y como se ha expuesto anteriormente, la envolvente del edificio tiene unas prestaciones térmicas deficientes, y el calor se escapaba de las viviendas con facilidad al tener una resistencia térmica baja, al carecer de aislamiento térmico.

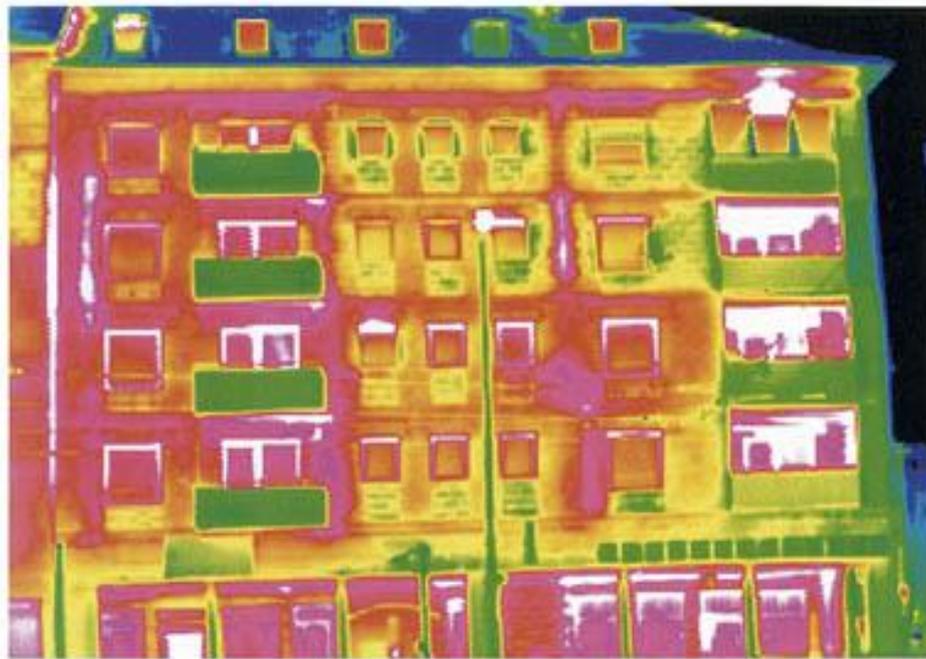


Imagen 5-1. Termografía de un bloque de viviendas sin aislamiento.

En la imagen superior se tiene una termografía de un edificio que se ha tomado como ejemplo para explicar las actuaciones que se van a realizar. En primer lugar, tal y como se ve en la termografía, la fachada se encuentra en tonos naranjas/rojizos característicos de una pérdida de energía por la envolvente al encontrarse a una temperatura elevada. Se puede apreciar en la misma imagen como la cubierta del edificio no se encuentra con los mismos colores que la fachada. Esto es un claro indicador de que se está perdiendo más energía por la fachada que por la cubierta.

En este edificio se encuentra en una situación similar a la expuesta, ya que al carecer de aislamiento térmico, la pérdida de energía a través de la envolvente es alta, tal y como han reflejados los cálculos realizados en el apartado 4.4) Resultados.

El objetivo por lo tanto es adaptar la envolvente termica, modificando los materiales existentes por otros de mejor calidad o añadiendo una capa externa con aislamiento que aumente la resistencia termica, disminuyendo asi el flujo de calor a través de la envolvente.

El objetivo por lo tanto sería lograr un edificio cuya termografia fuera la siguiente:

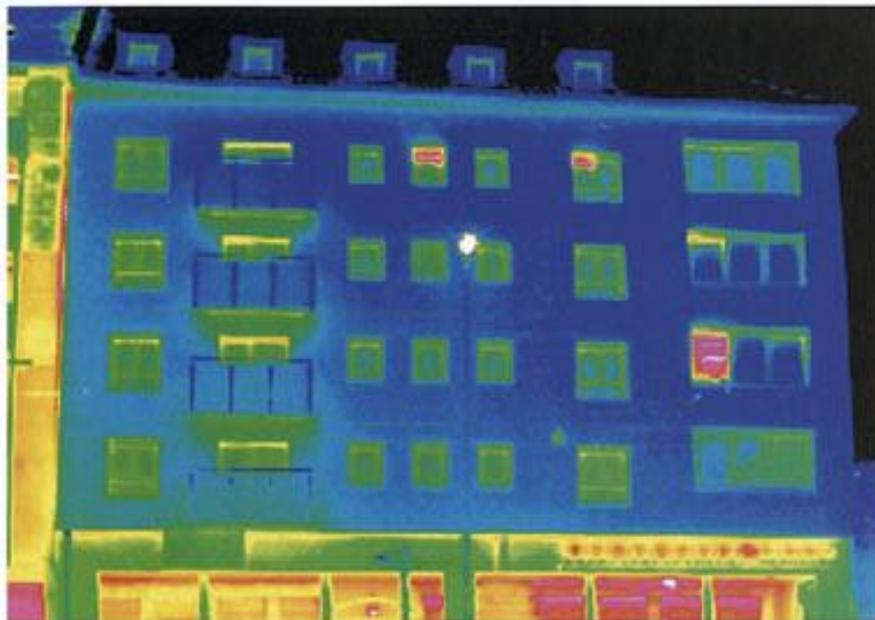


Imagen 5-2. Termografía Bloque de vivienda, tras rehabilitar la envolvente.

Se aprecia claramente la mejoría. La fachada presenta tonos azulados característicos de una temperatura baja y al mismo tiempo la cubierta del edificio tiene un color aún más oscuro por lo que se pierde menos energía. Esto se ha conseguido a consecuencia de incrementar la resistencia térmica del edificio, al añadir una capa de asilamiento.

Entendida la actuación que ha de llevarse a cabo para mejorar el edificio se tienen dos opciones:

- la primera de ellas consistiría en realizar una reforma implementando el sistema de “Fachada ventilada”, que consiste en añadir varias capas adicionales a la fachada original para aumentar con ello la resistencia térmica. El inconveniente que se observa es la falta de actuación en otras partes del edificio, por lo que a pesar de tener una buena fachada, los condicionantes por otros elementos siguen presentes (huecos, forjados...etc).
- La segunda opción consiste en demoler parte de la envolvente manteniendo su estructura y construirla de nuevo con materiales de mejor calidad y aislamiento.

Para este proyecto se ha optado por la segunda opción. Se demolerá prácticamente la envolvente térmica completa del edificio y se adecuará a las nuevas exigencias recogidas en el CTE. En el proyecto del arquitecto, se recogen las siguientes medidas:

- Ya que se trata de un edificio antiguo, se respeta la hoja exterior de la fachada y se demuele la hoja interior.
- La cubierta se retira manteniendo únicamente la estructura y se reacondiciona.
- Se retiran los antiguos huecos y lucernarios existentes, contruidos en madera así como las puertas de todas las viviendas.
- Se demuelen todas las particiones interiores del edificio.

Una vez se conocen las actuaciones realizadas hay que conocer que normativa se ha de cumplir para construir la nueva envolvente de acuerdo con dicha normativa.

Si se analizan las actuaciones realizadas, no se lleva a cabo ninguna ampliación del edificio, simplemente se realiza una reforma prácticamente completa de la envolvente del edificio, por lo que el CTE DB -HE0 no entra en aplicación.

Pero tal y como se exponía al principio del proyecto, el CTE DB HE1 entra en aplicación cuando se realiza una reforma de un edificio, por lo que la nueva envolvente, así como los huecos y lucernarios del nuevo edificio, deben de satisfacer las condiciones impuestas dentro de este documento.

Al estar reformando prácticamente la totalidad de la envolvente, la superficie remodelada de ésta es mayor del 25% de la superficie total por lo que se tendrá que tener este dato en cuenta de cara a aplicar el apartado correcto de la normativa.

Al tratarse de una intervención en un edificio existente, se ha de cumplir el punto “2.2.2.1 Limitación de la demanda energética del edificio” (5) y el “2.2.2.2. Limitación de descompensaciones en edificios de uso residencial privado” (5)

En el primer punto se expone:

“2. En las obras de reforma en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio y en las destinadas a un cambio de uso característico del edificio se limitará la demanda energética conjunta del edificio de manera que sea inferior a la del edificio de referencia”.

En el segundo:

“1. En edificios de uso residencial privado, la transmitancia térmica de las nuevas particiones interiores o aquellas que sean objeto de sustitución no superará los valores de la tabla 2.4 cuando estas delimitan las unidades de uso residencial privado de otras de distinto uso o de zonas comunes del edificio, y los de la tabla 2.5 cuando delimiten unidades de uso residencial privado entre sí.”

Ya que de momento se desconoce la demanda energética del edificio, se comienza analizando lo descrito en el apartado “2.2.2.2 Limitación de las descompensaciones”. En este apartado hace referencia a dos tablas descritas en el CTE DB HE1 que se recogen a continuación:

Tipo de Elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Particiones horizontales y verticales	1,35	1,25	1,10	0,95	0,85	0,70

Tabla 5-1. Transmitancia térmica límite de las particiones interiores, cuando delimiten unidades de distinto uso, zonas comunes, y medianeras, U en W/m².K²

² Tabla 2.4 del CTE-DB HE1

Tipo de Elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Particiones horizontales	1,90	1,80	1,55	1,35	1,20	1,00
Particiones verticales	1,40	1,40	1,20	1,20	1,20	1,00

Tabla 5-2. Transmitancia térmica límite de las particiones interiores, cuando delimiten unidades de mismo uso, U en $W/m^2.K^3$

Pero ¿en qué zona se encuentra el edificio? Para ello basta con consultar el Apéndice B del CTE DB HE-1 (5) en el que se recogen las zonas climáticas correspondientes por capitales. El edificio está situado en Oviedo y consultando simplemente la tabla se puede conocer la zona climática, en este caso es D1.

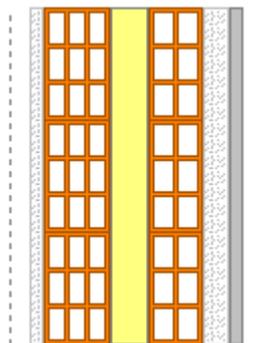
Por lo tanto, aquellos cerramientos que se encuentren comprendidos dentro de las características descritas en el apartado “2.2.2.2 Limitación de las descompensaciones” deberán de tener una transmitancia inferior a la fijada en las tablas anteriores.

5.1.1) NUEVA FACHADA.

La nueva fachada mantiene la hoja exterior original, pero se reacondiciona la hoja interior con materiales de mejor calidad. Se le añaden dos capas de materiales aislantes para aislarla lo mejor posible del exterior.

Material	Espesor (mm)	Conductividad (W/m.K)
Enfoscado Exterior de cemento	20	1,40
Ladrillo hueco triple	110	0,49
PUR Proyección con CO2 celda cerrada	60	0,032
Ladrillo hueco doble	90	0,49
MW Lana Mineral	40	0,031
Enlucido interior de yeso	25	0,25

Tabla 5-3. Descripción de la nueva fachada.



$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{4,02} = 0,25 \frac{W}{m^2.K}$$

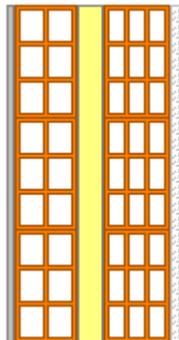
³ Tabla 2.5 del CTE-DB HE1

5.1.2) MEDIANERAS

Aunque no se actúa completamente sobre las medianeras, sí que se han demolido las zonas comunes y se sustituye el antiguo tabicón remplazando la cámara de aire por una capa de material aislante por medio de proyección de poliuretano extruido.

Material	Espesor (mm)	Conductividad (W/m.K)
Ladrillo hueco triple	110	0,49
Espuma Poliuretano Extruido	50	0,032
Cámara de aire sin ventilar	25	--
Ladrillo hueco doble	90	0,49
Placa de Yeso	15	0,25

Tabla 5-4. Composición de las medianeras



$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{2,56} = 0,39 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

5.1.3) PARTICIONES INTERIORES.

Al demolerse todas las particiones interiores será necesario reconstruir las divisiones de las diferentes viviendas. Los planos originales han sufrido modificaciones y aunque se mantiene la distribución original, algunas viviendas ya no son como antes.

En este apartado, se encuentran englobados aquellos muros que separan las diferentes viviendas del resto, como la pared divisoria entre vivienda y pasillo de acceso a las viviendas y las paredes interiores que delimitan las diferentes habitaciones de las viviendas.

En primer lugar, se analiza el cerramiento que separa las diferentes viviendas. Se trata de una partición vertical que delimita locales con el mismo uso. Para identificarlo y que tenga la misma nomenclatura que la aplicada en apartados anteriores se identificará por el nombre de "Zonas Comunes". Se compone de:

Material	Espesor (mm)	Conductividad (W/m.K)
Placa de yeso	15	0,25
MW Lana Mineral	40	0,031
Bloque Hormigón Hueco Acústico	65	1,16
Placa de Yeso	15	0,25

Tabla 5-5. Composición del tabique de separación entreviviendas.

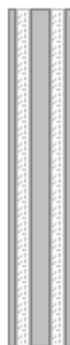


$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{1.726} = 0,579 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

En segundo lugar, se tienen las paredes interiores. Estas paredes están construidas por tabiquería doble de pladur con estructura metálica y aislamiento interior de lana mineral de cuatro centímetros. Por lo tanto:

Material	Espesor (mm)	Conductividad (W/m.K)
Placa de yeso	30	0,25
MW Lana Mineral	40	0,031
Placa de Yeso	30	0,25

Tabla 5-6. Composición de las Paredes Interiores



$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{1,29} = 0,77 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

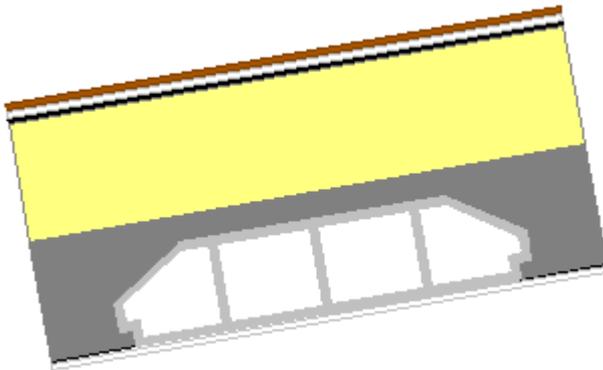
5.1.4) CUBIERTA

Se ha mantenido la estructura original de la cubierta, retirando toda la cobertura original de tejas y aislándola con planchas de poliestireno extruido (EPS) de 20 cm de espesor.

Se aplica una lona hidrófuga para impermeabilizar la cubierta y se reteja de nuevo.

Material	Espesor (mm)	Conductividad (W/m.K)
Teja cerámica	10	1,30
Mortero de Cemento	10	1,80
Lamina polietileno baja densidad	0,1	0,33
EPS Poliestireno expandido	200	0,046
FU Entrevigado de hormigón	300	--
Placa de Yeso	15	0,25

Tabla 5-7. Composición de la Cubierta



$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{5,55} = 0,18 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

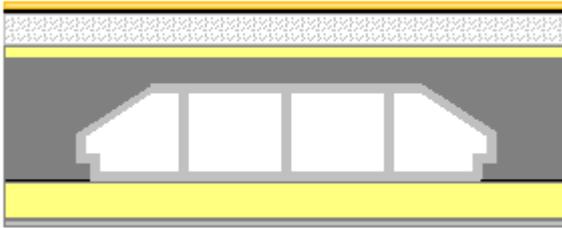
5.1.5) FORJADO DE LAS VIVIENDAS.

A la hora de tratar el forjado debido a la dificultad inherente relacionada con la altura de los pisos y debido a que hay que acondicionar las particiones horizontales, se opta por reducir la cámara de aire existente e introducir una capa de material aislante. El acabado del suelo es de tipo cerámico con aspecto tipo tarima.

El forjado ya se ha preparado de acuerdo con el tipo de sistema de calefacción que se va a incorporar y al utilizar un sistema de suelo radiante se añade una capa adicional que ayuda a reducir la transmitancia asociada al mismo.

Material	Espesor (mm)	Conductividad (W/m.K)
Plaqueta cerámica	10	1,00
Lamina polietileno baja densidad	0,5	0,33
Mortero de cemento	50	1,80
EPS Poliestireno Expandido	25	0.046
FU Entrevigado de hormigón	250	1,323
EPS Poliestireno Expandido	60	0,037
Placa de Yeso	12,5	0,25

Tabla 5-8. Composición del forjado.



$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{2,63} = 0,38 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

5.1.6) VENTANAS.

Al haberse retirado todos los huecos se instalan nuevos ventanales.

Se instalarán ventanas de PVC de una hoja practicable compuesta de marco metálico, hoja y junquillos con acabado natural en color blanco, perfiles de estética redondeada, con vidrio 4/20/4 + Planiterm+ Silent.

Las ventanas tendrán una transmitancia $U = 1,70 \frac{W}{m^2 \cdot K}$

5.1.7) CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA ASOCIADA AL NUEVO EDIFICIO.

Una vez se han calculado los nuevos valores asociados a los diferentes cerramientos del edificio se calcula la demanda energética que tendrá el mismo. Se utilizará el programa de cálculo de DMELECT para simular el edificio.

Este programa permite al usuario dibujar y construir un edificio permitiéndole variar todos los aspectos constructivos del mismo. A su vez, este programa permite diferenciar la vivienda por locales, obteniéndose la carga térmica asociada a cada local de manera más exacta.

Una vez introducidos todos los cerramientos en el programa y construido el edificio, se simula para obtener la carga térmica necesaria de calefacción obteniéndose un total de **46.331 W**.

En el anexo de cálculos se encuentra más detalladamente todos los cálculos realizados, así como, los valores asociados a cada una de las viviendas.

5.2) SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y PRODUCCIÓN DE A.C.S. CENTRALIZADA. CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE.

Para satisfacer las necesidades térmicas de las viviendas se ha optado por dotarlas de un sistema de calefacción por suelo radiante en lugar de un sistema de calefacción por radiadores al presentar diversas ventajas frente a los sistemas de calefacción convencionales.

La calefacción por suelo radiante basa su funcionamiento en una red de tubería plástica que, instalada bajo el pavimento y de una capa de mortero hace circular agua caliente por toda la superficie provocando que el calor se irradie desde el suelo. Esto hace que la temperatura del aire a la altura de los pies sea algo superior a la temperatura del aire a la altura de la cabeza mejorando la sensación de confort.

Alguna de las principales ventajas que presenta este sistema son:

1. Elevado Rendimiento

Las temperaturas de funcionamiento de estos sistemas son bajas, en torno a los 30 y 45 grados, lo que permite que la energía necesaria para calentar las estancias sea menor que la de los sistemas convencionales.

2. Bajo consumo

Los sistemas de suelo radiante funcionan con un circuito de agua a baja temperatura (30-45º) frente a los sistemas tradicionales que necesitan mayores temperaturas de impulsión (80-85º). Al tratarse de un sistema de baja temperatura se consiguen grandes ahorros combinándolo con sistemas de generación de calor eficientes como la aerotermia, la geotermia, calderas de baja temperatura o condensación y energía solar térmica. Por ello, el uso de suelo radiante consume entre un 10% y un 20% menos en relación con otros sistemas de calefacción convencional.

3. Uso de energías renovables

Al tratarse del sistema de calefacción que emplea la temperatura de impulsión de agua más baja (entre 30 y 45º) se utilizan para su funcionamiento fuentes de energía renovables como son la aerotermia o la geotermia a través de la bomba de calor o la energía solar térmica a través de sistemas híbridos. Esto lo convierte en uno de los sistemas de calefacción más respetuosos con el medio ambiente.

4. Deja el espacio libre de elementos calefactores

Al estar instalado el sistema bajo suelo o tras paredes y techos nos olvidamos de colocar elementos en las paredes como radiadores o convectores. Tan sólo se deberá tener en cuenta la colocación de un armario para los colectores hidráulicos (similar a un armario de luces) en la pared. El espacio habitable queda de esta forma totalmente libre y despejado dejando total libertad para el diseño de interiores.

5. Sensación de confort

La temperatura del aire cercano al suelo será ligeramente superior a la temperatura del aire a la altura de la cabeza. El calor se reparte de forma uniforme por toda la casa, y no se acumula en zonas puntuales como en los radiadores o en el techo en el caso de sistemas por aire. Al no producirse corrientes de aire se reduce el polvo, no produce sequedad y la baja humedad consigue evitar la aparición de ácaros.

Debido a estas ventajas se decide instalar este sistema en lugar de calefacción por radiadores. A la hora de diseñar un sistema por suelo radiante se han de tener en cuenta muchos factores para su correcto diseño ya que, si el sistema no está correctamente diseñado, se corre el riesgo de no lograr el objetivo para el que ha sido diseñado, dotar a la vivienda de confort térmico.

Por este motivo a continuación se citan algunos de los factores que se van a tener en cuenta a la hora de realizar el diseño del suelo radiante, para obtener un sistema que funcione correctamente y permita obtener el confort térmico para el que va a ser diseñado.

1. **La carga térmica asociada al local.** El primer factor a tener en cuenta es que el local donde va a estar instalado este sistema lleva asociado una carga térmica que debe ser inferior siempre a las emisiones del suelo radiante. Por este motivo, hay que tener en cuenta, que un local con una gran carga térmica llevará siempre un mayor recorrido de tubería para lograr conseguir que las emisiones del sistema sean superiores a las pérdidas térmicas que van asociadas al propio local.
2. **La conductividad del pavimento.** Otro factor para tener en cuenta es el acabado del pavimento del local. Cada material posee una conductividad térmica propia y no son las mismas emisiones para una vivienda que cuente con un suelo con acabado cerámico, que una vivienda que tenga tarima o parqué. Por esto, a la hora de diseñar se ha de conocer cuál va a ser el pavimento final que se va a instalar ya que si no se tiene en cuenta se puede diseñar un sistema que emita menos calor y no sea capaz de dotar de suficiente confort a la estancia.
3. **Paso de los circuitos.** Cuando se diseña un circuito se ha de tener en cuenta el paso o distancia que existe entre cada tubería ya que esta distancia es la que fijará las emisiones por metro cuadrado que tendrá la estancia. A mayor separación de tuberías, se consigue un menor ratio de vatios por metro cuadrado, mientras que si los tubos circulan más juntos se consigue unas emisiones mayores.
4. **El local en sí mismo.** A la hora de diseñar el sistema se ha de tener en cuenta los diferentes locales por los que van a circular los circuitos, así como los elementos que van a ir instalados en ellos como por ejemplo muebles de cocina, armarios empotrados...etc. Estos elementos irán instalados en las diferentes viviendas, pero no se instalará suelo radiante por debajo de ellos ya que no es conveniente tener una superficie calefactada por debajo de estos elementos. A su vez el área del local también es un factor a tener en cuenta, cuando ésta es pequeña los pasos de tubería suelen ser menores que en otros locales de la vivienda para poder dotar al local del confort térmico necesario.
5. **Temperatura de impulsión.** Tal y como se ha comentado anteriormente, es un sistema de baja temperatura, que suele rondar entre los 30 y los 45 grados centígrados. Se ha de estudiar correctamente la temperatura de impulsión para poder garantizar que las emisiones sean siempre superiores a las pérdidas térmicas.

6. **La longitud de tubería.** Los circuitos de suelo radiante tienen una longitud máxima de diseño fijada por la norma UNE-EN 1264-2:2009+A1:2013 que establece que la longitud máxima de un circuito sea de 120 metros de longitud. Por lo tanto, a la hora de diseñar los circuitos más alejados del colector, no se puede perder de vista la longitud del circuito. Si se excede esta longitud se deberá aumentar el paso del circuito o en su defecto, dividir la estancia en dos circuitos independientes para no exceder la longitud máxima.

Estos son los principales factores que se van a tener en cuenta a la hora de diseñar el suelo radiante del edificio. Una vez conocidos, el siguiente paso es diseñar la calefacción por suelo radiante.

5.2.1) DISEÑO DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE.

El primer paso es conocer las pérdidas térmicas asociadas al local que se deben vencer. Este valor se conoce, ha sido calculado en el apartado anterior Cálculo de la carga térmica asociada al nuevo edificio. que se encuentra dentro del anexo de cálculos para no sobrecargar el documento.

Se conoce que el acabado final de todas las viviendas es cerámico, lo que nos permite tener más flexibilidad a la hora de diseñar el sistema ya que al tener una buena conductividad térmica las emisiones serán siempre superiores a las de otros acabados como por ejemplo parqué, tarima o moqueta.

Cada proveedor de suelo radiante trabaja con diferentes sistemas que permiten tener mayor o menor flexibilidad a la hora de diseñar los pasos de tubería del sistema de calefacción. En este caso, se ha optado por el sistema de suelo radiante de Tradesa, un sistema de suelo radiante que incluye los siguientes componentes:

una lámina de polietileno de baja densidad de 0.5mm de espesor, que actúa como barrera de vapor y permite un reparto más uniforme de la temperatura.

Una plancha de poliestireno expandido de 25mm de espesor de resistencia térmica $0,80 \text{ m}^2\text{K/W}$

Una capa de cemento flotante de 50mm de espesor.

Para conocer el paso de diseño de los diferentes circuitos se parte del área de cada uno de los locales. A ésta hay que restarle los elementos por los que no se quiere que circule tubería como son armarios empotrados o los muebles de cocina. Conocido este dato, se obtienen ahora, a partir de las gráficas aportadas por el fabricante del suelo radiante las emisiones por paso y temperatura de impulsión. Para este diseño se barajarán 3 pasos de tubería diferentes de 10, 15 y de 20cm y una temperatura de impulsión de 40 grados para obtener las emisiones por metro cuadrado que se necesitan.

Se comienza trazando una vertical por las diferentes distancias de tuberías, de 10, 15 y 20 cm.

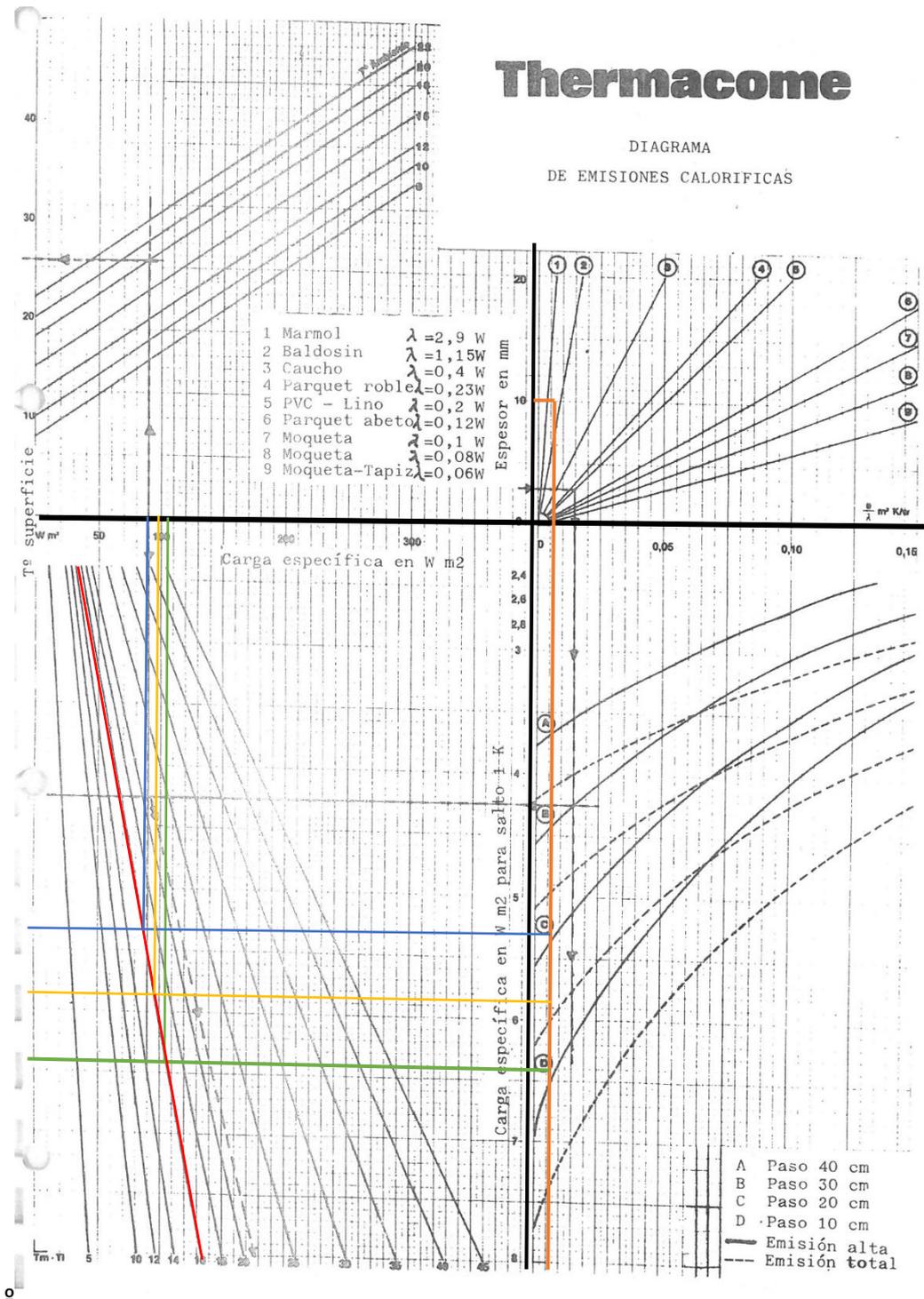


Imagen 5-3. Abaco de cálculo de las emisiones de suelo radiante.

Para obtener las emisiones de calor por metro cuadrado de superficie se empleará el ábaco aportado por el fabricante. La línea de color naranja representa el tipo de acabado superficial que presenta el suelo de las viviendas. En este caso es de cerámica con un espesor de 10mm por lo que entrando en la gráfica por 10mm y cortando a 2 Baldosin cerámico, trazando una perpendicular a lo largo de las curvas.

Donde corte a las curvas C y D correspondientes a los pasos de 10 y 20 cm se trazará una perpendicular para conocer las emisiones térmicas del sistema. Se han trazado 3 perpendiculares cada una de ellas de un color diferente. La línea de color verde representará la emisión para un paso de 10cm, la de color amarillo para paso de 15cm y la de color azul para un paso de 20 cm.

Se ha trazado una línea roja correspondiente a la diferencia entre la temperatura media del fluido que circulará por el interior de las tuberías, y la temperatura ambiente de la estancia. En este caso, se impulsará a 40°C y retornará a 35°C, con una $T_m=37,5^\circ\text{C}$. Al ser la temperatura ambiente igual a 21°C, la diferencia resulta ser de 16.5°C por lo que trazamos una recta de color rojo para esa diferencia térmica. Finalmente trazamos una perpendicular en el corte de las líneas azules, amarillas, y verdes con la roja para obtener una emisión térmica en función del paso y del material del suelo.

Tª impulsión (°C)	Emisiones (W/m²)		
	Paso 10cm	Paso 15 cm	Paso 20 cm
40 con $\Delta T = 5^\circ\text{C}$	110	100	90

Tabla 5-9. Emisiones de suelo radiante en función del paso de tubería y de la temperatura de impulsión.

Conocidas las emisiones que se tienen con el sistema que se va a instalar, se procede a diseñar los diferentes circuitos que compondrán el suelo radiante de las diferentes viviendas.

La distribución de los circuitos se ha realizado teniendo en cuenta los diferentes locales a calefactar y la determinación del paso entre tubos y por tanto la emisión calorífica por metro cuadrado está en función de las necesidades caloríficas de cada local. Cada vivienda dispondrá de un sistema de control de Tª ambiente mediante termostato situado en salón que actuará sobre una electroválvula de 3 vías todo -nada.

Como medida de seguridad, deberá instalarse un termostato todo-nada que corte la bomba de calefacción cuando la temperatura de impulsión sobrepase los 50°C.

Para la contabilización de consumos de calefacción en cada vivienda se dispondrá de un contador de energía intercalado en la tubería de retorno.

La distribución final de suelo radiante se puede ver en los planos 04, 05 y 06 que se encuentran dentro del apartado de PLANOS.

A continuación se resumen las pérdidas por local y las emisiones de los diferentes locales.

Vivienda	Local N.º	Pérdidas (W)	EMISOR	EMISIÓN (W)
1ºA	1.- Vestíb. – Distrib.	342	Suelo Radiante	890
	2.- Aseo	148		263
	3.- Estar - Comedor	1018		1725
	4.-Dormitorio 1	502		920
	5+7.- Dormitorio 2 + Baño	582		807
	6.- Cocina	375		477
Total Pérdidas		2967	Potencia total	5082

Tabla 5-10. Pérdidas y emisiones vivienda 1ºA

Vivienda	Local N.º	Pérdidas (W)	EMISOR	EMISIÓN (W)
1ºB	1.- Vestíb. – Distrib.	263	Suelo Radiante	414
	2.- Estar - Comedor	989		1190
	3.- Aseo	196		215
	4.- Dormitorio 1	472		635
	5.- Dormitorio 2	375		650
Total Pérdidas		2295	Potencia total	3104

Tabla 5-11 Pérdidas y emisiones vivienda 1ºB

Vivienda	Local N.º	Pérdidas (W)	EMISOR	EMISIÓN (W)
1ºC	1 + 7.-Distrib. + Estar-Comedor	999	Suelo Radiante	2340
	2.- Cocina	376		502
	3.- Baño	179		256
	4.- Dormitorio 2	410		844
	5.- Aseo	152		223
	6.- Dormitorio 1	574		863
Total Pérdidas		2690	Potencia total	5027

Tabla 5-12 Pérdidas y emisiones vivienda 1ºC

Vivienda	Local N.º	Pérdidas (W)	EMISOR	EMISIÓN (W)
1ºD	1+4.- Pasillo + Estar - Comedor	1016	Suelo Radiante	2495
	2.- Dormitorio 3	345		603
	3.- Cocina	345		480
	5.- Dormitorio 1	657		1080
	6.- Baño 1	152		248
	7.- Dormitorio 2	414		830
	8.- Baño 2	174		302
	Total Pérdidas			3093

Tabla 5-13. Pérdidas y emisiones vivienda 1ºD

Vivienda	Local N.º	Pérdidas (W)	EMISOR	EMISIÓN (W)
1º E	1.- Vestíb. – Distrib	294	<i>Suelo Radiante</i>	362
	2.-Estar-Comedor-Cocina	1550		1931
	3.- Pasillo	158		211
	4.- Dormitorio 2	427		587
	5.- Aseo	70		188
	6.- Dormitorio 1	406		578
Total Pérdidas		2905	<i>Potencia total</i>	3857

Tabla 5-14 Pérdidas y emisiones vivienda 1ºE

Vivienda	Local N.º	Pérdidas (W)	EMISOR	EMISIÓN (W)
1º F	1.- Cocina	314	<i>Suelo Radiante</i>	333
	2.- Vestíb. – Distrib.	300		405
	3.- Dormitorio 2	370		432
	4.- Aseo	87		143
	5.- Dormitorio 1	532		746
	6.- Estar - Comedor	639		1049
Total Pérdidas		2242	<i>Potencia total</i>	3108

Tabla 5-15 Pérdidas y emisiones vivienda 1ºF

Vivienda	Local N.º	Pérdidas (W)	EMISOR	EMISIÓN (W)
2ºA	1.- Vestíb. – Distrib.	271	<i>Suelo Radiante</i>	890
	2.- Aseo	130		263
	3.- Estar - Comedor	878		1725
	4.-Dormitorio 1	420		920
	5+7.- Dormitorio 2 + Baño	561		807
	6.- Cocina	163		464
Total Pérdidas		2423	<i>Potencia total</i>	5069

Tabla 5-16 Pérdidas y emisiones vivienda 2ºA

Vivienda	Local N.º	Pérdidas (W)	EMISOR	EMISIÓN (W)
2ºB	1.- Vestíb. – Distrib.	282	<i>Suelo Radiante</i>	414
	2.- Estar - Comedor	881		1190
	3.- Aseo	176		215
	4.- Dormitorio 1	416		635
	5.- Dormitorio 2	318		650
Total Pérdidas		2073	<i>Potencia total</i>	3104

Tabla 5-17 Pérdidas y emisiones vivienda 2ºB

Vivienda	Local N.º	Pérdidas (W)	EMISOR	EMISIÓN (W)
2ºC	1 + 7.-Distrib. + Estar-Comedor	813	<i>Suelo Radiante</i>	2340
	2.- Cocina	326		502
	3.- Baño	148		256
	4.- Dormitorio 2	337		844
	5.- Aseo	128		223
	6.- Dormitorio 1	497		863
Total Pérdidas		2249	<i>Potencia total</i>	5027

Tabla 5-18 Pérdidas y emisiones vivienda 2ºC

Vivienda	Local N.º	Pérdidas (W)	EMISOR	EMISIÓN (W)
2º D	1+4.- Pasillo + Estar-Comedor.	732	<i>Suelo Radiante</i>	2494
	2.- Dormitorio 3	365		603
	3.- Cocina	311		480
	5.- Dormitorio 1	553		1080
	6.- Baño 1	128		248
	7.- Dormitorio 2	340		830
	8.- Baño 2	148		302
	Total Pérdidas			2237

Tabla 5-19. Pérdidas y emisiones vivienda 2ºD

Vivienda	Local N.º	Pérdidas (W)	EMISOR	EMISIÓN (W)
2º E	1.- Vestíb. – Distrib	256	<i>Suelo Radiante</i>	362
	2.-Estar-Comedor-Cocina	1366		1931
	3.- Pasillo	128		211
	4.- Dormitorio 2	371		587
	5.- Aseo	53		188
	6.- Dormitorio 1	348		578
Total Pérdidas		2522	<i>Potencia total</i>	3857

Vivienda	Local N.º	Pérdidas (W)	EMISOR	EMISIÓN (W)
2º F	1.- Cocina	284	<i>Suelo Radiante</i>	333
	2.- Vestíb. – Distrib.	258		405
	3.- Dormitorio 2	329		432
	4.- Aseo	72		143
	5.- Dormitorio 1	462		746
	6.- Estar - Comedor	551		1049
Total Pérdidas		1956	<i>Potencia total</i>	3108

Tabla 5-20. Pérdidas y emisiones vivienda 2ºE - 2ºF

Vivienda	Local N.º	Pérdidas (W)	EMISOR	EMISIÓN (W)
3ºA	1.- Vestíb. – Distrib.	355	<i>Suelo Radiante</i>	893
	2.- Aseo	154		263
	3.- Estar - Comedor	1044		1535
	4.-Dormitorio 1	519		836
	5+7.- Dormitorio 2 + Baño	694		883
	6.- Cocina	387		461
Total Pérdidas		3153	<i>Potencia total</i>	4871

Tabla 5-21. Pérdidas y emisiones vivienda 3ºA

Vivienda	Local N.º	Pérdidas (W)	EMISOR	EMISIÓN (W)
3ºB	1.- Vestíb. – Distrib.	274	<i>Suelo Radiante</i>	414
	2.- Estar - Comedor	1010		1190
	3.- Aseo	200		215
	4.- Dormitorio 1	484		635
	5.- Dormitorio 2	386		650
Total Pérdidas		2354	<i>Potencia total</i>	3104

Tabla 5-22. Pérdidas y emisiones vivienda 3ºB

Vivienda	Local N.º	Pérdidas (W)	EMISOR	EMISIÓN (W)
3ºC	1+4.- Vestíb. + Estar-Comedor.	993	<i>Suelo Radiante</i>	2340
	2.- Cocina	327		502
	3.- Baño	184		256
	4.- Dormitorio 2	402		844
	5.- Aseo	156		223
	6.- Dormitorio 1	590		863
Total Pérdidas		2652	<i>Potencia total</i>	5028

Tabla 5-23. Pérdidas y emisiones vivienda 3ºC

Vivienda	Local N.º	Pérdidas (W)	EMISOR	EMISIÓN (W)
3ºD	1.- Pasillo + Estar - Comedor	1055	<i>Suelo Radiante</i>	2495
	2.- Dormitorio 3	433		603
	3.- Cocina	327		480
	5.- Dormitorio 1	678		1080
	6.- Baño 1	157		248
	7.- Dormitorio 2	429		830
	8.- Baño 2	179		302
	Total Pérdidas			3258

Tabla 5-24. Pérdidas y emisiones vivienda 3ºD

Vivienda	Local N.º	Pérdidas (W)	EMISOR	EMISIÓN (W)
3º E	1.- Vestíb. – Distrib	305	<i>Suelo Radiante</i>	362
	2.-Estar-Comedor-Cocina	1585		1931
	3.- Pasillo	161		211
	4.- Dormitorio 2	437		587
	5.- Aseo	75		188
	6.- Dormitorio 1	416		578
Total Pérdidas		2979	<i>Potencia total</i>	3857

Tabla 5-25. Pérdidas y emisiones vivienda 3ºE

Vivienda	Local N.º	Pérdidas (W)	EMISOR	EMISIÓN (W)
3º F	1.- Cocina	321	<i>Suelo Radiante</i>	333
	2.- Vestíb. – Distrib.	309		405
	3.- Dormitorio 2	366		432
	4.- Aseo	89		143
	5.- Dormitorio 1	544		746
	6.- Estar - Comedor	654		1049
Total Pérdidas		2283	<i>Potencia total</i>	3108

Tabla 5-26. Pérdidas y emisiones vivienda 3ºF

Total cargas Térmicas de Calefacción: **46331 W**

Total de emisiones: **73398 W**

5.2.2) SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CALEFACCIÓN ESCOGIDO.

El sistema de calefacción será centralizado por agua caliente con circulación forzada mediante bombas acopladas en las conducciones de ida siendo el sistema de distribución a las viviendas bitubular.

Para determinar la potencia útil del generador, se aplica la siguiente expresión:

$$P_G = P_I \cdot C_1 \cdot C_2$$

Siendo:

P_I = necesidades térmicas de la instalación (kW/periodo)

C_1 = pérdidas por tuberías (4%)

C_2 = incremento por inercia (15%)

Las necesidades térmicas de la instalación serán la suma de las cargas térmicas de invierno resultantes de la simulación del edificio con el programa dmElect 2017.

$$P \geq 46,33 \text{ kW} \cdot 1,04 \cdot 1,15 = 55,38 \text{ kW}$$

A raíz de este valor, se necesitará un equipo cuya potencia útil nominal sea superior a 60 kW.

El equipo necesario para satisfacer estas necesidades será una caldera mural de condensación y bajo NO_x, marca SAUNIER DUVAL modelo THERMOMASTER CONDENS 65A modulando entre una potencia de 12,2 a 63,5 kW a una Tª de 50/30°C y rendimiento según Directiva 92/42/ CEE ****.

Esta caldera dispone de un sistema de regulación que le permite adaptar su potencia a las necesidades de la instalación en cada momento (cumplen con la IT 1.2.4.1.2.2 y .3 relativas al fraccionamiento de potencia y a la regulación de quemadores).

Para la mejora del rendimiento de la instalación se ha optado por implementar una bomba de calor aerotérmica aire-agua compacta, marca SAUNIER DUVAL modelo GENIA AIR 15 con una potencia útil de 13,1 kW a 40/45°C y Text de 0°C. Este equipo se empleará para apoyar a la caldera en calefacción consiguiendo una mejora del rendimiento de la instalación.

La bomba de calor aportará 38.199,6 kWh, un 23,21% de las necesidades globales de calefacción, de los cuales 26.881 kW se consideran como energía renovable, con lo que se consigue mejorar la instalación en un 16%, con el ahorro en energía primaria y en emisiones de CO₂ correspondiente.

En el anexo de la memoria se adjuntan los catálogos de fabricante de la caldera donde se indican las principales características de los generadores.

El combustible empleado para alimentar a la caldera será gas natural, suministrado desde la red de la Cía. suministradora, a una presión máxima de operación (**MOP**) inferior o igual a 5 bar, pues debido a la situación del edificio y a su concepción, se considera esta opción como la más apropiada.

Las características del gas son las siguientes:

- Densidad respecto al aire:	0,6
- P.C.S.:	10.150 Kcal/m ³
- P.C.I.:	9.135 Kcal/m ³
- Índice de Wobbe:	12.802
- Presión máxima entrada:	5 bar. efect.
- Presión mínima entrada:	0,5 bar. efect.
- Presión alimentación aparatos:	180 mm.c.a.
- Presión de distribución:	220 mbar

5.2.3) REDES DE TUBERÍAS. DISEÑO Y CÁLCULO.

Para determinar las secciones de la tubería se tendrá en cuenta la norma DIN-4701 para el cálculo de potencias. Los diámetros nominales de las tuberías se indican en los planos de instalación que se adjuntan. A continuación, se indican los pasos a seguir en el proceso de cálculo.

1. Se determinan las necesidades caloríficas según los tramos por los que van a ir las tuberías.
2. Se fijan los caudales de circulación en cada tramo. La determinación del caudal de agua a circular (litros/h) se realiza mediante la fórmula siguiente:

$$C = \frac{Q}{T_e - T_s}$$

Siendo:

Q = potencia en kcal/h en el tramo

$T_e - T_s$ = salto térmico el circuito

(5°C – suelo radiante / 15°C primario ACS).

3. Una vez conocidos los caudales de agua en circulación se puede hacer un cálculo aproximado de los diámetros de las tuberías mediante tablas. Se han fijado como valores de cálculo una velocidad inferior a 1 m/s y una pérdida de carga media no superior a 35 mm.c.a./m.

Las generales de calefacción seguirán un trazado bitubular con retorno directo, siendo el material empleado: tubería de acero negro según norma UNE 19.040 o 19.041. El trazado de las generales de calefacción desde el cuarto de instalaciones situado en la entreplanta del edificio hasta los armarios colectores de suelo radiante de las viviendas discurrirá por las zonas comunes del edificio y ascenderán por los dos patinillos de instalaciones habilitados a tal fin. En los armarios de instalaciones por planta se dispondrán los elementos de corte y control propios de cada instalación individual.

Para calcular el diámetro de la tubería se sigue el procedimiento antes mencionado. Se calcula el caudal que va a circular por cada uno de los tramos y se fija una velocidad inferior a 1m/s.

1. Generales de calefacción.

La potencia térmica que circulará por las tuberías es igual a 55,23 kW o 47497,8 Kcal/h. Ya que tenemos un salto térmico de 5°C, obtenemos un caudal:

$$C = \frac{47497,8}{5} = 9499,56 \frac{L}{h}$$

Fijando una velocidad inferior a 1m/s se obtiene una sección de tubería de:

$$S = \frac{C}{v} = \frac{0,00263 \frac{m^3}{s}}{1 \frac{m}{s}} = 0,00263 m^2 = 2638,76 mm^2$$

$$D = \left(\frac{4 * S}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}} = 57,96 mm$$

Como usamos acero negro DIN2440 y la tubería cuyo diámetro se encuentra más cercano a este es 60,3, usaremos tubería de 2". Para las 2 generales de las viviendas, reduciremos a una tubería de 1.1/2" de diámetro.

2. Generales de ACS.

La general de ACS partirá del cuarto de instalaciones y discurriendo por zonas comunes, ascenderá por los 2 patinillos de instalaciones para dar servicio a las viviendas. El material escogido para este circuito es acero inoxidable y trabajando de igual manera que para las generales de calefacción se obtiene el diámetro de las diferentes tuberías.

La potencia térmica que circulará por las tuberías es igual a 60 kW o 51600 Kcal/h. Ya que tenemos un salto térmico de 15°C, obtenemos un caudal:

$$C = \frac{51600}{15} = 3440 \frac{L}{h}$$

Fijando una velocidad inferior a 1m/s se obtiene una sección de tubería de:

$$S = \frac{C}{v} = \frac{0,000493 \frac{m^3}{s}}{1 \frac{m}{s}} = 0,000493 m^2 = 493,44 mm^2$$

$$D = \left(\frac{4 * S}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}} = 39,67 mm$$

Se empleará tubería de acero inoxidable de Ø42mm que es el más próximo a este valor y se derivará en 2 ramales de Ø35mm cada uno de ellos.

Análogamente al cálculo anterior se calculan las redes de recirculación en acero inoxidable para un caudal de 1200L/h obteniéndose un diámetro de $\varnothing 22\text{mm}$ para el tramo general y derivaciones en inoxidable de $\varnothing 18\text{mm}$.

Para la distribución de agua fría y la de recirculación de A.C.S. se realizará en tubería de acero inoxidable AISI-304L con accesorios sistema filpress en acero inoxidable AISI-316L. Las instalaciones individuales a cada vivienda serán en tubería de polietileno reticulado según norma UNE-EN ISO 15875.

5.2.4) AISLAMIENTO TÉRMICO DE REDES DE TUBERÍAS.

Los componentes de una instalación (equipos, aparatos, conducciones y accesorios) dispondrán de un aislamiento térmico cuando contengan fluido a temperatura:

Inferior a la del ambiente

Superior a 40°C y están situados en locales no calefactados (incluyendo pasillos, salas de máquinas, falsos techos y suelos técnicos)

Cuando las tuberías o equipos estén instalados en el exterior, la terminación final del aislamiento deberá poseer la protección suficiente contra la intemperie evitando el paso de agua de lluvia en la realización de la estanqueidad de las juntas.

Los equipos, componentes y tuberías que se suministren aislados de fábrica cumplirán con su normativa específica en esta materia o la que determine el fabricante.

Las pérdidas térmicas globales en el conjunto de conducciones por las que el fluido caloportador sea agua no superarán el 4 % de la potencia máxima que transporta.

Para el cálculo del espesor mínimo de aislamiento se ha optado por el procedimiento simplificado previsto en la IT 1.2.4.2.1.2. Para un material cuya conductividad térmica sea $0,040\text{ W/m}\cdot\text{K}$, los espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios serán los siguientes:

1. Circuitos de fluidos calientes por el interior de edificios

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido ($^{\circ}\text{C}$)		
	40 a 60	>60 a 100	>100 a 180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D < 60$	30	30	40
$60 > D < 90$	30	30	40
$90 < D < 140$	30	40	50
$D > 140$	35	40	50

2. Circuitos de fluidos calientes por el exterior de edificios

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40 a 60	>60 a 100	>100 a 180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D < 60$	40	40	50
$60 > D < 90$	40	40	50
$90 < D < 140$	40	50	60
$D > 140$	45	50	60

En el caso de que el material tuviese una conductividad distinta a la reflejada anteriormente, se aplica la fórmula determinada en la IT 1.2.4.2.1.2 para calcular el espesor del aislamiento.

Para superficies planas:

$$d = d_{ref} \cdot \frac{\lambda}{\lambda_{ref}}$$

Para superficies de sección circular:

$$d = \frac{D}{2} \cdot \left[e^{\frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \ln \frac{D+2 \cdot d_{ref}}{D}} - 1 \right]$$

Siendo.

- λ_{ref} = conductividad térmica de referencia, igual a 0,04 W/m·K
- λ = conductividad térmica del material empleado, en W/m·K
- d_{ref} = espesor mínimo de referencia, en mm
- d = espesor mínimo del material empleado, en mm
- D = diámetro interior del material aislante, coincidente con el diámetro exterior de la tubería, en mm

El material que se empleará será coquilla elastomérica marca ARMAFLEX o similar. El espesor mínimo de aislamiento de las tuberías de diámetro exterior ≤ 25 mm y de longitud menor a 10 m, contada a partir de la conexión a la red general de tuberías hasta la unidad terminal y que estén empotradas en tabiques, suelos o instaladas en canaletas interiores será de 10 mm, evitando en cualquier caso la formación de condensaciones.

5.2.5) CÁLCULO DE LOS CIRCULADORES.

La determinación de las bombas se realizará teniendo en cuenta el caudal de agua que tendrán que desplazar y la pérdida de presión que se produce en el circuito:

$$C = \frac{P_{cal}}{\Delta T}$$

Siendo:

- C = caudal de agua en l/h
- P_{cal} = potencia calorífica
- ΔT = salto térmico (5/15°C)

La pérdida de carga es la disminución de la presión en el interior de las tuberías causada por el movimiento del fluido. Las pérdidas de cargas pueden ser continuas o localizadas. Las continuas se producen a lo largo de toda la conducción mientras que las localizadas se producen en puntos singulares, generalmente correspondiente a piezas especiales que hacen variar la sección de paso del fluido o la dirección.

La presión que tendrán que vencer las bombas corresponde a la pérdida de carga del circuito más alejado.

$$\Delta P = \Delta P_{caldera} + \Delta P_{primario} + \Delta P_{tuberías} + \Delta P_{válvulas} + \Delta P_{emisor}$$

Siendo:

- $\Delta P_{caldera}$ = pérdida de carga en la caldera
- $\Delta P_{primario}$ = pérdida de carga en el circuito primario de calefacción caldera-colector (tubería + valvulería)
- $\Delta P_{tuberías}$ = pérdida de carga en generales + circuito del local
- $\Delta P_{válvulas}$ = pérdida de carga en válvula de dos/tres vías todo-nada del local
- ΔP_{emisor} = pérdida de carga en el emisor

(9) Para este cálculo se desprecia la pérdida de carga en la caldera y en el primario, teniendo en cuenta la pérdida de carga en accesorios y en las válvulas de corte del circuito.

Para calcular la pérdida de carga en tuberías y válvulas se utilizarán las fórmulas de cálculo de pérdidas en carga continua para las tuberías y pérdidas de carga localizadas para los accesorios.

1. Pérdidas de carga continua en tuberías.

Para cada metro de tubo, la pérdida de carga continua del agua se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$\Delta P = F_a * \frac{1}{D} * \rho * \frac{v^2}{2}$$

Siendo:

- ΔP = pérdida de carga continua unitaria, Pa/m
- F_a = factor de rozamiento, adimensional.
- ρ = peso específico del agua, kg/m³
- v = velocidad media del agua, m/s.
- D = Diámetro interno del tubo, m.

El único factor que no se encuentra calculado una vez se encuentra seleccionada la tubería es el factor de rozamiento F_a que depende del régimen de movimiento del fluido y de la rugosidad del tubo.

Para calcular este parámetro, primero se calculará el régimen de movimiento del fluido calculando el Reynolds.

$$Re = \frac{v * D}{\nu}$$

Régimen laminar: $Re < 2200$

Régimen transitorio: $2200 < Re < 2500$

Régimen turbulento: $Re > 2500$

Dependiendo de si el régimen es laminar o turbulento, se aplicará una fórmula u otra para calcular el factor de rozamiento. Si el régimen es laminar, se utilizará la siguiente fórmula:

$$F_a = \frac{64}{Re}$$

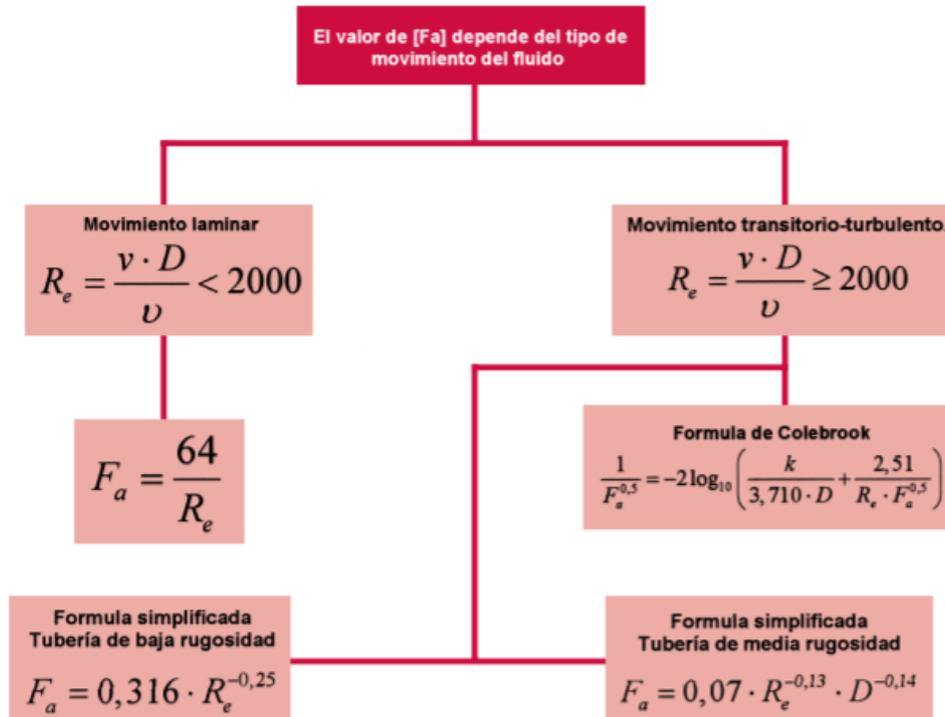
En cambio, si el régimen es transitorio o turbulento se utilizará la fórmula simplificada en función de la rugosidad del material.

Rugosidad baja (tubos de cobre, acero inoxidable)

$$F_a = 0,316 * Re^{-0.25}$$

Rugosidad media (tubos de acero negro)

$$F_a = 0,07 * Re^{-0.13} * D^{-0.14}$$



Donde:

Fa = factor de rozamiento, adimensional
 Re = número de Reynolds, adimensional
 D = diámetro interno del tubo, m

ν = viscosidad cinemática, m²/s
 k = rugosidad absoluta, mm
 v = velocidad media del fluido, m/s

Imagen 5-4. Cálculo del factor Fa, obtenida del documento de PRESSMAN (9)

Por lo tanto, una vez conocido Fa se procede a calcular para las diferentes tuberías, su pérdida de carga continua. El Reynolds se ha calculado con una temperatura media del agua de 50°C ($\nu = 0.54 \cdot 10^{-6}$)

Material	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)	Reynolds	Fa	ΔP (Pa/m)	ΔP (mmca/m)
Acero negro	2" – 52.42	1	97.074,07	0,0237	226,73	22,67
Acero negro	1.1/2" – 40.94	1	75.814,81	0,0254	310,35	31,03
Acero inox.	39	1	72.222,22	0,0193	229,47	22,94
Acero inox.	32	1	59.259,26	0,0202	289,33	28,93
Acero inox.	20	0.97	39.518,52	0,02295	539,90	53,9
Acero inox.	18	0,79	23.407,41	0,02555	498,256	49,82

Tabla 5-27. Pérdida de carga continua por metro de tubería.

2. Pérdidas de carga localizadas.

Estas son las pérdidas debidas a la presencia de piezas especiales en la red de tuberías que hacen variar la dirección o sección por donde circula el fluido.

Para calcularlas se empleará la siguiente formula:

$$z = \xi * \rho * \frac{v^2}{2 * 9.81}$$

Siendo:

- z = pérdida de carga localizada, mmca
- ξ = coeficiente de pérdida de carga, adimensional.
- ρ = peso específico del agua, kg/m³
- v = velocidad media del agua, m/s.

El valor del coeficiente (ξ) se obtendrá de las tablas de pérdidas de carga localizadas.

Valor del coeficiente de pérdida de carga localizada ξ (red de distribución)

Diámetro interno tubo de acero inox, cobre y material plástico		8 + 16 mm	18 + 28 mm	30 + 54 mm	> 54 mm
Diámetro del tubo de acero		3/8" + 1/2"	3/4" + 1"	1 1/4" + 2"	> 2"
Tipo de resistencia localizada	Simbolo				
Curva estrecha a 90° <i>rd = 1,5</i>		2,0	1,5	1,0	0,8
Curva normal a 90° <i>rd = 2,5</i>		1,5	1,0	0,5	0,4
Curva larga a 90° <i>rd > 3,5</i>		1,0	0,5	0,3	0,3
Curva estrecha en U <i>rd = 1,5</i>		2,5	2,0	1,5	1,0
Curva normal en U <i>rd = 2,5</i>		2,0	1,5	0,8	0,5
Curva larga en U <i>rd > 3,5</i>		1,5	0,8	0,4	0,4
Ampliación		1,0			
Reducción		0,5			
Derivación simple con T a 90°		1,0			
Confluencia simple con T a 90°		1,0			
Desviación doble con T a 90°		3,0			
Confluencia doble con T a 90°		3,0			
Derivación simple con ángulo inclinado (45° - 60°)		0,5			
Confluencia simple con ángulo inclinado (45° - 60°)		0,5			
Derivación con con curva divisoria		2,0			
Confluencia con curva de llegada		2,0			

Tabla 5-28. Valor del coeficiente de pérdida de carga localizada (I) (9)

Valor del coeficiente de pérdida localizada ξ (componentes de la instalación)

Diámetro interno del tubo de acero inox, cobre y material plástico		8 + 16 mm	18 + 28 mm	30 + 54 mm	> 54 mm
Diámetro exterior del tubo de acero		3/8" + 1/2"	3/4" + 1"	1 1/4" + 2"	> 2"
Tipo de resistencia localizada	Símbolo				
Válvula de corte directo		10,0	8,0	7,0	6,0
Válvula de corte inclinada		5,0	4,0	3,0	3,0
Saracinesca de paso reducido		1,2	1,0	0,8	0,6
Saracinesca de paso total		0,2	0,2	0,1	0,1
Válvula de esfera paso reducido		1,6	1,0	0,8	0,6
Válvula de esfera paso total		0,2	0,2	0,1	0,1
Válvula de mariposa		3,5	2,0	1,5	1,0
Valvula antirretorno		3,0	2,0	1,0	1,0
Válvula para emisor térmico directa		8,5	7,0	6,0	—
Válvula para emisor térmico en escuadra		4,0	4,0	3,0	—
Detentor directo		1,5	1,5	1,0	—
Detentor en escuadra		1,0	1,0	0,5	—
Válvula de cuatro vías		6,0		4,0	
Válvula de tre vías		10,0		8,0	
Paso a través de radiador		3,0			
Paso a través de caldera de suelo		3,0			

Tabla 5-29 Valor del coeficiente de pérdida de carga localizada (II) (9)

Se calcula ahora las pérdidas en los diferentes accesorios que presenta el sistema de distribución.

Elemento	Velocidad (m/s)	ξ	ΔP (mmca/m)
Codo a 90º	1	0,5	25,48
Te a 90º	1	1	50,97
Válvula de corte	1	7	356,78
Válvula de retención	1	1	50,97

Tabla 5-30. Pérdida de carga localizada en accesorios.

Una vez conocidas las pérdidas de carga continuas y localizadas de los diferentes elementos, se puede calcular la pérdida de carga a la que tendrá que hacer frente la bomba.

1. Bomba de calefacción:

Material	Diámetro (mm)	Longitud (m)	ΔP (mmca/m)	ΔP (mmca)
Acero negro	2" – 52.42	36,4	22,67	825,18
Acero negro	1.1/2" – 40.94	48,6	31,03	1508,06
TOTAL				2.333,24

Elemento	Número de elementos	ΔP (mmca/elemento)	ΔP (mmca)
Codo a 90°	12	25,48	305,76
Te a 90°	6	50,97	305,82
Válvula de corte	3	356,78	1070,34
Válvula de retención	1	50,97	50,97

Total Pérdidas (mmca) 4066,13

2. Bomba del primario ACS:

Material	Diámetro (mm)	Longitud (m)	ΔP (mmca/m)	ΔP (mmca)
Acero inox	42	15	22,94	344,1

Elemento	Número de elementos	ΔP (mmca/elemento)	ΔP (mmca)
Codo a 90°	8	25,48	203,84
Válvula de corte	3	356,78	1070,34
Válvula de retención	1	50,97	50,97

Total Pérdidas (mmca) 1669,25

3. Bomba de recirculación:

Material	Diámetro (mm)	Longitud (m)	ΔP (mmca/m)	ΔP (mmca)
Acero inox	20	8	53,9	431,2
Acero inox	16	42	49,82	2092,44
TOTAL				2523,64

Elemento	Número de elementos	ΔP (mmca/elemento)	ΔP (mmca)
Codo a 90º	6	25,48	203,84
T a 90º	1	50,97	50,97
Válvula de corte	2	356,78	713,56
Válvula de retención	1	50,97	50,97

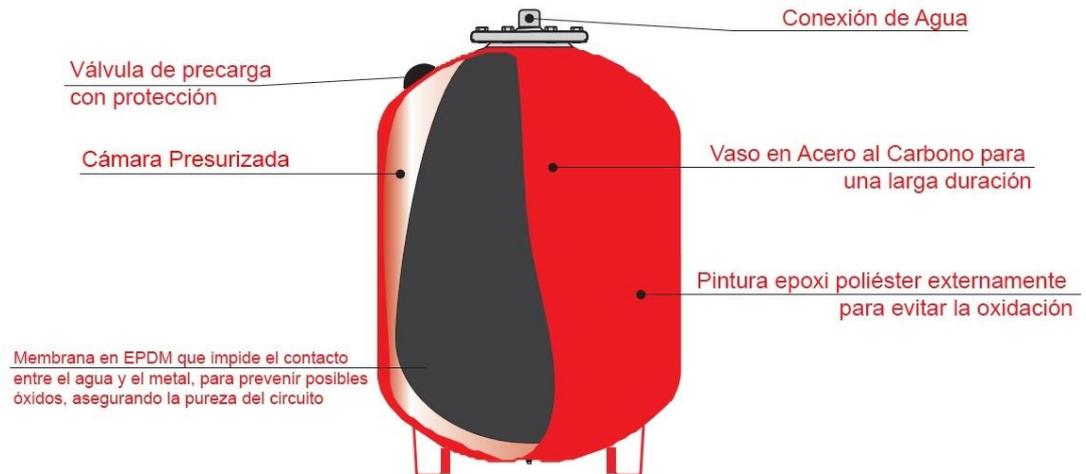
Total Pérdidas (mmca) 3.542,98

Calculadas las pérdidas de carga en la red de tuberías se seleccionan unas bombas de circulación que sean capaces de mover el caudal requerido y con presión suficiente. A continuación, se recogen las bombas escogidas para cada uno de los circuitos con algunas características propias de las bombas.

Circuito	Caudal (m3/h)	Presión (m.c.a.)	Marca	Modelo	Motor	Pot. Abs. (W)	SPF (W/l·s)
Calefacción Suelo Radiante	9,5	6,0	BAXI	Quantum 32H	Mon 230V – 50 Hz	300	113,7
Primario ACS	3,4	3,0	BAXI	Quantum Eco 1045	Mon 230V – 50 Hz	60	63,5
Recirculación ACS	1,1	3,8	BAXI	SB-50 XA	Mon 230V – 50 Hz	102	334,4

5.2.6) CÁLCULO DEL VASO DE EXPANSIÓN.

El vaso de expansión es un elemento de la instalación cuya función es la de absorber las dilataciones sufridas por el fluido al variar la temperatura. De esta manera, si se produce una expansión en el circuito, el vaso de expansión permite la expansión del fluido sin dañar la instalación.



El diseño del sistema de expansión se realizará de acuerdo con la norma UNE 100157.

$$V_t = V_u * C_p \quad \text{donde:} \quad V_u = V * C_e \rightarrow V_t = V * V_u * C_p$$

$$C_p = \frac{P_M}{(P_M - P_m)}$$

Para agua a temperaturas (t) entre 30°C y 120°C el coeficiente de dilatación del fluido (C_e):

$$C_e = (3.24 * t^2 + 102,13 * t - 2708,3) * 10^{-6}$$

Siendo:

- V_t : Volumen total del vaso de expansión (L)
- V_u : Volumen útil del vaso de expansión (L)
- V: Contenido total de agua en el circuito (L)
- C_e : Coeficiente dilatación del agua (45°C → $C_e = 0,00845$).
- C_p : Coeficiente de presión del gas.
- P_M : Presión absoluta máxima en el vaso (bar).
- P_m : Presión absoluta mínima en el vaso (bar).

La presión máxima (P_M) de funcionamiento será ligeramente menor que la presión de tarado de la válvula de seguridad (P_{VS}) debiendo elegirse el menor de los siguientes valores:

$$P_M = 0,9 * P_{VS} + 1$$

$$P_M = P_{VS} + 0,65$$

La presión mínima de funcionamiento (P_m) será la debida a la altura manométrica del emplazamiento del vaso de expansión, con un margen de seguridad de 0,2 bar para sistemas a temperaturas inferiores a 90°C y de 0,5 bar para sistemas a temperaturas mayores.

El volumen de la instalación se ha calculado teniendo en cuenta la longitud de tubería de los diferentes circuitos por su sección.

➤ **Circuito Primario Calefacción y ACS:**

$V = 2700$ litros

$C_e = 0,00845$

$P_{VS} = 3$ bar

$P_M = 3,65$ bar (abs)

$P_m = 1,1$ bar (abs)

$C_p = 3,31$

$$V_t = 2700 \cdot 0,00845 \cdot 3,31 = 75,51 \text{ litros}$$

Se prevé la instalación de un vasoflex de 80 litros conectado al circuito de retorno a la caldera.

5.2.7) CONSUMO ENERGÉTICO DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN.

Aplicando la fórmula de grados día estableciéndose un periodo de cálculo mensual de calefacción que va de octubre a mayo.

Zona climática	Observatorio	Días/año	Grados-día base 15°C
D1	Oviedo	258	1462

$$Q = \frac{P \cdot G_d \cdot 24 \cdot C_1 \cdot C_2}{(T_i - T_e) \cdot R_g \cdot R_d \cdot R_r}$$

Siendo:

Q = consumo periódico de energía (kWh/periodo)

P = potencia máxima de calefacción (46,38 kW – Viviendas)

G_d = grados-día por periodo

C_1 = coeficiente por interrupción nocturna de servicio (0,876)

C_2 = coeficiente de intermitencia (0,90)

T_i = temperatura interior (21°C)

T_e = temperatura exterior (0°C)

R_g = rendimiento por generación (0,80)

R_d = Rendimiento por distribución (0,95)

R_r = rendimiento por regulación (0,93)

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	OCT	NOV	DIC	ANUAL
GRADOS-DÍA	244	193	205	176	100	90	168	233	1409
ENERGÍA [kWh]	23771	20306	23445	21633	16039	16910	20844	24914	167862
CONSUMO GAS [N·m³]	2238	1912	2207	2037	1510	1592	1962	2345	15803

5.2.8) SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE A.C.S. – JUSTIFICACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA DB-HE4

Para dimensionar correctamente el sistema de producción de A.C.S. lo primero que hay que conocer es la demanda de A.C.S. que hay en el edificio. Para ello, hay que calcular la capacidad necesaria del depósito interacumulador necesario para poder suministrar el consumo horario demandado por las viviendas en 1h.

Una vez calculado el volumen de acumulación, se calculará la potencia necesaria para poder calentar el depósito hasta la temperatura de consigna que se vaya a establecer, en este caso 60°C para evitar la legionela.

Por último, al tratarse de una reforma, el Código Técnico en el DB HE-4 “Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria” exige que en nuevas instalaciones un porcentaje del consumo de A.C.S. sea producido mediante energías renovables, por lo que se analizará y explicará el sistema escogido para dar cumplimiento al HE-4.

5.2.9) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE ACUMULACIÓN DE A.C.S.

Para hallar el volumen de acumulación, se calcula el consumo en periodo punta. Para ello se considera un consumo de A.C.S., a 45°C de 120 litros para una bañera y de 35 litros para una ducha, aplicando la siguiente ecuación. (10)

$$C_{60} = (n_b \cdot 120 + n_d \cdot 35) \cdot \theta_{60}$$

Siendo:

- C₆₀ : consumo en 1 hora (L)
- C₁₀ : consumo en 10 minutos (L)
- n_b : número de bañeras (12)
- n_d : número de duchas (15)
- ϕ₆₀ : coeficiente de simultaneidad para 60 minutos (0,45)
- ϕ₁₀ : coeficiente de simultaneidad para 10 minutos (0,22)

$$C_{60} = 884,25 \text{ L/h}$$

$$C_{10} = 423,3 \text{ L/10 minutos}$$

De acuerdo con los resultados obtenidos es necesario instalar un depósito interacumulador de acero inoxidable de 1000 litros de capacidad. Este depósito, empleando la caldera que se ha seleccionado para producir calefacción y ACS, es capaz de garantizar una producción continua de:

$$\text{Producción ACS} = \frac{P}{\Delta T * t} = \frac{63,5 * 860}{(45 - 12) * 1h} = 1654,8 \frac{L}{h}$$

Siendo:

P: Potencia térmica de la caldera, Kcal/h

ΔT : Diferencia térmica entre la temperatura de entrada y la de suministro.

t: Tiempo de preparación.

La temperatura de entrada de la red se ha obtenido realizando una media de la temperatura de agua de la red a lo largo de todo el año, obteniéndose un valor de 12°C. Para suministrar ACS, se ha establecido una temperatura de reparto de 45°C.

Para apoyar la producción de agua caliente sanitaria se propone la instalación de una bomba de calor aerotérmica monobloc marca SAUNIER DUVAL mod. GENIA 15 de potencia calorífica 13,1 kW y COP 4,5 almacenándose la energía generada en un depósito interacumulador de A.C.S. realizado en acero inoxidable AISI-316 de 1500 litros. Dicho interacumulador almacenará A.C.S. a una Tª de 45°C y se conectará en serie con el interacumulador de 1000 litros con apoyo desde caldera para alcanzar los 60°C de Tª de consigna. Se estima una contribución por parte de la bomba aerotérmica del 61,5% de las necesidades de ACS y teniendo en cuenta un SPF de 2,60, supone que el porcentaje de energía considerada como renovable sea del 42,3 % de las necesidades totales de ACS.

5.2.10) GRUPO TÉRMICO PARA PRODUCCIÓN DE A.C.S.

La determinación de la potencia calorífica necesaria para satisfacer las necesidades de A.C.S. se realiza mediante la expresión:

$$P = \frac{C_{60} \cdot (t_u - t_e) \cdot C_1}{h_p}$$

Siendo:

P: Potencia de la caldera. (Kcal/h)

C₆₀: Consumo de A.C.S. (884,25 L/h a 45°C)

t_u: Temperatura de utilización (45 ° C)

t_e: Temperatura de entrada (12 ° C)

C₁: Pérdidas por tuberías (4%)

h_p: Tiempo de preparación del A.C.S. (1 h.)

$$P \geq 30.345,7 \text{ Kcal/h (35,28 kW)}$$

La generación de calor para la producción de A.C.S. se realizará con la misma caldera mural de condensación y bajo NOx, marca SAUNIER DUVAL modelo THERMOMASTER CONDENS 65A de potencia modulante comprendida entre 12,2 y 63,5 kW para una temperatura de 80/60°C y rendimiento según Directiva 92/42/ CEE ****(cumple con la IT1.2.4.1.2).

En el anexo de la memoria se adjuntan los catálogos de fabricante de la caldera y de la bomba aerotérmica, donde se indican las principales características de los generadores.

5.2.11) APROVECHAMIENTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES.

En cumplimiento de lo establecido en el DB-HE4 del Código Técnico de la Edificación, dado que la cubierta del edificio dificulta la instalación y el posterior mantenimiento de los colectores solares y que existe una proyección de sombras de otros edificios, se procederá a la sustitución completa de la contribución solar mínima para ACS por colectores solares, por la instalación de otra energía renovable, optándose por la instalación de una bomba de calor aerotérmica que garantice un ahorro de energía primaria y emisiones de CO₂ inferior o igual al del sistema de referencia.

Esta posibilidad se encuentra reflejada dentro del propio DB-HE4 donde se refleja en el apartado "2.2.1 Contribución solar mínima para ACS y/o piscinas cubierta" (5)

"La contribución solar mínima para ACS y/o climatización de piscinas cubiertas podrá sustituirse parcial o totalmente mediante una instalación alternativa de otras energías renovables, procesos de cogeneración o fuentes de energía residuales procedentes de la instalación de recuperadores de calor ajenos a la propia instalación térmica del edificio; bien realizada en el propio edificio o bien a través de la conexión a una red de climatización urbana."

"Para poder realizar la sustitución se justificará documentalmente que las emisiones de dióxido de carbono y el consumo de energía primaria no renovable, debidos a la instalación alternativa y todos sus sistemas auxiliares para cubrir completamente la demanda de ACS, o la demanda total de ACS y calefacción si se considera necesario, son iguales o inferiores a las que se obtendrían mediante la correspondiente instalación solar térmica y el sistema de referencia que se deberá considerar como auxiliar de apoyo para la demanda comparada."

Por lo tanto, para poder realizar la sustitución que se plantea en esta instalación, se justificará que el nuevo sistema de producción de A.C.S. tiene un consumo de energía primaria y unas emisiones de CO₂ inferiores al sistema de referencia, que sería una caldera de gas y un sistema de producción de A.C.S. que garantice el mínimo exigido por el DH-HE4.

Lo primero de todo, se necesita conocer la demanda de ACS del edificio. Para ello, entrando en la tabla 4.1 "Demanda de referencia a 60°C" (5) del DB-HE4, se obtiene un consumo de 28L/día para viviendas.

El número de personas se calcula en función del nº de dormitorios, por lo que en esta instalación se tendrá una demanda total de:

N.º viviendas de 1 dormitorio:	0 (ocupación por viv. 1,5 personas).
N.º viviendas de 2 dormitorios:	15 (ocupación por viv. 3 personas).
N.º viviendas de 3 dormitorios:	3 (ocupación por viv. 4 personas).
N.º. total de ocupantes:	57 personas.

Consumo de A.C.S. por persona: 28 L/día a 60°C
 Factor de centralización (11<N<20): 0,90

$$Demanda\ diaria\ de\ ACS = 28 \frac{L}{día\ persona} * 57\ personas * 0.90 = 1436,4 \frac{L}{día}$$

Conocida la demanda, lo siguiente es conocer la contribución solar mínima para esta instalación. Esto se encuentra en la tabla 2.1 “Contribución solar mínima anual para ACS en %” del DB-HE4 (5)

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50 – 5.000	30	30	40	50	60
5.000 – 10.000	30	40	50	60	70
> 10.000	30	50	60	70	70

Imagen 5-5. Contribución solar mínima anual para ACS en %

En este caso, se tiene una demanda total inferior a 5000 litros y la instalación se encuentra en zona climática D1, por lo que es necesario un 30% de contribución mínima de ACS con energías renovables.

Para justificar el sistema de producción de A.C.S. escogido, se hará uso del documento “Prestaciones medias estacionales de las bombas de calor” (11) publicado por el IDAE. En dicho documento se refleja el procedimiento admitido por la Unión Europea para justificar la sustitución de un sistema de producción de ACS mediante colectores solares por una bomba de calor aerotérmica.

Para poder considerar una bomba de calor aerotérmica como sistema de energía renovable, es necesario que el SPF sea superior a 2,5, según se establece en la Comisión de 1 de marzo de 2013 (2013/114/UE).

El SPF o rendimiento medio estacional, se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

$$SPF = COP_{nom} \cdot FP \cdot FC$$

El COP o coeficiente de rendimiento lo aporta el fabricante del equipo. En este caso, es de 4,5 a 7°C ext / 30-35°C. Como el COP ha sido calculado en condiciones diferentes que las de la instalación, es necesario aplicar 2 factores para poder obtener el SPF de la instalación.

El primero de ellos, el FP o factor de ponderación, se obtiene de la tabla 4.1 “Factor de ponderación (FP) para sistemas de Calefacción y/o ACS con bombas de calor en función de las fuentes energéticas, según la zona climática.” (11)

Fuente Energética de la bomba de calor	Factor de Ponderación (FP)				
	A	B	C	D	E
Energía Aerotérmica. Equipos centralizados	0,87	0,80	0,80	0,75	0,75
Energía Aerotérmica. Equipos individuales tipo split	0,66	0,68	0,68	0,64	0,64
Energía Hidrotérmica.	0,99	0,96	0,92	0,86	0,80
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores horizontales	1,05	1,01	0,97	0,90	0,85
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores verticales	1,24	1,23	1,18	1,11	1,03
Energía Geotérmica de circuito abierto	1,31	1,30	1,23	1,17	1,09

Imagen 5-6. Factor de ponderación (FP) para sistemas de Calefacción y/o ACS con bombas de calor en función de las fuentes energéticas, según la zona climática

En este caso, al encontrarse Oviedo en zona climática D1 y por tratarse de un equipo de energía aerotérmica centralizado, se tiene un FP=0,75.

El otro factor, FC es un factor de corrección que se aplica cuando el COP no ha sido calculado a la misma temperatura que la de suministro. En este caso, el COP ha sido calculado a 35°C mientras que la temperatura de producción del ACS será de 45°C.

Tª de condensación (°C)	Factor de Corrección (FC)					
	FC (COP a 35°C)	FC (COP a 40°C)	FC (COP a 45°C)	FC (COP a 50°C)	FC (COP a 55°C)	FC (COP a 60°C)
35	1,00	--	--	--	--	--
40	0,87	1,00	--	--	--	--
45	0,77	0,89	1,00	--	--	--
50	0,68	0,78	0,88	1,00	--	--
55	0,61	0,70	0,79	0,90	1,00	--
60	0,55	0,63	0,71	0,81	0,90	1,00

Imagen 5-7. Factores de corrección (FC) en función de las temperaturas de condensación,

Por lo tanto, se obtiene un FC = 0,77.

$$SPF = COP_{nom} \cdot FP \cdot FC = 4,5 \cdot 0,77 \cdot 0,75 = 2,6 > 2,5 \text{ Cumple}$$

El valor del SPF obtenido es de 2,6 > 2,5 por lo que se considera energía renovable.

Se calculan las necesidades de ACS anuales de la instalación aplicando la siguiente ecuación:

$$Necesidades\ ACS \left(\frac{kWh}{año} \right) = 1436,4 \cdot 4,184 \cdot (60 - 12) \cdot \frac{365}{3600} = 29.248,16 \frac{kWh}{año}$$

Conocidas las necesidades A.C.S., se tiene un sistema mixto compuesto por una bomba de calor aerotérmica y una caldera mixta de gas natural. La bomba de calor calentará el agua hasta 45°C, mientras que la caldera de gas hará el aporte final, elevando la temperatura hasta los 60°C, temperatura a la que se acumulará.

Por lo tanto:

- Hasta 45°C, se empleará la bomba de calor aerotérmica.

$$Q_{USABLE\ B.C} = \frac{1436,4 * 4,184 * (45 - 12) * 365}{3600} = 20.108,11 \frac{kWh}{año}$$

- Desde 45°C hasta 60°C, se empleará la caldera de gas natural.

$$Q_{USABLE\ Caldera} = 29.248,16 - 20.108,11 = 9140,05 \frac{kWh}{año}$$

Resultados

Para el cálculo de la energía aportada considerada renovable, se emplea la siguiente ecuación, obtenida de la “Decisión de la Comisión de 1 de marzo de 2013 (2013/114/UE)”, en la que se basa el anterior documento:

$$E_{renovable} = Q_{usable} \cdot \left(1 - \frac{1}{SPF}\right)$$

$$E_{renovable} = 20.108,11 \cdot \left(1 - \frac{1}{2,6}\right) = 12.374,22 \frac{kWh}{año}$$

$$\%E_{renovable} = \frac{E_{renovable}}{Necesidades\ A.C.S.} = \frac{12.374,22}{29.248,16} * 100 = 42,3\%$$

Se estima una contribución por parte de la bomba aerotérmica (Q_{Usable}) del 61,5% de las necesidades de ACS y teniendo en cuenta un SPF del 2,60 supone que el porcentaje de energía considerada como renovable sea del 42,3 % de las necesidades totales de ACS.

A la vista de los resultados obtenidos, se ve que el sistema planteado proporciona un 42,3% que es superior al 30% exigido por el HE-4. Se comprueba a continuación que el sistema planteado tiene un consumo de energía primaria inferior al sistema de referencia y menores emisiones de CO₂.

El sistema de referencia es una caldera de gas con una contribución solar mínima del 30% por lo que tenemos un consumo en términos de gas natural de:

$$Consumo\ sist.\ referencia = 29248,16 * \frac{0,7}{0,92} = 22.254,03 \frac{kWh}{año}$$

Por lo que para transformar los consumos en energía primaria y en emisiones de CO₂ se aplicarán los factores C1 y C2 publicados por el Ministerio de Energía y el IDAE (12).

ESTIMACIÓN ANUAL DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN TÉRMINOS DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE Y EMISIONES DE CO ₂ (CON BOMBA DE CALOR AEROTÉRMICA)					
MÉTODO DE CÁLCULO		Energía primaria no renovable total		Emisiones CO ₂ totales	
Grados-día		23951,471		4431,493	
Energía	Consumo energía [kWh/año]	Energía primaria no renovable		Emisiones CO ₂	
		C1	kWh/año	C2	kg/año
Gas natural	7422,00	1,190	8832,180	0,252	1870,344
GLP		1,201	0,000	0,254	0,000
Gasóleo		1,179	0,000	0,311	0,000
Biomasa		0,085	0,000	0,018	0,000
Electricidad	7737,61	1,954	15119,291	0,331	2561,149

ESTIMACIÓN ANUAL DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN TÉRMINOS DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE Y EMISIONES DE CO ₂ (CON SISTEMA DE REFERENCIA - CALDERA DE GAS Y ENERGÍA SOLAR)					
MÉTODO DE CÁLCULO		Energía primaria no renovable total		Emisiones CO ₂ totales	
Grados-día		26482,309		5608,018	
Energía	Consumo energía [kWh/año]	Energía primaria no renovable		Emisiones CO ₂	
		C1	kWh/año	C2	kg/año
Gas natural	22254,04	1,190	26482,309	0,252	5608,018
GLP		1,201	0,000	0,254	0,000
Gasóleo		1,179	0,000	0,311	0,000
Biomasa		0,085	0,000	0,018	0,000
Electricidad		1,954	0,000	0,331	0,000

Se ha realizado esta tabla resumen donde se pueden ver los consumos de energía de los 2 sistemas, y su equivalencia en energía primaria y en emisiones de CO₂. Como puede verse, el consumo de energía primaria y las emisiones de CO₂ son inferiores a las del sistema de referencia, por lo que el sistema planteado es válido y aceptado como sustituto de los colectores solares.

5.3) REDES DE TUBERIAS. IMPLEMENTACIÓN DE RECUPERADORES DE CALOR INDIVIDUALES.

Una vez se ha analizado el cumplimiento del CTE HE-0 y HE-1 de la nueva vivienda, se va a proceder a dimensionar las redes de conductos del edificio, al haber sido todas ellas debidamente retiradas en la remodelación del edificio.

Para dimensionarlas correctamente han de tenerse en cuenta que se ha de cumplir con lo descrito en el CTE DB-HS3 (13). En este documento se encuentran una serie de características técnicas de obligado cumplimiento que se deberán de tener en cuenta a la hora de realizar el dimensionado de los diferentes elementos que compondrán el sistema de ventilación de las diferentes viviendas.

5.3.1) CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS EXIGENCIAS.

Antes de comenzar con el diseño propio, el DB-HS3 nos exige suministrar un caudal mínimo de ventilación para garantizar una calidad suficiente del aire interior en la vivienda. Estos caudales vienen fijados en la tabla 2.1 del CTE DB-HS3 (13) que se expone a continuación.

Tipo de Vivienda	LOCALES SECOS			LOCALES HÚMEDOS	
	Dormitorio principal (L/s)	Resto de dormitorios (L/s)	Sala de estar y comedores (L/s)	Mínimo en total (L/s)	Mínimo por Local (L/s)
0 o 1 dormitorios	8	-	6	12	6
2 dormitorios	8	4	8	24	7
3 o más dormitorios	8	4	10	33	8

Tabla 5-31. Caudales mínimos de ventilación establecidos en el DB HS3

A diferencia del anterior HS3, ahora para poder calcular el caudal de ventilación habrá que contabilizar el número de dormitorios que tiene la vivienda y en función de los mismos, el caudal mínimo tanto en locales secos como en locales húmedos diferirá entre viviendas.

A su vez, el HS3 ya no distingue entre cocinas, baños o lavaderos, si no que los engloba a todos ellos en una misma categoría teniendo que suministrarse un caudal de extracción mínimo en función del número de dormitorios y un caudal mínimo que se ha de mantener por local.

Entonces, para poder adecuar los elementos correctamente, se calculará a continuación el caudal mínimo exigido en cada una de las viviendas de acuerdo con lo descrito en la tabla anterior.

Vivienda Tipo A							
Local	Dormitorio Principal	Dormitorio	Sala Estar Salón Comedor	Baño o Aseo	Cocina	Σ admisión	Σ extracción
Uds.	1	1	1	2	1		
	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
Según CTE	28,8	14,4	28,8	-28,8	-28,8	74	-86,4
Corrección Equilibrado	+0.0	+0.0	+0.0	+0.0	+0.0	+0.0	+0.0
Caudal	+28,8	+14,4	+28,8	-57,6	-28,8	+74.0	-86,4

Tabla 5-32. Caudales ventilación interior vivienda tipo A.

Vivienda Tipo B							
Local	Dormitorio Principal	Dormitorio	Sala Estar Salón Comedor	Baño o Aseo	Cocina	Σ admisión	Σ extracción
Uds.	1	1	1	1	1		
	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
Según CTE	28,8	14,4	28,8	-43,2	-43,2	74	-86,4
Corrección Equilibrado	+0.0	+0.0	+0.0	+0.0	+0.0	+0.0	+0.0
Caudal	+28,8	+14,4	+28,8	-43,2	-43,2	+74.0	-86,4

Tabla 5-33. Caudales ventilación interior vivienda tipo B.

Vivienda Tipo C

Local	Dormitorio Principal	Dormitorio	Sala Estar Salón Comedor	Baño o Aseo	Cocina	Σ admisión	Σ extracción
Uds.	1	1	1	2	1		
	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
Según CTE	28,8	14,4	28,8	-28,8	-28,8	74	-86,4
Corrección Equilibrado	+0.0	+0.0	+0.0	+0.0	+0.0	+0.0	+0.0
Caudal	+28,8	+14,4	+28,8	-57,6	-28,8	+74.0	-86,4

Tabla 5-34. Caudales ventilación interior vivienda tipo C

Vivienda Tipo D							
Local	Dormitorio Principal	Dormitorio	Sala Estar Salón Comedor	Baño o Aseo	Cocina	Σ admisión	Σ extracción
Uds.	1	2	1	2	1		
	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
Según CTE	28,8	14,4	36	-39,6	-39,6	93,6	-118,8
Corrección Equilibrado	+0.0	+0.0	+0.0	+0.0	+0.0	+0.0	+0.0
Caudal	+28,8	+28,8	+36	-79,2	-39,6	+93,6	-118,8

Tabla 5-35. Caudales ventilación interior vivienda tipo D

Vivienda Tipo E							
Local	Dormitorio Principal	Dormitorio	Sala Estar Salón Comedor	Baño o Aseo	Cocina	Σ admisión	Σ extracción
Uds.	1	1	1	1	1		
	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
Según CTE	28,8	14,4	28,8	-43,2	-43,2	74	-86,4
Corrección Equilibrado	+0.0	+0.0	+0.0	+0.0	+0.0	+0.0	+0.0
Caudal	+28,8	+14,4	+28,8	-43,2	-43,2	+74.0	-86,4

Tabla 5-36. Caudales ventilación interior vivienda tipo E

Vivienda Tipo F							
Local	Dormitorio Principal	Dormitorio	Sala Estar Salón Comedor	Baño o Aseo	Cocina	Σ admisión	Σ extracción
Uds.	1	1	1	1	1		
	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
Según CTE	28,8	14,4	28,8	-43,2	-43,2	74	-86,4
Corrección Equilibrado	+0.0	+0.0	+0.0	+0.0	+0.0	+0.0	+0.0
Caudal	+28,8	+14,4	+28,8	-43,2	-43,2	+74.0	-86,4

Tabla 5-37. Caudales ventilación interior vivienda tipo F

El caudal máximo de aire resultará de multiplicar el caudal del aire por el número total de viviendas existente en el edificio por lo que:

	Uds.	Vivienda A	Vivienda B	Vivienda C	Vivienda D	Vivienda E	Vivienda F
Caudal aire total	m ³ /h	259,2	259,2	259,2	356,4	259,2	259,2

Tabla 5-38. Caudal de aire mínimo total a suministrar en las viviendas.

A pesar de que el RITE (8) no es de aplicación en este caso, al estar tratado el tema de ventilación en el DB-HS3, se van a implementar aquellas instrucciones que sean de aplicación del RITE en el proyecto. En la IT 1.1.4.2.2 exige que se deba de asegurar una calidad mínima de aire en el interior en función del uso que vayan a tener los edificios. Se clasifican en cuatro categorías siendo IDA 1 la calidad de aire optima e IDA 4 la calidad de aire más baja.

Esta clasificación se realiza teniendo en cuenta la necesidad de impulsar aire de mejor o peor calidad en los diferentes recintos. Por ejemplo, para hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías, es muy importante impulsar aire de buena calidad, tratado y sin contaminantes, por lo que su clasificación es una IDA 1.

En este caso, al tratarse de un edificio de viviendas se quiere asegurar que se impulsa un aire de calidad media, es decir, una categoría IDA 3. Para poder asegurar esta calidad de aire, el RITE plantea 5 métodos de cálculo cuyo resultado nos permite asegurar el caudal mínimo de ventilación:

1. *Método Indirecto de caudal de aire exterior por persona.*

Este método facilita un valor, en función de la categoría del aire interior que se tenga, un caudal mínimo de aire.

Los valores se recogen en la tabla 1.4.2.1 de dicha Instrucción Técnica del RITE (8) y que se expone a continuación.

Categoría	dm ³ /s por persona
IDA 1	20
IDA 2	12.5
IDA 3	8
IDA 4	5

Tabla 5-39. Caudales de aire exterior en dm³/s por persona.

2. *Método directo por calidad del aire percibido.*

Este método se basa en el informe CR 1752, también conocido como método olfativo por lo que no se va a exponer más acerca de este método al ser un método subjetivo.

3. *Método directo por concentración de CO₂.*

Este método nos da un valor máximo de partículas por millón en volumen que puede existir en un local para obtener una calificación u otra. Este método se utiliza para locales con elevada actividad metabólica en los que no está permitido fumar. Este método no es aplicable, por lo que no se profundizará en ello.

4. Método indirecto de caudal de aire por unidad de superficie.

5. Método de dilución.

Este método se emplea cuando en el local existen emisiones conocidas de materiales contaminante. Al igual que los métodos anteriores, no es el caso de este proyecto, por lo que no se expone nada acerca de este método.

Empleando por lo tanto el método A, que exige un caudal mínimo de 8 L/s por persona, se va a comprobar que estos caudales entran dentro del rango de los valores exigidos por el DB-HS3.

	Vivienda A	Vivienda B	Vivienda C	Vivienda D	Vivienda E	Vivienda F
Según CTE	74	74	74	93,6	74	74
Según RITE	24	24	24	32	24	24

Tabla 5-40. Comparativa entre el caudal en L/s según el CTE y el RITE

Se ve que el caudal según el DB-HS3 es el más restrictivo, ya que impone los caudales por local y no en conjunto, teniendo un valor en todas las viviendas igual o superior al exigido por el RITE por lo que se garantiza una categoría **IDA 3** que nos exigía el RITE.

Tratado ya el aire interior, el RITE en su IT 1.1.4.2.4. “Filtración del aire exterior mínimo de ventilación” clasifica el aire exterior según la concentración de contaminantes que se encuentren presentes en el aire.

La calidad del aire exterior se clasificará de la siguiente manera: (8)

- ODA 1. Aire puro que se ensucia solo temporalmente (por ejemplo, polen).
- ODA 2. Aire con concentraciones altas de partículas y/o, de gases contaminantes.
- ODA 3. Aire con concentraciones muy altas de gases contaminantes (ODA 3G) y/o de partículas (ODA 3P).

Combinando entonces, la clasificación del aire exterior con la clasificación del aire interior, se obtiene la tabla 1.4.2.5 “Clases de Filtración” de la I.T. En esta tabla se recoge la clase de filtrado mínima necesaria para garantizar que impulsando aire exterior de una de las tres categorías (ODA 1...3) se consigue una calidad de aire interior dada (IDA 1...4). La tabla mencionada se recoge a continuación.

Calidad del aire exterior	Calidad del aire interior			
	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F9	F8	F7	F5
ODA 2	F7 + F9	F6 + F8	F5 + F7	F5 + F6
ODA 3	F7 + GF* + F9	F7+ GF + F9	F5 + F7	F5 + F6

*GF = Filtro de gas, (filtro de carbono) y, o filtro químico o fisicoquímico (fotocatalítico) y solo serán necesarios en caso de que la ODA 3 se alcance por exceso de gases.

Tabla 5-41. Clases de filtración.

Queda entonces claro que será necesario instalar unos filtros de aire antes de introducirlo en el interior de las viviendas, por lo que se tiene que tener claro qué tipo de aire exterior se estará introduciendo en el interior para poder definir correctamente un tipo de filtrado de acuerdo con lo exigido por el RITE.

Siendo un edificio situado en el centro de Oviedo se puede establecer una calidad de aire ODA2, sin cometer mucho error, debido a la contaminación existente por la circulación de los vehículos y partículas o contaminantes de otra índole.

La calidad del aire interior, ya se había fijado en una IDA 3 por lo que, según el RITE, se necesita instalar una combinación de filtros “F5 + F7” a la entrada del aire exterior.

La instrucción recoge una serie de indicaciones que se deben de respetar a la hora de la colocación de los filtros.

“Se emplearán prefiltros para mantener limpios los componentes de las unidades de ventilación y tratamientos de aire, así como alargar la vida útil de los filtros finales. Los prefiltros se instalarán en la entrada del aire exterior a la unidad de tratamiento, así como en la entrada del aire de retorno.”

“Los aparatos de recuperación de calor deben de estar siempre protegidos con una sección de filtros, cuya clase será la recomendada por el fabricante.”

“En las reformas, cuando no haya espacio suficiente para la instalación de las unidades de tratamiento de aire, el filtro final será el indicado en la tabla 1.4.2.5 se incluirá en los recuperadores de calor.”

5.3.2) DISEÑO DE LOS CONDUCTOS DE VENTILACIÓN.

Una vez que se han establecido las condiciones mínimas a las que hay que hacer frente, es hora de realizar el diseño y dimensionado de los sistemas de ventilación.

Al igual que en el apartado anterior, el DB-HS3 (13) da una serie de pautas a la hora de realizar el diseño que hay que tener en cuenta. El documento distingue entre diferentes locales atendiendo al uso que se le da al edificio, por lo que se tendrá que analizar lo expuesto en el documento para que se ajuste a los parámetros de este edificio.

Al ser una vivienda se tienen que cumplir a la hora de realizar el diseño las siguientes pautas expuestas en el apartado 3.1.1 Viviendas del citado documento (13):

1. *Las viviendas deben disponer de un sistema general de ventilación que puede ser híbrida o mecánica con las siguientes:*
 - a) *El aire debe circular desde los locales secos a los húmedos, para ello los comedores, los dormitorios y las salas de estar deben disponer de aberturas de admisión; los aseos, las cocinas y los cuartos de baño deben disponer de aberturas de extracción; las particiones situadas entre los locales con admisión y los locales con extracción deben disponer de aberturas de paso;*
 - b) *Los locales con varios usos de los del punto anterior, deben disponer en cada zona destinada a un uso diferente de las aberturas correspondientes;*

- c) Como aberturas de admisión, se dispondrán aberturas dotadas de aireadores o aperturas fijas de la carpintería, como son los dispositivos de microventilación con una permeabilidad al aire según UNE EN 12207:2000; en la posición de apertura de clase 1; no obstante, cuando las carpinterías exteriores sean de clase 1 de permeabilidad al aire según UNE EN 12207:2000 pueden considerarse como aberturas de admisión las juntas de apertura;
- d) Cuando la ventilación sea híbrida las aberturas de admisión deben comunicar directamente con el exterior;
- e) Los aireadores deben disponerse a una distancia del suelo mayor que 1,80 m;
- f) Cuando algún local con extracción esté compartimentado, deben disponerse aberturas de paso entre los compartimentos; la abertura de extracción debe disponerse en el compartimento más contaminado que, en el caso de aseos y cuartos de baños, es aquel en el que está situado el inodoro, y en el caso de cocinas es aquel en el que está situada la zona de cocción; la abertura de paso que conecta con el resto de la vivienda debe estar situada en el local menos contaminado;
- g) Las aberturas de extracción deben conectarse a conductos de extracción y deben disponerse a una distancia del techo menor que 200 mm y a una distancia de cualquier rincón o esquina vertical mayor que 100 mm;
- h) Un mismo conducto de extracción puede ser compartido por aseos, baños, cocinas y trasteros.

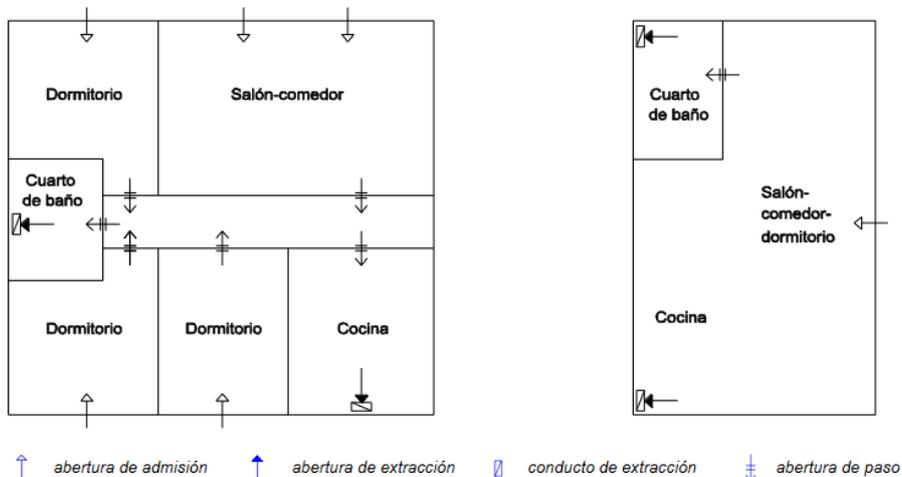


Figura. 5.1 Ejemplos de ventilación en el interior de las viviendas. (13)

2. Las cocinas, comedores, dormitorios y salas de estar deben disponer de un sistema complementario de ventilación natural. Para ello debe disponerse una ventana exterior practicable o una puerta exterior.

- Las cocinas deben de disponer de un sistema adicional de ventilación con extracción mecánica para los vapores y los contaminantes de la cocción. Para ello debe disponerse un extractor conectado a un conducto de extracción independiente de locales de otro uso. Cuando este conducto sea compartido por varios extractores, cada uno de esos debe de estar dotado de una válvula automática que mantenga abierta su conexión con el conducto sol cuando esté funcionando o de cualquier otro sistema antirrevoco.*

Si se estudian los puntos descritos a la hora de realizar el diseño se tiene que realizar según lo descrito en el apartado a) la circulación debe de hacerse desde los locales secos (dormitorios y sala de estar) hacia los locales húmedos (cocina y aseos). El resto de los puntos se tendrán en cuenta también en el diseño pero no hay que analizarlos uno por uno, ya que aportan la suficiente información por sí solos.

Otro aspecto que considerar a la hora de realizar el diseño es el tipo de ventilación que se va a disponer en la vivienda. Existen dos tipos de ventilaciones:

- Ventilación híbrida.
- Ventilación forzada.

Cada una de ellas conlleva una serie de restricciones o limitaciones en su uso, por lo que, dependiendo de las características del edificio, se deberá analizar la viabilidad de los sistemas.

5.3.3) VENTILACIÓN HÍBRIDA Y VENTILACIÓN MECÁNICA.

Antes de poder seleccionar un tipo de ventilación es necesario conocer un poco el modo de funcionamiento de estos dos tipos de mecanismos.

La ventilación híbrida funciona como un sistema mixto entre una ventilación natural y una ventilación mecánica. Si las condiciones meteorológicas son favorables, el sistema funciona con ventilación natural. Por el contrario, si no se tienen las condiciones adecuadas, entra en funcionamiento el sistema mecánico.

Al ser un sistema híbrido el sistema se diseña como si se tratase de un sistema natural por lo que debe de diseñarse teniendo en cuenta que la instalación genere la mínima pérdida de carga posible y, por lo tanto, las pequeñas diferencias de presión existentes puedan mover el aire. Debido a esto las secciones de los conductos tienen que ser grandes y únicamente verticales sin codos o elementos que generen pérdidas de presión. (14)

Además, a la hora de diseñar la ventilación natural hay que tener en cuenta los factores de temperatura (una diferencia apreciable entre las temperaturas interiores y exteriores favorece el tiro natural ya que la densidad del aire caliente es menor y tiende a ascender) y del viento para generar diferencias de presión entre los conductos de admisión y de expulsión.

En el otro lado de la balanza se tiene la ventilación mecánica donde la renovación del aire se produce mediante la utilización de aparatos electromecánicos dispuestos a tal efecto. La principal ventaja de este método frente a una ventilación híbrida es que los caudales no se encuentran afectados por las condiciones meteorológicas de la zona, además las diferencias de presión las generan los extractores por lo que se pueden controlar.

De esto se deduce que, al no encontrarse limitados por las condiciones meteorológicas y que la diferencia de presión la generan los propios elementos de la instalación no se estará limitado y se tendrá una mayor flexibilidad a la hora de diseñar los conductos al carecer de limitaciones tanto en longitud como en pérdidas de carga (codos, tramos horizontales...etc.)

Una vez se han considerado los dos tipos de ventilación a implementar, para los cálculos de este proyecto se ha optado por llevar a cabo una ventilación mecánica, ya que la ventilación híbrida presenta demasiados inconvenientes a la hora de implementarla, ya que requiere de un estudio riguroso de las condiciones climáticas de la zona con el fin de garantizar su correcto y eficaz funcionamiento.

Además, presenta unos costes más elevados que la ventilación mecánica, por lo que sin garantías de un correcto funcionamiento a lo largo del tiempo, la inversión necesaria puede ser mayor que el ahorro aportado por el sistema (el extractor no se encontraría funcionando permanentemente).

Atendiendo pues al apartado 3.2 “*Condiciones particulares de los elementos*” del Documento Básico HS3 (13) nos marca unos parámetros de obligado cumplimiento que se deben de cumplir a la hora de dimensionar los diferentes elementos que componen el sistema de ventilación. Dentro de este apartado se fijan las siguientes pautas referentes a los siguientes elementos:

5.3.4) ABERTURAS Y BOCAS DE VENTILACIÓN.

A continuación, se cita las condiciones expuestas en el apartado 3.2.1 del DB HS3 (13):

- 1. Las aberturas de admisión que comunican el local directamente con el exterior, las mixtas y las bocas de toma deben estar en contacto con un espacio exterior suficientemente grande para permitir que en su planta pueda situarse un círculo cuyo diámetro sea igual a un tercio de la altura del cerramiento más bajo de los que lo delimitan y no menor que 3m.*
- 2. Pueden utilizarse como abertura de paso un aireador o la holgura existente entre las hojas de las puertas y el suelo.*
- 3. Las aberturas de ventilación en contacto con el exterior deben disponerse de tal forma que se evite la entrada de agua de lluvia o estar dotadas de elementos adecuados para el mismo fin.*
- 4. Las bocas de expulsión deben situarse separadas horizontalmente 3m como mínimo, de cualquier elemento de entrada de aire de ventilación (boca de toma, abertura de admisión, puerta exterior y ventana), y de los espacios donde pueda haber personas de forma habitual, tales como terrazas, galerías, miradores, etc.*
- 5. Las bocas de expulsión deben disponer de malla antipájaros u otros elementos similares.*

5.3.5) CONDUCTOS DE ADMISIÓN.

1. *Los conductos deben tener sección uniforme y carecer de obstáculos en todo su recorrido.*
2. *Los conductos deben tener un acabado que dificulte su ensuciamiento y deben ser practicables para su registro y limpieza cada 10 m como máximo en todo su recorrido.*

5.3.6) CONDUCTOS DE EXTRACCIÓN PARA VENTILACIÓN MECÁNICA.

1. *Cada conducto de extracción, salvo los de la ventilación específica de las cocinas, debe disponer en la boca de expulsión de un aspirador mecánico, pudiendo varios conductos compartir un mismo aspirador mecánico.*
2. *La sección de cada tramo del conducto comprendido entre dos puntos consecutivos con aporte o salida de aire debe ser uniforme.*
3. *Los conductos deben de ser verticales. Se exceptúan de dicha condición los tramos de conexión de las aberturas de extracción con los conductos o ramales correspondientes.*
4. *Los conductos que atraviesen elementos separadores de sectores de incendio deben cumplir las condiciones de resistencia a fuego del apartado 3 de la sección S11.*

Una vez se han tenido en cuenta todos los parámetros estipulados dentro del HS-3, se procede a dimensionar la red de ventilación. En este caso, para aumentar aún más la eficiencia del sistema de ventilación de las viviendas en lugar de realizar una red de extracción que extraería el aire viciado de los locales húmedos (baños y cocinas) y la impulsión realizarla a través de la microventilación propia de las ventanas se opta por un sistema de recuperación de aire individual.

Este sistema no se encuentra exigido por el CTE pero p es el más aconsejable para: dotar de un mayor confort a la vivienda y reducir las pérdidas energéticas del edificio, y para obtener una mejor calificación energética del edificio, al reducir los consumos de energía primaria de la instalación y las emisiones de CO₂ del sistema de calefacción elegido.

5.3.7) RECUPERADOR DE CALOR.

El recuperador de calor es un equipo que mediante un intercambiador de calor permite recuperar parte de la energía del aire climatizado que se extrae del interior de la vivienda para calentar/enfriar el aire que se impulsa al interior de la vivienda, evitando de esta manera introducir aire no acondicionado en el interior disminuyendo las pérdidas térmicas a consecuencia de la renovación de aire.

En invierno este equipo permite calentar el aire que se impulsa desde el exterior, aprovechando la temperatura ambiente que hay dentro de la vivienda mientras que en verano enfriaremos el aire. A consecuencia de esto se consigue un ahorro energético importante, pues el consumo energético de estos equipos es bajo y permitirá ahorrar en nuestra instalación.

El funcionamiento de estos equipos es simple, aprovechando el intercambiador que existe en el interior se pone en contacto el aire interior que se extrae con el del exterior que se introduce sin que se produzca ninguna mezcla de aire de los circuitos. Se debe tener en cuenta que la eficiencia de un recuperador, además del tipo de intercambiador de calor usado, dependerá de las condiciones de temperatura y humedad del aire exterior y del aire del local, así como del caudal que circula por él.

Así, los recuperadores de calor se diseñan según el tipo de instalación y se clasificarían en:

- Recuperador de calor para instalación horizontal
- Recuperador de calor para instalación vertical
- Recuperador de calor para instalación en falso techo (horizontal)

En cualquier caso, cuanto mayor sea la eficiencia del núcleo intercambiador de calor mayor será la cantidad de calor recuperada y en consecuencia mayor será el ahorro obtenido.

Tipos de intercambiadores de calor

El intercambiador de calor, integrado en el recuperador de calor, es uno de los elementos clave de este sistema.

Fundamentalmente, existen tres tipos de intercambiadores con diferentes grados de eficiencia: los de flujo cruzado, los de flujo paralelo y los de flujo rotativo, que disponen de un rotor o masa que acumula calor, un motor y una carcasa.

El funcionamiento de cada uno de ellos es el siguiente:

Intercambiador de flujos cruzados: En este tipo de intercambiadores los flujos de aire de entrada y salida se cruzan en el interior del intercambiador en sentido perpendicular uno del otro. Este tipo de intercambiadores pueden alcanzar una eficiencia entre el 50% y el 85%.

Intercambiador de flujos paralelos: en este caso los caudales de aire de impulsión y extracción circulan paralelos y a contracorriente en el interior del intercambiador, con lo que el tiempo y la superficie de intercambio es mayor y por lo tanto se incrementa la capacidad de recuperación. Con este tipo de recuperadores se puede conseguir una eficiencia de hasta el 95%.

Intercambiador rotativo: El intercambio de calor entre ambos flujos se produce gracias al movimiento rotativo del propio intercambiador. Las celdillas metálicas del intercambiador son calentadas por el flujo caliente que pasa a través de ellas. Posteriormente debido a la rotación del intercambiador estas mismas celdillas ceden el calor tomado al flujo de aire frío. Con este tipo de intercambiador se consiguen eficiencias de hasta el 85%.

Ventajas de los recuperador de calor.

Los sistemas de ventilación con recuperación de calor proporcionan una mayor eficiencia energética al recuperar parte de la energía del aire que sale y transferirla al aire que entra en la vivienda por lo que se reduce considerablemente la demanda de energía para climatizar la estancia.

Los recuperadores de calor incorporan unos filtros de aire que reducen considerablemente el nivel de contaminantes del aire proporcionando un aire interior limpio y saludable cumpliendo de esta manera con lo exigido en el RITE en el tema de filtración del aire exterior.

Es un sistema que se puede implantar con instalaciones de alta eficiencia energética o sistemas basados en energías renovables aumentando aún más el ahorro y la eficiencia de la instalación en su conjunto.

Es un sistema que además de garantizar una ventilación eficiente, es respetuoso con el medio ambiente.

Es el sistema de ventilación idóneo para lugares con una elevada contaminación atmosférica y acústica exterior y con temperaturas de mucho frío y/o calor.

5.3.8) RECUPERADOR DE CALOR ELEGIDO.

Debido al tipo de instalación que hay en el edificio se ha optado por utilizar un recuperador de calor de flujo cruzado vertical en cada de una de las viviendas. El aire exterior se tomará desde una rejilla ubicada en la fachada de los patios interiores del edificio, o en el caso de no estar disponible directamente con un conducto desde la cubierta. La extracción se realizará directa a cubierta ascendiendo los conductos por los patinillos propios de ventilación o por el interior de los patios interiores.

El equipo elegido es un recuperador de calor, marca Soler&Palau modelo DOME0 210F. Este equipo presenta una eficiencia térmica muy elevada, alcanzando un máximo de un 92% de recuperación, con dimensiones reducidas que permite instalarlo dentro de un armario o colgado de una pared como si se tratase de una caldera.

Para que el sistema funcione correctamente se equilibrarán los caudales de impulsión y de extracción en las viviendas. De esta manera se consigue un funcionamiento óptimo del equipo. El equilibrado de caudales se realizará impulsando la diferencia entre los caudales de extracción y de impulsión en el salón, aumentando el caudal mínimo de ventilación en dichas estancias. En los planos 7, 8 y 9 se puede ver las bocas de impulsión y extracción, con su caudal correspondiente.



Imagen 5-8. Recuperador de calor DOMEO 210F

Algunas de las características de este equipo son:

Intercambiador a contraflujo con rendimiento hasta 92%.

Tensión de alimentación 230V-50Hz.

Potencia máxima absorbida 100 W.

Motor EC de bajo consumo.

Las entradas y salidas de aire son de $\varnothing 125\text{mm}$.

By-pass 100% automático, para realizar free-cooling en verano durante la noche.

Filtro de impulsión M5

Filtro de extracción G4

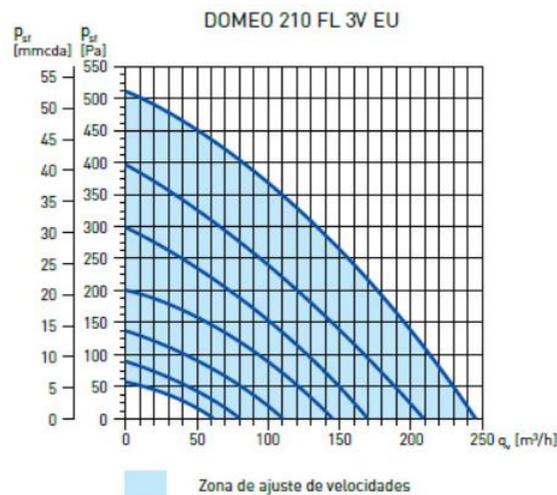


Imagen 5-9. Gráfica Caudal - Presión del recuperador DOMEO 210.

Como se puede ver en la gráfica, a una velocidad media, este recuperador a $100 \text{ m}^3/\text{h}$, es capaz de dar 150 Pa o 15 mmca.

Energía recuperada: 8.953,2 kW

5.3.9) REDES DE IMPULSIÓN Y EXTRACCIÓN DE AIRE.

Una vez se han establecido todos los criterios necesarios para realizar un correcto dimensionamiento de la instalación de conductos se procede a su dimensionamiento.

Partiendo de un diámetro de salida de 125mm que es lo que presenta el recuperador de calor y que los ventiladores del recuperador de calor son capaces de dar a 100 m³/h, 350 Pascales, no habrá ningún problema con la red de conductos, pues la pérdida de carga generada a lo largo de la red junto con sus accesorios será siempre menor que la presión disponible en el recuperador.

Tanto la red de impulsión como la red de extracción se realizará en conducto de chapa galvanizada circular para evitar transformar la salida del propio recuperador, y tener que adaptar las bocas de extracción/impulsión al conducto rectangular.

Para evitar tener que emplear 2 tipos diferentes de bocas de extracción/impulsión, se emplearán un tipo de bocas que pueden funcionar tanto para extraer aire de los baños y cocinas, como para impulsar aire a las habitaciones y salones. Este tipo de bocas son de la marca Soler&Palau modelo BDOP. Este tipo de bocas presentan un diámetro de conexión de 100mm por lo que el conducto que llegue hasta ella deberá ser de dicho diámetro o una reducción hasta dicho diámetro para poder conectarlas.

Por lo tanto, a la hora de realizar el dimensionamiento de la red se partirá de un conducto central de Ø100, que mediante un acoplamiento en forma de T irá repartiendo el caudal necesario para cada estancia realizado en conducto de Ø100mm para adaptarse correctamente a la boca de impulsión/extracción. Se realizará el trazado más simple posible evitando en lo posible el uso de codos y acoplamientos innecesarios para evitar una pérdida de carga excesiva en la red.

5.3.10) PÉRDIDA DE CARGA EN CONDUCTOS.

Para conocer la pérdida de carga en la red de conductos se aplicará la fórmula de incluida en el Manual de Aire Acondicionado de Carrier:

$$P = 0,4 \cdot f \cdot \frac{L}{d^{1,22}} \cdot V^{1,82}$$

Siendo:

- P = pérdida de carga (mm c.a.)
- f = rugosidad superficie interior = 0,9
- L = longitud del conducto (m)
- d = diámetro (cm) del conducto (equivalente a otro rectangular)
- V = velocidad del aire (m/s)

Los conductos han sido dimensionados para una velocidad que oscila entre 4 y 10 m/s, con lo cual se obtiene un muy bajo nivel sonoro, no sobrepasando a su vez la velocidad media del aire en las zonas ocupadas 0,18 m/s. Discurrirán ocultos por el falso techo de las viviendas y su trazado permitirá la inspección y la accesibilidad a elementos tales como compuertas de regulación, filtros y demás accesorios de la instalación.

Al ser el conducto uniforme en todo su recorrido, se calcula la pérdida de carga en función de la longitud de la red de impulsión o extracción.

A continuación, se recoge la pérdida de carga en las diferentes redes de impulsión y extracción de las viviendas.

Vivienda	Red	Velocidad (m/s)	diámetro (cm)	Longitud (m)	P (mm ca)
A	Impulsión	4	10	22,73	6,147
	Extracción	4	10	15,93	4,308
B	Impulsión	4	10	17,42	4,711
	Extracción	4	10	5,75	1,555
C	Impulsión	4	10	23,02	6,225
	Extracción	4	10	10,43	2,821
D	Impulsión	4	10	28,05	7,586
	Extracción	4	10	10,06	2,721
E	Impulsión	4	10	16,33	4,416
	Extracción	4	10	8,72	2,358
F	Impulsión	4	10	16,89	4,568
	Extracción	4	10	9,27	2,507

Tabla 5-42. Pérdida de carga por tramo

La pérdida de carga en los accesorios se calcula de la misma manera que se calculó en el apartado Cálculo de los circuladores. Esta vez el fluido es aire por lo que el peso específico varía. El resto de la fórmula se mantiene constante por lo que se recalculan las pérdidas de carga en los accesorios para las diferentes redes.

$$z = \xi * 9,63 * \frac{v^2}{16 * 9.81}$$

Elemento	Velocidad (m/s)	ξ	ΔP (mmca)
Codo a 90º	4	0,35	0,34
Codo a 45º	4	0,5	0,49
Te a 90º	4	1,4	1,37
Reducción	4	0,1	0,09

Tabla 5-43. Pérdida localiza en accesorios

Por lo tanto se puede obtener la pérdida de carga total de las diferentes redes de impulsión y extracción, al conocer que elementos se tienen en cada caso. Cada red dispondrá siempre de los siguientes elementos.

1 reducción de $\varnothing 125$ a $\varnothing 100$ mm.

Varios codos a 90º para cambiar la orientación del conducto.

Derivaciones en forma de T, para repartir el caudal a las diferentes estancias.

Conociendo estos datos se calculan las pérdidas de carga totales de cada uno de los circuitos de impulsión/extracción. Como todos los circuitos presentan una reducción se le sumará su valor directamente al cómputo global de pérdidas en accesorios no reflejándose en el listado de codos o T de la siguiente tabla, pero si habiéndose tenido en cuenta aunque no aparezca reflejado.

Vivienda	Red	ΔP por conducto (mm ca)	Accesorio	Nº Accesorio	ΔP accesorios (mm ca)	ΔP totales (mm ca)
A	Impulsión	6,147	T a 90º	2	5,12	11,267
			Codo a 90º	7		
	Extracción	4,308	T a 90º	2	5,12	9,428
			Codo a 90º	7		
B	Impulsión	4,711	T a 90º	2	4,44	9,151
			Codo a 90º	5		
	Extracción	1,555	T a 90º	1	3,07	4,625
			Codo a 90º	5		
C	Impulsión	6,225	T a 90º	2	4,44	10,665
			Codo a 90º	5		
	Extracción	2,821	T a 90º	2	4,1	6,921
			Codo a 90º	4		
D	Impulsión	7,586	T a 90º	2	4,44	12,026
			Codo a 90º	5		
	Extracción	2,721	T a 90º	2	4,1	6,821
			Codo a 90º	4		
E	Impulsión	4,416	T a 90º	2	4,78	9,196
			Codo a 90º	6		
	Extracción	2,358	T a 90º	1	2,39	4,748
			Codo a 90º	3		
F	Impulsión	4,568	T a 90º	2	4,78	9,348
			Codo a 90º	6		
	Extracción	2,507	T a 90º	1	3,41	5,917
			Codo a 90º	6		

Tabla 5-44. Pérdidas de carga por red de impulsión/extracción.

Como se puede apreciar, las pérdidas de carga totales son inferiores a 15 mmca por lo que el recuperador es capaz de proporcionar suficiente presión para vencer las pérdidas de carga a lo largo del conducto y en sus accesorios.

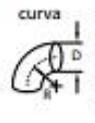
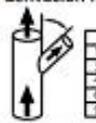
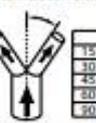
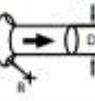
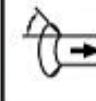
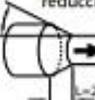
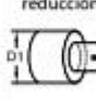
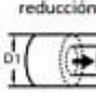
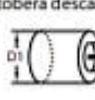
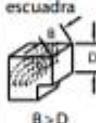
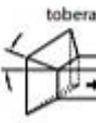
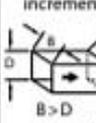
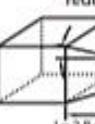
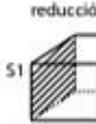
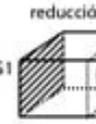
<p>curva</p>  <table border="1"> <tr><th>R/D</th><td>0.5</td><td>0.90</td></tr> <tr><th></th><td>0.75</td><td>0.45</td></tr> <tr><th></th><td>1.0</td><td>0.35</td></tr> <tr><th></th><td>1.5</td><td>0.25</td></tr> <tr><th></th><td>2.0</td><td>0.20</td></tr> </table>	R/D	0.5	0.90		0.75	0.45		1.0	0.35		1.5	0.25		2.0	0.20	<p>codo 2 elementos</p>  <table border="1"> <tr><th>R/D</th><td>1.5</td><td>0.1</td></tr> <tr><th></th><td>30</td><td>0.2</td></tr> <tr><th></th><td>45</td><td>0.5</td></tr> <tr><th></th><td>60</td><td>0.7</td></tr> <tr><th></th><td>90</td><td>1.3</td></tr> </table>	R/D	1.5	0.1		30	0.2		45	0.5		60	0.7		90	1.3	<p>derivación Y</p>  <table border="1"> <tr><th>R/D</th><td>1.5</td><td>0.1</td></tr> <tr><th></th><td>30</td><td>0.1</td></tr> <tr><th></th><td>45</td><td>0.5</td></tr> <tr><th></th><td>60</td><td>0.7</td></tr> <tr><th></th><td>90</td><td>1.3</td></tr> </table>	R/D	1.5	0.1		30	0.1		45	0.5		60	0.7		90	1.3	<p>derivación doble Y</p>  <table border="1"> <tr><th>R/D</th><td>1.5</td><td>0.1</td></tr> <tr><th></th><td>30</td><td>0.1</td></tr> <tr><th></th><td>45</td><td>0.5</td></tr> <tr><th></th><td>60</td><td>0.7</td></tr> <tr><th></th><td>90</td><td>1.4</td></tr> </table>	R/D	1.5	0.1		30	0.1		45	0.5		60	0.7		90	1.4	<p>toma captación</p>  <p>descarga</p> 																					
R/D	0.5	0.90																																																																																			
	0.75	0.45																																																																																			
	1.0	0.35																																																																																			
	1.5	0.25																																																																																			
	2.0	0.20																																																																																			
R/D	1.5	0.1																																																																																			
	30	0.2																																																																																			
	45	0.5																																																																																			
	60	0.7																																																																																			
	90	1.3																																																																																			
R/D	1.5	0.1																																																																																			
	30	0.1																																																																																			
	45	0.5																																																																																			
	60	0.7																																																																																			
	90	1.3																																																																																			
R/D	1.5	0.1																																																																																			
	30	0.1																																																																																			
	45	0.5																																																																																			
	60	0.7																																																																																			
	90	1.4																																																																																			
<p>codo 3 elementos</p>  <table border="1"> <tr><th>R/D</th><td>0.5</td><td>1.3</td></tr> <tr><th></th><td>0.75</td><td>0.8</td></tr> <tr><th></th><td>1.0</td><td>0.5</td></tr> <tr><th></th><td>1.5</td><td>0.3</td></tr> <tr><th></th><td>2.0</td><td>0.25</td></tr> </table>	R/D	0.5	1.3		0.75	0.8		1.0	0.5		1.5	0.3		2.0	0.25	<p>codo 5 elementos</p>  <table border="1"> <tr><th>R/D</th><td>0.5</td><td>1.3</td></tr> <tr><th></th><td>0.75</td><td>0.8</td></tr> <tr><th></th><td>1.0</td><td>0.5</td></tr> <tr><th></th><td>1.5</td><td>0.3</td></tr> <tr><th></th><td>2.0</td><td>0.25</td></tr> </table>	R/D	0.5	1.3		0.75	0.8		1.0	0.5		1.5	0.3		2.0	0.25	<p>derivación curva</p>  <table border="1"> <tr><th>R/D</th><td>0.5</td><td>1.3</td></tr> <tr><th></th><td>0.75</td><td>0.9</td></tr> <tr><th></th><td>1.0</td><td>0.8</td></tr> <tr><th></th><td>1.5</td><td>0.6</td></tr> <tr><th></th><td>2.0</td><td>0.5</td></tr> </table>	R/D	0.5	1.3		0.75	0.9		1.0	0.8		1.5	0.6		2.0	0.5	<p>derivación doble curva</p>  <table border="1"> <tr><th>R/D</th><td>0.5</td><td>1.2</td></tr> <tr><th></th><td>0.75</td><td>0.8</td></tr> <tr><th></th><td>1.0</td><td>0.4</td></tr> <tr><th></th><td>1.5</td><td>0.25</td></tr> <tr><th></th><td>2.0</td><td>0.2</td></tr> </table>	R/D	0.5	1.2		0.75	0.8		1.0	0.4		1.5	0.25		2.0	0.2	<p>derivación T</p> 																					
R/D	0.5	1.3																																																																																			
	0.75	0.8																																																																																			
	1.0	0.5																																																																																			
	1.5	0.3																																																																																			
	2.0	0.25																																																																																			
R/D	0.5	1.3																																																																																			
	0.75	0.8																																																																																			
	1.0	0.5																																																																																			
	1.5	0.3																																																																																			
	2.0	0.25																																																																																			
R/D	0.5	1.3																																																																																			
	0.75	0.9																																																																																			
	1.0	0.8																																																																																			
	1.5	0.6																																																																																			
	2.0	0.5																																																																																			
R/D	0.5	1.2																																																																																			
	0.75	0.8																																																																																			
	1.0	0.4																																																																																			
	1.5	0.25																																																																																			
	2.0	0.2																																																																																			
<p>tobera captación</p>  <table border="1"> <tr><th>R/D</th><td>0.25</td><td>0.2</td></tr> <tr><th></th><td>0.5</td><td>0.1</td></tr> <tr><th></th><td>0.75</td><td>0.05</td></tr> <tr><th></th><td>1</td><td>0.05</td></tr> </table>	R/D	0.25	0.2		0.5	0.1		0.75	0.05		1	0.05	<p>tobera captación cónica</p>  <table border="1"> <tr><th>R/D</th><td>1.5</td><td>0.5</td></tr> <tr><th></th><td>30</td><td>0.3</td></tr> <tr><th></th><td>45</td><td>0.3</td></tr> <tr><th></th><td>60</td><td>0.4</td></tr> <tr><th></th><td>90</td><td>0.7</td></tr> </table>	R/D	1.5	0.5		30	0.3		45	0.3		60	0.4		90	0.7	<p>toma captación</p>  <table border="1"> <tr><th>D1/D2</th><td>0.1</td><td>0.6</td></tr> <tr><th></th><td>0.2</td><td>0.5</td></tr> <tr><th></th><td>0.4</td><td>0.4</td></tr> <tr><th></th><td>0.6</td><td>0.2</td></tr> </table>	D1/D2	0.1	0.6		0.2	0.5		0.4	0.4		0.6	0.2	<p>incremento difusor</p>  <p>$L \geq 2.5 D \text{ min.}$</p> <table border="1"> <tr><th>D</th><td>5</td><td>0.88</td></tr> <tr><th></th><td>10</td><td>0.85</td></tr> <tr><th></th><td>15</td><td>0.82</td></tr> <tr><th></th><td>45</td><td>0.78</td></tr> <tr><th></th><td>90</td><td>0.77</td></tr> </table>	D	5	0.88		10	0.85		15	0.82		45	0.78		90	0.77																												
R/D	0.25	0.2																																																																																			
	0.5	0.1																																																																																			
	0.75	0.05																																																																																			
	1	0.05																																																																																			
R/D	1.5	0.5																																																																																			
	30	0.3																																																																																			
	45	0.3																																																																																			
	60	0.4																																																																																			
	90	0.7																																																																																			
D1/D2	0.1	0.6																																																																																			
	0.2	0.5																																																																																			
	0.4	0.4																																																																																			
	0.6	0.2																																																																																			
D	5	0.88																																																																																			
	10	0.85																																																																																			
	15	0.82																																																																																			
	45	0.78																																																																																			
	90	0.77																																																																																			
<p>reducción</p>  <p>$L \geq 2D \text{ min.}$</p> <table border="1"> <tr><th>D1/D2</th><td>5</td><td>0.25</td></tr> <tr><th></th><td>10</td><td>0.20</td></tr> <tr><th></th><td>20</td><td>0.1</td></tr> <tr><th></th><td>30</td><td>0.15</td></tr> <tr><th></th><td>45</td><td>0.2</td></tr> </table>	D1/D2	5	0.25		10	0.20		20	0.1		30	0.15		45	0.2	<p>reducción brusca</p>  <table border="1"> <tr><th>D1/D2</th><td>0.1</td><td>0.48</td></tr> <tr><th></th><td>0.2</td><td>0.45</td></tr> <tr><th></th><td>0.4</td><td>0.37</td></tr> <tr><th></th><td>0.6</td><td>0.36</td></tr> <tr><th></th><td>0.8</td><td>0.15</td></tr> </table>	D1/D2	0.1	0.48		0.2	0.45		0.4	0.37		0.6	0.36		0.8	0.15	<p>reducción brusca</p>  <table border="1"> <tr><th>D1/D2</th><td>0.6</td><td>10</td></tr> <tr><th></th><td>0.7</td><td>5.5</td></tr> <tr><th></th><td>0.8</td><td>1.2</td></tr> <tr><th></th><td>0.9</td><td>0.35</td></tr> <tr><th></th><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	D1/D2	0.6	10		0.7	5.5		0.8	1.2		0.9	0.35		1	0	<p>tobera descarga</p>  <table border="1"> <tr><th>D1/D2</th><td>0.1</td><td>2.5</td></tr> <tr><th></th><td>0.2</td><td>2.5</td></tr> <tr><th></th><td>0.4</td><td>2.5</td></tr> <tr><th></th><td>0.6</td><td>2.5</td></tr> <tr><th></th><td>0.8</td><td>1.5</td></tr> <tr><th></th><td>0.9</td><td>1.5</td></tr> </table>	D1/D2	0.1	2.5		0.2	2.5		0.4	2.5		0.6	2.5		0.8	1.5		0.9	1.5																			
D1/D2	5	0.25																																																																																			
	10	0.20																																																																																			
	20	0.1																																																																																			
	30	0.15																																																																																			
	45	0.2																																																																																			
D1/D2	0.1	0.48																																																																																			
	0.2	0.45																																																																																			
	0.4	0.37																																																																																			
	0.6	0.36																																																																																			
	0.8	0.15																																																																																			
D1/D2	0.6	10																																																																																			
	0.7	5.5																																																																																			
	0.8	1.2																																																																																			
	0.9	0.35																																																																																			
	1	0																																																																																			
D1/D2	0.1	2.5																																																																																			
	0.2	2.5																																																																																			
	0.4	2.5																																																																																			
	0.6	2.5																																																																																			
	0.8	1.5																																																																																			
	0.9	1.5																																																																																			
<p>curva</p>  <p>$B > D$</p> <table border="1"> <tr><th>R/D</th><td>0.25</td><td>0.5</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td></tr> <tr><th></th><td>0</td><td>1.5</td><td>1.02</td><td>1.15</td><td>1.04</td></tr> <tr><th></th><td>0.5</td><td>1.56</td><td>1.21</td><td>1.05</td><td>0.88</td></tr> <tr><th></th><td>0.75</td><td>0.6</td><td>0.5</td><td>0.4</td><td>0.35</td></tr> <tr><th></th><td>1</td><td>0.51</td><td>0.3</td><td>0.25</td><td>0.18</td></tr> <tr><th></th><td>1.5</td><td>0.28</td><td>0.18</td><td>0.14</td><td>0.12</td></tr> </table>	R/D	0.25	0.5	1	2	4		0	1.5	1.02	1.15	1.04		0.5	1.56	1.21	1.05	0.88		0.75	0.6	0.5	0.4	0.35		1	0.51	0.3	0.25	0.18		1.5	0.28	0.18	0.14	0.12	<p>curva</p>  <p>$B > D$</p> <table border="1"> <tr><th>R/D</th><td>0.25</td><td>0.5</td></tr> <tr><th></th><td>0.5</td><td>0.4</td></tr> <tr><th></th><td>0.75</td><td>0.35</td></tr> <tr><th></th><td>1</td><td>0.2</td></tr> <tr><th></th><td>2</td><td>0.1</td></tr> </table>	R/D	0.25	0.5		0.5	0.4		0.75	0.35		1	0.2		2	0.1	<p>derivación Y</p>  <table border="1"> <tr><th>R/D</th><td>1.5</td><td>0.1</td></tr> <tr><th></th><td>30</td><td>0.3</td></tr> <tr><th></th><td>45</td><td>0.5</td></tr> <tr><th></th><td>60</td><td>0.7</td></tr> <tr><th></th><td>90</td><td>1.3</td></tr> </table>	R/D	1.5	0.1		30	0.3		45	0.5		60	0.7		90	1.3	<p>derivación doble Y</p>  <table border="1"> <tr><th>R/D</th><td>1.5</td><td>0.1</td></tr> <tr><th></th><td>30</td><td>0.3</td></tr> <tr><th></th><td>45</td><td>0.7</td></tr> <tr><th></th><td>60</td><td>1</td></tr> <tr><th></th><td>90</td><td>1.4</td></tr> </table>	R/D	1.5	0.1		30	0.3		45	0.7		60	1		90	1.4	<p>toma captación</p>  <p>descarga</p> 
R/D	0.25	0.5	1	2	4																																																																																
	0	1.5	1.02	1.15	1.04																																																																																
	0.5	1.56	1.21	1.05	0.88																																																																																
	0.75	0.6	0.5	0.4	0.35																																																																																
	1	0.51	0.3	0.25	0.18																																																																																
	1.5	0.28	0.18	0.14	0.12																																																																																
R/D	0.25	0.5																																																																																			
	0.5	0.4																																																																																			
	0.75	0.35																																																																																			
	1	0.2																																																																																			
	2	0.1																																																																																			
R/D	1.5	0.1																																																																																			
	30	0.3																																																																																			
	45	0.5																																																																																			
	60	0.7																																																																																			
	90	1.3																																																																																			
R/D	1.5	0.1																																																																																			
	30	0.3																																																																																			
	45	0.7																																																																																			
	60	1																																																																																			
	90	1.4																																																																																			
<p>escuadra</p>  <p>$B > D$</p> <table border="1"> <tr><th>R/D</th><td>0.2</td><td>1</td></tr> <tr><th></th><td>0.4</td><td>0.6</td></tr> <tr><th></th><td>0.6</td><td>0.9</td></tr> <tr><th></th><td>0.8</td><td>1.1</td></tr> <tr><th></th><td>1</td><td>1.2</td></tr> </table>	R/D	0.2	1		0.4	0.6		0.6	0.9		0.8	1.1		1	1.2	<p>escuadra</p>  <p>$B > D$</p> <table border="1"> <tr><th>R/D</th><td>0.2</td><td>1</td></tr> <tr><th></th><td>0.4</td><td>0.6</td></tr> <tr><th></th><td>0.6</td><td>0.9</td></tr> <tr><th></th><td>0.8</td><td>1.1</td></tr> <tr><th></th><td>1</td><td>1.2</td></tr> </table>	R/D	0.2	1		0.4	0.6		0.6	0.9		0.8	1.1		1	1.2	<p>codos</p>  <table border="1"> <tr><th>R/D</th><td>1.5</td><td>0.1</td></tr> <tr><th></th><td>30</td><td>0.1</td></tr> <tr><th></th><td>45</td><td>0.7</td></tr> <tr><th></th><td>60</td><td>1</td></tr> <tr><th></th><td>90</td><td>1.4</td></tr> </table>	R/D	1.5	0.1		30	0.1		45	0.7		60	1		90	1.4	<p>derivación doble curva</p>  <p>$B > D$</p> <table border="1"> <tr><th>R/D</th><td>0.5</td><td>1</td></tr> <tr><th></th><td>0.75</td><td>0.3</td></tr> <tr><th></th><td>1.0</td><td>0.25</td></tr> <tr><th></th><td>1.5</td><td>0.15</td></tr> <tr><th></th><td>2.0</td><td>0.1</td></tr> </table>	R/D	0.5	1		0.75	0.3		1.0	0.25		1.5	0.15		2.0	0.1	<p>derivación T</p> 																					
R/D	0.2	1																																																																																			
	0.4	0.6																																																																																			
	0.6	0.9																																																																																			
	0.8	1.1																																																																																			
	1	1.2																																																																																			
R/D	0.2	1																																																																																			
	0.4	0.6																																																																																			
	0.6	0.9																																																																																			
	0.8	1.1																																																																																			
	1	1.2																																																																																			
R/D	1.5	0.1																																																																																			
	30	0.1																																																																																			
	45	0.7																																																																																			
	60	1																																																																																			
	90	1.4																																																																																			
R/D	0.5	1																																																																																			
	0.75	0.3																																																																																			
	1.0	0.25																																																																																			
	1.5	0.15																																																																																			
	2.0	0.1																																																																																			
<p>derivación T</p>  <p>$B > D$</p> <table border="1"> <tr><th>R/D</th><td>0.2</td><td>1</td></tr> <tr><th></th><td>0.4</td><td>0.8</td></tr> <tr><th></th><td>0.6</td><td>0.9</td></tr> <tr><th></th><td>0.8</td><td>1.1</td></tr> <tr><th></th><td>1</td><td>1.2</td></tr> </table>	R/D	0.2	1		0.4	0.8		0.6	0.9		0.8	1.1		1	1.2	<p>tobera captación</p>  <table border="1"> <tr><th>R/D</th><td>1.5</td><td>0.5</td></tr> <tr><th></th><td>30</td><td>0.3</td></tr> <tr><th></th><td>45</td><td>0.4</td></tr> <tr><th></th><td>60</td><td>0.7</td></tr> <tr><th></th><td>90</td><td>0.7</td></tr> </table>	R/D	1.5	0.5		30	0.3		45	0.4		60	0.7		90	0.7	<p>toma captación</p>  <p>$B > D$</p> <table border="1"> <tr><th>D1/D2</th><td>0.1</td><td>0.9</td></tr> <tr><th></th><td>0.2</td><td>0.7</td></tr> <tr><th></th><td>0.4</td><td>0.6</td></tr> <tr><th></th><td>0.6</td><td>0.5</td></tr> <tr><th></th><td>0.8</td><td>0.35</td></tr> </table>	D1/D2	0.1	0.9		0.2	0.7		0.4	0.6		0.6	0.5		0.8	0.35	<p>incremento difusor</p>  <p>$L \geq 2.5 C \text{ min.}$</p> <table border="1"> <tr><th>D</th><td>5</td><td>0.15</td></tr> <tr><th></th><td>15</td><td>0.25</td></tr> <tr><th></th><td>30</td><td>0.8</td></tr> <tr><th></th><td>45</td><td>0.9</td></tr> <tr><th></th><td>90</td><td>1</td></tr> </table>	D	5	0.15		15	0.25		30	0.8		45	0.9		90	1																						
R/D	0.2	1																																																																																			
	0.4	0.8																																																																																			
	0.6	0.9																																																																																			
	0.8	1.1																																																																																			
	1	1.2																																																																																			
R/D	1.5	0.5																																																																																			
	30	0.3																																																																																			
	45	0.4																																																																																			
	60	0.7																																																																																			
	90	0.7																																																																																			
D1/D2	0.1	0.9																																																																																			
	0.2	0.7																																																																																			
	0.4	0.6																																																																																			
	0.6	0.5																																																																																			
	0.8	0.35																																																																																			
D	5	0.15																																																																																			
	15	0.25																																																																																			
	30	0.8																																																																																			
	45	0.9																																																																																			
	90	1																																																																																			
<p>reducción</p>  <p>$L \geq 2 B \text{ min.}$</p> <table border="1"> <tr><th>D1/D2</th><td>5</td><td>0.15</td></tr> <tr><th></th><td>10</td><td>0.25</td></tr> <tr><th></th><td>15</td><td>0.4</td></tr> <tr><th></th><td>30</td><td>0.8</td></tr> <tr><th></th><td>45</td><td>0.9</td></tr> <tr><th></th><td>60</td><td>1</td></tr> </table>	D1/D2	5	0.15		10	0.25		15	0.4		30	0.8		45	0.9		60	1	<p>reducción brusca</p>  <table border="1"> <tr><th>S1/S2</th><td>0.1</td><td>0.8</td></tr> <tr><th></th><td>0.2</td><td>0.45</td></tr> <tr><th></th><td>0.4</td><td>0.5</td></tr> <tr><th></th><td>0.6</td><td>0.2</td></tr> <tr><th></th><td>0.8</td><td>0.1</td></tr> </table>	S1/S2	0.1	0.8		0.2	0.45		0.4	0.5		0.6	0.2		0.8	0.1	<p>reducción brusca</p>  <table border="1"> <tr><th>S1/S2</th><td>0.4</td><td>8.1</td></tr> <tr><th></th><td>0.6</td><td>10.5</td></tr> <tr><th></th><td>0.7</td><td>10.8</td></tr> <tr><th></th><td>0.8</td><td>0.8</td></tr> <tr><th></th><td>0.9</td><td>0.6</td></tr> </table>	S1/S2	0.4	8.1		0.6	10.5		0.7	10.8		0.8	0.8		0.9	0.6																																			
D1/D2	5	0.15																																																																																			
	10	0.25																																																																																			
	15	0.4																																																																																			
	30	0.8																																																																																			
	45	0.9																																																																																			
	60	1																																																																																			
S1/S2	0.1	0.8																																																																																			
	0.2	0.45																																																																																			
	0.4	0.5																																																																																			
	0.6	0.2																																																																																			
	0.8	0.1																																																																																			
S1/S2	0.4	8.1																																																																																			
	0.6	10.5																																																																																			
	0.7	10.8																																																																																			
	0.8	0.8																																																																																			
	0.9	0.6																																																																																			
<p>reducción descarga</p>  <table border="1"> <tr><th>S1/S2</th><td>0.4</td><td>2.5</td></tr> <tr><th></th><td>0.6</td><td>2.5</td></tr> <tr><th></th><td>0.8</td><td>2</td></tr> <tr><th></th><td>0.9</td><td>1.6</td></tr> <tr><th></th><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	S1/S2	0.4	2.5		0.6	2.5		0.8	2		0.9	1.6		1	1	<p>reducción</p>  <p>$L \geq 2 B \text{ min.}$</p> <p>$B > D$</p> <table border="1"> <tr><th>D</th><td>0.15</td></tr> </table>	D	0.15	<p>Note: In accessories where a section change is produced, their loss of charge will be charged to the run with lesser section. Nota: En los accesorios donde tenga lugar un cambio de sección, la pérdida de carga del mismo se imputará en el tramo de menor sección.</p>																																																																		
S1/S2	0.4	2.5																																																																																			
	0.6	2.5																																																																																			
	0.8	2																																																																																			
	0.9	1.6																																																																																			
	1	1																																																																																			
D	0.15																																																																																				

Imagen 5-10. Coeficiente de pérdidas, obtenido de la web de casals (15)

En los planos 7, 8 y 9, se puede ver la red de conductos de impulsión y extracción, así como, la ubicación de los recuperadores con las tomas de aire exterior y las salidas de aire a cubierta.

6) ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS 2 EDIFICIOS EN TÉRMINOS DE ENERGÍA PRIMARIA Y EMISIONES DE CO₂.

Una vez se ha implementado el nuevo sistema de calefacción y producción de ACS al edificio, así como, el uso de recuperadores de calor en las viviendas lo único que queda es realizar un estudio comparativo entre el sistema anterior de calefacción y el nuevo sistema de calefacción.

Partiendo de la demanda energética de calefacción y de ACS de la instalación se tienen los siguientes datos:

Edificio	Demanda (kWh/año)
Edificio original	243.637
Edificio rehabilitado	183.022

Tabla 6-1. Demanda energética de los dos edificios.

A simple vista ya se puede ver que se ha obtenido una reducción considerable en términos de energía demandada por la instalación consiguiéndose una reducción cercana al 25% con la rehabilitación de la envolvente del edificio, y la sustitución de los equipos generador de calefacción y A.C.S.

Profundizando aún más en este aspecto es posible conocer el ahorro en energía primaria y en emisiones de CO₂ de la nueva instalación con respecto a la instalación anterior. Para ello, partiendo del dato de demanda anual aplicando los factores de paso de energía a energía primaria o a emisiones de CO₂ se puede conocer este dato.

En el edificio original, toda la producción de calefacción y ACS se realizaba mediante energía eléctrica por lo que aplicando los factores de paso correspondientes se tiene:

$$\text{Energía Primaria Edificio Original: } 243.637 * 1.954 = 476.066 \frac{kWh}{año}$$

$$\text{Emisiones de CO}_2 \text{ Edificio Original: } 243.637 * 0,331 = 80.644 \frac{kg \text{ CO}_2}{año}$$

En cuanto al edificio rehabilitado, es un poco más complejo su análisis, pues parte de la energía se produce con gas natural, mientras que la otra se produce con energía eléctrica, por lo que tendremos 2 coeficientes de paso diferentes. A continuación, se ha realizado una tabla resumen donde se puede ver, los diferentes combustibles con sus respectivos consumos de energía primaria y emisiones de CO₂.

ENERGÍA	Uso/Equipo	Estimación consumo energía (E)	Energía primaria (E · C1)		Emisiones de CO ₂ (E · C2)	
		kWh/año	C1 = Coefic. de paso	kWh/año	C2 = Coefic. de paso	Emisiones (kg/año)
GAS NATURAL	Calefacción	126.342	1,190	150.346,98	0,252	31.838,18
	ACS	7.422	1,190	8.832,18	0,252	1870,34
	B.C. aerotérmica (A.C.S.)	7.737,61	1,954	15.119,29	0,331	2.651,15
	B.C. aerotérmica (Calefacción.)	11.318,55	1,954	22.116,44	0,331	3.746,44
			Energía primaria (kWh/año)	196.414,89	Emisiones CO ₂ (kg/año)	40.106,11

Tabla 6-2. Tabla resumen de los consumos del Edificio Rehabilitado.

Por lo tanto se tiene para el edificio rehabilitado:

$$\text{Energía Primaria: } 196.414,89 \frac{kWh}{año}$$

$$\text{Emisiones de CO}_2 : 40.106,11 \frac{kg \text{ CO}_2}{año}$$

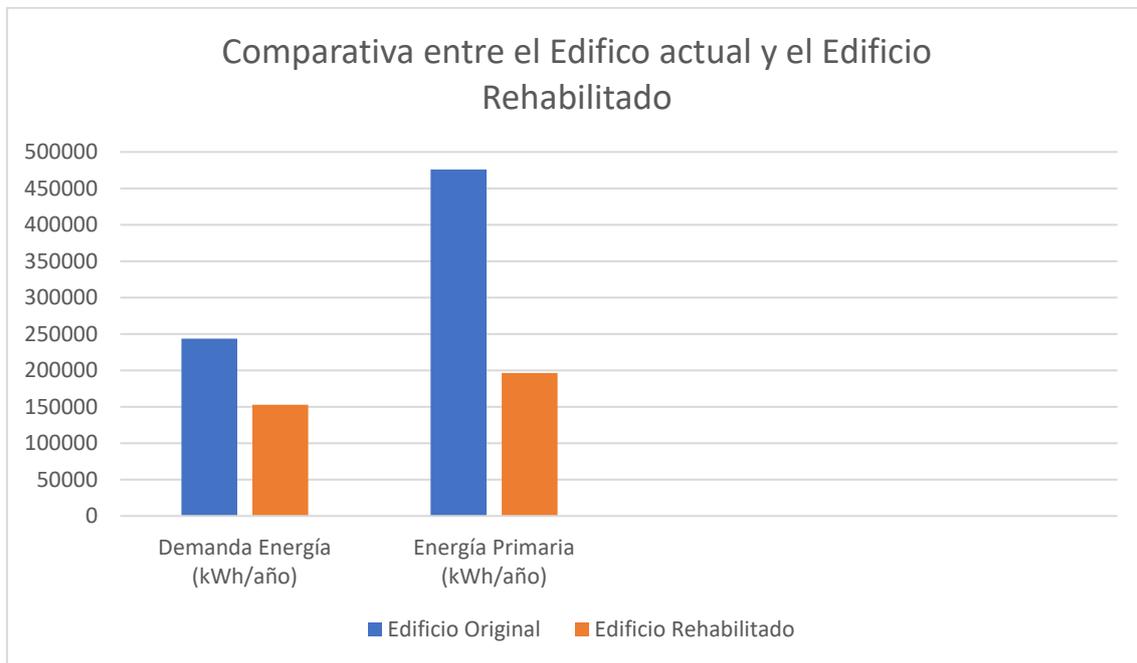


Tabla 6-3. Comparativa entre los 2 edificios en consumo de energía y energía primaria.

Por lo que se puede ver a simple vista el ahorro conseguido es muy significativo, sobre todo cuando transformamos la demanda de energía, en energía primaria, consiguiéndose un ahorro de:

$$\text{Ahorro en Energía Primaria (\%)} = \frac{476.066 - 196.414,89}{476.066} * 100 = 58,74\%$$

Con los nuevos sistemas se consigue un ahorro del 58% en energía primaria produciéndose un ahorro de más del 50%.

En cuanto a las emisiones de CO₂ pasa algo muy parecido. Si se calcula el ahorro de las emisiones de CO₂ del nuevo sistema se obtiene un ahorro:

$$\text{Ahorro en emisiones de CO}_2 (\%) = \frac{80.644 - 40.106,11}{80.644} * 100 = 50,26\%$$

De nuevo se ha conseguido un ahorro de emisiones de CO₂ del 50% reduciéndose a la mitad las emisiones de CO₂ con respecto al sistema del edificio original.

7) CONCLUSIONES.

Para concluir este proyecto, se recapitulan los objetivos que inicialmente se habían planteado para ver si se han conseguido superar.

1. *Llevar a cabo una rehabilitación de la envolvente térmica, para reducir las pérdidas térmicas del propio edificio, consiguiendo reducir el consumo de los sistemas de calefacción.*

Conseguido. Se ha rehabilitado la fachada y las pérdidas térmicas a través de ellas son de 46,33 kW frente a los 113,15 kW que tenía el edificio originalmente reduciéndose las pérdidas térmicas en un 59% con respecto al edificio original.

2. *Implementación de nuevos sistemas de producción de calefacción y ACS centralizada, de mayor eficiencia que los originalmente instalados, radiadores y termos eléctricos, reduciendo así el consumo de la instalación, manteniendo el confort térmico dentro de las viviendas.*

Conseguido. Se ha implementado un sistema de producción de calefacción y A.C.S. apoyado con bombas de calor aerotérmicas que reducen el consumo de la instalación. Además, se han instalado sistemas de calefacción de baja temperatura lo que permite ahorrar aún más en la instalación otorgando además un mayor confort térmico a la instalación.

3. *Sustitución de los sistemas de ventilación forzada del edificio por nuevos sistemas de ventilación mecánica controlada, que conseguirán reducir las necesidades térmicas de las estancias, al introducir aire a las estancias ya acondicionado, y no, directamente desde el exterior.*

Conseguido. Se han implementado en cada una de las viviendas un sistema de ventilación mecánica controlada mediante recuperador de calor que permite un recuperar un 90% de la energía cedida por el aire que, de otra manera, se escapa directamente a la atmósfera y además lo aprovechamos para acondicionar el aire que introducimos en la instalación. Se ha conseguido aprovechar un total de 8,95 kW de los 9,95 kW que se tienen como pérdida de carga por aire de renovación.

4. *Conseguir un ahorro de energía primaria y de emisiones de CO₂ con respecto a la situación inicial.*

Conseguido. Se han reducido en más de la mitad las emisiones de CO₂ y el consumo de energía primaria del nuevo edificio con respecto al edificio original.

8) BIBLIOGRAFÍA

1. **Europea, Union.** Marco sobre clima y energía para 2030. [En línea] https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_es.
2. **EDU, UNET.** TRANSFERENCIA DE CALOR. [En línea] http://www.unet.edu.ve/~fenomeno/F_DE_T-165.htm.
3. **Sedigas.** *Estudio Economico de alternativas energeticas en la vivienda.* 1988.
4. **ISOBER.** *Manual de Aislamiento.* 07/1986.
5. **Ministerio de Fomento. Gobierno de España.** *Documento Basico HE. Ahorro de Energia.* 2017.
6. **IDAE.** Guia tecnica de condiciones climaticas exteriores de proyecto. [En línea] https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_12_Guia_tecnica_condiciones_climaticas_exteriores_de_proyecto_e4e5b769.pdf.
7. **Asociacion Española de Normalizacion y Certificación (2009).** UNE EN ISO 100014:2004: . *Climatización. Bases para el proyecto. Condiciones exteriores de cálculo.* [En línea] 12 de 11 de 2004. <http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0032361#.Wq-KpeeCHcc>.
8. **Ministerio de Industria, Energía y Turismo.** RITE. *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.* [En línea] Septiembre de 2013. <http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reglamento/RDecreto-1027-2007-Consolidado-9092013.pdf>.
9. **PRESSMAN.** PRESSMAN. [En línea] <http://www.eepm.es/wp-content/uploads/2018/04/PRESSMAN-Pe%CC%81rdida-de-Carga-en-Tuber%CC%81as.pdf>.
10. **ROCA.** *Cálculo y diseño de instalaciones de Agua Caliente Sanitaria.* 2005.
11. **calor., IDAE.** *Prestaciones medias estacionales de las bombas de.* IDAE. [En línea] https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Prestaciones_Medias_Estacionales.pdf.
12. **Primaria., Ministerio de Energía. Emisiones y Energia.** Ministerio de Energia de España. [En línea] https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Factores_emision_CO2.pdf.
13. **Ministerio de Fomento. Gobierno de España.** *Documento Básico HS Salubridad.* 2017.
14. **System-air.** System-air. [En línea] <https://system-air.es/es/proyecto/4-faq/9-ventilacion-hibrida-o-mecanica/>.
15. **Casals.** Casals. [En línea] https://www.casals.com/assets/uploads/herramientas_pagina/perdidas%20de%20carga%20a ccesorios_accessories-load-loss.pdf.

16. **Ministerio de Fomento. Gobierno de España. Código Técnico de la Edificación. CTE. 2006.**

17. **Bibing. [En línea]**

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4176/fichero/CAPITULOS%252FCAP%C3%8DTULO+2.pdf>.