

Trabajo Fin de Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales

Normativa aplicable a las enfriadoras y bombas de calor aire-agua en sistemas de aire acondicionado para condiciones de carga parcial

Autor: Joaquín Font Nieves

Tutor: Juan Francisco Coronel Toro

Departamento de Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2026



Trabajo Fin de Grado
en Ingeniería de las Tecnologías de Telecomunicación

Normativa aplicable a las enfriadoras y bombas de calor aire-agua en sistemas de aire acondicionado para condiciones de carga parcial

Autor:

Joaquín Font Nieves

Tutor:

Juan Francisco Coronel Toro

Profesor titular

Departamento de Termotecnia
Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2026

Trabajo Fin de Grado: Normativa aplicable a las enfriadoras y bombas de calor aire-agua en sistemas de aire acondicionado para condiciones de carga parcial

Autor: Joaquín Font Nieves

Tutor: Juan Francisco Coronel Toro

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2026

El Secretario del Tribunal

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo es analizar el marco normativo y los procedimientos de evaluación de la eficiencia energética en equipos de climatización aire-agua, concretamente enfriadoras y bombas de calor, centrandó el estudio en las condiciones de funcionamiento a carga parcial.

La normativa actual ha evolucionado desde los ensayos tradicionales a plena carga hacia metodologías más representativas de la realidad operativa, reguladas principalmente por la norma UNE-EN 14825. Este enfoque introduce indicadores estacionales (SEER y SCOP) que integran la variación de la demanda térmica y las oscilaciones climáticas a lo largo del año. En este documento se examina cómo estos criterios de diseño ecológico y etiquetado energético afectan a la caracterización técnica de los equipos, detallando los complejos procedimientos de cálculo necesarios para determinar su rendimiento estacional.

Para aterrizar los conceptos teóricos, se desarrolla un caso práctico aplicado a un equipo comercial reversible certificado. A partir de los datos de ensayo de laboratorio disponibles en organismos oficiales, se reproducen paso a paso los cálculos normativos para la obtención de las eficiencias estacionales, validando la metodología y exponiendo las variables críticas que influyen en el consumo energético anual, tanto en refrigeración como en calefacción.

Finalmente, el trabajo incorpora un exhaustivo análisis de mercado basado en las bases de datos europeas EPREL y Eurovent, el cual sirve de base para las conclusiones del estudio. En dicha sección final se abordan, desde una perspectiva crítica, las diversas incongruencias y deficiencias estructurales detectadas en el marco reglamentario y en el sistema de etiquetado vigente, discutiendo aquellos aspectos técnicos y normativos que presentan contradicciones o carecen de lógica en el contexto actual del sector.

ÍNDICE

RESUMEN 10

1 INTRODUCCIÓN 14

1.1. OBJETIVOS 14

1.2. ALCANCE Y LIMITACIONES 15

1.3. MARCO NORMATIVO 16

1.3.1. Norma EN 14511: Ensayos a plena carga 16

1.3.2. Norma EN 14825: Ensayos a carga parcial 16

1.3.3. Reglamento (UE) 2016/2281: Ecodiseño de enfriadoras condensadas por aire 17

1.3.4. Reglamento (UE) 813/2013: Ecodiseño de calentadores de agua < 70 kW 17

1.3.5. Reglamento (UE) 811/2013: Etiquetado energético de calentadores de agua < 70 kW 17

2 ENFRIADORAS Y BDC AIRE-AGUA 18

2.1. ENFRIADORA AIRE-AGUA 18

2.2. BOMBA DE CALOR AIRE-AGUA 19

3 DEFINICIONES E INDICADORES 20

3.1. DEFINICIONES 20

3.2. Indicadores 25

3.2.1. Potencias 25

3.2.2. Demandas y consumos 25

3.2.3. Otros factores 25

3.2.4. Rendimientos en refrigeración 25

3.2.5. Rendimientos en calefacción 26

4 PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO 27

4.1. EQUIPO OBJETO DE ENSAYO 27

4.2. ENSAYO A CARGA PARCIAL 28

4.2.1. Condiciones de ensayo 28

5 REQUISITOS Y CLASIFICACIÓN 38

5.1. REQUISITOS 38

5.1.1. Reglamento 2281/2016 38

5.1.2. Reglamento 813/2013 39

5.2. CLASIFICACIÓN: Reglamento 811/2013 40

6 ANÁLISIS DE MERCADO 42

6.1. DISTRIBUCIÓN DEL MERCADO POR TIPOS 43

6.2. IMPACTO DE LA POTENCIA NOMINAL SOBRE EL SEER 45

6.3. IMPACTO DE LA POTENCIA NOMINAL SOBRE EL SCOP 47

7 CONCLUSIONES 49

8 ANEXO: HOJA DE CÁLCULO 50

9 BIBLIOGRAFÍA 55

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Funcionamiento enfriadora aire-agua	18
Ilustración 2. Funcionamiento bomba de calor aire-agua	19
Ilustración 3. Ferroli Omnia S 3.2	27
Ilustración 4. Factor de carga parcial vs. Temperatura por climas	30
Ilustración 5. Horas vs. Temperatura refrigeración	32
Ilustración 6. Horas vs. Temperatura calefacción	33
Ilustración 7. Distribución por clases BdC media T	43
Ilustración 8. Distribución por clases BdC BT	43
Ilustración 9. Impacto de la potencia sobre el SEER en enfriadoras < 400 kW	45
Ilustración 10. Impacto de la potencia sobre el SEER en enfriadoras ≥ 400 kW	45
Ilustración 11. Impacto de la potencia sobre el SCOP en BdC ≤ 70 kW	47
Ilustración 12. Impacto de la potencia sobre el SCOP en BdC BT ≤ 70 kW	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Potencias eléctricas para los diferentes modos	20
Tabla 2. Potencias térmicas	21
Tabla 3. Demandas y consumos	21
Tabla 4. Horas de referencia	22
Tabla 5. Temperaturas exteriores	23
Tabla 6. Rendimientos en refrigeración	23
Tabla 7. Rendimientos en calefacción	24
Tabla 8. Otros factores y coeficientes	24
Tabla 9. Condiciones de ensayo refrigeración	28
Tabla 10. Temperaturas de diseño para los distintos climas calefacción	29
Tabla 11. Condiciones de ensayo calefacción	31
Tabla 12. Horas en los diferentes modos de calefacción	32
Tabla 13. Horas en los diferentes modos calefacción	33
Tabla 14. Datos iniciales refrigeración	34
Tabla 15. Resultados ensayos Keymark refrigeración	34
Tabla 16. Datos a carga parcial caso 1 refrigeración	34
Tabla 17. Datos a carga parcial caso 2 refrigeración	34
Tabla 18. Datos iniciales calefacción	35
Tabla 19. Datos ensayos Keymark calefacción	35
Tabla 20. Datos a carga parcial ensayo caso 1 calefacción	35
Tabla 21. Datos a carga parcial ensayo 2 calefacción	35
Tabla 22. Requisitos Enfriadoras aire agua	38
Tabla 23. Requisitos BdC aire-agua	39
Tabla 24. Etiquetado para BdC	41
Tabla 25. Etiquetado para BdC de baja temperatura	41
Tabla 26. Distribución por clases BdC media T	43
Tabla 27. Distribución por clases BdC baja T	43

1 INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVOS

El presente documento estructura el trabajo realizado en diferentes fases secuenciales. La primera de ellas se centra en la definición de los objetivos, paso indispensable para delimitar con precisión el alcance del estudio, orientar el análisis del marco normativo y la metodología empleada, así como para establecer los criterios de evaluación de los resultados. Identificar desde el inicio las metas a alcanzar proporciona una guía clara que asegura la adherencia a los procedimientos y contenidos normativos pertinentes para el caso de estudio.

En primer lugar, se procede a la descripción y análisis técnico de los equipos aire-agua empleados en la climatización de recintos. Se busca ofrecer una visión técnica detallada que permita establecer un análisis y caracterización de la situación actual en el ámbito normativo europeo. Este se erige como el objetivo principal del trabajo, siendo necesario para comprender correctamente el funcionamiento, la clasificación y la relevancia de estos sistemas en el contexto actual del mercado.

Asimismo, se pretende definir las magnitudes e indicadores clave necesarios para caracterizar el comportamiento energético de estos equipos, asentando una base de conocimiento sólida sobre estos parámetros para su posterior aplicación en los cálculos de eficiencia.

Otro objetivo fundamental es describir los procedimientos de ensayo aplicables a estos sistemas, en estricta conformidad con la normativa correspondiente. Se detallarán las condiciones ambientales y de operación del equipo a carga parcial según lo indicado en los reglamentos europeos de aplicación. Esto incluye el análisis de la influencia de variables como las temperaturas de impulsión de agua o la temperatura del aire exterior, diferenciando distintos perfiles climáticos (cálido, medio y frío) en atención a la diversidad geográfica y meteorológica existente en Europa.

Tras la definición de los procedimientos de ensayo, se establece como objetivo su aplicación práctica a un equipo comercial que cumpla con la normativa vigente. Para ello, se seleccionará una unidad disponible en la base de datos del Registro Europeo de Productos para el Etiquetado Energético (EPREL). A partir de la ficha técnica del fabricante y del registro de ensayos a carga parcial proporcionado por la asociación Keymark, se ejecutarán los cálculos metodológicos establecidos previamente.

1.2. ALCANCE Y LIMITACIONES

En la actualidad, el marco regulatorio europeo establece los requisitos de diseño ecológico y los procedimientos de evaluación para la práctica totalidad de los sistemas de climatización. La normativa de referencia que rige las pautas de los ensayos en condiciones de carga parcial es la norma UNE-EN 14825, la cual se complementa con diversos reglamentos delegados que se detallan en el marco normativo de este estudio. Esta norma se fundamenta, a su vez, en la metodología de ensayo descrita en la UNE-EN 14511, estándar de referencia para la obtención de datos brutos de potencia y consumo en condiciones de plena carga.

Dentro de ambos marcos normativos, se distinguen cuatro configuraciones principales de equipos en función del fluido termovector: aire-aire, agua-aire, aire-agua y agua-agua. Esta terminología identifica el medio del cual la unidad extrae o cede energía térmica, tanto en la fuente externa como en el sistema de distribución interior. Así, los equipos aire-aire intercambian energía entre el aire exterior y el ambiente interior; los sistemas agua-aire transfieren calor desde un circuito hidráulico hacia el aire del local; las unidades aire-agua captan energía del aire exterior para entregarla a un circuito hidráulico; y, finalmente, los sistemas agua-agua realizan ambos intercambios mediante circuitos de agua, asociados habitualmente a instalaciones geotérmicas o redes de distribución urbana. Esta clasificación permite estandarizar las condiciones de ensayo, garantizando la comparabilidad de los índices de rendimiento entre diferentes fabricantes y tecnologías.

El presente trabajo delimita su objeto de estudio exclusivamente a los equipos aire-agua, dada su amplia versatilidad y relevancia en aplicaciones prácticas actuales. Dentro de esta categoría, se distinguen fundamentalmente dos tipologías: las enfriadoras y las bombas de calor. Mientras que las enfriadoras operan exclusivamente en modo refrigeración, las bombas de calor se destinan típicamente a la producción de calefacción, si bien la mayoría de las unidades actuales poseen la capacidad de revertir su ciclo térmico mediante la inversión de las funciones del evaporador y el condensador.

Por consiguiente, el resto de las tipologías de equipos contempladas por la normativa quedan fuera del alcance de este documento. El análisis se centrará, por tanto, en las enfriadoras y bombas de calor aire-agua, cuya descripción técnica y principios de funcionamiento se detallarán pormenorizadamente en los apartados sucesivos.

1.3. MARCO NORMATIVO

El marco normativo constituye la base fundamental sobre la que se desarrolla el presente trabajo, estableciendo los criterios técnicos y legales que regulan el diseño, ensayo y comercialización de los equipos aire-agua. La legislación europea en materia de eficiencia energética y etiquetado proporciona las referencias obligatorias para evaluar el comportamiento de estos sistemas, garantizando su conformidad con los requisitos exigidos por el mercado. En este apartado se exponen, de manera estructurada, las principales normas y reglamentos de aplicación, destacando su alcance, objetivos y la influencia que ejercen sobre el análisis realizado.

1.3.1. Norma EN 14511: Ensayos a plena carga

La norma UNE-EN 14511 se erige como el principal referente europeo para la evaluación de las prestaciones de las enfriadoras de confort y bombas de calor accionadas eléctricamente. Su objetivo primordial es homogeneizar los criterios de ensayo y declaración de prestaciones, proporcionando a fabricantes, organismos de control y usuarios un marco común que asegure la comparabilidad y fiabilidad de los datos técnicos.

En términos generales, esta norma define las condiciones de prueba, los métodos de medición y los requisitos operativos mínimos. Gracias a ello, parámetros característicos como el EER (Energy Efficiency Ratio) en refrigeración y el COP (Coefficient of Performance) en calefacción se determinan bajo condiciones estandarizadas, eliminando discrepancias derivadas de procedimientos heterogéneos. Dado su rigor metrológico, la UNE-EN 14511 actúa como pilar indispensable en este trabajo, validando los valores de eficiencia a plena carga que sirven como base de cálculo para la aplicación de normativas posteriores como la UNE-EN 14825.

1.3.2. Norma EN 14825: Ensayos a carga parcial

Si bien los fabricantes suelen publicitar las prestaciones de sus productos en condiciones nominales (plena carga), estos valores no representan fielmente el comportamiento operativo real de los equipos. En un escenario de uso cotidiano, las cargas térmicas son variables y los momentos en los que el equipo opera al máximo de su capacidad son limitados.

Por esta razón, la norma UNE-EN 14825 establece las condiciones de ensayo y los procedimientos de cálculo para el funcionamiento a carga parcial, con el fin de ofrecer una evaluación más precisa de la eficiencia energética. Esta norma introduce indicadores estacionales como el SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) y el SCOP (Seasonal Coefficient of Performance), los cuales modifican los indicadores convencionales para reflejar mejor el desempeño real de la unidad.

La metodología incluye el uso de intervalos de temperatura o "bins", asignando horas de funcionamiento anuales a diferentes condiciones climáticas (zonas cálida, media y fría) y puntos de carga parcial, especificando para cada uno la temperatura de entrada y salida del agua en el intercambiador. En conclusión, la norma UNE-EN 14825 resulta crucial para este estudio, ya que permite calcular el rendimiento estacional y asegura una visión realista del comportamiento energético de los equipos.

1.3.3. Reglamento (UE) 2016/2281: Ecodiseño de enfriadoras condensadas por aire

El Reglamento (UE) 2016/2281 establece los requisitos de diseño ecológico aplicables a las enfriadoras condensadas por aire y otros productos de climatización industrial. Su propósito fundamental es fijar umbrales mínimos de eficiencia estacional que los equipos deben superar para su comercialización dentro de la Unión Europea.

Asimismo, esta regulación normaliza la información técnica que debe acompañar al producto y define los procedimientos de verificación y tolerancias de mercado. De este modo, se garantiza que las enfriadoras disponibles en el mercado europeo cumplan con criterios homogéneos de eficiencia y transparencia, promoviendo la competencia leal y la reducción del consumo energético.

1.3.4. Reglamento (UE) 813/2013: Ecodiseño de calentadores de agua < 70 kW

El Reglamento (UE) 813/2013 regula los requisitos de ecodiseño para aparatos de calefacción y bombas de calor con una potencia nominal inferior a 400 kW. Su objetivo es establecer mínimos de eficiencia energética obligatorios, impulsando la retirada del mercado de las tecnologías menos eficientes.

Este reglamento define valores de referencia que guían la evolución tecnológica del sector y establece una aplicación progresiva de los requisitos. Además, regula los procedimientos de evaluación de la conformidad, permitiendo que los valores declarados por los fabricantes sean verificables mediante ensayos normalizados. En definitiva, asegura que los equipos destinados a uso residencial y terciario contribuyan eficazmente a la sostenibilidad y a la reducción de emisiones.

1.3.5. Reglamento (UE) 811/2013: Etiquetado energético de calentadores de agua < 70 kW

Complementando al anterior, el Reglamento (UE) 811/2013 establece los requisitos de etiquetado energético para aparatos de calefacción y bombas de calor con potencia inferior a 70 kW. Su finalidad es definir clases de eficiencia energética estacional claramente diferenciadas, proporcionando al consumidor información visual y homogénea sobre el rendimiento de los equipos.

La normativa obliga a los fabricantes a suministrar etiquetas normalizadas y fichas técnicas que indiquen la clase energética del producto. Al estandarizar la documentación técnica y la publicidad, se asegura la transparencia y comparabilidad entre distintos modelos, fomentando la competencia y orientando la demanda hacia soluciones más sostenibles.

2 ENFRIADORAS Y BDC AIRE-AGUA

2.1. ENFRIADORA AIRE-AGUA

La enfriadora aire-agua (comúnmente conocida en el sector como chiller) es un equipo de generación térmica diseñado fundamentalmente para la producción de agua fría mediante un ciclo frigorífico por compresión mecánica de vapor. Su principio operativo se basa en la extracción de energía térmica (calor) de un circuito hidráulico primario —que abastece a unidades terminales como fancoils, climatizadores o suelos refrescantes— para disiparla posteriormente al ambiente exterior. Esta tipología de equipos se clasifica como "aire-agua" en virtud de los fluidos caloportadores que intervienen en sus intercambiadores de calor principales: el aire actúa como sumidero de calor en el foco caliente (condensador), mientras que el agua cede su calor sensible en el foco frío (evaporador).

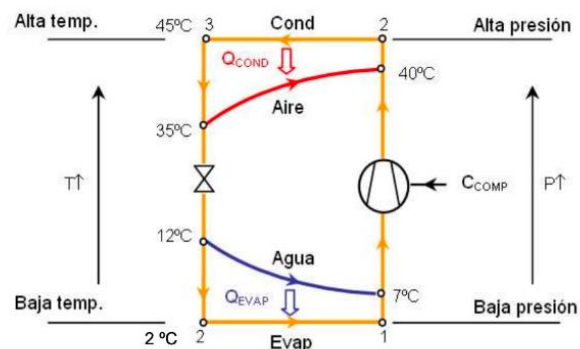


Ilustración 1. Funcionamiento enfriadora aire-agua

El funcionamiento de la unidad se rige por las leyes de la termodinámica, articulándose en un ciclo cerrado a través del cual circula un fluido refrigerante que transforma su estado para transportar calor "aguas arriba" de la temperatura. El proceso se inicia en el evaporador, un intercambiador de calor donde el refrigerante entra en estado de mezcla líquido-vapor a baja presión y temperatura. Al entrar en contacto térmico indirecto con el agua de retorno de la instalación, que llega a una temperatura más elevada, el refrigerante absorbe su calor latente, provocando su evaporación completa hasta alcanzar el estado de vapor saturado o ligeramente sobrecalentado. Como resultado directo de este intercambio, el agua disminuye su temperatura, siendo típicamente impulsada a 7 °C en régimen nominal, quedando así disponible para refrigerar el edificio.

Posteriormente, el vapor de refrigerante generado es aspirado por el compresor. La función de este componente es elevar la presión del fluido hasta un nivel compatible con la temperatura del aire exterior mediante un aporte de energía externa, generalmente eléctrica. Este trabajo mecánico aumenta drásticamente la entalpía y la temperatura del gas refrigerante a la descarga, preparándolo para la siguiente fase. El gas a alta presión y temperatura fluye entonces hacia el condensador, constituido habitualmente por baterías de tubos aleteados. Mediante el uso de ventiladores que fuerzan el paso del aire ambiente a través de la batería, el refrigerante cede primero su calor sensible (sobrecalentamiento) y luego su calor latente, condensándose hasta convertirse totalmente en líquido. La eficiencia de esta etapa es crítica y depende directamente de la temperatura seca del aire exterior.

Finalmente, el ciclo se cierra cuando el refrigerante líquido, ahora a alta presión, pero temperatura moderada, atraviesa la válvula de expansión, ya sea electrónica o termostática. Este dispositivo genera una pérdida de carga que reduce bruscamente la presión y la temperatura del fluido, dejándolo listo para reingresar al evaporador y reiniciar el proceso. Una de las principales ventajas de las enfriadoras condensadas por aire es su simplicidad de instalación y mantenimiento. Sin embargo, su rendimiento energético (EER y SEER) es sensible a las condiciones climáticas, ya que en días de calor extremo la alta temperatura del aire reduce la capacidad de disipación del condensador, elevando la relación de compresión y penalizando el consumo eléctrico.

2.2. BOMBA DE CALOR AIRE-AGUA

La bomba de calor aire-agua es un equipo térmico que utiliza un ciclo frigorífico para extraer energía calorífica del aire exterior y transferirla al agua de una instalación hidráulica, elevando su temperatura para su posterior uso en sistemas de calefacción o en la producción de agua caliente sanitaria. Su aplicación es predominante en los sectores residencial y terciario, donde se demanda una solución que sea a la vez eficiente y renovable para la climatización y el abastecimiento de agua caliente. Al igual que ocurre con las enfriadoras, la nomenclatura del equipo deriva de la relación entre los dos fluidos de intercambio térmico: el evaporador se sitúa en contacto con el aire exterior para la extracción de calor, y el condensador interactúa con el agua del circuito para calentarla. Una diferencia fundamental respecto a las enfriadoras reside en que algunas bombas de calor poseen la capacidad técnica de invertir su ciclo frigorífico, invirtiendo las funciones del evaporador y el condensador, lo que les permite producir tanto frío como calor según las necesidades de la instalación.

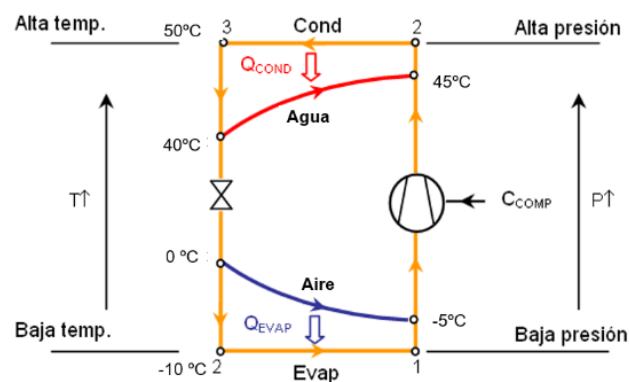


Ilustración 2. Funcionamiento bomba de calor aire-agua

El principio de funcionamiento en modo calefacción se basa en el mismo ciclo termodinámico cerrado que emplean las enfriadoras, con la circulación del refrigerante a través de los cuatro componentes esenciales: evaporador, compresor, condensador y válvula de expansión. En esta configuración, el proceso comienza en el evaporador, donde el refrigerante absorbe calor del aire exterior, un fenómeno físico posible incluso cuando el aire se encuentra a baja temperatura. Esta ganancia térmica permite que el refrigerante se evapore, transitando de estado líquido a vapor. A continuación, el vapor generado entra en el compresor, donde se produce un incremento significativo de su presión y temperatura. El refrigerante, ahora caliente y presurizado, se dirige al condensador para ceder su calor al agua del circuito hidráulico. Como resultado de esta transferencia, el agua se calienta mientras el refrigerante se condensa y retorna al estado líquido.

El ciclo se completa cuando el refrigerante pasa por la válvula de expansión, dispositivo encargado de reducir su presión y temperatura antes de volver al evaporador. Durante este proceso termodinámico, el aire exterior se enfría al ceder energía, mientras que el agua que circula por el condensador incrementa su temperatura, quedando disponible para su uso en calefacción o agua caliente sanitaria. Este tipo de bombas de calor destaca por su capacidad para aprovechar la energía térmica presente en el aire ambiente, operando eficazmente incluso bajo condiciones exteriores desfavorables.

La eficiencia de estos sistemas se cuantifica mediante coeficientes estacionales como el SCOP, dependiendo su valor tanto del diseño específico del sistema como de las condiciones climáticas del entorno. Al tratarse de una tecnología que aprovecha recursos renovables, su implementación contribuye directamente al cumplimiento de los objetivos de eficiencia energética establecidos por la normativa europea vigente.

3 DEFINICIONES E INDICADORES

3.1. DEFINICIONES

- Potencias eléctricas para diferentes modos

Normativa	Símbolo		Unidad	Definición
	Norma	TFG		
Potencia en modo calentamiento de cárter	P_{CK}	P_{CK}	kW	Potencia absorbida en modo calentamiento de cárter
Potencia en modo parada de compresor	P_{coff}	$P_{c,off}$	kW	Potencia absorbida por la unidad cuando el compresor está parado en modo activo
Potencia en modo parada	P_{off}	P_{off}	kW	Potencia absorbida en modo parada
Potencia en modo de espera	P_{sb}	P_{sb}	kW	Consumo de energía de la unidad en el modo de espera
Potencia en modo parada por termostato	P_{TO}	$P_{t,off}$	kW	Potencia absorbida en modo parada por termostato

Tabla 1. Potencias eléctricas para los diferentes modos

▪ **Potencias térmicas**

Normativa	Símbolo		Unidad	Definición
	Norma	TFG		
Potencia declarada	P_{dc} P_{dh}	$Q_{dec,ref,j}$ $Q_{dec,cal,j}$	kW	Potencia de refrigeración o calefacción que suministra la unidad en las distintas condiciones de temperatura, según el fabricante
Carga parcial	$P_c(T_j)$ $P_h(T_j)$	$Q_{ref,j}$ $Q_{cal,j}$	kW	Carga de refrigeración/calefacción a una temperatura del intervalo específica
Carga de diseño	$P_{designc}$ $P_{designh}$	$Q_{nom,ref}$ $Q_{nom,cal}$	kW	Carga de refrigeración o calefacción de recintos a las temperaturas de diseño de cada estación
Potencia nominal calefactor suplementario	P_{sup}	Q_{sup}	kW	Potencia requerida de un calefactor complementario para alcanzar $P_{designh}$
Potencia del calefactor suplementario	$sup(T_j)$	$Q_{sup,j}$	kW	Potencia requerida de un calefactor complementario para atender a la carga parcial de calefacción del intervalo T_j

Tabla 2. Potencias térmicas

▪ **Demandas y consumos**

Normativa	Símbolo		Unidad	Definición
	Norma	TFG		
Demanda anual de referencia	Q_c Q_h	D_{ref} D_{cal}	kWh	Demanda de refrigeración/calefacción de referencia, base para cálculo de SEER/SCOP
Consumo anual de energía	Q_{CE} Q_{HE}	C_{ref} C_{cal}	kWh	Consumo anual de energía del equipo durante la temporada de refrigeración o calefacción

Tabla 3. Demandas y consumos

▪ **Horas de referencia**

Normativa	Símbolo		Unidad	Definición
	Norma	TFG		
Horas anuales en modo activo equivalente (REF)	H_{CE}	$H_{EQ,ref}$	h	Horas durante las que debe suministrar la pot. nominal para refrigeración a fin de satisfacer la demanda térmica anual
Horas anuales en modo activo equivalente (CAL)	H_{HE}	$H_{EQ,cal}$	h	Horas durante las que debe suministrar la pot. nominal para calefacción a fin de satisfacer la demanda térmica anual
Horas en modo parada por termostato	H_{TO}	$H_{t,off}$	h	Horas en modo desactivado por termostato
Horas en modo de espera	H_{SB}	H_{sb}	h	Horas en modo de espera
Horas en modo de calentador del cárter	H_{CK}	H_{CK}	h	Horas en modo de calentador del cárter
Horas en modo parada	H_{OFF}	H_{off}	h	Horas en modo parada
Horas del intervalo	h_j	h_j	h	Horas por estación en las que tiene lugar una temperatura exterior para cada intervalo j

Tabla 4. Horas de referencia

- Temperaturas exteriores

Normativa	Símbolo		Unidad	Definición
	Norma	TFG		
Temperatura del intervalo	T_J	$T_{AE,j}$	$^{\circ}\text{C}$	Temperatura de bulbo seco del aire exterior en el intervalo j
Temperatura bivalente	T_{biv}	$T_{AE,sup}$	$^{\circ}\text{C}$	Temperatura exterior para la que la unidad necesita apoyo
Temperatura límite de funcionamiento	TOL	$T_{AE,min}$	$^{\circ}\text{C}$	Temperatura exterior por debajo de la cual la unidad no suministra ninguna potencia
Condiciones nominales refrigeración	$T_{designc}$	$T_{AE,dis,ref}$	$^{\circ}\text{C}$	Temperatura exterior 35°C (24°C bh)
Temperatura de diseño de referencia calefacción	$T_{designh}$	$T_{AE,dis,cal}$	$^{\circ}\text{C}$	Condiciones de temperatura exterior para climas cálidos, medios y fríos

Tabla 5. Temperaturas exteriores

- Rendimientos en refrigeración

Normativa	Símbolo		Unidad	Definición
	Norma	TFG		
Factor de eficiencia energética a la potencia declarada	EER_d	$EER_{dec,j}$	-	Factor de eficiencia energética a la potencia declarada
Factor de eficiencia energética a carga parcial específico del intervalo	$EER_{bin}(T_j)$	$EER_{bin,j}$	-	Factor de eficiencia energética para cada intervalo
Factor de eficiencia energética estacional	SEER	SEER	-	EER estacional
Factor de eficiencia energética estacional en modo activo	$SEER_{ON}$	$SEER_{ON}$	-	EER estacional en modo activo
Eficiencia energética estacional en modo REF	η_{sc}	$\eta_{s,ref}$	-	Eficiencia energética de refrigeración

Tabla 6. Rendimientos en refrigeración

- Rendimientos en calefacción

Normativa	Símbolo		Unidad	Definición
	Norma	TFG		
Coefficiente de rendimiento a la potencia declarada	COP_d	$COP_{dec,j}$	-	Coefficiente de rendimiento a la potencia declarada
Coefficiente de rendimiento a carga parcial específico del intervalo	$COP_{bin}(T_j)$	$COP_{bin,j}$	-	Coefficiente de rendimiento para cada intervalo
Coefficiente de rendimiento estacional	SCOP	SCOP	-	COP estacional
Coefficiente de rendimiento estacional en modo activo	$SCOP_{ON}$	$SCOP_{ON}$	-	COP estacional en modo activo
Coefficiente de rendimiento estacional neto	$SCOP_{NET}$	$SCOP_{NET}$	-	Coefficiente de rendimiento estacional neto
Eficiencia energética estacional en modo CAL	$\eta_{s,h}$	$\eta_{s,cal}$	-	Eficiencia energética de calefacción

Tabla 7. Rendimientos en calefacción

- Otros factores y coeficientes

Normativa	Símbolo		Unidad	Definición
	Norma	TFG		
Factor de carga parcial	$pl(T_j)$	FCP_j	-	Relación entre la carga térmica requerida y la carga térmica nominal
Factor de potencia	CR	FP_j	-	Relación entre la carga parcial y la potencia declarada
Coefficiente de degradación	Cd	Cd	-	Medida de la pérdida de eficiencia debida al ciclo

Tabla 8. Otros factores y coeficientes

3.2. Indicadores

3.2.1. Potencias

- **Carga parcial de refrigeración**

$$Q_{ref,j} = FCP_j \cdot Q_{nom} \text{ [kWh]} \quad [1]$$

- **Carga parcial de calefacción**

$$Q_{cal,j} = FCP_j \cdot Q_{nom} \text{ [kW]} \quad [2]$$

3.2.2. Demandas y consumos

- **Demanda anual de refrigeración**

$$D_{ref} = Q_{nom} \cdot H_{eq,ref} \text{ [kWh]} \quad [3]$$

- **Demanda anual de calefacción**

$$D_{cal} = Q_{nom} \cdot H_{eq,cal} \text{ [kWh]} \quad [4]$$

- **Consumo anual de refrigeración**

$$C_{ref} = \frac{D_{ref}}{SEER_{ON}} + H_{TO} \cdot P_{TO} + H_{SB} \cdot P_{SB} + H_{CK} \cdot P_{CK} + H_{OFF} \cdot P_{OFF} \text{ [kWh]} \quad [5]$$

- **Consumo anual de calefacción**

$$C_{cal} = \frac{D_{cal}}{SCOP_{ON}} + H_{TO} \cdot P_{TO} + H_{SB} \cdot P_{SB} + H_{CK} \cdot P_{CK} + H_{OFF} \cdot P_{OFF} \text{ [kWh]} \quad [6]$$

3.2.3. Otros factores

- **Factor de potencia para cada intervalo j**

$$FP_j = FCP_j \cdot \frac{Q_{nom}}{Q_{dec,j}} \quad [7]$$

- **Factor de carga parcial para cada intervalo j en refrigeración**

$$FCP_{ref,j} = \frac{(T_j - 16)}{(35 - 16)} \quad [8]$$

- **Factor de carga parcial para cada intervalo j en calefacción**

$$FCP_{cal,j} = \frac{(16 - T_j)}{(16 - T_{dis,cal})} \quad [9]$$

3.2.4. Rendimientos en refrigeración

- **Factor de eficiencia energética en intervalo j**

$$EER_{bin,j} = EER_{dec,j} \cdot \frac{FP_j}{Cd \cdot FP_j + (1 - Cd)} \quad [10]$$

- **Factor de eficiencia energética estacional**

$$SEER = \frac{D_{ref}}{C_{ref}} \quad [11]$$

- **Factor de eficiencia energética estacional en modo activo**

$$SEER_{ON} = \frac{\Sigma h_j \cdot Q_{ref,j}}{\Sigma h_j \cdot \left(\frac{Q_{ref,j}}{EER_{bin,j}} \right)} \quad [12]$$

- **Eficiencia energética estacional de refrigeración**

$$\eta_{s,ref} = \frac{1}{2,5} \cdot SEER - 0,03 \quad [13]$$

3.2.5. Rendimientos en calefacción

- **Coefficiente de rendimiento estacional en intervalo j**

$$COP_{bin} = COP_{dec,j} \cdot \frac{FP_j}{Cd \cdot FP_j + (1 - Cd)} \quad [14]$$

- **Coefficiente de rendimiento estacional en modo activo**

$$SCOP = \frac{D_{cal}}{P_{cal}} \quad [15]$$

- **Coefficiente de rendimiento estacional en modo activo**

$$SCOP_{ON} = \frac{\Sigma h_j \cdot Q_{cal,j}}{\Sigma h_j \cdot \left(\frac{Q_{cal,j} - Q_{sup,j}}{COP_{bin,j}} + Q_{sup,j} \right)} \quad [16]$$

- **Coefficiente de rendimiento estacional neto**

$$SCOP_{NET} = \frac{\Sigma h_j \cdot (Q_{cal,j} - Q_{sup,j})}{\Sigma h_j \cdot \left(\frac{Q_{cal,j} - Q_{sup,j}}{COP_{bin,j}} \right)} \quad [17]$$

- **Eficiencia energética estacional calefacción**

$$\eta_{s,cal} = \frac{1}{2,5} \cdot SCOP - 0,03 \quad [18]$$

4 PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO

4.1. EQUIPO OBJETO DE ENSAYO

El equipo objeto de estudio para la aplicación de los procedimientos de cálculo es la bomba de calor aire-agua modelo Ferroli OMNIA S 3.2 16. Se trata de una unidad de configuración partida (split) reversible, cuyo circuito frigorífico emplea refrigerante R32 y un compresor de tecnología Twin Rotary DC. Esta arquitectura de compresión permite la modulación de la frecuencia de trabajo, una característica técnica indispensable para evaluar el comportamiento del sistema bajo las condiciones de carga parcial requeridas por la normativa de ecodiseño. La unidad exterior, que alberga el compresor y el intercambiador de aire compuesto por una batería de aletas con tratamiento hidrofílico, se conecta frigoríficamente con una unidad interior encargada del intercambio térmico con el agua de la instalación.



Ilustración 3. Ferroli Omnia S 3.2

Para el desarrollo de los cálculos de eficiencia estacional, se toman como referencia las prestaciones nominales del equipo declaradas bajo la norma EN 14511. En régimen de calefacción, para las condiciones estándar A7W35 (aire exterior 7 °C, impulsión de agua 35 °C), la unidad desarrolla una potencia térmica de 15,9 kW con un COP de 4,5. Por su parte, en régimen de refrigeración bajo condiciones A35W18 (aire exterior 35 °C, impulsión de agua 18 °C), el sistema proporciona una capacidad frigorífica de 13,6 kW con un EER de 3,61. Estos valores constituyen la potencia de diseño sobre la cual se aplicarán los factores de carga parcial definidos en la norma EN 14825 para determinar la demanda energética en cada intervalo climático.

La unidad interior integra la totalidad de los componentes hidráulicos del sistema, definiendo así los límites del consumo energético auxiliar a considerar en el ensayo. El módulo hidrónico incorpora una bomba de circulación modulante electrónica, un vaso de expansión de 10 litros y los elementos de seguridad pertinentes. Asimismo, el equipo dispone de una resistencia eléctrica de apoyo integrada, cuya potencia nominal varía según la versión adquirida, y que resulta determinante para cubrir la demanda térmica en aquellos intervalos donde la temperatura exterior desciende por debajo del punto de apoyo o de la temperatura mínima del aire exterior.

4.2. ENSAYO A CARGA PARCIAL

El ensayo a carga parcial tiene como propósito fundamental evaluar el comportamiento térmico de los equipos aire-agua bajo condiciones operativas que simulan fielmente la realidad de su funcionamiento, permitiendo así obtener una caracterización de su eficiencia más precisa y rigurosa que la ofrecida por los valores nominales.

Este análisis se sustenta en la determinación de los parámetros de eficiencia energética estacional, cuya formulación matemática y desarrollo analítico han sido expuestos y codificados previamente en el Capítulo 3 de este documento, sirviendo dichas expresiones como base de cálculo para los resultados que se presentan a continuación.

El marco metodológico que rige la totalidad de estos procedimientos es la norma UNE-EN 14825. En consecuencia, el desarrollo de este apartado se adhiere estrictamente a los criterios, tablas y algoritmos establecidos en dicho reglamento, garantizando que no se empleen valores ni metodologías ajenas a la normativa europea de referencia. Bajo esta premisa, y con carácter previo al análisis numérico de los datos específicos del equipo seleccionado, se procede a definir las condiciones estandarizadas de carga parcial aplicables tanto al régimen de refrigeración como al de calefacción

4.2.1. Condiciones de ensayo

▪ Condiciones de ensayo en refrigeración

Para las condiciones de ensayo a carga parcial de refrigeración en equipos aire-agua, es necesario acudir a la tabla 4 de la normativa. A continuación, se muestra una tabla adaptada al caso de estudio:

Carga parcial	T_{AE} (°C)	FCP (%)	T_w (°C)
A	35	100	12 / 7
B	30	73,7	T_{ew} / 7
C	25	47,4	T_{ew} / 7
D	20	21,1	T_{ew} / 7

Tabla 9. Condiciones de ensayo refrigeración

La normativa establece cuatro puntos de funcionamiento característicos, denominados A, B, C y D, asignando a cada uno un valor específico del factor de carga parcial (FCP). Tal y como se deduce de la expresión matemática [8] analizada previamente, este factor constituye un parámetro adimensional cuya magnitud depende exclusivamente de la temperatura seca del aire exterior, siendo fija tanto la temperatura límite de funcionamiento de 16 °C como la temperatura de diseño para refrigeración de 35 °C. Por consiguiente, la tabla de referencia vincula cada condición de carga porcentual con una temperatura exterior determinada

Paralelamente, la norma estipula las condiciones térmicas del fluido caloportador a su paso por el evaporador, con la temperatura del agua de salida tomando un valor de 7°C.

En lo referente a la nomenclatura empleada en las tablas normativas, el término T_{ew} designa la temperatura de entrada del agua al evaporador. Este valor se determina durante el ensayo manteniendo un caudal constante o asegurando un salto térmico fijo de 5 K, dependiendo de si la unidad opera con caudal fijo o variable. El conjunto de estos parámetros —puntos de carga, temperaturas de aire y condiciones hidráulicas— conforma la base de datos de referencia indispensable para la ejecución de los procedimientos de cálculo de eficiencia estacional.

- **Condiciones de ensayo de calefacción**

De forma análoga al régimen de refrigeración, la normativa establece un registro estandarizado de puntos de carga parcial para el modo de calefacción. Aún existiendo 4 puntos de temperatura de salida del agua aplicables en la norma (alta, media, intermedia y baja), para el desarrollo del presente análisis, se ha optado por trabajar exclusivamente con las condiciones de baja (35°C) y media temperatura (55°C), decisión justificada tanto por la disponibilidad de datos de ensayo verificados en la plataforma Keymark como por ser estos los regímenes sobre los que aplican los requisitos de Ecodiseño y Etiquetado Energético analizados en capítulos posteriores.

Asimismo, la norma UNE-EN 14825 introduce una distinción fundamental en la evaluación del rendimiento basada en la geografía climática europea, definiendo tres zonas diferenciadas: cálida, media y fría. Esta segmentación responde a la necesidad técnica de adaptar el diseño y la evaluación de las bombas de calor a la significativa variabilidad térmica existente en el continente durante la estación invernal. Resultaría metodológicamente inconsistente evaluar la eficiencia estacional empleando las mismas condiciones de referencia para ubicaciones con demandas térmicas tan dispares como las del sur del Mediterráneo y el norte de Escandinavia.

En consecuencia, el reglamento establece tres ciudades de referencia cuyos perfiles meteorológicos actúan como patrón para cada zona climática: Atenas representa las condiciones del clima cálido, Estrasburgo las del clima medio y Helsinki las del clima frío. Esta diferenciación permite obtener indicadores de rendimiento (SCOP) mucho más ajustados a la realidad operativa de los equipos en sus respectivos entornos de instalación, registrando para cada caso los siguientes valores de temperatura de diseño:

T (°C)	Clima Frío	Clima Medio	Clima Cálido
$T_{AE,dis}$	-22°C	-10°C	2°C
$T_{AE,sup}$	< -7°C	< 2°C	< 7°C
$T_{AE,min}$	< -15°C	< -7°C	< 2°C

Tabla 10. Temperaturas de diseño para los distintos climas calefacción

La temperatura límite del intervalo sigue siendo de 16°C para el cálculo del factor de carga parcial según la fórmula [19].

Además, en la siguiente tabla que se adjunta se puede apreciar la diferencia existente entre los tres climas en términos de factor de carga parcial, según los distintos puntos de carga de la norma:

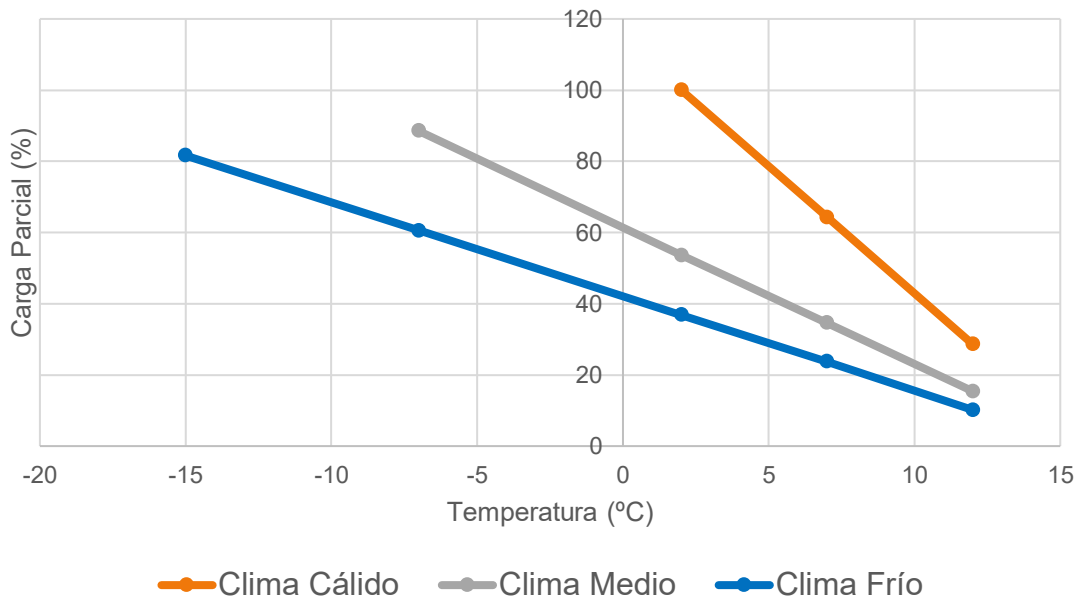


Ilustración 4. Factor de carga parcial vs. Temperatura por climas

Como se introdujo anteriormente, la Ilustración 4 ofrece una representación gráfica comparativa de la evolución del factor de carga parcial (FCP) en función de la temperatura exterior para los tres perfiles climáticos definidos por la normativa. Tal y como se desprende del análisis visual, la temperatura límite de 16 °C actúa como punto de convergencia donde la carga térmica se anula para todos los escenarios, mientras que el comportamiento divergente de las rectas responde a las diferentes temperaturas de diseño establecidas para cada zona.

En el caso específico del clima frío (línea azul), se observa el intervalo de operación más extenso, abarcando temperaturas exteriores que descienden hasta los -15 °C en la gráfica. Esta amplitud térmica refleja unas exigencias de calefacción superiores y una curva de carga con una pendiente más moderada, lo que implica que la demanda de potencia se distribuye a lo largo de un espectro de temperaturas más amplio. Por contraposición, la recta correspondiente al clima cálido (línea naranja) presenta un comportamiento notablemente distinto: su rango operativo queda restringido a temperaturas positivas, disponiendo únicamente de tres puntos de control normativo. Además, exhibe una pendiente mucho más pronunciada, lo que indica una caída abrupta del factor de carga parcial ante ligeros incrementos de la temperatura exterior, evidenciando una menor inercia en la demanda térmica.

Situado entre ambos extremos, el clima medio (línea gris) ofrece un equilibrio representativo de las condiciones habituales en gran parte del territorio europeo. Dado que este perfil climático es el estándar utilizado para la verificación de los requisitos de Ecodiseño y la asignación del Etiquetado Energético, tal como se comprobará en capítulos posteriores, se ha seleccionado como referencia para la aplicación de los procedimientos normativos al equipo comercial objeto de estudio.

En consecuencia, para proceder con los cálculos de eficiencia estacional bajo estas condiciones medias, se presentan a continuación los datos tabulados correspondientes a los puntos de carga parcial estandarizados. Estos valores son aplicables para sistemas aire-agua operando a temperatura media (impulsión a 55 °C), siendo el procedimiento análogo para aplicaciones de baja temperatura mediante la sustitución de la consigna de impulsión por 35 °C:

Condición CP	T_{AE} ($T_{AE,h}$)	FCP (%)	T_w (°C)
A	-7 (-8)	88,46	$T_{ew} / 55$
B	2 (1)	53,85	$T_{ew} / 55$
C	7 (6)	34,62	$T_{ew} / 55$
D	12 (11)	15,38	$T_{ew} / 55$
E	$T_{AE,min}$	$f(T_{AE,min})$	$T_{ew} / 55$
F	$T_{AE,sup}$	$f(T_{AE,sup})$	$T_{ew} / 55$
G	-15	n.a.	$T_{ew} / 55$

Tabla 11. Condiciones de ensayo calefacción

El análisis de los datos tabulados para el perfil climático medio evidencia la exclusión del punto de carga G, cuya aplicación queda restringida normativamente al escenario de clima frío. En contrapartida, la metodología integra dos puntos operativos singulares, designados como E y F, los cuales se definen en función de los umbrales críticos de operación del equipo: la temperatura de apoyo y la temperatura de aire exterior mínima. Estas temperaturas son facilitadas por el fabricante y se muestran posteriormente.

En lo referente a los parámetros hidráulicos, se especifican las condiciones térmicas del agua para la aplicación de media temperatura. La nomenclatura T_{ew} identifica la temperatura de entrada al intercambiador, siguiendo un criterio análogo al expuesto para en refrigeración. Asimismo, para las condiciones específicas de los puntos E y F, la normativa introduce las variables T_{sw1} y T_{sw2} , valores que no se encuentran predeterminados de forma fija, sino que deben calcularse mediante los procedimientos de interpolación estipulados en el reglamento técnico.

▪ Intervalos climáticos y horas aplicables

La norma UNE-EN 14825 incorpora asimismo la definición detallada de los perfiles de uso estacionales, estableciendo tanto los intervalos climáticos —entendidos como la distribución de horas de funcionamiento anuales asociadas a cada temperatura del aire exterior— como el número de horas asignadas a los distintos modos operativos del equipo.

Para el caso específico de las enfriadoras y bombas de calor reversibles, esta información se encuentra compilada en el Anexo D del reglamento. En concreto, la Tabla D.1 desglosa los intervalos climáticos de referencia para la temporada de refrigeración, computando un total de 2.602 horas de funcionamiento. Por su parte, la Tabla D.3 estipula las horas asignadas a los diferentes modos de operación (activo, espera, desactivado por termostato y parada), mientras que la Tabla D.5 especifica el régimen de horas correspondiente al funcionamiento del calentador de cárter.

Con el objeto de visualizar la distribución de la carga térmica estacional, se adjunta a continuación una gráfica representativa de los intervalos climáticos descritos en la Tabla D.1. De igual forma, se presenta una tabla resumen que sintetiza las horas aplicables definidas en las Tablas D.3 y D.5 para las condiciones de cálculo seleccionadas:

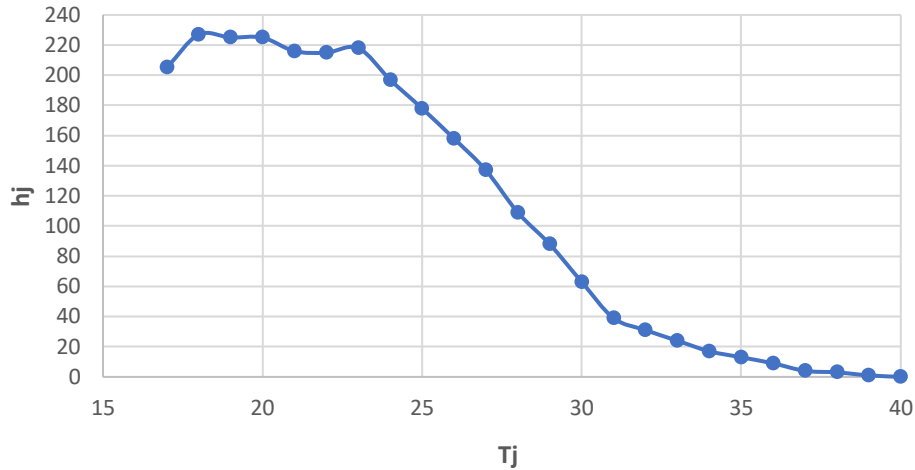


Ilustración 5. Horas vs. Temperatura refrigeración

	Hoff	Ht,off	Hsb	HCK	Heq,ref
Enfriadoras y BdC	0	659	1377	2036	600

Tabla 12. Horas en los diferentes modos de calefacción

En lo referente al modo de calefacción, la metodología de cálculo exige la aplicación de los perfiles temporales definidos en el Anexo B de la norma, específicamente a través de las tablas B.1, B.2 y B.3. Si bien el estándar proporciona datos para las tres zonas geográficas europeas, este estudio se circunscribe estrictamente a los valores correspondientes a las condiciones climáticas medias, manteniendo la coherencia con los criterios de diseño expuestos anteriormente.

El análisis de estos intervalos revela disparidades significativas en la carga de trabajo estacional según la severidad del entorno: la normativa establece un total de 3.590 horas de funcionamiento para el clima cálido, 4.910 horas para el clima medio y asciende hasta las 6.446 horas para el clima frío. Estas cifras evidencian la influencia crítica de la ubicación geográfica en la estimación de la demanda energética anual.

Con el fin de ilustrar estas variaciones, se presenta a continuación una gráfica comparativa de los intervalos climáticos que, aunque centra su utilidad en el clima medio, incluye los perfiles cálido y frío con fines contextuales. Asimismo, se adjunta una tabla síntesis que unifica la información de las tablas B.2 y B.3, detallando las horas de operación asignadas a los distintos modos de funcionamiento de manera análoga a lo realizado para el ciclo de refrigeración:

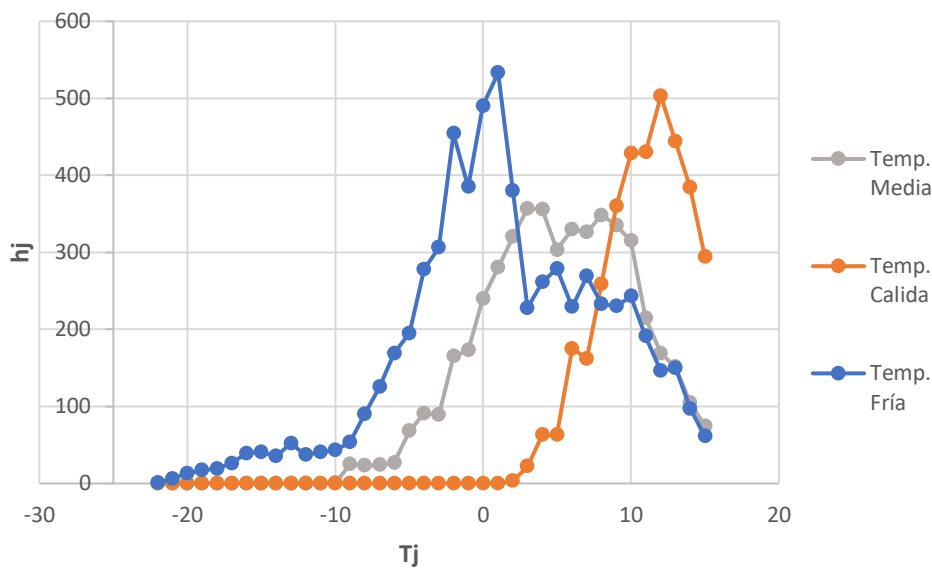


Ilustración 6. Horas vs. Temperatura calefacción

Clima Medio	Hoff	Ht,off	Hsb	HCK	Heq,ref
BdC sólo calefacción	3672	178	0	3850	2066
BdC reversible	0	178	0	178	2066

Tabla 13. Horas en los diferentes modos calefacción

▪ **Datos de ensayo del equipo**

Con carácter previo a la aplicación de los procedimientos de cálculo normativos, resulta imprescindible recopilar los datos experimentales obtenidos por el fabricante durante los ensayos a carga parcial, los cuales se encuentran validados y disponibles públicamente en el registro digital de la marca de certificación Keymark. Para el desarrollo del presente estudio, se han seleccionado los datos correspondientes al modo de refrigeración bajo dos regímenes de temperatura de agua diferenciados: salida a 7 °C (régimen 12/7 °C) y salida a 18 °C (régimen 23/18 °C).

La información técnica se presenta estructurada en cuatro tablas secuenciales. La primera de ellas detalla las potencias eléctricas absorbidas en los distintos modos operativos auxiliares, así como el coeficiente de degradación (Cd), parámetros que se mantienen invariantes para ambos casos de estudio. En la segunda tabla se resumen los indicadores finales de eficiencia energética estacional (SEER) y consumo anual validados por el organismo certificador, cuyos valores difieren según el régimen de temperaturas aplicado. Finalmente, las dos últimas tablas desglosan los datos termodinámicos específicos (potencia y rendimiento) registrados en cada punto de carga parcial para cada uno de los escenarios hidráulicos analizados.

$P_{t,off}$	P_{sb}	P_{CK}	P_{off}	C_d
0,010 kW	0,014 kW	0 kW	0,014 kW	0,9

Tabla 14. Datos iniciales refrigeración

	C_{ref}	SEER	$\eta_{s,ref}$
Caso 1 (7/12 °C)	1853 kWh	4,63	1,82
Caso 2 (18/23 °C)	1378 kWh	6,71	2,65

Tabla 15. Resultados ensayos Keymark refrigeración

Caso 1	A (35°C)	B (30°C)	C (25°C)	D (20°C)
$EER_{dec,j}$	2,47	3,63	5,27	7,29
$Q_{dec,j}$	14,31kW	10,68 kW	6,76 kW	3,41 kW

Tabla 16. Datos a carga parcial caso 1 refrigeración

Caso 2	A (35°C)	B (30°C)	C (25°C)	D (20°C)
$EER_{dec,j}$	3,50	5,14	7,83	10,35
$Q_{dec,j}$	15,40 kW	11,42 kW	7,27 kW	3,40 kW

Tabla 17. Datos a carga parcial caso 2 refrigeración

De la misma manera, se adjuntan las tablas correspondientes para el caso de calefacción, en el que se distingue igualmente un primer caso para media temperatura (55°C) y un segundo para aplicaciones a baja temperatura (35°C).

Para esta parte del estudio se añaden las temperaturas mínimas y de apoyo declaradas por el fabricante, ya que también son coincidentes para los dos casos de estudio.

$P_{t,off}$	P_{sb}	P_{CK}	P_{off}	C_d	$TAE_{,min}$	$TAE_{,sup}$
0,024 kW	0,014 kW	0 kW	0,014 kW	0,9	-10 °C	-7 °C

Tabla 18. Datos iniciales calefacción

	C_{cal}	SCOP	$\eta_{s,cal}$
Caso 1 (55 °C)	7895 kWh	3,36	1,32
Caso 2 (35 °C)	6805 kWh	4,58	1,80

Tabla 19. Datos ensayos Keymark calefacción

Caso 1	E (-10°C)	A, F (-7°C)	B (2°C)	C (7°C)	D (12°C)
$SCOP_{dec,j}$	1,8	1,99	3,34	4,61	6,07
$Q_{dec,j}$	10,33 kW	11,52 kW	7,18 kW	4,67 kW	3,31 kW

Tabla 20. Datos a carga parcial ensayo caso 1 calefacción

Caso 2	E (-10°C)	A, F (-7°C)	B (2°C)	C (7°C)	D (12°C)
$SCOP_{dec,j}$	2,48	2,72	4,41	6,56	8,51
$Q_{dec,j}$	12,52 kW	13,45 kW	8,56 kW	5,70 kW	3,78 kW

Tabla 21. Datos a carga parcial ensayo 2 calefacción

▪ Métodos de cálculo refrigeración

En el presente apartado se describe la metodología secuencial empleada para la aplicación de los algoritmos de cálculo definidos en la norma UNE-EN 14825 al equipo seleccionado. El propósito fundamental de este análisis computacional es la determinación del parámetro de eficiencia energética estacional de refrigeración ($\eta_{s,ref}$), o su equivalente funcional, el SEER. Para alcanzar este objetivo, resulta imperativo resolver previamente las variables constitutivas de su definición matemática: la demanda anual de refrigeración (D_{ref}) y el consumo anual de electricidad (C_{ref}), tal como establece la ecuación [11].

El procedimiento se inicia con la determinación de la demanda anual de refrigeración. Este valor se obtiene mediante la aplicación directa de la expresión [3], calculándose como el producto de la carga de diseño por el

número de horas equivalentes de funcionamiento en modo activo ($H_{eq,ref}$) estipuladas por la normativa para el clima de referencia.

Posteriormente, se aborda el cálculo del consumo anual de energía (C_{ref}). Según se detalla en la ecuación [5], esta magnitud integra no solo el consumo derivado de la satisfacción de la demanda térmica, sino también la energía absorbida en los modos auxiliares (desactivado por termostato, espera, calentador de cárter y parada). No obstante, la resolución de esta fórmula presenta una dependencia directa del Factor de Eficiencia Energética Estacional en modo activo ($SEER_{ON}$), convirtiéndose este en el núcleo del proceso de cálculo.

Para determinar el $SEER_{ON}$ conforme a la expresión [12], es necesario realizar un desglose pormenorizado por intervalos de temperatura o bins. En cada intervalo j , se debe calcular primero la carga de refrigeración requerida ($Q_{ref,j}$), obtenida mediante el producto de la carga de diseño por el factor de carga parcial correspondiente al intervalo, según la ecuación [1]. Simultáneamente, se debe determinar la potencia eléctrica consumida en dicho punto. Esta potencia se deriva de la relación entre la carga térmica requerida y la eficiencia específica del intervalo, denominada $EER_{bin,j}$.

El valor de $EER_{bin,j}$ no es un dato directo, sino que se calcula a partir del EER declarado por el fabricante (EER_{dec}) para ese punto de carga. Este valor experimental debe ser corregido mediante el coeficiente de degradación (C_d) y el factor de potencia (FP_j) para penalizar las pérdidas de eficiencia debidas al ciclado del compresor, tal como indica la expresión [10]. Una vez resuelto el $SEER_{ON}$ mediante el sumatorio ponderado de todos los intervalos, se retroalimenta la ecuación [5] para obtener el consumo anual total. Finalmente, conocidos la demanda y el consumo, se calcula el SEER global y se deriva la eficiencia estacional normativa $\eta_{s,ref}$ aplicando el factor de conversión establecido en la ecuación [13].

▪ Método de cálculo calefacción

El procedimiento metodológico aplicable al modo de calefacción es, en esencia, análogo al descrito para la refrigeración, si bien incorpora particularidades derivadas de la variabilidad climática estacional. El objetivo último de este proceso es la determinación de la eficiencia energética estacional de calefacción ($\eta_{s,cal}$) o su equivalente, el Coeficiente de Rendimiento Estacional (SCOP). Para ello, resulta necesario resolver previamente los términos fundamentales de su expresión matemática: la demanda anual de calefacción (D_{cal}) y el consumo anual de energía (C_{cal}), conforme a lo establecido en la ecuación [15].

La demanda anual de calefacción se determina mediante la expresión [4], calculándose como el producto de la carga de diseño por el número de horas equivalentes de funcionamiento en modo activo ($H_{eq,cal}$) correspondientes al perfil climático de referencia seleccionado (en este caso, el clima medio).

Para la determinación del consumo anual (C_{cal}), definido en la ecuación [6], es imprescindible obtener previamente el Coeficiente de Rendimiento Estacional en modo activo ($SCOP_{ON}$), aplicando la fórmula [16]. Al igual que en el ciclo de refrigeración, este paso requiere un desglose analítico por intervalos de temperatura (bins). En cada intervalo, se debe calcular la carga parcial de calefacción y la potencia eléctrica consumida. Esta última se obtiene de la relación entre la carga térmica requerida y el COP_{bin} , definido como el COP declarado por el fabricante corregido por el coeficiente de degradación (C_d) y el factor de potencia, siguiendo la misma lógica de corrección por ciclado expuesta anteriormente.

Finalmente, con el objeto de profundizar en el análisis del rendimiento intrínseco de la bomba de calor, se procede al cálculo del parámetro $SCOP_{net}$ mediante la ecuación [17]. Este indicador representa la eficiencia estacional exclusiva del equipo durante su funcionamiento en modo activo, aisándolo de los consumos auxiliares, y se obtiene a través del sumatorio de las demandas térmicas y los consumos eléctricos calculados estrictamente dentro de los intervalos activos de operación.

▪ Resultados obtenidos en refrigeración

La ejecución práctica de los procedimientos de cálculo descritos en este capítulo se ha llevado a cabo mediante una hoja de cálculo desarrollada específicamente para este fin, la cual se adjunta en el Anexo I de este documento. Dicho anexo recoge el desglose numérico de todos los resultados intermedios y finales obtenidos

tras aplicar la metodología de la norma UNE-EN 14825, mostrando los valores de carga, potencia y eficiencia para cada intervalo de temperatura (bin) sin necesidad de reiterar las formulaciones matemáticas ya expuestas en el cuerpo de la memoria.

Tras procesar los datos de entrada del equipo Ferroli OMNIA S 3.2 16 e interpolar linealmente entre los puntos de carga parcial (A, B, C y D), los valores finales obtenidos para el Factor de Eficiencia Energética Estacional (SEER) en los regímenes de 7 °C y 18 °C coinciden con precisión con los datos declarados por el fabricante en su catálogo y certificados por Keymark. Esta convergencia numérica valida la corrección del procedimiento implementado, confirmando que el modelo de cálculo reproduce fielmente los criterios de evaluación normativa.

▪ **Resultados obtenidos en calefacción**

De manera análoga al ciclo de refrigeración, los resultados numéricos derivados del cálculo del rendimiento estacional en modo calefacción se presentan detallados en el Anexo correspondiente. El desglose incluye los valores intermedios de demanda térmica y consumo eléctrico calculados para las 4.910 horas del perfil climático medio, integrando la aportación de la resistencia eléctrica de apoyo en los intervalos necesarios.

Los resultados finales obtenidos para el Coeficiente de Rendimiento Estacional (SCOP), tanto para la aplicación de media temperatura (55 °C) como para la de baja temperatura (35 °C), muestran una coincidencia exacta con los valores de 3,42 y 4,61 certificados oficialmente. Este resultado verifica que la ponderación de las cargas parciales y el tratamiento de los datos se han realizado correctamente, ratificando la fiabilidad de la evaluación de eficiencia estacional presentada en este trabajo.

5 REQUISITOS Y CLASIFICACIÓN

5.1. REQUISITOS

El propósito fundamental de este apartado reside en la sistematización de los requisitos de diseño ecológico identificados tras el análisis exhaustivo del marco normativo que fundamenta este trabajo. Estas directrices europeas actúan como instrumentos de regulación de mercado, estableciendo barreras de entrada que condicionan la comercialización de los equipos en función del cumplimiento de determinados umbrales técnicos. De este modo, se definen valores límite —ya sean mínimos de eficiencia o máximos de consumo— con el objetivo de impulsar la excelencia energética y orientar el desarrollo tecnológico del sector hacia paradigmas más sostenibles.

Es relevante destacar el carácter dinámico de esta regulación, la cual contempla en numerosas ocasiones una implementación escalonada de las exigencias, endureciendo progresivamente los requisitos conforme avanza el horizonte temporal para forzar la innovación continua. Los criterios que se exponen a continuación se circunscriben estrictamente al contenido de los reglamentos estudiados y constituyen la base referencia necesaria para abordar la posterior clasificación y el análisis de mercado de los equipos seleccionados.

5.1.1. Reglamento 2281/2016

Este reglamento abarca una extensa tipología de equipos de climatización y ventilación. No obstante, en el contexto del presente trabajo, el análisis se circunscribe a los requisitos de diseño ecológico aplicables específicamente a las enfriadoras de confort. El ámbito de aplicación definido por la norma contempla las unidades con una capacidad nominal de refrigeración inferior o igual a 2 MW y cuya temperatura de salida del agua sea igual o superior a 2 °C. Dado que los equipos comerciales estándar objeto de este estudio se encuadran holgadamente dentro de estos márgenes, dichas limitaciones no condicionan la viabilidad del análisis.

La normativa establece un calendario de implementación progresiva de las exigencias mínimas. Actualmente, se encuentra vigente la segunda fase de requisitos, obligatoria para todos los equipos comercializados en la Unión Europea desde el 1 de enero de 2021. A continuación, se detallan los umbrales de eficiencia energética estacional que deben satisfacer las enfriadoras de confort condensadas por aire para garantizar su conformidad:

Tipo de equipo	$\eta_{s,ref}$	SEER
Enfriadoras con potencia nominal < 400 kW	161%	4,06
Enfriadoras con potencia nominal \geq 400 kW	179%	4,51

Tabla 22. Requisitos Enfriadoras aire agua

Es importante señalar que el reglamento expresa estos requisitos en términos de eficiencia energética estacional de refrigeración ($\eta_{s,ref}$), un valor porcentual que relaciona la demanda de refrigeración con el consumo de energía primaria. Sin embargo, para facilitar la interpretación de los datos y su comparativa con la documentación técnica habitual del sector, se ha incluido en la tabla la conversión al parámetro SEER. Esta equivalencia se deriva de forma directa mediante la expresión [13], siendo el SEER el indicador predominante tanto en el ámbito comercial como en las fichas técnicas de los fabricantes.

El análisis de estos requisitos revela una segmentación del mercado basada en la potencia térmica nominal, estableciendo un punto de inflexión en los 400 kW. A los equipos que igualan o superan dicha capacidad se les exige un rendimiento estacional superior en comparación con las unidades de menor potencia. Esta diferenciación responde a un criterio de impacto energético: dado que los equipos de mayor tamaño presentan consumos absolutos más elevados, un incremento en su eficiencia mínima repercute de manera más significativa en el ahorro global de energía primaria.

5.1.2. Reglamento 813/2013

Este reglamento regula los requisitos de diseño ecológico aplicables a los aparatos de calefacción y calefactores combinados, categoría que engloba a las bombas de calor aire-agua objeto de este análisis. El ámbito de aplicación de la norma se circunscribe a aquellos equipos cuya potencia calorífica nominal no exceda los 400 kW, cubriendo así la práctica totalidad de las instalaciones residenciales y del sector terciario.

De manera análoga a lo observado en el Reglamento 2016/2281, esta normativa establece una estructura de implementación gradual de las exigencias para fomentar la adaptación tecnológica del sector. En la actualidad, rigen los umbrales definidos para la segunda etapa, en vigor desde el 26 de septiembre de 2017. Desde esa fecha, toda bomba de calor aire-agua comercializada en la Unión Europea debe acreditar un rendimiento estacional superior a los límites establecidos, los cuales varían en función de si el equipo está diseñado para aplicaciones de media temperatura (impulsión a 55 °C) o baja temperatura (impulsión a 35 °C).

A continuación se presentan dichos requisitos mínimos. Si bien el texto legal expresa estos límites en términos de eficiencia energética estacional de calefacción ($\eta_{s,cal}$), se ha incluido en la tabla su equivalencia en SCOP con el fin de alinear la terminología normativa con los indicadores técnicos habituales en los proyectos de climatización:

Tipo de equipo	η_{cal}	SCOP
Bombas de calor (55°C)	110%	2,78
Bombas de calor (35°C)	125%	3,16

Tabla 23. Requisitos BdC aire-agua

Al analizar los datos, resulta pertinente destacar la disparidad en los criterios de exigencia: los umbrales de eficiencia requeridos para las aplicaciones de baja temperatura son superiores a los de media temperatura. Esta diferenciación es termodinámicamente coherente, ya que la operación con un menor salto térmico (calentamiento hasta 35 °C en lugar de 55 °C) reduce la relación de compresión necesaria, permitiendo al ciclo frigorífico alcanzar rendimientos intrínsecos más elevados.

Los valores límite aquí expuestos constituyen la referencia base imprescindible para el posterior análisis de mercado y servirán, asimismo, para contextualizar y complementar el estudio del etiquetado energético que se aborda en la sección subsiguiente del documento.

5.2. CLASIFICACIÓN: Reglamento 811/2013

En este apartado se procede a la identificación y análisis de los sistemas de clasificación energética vigentes bajo el Reglamento Delegado (UE) 811/2013. Esta normativa constituye el único instrumento armonizado emitido en el ámbito europeo para la regulación del etiquetado energético de los equipos que conforman el alcance de este proyecto.

Es preciso señalar una distinción fundamental en el tratamiento normativo de los distintos equipos. En la actualidad, las enfriadoras de agua carecen de un sistema de etiquetado energético oficial establecido por los organismos de normalización europeos. En consecuencia, estos equipos quedan excluidos del sistema de clasificación por clases energéticas, siendo el Reglamento (UE) 2016/2281 de Ecodiseño, analizado previamente, el único referente legal que regula sus prestaciones mínimas. Por consiguiente, el estudio de clasificación desarrollado en esta sección se circunscribe exclusivamente a las bombas de calor aire-agua, las cuales sí se encuentran amparadas por el esquema de etiquetado del Reglamento 811/2013.

Existe una vinculación intrínseca y complementaria entre este reglamento y el Reglamento (UE) 813/2013 de Ecodiseño. Ambos textos legales abordan el mismo espectro de equipos térmicos (con la salvedad de determinados sistemas solares incluidos únicamente en el etiquetado) y actúan de manera secuencial dentro de la estrategia de sostenibilidad de la Unión Europea. Mientras que la normativa de Ecodiseño ejerce una función de cribado, eliminando del mercado aquellos productos que no alcanzan los umbrales mínimos de eficiencia, el Reglamento de Etiquetado se focaliza en la transparencia informativa. Su objetivo es proporcionar al consumidor herramientas visuales claras sobre el rendimiento comparativo de los equipos que ya han superado el filtro del ecodiseño, fomentando así decisiones de compra orientadas hacia las tecnologías más eficientes.

Un parámetro determinante en el alcance de esta normativa es la limitación de potencia. El sistema de etiquetado energético es de aplicación obligatoria únicamente para bombas de calor con una potencia térmica nominal igual o inferior a 70 kW. Aquellas unidades que excedan este valor, aun estando sujetas a requisitos de ecodiseño hasta los 400 kW, quedan exentas de la obligación de exhibir la etiqueta energética.

Para la caracterización de los equipos objeto de estudio, se han seleccionado las escalas de clasificación correspondientes a los Cuadros 1 y 2 de la normativa. A continuación, se presentan dichas tablas, en las que se ha incorporado una columna adicional con los valores equivalentes de SCOP. Esta conversión tiene por objeto facilitar la interpretación técnica de los datos, traduciendo la eficiencia energética estacional de calefacción ($\eta_{s,ref}$), expresada normativamente en términos de energía primaria, al coeficiente de rendimiento estacional, un indicador más familiar en el ámbito de la ingeniería de climatización.

Con carácter previo a la exposición de las tablas, resulta pertinente anticipar la disonancia existente entre los umbrales de ecodiseño y las clases de etiquetado. Como se podrá observar, el requisito mínimo legal para la comercialización se sitúa directamente en la categoría A+, circunstancia que en la práctica inutiliza los rangos inferiores de la escala (de G a A) y evidencia un desfase entre la normativa y el estado actual de la tecnología. Las evidencias de esta saturación de las clases superiores se presentarán en el estudio de mercado y sus implicaciones se discutirán en profundidad en el capítulo de conclusiones.

Clase	$\eta_{s,cal}$ (%)	SCOP
A+++	$\eta_{s,cal} \geq 150$	$SCOP \geq 3,78$
A++	$125 \leq \eta_{s,cal} < 150$	$3,16 \leq SCOP < 3,78$
A+	$98 \leq \eta_{s,cal} < 125$	$2,48 \leq SCOP < 3,16$
A	$90 \leq \eta_{s,cal} < 98$	$2,28 \leq SCOP < 2,48$
B	$82 \leq \eta_{s,cal} < 90$	$2,08 \leq SCOP < 2,28$
C	$75 \leq \eta_{s,cal} < 82$	$1,91 \leq SCOP < 2,08$
D	$36 \leq \eta_{s,cal} < 75$	$0,93 \leq SCOP < 1,91$
E	$34 \leq \eta_{s,cal} < 36$	$0,88 \leq SCOP < 0,93$
F	$30 \leq \eta_{s,cal} < 34$	$0,78 \leq SCOP < 0,88$
G	$\eta_{s,cal} < 30$	$SCOP < 0,78$

Tabla 24. Etiquetado para BdC

Clase	$\eta_{s,cal}$ (%)	SCOP
A+++	$\eta_{s,cal} \geq 175$	$SCOP \geq 4,41$
A++	$150 \leq \eta_{s,cal} < 175$	$3,78 \leq SCOP < 4,41$
A+	$123 \leq \eta_{s,cal} < 150$	$3,11 \leq SCOP < 3,78$
A	$115 \leq \eta_{s,cal} < 123$	$2,91 \leq SCOP < 3,11$
B	$107 \leq \eta_{s,cal} < 115$	$2,71 \leq SCOP < 2,91$
C	$100 \leq \eta_{s,cal} < 107$	$2,53 \leq SCOP < 2,71$
D	$61 \leq \eta_{s,cal} < 100$	$1,56 \leq SCOP < 2,53$
E	$59 \leq \eta_{s,cal} < 61$	$1,51 \leq SCOP < 1,56$
F	$55 \leq \eta_{s,cal} < 59$	$1,41 \leq SCOP < 1,51$
G	$\eta_{s,cal} < 55$	$SCOP < 1,41$

Tabla 25. Etiquetado para BdC de baja temperatura

6 ANÁLISIS DE MERCADO

El objetivo principal del presente análisis de mercado es obtener una visión amplia, realista y representativa del comportamiento comercial actual de las bombas de calor y enfriadoras aire-agua, evaluando su alineación tanto con los requisitos mínimos de diseño como con el etiquetado energético. Este enfoque empírico permite comprender cómo la normativa se materializa en el parque de equipos real, trascendiendo la formulación teórica de los textos legales y técnicos para observar su aplicación práctica.

Para la consecución de estos objetivos, la metodología empleada se basa en la explotación de bases de datos que agrupan una muestra significativa de equipos comercializables, procedentes de los organismos EPREL y Eurovent.

EPREL constituye el registro obligatorio de la Unión Europea para el etiquetado energético, cuyo propósito fundamental es garantizar el cumplimiento legal y asegurar la transparencia hacia el consumidor. En consecuencia, esta fuente incluye la totalidad de los productos del alcance de este trabajo que están sujetos a normativa de etiquetado, concretamente las bombas de calor aire-agua.

Por su parte, Eurovent Certification representa un sistema de certificación voluntaria de rendimiento independiente, altamente valorado en el sector de la climatización europea. Su base de datos de acceso público contiene registros tanto de enfriadoras como de bombas de calor, integrando a aquellos fabricantes que buscan demostrar credibilidad técnica y verificar las prestaciones declaradas de sus equipos mediante la realización de ensayos y auditorías sujetas a la normativa europea.

Tras llevar a cabo un tratamiento exhaustivo de los datos disponibles, se han elaborado diversos estudios que reflejan gráficamente los resultados obtenidos, facilitando así su interpretación visual. La observación de la distribución de estos equipos permite apreciar la respuesta conjunta del mercado y de los fabricantes ante los requisitos de eficiencia establecidos. De este modo, se obtiene una visión aplicada de las regulaciones, proporcionando la base necesaria para discutir su ajuste a la realidad actual y deducir posibles márgenes de mejora o modificación en la normativa vigente.

6.1. DISTRIBUCIÓN DEL MERCADO POR TIPOS

En primer lugar, el análisis se ha centrado en la explotación de la base de datos EPREL, la cual proporciona un registro masivo de bombas de calor aire-agua que abarca tanto modelos diseñados para aplicaciones de media temperatura como de baja temperatura.

La metodología empleada consiste en la segmentación de estos equipos según su etiquetado energético declarado, permitiendo calcular el peso porcentual que representa cada clase de eficiencia sobre el total de la muestra. De este modo, se obtiene una radiografía cuantitativa de la oferta actual del mercado, diferenciando entre las dos aplicaciones térmicas mencionadas. El objetivo de este procedimiento es objetivar la distribución real de los productos disponibles, cuyos resultados se exponen a continuación mediante las correspondientes tablas y representaciones gráficas.

A+++	11148	71,92
A++	3723	24,02
A+	630	4,06
A	0	0,00
B	0	0,00
C	0	0,00
D	0	0,00
TOTAL	15501	100

Tabla 26. Distribución por clases BdC media T

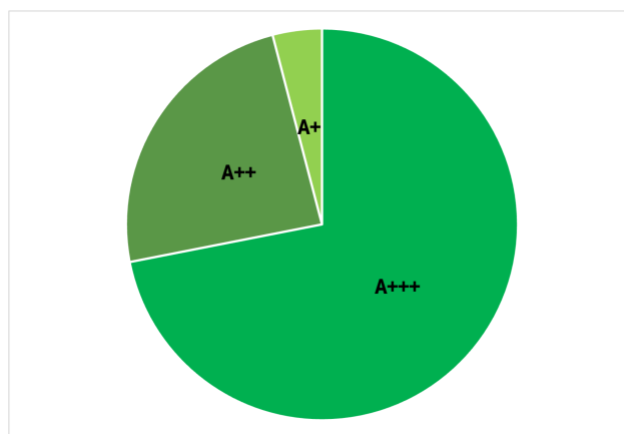


Ilustración 7. Distribución por clases BdC media T

A+++	260	10,66
A++	548	22,47
A+	1631	66,87
A	0	0,00
B	0	0,00
C	0	0,00
D	0	0,00
TOTAL	2439	100

Tabla 27. Distribución por clases BdC baja T

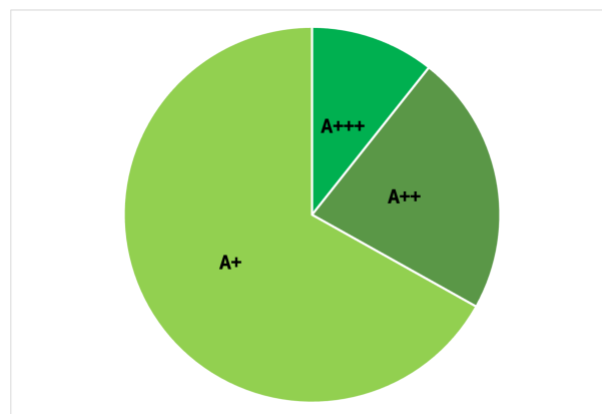


Ilustración 8. Distribución por clases BdC BT

El análisis visual del gráfico circular de las bombas de calor de media temperatura revela una hegemonía absoluta de la clase de máxima eficiencia: la categoría A+++ aglutina la inmensa mayoría de los modelos disponibles, representando una cuota de mercado dominante. Le sigue, con una presencia significativamente menor, la clase A++, mientras que la categoría A+ ocupa una posición marginal.

Resulta especialmente relevante constatar la inexistencia práctica de equipos clasificados en los rangos inferiores (A, B, C, etc.). Este fenómeno evidencia una saturación completa de la escala de etiquetado en su extremo superior. Dado que la práctica totalidad de la oferta comercial se concentra en el nivel más alto posible de la

clasificación, el sistema pierde su capacidad técnica para diferenciar productos, impidiendo al consumidor distinguir entre un equipo estándar eficiente y uno de prestaciones excepcionales. Esto confirma que los umbrales definidos en el Reglamento 811/2013 para media temperatura han quedado obsoletos frente al desarrollo tecnológico actual.

Por otra parte, en el escenario de las bombas de baja temperatura, la distribución presenta un patrón notablemente distinto. La categoría predominante es la clase A+, la cual abarca más de la mitad de la muestra analizada, seguida en orden de importancia por las clases A++ y A+++, que mantienen una presencia relevante pero no mayoritaria.

Aunque, al igual que en el caso anterior, se observa el vacío de las clases inferiores (A-G), la dispersión de los modelos a lo largo de las tres categorías superiores (A+, A++ y A+++) sugiere que la escala de baja temperatura conserva todavía cierto margen de discriminación. Esto se debe a que los requisitos normativos para alcanzar las clases superiores en baja temperatura son termodinámicamente más exigentes ($\eta_{s,cal} \geq 175\%$ para A+++) que en media temperatura ($\eta_{s,cal} \geq 150\%$), lo que dificulta la concentración masiva de equipos en el tope de la escala. No obstante, la ausencia de productos por debajo de la clase A+ sigue señalando un desajuste entre el mercado real y el espectro completo de la etiqueta energética.

6.2. IMPACTO DE LA POTENCIA NOMINAL SOBRE EL SEER

En una segunda fase del estudio, se ha recurrido a la base de datos de la plataforma Eurovent Certification para analizar el segmento de las enfriadoras aire-agua. Ante la inexistencia de un sistema de etiquetado energético oficial para estos equipos, se ha establecido una metodología de análisis basada en la correlación entre su potencia nominal y el índice de eficiencia estacional (SEER), parámetro que constituye el indicador principal de desempeño en este trabajo.

Esta disposición gráfica permite visualizar la dispersión de los modelos disponibles en el mercado y verificar su grado de cumplimiento respecto a los estándares de eficiencia vigentes. Para ello, se han tomado como referencia los requisitos de ecodiseño estipulados en el Reglamento (UE) 2016/2281, el cual establece umbrales diferenciados en función de la capacidad térmica de la unidad. Con el objetivo de facilitar la interpretación de los resultados, dichos límites normativos —distinguiendo entre equipos con potencias nominales inferiores a 400 kW y aquellos que igualan o superan dicha cifra— se han representado en las gráficas mediante líneas discontinuas de referencia.

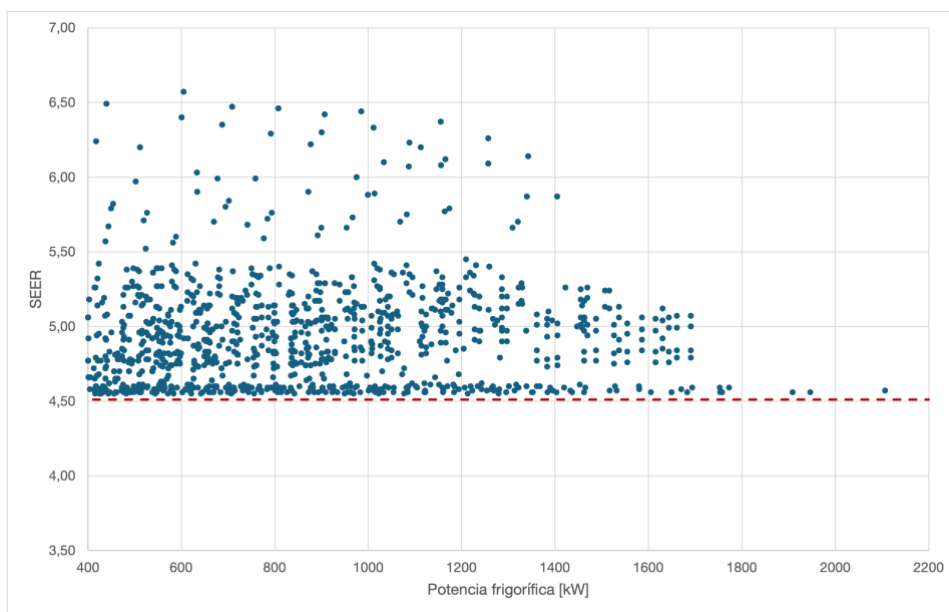


Ilustración 9. Impacto de la potencia sobre el SEER en enfriadoras < 400 kW

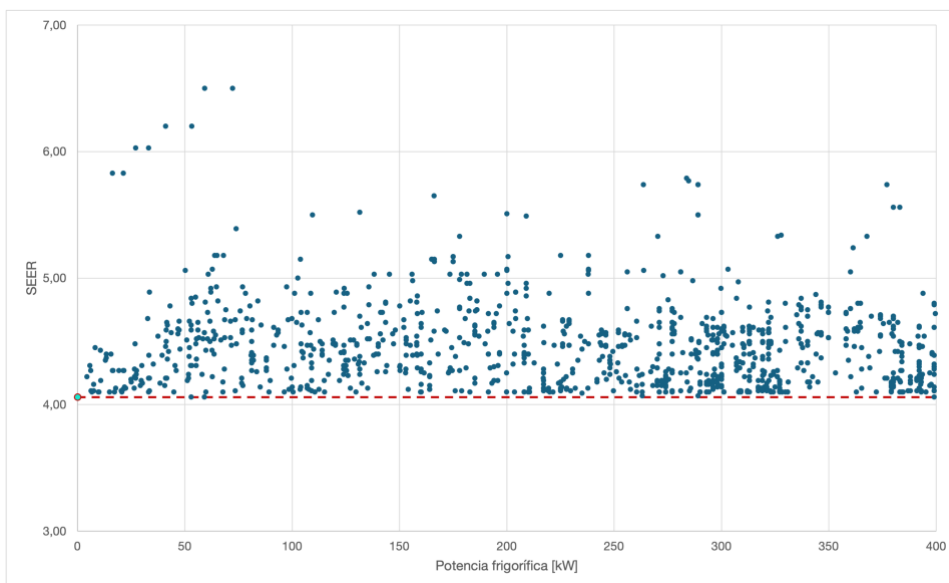


Ilustración 10. Impacto de la potencia sobre el SEER en enfriadoras ≥ 400 kW

La Ilustración 9 muestra la dispersión de los modelos de enfriadoras aire-agua con una potencia frigorífica nominal de hasta 400 kW, registrados en la base de datos de Eurovent. En el gráfico, la línea discontinua roja representa el umbral de eficiencia mínima obligatorio establecido por el Reglamento de Ecodiseño (SEER \approx 4,06). El análisis de la nube de puntos revela un cumplimiento generalizado de la normativa, situándose la inmensa mayoría de los equipos por encima del límite legal.

Es destacable la amplia dispersión vertical de los datos, lo que indica una gran variedad tecnológica en este segmento del mercado. Mientras que un grupo significativo de equipos se concentra en la franja inmediatamente superior al requisito mínimo (SEER entre 4,10 y 4,50), existe un número considerable de modelos que alcanzan eficiencias muy superiores, superando en muchos casos valores de SEER de 5,0 e incluso 6,0. Esto demuestra que, para potencias bajas y medias, la industria ha desarrollado soluciones técnicas capaces de exceder holgadamente las exigencias legislativas, ofreciendo al mercado opciones de muy alto rendimiento que no se ven limitadas por el suelo normativo.

Por su parte, la Ilustración 10 analiza el comportamiento de las enfriadoras de gran capacidad, abarcando el rango desde los 400 kW hasta los 2.200 kW. En este escenario, tal y como se anticipó en el estudio de los requisitos legales, la línea de referencia se eleva hasta un SEER aproximado de 4,51, reflejando la mayor exigencia de eficiencia impuesta a los grandes consumidores de energía.

Por último, el análisis comparativo arroja una conclusión técnica relevante que matiza las expectativas iniciales. A priori, cabría esperar que los equipos de gran tonelaje, al beneficiarse de diseños industriales y componentes optimizados, alcanzasen rendimientos estacionales significativamente superiores a los de sus homólogos de menor tamaño. Sin embargo, la distribución gráfica evidencia que el techo de eficiencia no experimenta un incremento proporcional a la potencia. De hecho, los valores máximos de SEER en este segmento se mantienen en rangos similares —e incluso más acotados— que en las unidades pequeñas, demostrando que el aumento de la capacidad nominal no conlleva automáticamente una mejora drástica del rendimiento estacional, limitándose el mercado en gran medida a satisfacer el requisito legal más exigente sin presentar holguras extraordinarias.

6.3. IMPACTO DE LA POTENCIA NOMINAL SOBRE EL SCOP

Finalmente, se ha extendido la metodología de análisis correlacional al segmento de las bombas de calor aire-agua, utilizando para ello el mismo conjunto de datos procedente de la base EPREL empleado en el apartado 6.1. A diferencia de las enfriadoras, estos equipos cuentan con un sistema de clasificación regulado, por lo que las representaciones gráficas se han complementado mediante la inclusión de líneas horizontales que delimitan los umbrales de cada categoría energética, así como una línea discontinua que señala el requisito mínimo de diseño ecológico. Esta disposición visual permite examinar la distribución del mercado en función de la eficiencia estacional (SCOP) y verificar la relación existente entre el desempeño técnico real de los equipos y las clases de etiquetado asignadas.

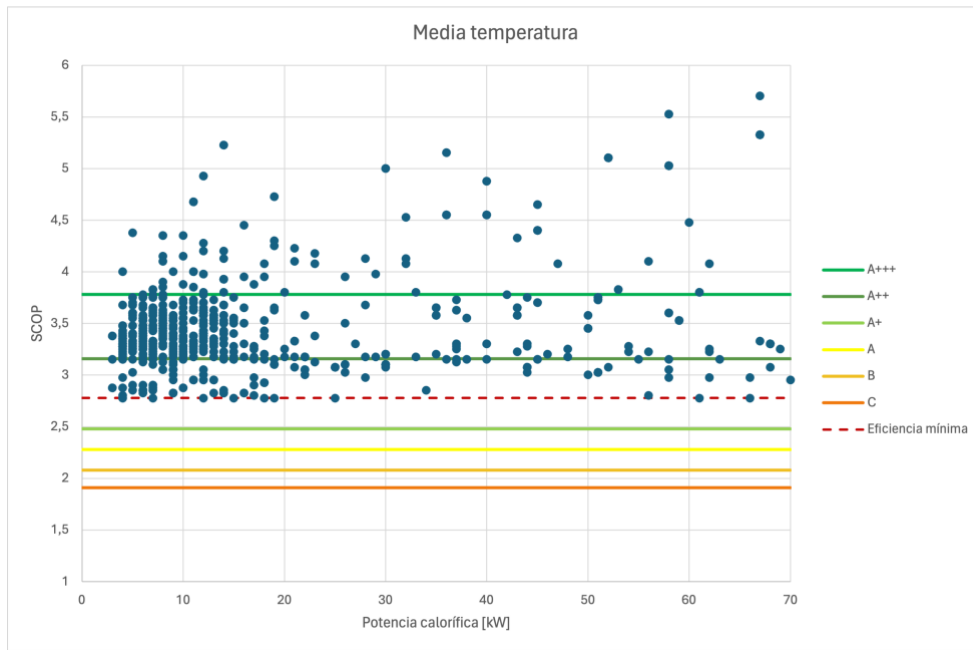


Ilustración 11. Impacto de la potencia sobre el SCOP en Bdc ≤ 70 kW

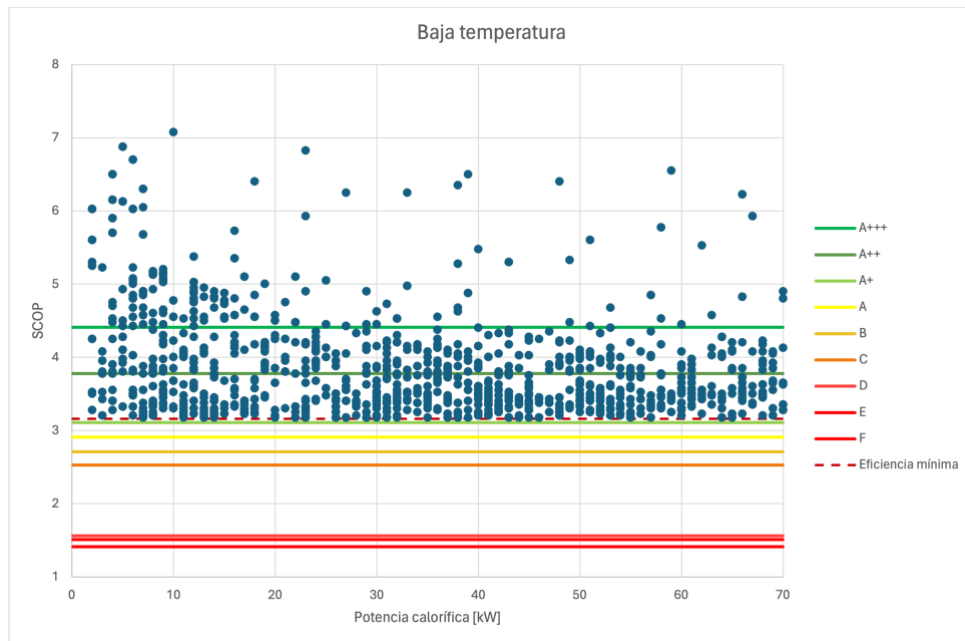


Ilustración 12. Impacto de la potencia sobre el SCOP en Bdc BT ≤ 70 kW

La Ilustración 11 muestra la distribución de las bombas de calor aire-agua para aplicación de media temperatura (55 °C) en función de su potencia calorífica nominal y su rendimiento estacional (SCOP). En la gráfica, las líneas horizontales continuas delimitan los umbrales de las distintas clases energéticas (desde la A hasta la A+++), mientras que la línea discontinua roja señala el requisito mínimo de eficiencia estacional impuesto por el Reglamento de Ecodiseño para permitir la comercialización del producto.

El análisis de la dispersión de puntos revela una situación de mercado altamente polarizada. Esto implica que, en la práctica, el marco regulatorio prohíbe la venta de cualquier equipo que no alcance, como mínimo, un nivel de eficiencia correspondiente a la clase A+. Como consecuencia, la nube de datos se concentra masivamente en las franjas superiores (A++ y A+++), evidenciando que la escala de etiquetado ha perdido su resolución en la parte baja, ya que los equipos tecnológicamente menos avanzados han sido expulsados del mercado por la normativa de diseño ecológico.

Por su parte, la Ilustración 12 representa el análisis análogo para los equipos destinados a aplicaciones de baja temperatura (35 °C). En este escenario, debido a las condiciones termodinámicas más favorables del ciclo frigorífico al trabajar con menores saltos térmicos, los valores absolutos de SCOP son notablemente superiores, alcanzando cifras de hasta 6,0 y 7,0 en numerosas unidades.

Al igual que en el caso anterior, la línea de requisito mínimo de ecodiseño (trazo discontinuo rojo) actúa como una barrera efectiva que invalida las clases energéticas inferiores. La inmensa mayoría de la oferta comercial se agrupa por encima de la línea verde oscura, correspondiente a la clase A++, y una fracción muy significativa de los modelos supera holgadamente el límite de la clase A+++. Esta saturación extrema en la parte superior del gráfico corrobora que la escala actual de etiquetado resulta insuficiente para categorizar los avances tecnológicos recientes en baja temperatura, ya que prácticamente la totalidad de los productos "legales" se comprimen en las dos categorías más altas posibles, dificultando la diferenciación competitiva entre fabricantes basada exclusivamente en la etiqueta.

7 CONCLUSIONES

El desarrollo de este trabajo ha permitido evidenciar, tras un análisis exhaustivo del marco legislativo y su aplicación práctica, una serie de deficiencias estructurales que dificultan la correcta interpretación y aplicación de la normativa europea en materia de climatización.

Una primera barrera significativa reside en la propia redacción y organización de los textos técnicos, especialmente en la norma UNE-EN 14825. Se detecta una notable falta de claridad expositiva y una escasez de detalles en la definición de los procedimientos, agravada por el uso de una nomenclatura densa y, en ocasiones, poco intuitiva. A esto se suma una titulación de apartados que a menudo resulta ambigua, lo que convierte la búsqueda de información específica en una tarea innecesariamente compleja para el ingeniero proyectista o el fabricante que debe certificar sus equipos.

Esta falta de sistematización se extiende al alcance mismo de los reglamentos. Existe una inconsistencia manifiesta en los criterios de agrupación de los equipos, englobando bajo el mismo paraguas normativo a tecnologías y tipologías de máquinas que presentan diferencias operativas sustanciales. Tanto en los estándares de ensayo como en los reglamentos de ecodiseño, se observa una amalgama de sistemas que diluye la especificidad necesaria para una evaluación técnica precisa, evidenciando una falta de criterio unificador que simplifique el panorama regulatorio.

Asimismo, el análisis cruzado entre los diferentes reglamentos revela incoherencias graves en la estrategia de sostenibilidad de la Unión Europea. Resulta contradictorio que, existiendo una multiplicidad de normas, se produzca una fragmentación tan evidente en los criterios de aplicación. Un ejemplo claro es la disparidad en los límites de potencia: mientras que los requisitos de ecodiseño son exigibles hasta los 400 kW, la obligación de etiquetado energético se restringe únicamente a equipos menores de 70 kW. Esta discrepancia genera un vacío informativo para una franja muy relevante del mercado, dejando a los equipos de potencia media y a la totalidad de las enfriadoras —independientemente de su tamaño— fuera del sistema de clasificación visual que orienta al consumidor, a pesar de estar sujetos a exigencias de eficiencia.

Finalmente, el estudio de mercado ha corroborado que el sistema de etiquetado vigente adolece de una calibración deficiente y desactualizada. La concentración masiva de productos en las clases energéticas superiores (A+, A++ y A+++), y el vacío absoluto en los tramos inferiores demuestran que la escala ha perdido su capacidad discriminadora. Al establecer los requisitos mínimos de comercialización directamente en los niveles altos de la etiqueta, se ha anulado la utilidad de la mayor parte del espectro clasificatorio. Esta situación no solo induce a confusión al usuario final, que percibe como "excelente" un producto que simplemente cumple el mínimo legal, sino que desincentiva la innovación tecnológica al no existir categorías superiores vacías que funcionen como meta para el desarrollo de nuevos equipos más eficientes.

8 ANEXO: HOJA DE CÁLCULO

En las páginas siguientes se adjunta la documentación justificativa correspondiente a los cálculos de eficiencia energética estacional realizados durante el desarrollo de este trabajo. Este anexo contiene la reproducción de las hojas de cálculo diseñadas para la aplicación metodológica de la norma UNE-EN 14825 al equipo seleccionado.

En dicha documentación se detalla el procedimiento numérico completo, exponiendo el desglose pormenorizado por intervalos de temperatura (bins), las interpolaciones lineales realizadas entre los puntos de carga parcial estandarizados y la obtención de todos los resultados intermedios y finales. Estos datos validan los valores de SEER y SCOP presentados en el cuerpo de la memoria, demostrando la trazabilidad y el rigor técnico del análisis efectuado.

FERROLI OMNIA S 3.2 16	
DATOS	
PTO (kW)	0,01
PSB (kW)	0,014
PCK (kW)	0
POFF (kW)	0,014
HOFF (h)	0
HTO (h)	659
HSB (h)	1377
HON (h)	600
HCK (h)	2036
Cd	0,9
BOMBA DE CALOR REVERSIBLE AIRE-AGUA	
TEMPERATURA DEL AGUA 7/12	
Qnom (kW)	14,3

RESULTADOS OBTENIDOS															
			SEERon [6]	4,76	SEER [3]	4,69									
			DREF [4] (kWh)	8580,00	eta_REF [1]	1,85									
			CREf [5] (kWh)	1828,82											
						Demanda Anual (kWh)	Consumo Anual (kWh)	SEERon	SEER	ns_ref					
						8580,00	1828,82	4,76	4,69	1,85					
			j	Tj (°C)	hj (h)	FCP	Qref,j	Pdec,j	CR	EERdec	EERbin	DEMANDA ANUAL (kWh)	CONSUMO ANUAL (kWh)	Cd (determinado por ensayo)	
			1	17	205	0,05	0,75	12,00	-	-	7,19	154,29	21,45		
			2	18	227	0,11	1,51	9,14	-	-	7,19	341,69	47,49		
			3	19	225	0,16	2,26	6,27	-	-	7,19	508,03	70,61		
D			4	20	225	0,21	3,01	3,41	0,88	7,29	7,19	677,37	94,15	0,9	
			5	21	216	0,26	3,76	4,08	-	-	6,81	812,84	119,37		
			6	22	215	0,32	4,52	4,75	-	-	6,42	970,89	151,12		
			7	23	218	0,37	5,27	5,42	-	-	6,04	1148,52	190,16		
			8	24	197	0,42	6,02	6,09	-	-	5,65	1186,15	209,76		
C			9	25	178	0,47	6,77	6,76	1,00	5,27	5,27	1205,72	228,79	0,9	
			10	26	158	0,53	7,53	7,54	-	-	4,94	1189,16	240,67		
			11	27	137	0,58	8,28	8,33	-	-	4,61	1134,22	245,93		
			12	28	109	0,63	9,03	9,11	-	-	4,28	984,44	229,85		
			13	29	88	0,68	9,78	9,90	-	-	3,95	861,01	217,75		
B			14	30	63	0,74	10,54	10,68	0,99	3,63	3,63	663,82	183,12	0,9	
			15	31	39	0,79	11,29	11,40	-	-	3,39	440,29	129,72		
			16	32	31	0,84	12,04	12,13	-	-	3,16	373,31	118,02		
			17	33	24	0,89	12,79	12,85	-	-	2,93	307,07	104,73		
			18	34	17	0,95	13,55	13,68	-	-	2,70	230,31	85,27		
A			19	35	13	1,00	14,30	14,30	1,00	2,47	2,47	185,90	75,26	0,9	
			20	36	9	1,00	14,30	15,48	-	-	2,47	128,70	52,11		
			21	37	4	1,00	14,30	16,65	-	-	2,47	57,20	23,16		
			22	38	3	1,00	14,30	17,83	-	-	2,47	42,90	17,37		
			23	39	1	1,00	14,30	19,00	-	-	2,47	14,30	5,79		
			24	40	0	0,00	0,00	0,00	-	-	2,47	0,00	0,00		
													13618,12	2861,63	

FERROLI OMNIA S 3.2 16							RESULTADOS OBTENIDOS						
DATOS		SEERon [6]	6,88	SEER [3]	6,75								
PTO (kW)	0,01	DREF [4] (kWh)	9240,00	eta_REF [1]	2,67	Demanda Anual (kWh)	Consumo Anual (kWh)	SEERon	SEER	ns_ref			
PSB (kW)	0,014	CREFF [5] (kWh)	1368,67			9240,00	1368,67	6,88	6,75	2,67			
PCK (kW)	0												
POFF (kW)	0,014												
HOFF (h)	0												
HTO (h)	659	j	Tj (°C)	hj (h)	FCP	Qref,j	Pdec,j	CR	EERdec	EERbin	DEMANDA ANUAL (kWh)	CONSUMO ANUAL (kWh)	Cd (determinado por ensayo)
HSB (h)	1377	1	17	205	0,05	0,81	12,00	-	-	10,30	166,16	16,13	
HON (h)	600	2	18	227	0,11	1,62	9,13	-	-	10,30	367,98	35,73	
HCK (h)	2036	3	19	225	0,16	2,43	6,27	-	-	10,30	547,11	53,12	
Cd	0,9	D	4	20	0,21	3,24	3,40	0,95	10,35	10,30	729,47	70,82	0,9
			5	21	0,26	4,05	4,17	-	-	9,81	875,37	89,27	
			6	22	0,32	4,86	4,95	-	-	9,31	1045,58	112,28	
			7	23	0,37	5,67	5,72	-	-	8,82	1236,86	140,27	
			8	24	0,42	6,48	6,50	-	-	8,32	1277,39	153,46	
BOMBA DE CALOR REVERSIBLE AIRE-AGUA		C	9	25	0,47	7,29	7,27	1,00	7,83	7,83	1298,46	165,83	0,9
TEMPERATURA DEL AGUA 7/12			10	26	0,53	8,11	8,10	-	-	7,29	1280,63	175,64	
Qnom (kW)	15,4		11	27	0,58	8,92	8,93	-	-	6,75	1221,46	180,89	
			12	28	0,63	9,73	9,76	-	-	6,21	1060,17	170,61	
			13	29	0,68	10,54	10,59	-	-	5,68	927,24	163,38	
		B	14	30	0,74	11,35	11,42	0,99	5,14	5,14	714,88	139,17	0,9
			15	31	0,79	12,16	12,22	-	-	4,81	474,16	98,59	
			16	32	0,84	12,97	13,01	-	-	4,48	402,02	89,70	
			17	33	0,89	13,78	13,81	-	-	4,15	330,69	79,60	
			18	34	0,95	14,59	14,60	-	-	3,83	248,02	64,80	
		A	19	35	1,00	15,40	15,40	1,00	3,5	3,50	200,20	57,20	0,9
			20	36	1,00	15,40	16,30	-	-	3,50	138,60	39,60	
			21	37	1,00	15,40	17,20	-	-	3,50	61,60	17,60	
			22	38	1,00	15,40	18,10	-	-	3,50	46,20	13,20	
			23	39	1,00	15,40	19,00	-	-	3,50	15,40	4,40	
			24	40	0,00	0,00	0,00	-	-	3,50	0,00	0,00	
											14665,66	2131,28	

FERROLI OMNIA S 3.2 16	
DATOS	
PTO (kW)	0,024
PSB (kW)	0,014
PCK (kW)	0
POFF (kW)	0,014
HOFF (h)	0
HTO (h)	178
HSB (h)	0
HON (h)	2066
HCK (h)	178
Cd	ENSAYO

BOMBA DE CALOR AIRE-AGUA	
APLICACIÓN A BAJA TEMPERATURA DEL AGUA (35°C)	
POTENCIA CALORÍFICA	15,2
CLIMA MEDIO	
Tae,dis (°C)	-10
Tae,sup (°C)	-7
Tae,min (°C)	-10

DCAL[14](kWh)	31403,20	SCOPnet[17]	4,66
eta_CA[11]	1,82	CCAL[15](kW)	6789,49
SCOPon[16]	4,63	SCOP[13]	4,63

RESULTADOS OBTENIDOS					
Demanda Anual (kWh)	Consumo Anual (kWh)	SCOPon	SCOPnet	SCOP	ns_cal
31403,20	6789,49	4,63	4,66	4,63	1,82

J	Tj (°C)	hJA (h)	FCP	Qcal_j (kW)	Pdec_j (kW)	Qsup (kW)	CR	COPtec	COPin	DEMANDA ANUAL (kWh)	CONSUMO ANUAL (kWh)	DEMANDA REQUERIDA CCANUAL (kWh)	Cd (determinado por ensayo)
1	8	-30 a -23	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
9	-22	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
10	-21	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
11	-20	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
12	-19	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
13	-18	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
14	-17	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
15	-16	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
16	-15	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
17	-14	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
18	-13	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
19	-12	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
20	-11	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
E	-10	1	1,00	15,20	12,62	2,68	1,00	2,48	2,48	15,20	5,05	2,68	0,998
21	-9	25	0,96	14,62	12,83	1,79	-	-	2,56	365,58	125,29	44,83	-
22	-8	23	0,92	14,03	13,14	0,89	-	-	2,64	322,71	114,48	20,49	-
A,F	-7	24	0,88	13,45	13,45	0,00	1,00	2,72	2,72	322,71	118,64	0,00	0,997
25	-6	27	0,85	12,86	12,91	0,00	-	-	2,91	347,26	119,43	0,00	-
26	-5	68	0,81	12,28	12,36	0,00	-	-	3,10	834,83	269,71	0,00	-
27	-4	91	0,77	11,69	11,82	0,00	-	-	3,28	1064,00	324,11	0,00	-
28	-3	89	0,73	11,11	11,28	0,00	-	-	3,47	988,58	284,86	0,00	-
29	-2	165	0,69	10,52	10,73	0,00	-	-	3,66	1736,31	474,85	0,00	-
30	-1	173	0,65	9,94	10,19	0,00	-	-	3,85	1719,35	447,08	0,00	-
31	0	240	0,62	9,35	9,65	0,00	-	-	4,03	2244,92	556,59	0,00	-
32	1	280	0,58	8,77	9,10	0,00	-	-	4,22	2455,38	581,71	0,00	-
B	2	320	0,54	8,18	8,56	0,00	0,86	4,41	4,41	2619,08	594,09	0,00	0,993
34	3	357	0,50	7,60	7,99	0,00	-	-	4,84	2713,20	560,84	0,00	-
35	4	356	0,46	7,02	7,42	0,00	-	-	5,27	2497,48	474,18	0,00	-
36	5	303	0,42	6,43	6,84	0,00	-	-	5,70	1948,52	342,08	0,00	-
37	6	330	0,38	5,85	6,27	0,00	-	-	6,13	1929,23	314,86	0,00	-
C	7	326	0,35	5,26	5,70	0,00	0,82	6,56	6,56	1715,28	261,69	0,00	0,99
38	8	348	0,31	4,68	5,32	0,00	-	-	6,94	1627,57	234,88	0,00	-
39	9	335	0,27	4,09	4,93	0,00	-	-	7,32	1370,82	187,39	0,00	-
41	10	315	0,23	3,51	4,55	0,00	-	-	7,70	1104,92	143,56	0,00	-
42	11	215	0,19	2,92	4,16	0,00	-	-	8,08	628,46	77,81	0,00	-
D	12	169	0,15	2,34	3,78	0,00	0,82	8,51	8,46	395,20	46,73	0,00	0,99
44	13	151	0,12	1,75	3,59	0,00	-	-	7,91	264,83	33,50	0,00	-
45	14	105	0,08	1,17	3,39	0,00	-	-	7,35	122,77	16,70	0,00	-
46	15	74	0,04	0,58	3,20	0,00	-	-	6,80	43,25	6,35	0,00	-
		4910								31397,35	6716,15	87,80	

FERROLI OMNIA S 3.2 16	
DATOS	
PTO (kW)	0,024
PSB (kW)	0,014
PCK (kW)	0
POFF (kW)	0,014
HOFF (h)	0
HTO (h)	178
HSB (h)	0
HON (h)	2066
HCK (h)	178
Cd	ENSAYO

BOMBADE CALOR AIRE-AGUA	
APLICACIÓN ABAJATEMPERATURA DEL AGUA (35°C)	
POTENCIA CALORIFICA	13
CLIMA MEDIO	
Tae_dis (°C)	-10
Tae_sup (°C)	-7
Tae_min (°C)	-10

DCAL[14] (kWh)	26858,00	SCOPnet[17]	3,44
eta_CAL[11]	1,34	CCAL[15] (kW)	7851,73
SCOPon[16]	3,42	SCOP[13]	3,42

RESULTADOS OBTENIDOS						
Demanda Anual (kWh)	Consumo Anual (kWh)	SCOPon	SCOPnet	SCOP	ns_cal	
26858,00	7851,73	3,42	3,44	3,42	1,34	

	j	Tj (°C)	hA (h)	FCP	Qcal_j (kW)	Pdec_j (kW)	Qsup (kW)	CR	COPdec	COPbin	DEMANDA ANUAL (kWh)	CONSUMO ANUAL (kWh)	DEMANDA REQUERIDA CCANUAL (kWh)	Cd (determinado por ensayo)
	1 a 8	-30 a -23	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
	9	-22	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
	10	-21	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
	11	-20	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
	12	-19	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
	13	-18	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
	14	-17	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
	15	-16	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
	16	-15	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
	17	-14	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
	18	-13	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
	19	-12	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
	20	-11	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	-
E	21	-10	1	1,00	13,00	10,33	2,67	1,00	1,8	1,80	13,00	5,74	2,67	0,998
	22	-9	25	0,96	12,50	10,73	1,77	-	-	1,86	312,50	143,92	44,33	-
	23	-8	23	0,92	12,00	11,12	0,88	-	-	1,93	276,00	132,79	20,16	-
A,F	24	-7	24	0,88	11,50	11,52	0,00	1,00	1,99	1,99	276,00	138,69	0,00	0,997
	25	-6	27	0,85	11,00	11,04	0,00	-	-	2,14	297,00	138,79	0,00	-
	26	-5	68	0,81	10,50	10,56	0,00	-	-	2,29	714,00	311,81	0,00	-
	27	-4	91	0,77	10,00	10,07	0,00	-	-	2,44	910,00	372,98	0,00	-
	28	-3	89	0,73	9,50	9,59	0,00	-	-	2,59	845,50	326,48	0,00	-
	29	-2	165	0,69	9,00	9,11	0,00	-	-	2,74	1485,00	542,04	0,00	-
	30	-1	173	0,65	8,50	8,63	0,00	-	-	2,89	1470,50	508,89	0,00	-
	31	0	240	0,62	8,00	8,14	0,00	-	-	3,04	1920,00	631,68	0,00	-
	32	1	280	0,58	7,50	7,66	0,00	-	-	3,19	2100,00	651,42	0,00	-
B	33	2	320	0,54	7,00	7,18	0,00	0,97	3,34	3,34	2240,00	670,78	0,00	0,993
	34	3	357	0,50	6,50	6,68	0,00	-	-	3,50	2320,50	645,81	0,00	-
	35	4	356	0,46	6,00	6,18	0,00	-	-	3,65	2136,00	556,26	0,00	-
	36	5	303	0,42	5,50	5,67	0,00	-	-	4,10	1666,50	406,39	0,00	-
	37	6	330	0,38	5,00	5,17	0,00	-	-	4,35	1650,00	378,92	0,00	-
C	38	7	326	0,35	4,50	4,67	0,00	0,96	4,61	4,61	1467,00	318,34	0,00	0,99
	39	8	348	0,31	4,00	4,40	0,00	-	-	4,89	1392,00	284,51	0,00	-
	40	9	335	0,27	3,50	4,13	0,00	-	-	5,18	1172,50	226,48	0,00	-
	41	10	315	0,23	3,00	3,85	0,00	-	-	5,46	945,00	173,03	0,00	-
	42	11	215	0,19	2,50	3,58	0,00	-	-	5,75	537,50	93,54	0,00	-
D	43	12	169	0,15	2,00	3,31	0,00	0,60	6,07	6,03	338,00	56,05	0,00	0,99
	44	13	151	0,12	1,50	3,27	0,00	-	-	6,29	228,50	36,03	0,00	-
	45	14	105	0,08	1,00	3,24	0,00	-	-	6,54	105,00	16,05	0,00	-
	46	15	74	0,04	0,50	3,20	0,00	-	-	6,80	37,00	5,44	0,00	-
			4910								26853,00	7778,83	67,17	

9 BIBLIOGRAFÍA

1. **Norma UNE-EN 14825.** Acondicionadores de aire, enfriadoras de líquido y bombas de calor, con compresor accionado eléctricamente, para la calefacción y la refrigeración de locales. Ensayos y clasificación en condiciones de carga parcial y cálculo del rendimiento estacional.
2. **Norma UNE-EN 14511.** Acondicionadores de aire, enfriadoras de líquido y bombas de calor con compresor accionado eléctricamente para la calefacción y la refrigeración de locales. (Parte 1: Términos y definiciones).
3. **Reglamento (UE) 2016/2281 de la Comisión, de 30 de noviembre de 2016.** Ejecución de la Directiva 2009/125/CE en lo relativo a los requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos de calentamiento de aire, los productos de refrigeración, las enfriadoras de procesos de alta temperatura y los ventilosconvectores.
Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/2281/oj>
4. **Reglamento (UE) n.º 813/2013 de la Comisión, de 2 de agosto de 2013.** Ejecución de la Directiva 2009/125/CE en lo relativo a los requisitos de diseño ecológico aplicables a los aparatos de calefacción y a los aparatos de calefacción combinados.
Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2013/813/oj>
5. **Reglamento Delegado (UE) n.º 811/2013 de la Comisión, de 18 de febrero de 2013.** Complementa la Directiva 2010/30/UE en lo relativo al etiquetado energético de los aparatos de calefacción y calefacción combinados.
Disponible en: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2013/811/oj
6. **Comisión Europea. EPREL (European Product Registry for Energy Labelling).** Base de datos oficial de la Unión Europea para el registro de productos con etiquetado energético.
Disponible en: <https://eprel.ec.europa.eu/screen/home>
7. **Eurovent Certita Certification.** Organismo certificador internacional de referencia para el rendimiento de equipos de climatización y refrigeración.
Disponible en: <https://www.eurovent-certification.com/>
8. **CEN/CENELEC. The Keymark.** Esquema de certificación voluntaria europea que garantiza el cumplimiento de las normas europeas de productos.
Disponible en: <https://keymark.eu/>